

UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO
FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO INGENIERIA CIVIL



“Estudio de Seguridad Vial para caminos Llanos de la
Región del Bío-Bío del Programa Caminos Básicos
5000”

Proyecto de Título presentado en conformidad a los requisitos para obtener el
Título de Ingeniero Civil

David A. Manríquez Castillo.

Prof. Guía: Franco Benedetti Leonelli

Concepción, Junio 2010

AGRADECIMIENTOS

Para conseguir el sueño tan anhelado de algún día ser profesional, y que hoy puedo decir con orgullo que lo he conseguido, necesité sacrificio y mucho esfuerzo. Hoy sé que valió la pena, pero también sé que sin el apoyo de muchas personas, mi anhelado sueño hubiese sido mucho más difícil de lograr.

Quiero dedicar esta tesis a mis padres, que nunca se cansaron de apoyarme y que siempre estuvieron cuando los necesité. Muchas gracias de todo corazón por su amor, comprensión y cariño.

Gracias a mis hermanas y sus familias, por ayudarme siempre de manera incondicional. Que Dios les siga prosperando.

Agradezco por haber conocido a la mujer que me ha acompañado y animado. Le doy gracias por brindarme su ayuda en la recopilación de antecedentes en terreno. Gracias también a su familia que siempre se han preocupado por mi bienestar y me han hecho sentir parte de ellos.

Gracias a los profesores Franco Benedetti, Sergio Vargas y Arturo Parada que me guiaron con buena disposición para conseguir esta tesis con éxito, y sus aportes fueron de principal ayuda para el desarrollo de mis conocimientos.

Agradezco a mis compañeros y amigos por su confianza y lealtad. En todo momento los recuerdo.

Y por sobre todo gracias a Dios por llenar mi vida de alegría y bendiciones.

SUMARIO.

Este estudio tiene como objetivo realizar un estudio de seguridad vial para 5 caminos ubicados en terrenos llanos de la región del Bío bío, pertenecientes al Programa Caminos Básicos 5000.

El capítulo 1 corresponde a la introducción del estudio, y la exposición de los objetivos de este mismo.

En el capítulo 2 se da a conocer algunas generalidades del Programa Caminos Básicos 5000, tales como los objetivos, las alternativas de solución, etc.

El capítulo 3 expone los fundamentos teóricos del Manual de Carreteras para el diseño geométrico de vías, con el fin de poseer antecedentes para la verificación del cumplimiento de las recomendaciones del manual en los caminos y para la construcción de los perfiles de velocidad.

El capítulo 4 describe los tipos de señalización y demarcación según el Manual de Señalización.

El capítulo 5 presenta antecedentes respecto de los estudios de consistencia geométrica realizados en Estados Unidos y Colombia, y que sirve de base para el estudio de seguridad vial.

En el capítulo 6 se presentan los caminos seleccionados, mostrando a grandes rasgos su geometría, señalización existente, y catastro de accidentes.

El capítulo 7 enseña la metodología que se empleó en la verificación de las recomendaciones del Manual de Carreteras, levantamiento de señalización y catastro de accidentes, así como la construcción de los perfiles de velocidad, la toma de muestras de velocidad, el cálculo de V85 y el análisis de consistencia geométrica.

El capítulo 8 presenta y analiza los resultados obtenidos del estudio. Al final del capítulo se entrelaza toda la información obtenida, y se proponen soluciones para los problemas encontrados.

El último capítulo presenta las conclusiones del estudio de seguridad vial para los 5 caminos estudiados.

INDICE

1 CAPITULO I: INTRODUCCION.....	1
1.1 Objetivo general.....	3
1.2 Objetivos secundarios.....	3
2 CAPITULO II: PRESENTACION DEL PROGRAMA CAMINOS BASICOS	
5000.....	4
2.1 Caminos Básicos 5000.....	4
2.2 Objetivos de Programa.....	5
2.3 Objetivos técnicos del Programa.....	6
2.4 Avances del Programa.....	6
2.5 Soluciones básicas.....	7
2.5.1 Estabilización de suelos.....	7
2.5.2 Recubrimientos Asfálticos.....	8
2.5.3 Mejoramiento estructural del suelo existente y protección.	9
2.6 Requisito que debe tener un camino para optar al Programa Caminos Básicos.....	9
3 CAPITULO III: FUNDAMENTOS TEORICOS DEL MANUAL DE	
CARRETERA PARA EL DISEÑO GEOMETRICO DEL TRAZADO.....	10
3.1 Velocidad V^* Considerada para Verificar la Visibilidad de Parada y para diseñar en Alzado.....	10
3.2 Distancia de Parada.....	11
3.3 Alineamiento Recto.....	13
3.4 Curvas circulares.....	15
3.5 Desarrollo de Peralte en Arcos de Enlace.....	20
3.6 Antecedentes Teóricos para Trazado En Alzado.....	23
3.7 Sección Transversal.....	29
3.7.1 La Plataforma.....	30

3.7.2 La calzada.....	30
3.7.3 Anchos de Calzada y Plataforma.....	30
3.7.4 Bombeos.....	31
3.7.5 Las Bermas.....	31
3.7.6 Sobreeanchos de Plataforma.....	32

4 CAPITULO IV: SEÑALIZACIONES Y DEMARCACIONES DEL MANUAL DE

TRANSITO.....	33
4.1 Señalización de Tránsito.....	33
4.1.1 Requisitos de la Señalización de Tránsito.....	33
4.2 Señales verticales.....	33
4.2.1 Función.....	33
4.2.2 Clasificación.....	34
4.3 Demarcaciones.....	36
4.3.1 Clasificación.....	36
4.4 Elementos de Apoyo Permanente.....	37
4.4.1 Clasificación.....	38

5 CAPITULO V: EVALUACION DE LA CONSISTENCIA GEOMETRICA EN EL

DISEÑO DE VIAS.....	39
5.1 Estudios de consistencia basados en predicción de velocidad V85.....	39
5.1.1 Estudio de la Federal Highway Administration (FHWA) en 1999.....	40
5.1.2 Estudio de velocidad en Colombia.....	40
5.1.3 Estudio de Lamm para predicción de velocidades (V85) en curvas horizontales.....	41
5.1.4 Estudio de Choueri respecto de las diferencias entre Velocidad de Operación (V85) y Velocidad de diseño.....	42

6 CAPITULO VI: PRESENTACION Y DESCRIPCION DE LOS CAMINOS ELEGIDOS	43
6.1 Elección de los caminos.....	43
6.2 Presentación de los caminos.....	44
6.2.1 Camino El Progreso – Colicheo.....	44
6.2.2 Camino Ruta 5 – Los Colihues.....	47
6.2.3 Camino Puente Ñuble – Monteleon.....	51
6.2.4 Camino Curanilahue Trongol bajo por Plegaria.....	54
6.2.5 Camino Pueblo Seco – Las Quilas.....	57
7 CAPITULO VII: METODOLOGIA	62
7.1. Verificación del cumplimiento de recomendaciones del Manual de Carreteras Volumen 3.....	63
7.1.1 Trazado en planta.....	67
7.1.2 Trazado en Alzado.....	68
7.1.3 Plataforma.....	69
7.2 Construcción de perfil de Velocidad Específica.....	69
7.3 Levantamiento de Señalización.....	70
7.4 Registro de Accidentes.....	71
7.5 Registro de velocidad y cálculo de velocidad de operación V85.....	73
7.6 Materiales considerados en la obtención de datos en terreno....	75
7.6.1 Materiales para el levantamiento de señalización.....	75
7.6.2 Materiales para el registro de accidentes.....	75
7.6.3 Materiales para la medición de velocidades de operación	76
7.7 Metodología para la Evaluación de la Consistencia Geométrica en el Diseño.....	76
8 CAPITULO VIII: ANÁLISIS DE RESULTADO	77
8.1 Verificación de Cumplimientos de Recomendaciones de Diseño del Manual de Carretera Vol. 3.....	77

8.2 Levantamiento de la señalización.....	88
8.3 Resultados del registro de accidentes.....	101
8.4 Perfiles de Velocidad Específica.....	108
8.4.1 Camino El Progreso – Colicheo.....	108
8.4.2 Camino Ruta 5 – Los Colihues.....	109
8.4.3 Camino Puente Ñuble – Monteleón.....	111
8.4.4 Camino Curanilahue Trongol Bajo por Plegarias.....	113
8.4.5 Camino Pueblo Seco – Las Quilas.....	114
8.5 Resultados y análisis de Velocidad de operación V85.....	115
8.5.1 Resultados de la medición de velocidad.....	115
8.5.2 Velocidades obtenidas por las ecuaciones de predicción de V85.....	117
8.6 Análisis de consistencia geométrica.....	123
8.7 Asociación de la información del estudio de los caminos.....	130
8.8 Resumen de problemas que presentan los caminos estudiados.	133
8.8.1 Problemas existentes en los caminos.....	134
8.7.2 Propuesta de Soluciones.....	135
9 CONCLUSIONES.....	137
10 BIBLIOGRAFIA.....	140

ANEXOS

Anexo A: Tablas de Diseño Geométrico del Manual de Carreteras Vol.3

Anexo B: Tablas de Verificación de Cumplimiento de Recomendaciones de Diseño del Manual de Carreteras Vol.3

Anexo C: Levantamiento de Señalización de los Caminos Estudiados del Programa Caminos Básicos 5000.

Anexo D: Resultado y Cálculo de Velocidad de Operación V85 para la Medición con Radar

1 CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.

Un requisito de creciente importancia para la sociedad y para los entes viales es la seguridad garantizada en la circulación de los vehículos en una carretera.

La seguridad vial en Chile ha tenido un gran desarrollo en los últimos años, pero aún falta mucho por hacer. Uno de los principales errores que se cometía era asociar su significado únicamente a las señales de tránsito y las defensas camineras, pero es fundamental recalcar que este concepto está estrechamente ligado con el diseño geométrico, justamente esto motivó a que las últimas actualizaciones del manual de carretera incorporaran medidas para que los diseños sean mas consistentes.

Al recorrer un tramo de vía, un conductor espera que su geometría sea lo más uniforme posible. Un cambio brusco de la geometría puede producir conductas indeseables como la disminución repentina de la velocidad o un cambio de trayectoria, generando situaciones riesgosas. Un estudio en Estados Unidos indicó que en curvas que obligan a decelerar más de 20 km/h, la ocurrencia de accidentes aumenta seis veces comparado con la situación de velocidad uniforme.

La consistencia del diseño en Chile es un tema que de a poco se ha ido abordando, pero debe contemplarse necesariamente en la etapa de diseño de un proyecto vial, ya que se refiere a la conformidad de la geometría con las expectativas y la capacidad de controlar el vehículo que tiene el conductor. En el mundo se han planteado varios procedimientos para evaluar la consistencia del diseño geométrico de carreteras: la carga de trabajo del conductor, la relación con la accidentalidad y otros, siendo la determinación del perfil de velocidades la que más aceptación ha tenido.

El Programa Caminos Básicos 5000 fue creado con el principal objetivo de mejorar la conectividad de zonas rurales del país, implementando soluciones a nivel de superficie de rodado de los camino, para eliminar el barro y polvo, con un costo

Estudio de Seguridad Vial para caminos Llanos de la Región del Biobío del Programa Caminos Básicos 5000.

muy por debajo en comparación a caminos de alto estándar. Si bien es cierto, este programa mejoró las condiciones de los caminos, no obstante, al conservar la geometría original aparece una nueva interrogante acerca de la seguridad que estos otorgan.

Este estudio tiene como finalidad, realizar un análisis de la seguridad de una selección de caminos correspondientes al Programa Caminos Básicos 5000, ubicados en terrenos llanos correspondientes a la región del Bio Bio.

1.1 Objetivo general.

Realizar un estudio de análisis de seguridad vial para los caminos ubicados en terrenos llanos de la región del Bío-bío del programa “Caminos Básicos 5000”

1.2 Objetivos secundarios.

1. Verificar el cumplimiento de las recomendaciones de diseño del Manual de Carretera Vol. 3 en los caminos a estudiar.
2. Realizar un levantamiento de la señalización en los caminos.
3. Realizar un catastro de accidentes ocurridos en los caminos desde la puesta en marcha del programa.
4. Realizar un análisis de consistencia del diseño geométrico de las vías.
5. Proponer soluciones de mitigación a los principales problemas encontrados.

2 CAPÍTULO II: PRESENTACION DEL PROGRAMA CAMINO BASICOS 5000.

2.1 Caminos básicos 5000.

La red vial de Chile está conformada por aproximadamente 80.000 Km., de los cuales sólo 17.000 Km. han sido pavimentados, debido al alto costo que ello implica. De los 63.000 Km. restantes, los caminos con mayor tránsito se van pavimentando, conforme a la disponibilidad de recursos financieros, y a la rentabilidad del proyecto que permita la inversión de acuerdo a los requisitos exigidos por MIDEPLAN.

Sólo unos 300 a 500 Km. al año van cambiando su estándar, lo cual involucra inversiones promedio del orden de los 150 a 300 millones de pesos por Km. Aquellos caminos rurales de menor tránsito no son considerados dentro de los planes de pavimentación, quedando simplemente conformados por una carpeta de rodadura de ripio o simplemente de tierra y su conservación se realiza a través de sucesivas ripiaduras, reperfilados, recebos de material granular, etc.

A partir del año 2003 la Dirección Nacional de Vialidad implemento el programa “Caminos básicos 5000”, innovando en la forma de mantenimiento y mejorando el nivel de servicio de 5.000 Km. de caminos, entre los años 2003 al 2005

En el pasado sólo los caminos que cumplían con ciertos requerimientos técnicos de flujo vehicular y ubicación, que permitían justificar económicamente su pavimentación, eran considerados dentro de los proyectos de obras de la Dirección Nacional de Vialidad. El resto de los caminos y, que conforman la gran mayoría de la red vial, eran diseñados y mantenidos bajo el concepto de carpeta granular. Este último tipo de camino trae consigo una serie de problemas para los usuarios, comunidades aledañas y al propio Ministerio. Presentan problemas tales como:

- La presencia de polvo obstaculiza la visual, trayendo consigo problemas de seguridad vial.

- Deterioro acelerado de los vehículos
- La suspensión de polvo incide en la calidad de vida de las comunidades aledañas al camino aumentando el riesgo de enfermedades respiratorias, y produce grandes pérdidas económicas en la agricultura producto del polvo que se deposita en los frutos y árboles ubicados a un costado del camino.
- En época de lluvia, el lodo que se forma en la carpeta de rodadura impide la conectividad entre las comunidades y los polos de desarrollo.
- Las carpetas granulares sufren de un rápido deterioro de su serviciabilidad, induciendo una gran cantidad de reperfilados al año, lo que provoca elevados costos de operación en su mantenimiento.

El programa de caminos básicos permite solucionar estos problemas, estableciendo la aplicación de nuevas técnicas de estabilización de caminos, cambiando los conceptos.

2.2 Objetivos de Programa.

Su principal objetivo es contribuir al desarrollo del país, a la superación de la pobreza, y apoyar a la economía productiva rural.

La iniciativa de caminos básicos 5000 tiene además como objetivo, la disminución de la contaminación ambiental, elimina el polvo que emana de los caminos de tierra y ripio, constituyendo al mismo tiempo una alternativa de menor impacto sobre el ambiente con respecto a soluciones de mayor costo

Caminos con carpetas de rodadura más firmes, capaces de funcionar todo el año, y no expuestos a interrupciones invernales, permite mejorar las posibilidades de transporte esto incide en la ampliación de los accesos a mercados, a la educación, a la salud y al esparcimiento de los habitantes de numerosas localidades afectadas por distintos grados de aislamiento.

2.3 Objetivos técnicos del Programa

- Aplicar mejoras en superficies de caminos no pavimentados, no abordados en los programas tradicionales, alcanzando una mayor serviciabilidad.
- Abordar con un mayor criterio social aquellos caminos con bajo volumen de tránsito, donde no es posible justificar económicamente la construcción de obras de pavimento.
- Aplicar soluciones básicas que otorguen una mayor calidad de vida a los usuarios y habitantes colindantes de estos caminos.
- Reducir costos de conservación por la adecuada aplicación de soluciones básicas económicas.
- Fortalecer el ámbito técnico de la ingeniería y la investigación aprovechar nuevas tecnologías y aplicarlas en los planes de conservación.
- Otorgar condiciones que permitan generar una redistribución y/o mayor nivel de flujos de tránsito en aquellos caminos que, por su bajo volumen de tránsito actual, no son posibles postularlos a un mejoramiento mayor o cambio de estándar.

2.4 Avances del Programa.

A continuación en la tabla 2.1 se presenta los kilómetros ejecutados de Caminos Básicos en cada región del país y las respectivas inversiones, durante los años 2003, 2004, 2005 y 2006.

Tabla 2.1. Avance del programa por Región.

Región	año 2003		año 2004		año 2005		año 2006		TOTAL	
	km	MM\$	km	MM\$	km	MM\$	km	MM\$	km	MM\$
1	8	80	271	2.846	235	1.545	124	664	637	5.137
2	91	1.110	290	4.969	151	3.133	106	1.373	638	10.585
3	191	2.162	507	4.642	308	2.149	480	3.753	1.485	12.706
4	136	1.555	157	1.283	160	1.649	194	1.859	647	6.346
5	163	1.858	294	3.757	122	2.086	151	2.662	730	10.363
6	57	1.335	222	5.045	170	4.562	119	3.864	567	14.807
7	22	353	199	2.478	176	2.080	153	1.533	549	6.444
8	114	3.356	141	1.077	224	3.222	79	2.905	558	10.560
9	92	1.940	257	2.725	210	2.244	29	1.671	587	8.581
10	0	0	61	1.964	70	3.815	48	1.790	179	7.568
11	0	0	23	798	26	275	29	910	78	1.984
12	13	31	130	1.825	101	2.119	43	1.123	286	5.099
RM	39	2.146	130	3.791	197	6.152	120	4.446	485	16.535
TOTAL	926	15.926	2.680	37.201	2.148	35.034	1.674	28.553	7.428	116.714

Fuente: Dirección de Vialidad, año 2006.

2.5 Soluciones básicas.

Las diferentes soluciones técnicas que contempla el programa son la aplicación de cloruros en las carpetas granulares, capas delgadas de asfalto, o si es necesario, un mejoramiento del material existente para ser utilizado como base con estabilizadores químicos más una protección asfáltica en la superficie de rodadura.

Todas estas técnicas permiten disminuir los costos directos de mantenimiento, entregar mejores niveles de servicio y solucionar los problemas que presentan los caminos de tierra y ripio. Además, cuestan entre un 10% y un 30% del valor de una pavimentación tradicional, lo que convierte a los caminos básicos en proyectos económicamente rentables y con un alto impacto social.

Las soluciones básicas se pueden agrupar en tres grandes grupos:

2.5.1 Estabilización de suelos.

Esta técnica consiste en adicionar al suelo del camino algún componente de origen orgánico o inorgánico, que permita mejorar las características físicas del

camino a través de la cohesión de las partículas finas, logrando disminuir la disgregación, aumentar las características resistentes, disminuir la permeabilidad y reducir la polución.

Entre los Estabilizantes Inorgánicos están el Cloruro de Sodio, Cloruro de Magnesio Hexahidratado, Cloruro de Calcio, Sulfato de Calcio, Carbonato de Calcio, Ácidos fosfóricos y fosfatos, Hidróxido de Sodio.

Dentro de los Estabilizantes Orgánicos se encuentran los productos en base a Polímeros, resinas que se corresponden con polímeros naturales y enzimas que actúan como elementos catalizadores.

2.5.2 Recubrimientos Asfálticos.

Esta técnica consiste en recubrir la superficie del camino no pavimentado con una solución asfáltica, desde un espesor que va desde los 6 a 10 mm (imprimación reforzada) hasta los 4 a 5 cm (carpeta de mezcla asfáltica), mejorando así la superficie de rodadura y dando mayor confortabilidad al usuario.

Entre los recubrimientos asfálticos tenemos la Imprimación Reforzada, Tratamiento Superficial Simple, Tratamiento Superficial Doble, Lechada Asfáltica, Cape Seal y Carpeta Asfáltica.

La innovación implementada corresponde a una técnica utilizada en Noruega denominada Otta Seal, solución para caminos de bajo tránsito similar a un tratamiento superficial, pero que no requiere imprimación, utiliza un asfalto blando (CA 150/200) y con exigencias de agregados con tolerancias amplias lo que permite emplear fuentes cercanas de áridos.

La experiencia Noruega ha demostrado que este tipo de caminos tiene una duración de 5-6 años para un Otta Seal Simple y 12-15 para uno doble, con un

mínimo de mantenimiento, y a un costo inicial comparable a un Tratamiento Superficial Simple.

2.5.3 Mejoramiento estructural del suelo existente y protección asfáltica.

La estructura bajo el recubrimiento asfáltico se refuerza con la adición de un producto químico.

La elección de las soluciones aplicadas está fuertemente relacionada con el tipo y cantidad de flujo vehicular, el tipo de clima de la zona, la disponibilidad de materiales y el costo. Todas estas variables se analizan en los estudios previos a la ejecución de las obras.

2.6 Requisito que debe tener un camino para optar al programa de camino básico.

- Camino no pavimentado.
- Que tenga una carpeta granular consolidada.
- En general, deben tener un bajo volumen de tránsito, se estima un TDMA (Tránsito medio diario Anual) no superior a 200 veh/día.
- Que tenga continuidad o se conecte a la red de caminos pavimentados, o que se encuentre en zonas de concentración de habitantes, escuelas, postas rurales.
- La geometría horizontal y vertical del trazado del camino debe ser coherente con los niveles de tránsito.
- Los caminos deben tener un saneamiento adecuado que asegure la durabilidad de la solución básica.
- El ancho de la calzada propuesta debe ser, en lo posible, al menos de 6.0 (m).

3 CAPÍTULO III: FUNDAMENTOS TEORICOS DEL MANUAL DE CARRETERA PARA EL DISEÑO GEOMETRICO DEL TRAZADO.

Las carreteras y caminos son obras tridimensionales, cuyos elementos quedan definidos mediante las proyecciones sobre los planos ortogonales de referencia: Planta, Elevación y Sección transversal.

El elemento básico para tal definición es el eje de la vía, cuyas proyecciones en planta y elevación define la planta y el alzado respectivamente.

El buen diseño no es solo la aplicación de los límites normativos, que por lo general son valores mínimos. Al contrario, el diseño demanda un buen juicio y flexibilidad por parte del proyectista, para abordar con satisfacción la combinación de los elementos en planta y alzado, sin por ello quebrantar los límites normativos.

El trazado debe ser homogéneo, es decir, en los sectores en que se induce a velocidades mayores a las de proyecto no deben ser seguidos por sectores en que las características geométricas corresponden a las mínimas permitidas por dicha V_p .

3.1 Velocidad V^* Considerada para Verificar la Visibilidad de Parada y para Diseñar el Alzado.

La Visibilidad de Parada a la que se asocia la Distancia de Parada " D_p " determinada a partir de la Velocidad de Proyecto, debe existir a todo lo largo del trazado, tanto par elementos de la planta como para aquellos del alzado que se diseñan bajo este concepto.

La distancia de Parada D_p (m) presupone la existencia de un obstáculo de 0,20 m de alto, localizado en el centro de la pista por la que circula el vehículo, el cual debe ser percibido por el conductor, quien reaccionara para detener el vehículo inmediatamente antes del obstáculo.

La Velocidad V^* (km/h), es la velocidad empleada para verificar la existencia de D_p (m), en Curvas Horizontales con obstáculos laterales que limitan la visibilidad, y para el diseño de Curvas Verticales Convexas, también dependientes de D_p . Los valores adoptados para V^* son mayores o iguales que V_p , pero en general menores que la $V_{85\%}$ del tramo, por cuanto la V^* cubre eventos de baja ocurrencia, en tanto que la $V_{85\%}$ se asocia al diseño dinámico de las curvas horizontales, en las que se crean esfuerzos laterales que afectan a la totalidad de los usuarios que se desplazan a esa velocidad.

Los casos en que se debe diseñar considerando la existencia de Distancia de Parada para Velocidades por sobre las de proyecto, y las V^* adoptadas, son:

a) Alineaciones Rectas que incluyen una Curva Vertical Convexa que limita la visibilidad, y Curvas Horizontales precedidas por una recta, con o sin Curva Vertical Convexa:

$$\text{Si: } 400 \text{ m} < L_r \leq 600 \text{ m} \quad V^* = V_p + 5 \text{ km/h}$$

$$L_r > 600 \text{ m} \quad V^* = V_p + 10 \text{ km/h}$$

b) Curvas Horizontales precedidas por una recta cuya longitud no supera los 400m, pudiendo existir o no una curva Vertical Convexa. Si R_m es el radio horizontal mínimo para V_p , V^* adopta los siguientes valores:

$$R_m \leq R \leq 1,15 R_m \quad V^* = V_p \text{ km/h}$$

$$1,15 R_m < R \leq 1,30 R_m \quad V^* = V_p + 5 \text{ km/h}$$

$$R > 1,30 R_m \quad V^* = V_p + 10 \text{ km/h}$$

3.2 Distancia de Parada.

En todo punto de una Carretera o Camino, un conductor que se desplace a la Velocidad V , por el centro de su pista de tránsito, debe disponer al menos de la visibilidad equivalente a la distancia requerida para detenerse ante un obstáculo inmóvil, situado en el centro de dicha pista.

Se considera obstáculo aquél de una altura igual o mayor que 0,20m, estando situados los ojos de conductor a 1,10m, sobre la rasante del eje de su pista de circulación. La distancia de parada sobre una alineación recta de pendiente uniforme, se calcula mediante la expresión mostrada en la ecuación (1):

$$Dp = \frac{V * tp}{3.6} + \frac{V^2}{254(r \pm i)} \quad \dots \text{ (Ec. 1)}$$

Dp = Distancia de Parada (m)

V = Vp o V*

tp = Tiempo de Percepción + Reacción (s)

r = Coeficiente de Roce Rodante, Pavimento Húmedo

i = Pendiente Longitudinal (m/m) (+ subida, - bajada)

El primer termino de la expresión representa la distancia recorrida durante el tiempo de percepción + reacción (dtp) y el segundo la distancia recorrida durante el frenado hasta la detención junto al obstáculo (df).

La Tabla 3.1 presenta los valores parciales calculados mediante la expresión citada y el valor redondeado asumido para Dp. Considerando que V* corresponde a la velocidad asignada al tramo y que los valores de “tp” y “r” se han actualizado de acuerdo a las tendencias vigentes a la fecha.

TABLA 3.1. DISTANCIA MINIMA DE PARADA EN HORIZONTAL “Dp”

$$D_p = 0,555 V + 0,00394 V^2/r$$

V Km/h	tp s	r --	dtp m	df m	Dp(m)		V Km/h
					dtp+df	Adopt.	
30	2	0,42	16,7	8,4	25,1	25	30
35						31	35
40	2	0,415	22,2	15,2	37,4	38	40
45						44	45
50	2	0,41	27,8	24	51,8	52	50
55						60	55
60	2	0,4	33,3	35,5	68,8	70	60
65						80	65
70	2	0,38	38,9	50,8	89,7	90	70
75						102	75
80	2	0,36	44,4	70	114,4	115	80
85						130	85
90	2	0,34	50	93,9	143,8	145	90
95						160	95
100	2	0,33	55,5	119,4	174,9	175	100
105						192	105
110	2	0,32	61,1	149	210	210	110
115						230	115
120	2	0,31	66,6	183	249,6	250	120
125						275	125
130	2	0,295	72,2	225,7	297,9	300	130

Fuente: Manual de Carreteras, Vol. 3, Instrucciones y criterio de diseño, 2002.

3.3 Alineamiento Recto.

3.3.1 Longitudes Máximas en Recta.

Se procurará evitarán longitudes en recta superiores según el valor indicado en (Ec. 2):

$$L_r (m) = 20 V_p (km/h) \dots (Ec. 2)$$

L_r = Largo en m de la Alineación Recta

V_p = Velocidad de Proyecto de la Carretera

En caminos bidireccionales de dos pistas, a diferencia de lo que ocurre en carreteras unidireccionales, la necesidad de proveer secciones con visibilidad para adelantar justifica una mayor utilización de rectas importantes. Sin embargo, rectas de longitud comprendida entre 8Vp y 10Vp, enlazadas por curvas cuya Ve sea mayor o igual que la V85 determinada según la Tabla 4 cubren adecuadamente esta necesidad.

3.3.2 Longitudes Mínimas en Recta

Se debe distinguir las situaciones asociadas a curvas sucesivas en distinto sentido o curvas en “S” de aquellas correspondientes a curvas en el mismo sentido.

3.3.2.1 Tramos rectos en curvas en S:

a) **En Nuevos Trazados** deberá existir coincidencia entre el término de la clotoide de la primera curva y el inicio de la clotoide de la segunda curva.

b) **En las Recuperaciones o Cambios de Estándar**, si lo expuesto en a) no es posible se podrán aceptar tramos rectos intermedios de una longitud no mayor que la indicada en la ecuación 3:

$$Lrs \text{ máx} = 0,08 (A1 + A2) \dots (\text{Ec. 3})$$

Siendo A1 y A2 los parámetros de las clotoides respectivas.

c) **Tramos Rectos Intermedios de Mayor Longitud**, deberán alcanzar o superar los mínimos que se señalan en la Tabla 3.2, los que responden a una mejor definición óptica del conjunto que ya no opera como una curva en S propiamente tal, y están dados por

$$Lr \text{ mín} = 1,4 Vp \dots (\text{Ec. 4})$$

TABLA 3.2 Lr mín ENTRE CURVAS DE DISTINTO SENTIDO-CONDICION C)

Vp(km/h)	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Lr(m)	56	70	84	98	112	126	140	154	168

Fuente: Manual de Carreteras, Vol. 3, año 2002.

3.3.2.2 Tramo Recto Entre Curvas en el Mismo Sentido:

Por condiciones de guiado óptico es necesario evitar las rectas excesivamente cortas entre curvas en el mismo sentido, en especial en terreno llano y ondulado suave con velocidades de proyecto medias y altas.

La Tabla 3.3 entrega los valores deseables y mínimos según tipo de terreno y Vp.

TABLA 3.3. Lr mín ENTRE CURVAS DEL MISMO SENTIDO

Vp	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Terreno Llano y Ondulado	---	110/55	140/70	170/85	195/98	220/110	250/125	280/150	305/190
Terreno Montañoso	25	55/30	70/40	85/50	98/65	110/90	---	---	---

Fuente: Manual de Carreteras, Vol. 3, año 2002.

3.4 Curvas circulares.

3.4.1 Radios Mínimos Absolutos

Los radios mínimos para cada velocidad de proyecto, calculados bajo el criterio de seguridad ante el deslizamiento, están dados por la expresión de la ecuación 5:

$$R_m = \frac{V_p}{127(p_{m\acute{a}x} + t_{m\acute{a}x})} \quad \dots \quad (\text{Ec. 5})$$

Rm: Radio Mínimo Absoluto (m)

Vp: Velocidad Proyecto (Km/h)

pmáx : Peralte Máximo correspondiente a la Carretera o el Camino (m/m)

t máx: Coeficiente de fricción transversal máximo correspondiente a Vp.

El Volumen 3 del Manual de Carretera indica los valores de peralte máximo y coeficiente de fricción transversal correspondiente a camino o carretera. Los valores se muestran en la Tabla 3.4.

TABLA 3.4. VALORES MAXIMOS PARA EL PERALTE Y LA FRICCIÓN TRANSVERSAL

Caminos	pmáx	tmáx
Vp 30 a 80Km/h	7%	0,265-V/602,4
Carreteras	8%	0,193-V/1134
Vp 80 a 120Km/h		

Fuente: Manual de Carreteras, Vol. 3, año 2002.

La tabla 3.5 expone los Radios Mínimos absolutos en curvas horizontales para caminos colectores, locales y de desarrollo asociado a cierta velocidad de proyecto

TABLA 3.5. RADIO MINIMOS ABSOLUTOS EN CURVAS HORIZONTALES.

Caminos Colectores - Locales - Desarrollo			
Vp km/h	p máx (%)	t máx	Rm (m)
30	7	0,215	25
40	7	0,198	50
50	7	0,182	80
60	7	0,165	120
70	7	0,149	180
80	7	0,132	250

Fuente: Manual de Carreteras, Vol. 3, año 2002.

3.4.2 Radio / Peralte / Vel. Específica / Coeficiente de Fricción Transversal

La ecuación general (5) puede escribirse también, como se muestra en la ecuación 6:

$$V^2 = 127 * R * (p + t) = 0 \dots (\text{Ec. 6})$$

Reemplazando el valor de t por la expresión analítica dada en la Tabla 8 para cada uno de los rangos de velocidad allí indicados, y la variable V pasa a denominarse Ve, se tiene:

$$\text{Caminos con } R \leq 250 \quad Ve^2 = (0,211 * R) * Ve - 127 * R * (p + 0,265) = 0 \dots (\text{Ec. 7})$$

$$\text{Caminos con } R \geq 250 \quad Ve^2 = (0,112 * R) * Ve - 127 * R * (p + 0,193) = 0 \dots (\text{Ec. 8})$$

Resolviendo las expresiones cuadráticas para cada par de valores de R (m) y p (m/m), obtenidos del anexo A.3, mediante iteración computacional para valores crecientes de V_e , hasta que el resultado tienda a un residuo suficientemente pequeño, se obtiene el valor de V_e que satisface la expresión.

En el Anexo A.1 se presentan las Tablas, I Carreteras y II Caminos que entregan los valores de R - p - V_e y t.

Para el cálculo de la Tabla II se emplea la expresión para $V_e \leq 80\text{km/h}$ para radios hasta 250m y $V_e \geq 80\text{km/h}$ para radios sobre 250m; ello con el objeto de utilizar los valores de "t" que corresponden a velocidades mayores que 80km/h; no obstante ello los peraltes empleados corresponden a los definidos para caminos.

Para radios intermedios el valor de V_e se puede estimar con suficiente aproximación interpolando linealmente.

Para $R \geq 900$ m en carreteras, se considerará que $v_e = 130$ Km/h, para $R \geq 700$ m en caminos, se considerará que $V_e = 110$ Km/h.

3.4.3 Radios Límite en Contraperalte - RL

En general el contraperalte, o inclinación transversal de la calzada en sentido contrario al que normalmente corresponda en la curva, sólo será aceptable para radios $\geq 3.500\text{m}$ en Caminos y $\geq 7.500\text{m}$ en Carreteras. Su valor máximo podrá igualar al de bombeo, o inclinación transversal de la calzada en alineamientos rectos, pero sin superar - 2,5

3.4.4 Relación Entre los radios de curvas Circulares consecutivas.

Los radios de una sucesión de curvas horizontales sin recta intermedia o con una recta de longitud menor que 400m, se consideran dependientes y deben por lo tanto cumplir con la relación que se establece en el Anexo A.2 para Caminos con $V_p \leq 80\text{km/h}$. El empleo de este criterio en Alemania desde hace bastantes años y

en España en forma más reciente, ha mostrado que de él se derivan incrementos significativos en cuanto a seguridad.

3.4.5 Desarrollo de Peralte en Curvas Circulares Sin Curvas de Enlace

Las normas que se establecen a continuación son válidas para el desarrollo de peralte en aquellos casos particulares en que no existe arco de enlace de curvatura variable, clotoides, entre la alineación recta y la curva circular. Los casos particulares en que no se consulta el empleo de clotoides, son:

- Caminos de Desarrollo con $V_p \leq 30\text{km/h}$
- Curvas cuya deflexión (ω) está comprendida entre $2g$ y $6g$ en las que no se emplearán clotoides de enlace.

Curvas cuyos radios superen 1500m para caminos con $V_p \leq 80\text{km/h}$ ó 3000m para carreteras con $V_p \geq 80\text{km/h}$, en las que se podrá prescindir de la clotoide de enlace.

3.4.6 Eje de Giro de Peralte.

En caminos bidireccionales, el giro normalmente se dará en torno al eje en planta que coincide con el eje de simetría de la calzada. En casos justificados, tales como intersecciones a nivel o zonas de enlace, el eje de giro podrá desplazarse hacia alguno de los bordes de la calzada.

3.4.7 Longitud del Desarrollo de Peralte

a) Eje de Giro Normal. Ya sea que se trate de calzadas bidireccionales o unidireccionales, considerando la respectiva posición normal del eje de giro del peralte, la longitud requerida para la transición desde el bombeo (-b) al peralte total (+p) o (-p), queda dada por (Ec. 9) que se muestra a continuación:

$$l = \frac{n * a * \Delta p}{\Delta} \dots\dots (Ec. 9)$$

l = Longitud del desarrollo del peralte (m)

n = Números de pistas entre el eje de giro del peralte y el borde de la calzada.

A = Ancho normal de una pista (m). Se prescinde de los posibles ensanches

Δp = Variación total de la pendiente transversal para el borde que debe transitar entre (-b) y (+p) en caminos bidireccionales o entre -b y (+p) o (-p) para el borde exterior en carreteras unidireccionales.

Δ = Pendiente Relativa del Borde de la Calzada, respecto de la pendiente longitudinal del eje de la vía (%), cuyos valores normales y máximos se dan en la tabla 3.6.

TABLA 3.6. VALORES ADMISIBLES PENDIENTE RELATIVA DE BORDE $\Delta\%$

Vp (Km/h)	30 – 50	60 - 70	80 – 90	100 - 120
Δ Normal	0,7	0,6	0,5	0,35
Δ Máx $n = 1$	1,5	1,3	0,9	0,8
Δ Máx $n > 1$	1,5	1,3	0,9	0,8

Fuente: Manual de Carreteras, Vol. 3, año 2002.

3.4.8 Condicionantes para el Desarrollo de Peralte.

3.4.8.1 Proporción del Peralte a Desarrollar en Recta

Cuando no existe curva de enlace de radio variable entre la recta y la curva circular, el conductor sigue en la mayoría de los casos una trayectoria similar a una de estas curvas, la que se describe parcialmente en uno y otro elemento. Lo anterior permite desarrollar una parte del peralte en la recta y otra en la curva. Esto porque en la parte de la recta vecina a la curva el conductor recorre una trayectoria circular que no hace demasiado incomoda una inclinación transversal mayor que el 2%, y porque en la parte de la curva vecina a la recta, el vehículo describe un círculo de radio mayor que el de diseño. En ciertas oportunidades, sin embargo, el tránsito en sentido contrario puede restringir la libertad para desarrollar esta maniobra y por tanto el peralte a desarrollar en recta, debe

alcanzar a un mínimo que no incrementa peligrosamente el coeficiente de fricción transversal a utilizar en el sector inicial de la curva. La tabla 3.7 indica la proporción a desarrollar en recta.

TABLA 3.7. PROPORCION DEL PERALTE A DESARROLLAR EN RECTA

Mínimo	Normal	Máximo
$p < 4,5$	$p = \text{todos}$	$p \leq 7$
$0,5p$	$0,7p$	$0,8p$

Fuente: Manual de Carreteras, Vol. 3, año 2002.

3.5 Desarrollo de Peralte en Arcos de Enlace

Cuando existe arco de enlace, el desarrollo del peralte puede darse de forma tal que el valor alcanzado sea exactamente el requerido por el radio de curvatura en el punto considerado, obteniéndose el valor máximo de “p” justo en el principio de la curva circular retranqueada.

Cuando la calzada posee doble bombeo, o si el bombeo único es en sentido contrario al sentido de giro de la curva que se debe enlazar será necesario efectuar en la alineación recta, el giro de la pista o de la calzada, hasta alcanzar la pendiente transversal nula en el inicio de la curva de enlace. Desde ese punto se desarrolla el peralte al ritmo antes descrito. Si se hiciera la transición desde $-b\%$ a 0% dentro de la curva de enlace, quedaría un sector con un déficit de peralte.

Por otra parte, para velocidades altas la longitud de la curva de enlace suele ser superior al desarrollo requerido para la transición del peralte entre 0% y p . En estos casos la pendiente del borde peraltado respecto del eje de giro “ Δ ” puede resultar pequeña y por tanto la zona con pendiente transversal cercana a 0% , tiende a ser demasiado extensa desde el punto de vista del drenaje.

3.5.1 Procedimiento a Seguir.

Para minimizar los problemas de drenaje, manteniendo el concepto general antes expuesto, cuando existe arco de enlace el desarrollo de peralte se dará según el siguiente procedimiento:

a) Eje de giro normal en torno al eje de las calzadas bidireccionales y en los bordes interiores del pavimento en las unidireccionales.

b) El desarrollo de peralte tendrá una longitud total igual a:

$$l = l_0 + L \quad \dots(\text{Ec. 10})$$

Siendo:

l_0 = Desarrollo en la recta para pasar $-b\%$ a 0%

L = Desarrollo en la Clotoide para pasar de 0% a $p\%$

Para calzadas de doble bombeo o de pendiente transversal única de sentido opuesto al giro de peralte, la longitud, “ l_0 ” se calcula según (Ec.11).

$$l_0 = \frac{n \cdot a \cdot b}{\Delta} \quad \dots (\text{Ec. 11})$$

n : Número de pistas entre el eje de giro y el borde de la calzada a peraltar.

a : Ancho normal de una pista (m). Se prescinde de posibles ensanches.

b : Bombeo o pendiente transversal normal en recta a

Δ : Pendiente relativa del borde peraltado respecto del eje de giro

En todo caso para minimizar los problemas de drenaje a partir del comienzo de la curva de enlace se desarrollará el giro desde 0% a $b\%$, manteniendo la pendiente de borde “ Δ ” utilizada en el tramo en recta, resultando una longitud idéntica a la ya

definida. El valor de Δ no deberá ser nunca menor que 0,35%, pudiendo alcanzar hasta el Δ máx indicado en la Tabla 3.6 para la V_p correspondiente.

El saldo del peralte por desarrollar se dará entonces en la longitud $L - l_0$ resultando una pendiente relativa de borde indicada en (Ec. 12):

$$\Delta_{ce} = \frac{n * a * (p - b)}{L - l_0} \dots\dots\dots \text{(Ec.12)}$$

Si el desarrollo del peralte se da con Δ único entre 0% y p% a todo lo largo de la clotoide, el Δ resultante será el que se muestra en la ecuación 13:

$$\Delta = \frac{n * a * p}{L} \dots \text{(Ec.13)}$$

Para Velocidades altas que implican parámetros grandes, por lo general Δ_{ce} será $< \Delta$ normal y para Clotoides de parámetro mínimo con un Δ constante en toda la transición, este deberá ser similar aunque menor o igual que Δ máx.

c) Para el caso de calzadas con pendiente transversal única, en que ésta coincide con el sentido de giro de la curva: Se mantiene constante la inclinación transversal “b” en una distancia “ l_0 ” al inicio de la clotoide, calculada según lo expuesto en la Letra (b); ello con el objeto de evitar un sobreperaltamiento en ese tramo de la clotoide. Luego el peraltamiento de b%, a p% se da en el resto de la curva de enlace y la pendiente relativa de borde se calcula a partir de la expresión para Δ_{ce} .

Estos procedimientos se ilustran en el Anexo A.4, para giros en torno al eje y a los bordes derecho e izquierdo, según el avance de la distancia acumulada, en calzadas bidireccionales con doble bombeo

3.6 Antecedentes Teóricos para Trazado En Alzado

Las cotas del eje en planta de una carretera o camino, al nivel de la superficie del pavimento o capa de rodadura, constituyen la rasante o línea de referencia del alineamiento vertical. La representación gráfica de esta rasante recibe el nombre de Perfil Longitudinal del Proyecto.

La rasante determina las características en alzado de la carretera y está constituida por sectores que presentan pendientes de diversa magnitud y/o sentido, enlazadas por curvas verticales que normalmente serán parábolas de segundo grado.

Para fines de proyecto, el sentido de las pendientes se define según el avance de la distancia acumulada (D_m), siendo positivas aquéllas que implican un aumento de cota y negativas las que producen una pérdida de cota.

Las curvas verticales de acuerdo entre dos pendientes sucesivas permiten lograr una transición paulatina entre pendientes de distinta magnitud y/o sentido, eliminando el quiebre de la rasante. El adecuado diseño de ellas asegura las distancias de visibilidad requeridas por el proyecto. En todo punto de la carretera debe existir por lo menos la Visibilidad de Parada que corresponda a la V^* del tramo, según lo establecido anteriormente.

El trazado en alzado está controlado principalmente por :

- a) Categoría del Camino
- b) Topografía del Área
- c) Trazado en Horizontal y Velocidad V^* correspondiente
- d) Distancias de Visibilidad
- e) Drenaje
- f) Valores Estéticos y Ambientales
- g) Costos de Construcción

La superficie vertical que contiene la rasante coincidirá con el eje en planta de la carretera o camino. Cuando el proyecto consulta calzada única, en la mayoría de los casos, el eje en planta será eje de simetría de la calzada.

3.6.1 Inclinación De Las Rasantes

3.6.1.1 Pendientes Máximas

La Tabla 3.8 establece las pendientes máximas admisibles según la categoría de la carretera o camino.

TABLA 3.8. PENDIENTES MAXIMAS ADMISIBLES (%)

Categoría	VELOCIDAD DE PROYECTO									
	≤ 30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Desarrollo	10 - 12	10 - 9	9	---	---	---	---	---	---	---
Local	---	9	9	8	8	---	---	---	---	---
Colector	---	---	---	8	8	8	---	---	---	---
Primario	---	---	---	---	---	6	5	4,5	---	---
Autorrutas	---	---	---	---	---	6	5	4,5	---	---
Autopistas	---	---	---	---	---	5	---	4,5	---	4

Fuente: Manual de Carreteras, Vol. 3, año 2002.

3.6.1.2 Pendientes Mínimas

Es deseable proveer una pendiente longitudinal mínima del orden de 0,5% a fin de asegurar en todo punto de la calzada un eficiente drenaje de las aguas superficiales. Se distinguirán los siguientes casos particulares:

a) Si la calzada posee un bombeo o inclinación transversal de 2% y no existen soleras o cunetas, se podrá excepcionalmente aceptar sectores con pendientes longitudinales de hasta 0,2%. Si el bombeo es de 2,5% excepcionalmente se podrán aceptar pendientes longitudinales iguales a cero.

b) Si al borde del pavimento existen soleras la pendiente longitudinal mínima deseable será de 0,5% y mínima absoluta 0,35%.

c) En zonas de transición de peralte en que la pendiente transversal se anula, la pendiente longitudinal mínima deberá ser de 0,5% y en lo posible mayor.

Si los casos analizados precedentemente se dan en cortes, el diseño de las pendientes de las cunetas deberá permitir una rápida evacuación de las aguas, pudiendo ser necesario revestirlas para facilitar el escurrimiento.

3.6.2 Enlaces De Rasantes

3.6.2.1 Curvas Verticales de Enlace

El ángulo de deflexión entre dos rasantes que se cortan, queda definido por la ecuación 14:

$$\theta_{\text{radianes}} = |i_1 - i_2| \dots \text{(Ec.14)}$$

Es decir θ se calcula como el valor absoluto de la diferencia algebraica de las pendientes de entrada y salida, expresadas en m/m. Las pendientes deberán considerarse con su signo, según la definición:

- + Pendiente de Subida según el avance de Dm
- Pendiente de Bajada según avance de Dm

Toda vez que la deflexión θ es igual o mayor que 0,5% = 0,005m/m, se deberá proyectar una curva vertical para enlazar las rasantes. Bajo esta magnitud se podrá prescindir de la curva de enlace ya que la discontinuidad es imperceptible para el usuario.

En el anexo A.5 se ilustra el caso de curvas verticales convexas y cóncavas, e incluye las expresiones que permiten calcular sus diversos elementos.

La deflexión θ se repite como ángulo del centro para una curva circular de radio R , que sea tangente a las rasantes a enlazar, en los mismos puntos que la parábola de segundo grado. La parábola y la curva circular mencionadas son en la práctica muy semejantes, tanto así que el cálculo teórico de la curva de enlace requerida por concepto de visibilidad se hace en base a la curva circular, en tanto que el proyecto y replanteo se ejecuta en base a la parábola.

Bajo las circunstancias descritas el desarrollo de la curva vertical de enlace queda dado por la ecuación 15:

$$L_v = R \cdot \theta = R \cdot |i_1 - i_2| \dots \text{ (Ec. 15); } i_1 \text{ e } i_2 \text{ expresados en m/m}$$

Adoptando la nomenclatura correspondiente a la parábola de segundo grado, el radio R pasa a llamarse "K" que corresponde al parámetro de esta curva.

Finalmente, dentro del rango de aproximaciones aceptadas, el desarrollo de la curva de enlace se identifica con:

$$L_v = 2 T$$

Siendo $2T$ la proyección horizontal de las tangentes a la curva de enlace.

En definitiva, para todos los efectos de cálculo y replanteo, la longitud de la curva vertical de enlace está dada según medidas reducidas a la horizontal como se muestra en la ecuación 16:

$$2T = K \cdot \theta = K \cdot |i_1 - i_2| \dots \text{ (Ec. 16)}$$

3.6.2.1.1 Criterios de Diseño para Curvas Verticales

a) Las curvas verticales deben asegurar en todo punto del camino la Visibilidad de Parada, ya sea que se trate de calzadas bidireccionales o unidireccionales.

b) En calzadas bidireccionales, si las condiciones lo permiten, el proyectista podrá diseñar curvas de enlace por criterio de visibilidad de adelantamiento, con lo que se asegura sobradamente la visibilidad de parada.

c) El cálculo de curvas verticales presenta dos situaciones posibles, a saber:

$$D_v > 2T$$

$$D_v < 2T$$

La presente norma considera como situación general el caso $D_v < 2T$ ya que: representa el caso más corriente, implica diseños más seguros y la longitud de curva de enlace resultante de $D_v > 2T$, normalmente debe ser aumentada por criterio de comodidad y estética.

3.6.2.2 Parámetros Mínimos por Visibilidad de Parada

3.6.2.2.1 Curvas Verticales Convexas

Se considera la distancia de parada sobre un obstáculo fijo situado sobre la pista de tránsito y la altura de los ojos del conductor sobre la rasante de esta pista. El parámetro queda dado por:

$$K_v = \frac{D_p^2}{2 \cdot (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2}$$

K_v = Parámetro Curva Vertical Convexa (m)

D_p = Distancia de Parada f (V*) m

h_1 = Altura Ojos del Conductor 1,10 m

h_2 = Altura Obstáculo Fijo 0,20 m

Luego:

$$K_c = \frac{D_p^2}{4,48} \quad \dots \quad (\text{Ec.17})$$

3.6.2.2.2 Curvas Verticales Cóncavas

Se considera la distancia de parada nocturna sobre un obstáculo fijo que debe quedar dentro de la zona iluminada por los faros del vehículo. El parámetro queda dado por:

$$K_c = \frac{D_p^2}{2 * (h + D_p * \text{sen} \beta)}$$

K_c = Parámetro Curva Vertical Cóncava (m)

D_p = Distancia de Parada f (V_p) (m) (Se considera que de noche los usuarios no superan V_p)

h = Altura Focos del Vehículo = 0,6m

β = Angulo de Abertura del Haz Luminoso respecto de su Eje = 1°

Luego:
$$K_c = \frac{D_p^2}{(1,2 + 0,035 * D_p)} \dots \text{ (Ec.18)}$$

En la Tabla 3.9 se resumen los valores de K_v calculados según la expresión precedente considerando D_p para $V^* = V_p$ y los valores adoptados para K_v si $V^* = V_p + 5$ ó $V_p + 10$, los que están minorados dentro de límites de seguridad razonables. Los valores de K_c se calculan sólo en función de V_p . Se modificó la tabla para mostrar solo los casos con velocidad de proyecto entre 30 y 50 km/h.

TABLA 3.9. PARAMETROS MINIMOS EN CURVAS VERTICALES POR CRITERIO DE VISIBILIDAD DE PARADA

Velocidad de Proyecto V_p (Km/h)	CURVAS CONVEXAS K_v			CURVAS CONCAVAS KC V_p Km/h
	$V^*=V_p$ (Km/h)	$V^*=V_p+5$ (Km/h)	$V^*=V_p+10$ (Km/h)	
30	300	300	320	400
40	400	500	600	500
50	700	950	1100	1000

Fuente: elaboración propia, con información del manual de carreteras Vol. 3, 2002.

3.6.2.3 Longitud Mínima de Curvas Verticales

Por condición de comodidad y estética, la longitud mínima de las curvas verticales está dada por la ecuación 19:

$$2T(m) \geq \left| V_p \left(\frac{km}{h} \right) \right| \dots \text{(Ec.19)}$$

Es decir, el desarrollo mínimo de la curva vertical será el correspondiente al número de metros que representa la velocidad de proyecto de la carretera, expresada en Km/h.

En los casos en que la combinación parámetro mínimo ángulo de deflexión θ no cumple con esta condición de desarrollo mínimo, se determinará el parámetro mínimo admisible con la ecuación 20 mostrada a continuación:

$$K = \frac{2T \text{ Minimo}}{\theta} = \frac{V_p}{\theta} \dots \text{(Ec. 20)}$$

3.7 Sección Transversal

La Sección Transversal de una carretera o camino describe las características geométricas de éstas, según un plano normal a la superficie vertical que contiene el eje de la carretera.

Dicha sección transversal varía de un punto a otro de la vía, ya que ella resulta de la combinación de los distintos elementos que la constituyen, cuyos tamaños, formas e interrelaciones dependen de las funciones que ellas cumplan y de las características del trazado y del terreno en los puntos considerados.

3.7.1 La Plataforma.

Se llama “plataforma” a la superficie visible de una vía formada por su(s), calzada(s), sus bermas, los sobrecanchos de plataforma (SAP) y su mediana, en caso de existir esta última como parte de la sección transversal tipo.

El ancho de la plataforma será entonces la suma de los anchos de sus elementos constitutivos.

La plataforma puede contener algunos elementos auxiliares, tales como barreras de seguridad, soleras, iluminación o señalización.

3.7.2 La calzada

Una calzada es una banda material y geoméricamente definida, de tal modo que su superficie pueda soportar un cierto tránsito vehicular y permitir desplazamientos cómodos y seguros de los mismos.

Las calzadas están formadas por dos o más pistas. Una pista será entonces cada una de las divisiones de la calzada que pueda acomodar una fila de vehículos transitando en un sentido.

3.7.3 Anchos de Calzada y Plataforma.

En el Anexo A.7 se resumen los Anchos de Plataforma en Terraplén y de los elementos que la constituyen, dados en función de la Categoría de la vía y de la Velocidad de Proyecto que le corresponde.

Salvo en los casos de Caminos Locales y de Desarrollo con velocidad de Proyecto menores o iguales que 60 Km/h, en los que la Dirección de Vialidad podrá autorizar anchos de pista menores a 3,5 m, para todas las demás categorías y velocidades de proyecto el ancho mínimo de pistas será de 3,5 m.

3.7.4 Bombeos.

En tramos rectos o en aquellos cuyo radio de curvatura permite el contraperalte según los límites fijados, las calzadas deberán tener, con el propósito de evacuar las aguas superficiales, una inclinación transversal mínima o bombeo, que depende del tipo de superficie de rodadura y de la Intensidad de la Lluvia de 1 Hora de Duración con Período de Retorno de 10 Años (I^{110}) mm/h, propia del área en que se emplaza el trazado.

La Tabla 3.10 especifica estos valores indicando en algunos casos un rango dentro del cual el proyectista deberá moverse, afinando su elección según los matices de la rugosidad de las superficies y de los climas imperantes.

TABLA 3.10. BOMBEOS DE LA CALZADA.

Tipo de Superficie	Pendiente Transversal	
	$(I^{110}) \leq$	$(I^{110}) >$
	15mm/h	15mm/h
Pav.de Hormigón o Asfalto	2	2,5
Tratamiento Superficial	3	3,5
Tierra, Grava, Chancado	3 -3,5	3,5 - 4,0

Fuente: Manual de Carreteras, Vol. 3, año 2002.

3.7.5 Las Bermas.

Las bermas son franjas que flanquean el pavimento de las calzadas. Ellas pueden ser construidas con pavimento de hormigón, capas asfálticas, tratamiento superficial, o simplemente ser una prolongación de la capa de grava en los caminos no pavimentados.

3.7.5.1 Anchos y Pendiente Trasversal de las Bermas.

El ancho normal en Caminos Locales con $V_p=40$ km/h es de 0,5 m, el que en conjunto con SAP proveen una plataforma de 8,0 m. En Caminos de Desarrollo que normalmente no poseerán pavimento superior, se podrá prescindir de las

Estudio de Seguridad Vial para caminos Llanos de la Región del Biobío del Programa Caminos Básicos 5000.

bermas, existiendo solo el SAP como Complemento para asegurar la estabilidad y adecuada compactación de la calzada.

3.7.6 Sobreanchos de Plataforma.

3.7.6.1 Ancho del SAP.

La plataforma en terraplén tendrá siempre un SAP mínimo de 0,5 m que permita confinar las capas de subbase y base de modo que en el extremo exterior de la berma sea posible alcanzar el nivel de compactación especificado.

En el Anexo A.7 se presenta el resumen de los Anchos de Plataforma a Nivel de Rasante.

4 CAPITULO IV: SEÑALIZACIONES Y DEMARCACIONES DEL MANUAL DE SEÑALIZACIONES DE TRANSITO.

4.1 Señalización de Tránsito

La circulación vehicular y peatonal debe ser guiada y regulada a fin de que ésta pueda llevarse a cabo en forma segura, fluida, ordenada y cómoda, siendo la señalización de tránsito un elemento fundamental para alcanzar tales objetivos. En efecto, a través de la señalización se indica a los usuarios de las vías la forma correcta y segura de transitar por ellas, con el propósito de evitar riesgos y disminuir demoras innecesarias.

4.1.1 Requisitos de la Señalización de Tránsito

Toda señal de tránsito debe satisfacer los siguientes requisitos mínimos para cumplir integralmente su objetivo:

- a) debe ser necesaria
- b) debe ser visible y llamar la atención
- c) debe ser legible y fácil de entender
- d) debe dar tiempo suficiente al usuario para responder adecuadamente
- e) debe infundir respeto
- f) debe ser creíble

4.2 Señales verticales.

4.2.1 Funcion.

La función de las señales es reglamentar o advertir de peligros o informar acerca de rutas, direcciones, destinos y lugares de interés. Son esenciales en lugares donde existen regulaciones especiales, permanentes o temporales, y en lugares donde los peligros no son de por sí evidentes.

Las señales no son necesarias ni deben ser usadas para confirmar prescripciones contempladas en la Ley; por el contrario, deben ser instaladas, previo análisis técnico, sólo en aquellos lugares donde éstas se justifiquen.

4.2.2 Clasificación

a) Señales Reglamentarias: Tienen por finalidad notificar a los usuarios de las vías las prioridades en el uso de las mismas, así como las prohibiciones, restricciones, obligaciones y autorizaciones existentes. Su transgresión constituye infracción a las normas del tránsito.

Atendiendo a su función las señales reglamentarias se dividen en:

- De prioridad (RPI)
- De prohibición (RPO)
- De restricción (RR)
- De obligación (RO)
- De autorización (RA)

b) Señales de Advertencia de peligro: también llamadas preventivas, tienen como propósito advertir a los usuarios la existencia y naturaleza de riesgos y/o situaciones imprevistas presentes en la vía o en sus zonas adyacentes, ya sea en forma permanente o temporal.

De acuerdo al origen de los riesgos que previenen, las señales de advertencia se dividen en:

- Advertencia sobre características geométricas de la vía (PG)
- Advertencia sobre restricciones físicas de la vía (PF)
- Advertencia de intersecciones con otras vías (PI)
- Advertencia sobre características operativas de la vía (PO)
- Advertencia sobre situaciones especiales (PE)

c) Señales Informativas: tienen como propósito orientar y guiar a los usuarios del sistema vial, entregándoles la información necesaria para que puedan llegar a sus destinos de la forma más segura, simple y directa posible. En particular, se utilizan para informar sobre:

- enlaces o empalmes con otras vías
- pistas apropiadas para cada destino
- direcciones hacia destinos, calles o rutas
- inicio de la salida a otras vías
- distancias a que se encuentran los destinos
- nombres de rutas y calles
- servicios y lugares de atractivo turístico existentes en las inmediaciones de la vía
- nombres de ciudades, ríos, puentes, calles, parques, lugares históricos y otros.

Las señales informativas, de acuerdo a su función, se clasifican en:

1) Señales que guían al usuario a su destino:

- De preseñalización (IP)
- De dirección (ID)
- de confirmación (IC)
- de identificación vial (IV)
- de localización (IL)

2) Señales con otra información de interés:

- de servicio (IS)
- de atractivo turístico (IT)
- otras señales para autopistas y autovías (IAA)
- otras (IO)

4.3 Demarcaciones

Al igual que las señales verticales, se emplean para regular la circulación, advertir o guiar a los usuarios de la vía, por lo que constituyen un elemento indispensable para la seguridad y la gestión de tránsito. Pueden utilizarse solas o junto a otros medios de señalización. En algunas situaciones, son el único y/o más eficaz medio para comunicar instrucciones a los conductores.

4.3.1 Clasificación

4.3.1.1 Según su Forma

a) Líneas Longitudinales: Se emplean para delimitar pistas y calzadas; para indicar zonas con y sin prohibición de adelantar; zonas con prohibición de estacionar; y, para delimitar pistas de uso exclusivo de determinados tipos de vehículos.

Atendiendo al elemento de la vía que identifican, las líneas longitudinales se clasifican en:

- Líneas de eje central
- Líneas de pista
- Líneas de borde de calzada
- Otras líneas

b) Líneas Transversales: Se emplean fundamentalmente en cruces para indicar el lugar antes del cual los vehículos deben detenerse y para demarcar sendas destinadas al cruce de peatones o de bicicletas.

Atendiendo a la función que cumplen las líneas transversales se clasifican en:

- Líneas de detención
- Líneas de cruce

c) Símbolos y Leyendas: Se emplean tanto para guiar y advertir al usuario como para regular la circulación. Se incluyen en este tipo de demarcación las flechas, triángulos CEDA EL PASO y leyendas tales como PARE y LENTO.

Atendiendo a su tipo, estas señales se clasifican en:

- a. Flechas
- b. Leyendas
- c. Otros símbolos

d) Otras Demarcaciones: Existen otras demarcaciones que no es posible clasificar dentro de las anteriores, ya que ninguno de sus componentes (longitudinales, transversales o simbólicos) predomina por sobre los otros.

4.3.1.2 Según su Altura

a) Planas: Aquéllas de hasta 6mm de altura

b) Elevadas: Aquéllas de más de 6mm y hasta 21mm de altura, utilizadas para complementar a las primeras. El hecho de que esta demarcación sea elevada aumenta su visibilidad, especialmente al ser iluminada por la luz proveniente de los focos de los vehículos, aún en condiciones de lluvia, situación en la cual, generalmente, la demarcación plana no es eficaz.

4.4 Elementos de Apoyo Permanente

Son utilizados fundamentalmente para apoyar o reforzar el mensaje entregado por otra señalización permanente - como señales verticales y/o demarcación - o complementar medidas de seguridad, como la segregación física de pistas con defensas de hormigón o la delimitación de sendas para el tránsito peatonal. Ello, sin perjuicio de los objetivos específicos que también cumplen dichos dispositivos de apoyo, como delinear o segregar la vía.

4.4.1 Clasificación

a) Delineadores: Tienen el objetivo de entregar a los conductores y conductoras información visual adicional sobre la delineación de la vía y sus alrededores, especialmente en zonas de curvas, durante la noche y en otros períodos de baja visibilidad. Alternativamente, estos elementos son denominados “canalizadores”.

En función de sus características físicas, los delineadores se clasifican en:

- Delineadores Verticales
- Delineadores Direccionales
- Placas (Captafaros)

b) Hitos de Advertencia: Estos elementos se utilizan para reforzar el mensaje de advertencia sobre la existencia de una singularidad en la vía entregado por señales verticales o demarcación, como islas peatonales, bifurcaciones u otras aristas. Si bien estos elementos también pueden ser llamados delineadores, en este Manual son tratados en forma separada dada su aplicación puntual dentro de la vía.

En función de sus características físicas, los hitos de advertencia se clasifican en:

- Hitos Verticales
- Hitos de Vértice
- Hitos Luminosos
- Luces

c) Segregadores de Flujo: Son dispositivos utilizados para reforzar la segregación de distintos tipos de usuarios de la vía - vehículos y peatones -, modos de transporte - buses y vehículos livianos - o movimientos.

En función de sus características físicas, los elementos de segregación se clasifican en: tachones, topes verticales y horizontales.

5 CAPITULO V: EVALUACION DE LA CONSISTENCIA GEOMETRICA EN EL DISEÑO DE VIAS.

La consistencia del diseño geométrico de una carretera se entiende como la homogeneidad de características geométricas a lo largo de la misma, e influye en el comportamiento de los conductores que la recorren.

Cuando un conductor recorre un tramo de vía, espera que sus características geométricas (radios de curvatura, pendientes, ancho de carril y otras) sean más o menos uniformes. Un cambio brusco de las mismas puede producir conductas indeseables como la disminución súbita de la velocidad o un cambio de trayectoria, lo que genera situaciones inseguras. En un estudio realizado en los Estados Unidos se encontró que, en curvas que obligan a decelerar más de 20 km/h, la posibilidad de sufrir accidentes aumenta seis veces si se la compara con la situación de velocidad uniforme.

Existen distintos métodos para evaluar la consistencia del diseño, entre los cuales destacan el enfoque de los índices de alineamiento, el enfoque de la velocidad, el enfoque de la seguridad y el enfoque de la carga mental del conductor. También se han desarrollado modelos computacionales como es el caso del “Interactive Highway Safety Design Model” (IHSDM) desarrollado por la Federal Highway Administration (FHWA) el cual permite la evaluación explícita y cuantitativa de la seguridad de una carretera.

5.1 Estudios de consistencia basados en predicción de velocidad (V85).

Los modelos de perfil de velocidad predicen velocidades de operación a lo largo de un camino y determinan las diferencias de velocidad entre elementos sucesivos, principalmente entre tramos rectos y curvas horizontales. El modelo de perfil de velocidad también asume que la velocidad de operación se mantiene constante a lo largo de la curva horizontal y la aceleración ocurre al salir de la curva. La predicción de la velocidad en tramos rectos está basada asumiendo

tasas de aceleración y deceleración respecto de la longitud y la pendiente del segmento recto.

5.1.1 Estudio de la Federal Highway Administration (FHWA) en 1999.

Fitzpatrick et al (2000) realizó un estudio basado en la predicción de velocidad de operación, en rectas de dos carriles, en segmentos como curvas horizontales, curvas verticales, secciones rectas y antes y después de curvas horizontales. Se recolectaron datos de más de 200 segmentos de carretera, con los cuales se generaron y calibraron los modelos de predicción, que se muestran a continuación en la tabla 5.1.

TABLA 5.1. ECUACIONES DE PREDICCIÓN DE VELOCIDAD PARA VEHÍCULOS DE PASAJEROS.

AC EQ (ver 1)	Condición de alineamiento	Ecuación (ver 2)	Num. Obser.	R ²	MSE
1	Curva Horizontal -9% ≤ G < -4%	$V_{85} = 102.10 - \frac{3077.13}{R}$	21	0.58	51.95
2	Curva Horizontal -4% ≤ G < 0%	$V_{85} = 105.98 - \frac{3709.90}{R}$	25	0.76	28.46
3	Curva Horizontal 0% ≤ G < 4%	$V_{85} = 104.82 - \frac{3574.51}{R}$	25	0.76	24.34
4	Curva Horizontal 4% ≤ G < 9%	$V_{85} = 96.61 - \frac{2752.19}{R}$	23	0.53	52.54
5	Curva Horizontal combinada con curva vertical	$V_{85} = 105.32 - \frac{3438.19}{R}$	25	0.92	10.47

Fuente: NCHRP, Transportation Research Board, 2003.

5.1.2 Estudio de velocidad en Colombia.

En Colombia se estudió 71 tramos en carreteras de Cauca, Valle y Quindío los que poseían dos carriles, además eran caminos rurales, sin intersecciones, y con un pavimento en buen estado. Se analizaron datos geométricos como los radios, pendientes, curvas horizontales y verticales. La medición de velocidades se realizó con radar y se midieron automóviles a flujo libre y en tiempo seco.

A continuación se muestra la tabla 5.2, la cual contiene los resultados obtenidos tras el estudio de velocidad realizado en las carreteras de Colombia.

TABLA 5.2. ECUACIONES DE PREDICCIÓN DE ESTUDIO DE VELOCIDAD EN COLOMBIA

Características del Alineamiento	Ecuación	R ²
Curva horizontal con pendiente entre 0 % y +4 %	$V_{85} = 94.398 - 3188.656 / R$ (Validada estudio Lamm)	0.79
Curva horizontal con pendiente entre +4 % y +9 %	$V_{85} = 36.054 + 0.141 R$ $V_{85} = 37.18 + 0.102 R + 0.044 R_{n-1}$	0.61
Curva horizontal con pendiente entre -4 % y 0 %	$V_{85} = 30.944 + 0.249 R$ $V_{85} = 28.93 + 0.226 R + 0.035 R_{n-1}$	0.85 0.88
Curva horizontal con pendiente entre -9 % y -4 %	$V_{85} = 33.919 + 0.186 R + 0.035 R_{n-1}$	0.73
V_{85} = velocidad de operación (km/h) R = radio de la curva en estudio (m) R_{n-1} = radio de la curva anterior (m) R ² = coeficiente de determinación		

Fuente: Seminario internacional de seguridad vial, Sánchez O, Colombia 2007.

5.1.3 Estudio de Lamm para predicción de velocidades (V_{85}) en curvas horizontales.

Lamm (1988) estudio 260 curvas en Nueva York y desarrollo un modelo de predicción de velocidad de operación (V_{85}) basado en los grados de curvatura. El modelo utilizó la tasa de cambio de curvatura (TCC) como la variable independiente en la ecuación de regresión de estimación de la V_{85} . El modelo cuantifica la consistencia separándola e tres categorías:

Buen diseño: El cambio de grado de curvatura (ΔGC) es menor o igual a 5^º, o la variación de la velocidad de operación es menor o igual a 10 km/h.

Diseño Regular: El cambio de grado de curvatura (ΔGC) es menor a 5° y menor o igual a 10° , o la variación de la velocidad de operación es mayor a 10 km/h y menor o igual a 20 km/h.

Mal Diseño: El cambio de grado de curvatura (ΔGC) es mayor a 10° , o la variación de la velocidad de operación mayor a 20 km/h.

5.1.4 Estudio de Choueri respecto de las diferencias entre velocidad de operación (V_{85}) y Velocidad de diseño.

Choueri et al (1995) investigó en 25 secciones curvas de un camino, evaluando la consistencia según la comparación de la velocidad de operación respecto a la de diseño. Se plantean tres categorías de diseño:

Buen diseño: El cambio de grado de curvatura (ΔGC) es menor o igual a 5° , y la variación de la velocidad de operación es menor o igual a 10 km/h entre elementos sucesivos. Además la diferencia entre la velocidad de operación y la velocidad de diseño es menos o igual a 10 km/h.

Diseño Regular: El cambio de grado de curvatura (ΔGC) es menor a 5° y menor o igual a 10° , y la variación de la velocidad de operación es mayor a 10 km/h y menor o igual a 20 km/h entre elementos. Además la diferencia entre la velocidad de operación y la velocidad de diseño es mayor a 10 km/h y menor o igual a 20 km/h.

Mal Diseño: El cambio de grado de curvatura (ΔGC) es mayor a 10° , y la variación de la velocidad de operación mayor a 20 km/h entre elementos. Además la diferencia entre la velocidad de operación y la velocidad de diseño es mayor a 20 km/h.

6 CAPITULO VI: PRESENTACION Y DESCRIPCION DE LOS CAMINOS ELEGIDOS.

Este capítulo tiene como finalidad la presentación de los caminos elegidos para realizar el estudio. A través de imágenes, planos, levantamiento de señalización y catastro de accidentes se darán a conocer las condiciones en las que se encuentran los caminos.

6.1 Elección de los caminos

Con el fin de facilitar el estudio de los caminos, se hace imprescindible, seleccionar a los caminos según sus características geométricas y del mismo modo según su localización, de esta manera, abordar de mejor forma el estudio en lo que a toma de datos en terreno respecta.

Una vez teniendo los proyectos que fueron facilitados para este propósito, se distinguen dos grupos que corresponden a caminos con pendientes longitudinales relativamente altas, los que fueron clasificados como caminos en terrenos ondulados o montañosos, y otros que corresponden a caminos con pendientes longitudinales bajas que son clasificados como camino en terrenos llanos. Del grupo de los caminos en terrenos llanos se eligieron 5 caminos representativos, los cuales fueron elegidos considerando lo siguiente:

- Que las pendientes longitudinales sean bajas (no mayores a 4%).
- Características geométricas que permitan evaluar la consistencia, tales como presencia de curvas S, curvas cerradas, intersecciones, alineamientos con longitudes de rectas grandes, etc.
- Velocidades de proyecto de 30 Km/h.
- Ubicación en localidades cercanas a Concepción. (con el objetivo de facilitar la visita a terreno)

Los caminos elegidos dentro del grupo clasificado en los terrenos llanos se presentan en la siguiente sección.

6.2 Presentación de los caminos.

6.2.1 Camino El Progreso – Colicheo:

Camino correspondiente a la comuna de Cabrero, provincia del Bío Bío, VIII Región del Bío Bío. Ubicado a 10 kilómetros al sur este de la comuna de Cabrero.

- Longitud: desde km 1.700 hasta Km 3.800.
- Coordenadas de inicio: Latitud 37°4'46.56"S; Longitud 72°17'36.85"O
- Coordenadas de fin: Latitud 37°3'54.24"S; Longitud 72°16'54.31"O.

A continuación se muestra la figura 6.1 con imágenes del camino.

FIGURA 6.1. IMÁGENES ACTUALES DEL CAMINO EL PROGRESO - COLICHEO



Fuente: Elaboración propia

La figura 6.2 muestra una imagen aérea del camino.

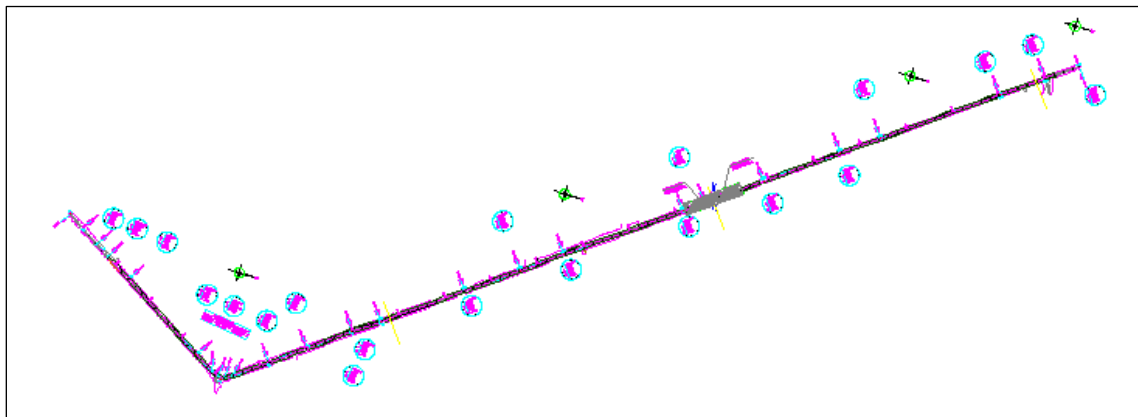
FIGURA 6.2 CAMINO EL PROGRESO – COLICHEO.



Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente figura (figura 6.3) se muestra un plano del camino, sin escala.

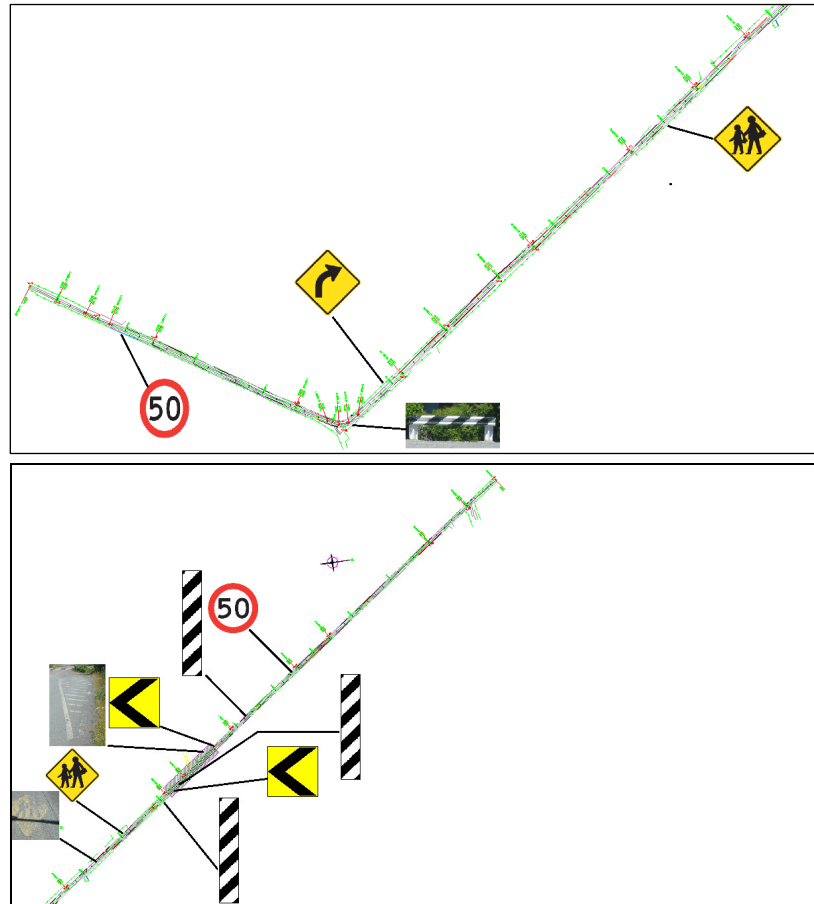
FIGURA 6.3 PLANO CAMINO EL PROGRESO – COLICHEO



Fuente: Elaboración propia.

A continuación se muestra la figura 6.4 que muestra el plano de señalización del camino.

FIGURA 6.4 PLANO DE SEÑALIZACIÓN EL PROGRESO – COLICHEO.



Fuente: Elaboración Propia

TABLA 6.1. FORMULARIO DE ENCUESTA DE ACCIDENTES CAMINO EL PROGRESO – COLICHEO.

Formulario de encuesta de accidentes camino El Progreso - Colicheo									
N°	Choque	clasificación accidentes			Desvío	Año Ocurrencia	Direccion	Ubicación	Observacion
		Transeunte	Animal	Bicicleta					
1		X				2009	I - F	Km. 2.760	Niña atropellada a la salida del colegio
2	X					2009	I - F	Km. 2.680	Choque por alcance a exceso de velocidad
3					X	Sin dato	I - F	Km. 2.009	Desvío a la derecha en curva

Fuente: Elaboración propia.

El estado del camino esta en buenas condiciones, la carpeta de rodado no presenta deterioro alguno. No obstante, es necesario mencionar que entre el kilómetro 3,020 y el kilómetro 3,150 el pavimento es interrumpido, al encontrarse

un puente no construido en forma definitiva. Cercano al kilómetro 2,760 se encuentra el colegio del sector. Algunas señales se encuentran en mal estado.

6.2.2 Camino Ruta 5 – Los Colihues:

Camino correspondiente a la comuna de Chillan Viejo, provincia de Ñuble, VIII Región del Bío Bío. Ubicado aproximadamente a 7 kilómetros al sur oeste de la comuna de Chillan Viejo. En la figura 6.5 se muestran imágenes actuales del camino.

- Longitud: desde km 0.000 hasta Km 3.182,07.
- Coordenadas de inicio: Latitud 36°38'18.83"S; Longitud 72°12'25.87"O.
- Coordenadas de fin: Latitud 36°38'10.17"S; Longitud 72°14'30.80"O.
-

FIGURA 5.5 IMÁGENES ACTUALES DEL CAMINO RUTA 5 – LOS COLIHUES.



Fuente: Elaboración propia.

Estudio de Seguridad Vial para caminos Llanos de la Región del BíoBío del Programa Caminos Básicos 5000.

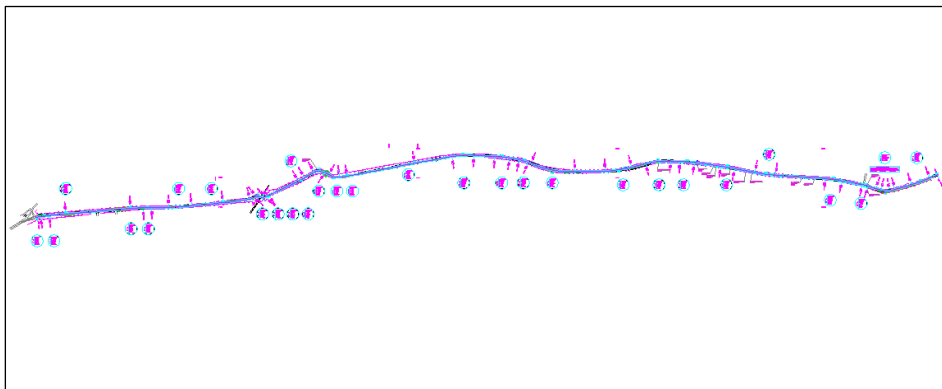
En la figura 6.6 y 6.7 se muestran una imagen aérea y un plano del camino.

FIGURA 6.6. CAMINO RUTA 5 – LOS COLIHUES.



Fuente: Elaboración propia.

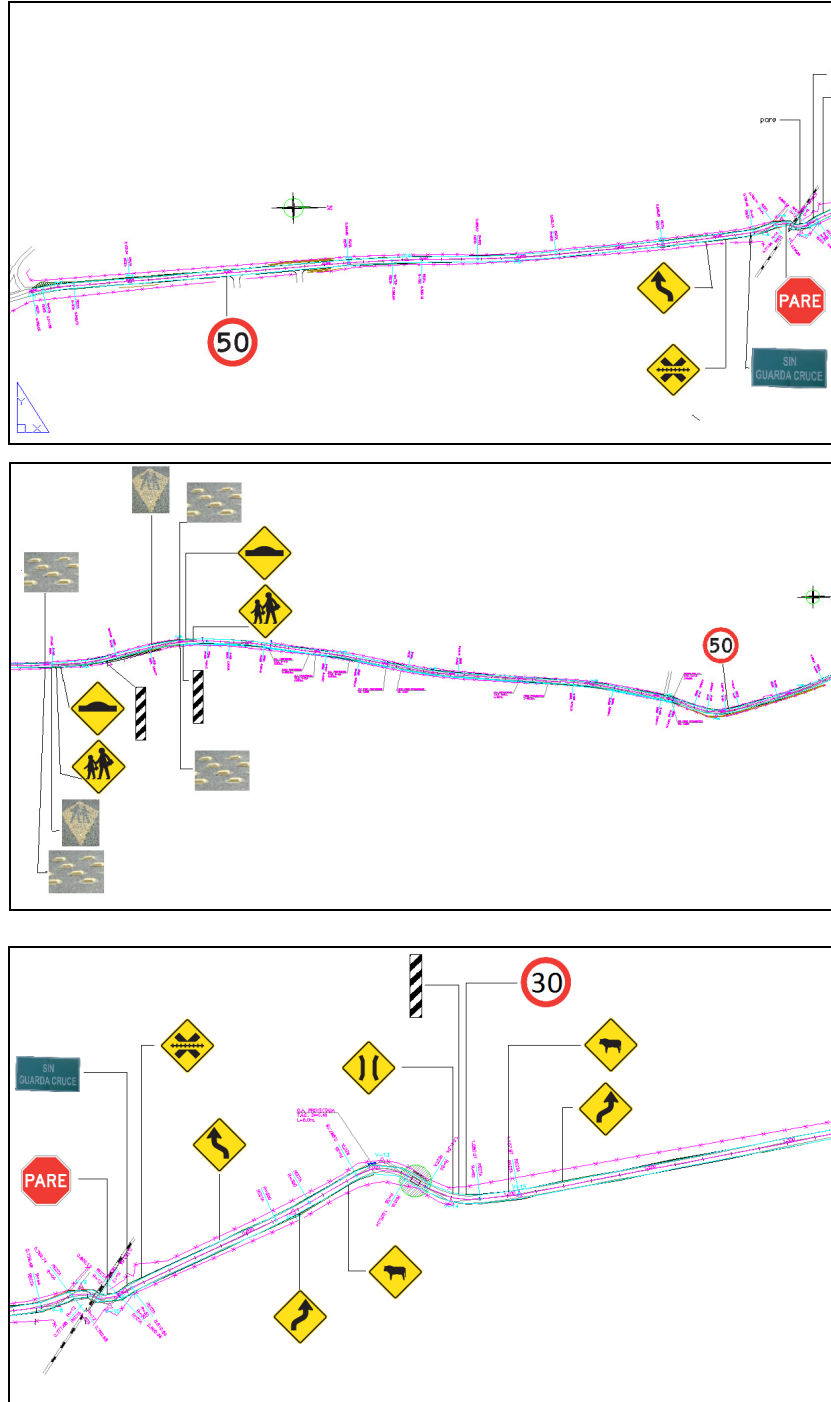
FIGURA 6.7 PLANO DEL PROYECTO RUTA 5 – LOS COLIHUES



Fuente: Elaboración propia

En la figura 6.8 se muestra el plano de señalización del camino

FIGURA 6.8 PLANO DE SEÑALIZACIÓN RUTA 5 – LOS COLIHUES



Fuente: Elaboración propia

TABLA 6.2. FORMULARIO DE ENCUESTA DE ACCIDENTES CAMINO RUTA 5 – LOS COLIHUES.

Formulario de encuesta de accidentes camino Ruta 5 - Los Colihues									
N°	Clasificación accidentes				Desví	Año Ocorre	Dirección	Ubicación	Observación
	Choque	Atropello							
		Transe	Ani	Bicicl					
1	X					2008	I - F	Km. 0.000	Choque por alcance, conductor en estado de ebriedad carabineros sexta comisaría chillan viejo
2				X		2009	I - F	Km. 1.800	Atropello furgón bicicleta, dato entregado por patrulla de carabineros

Fuente: elaboración propia.

Para el camino Ruta 5 - Los Colihues, el estado de la superficie de rodado es bueno. No obstante, entre el kilómetro 1,000 y el kilómetro 1,050 el pavimento es interrumpido por un puente que esta en construcción. Cercano al kilómetro 2,100 se encuentra el colegio del sector. La señalización esta en muy buenas condiciones.

6.2.3 Camino Puente Ñuble – Monteleon

Camino correspondiente a la comuna de Chillan, provincia de Ñuble, VIII Región del Bío Bío. Ubicado aproximadamente a 7 kilómetros al norte de la comuna de Chillan. En la figura 6.9 se muestran imágenes actuales del camino.

- Longitud: desde km 0.000 hasta Km 3.434,205.
- Coordenadas de inicio: Latitud 36°32'40.31"S; Longitud 72° 5'29.37"O.
- Coordenadas de fin: Latitud 36°31'11.16"S; Longitud 72° 5'45.33"O.

FIGURA 6.9. IMÁGENES ACTUALES DEL CAMINO PUENTE ÑUBLE – MONTELEON.



Fuente: elaboración propia.

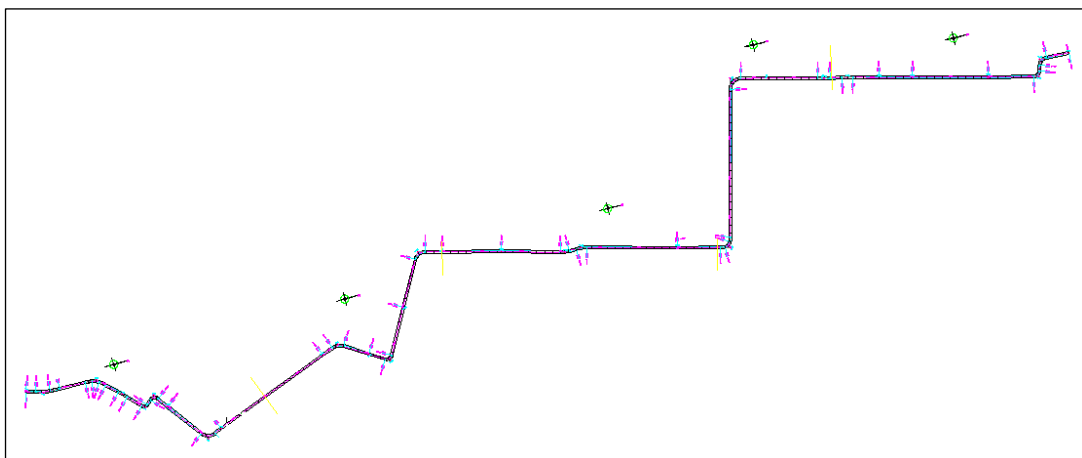
En la figura 6.10 se presentan imágenes aéreas del camino, en la figura 6.11 se exhibe un plano sin escala del camino y en la figura 6.12 se muestra el plano de señalización del camino.

FIGURA 6.10 CAMINO PUENTE ÑUBLE – MONTELEON



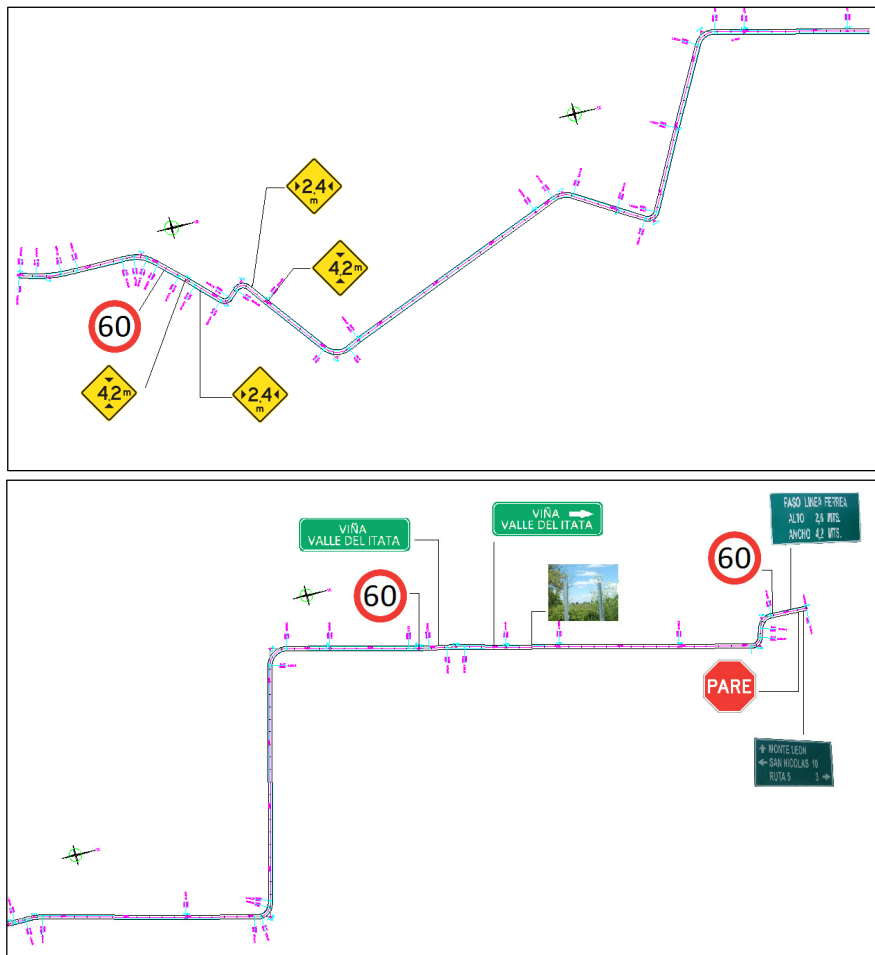
Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 6.11 PLANO DEL PROYECTO PUENTE ÑUBLE – MONTELEÓN.



Fuente: elaboración propia

FIGURA 6.12. PLANO DE SEÑALIZACIÓN PUENTE ÑUBLE - MONTELEON.



Fuente: elaboración propia.

TABLA 6.3. FORMULARIO DE ENCUESTA DE ACCIDENTES CAMINO PUENTE ÑUBLE - MONTELEON.

Formulario de encuesta de accidentes camino Puente Ñuble - Monteleon									
N°	Choque	Clasificación accidentes			Desvio	Año Ocurrencia	Dirección	Ubicación	Observación
		Atropello							
		Transeunte	Animal	Bicicleta					
1					X	Sin dato	F - I	Km. 2.568	Desvio en curva.
2									

Fuente: Elaboración propia.

El camino se encuentra en buenas condiciones, no presenta deterioro a nivel de superficie de rodado. Cerca del kilómetro 0,328 existe un paso nivel que es

cruzado por la vía férrea, limitando el espacio del camino a 2,4 m de ancho y 4,2 metros de alto. Entre el 0,200 y 0,300 km la vegetación obstaculiza la señalización

6.2.4 Camino Curanilahue Trongol bajo por Plegaria

Camino correspondiente a la comuna de Curanilahue, provincia de Arauco, VIII Región del Bío Bío. Ubicado al sur de la comuna de Curanilahue. En la figura 4 se muestra una imagen aérea del camino. En la figura 5.13 se muestran imágenes del camino.

- Longitud: desde km 0.600 hasta Km 4.000.
- Coordenadas de inicio: Latitud 37°29'21.82"S; Longitud 73°20'41.19"O.
- Coordenadas de fin: Latitud 37°31'2.97"S; Longitud 73°20'48.51"O.

FIGURA 6.13. IMÁGENES ACTUALES DEL CAMINO PUENTE ÑUBLE – MONTELEON.



Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente figura 6.14 se muestra una fotografía aérea del camino.

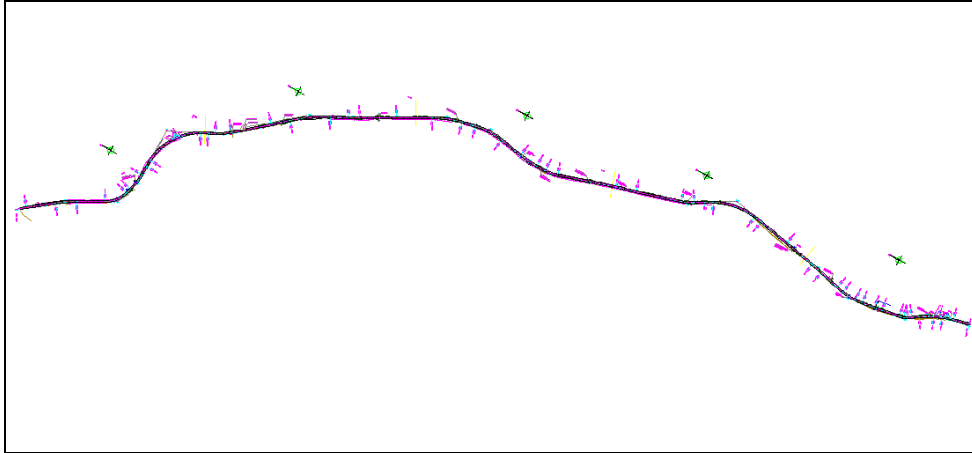
FIGURA 6.14. CAMINO CURANILAHUE TRONGOL BAJO POR PLEGARIAS.



Fuente: Elaboración propia.

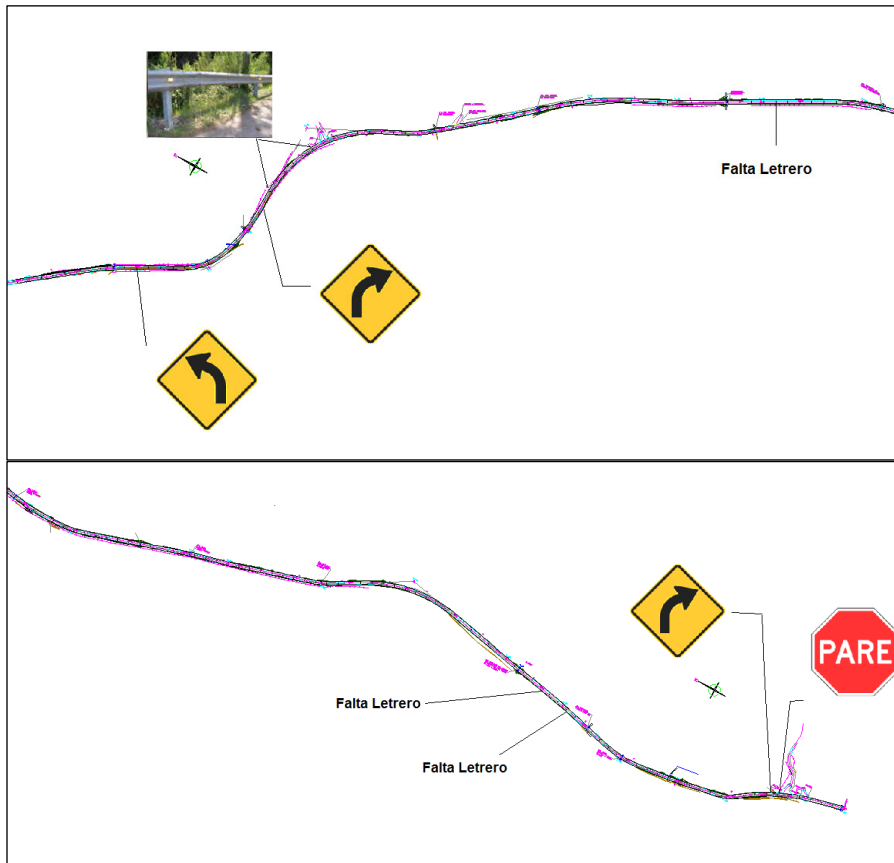
En las figuras 6.15 se muestra el plano del proyecto sin escala. De la misma forma en la figura 6.16 se muestra el plano de señalización del camino.

FIGURA 6.15 PLANO DEL PROYECTO CURANILAHUE TRONGOL BAJO POR PLEGARIAS.



Fuente: elaboracion propia.

FIGURA 6.16 PLANO DE SEÑALIZACIÓN CURANILAHUE TRONGOL BAJO POR PLEGARIAS.



Fuente : Elaboracion propia.

TABLA 6.4. FORMULARIO DE ENCUESTA DE ACCIDENTES CAMINO CURANILAHUE TRONGOL BAJO POR PLEGARIAS.

Formulario de encuesta de accidentes camino Curanilahue Trongol bajo por Plegarias									
N°	Choque	Clasificación accidentes			Desvio	Año Ocurrencia	Dirección	Ubicación	Observación
		Atropello							
		Transeunte	Animal	Bicicleta					
1	X					2007	I - F	Km. 2.200	choque con volcamiento
2					X	2005	F - I	Km. 1.990	motociclista encandilado por vehiculo
3					X	2008	F - I	Km. 1.160	Vehiculo sale de calzada impactando a casa
4	X					2007	I - F	Km. 3.600	Impacto frontal Motocicleta - vehiculo
5					X	2008	I - F	Km. 3.780	vehiculo desbarrancado

Fuente: Elaboración propia

El camino presenta buenas condiciones, en algunos sectores la carpeta de rodadura presenta baches. La señalización ha sido quitada en algunos sectores.

6.2.5 Camino Pueblo Seco – Las Quilas.

Camino correspondiente a la comuna de San Ignacio, provincia de Ñuble, VIII Región del Bío Bío. Ubicado en la localidad de Pueblo Seco aproximadamente 12 km al sur de la comuna de San Ignacio. En la figura 6.17 se muestra una imagen aérea del camino.

- Longitud: desde km 0.000 hasta Km 2.400.
- Coordenadas de inicio: Latitud 36°52'56.89"S; Longitud 72° 5'37.10"O.
- Coordenadas de fin: Latitud 36°52'44.43"S; Longitud 72° 4'1.96"O.

FIGURA 6.17. IMÁGENES ACTUALES DEL CAMINO PUENTE ÑUBLE – MONTELEON.



Fuente: Elaboración propia

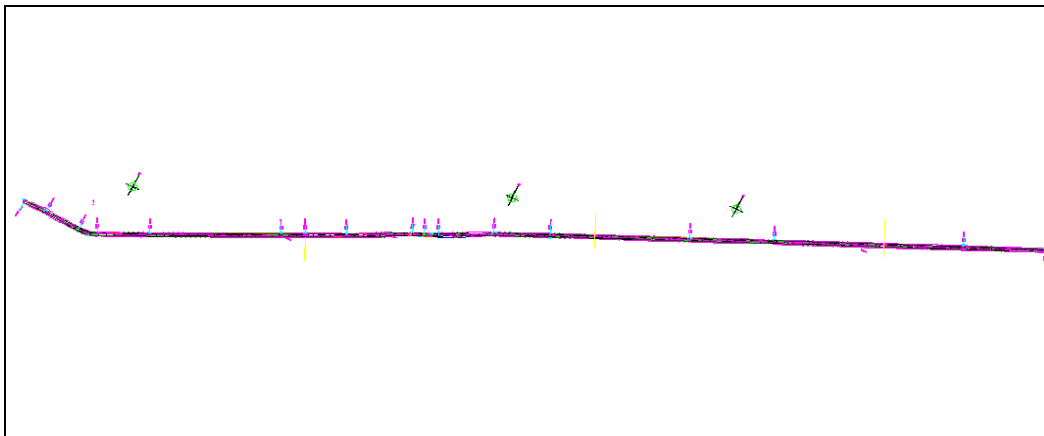
En las figuras 6.18, 6.19 se presenta una imagen aérea y el plano del camino respectivamente.

FIGURA 6.18. CAMINO PUEBLO SECO – LAS QUILAS.



Fuente: elaboración propia.

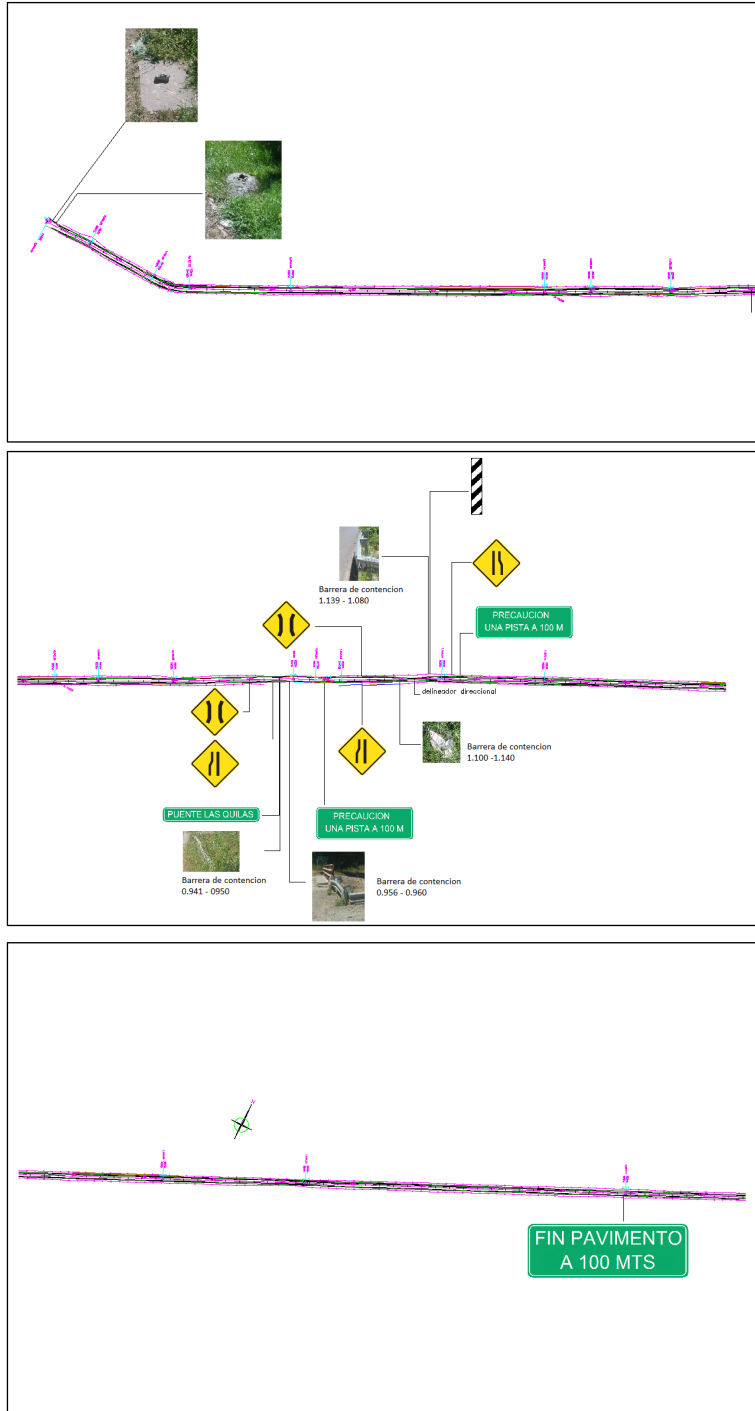
FIGURA 6.19. PLANO DEL PROYECTO PUEBLO SECO – LAS QUILAS



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 6.20 se muestra el plano de señalización del camino.

FIGURA 6.20 PLANO DE SEÑALIZACIÓN PUEBLO SECO – LAS QUILAS.



Fuente: Elaboración propia

TABLA 6.5. FORMULARIO DE ENCUESTA DE ACCIDENTES CAMINO PUEBLO SECO – LAS QUILAS.

Formulario de encuesta de accidentes camino Pueblo Seco - Las Quilas									
N°	Clasificación accidentes				Desvío	Año Ocurrencia	Dirección	Ubicación	Observación
	Choque	Atropello							
		Transeunte	Animal	Bicicleta					
1	X					2009	I - F	Km. 1.100	choque con barrera de contención (angostamiento), noche
2	X					2008	F - I	Km. 0.340	Camion estacionado a un costado del camino
3					X	2009	I - F	Km. 0.170	Vehiculo sale de calzada impactando a casa
4					X	2009	F - I	Km. 0.160	Camion se desvía y choca con poste alumbrado publico
5	X					2009	F - I	Km. 0.000	Choque debido a visual obstruida por paradero

El camino presenta buenas condiciones, la carpeta de rodado no presenta deterioro alguno. La señalización esta en regulares condiciones, algunas señales presentan deterioro, otras están cubiertas por la vegetación, y otras ilógicamente han sido arrancadas.

7 CAPITULO VII: METODOLOGIA

En este capítulo se indica el procedimiento que se empleará para llevar a cabo el estudio del análisis de seguridad y, por ende, la evaluación de la consistencia del diseño geométrico para el programa “Caminos Básicos 5000” implementados en la región del Bio-Bío y ubicados en terrenos llanos.

Los parámetros utilizados para la realización del estudio corresponden principalmente a algunas recomendaciones del manual de carreteras. En el Volumen 3 de este manual se presentan las recomendaciones para el diseño geométrico de vías, permitiendo así, obtener una comparación de lo recomendado en el manual de carretera y el estado actual de los caminos que están en estudio. Con lo anterior se pretende advertir las situaciones en que el diseño geométrico sea desfavorable desde el punto de vista de la seguridad vial, y por lo tanto, sea menos beneficioso para los usuarios.

La señalización existente en un camino cobra real importancia en cuanto a seguridad vial se trata. La información que recibe el conductor acerca de las características de la vía, o acerca del entorno de esta, le dará una visión de lo que sucede o puede suceder en el resto de la conducción, traspasando al conductor un cierto grado de seguridad y comodidad al momento de conducir.

En este capítulo se incluirá la metodología para la realización de un levantamiento de la señalización existente en cada camino analizado. Con el fin de poder clasificar la información de la señalización se utilizan los manuales de señales verticales y demarcaciones disponibles en la Dirección de Vialidad del Ministerio de Obras Públicas.

7.1. Verificación del cumplimiento de recomendaciones del Manual de Carreteras Volumen 3

Una vez realizada la selección de los caminos a estudiar, el paso siguiente será verificar el cumplimiento de las recomendaciones del Manual de Carretera, específicamente el cumplimiento de los parámetros geométricos, con la intención de identificar el nivel de cumplimiento que poseen los caminos en comparación con lo estipulado en dicho manual.

Para cumplir con lo anterior es necesario definir qué parámetros se estudiarán, los cuales están determinados por el grado de importancia que asumen en el diseño y otros por la posibilidad de poder cuantificarlos, recordando que los caminos están dentro de la categoría básica, y por lo tanto, no en todos los casos poseen parámetros medibles o inclusive no los poseen.

Los parámetros correspondientes al trazado en planta que se verificarán son:

- Relación entre los radios de curvas circulares consecutivas
- Longitud de recta máxima $L_{m\acute{a}x}$ entre curvas
- Longitud de recta mínima $L_{m\acute{i}n}$ entre curvas
- Radio mínimo $R_{m\acute{i}n}$
- Peralte máximo
- Pendiente relativa de borde Δ
- Radio mínimo en contraperalte RL
- Longitud de desarrollo de Peralte en curvas y rectas
- Longitud de desarrollo de peralte en curvas con arco de enlace

Los parámetros correspondientes al trazado en elevación que se verificarán son:

- Bombeo mínimo b_{min}
- Pendiente longitudinal máxima $i\%$ máx.
- Parámetro de curva vertical convexa K_v

Estudio de Seguridad Vial para caminos Llanos de la Región del Bío-Bío del Programa Caminos Básicos 5000.

- Parámetro de curva vertical cóncava K_c
- Parámetro de curva vertical de adelantamiento K_a
- Longitud mínima de curva vertical $2T$ mín.

Los parámetros correspondientes a la sección transversal que se verificarán son:

- Ancho Pista
- Ancho Berma
- Ancho SAP
- Ancho Total

Para una mejor presentación de los cumplimientos de los parámetros se completará una ficha (Tabla 7.1), que contemplará los parámetros antes expuestos.

La ficha se completará colocando un “sí” o “no” en respuesta al cumplimiento del parámetro en cuestión.

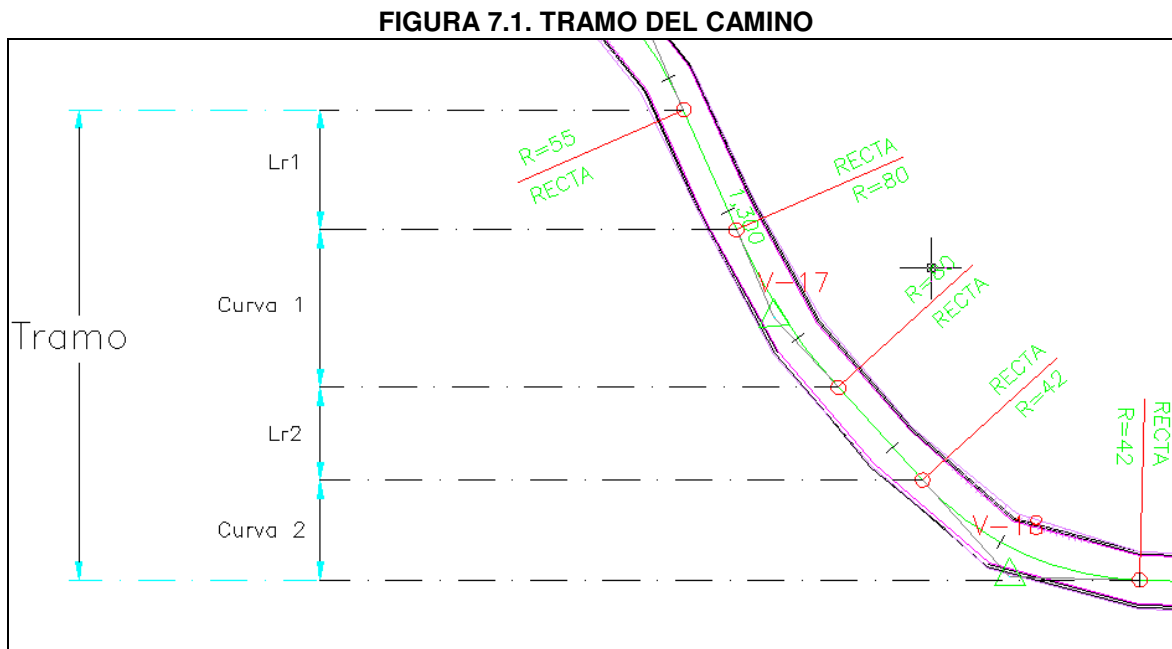
TABLA 7.1. VERIFICACIÓN DE CUMPLIMIENTO DE LAS RECOMENDACIONES DE DISEÑO DEL MANUAL DE CARRETERAS VOL. 3

Verificación de Cumplimiento de las Recomendaciones de diseño del manual de carreteras programa caminos básicos 500 región del Biobío						
Nombre Proyecto:						
Zona:						
Longitud total						
Tramos Curvos (cumplimiento de relación entre radios consecutivos)						
Tramo	Tr1	Tr2				
cumplimiento	no					
cumplimiento por tramo		Vp				
Distancia de Parada	Dp(m)	25				
Parámetros mínimos de diseño en planta Tabla 3.201.5 A						
Alineación de recta	Lr Max	600			Tr1	Tr2
Entre curvas	Distinto sentido	Lr min	1,4Vp= 42 m		no	no
	Igual sentido					-
R min Curva	25				si	
Peralte máximo	7%				si	
Pendiente relativa de borde	0,7 - 1,5				no	
Radio Lim. En Contra peralte	aceptable para radios mayores a 3500 m				no	
Long.Màx entre clotoides	0,08(A1+A2)				-	-
Peraltes en Curvas sin Clotoide (Longitud de desarrollo de peralte)						
Desarrollo en curvas	Eje normal				Tr1	Tr2
	Eje de borde				si	
Desarrollo en recta	minimo	normal	maximo			
	p<4,5	p=todos	p<7			
Curvas sucesivas	0,5p	0,7p	0,8p		no	
	distinto sentido	Lr min →0,8p				
	igual sentido	Lr min →0,8p Lr min→b cte.				
Curvas circulares y de Enlace						
Sobre Ancho en curvas	E(m)	e.int(m)	e. ext(m)	Rad. Limite	Tr1	Tr2
	(Lo ² /R)-0,85	0,55E	0,45	25<R<75		
E max	3,2					
E min	0,35					
Desarrollo (m)	30 < L < 40					
Trazado en alzado						
Pendientes minimas 3.204.302	pagina 175 MCV3				Tr1	Tr2
b=2% sin solera y cunetas	0,20%					
Existencia soleras	0,50%					
Transicion Peralte i% trans. Nula	0,50%					
Vp						
pendiente Maxima		i%	10-12		Tr1	Tr2
Curva Vertical Convexa (V*=Vp)		Kv (m)	300		si	si
Curva Vertical Concava (Vp)		Kc (m)	400		si	si
Curva Vertical de adelantamiento		Ka(m)	3500		no	
Long. Minima curva vertical		2T (m)	general 2T min >= V(Km/h); si 2T min controla, salvo casos 3.204.405		no	si
Ancho de Plataforma Tabla 3.201.5.C						
Vp	30				Tr1	Tr2
Ancho Pista	2,0 - 3,0					
Ancho Berma	0- 0,5					
Ancho SAP	0,5					
Ancho Total plataforma	5,0 - 6,0					

Fuente: elaboración propia.

La verificación de los cumplimientos de diseños se analizará en tramos de la vía, por consiguiente se podrá definir el cumplimiento por tramo y no como el cumplimiento del camino en general, permitiendo de esta manera catalogar zonas específicas del camino.

Los tramos, en los casos en que se pueda implementar, constarán de una zona de recta seguida de una curva, luego otra recta y finalmente otra curva. Con lo anterior se podrá verificar el cumplimiento de la relación de radio de curvatura entre elementos consecutivos. En la figura 7.1 se presenta la alineación que posee cada tramo del camino.



Fuente: Elaboración propia.

Finalizada la verificación de los cumplimientos de las recomendaciones de diseño del Manual de Carretera Vol. 3 se procederá a realizar un resumen que exponga el porcentaje de cumplimiento de cada parámetro analizado.

7.1.1 Trazado en planta

Para estimar la relación entre los radios de curvas circulares consecutivas se utilizará el Anexo A.2 para Caminos con $V_p \leq 80\text{km/h}$. la cual entrega el rango de radios de salida a partir de un radio de entrada que será obtenido de la información de los planos de los caminos.

Para verificar la longitud de recta máxima L_r máx. entre curvas se utilizará la ecuación $L_r \text{ (m)} = 20V_p \text{ (km/h)}$, y se comparará con las longitudes de rectas obtenidas de los planos.

Para verificar el cumplimiento de la longitud de recta mínima entre curvas se deberá considerar si la recta se encuentra entre curvas de tipo "S" o entre curvas de mismo sentido, luego se comparara con las longitudes de recta obtenidas de los planos.

Los radios deberán cumplir con un mínimo asociado a la V_p de 30Km/h, establecido en el Anexo 1.6, y que serán comparados con la información obtenida de los planos de los caminos.

En la Tabla 3.5 se indica el peralte máximo permitido para una velocidad determinada, para este caso el peralte máximo se considera de 7 %, el cual se comparara con los peraltes de las curvas de los caminos.

Los radios mínimos en contraperalte RL deberán cumplir con el valor indicado en 3.4.3 que corresponde a radios mayores o iguales a 3.500 m

Las pendientes relativas de borde obtenidas de los planos de los proyectos se compararán con las indicadas en la tabla 3.6

La longitud de desarrollo del peralte lon.desa.(l) deberá cumplir con la mínima teórica definida por la ecuación (9):

$$l = \frac{n \cdot a \cdot \Delta p}{\Delta}$$

Para la verificación de los porcentajes de peraltes desarrollados en curvas y rectas se compararon con los recomendados en la tabla 3.7.

La longitud de desarrollo de peralte en curvas con arco de enlace ya sea para longitudes de desarrollo total y porcentaje de desarrollo en recta de cada proyecto fueron comparadas con las obtenidas en las ecuaciones (10) y (11):

$$l = l_0 + L \dots (10)$$

$$l_0 = \frac{n \cdot a \cdot b}{\Delta} \dots (11)$$

7.1.2 Trazado en Alzado

Las pendientes de los proyectos se obtendrán de los planos correspondientes a los caminos, las cuales se compararán con la máxima pendiente longitudinal i % máx, que para una velocidad de 30 km/h se encuentra en el rango comprendido entre 10 y 12%.

El bombeo b que presentan los caminos será comparado con el bombeo correspondiente de la tabla 3.10 considerado como 2,5 %

Los parámetros Kv, Kc y Ka se obtendrán de los planos de los proyectos respectivos, los cuales serán comparados con los parámetros de curva vertical señalados en la tabla 3.9, es decir, con kv 300 y kc 400 para 30 km/h.

La longitud mínima de curvas verticales se obtendrá con la información de los planos de los proyectos, y que se compararán con $2 T (m) \geq IVp (km/h) I$.

7.1.3 Plataforma

El ancho de pista, el ancho de berma, el SAP y el ancho total se obtienen de los planos de los perfiles transversales de los proyectos, los cuales se verificarán si cumplen con las dimensiones establecidas en el Anexo A.7.

7.2 Construcción de perfil de Velocidad Específica.

La velocidad específica es calculada con el objetivo de localizar los puntos más críticos de cada camino, es decir, localizar los sectores en donde la velocidad específica es la menor dentro del gráfico, pero siendo a la vez la máxima velocidad en la que se puede transitar de forma cómoda y segura.

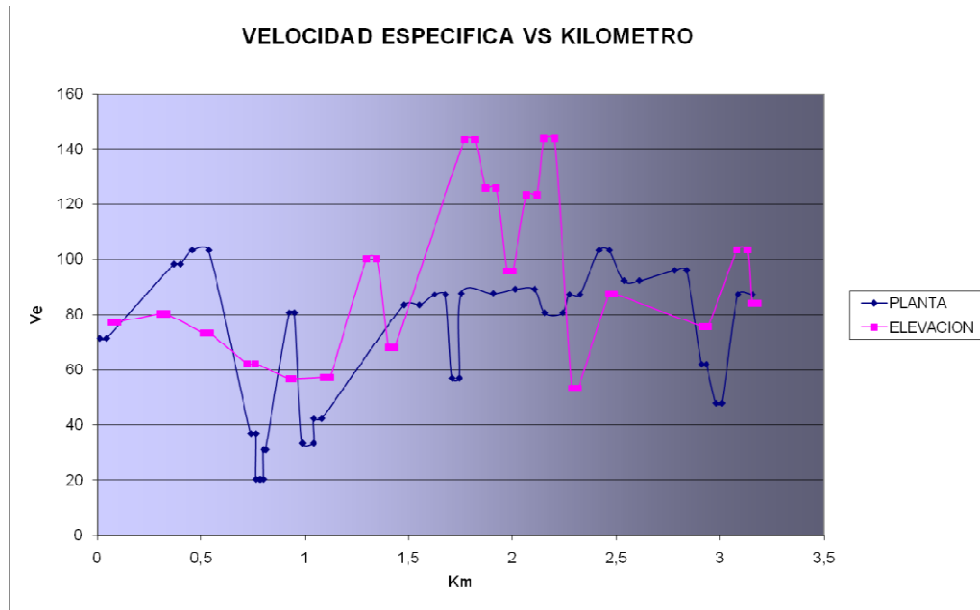
Para la velocidad específica en planta se utilizó la ecuación (7), que está en función del radio de curvatura y el peralte. Estos últimos se obtienen a partir de los datos disponibles en los planos, los cuales son ingresados en una tabla Excel, manteniendo la V_e como variable dependiente, para luego ser calculada mediante la herramienta Solver.

Para los casos en que los radios de curvatura son mayor o igual a 700 m el Manual de Carretera Vol. 3 recomienda considerar una $V_e = 110$ km/h.

Para el perfil de velocidades en elevación se utilizó la ecuación 1 que está en función de V_p o V^* , del tiempo de percepción y reacción, del coeficiente del roce rodante y la pendiente longitudinal. D_p es calculado a partir de K_v con la ecuación 17, donde K_v es obtenido de los planos del camino. Finalmente se calcula la V_e con la ayuda de la herramienta Solver en una tabla de Excel.

Para la construcción del gráfico se asoció cada velocidad específica calculada con el kilometraje de entrada y salida de cada curva. En la figura 6.2 se muestra grafico del perfil de velocidades versus el kilometraje.

FIGURA 7.2 GRAFICO VELOCIDAD ESPECÍFICA VS KM



Fuente. Elaboracion propia.

7.3 Levantamiento de Señalización.

El levantamiento de la señalización y demarcación de cada camino se realizará con el fin de averiguar si la seguridad del camino se ve afectada con la información que la señalización pueda otorgar. Además distinguir si la señalización es la adecuada o la suficiente para cubrir los caminos.

El levantamiento se efectuará en terreno, por lo tanto se deben visitar los caminos seleccionados, de esta manera poder fotografiar y ubicar la posición de las señales.

La materialización del levantamiento se lleva a cabo a través de una ficha (tabla 7.2) donde se resumen las características de las señales en terreno.

TABLA 7.2. FICHA LEVANTAMIENTO DE LA SEÑALIZACIÓN

NOMBRE CAMINO- SENTIDO		
SEÑAL Y/O	INFORMACIÓN	IMAGEN
NOMBRE 1	Tipo de Señal: Código: Ubicación: Otros:	FOTOGRAFÍA 1
NOMBRE 2	Tipo de Señal: Código: Ubicación: Otros:	FOTOGRAFÍA 2

Fuente: Elaboración propia.

Descripción de ficha de levantamiento:

- 1. Nombre Camino- Sentido:** Destinada para registrar el nombre del camino y además el sentido en que se realizará el levantamiento.
- 2. Señal Y/O Demarcación:** Destinada para el nombre de la señalización.
- 3. Información:** Destinada para registrar las características de la señal tales como el tipo, código, ubicación (*kilometraje*) y otros, el último apunta a describir la situación actual o el grado de deterioro en que se encuentra la señal.
- 4. Imagen:** Destinada a la muestra de la imagen de la señal.

7.4 Registro de Accidentes.

El catastro de accidentes se realizará con el propósito de revelar el comportamiento del camino desde su puesta en marcha, de esta manera identificar si existe algún grado de relación entre estos accidentes y la consistencia geométrica de cada camino. Con lo anterior se procura medir en forma analítica el nivel de seguridad que presenta los caminos.

Para llevar a cabo el registro de accidentes se deberá recopilar información existente a Carabineros de Chile, con antecedentes concernientes a la SIAT (Sección de Investigación de Accidentes de Tránsito) y que están relacionados a

accidentes con víctimas fatales. Para el caso en que haya accidentes sin víctimas fatales o accidentes menores como desvíos de vehículos del camino, colisiones menores, etc., en donde no existan registros de Carabineros, se podrá realizar una encuesta a los pobladores aledaños al camino.

La recolección de datos de accidentes se realizará en terreno, y se registrará en una ficha confeccionada para este fin (tabla 7.3), en la cual se detallará entre otras cosas el tipo de accidente, la posible causa, y además el lugar en el cual ocurrió.

TABLA 7.3. FORMULARIO DE ENCUESTA DE ACCIDENTES

Formulario de encuesta de accidentes Caminos Básicos 5000									
N°	Clasificación accidentes				Desvío	Año Ocurrencia	Dirección	Ubicación	Observación
	Choque	Atropello							
		Transeúnte	Animal	Bicicleta					
1									
2									
3									

Fuente: elaboración propia.

Descripción de la ficha de encuesta de accidentes.

1. Clasificación de accidentes: Está relacionado con el tipo de accidente registrado, se encuentra dividido en tres tipos:

- Choques: que puede corresponder a choques por alcance, frontal o con elementos de la vía como barreras de contención.
- Atropello: que puede corresponder a atropello a transeúntes, animal o atropello a ciclistas.
- Desvió: que corresponde a la situación en la que el vehículo se sale de la calzada.

2. Año de ocurrencia: Corresponde al año en qué ocurrió el accidente, debido a que este dato no todas las veces es exacto, se puede aproximar.

3. Dirección: Se registra la dirección que llevaba el o los vehículos involucrados.

4. Ubicación: Corresponde al lugar en el que ocurrió el accidente, se registra el kilómetro aproximado.

5. Observación: Se anotará la posible causa, a la vez información adicional entregada por los encuestados.

7.5 Registro de velocidad y cálculo de velocidad de operación V85

Los estudios de tránsito pueden agruparse en tres categorías: inventarios, estudios administrativos y estudios dinámicos. (Garber y Hoel, 2005, Ingeniería de tránsito y carreteras).

Los estudios dinámicos de tránsito abarcan la recolección de datos en circunstancias operativas e incluyen estudios de velocidad, volumen de tránsito, tiempo y demora de viajes, estacionamiento y choques.

Los estudios de velocidad en sitio consisten en registrar la velocidad de una muestra de vehículos en un lugar específico. Con este estudio se obtendrá la Velocidad de operación Vop para los puntos de inconsistencia de los caminos seleccionados, las cuales debieran cumplir con el supuesto de que superan la velocidad específica en ese tramo del camino.

7.5.1 Ubicaciones de sitios para la toma de muestra de velocidad.

Las ubicaciones para las mediciones de velocidad deben ser tales que los valores recolectados entreguen resultados esperados. Estos lugares se definirán una vez que se cuente con la información generada por el catastro de accidentes en combinación con la información de las características geométricas del camino.

Los lugares de preferencia para la toma de muestra serán:

Estudio de Seguridad Vial para caminos Llanos de la Región del Biobío del Programa Caminos Básicos 5000.

- Lugares en los que la velocidad específica sea baja, que por lo general coincide con presencia de curvas cerradas.
- Sectores con singularidades geométricas y de entorno físico, como por ejemplo: agostamiento de la calzada, zona de escuela, intersecciones con otros caminos o calles y lugares con mala visibilidad para el conductor.
- Ubicaciones donde se registren accidentes obtenidos del catastro de accidentes previamente realizado.

Es importante que los conductores no se percaten de la realización del estudio, a fin de obtener datos certeros de la tendencia de velocidad en el lugar. Por lo tanto, el equipamiento y los observadores que realicen el estudio deben pasar desapercibidos por el conductor.

7.5.2 Hora del día y duración de la toma de muestra.

La hora del día debe ser tal que represente lo que sucede en condiciones normales de uso del camino. El tiempo que dure la recolección de datos debe ser el necesario para poder obtener un número mínimo de registros requeridos para el análisis estadístico. Comúnmente, es de 1 hora y el tamaño de la muestra de al menos 30 vehículos.

7.5.3 Tamaño de la muestra para los estudios de velocidad.

El número de vehículos en la muestra va a depender del número de desviación estándar correspondiente a un nivel de confianza específico, límite de error tolerable y la desviación estándar. Sin embargo las muestras se realizaron durante un periodo de tiempo, ya que el tiempo que se disponía del radar para medir es escaso.

7.5.4 Determinación de la velocidad promedio de operación (Vop).

Debido a las bajas muestras se imposibilitó la obtención de un Vop mediante la metodología del V85%, por lo que se procedió a realizar un cálculo estadístico basado en el modelo probabilística de distribución normal. Para el cálculo se consideró un 85% de confianza con un $Z_{85} = 1.44$, la fórmula empleada para la determinación del rango que comprendía el 85% de los datos es la siguiente: $\{\mu - Z*S; \mu + Z*S\}$, con Z constante de tabla normal, μ , media de la muestra y S, desviación estándar la muestra. La Vop considerada fue el valor superior del rango, $Vop = \mu + Z*S$.

7.6 Materiales considerados en la obtención de datos en terreno.

Para la obtención de datos en terreno se necesitara una serie de materiales los que serán destinados tanto para el levantamiento de la señalización, como también para el registro de accidente y la medición de velocidades de operación. Los cuales se detallan continuación:

7.6.1 Materiales para el levantamiento de señalización:

- Planos del camino correspondiente al levantamiento en el que se distinga claramente el kilometraje.
- Ficha de levantamiento de señalización
- Cámara fotográfica para la obtención de las imágenes de las señales
- Cinta métrica de fibra de vidrio con escala de 30 m impresa en ella.

7.6.2 Materiales para el registro de accidentes:

- Planos del camino correspondiente al levantamiento en el que se distinga claramente el kilometraje.
- Ficha de registro de accidente en la que se pueda anotar la mayor cantidad de información necesaria.

7.6.3 Materiales para la medición de velocidades de operación:

- Planos del camino correspondiente al levantamiento en el que se distinga claramente el kilometraje y las curvas del camino.
- Ficha de registro de velocidades.
- Radar para medir velocidad.

7.7 Metodología para la Evaluación de la Consistencia Geométrica en el Diseño.

La evaluación de la consistencia geométrica del diseño de los caminos seleccionados se realizará mediante el estudio de consistencia basado en la predicción de velocidad (V_{85}). La predicción de la velocidad de operación se basa en el estudio realizado por la Federal Highway Administration (FHWA) en 1999 utilizando las ecuaciones que se describen en la tabla 15. Además se utilizarán las ecuaciones del estudio de velocidad realizado en Colombia descritos en la tabla 16, con el fin de tener una comparación entre ambos y determinar cual se adecua más a los caminos en estudio.

Se utilizarán los estudios de Lamm y Choueri para categorizar el diseño en buen diseño, diseño regular y mal diseño.

8 CAPITULO VIII: ANÁLISIS DE RESULTADOS

En éste capítulo se exponen los resultados de la metodología empleada en este estudio, las cuales comprende la verificación de cumplimiento de las recomendaciones de diseño del manual de carretera, el análisis del levantamiento de la señalización de los proyectos seleccionados, el análisis del registro de accidentes, el cálculo de velocidades de operación, y el análisis de consistencia geométrica de los caminos.

8.1 Verificación de Cumplimientos de Recomendaciones de Diseño del Manual de Carretera Vol. 3.

A continuación se da a conocer los resultados del cumplimiento de los parámetros de diseño recomendados por el manual de carreteras.

8.1.1 Camino El Progreso – Colicheo.

Información del camino:

- Longitud Total: 2.100 Km.
- Número de tramos: 1.
- Curvas con clotoide: 1
- i% máxima: 1.964 %
- i% mínima: 0.000%

El caso de El Progreso – Colicheo es un caso especial al no considerar los tramos constituidos por dos curvas y dos rectas, si no que considera a 1 tramo constituido por dos rectas y una curva.

A continuación en las tablas 8.1.1, 8.1.2 y 8.1.3 se detallan los porcentajes de cumplimiento de diseño del Manual de Carretera vol. 3.

Estos valores corresponden al porcentaje del total de tramos que cumplen con un respectivo parámetro.

TABLA 8.1.1 CENTAJES DE CUMPLIMIENTO EN PLANTA CAMINO EL PROGRESO – COLICHEO

Porcentaje de Cumplimiento en Planta	
Relación de Radios	-
Lr Max	50%
Lr Min	-
R min	100%
Peralte máx.	-
Δ	-
RL contraperalte	-
Lo des. peralte	-

Fuente : elaboracion propia

TABLA 8.1.2 PORCENTAJES DE CUMPLIMIENTO EN ALZADO CAMINO EL PROGRESO – COLICHEO

Porcentaje de Cumplimiento en Alzado	
b min > 2%	100%
i % máxima	100%
Kv	100%
Kc	100%
Ka	100%
2T	100%

Fuente : Elaboracion propia.

TABLA 8.1.3 MAGNITUDES DE PLATAFORMA CAMINO EL PROGRESO – COLICHEO

Ancho de Plataforma	
Ancho Pista	100%
Ancho Berma	100%
Ancho SAP	100%
Ancho Total plataforma	100%

Fuente: elaboracion propia

8.1.2 Camino Ruta 5 – Los Colihues.

Información del camino:

- Longitud Total: 3.182 Km.
- Número de tramos: 12.
- Curvas circulares: 22
- Curvas con clotoide: 1
- i% máxima: 3.705 %
- i% mínima: 0.000%

A continuación en las tablas 8.1.4, 8.1.5 y 8.1.6 se detallan los porcentajes de cumplimiento de las recomendaciones de diseño del Manual de Carretera vol. 3

TABLA 8.1.4 PORCENTAJES DE CUMPLIMIENTO EN PLANTA CAMINO RUTA 5 – LOS COLIHUES

Porcentaje de Cumplimiento en Planta	
Relación de Radios	36%
Lr Max	100%
Lr Min	29%
R min	92%
Peralte máx.	100%
Δ	-
RL contraperalte	0%
Lo des. Peralte curva	63%
Lo des. Peralte recta	100%

Fuente : elaboracion propia

TABLA 8.1.5 PORCENTAJES DE CUMPLIMIENTO EN ALZADO CAMINO RUTA 5 – LOS COLIHUES

Porcentaje de Cumplimiento en Alzado	
b min > 2%	100%
i % máxima	100%
Kv	100%
Kc	100%
Ka	50%
2T	75%

Fuente : Elaboracion propia.

TABLA 8.1.6 MAGNITUDES DE PLATAFORMA CAMINO RUTA 5 – LOS COLIHUES

Ancho de Plataforma	
Ancho Pista	Cumple
Ancho Berma	Cumple
Ancho SAP	Cumple
Ancho Total plataforma	Cumple

Fuente: Elaboracion propia.

8.1.3 Camino Puente Ñuble – Monteleón.

Información del camino:

- Longitud Total: 3.434 Km.
- Número de tramos: 9.
- Curvas circulares:17
- Curvas con clotoide: 3
- i% máxima: 3.430 %
- i% mínima: 0.000%

A continuación en las tablas 8.1.7, 8.1.8 y 8.1.9 se detallan los porcentajes de cumplimiento de diseño del Manual de Carretera vol. 3

TABLA 8.1.7. PORCENTAJES DE CUMPLIMIENTO EN PLANTA CAMINO PUENTE ÑUBLE – MONTELEÓN.

Porcentaje de Cumplimiento en Planta	
Relación de Radios	0%
Lr Max	100%
Lr Min	44%
R min	33%
Peralte máx.	100%
Δ	0%
RL contraperalte	0%
Lo des. Peralte Curva	86%
Lo des. Peralte Recta	29%
Lo des. Per. Rec. Clotoide	100%

Fuente: Elaboración propia.

TABLA 8.1.8. PORCENTAJES DE CUMPLIMIENTO EN ALZADO CAMINO PUENTE ÑUBLE – MONTELEÓN.

Porcentaje de Cumplimiento en Alzado	
i% min, b min > 2%	100%
i % máxima	100%
Kv	100%
Kc	100%
Ka	0%
2T	63%

Fuente: Elaboración propia.

TABLA 8.1.9. MAGNITUDES DE PLATAFORMA CAMINO PUENTE ÑUBLE – MONTELEÓN.

Ancho de Plataforma	
Ancho Pista	Cumple
Ancho Berma	Cumple
Ancho SAP	Cumple
Ancho Total plataforma	Cumple

Fuente: Elaboración propia.

8.1.4 Camino Curanilahue Trongol bajo por Plegarias

Información del camino:

- Longitud Total: 4.000 Km.
- Número de tramos: 10.
- Curvas circulares:19
- Curvas con clotoide: 3
- i% máxima: 1.782 %
- i% mínima: 0.025%

A continuación en las tablas 8.1.10, 8.1.11 y 8.1.12 se detallan los porcentajes de cumplimiento de diseño del Manual de Carretera vol. 3

TABLA 8.1.10. PORCENTAJES DE CUMPLIMIENTO EN PLANTA CAMINO CURANILAHUE TRONGOL BAJO POR PLEGARIAS.

Porcentaje de Cumplimiento en Planta	
Relación de Radios	44%
Lr Max	100%
Lr Min	50%
R min	100%
Peralte máx.	100%
Δ	11%
RL contraperalte	0%
Lo des. Peralte Curva	100%
Lo des. Peralte Recta	75%

Fuente: Elaboración propia.

TABLA 8.1.11. PORCENTAJES DE CUMPLIMIENTO EN ALZADO CAMINO CURANILAHUE TRONGOL BAJO POR PLEGARIAS

Porcentaje de Cumplimiento en Alzado	
i% min, b min > 2%	100%
i % máxima	100%
Kv	100%
Kc	100%
Ka	60%
2T	100%

Fuente: Elaboración propia.

TABLA 8.1.12. MAGNITUDES DE PLATAFORMA CAMINO CURANILAHUE TRONGOL BAJO POR PLEGARIAS

Ancho de Plataforma	
Ancho Pista	Cumple
Ancho Berma	Cumple
Ancho SAP	Cumple
Ancho Total plataforma	Cumple

Fuente: Elaboración propia.

8.1.5 Camino Pueblo Seco – Las Quilas

Información del camino:

- Longitud Total: 2.100 Km.
- Número de tramos: 2.
- Curvas circulares: 2.
- i% máxima: 1.964 %
- i% mínima: 0.000%

El caso de Pueblo Seco – Las Quilas es un caso especial ya que un tramo está constituido por dos curvas y dos rectas y el otro corresponde a una recta. En la

tabla de resumen se clasifica en 3 rectas y dos curvas para la verificación en alzado.

A continuación en las tablas 8.1.13, 8.1.14 y 8.1.15 se detallan los porcentajes de cumplimiento de diseño del Manual de Carretera vol. 3

TABLA 8.1.13. PORCENTAJES DE CUMPLIMIENTO EN PLANTA CAMINO PUEBLO SECO – LAS QUILAS

Porcentaje de Cumplimiento en Planta	
Relación de Radios	0%
Lr Max	0%
Lr Min	100%
R min	100%
Peralte máx.	100%
Δ	0%
RL contraperalte	0%
Lo des. Peralte Curva	100%
Lo des. Peralte Recta	0%

Fuente: Elaboración propia.

TABLA 8.1.14. PORCENTAJES DE CUMPLIMIENTO EN ALZADO CAMINO PUEBLO SECO – LAS QUILAS

Porcentaje de Cumplimiento en Alzado	
i% min, b min > 2%	
i % máxima	100%
Kv	100%
Kc	100%
Ka	33%
2T	25%

Fuente: Elaboración propia.

TABLA 8.1.15. MAGNITUDES DE PLATAFORMA CAMINO PUEBLO SECO – LAS QUILAS

Ancho de Plataforma	
Ancho Pista	Cumple
Ancho Berma	Cumple
Ancho SAP	Cumple
Ancho Total plataforma	Cumple

Un mejor análisis de la verificación realizada anteriormente es mediante la selección de los parámetros más importantes desde el punto de vista geométrico para el caso de caminos en terrenos llanos y además siendo los que presentan menor porcentaje de cumplimiento. Ésta selección se ve materializada con la ayuda de una tabla que reúna estos parámetros y sus respectivos porcentajes de cumplimientos en cada camino estudiado. Los parámetros elegidos fueron la relación de radios de entrada y de salida, longitud de recta máxima y mínima permitida, la pendiente relativa de borde, el radio límite de contraperalte, el parámetro de curvatura vertical de adelantamiento y 2T, aunque estos últimos de menor incidencia para el caso de proyectos en terrenos llanos.

A continuación se presenta la tabla 8.6 que contiene el resumen de los parámetros con menor cumplimiento de los parámetros de diseño de cada camino.

TABLA 8.1.16 PARAMETROS CON MENOR PORCENTAJE DE CUMPLIMIENTO

PARAMETRO	El Progreso Colicheo	Ruta 5 Los Colihues	Pte. Ñuble Monteleon	Trongol bajo Plegaria	Pueblo Seco Las Quilas	Prom. Cam.
Relación de Radios	-	36%	0%	44%	0%	42%
Lr Max	50%	100%	100%	100%	0%	70%
Lr Min	-	29%	44%	50%	100%	56%
R min.	100%	92%	33%	100%	100%	85%
RL contraperalte	-	0%	0%	0%	0%	0%
Ka	100%	50%	0%	60%	33%	49%
2T	100%	75%	63%	100%	25%	73%

Fuente: Elaboración propia.

Según la tabla 8.1.16 se observa que en caso de la relación entre radios consecutivos los valores de cumplimiento de este parámetro son demasiado bajos, teniendo un valor promedio de 20%, lo que nos indica que desde el punto de vista de seguridad el diseño presenta falencias, es necesario recordar que la consistencia en el diseño geométrico de una vía se define como la homogeneidad de características geométricas de la misma, por lo que cualquier cambio brusco de estas características puede producir conductas indeseadas como la disminución repentina de la velocidad o un cambio de trayectoria, generando así situaciones inseguras para el conductor.

Si se analiza el cumplimiento de las longitudes de recta máximas permitidas, se observa que éstas cumplen satisfactoriamente en la mayoría de los caminos obteniendo un promedio de 70% de cumplimiento, no obstante, en el caso de los caminos El Progreso – Colicheo y Pueblo Seco – Las Quilas no sucede lo mismo, para el primero se tiene un 50% de cumplimiento originado por la presencia de una recta de longitud superior a la permitida para la velocidad de diseño considerada. Para el caso de Pueblo Seco – Las Quilas se tiene un 0% de cumplimiento esto se debe a que en los dos tramos considerados no se cumple con la longitud de recta máxima permitida. Estos caminos cuentan con radios de curva pequeños, lo que hace más insegura la conducción si los vehículos adquieren velocidades V85% elevadas en los tramos rectos.

Según el Manual de Carretera la tendencia actual en el diseño de carreteras se prefiere evitar los tramos rectos demasiado largos, ya que inducen velocidades V85% muy por sobre la velocidad de proyecto, además aumentan el peligro de deslumbramiento por las luces del vehículo que avanza en sentido opuesto, también se debe evitar la monotonía en la conducción, que puede ser motivo de accidentes.

Para el caso de las longitudes de recta mínimas se advierte que el porcentaje promedio de cumplimiento es de 56%, siendo insuficiente para asegurar una

conducción segura. Las rectas demasiado cortas entre curvas consecutivas afectan a la percepción óptica del camino, aumentando el riesgo en la maniobra del vehículo. Para el caso del camino Ruta 5 – Los Colihues, el cual presenta el menor porcentaje de cumplimiento, éste tipo de situación se repite en dos sectores los cuales son precedidos de rectas y curvas amplias las que pueden inducir velocidades elevadas, originando de este modo, situaciones de riesgo e inseguridad en la conducción.

El radio mínimo presenta un cumplimiento promedio de 85% para los caminos seleccionados, no obstante, en el camino Puente Ñuble – Monteleón se obtiene el porcentaje más bajo de todos con un 33%, correspondiéndose a que en este camino existen 5 curvas con radios por debajo a los recomendados por la norma. Lo anterior se torna riesgoso desde el punto de vista de la seguridad de la vía, al existir rectas con longitudes amplias en la entrada y salida de algunas de estas curvas, provocando variaciones en la velocidad de operación de los vehículos que transitan en estas zonas del camino.

En el caso del parámetro de radio límite en contraperalte se obtuvo un promedio de cumplimiento del 0%, siendo un valor considerablemente bajo. Esta situación repercute en que los conductores se sienten menos seguros al conducir a través de la curva, debiendo de esta manera disminuir la velocidad de operación.

Para el caso de los parámetros K_a y $2T$, los cuales presentan porcentajes de cumplimiento más bajos en comparación a otros parámetros del diseño en elevación, no adquieren una mayor importancia para los proyectos emplazados en sectores llanos o de bajas pendientes longitudinales. Éstos pueden ser considerados como situaciones puntuales dentro del camino.

8.2 Levantamiento de la señalización.

El levantamiento de la señalización realizado en terreno sirvió para conocer la proporción del camino que es cubierto por la señalización. Además proporcionará una posible relación entre la existencia de la señalización y la ocurrencia de accidentes.

A continuación se expone el resultado de la señalización para los caminos en estudio.

8.2.1 Levantamiento de señalización del Camino El Progreso – Colicheo.

Las señales se resumen a continuación, las cuales se indican agrupándolas según su clasificación:

8.2.1.1 Señales verticales.

Señales reglamentarias: se localizaron 2 señales de este tipo, las que se clasifican en:

- De prioridad (RPI): 0
- De prohibición (RPO): 0
- De restricción (RR): 2
- De obligación (RO): 0
- De autorización (RA): 0

Señales de advertencia de peligro: se localizaron 3 señales de este tipo, las que se clasifican como:

- Advertencia sobre características geométricas de la vía (PG): 1
- Advertencia sobre restricciones físicas de la vía (PF): 0
- Advertencia de intersecciones con otras vías (PI): 0
- Advertencia sobre características operativas de la vía (PO): 2
- Advertencia sobre situaciones especiales (PE): 0

Señales informativas: no se encontraron señales de este tipo.

8.2.1.2 Demarcaciones.

Líneas longitudinales: las Líneas de eje central y Líneas de borde de calzada se encuentran presente a lo largo de todo el camino, en las zonas correspondientes de acuerdo a la geometría existente.

Demarcaciones planas: Se encuentra al inicio del camino y delimita el angostamiento del camino para los vehículos que transitan con sentido Colicheo – El Progreso.

8.2.1.3 Elementos de apoyo permanente.

Delineadores: se localizaron 3 señales de este tipo, las que se clasifican como:

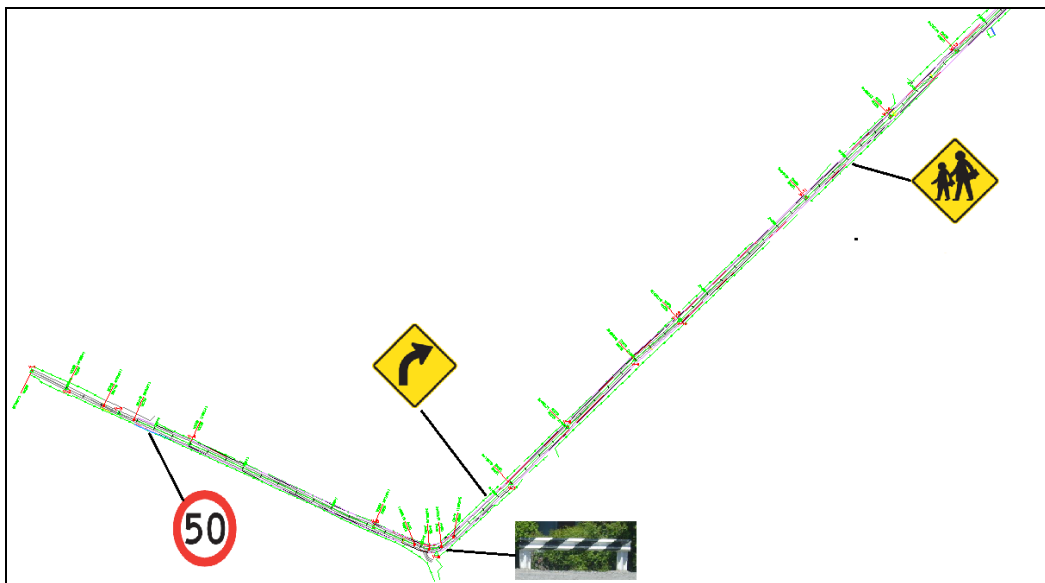
- Delineadores Direccionales: 2

Hitos de advertencia: se localizaron 4 elementos de este tipo los que corresponden a:

- Hitos Verticales: 4

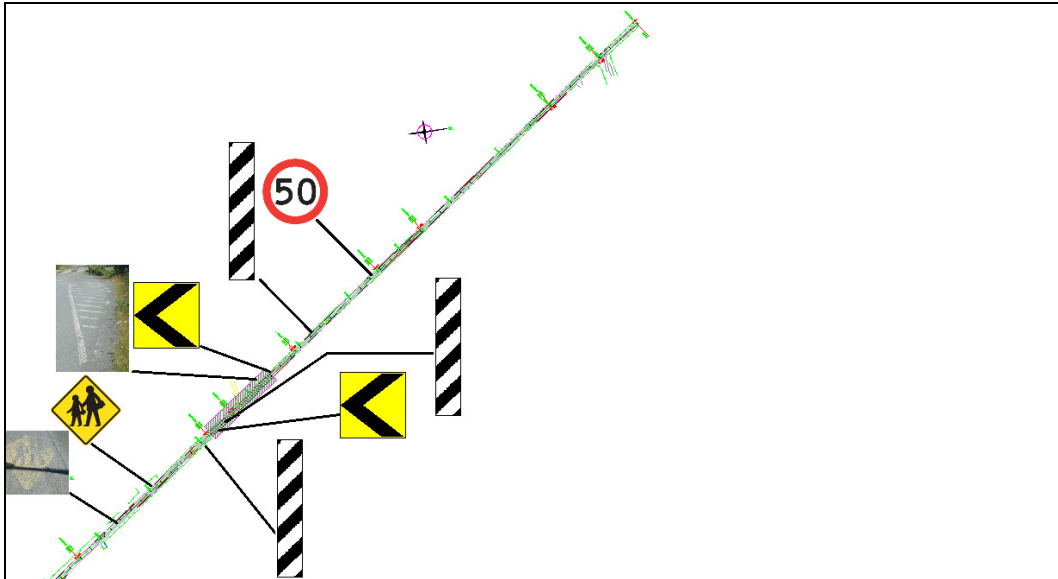
A continuación se ilustra en las figuras 8.1.A y 8.1.B la localización de las señales del levantamiento para el camino El Progreso – Colicheo.

FIGURA 8.1.A. PLANO DE SEÑALIZACIÓN EL PROGRESO – COLICHEO.



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 8.1.B. PLANO DE SEÑALIZACIÓN EL PROGRESO – COLICHEO.



Fuente: Elaboración propia.

8.2.2 Levantamiento de señalización del Camino Ruta 5 – Los Colihues.

Las señales se resumen a continuación, las cuales se indican agrupándolas según su clasificación.

8.2.2.1 Señales verticales.

Señales reglamentarias: se localizaron 5 señales de este tipo, las que se clasifican en:

- De prioridad (RPI): 2
- De prohibición (RPO): 0
- De restricción (RR): 3
- De obligación (RO): 0
- De autorización (RA): 0

Señales de advertencia de peligro: se localizaron 13 señales de este tipo, las que se clasifican como:

- Advertencia sobre características geométricas de la vía (PG): 6
- Advertencia sobre restricciones físicas de la vía (PF): 1

- Advertencia de intersecciones con otras vías (PI): 2
- Advertencia sobre características operativas de la vía (PO): 4
- Advertencia sobre situaciones especiales (PE): 0

Señales informativas: se encuentran 2 señales que anuncian “SIN GUARDA CRUCE” antes de la intersección del camino con la línea férrea.

8.2.2.2 Demarcaciones.

Líneas longitudinales: las Líneas de eje central y Líneas de borde de calzada se encuentran presente a lo largo de todo el camino, en las zonas correspondientes de acuerdo a la geometría existente.

Demarcaciones planas: el camino posee 2 demarcaciones planas, las que indican zona de escuela.

8.2.2.3 Elementos de apoyo permanente.

Delineadores: no se localizaron señales de este tipo.

Hitos de advertencia: se localizaron 3 elementos de este tipo los que corresponden a:

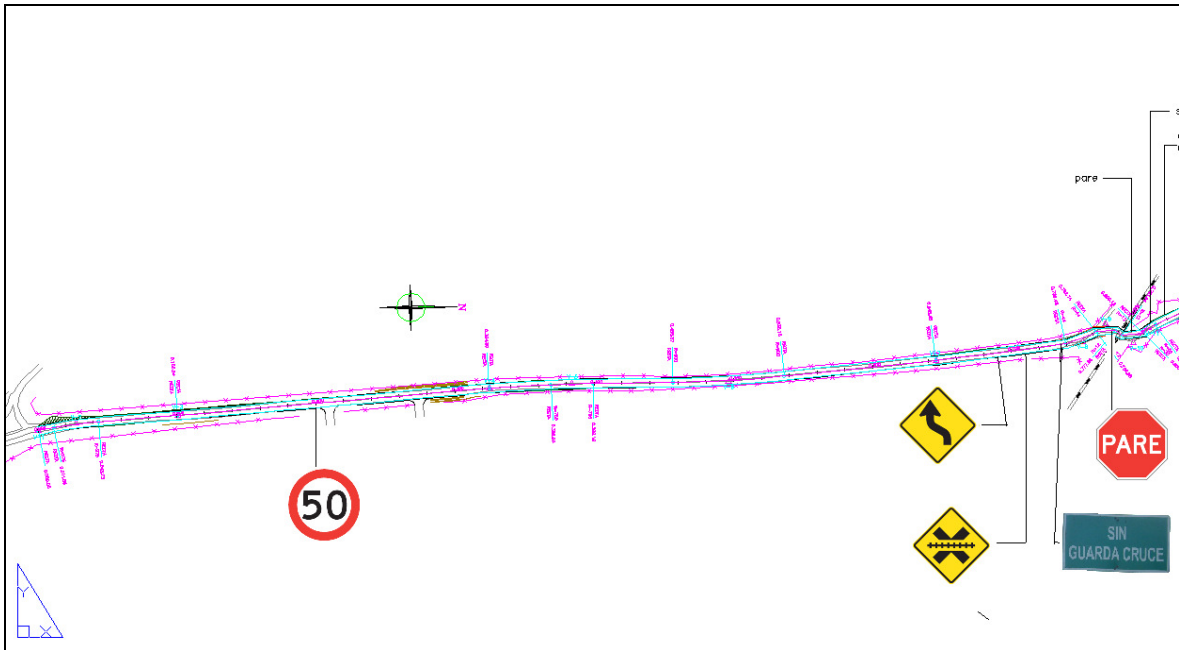
- Hitos Verticales: 3

Segregadores de flujo: se localizaron 4 elementos de este tipo, los que pertenecen a:

- Tachones: 4

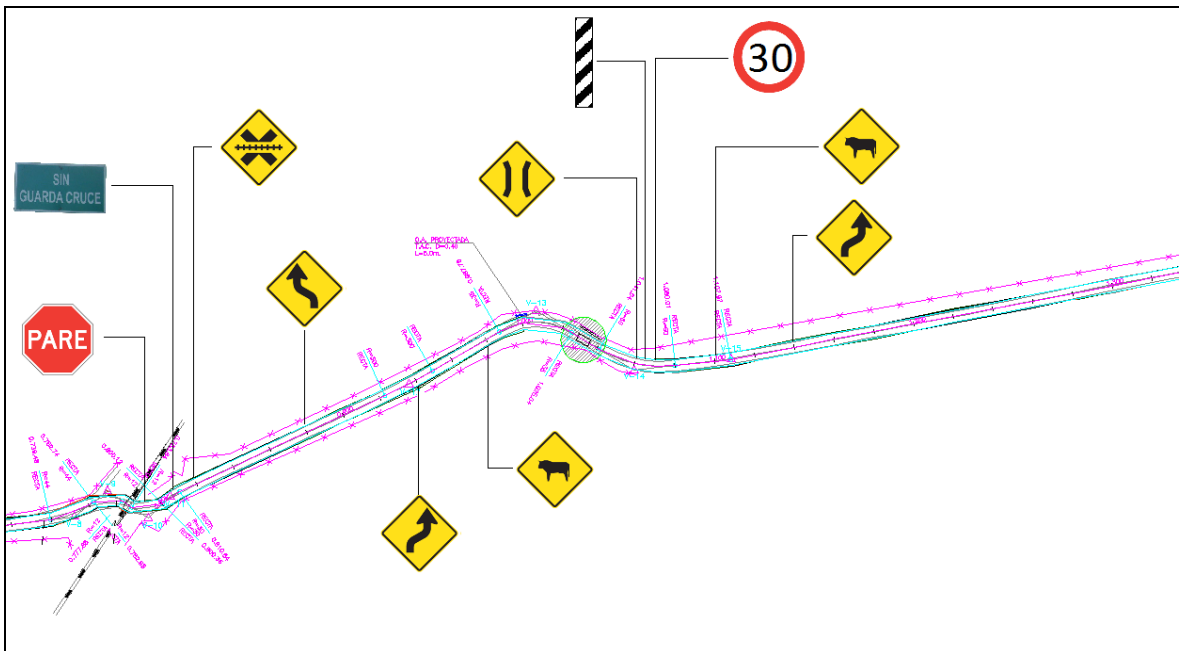
A continuación se ilustra en las figuras 8.2.A, 8.2.B y 8.2.C la localización de las señales del levantamiento para el camino Ruta 5 – Los Colihues.

FIGURA 8.2.A. PLANO DE SEÑALIZACIÓN RUTA 5 – LOS COLIHUES.



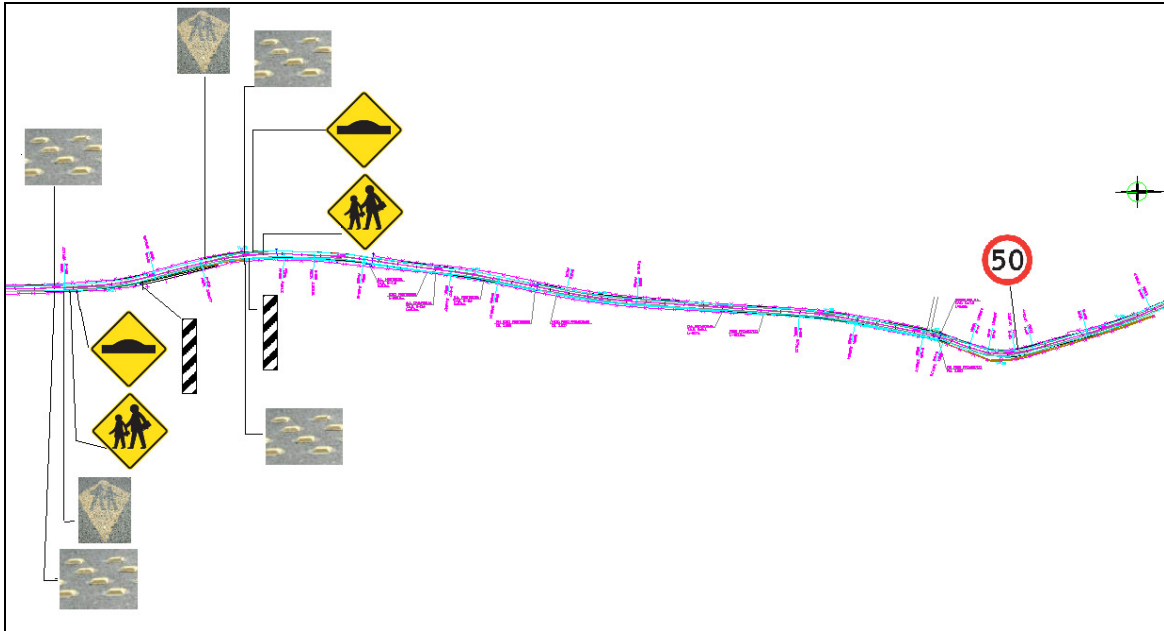
Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 8.2.B. PLANO DE SEÑALIZACIÓN RUTA 5 – LOS COLIHUES.



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 8.2.C. PLANO DE SEÑALIZACIÓN RUTA 5 – LOS COLIHUES.



Fuente: Elaboración propia.

8.2.3 Levantamiento de señalización del Camino Puente Ñuble - Monteleón.

Las señales se resumen a continuación, las cuales se indican agrupándolas según su clasificación:

8.2.3.1 Señales verticales.

Señales reglamentarias: se localizaron 4 señales de este tipo, las que se clasifican en:

- De prioridad (RPI): 1
- De prohibición (RPO): 0
- De restricción (RR): 3
- De obligación (RO): 0
- De autorización (RA): 0

Señales de advertencia de peligro: se localizaron 4 señales de este tipo, las que se clasifican como:

- Advertencia sobre características geométricas de la vía (PG): 0

Estudio de Seguridad Vial para caminos Llanos de la Región del Biobío del Programa Caminos Básicos 5000.

- Advertencia sobre restricciones físicas de la vía (PF): 4
- Advertencia de intersecciones con otras vías (PI): 0
- Advertencia sobre características operativas de la vía (PO): 0
- Advertencia sobre situaciones especiales (PE): 0

Señales informativas: el camino presenta 4 señales de este tipo, las que se muestran a continuación:

- De preseñalización (IP): 1
- De dirección (ID): 0
- de confirmación (IC): 1
- de identificación vial (IV): 0
- de localización (IL): 2

8.2.3.2 Demarcaciones.

Líneas longitudinales: las Líneas de eje central y Líneas de borde de calzada se encuentran presente a lo largo de todo el camino, en las zonas correspondientes de acuerdo a la geometría existente.

Demarcaciones planas: el camino no presenta demarcaciones de este tipo.

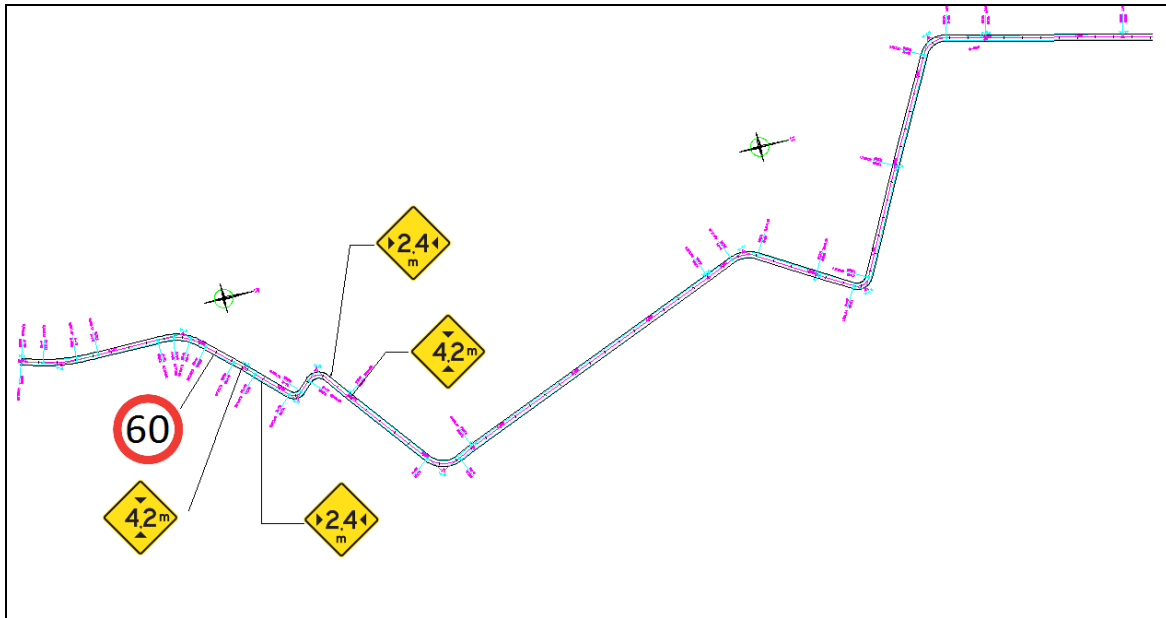
8.2.3.3 Elementos de apoyo permanente.

Delineadores: el camino no presenta elementos de este tipo.

Hitos de advertencia: el camino no presenta elementos de este tipo.

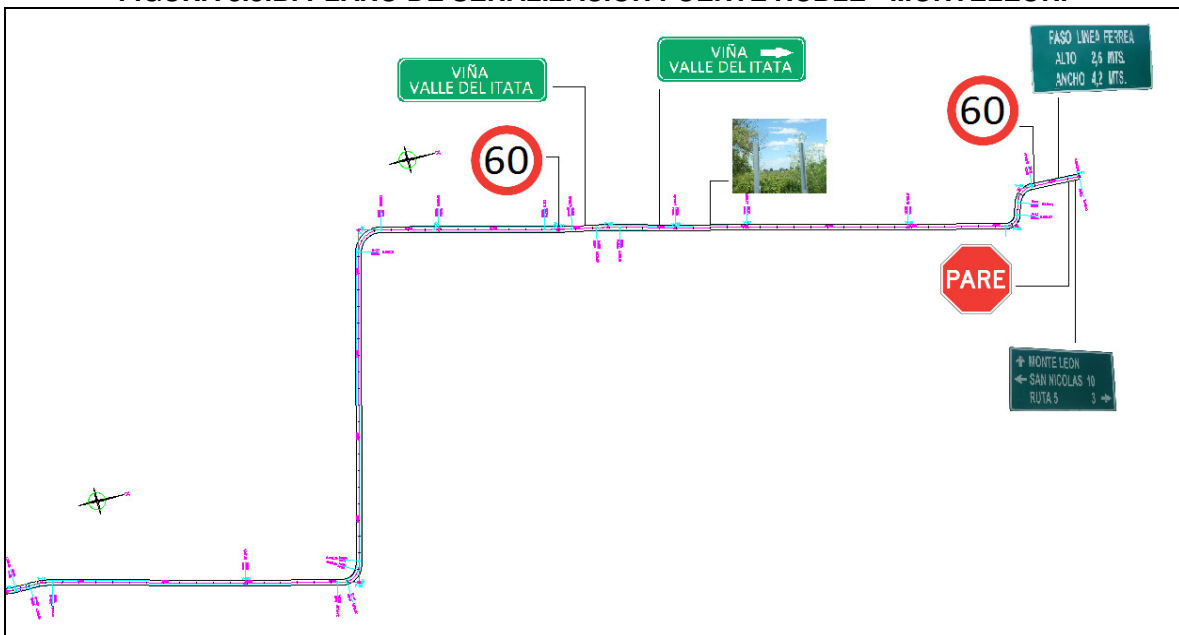
A continuación se ilustra en las figuras 8.3.A y 8.3.B la localización de las señales del levantamiento para el camino Puente Ñuble - Monteleon.

FIGURA 8.3.A. PLANO DE SEÑALIZACIÓN PUENTE ÑUBLE - MONTELEON.



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 8.3.B. PLANO DE SEÑALIZACIÓN PUENTE ÑUBLE - MONTELEON.



Fuente: Elaboración propia.

8.2.4 Levantamiento de señalización del Camino Curanilahue Trongol Bajo por Plegarias.

Las señales se resumen a continuación, las cuales se indican agrupándolas según su clasificación:

8.2.4.1 Señales verticales.

Señales reglamentarias: se localizó 1 señal de este tipo, la que se clasificó en:

- De prioridad (RPI): 1
- De prohibición (RPO): 0
- De restricción (RR): 0
- De obligación (RO): 0
- De autorización (RA): 0

Señales de advertencia de peligro: se localizaron 3 señales de este tipo, las que se clasifican como:

- Advertencia sobre características geométricas de la vía (PG): 3
- Advertencia sobre restricciones físicas de la vía (PF): 0
- Advertencia de intersecciones con otras vías (PI): 0
- Advertencia sobre características operativas de la vía (PO): 0
- Advertencia sobre situaciones especiales (PE): 0

Señales informativas: no se encontraron señales de este tipo.

8.2.4.2 Demarcaciones.

Líneas longitudinales: Las líneas de eje central y líneas de borde de calzada se encuentran presente a lo largo de todo el camino, en las zonas correspondientes de acuerdo a la geometría existente.

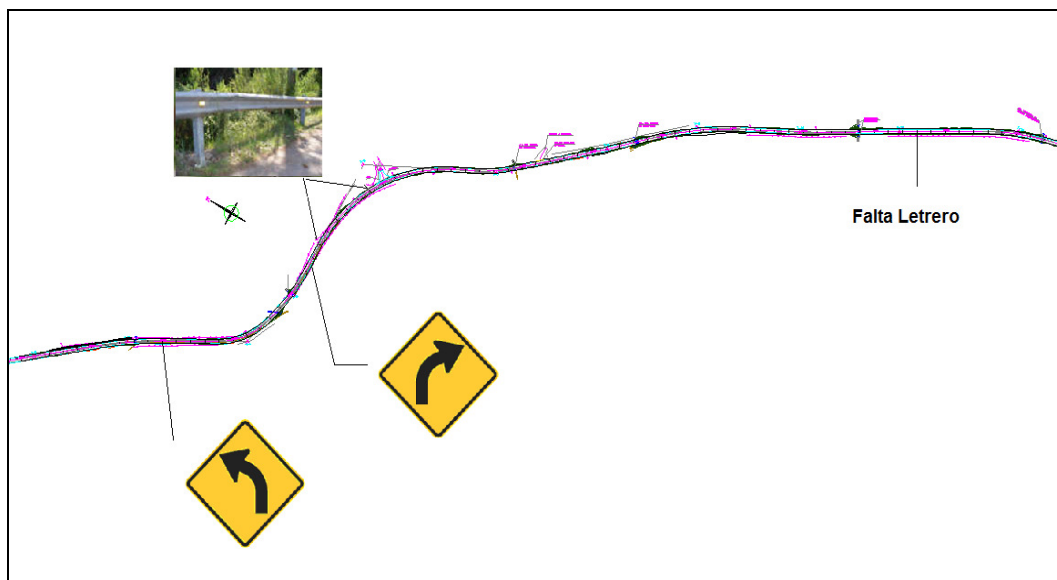
Demarcaciones planas: no se encontró demarcación de este tipo

8.2.4.3 Elementos de apoyo permanente.

- **Delineadores:** no se encontró señales de este tipo
- **Hitos de advertencia:** no se encontró señales de este tipo

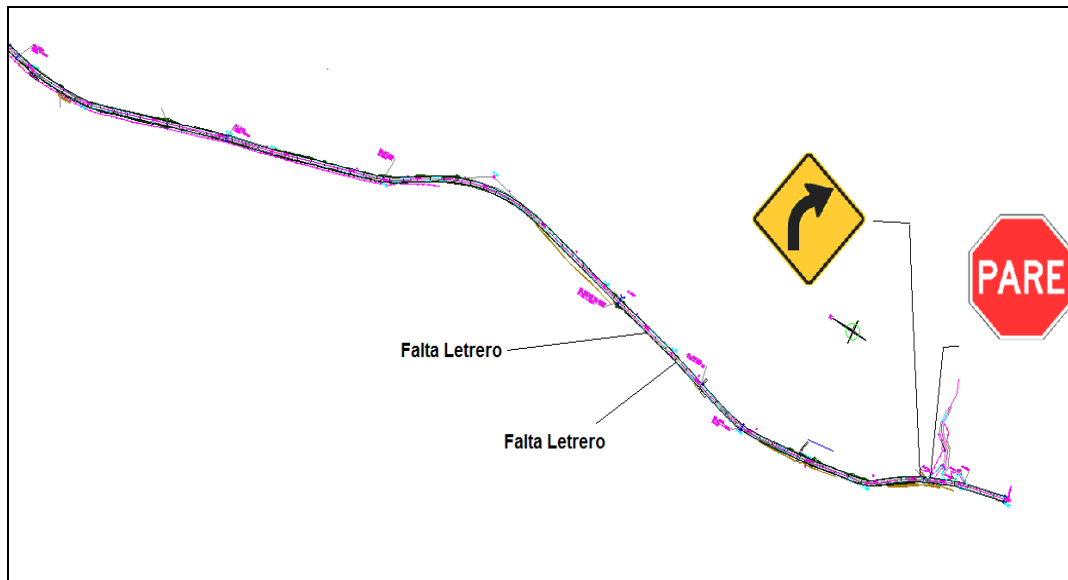
A continuación se ilustra en las figuras 8.4.A Y 8.4.B la localización de las señales del levantamiento para el camino Trongol Bajo por Plegarias.

FIGURA 8.4.A. PLANO DE SEÑALIZACIÓN CURANILAHUE TRONGOL BAJO POR PLEGARIAS.



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 8.4.B. PLANO DE SEÑALIZACIÓN CURANILAHUE TRONGOL BAJO POR PLEGARIAS.



Fuente: Elaboración propia

8.2.5 Levantamiento de señalización del Camino Pueblo Seco – Las Quilas.

Las señales se resumen a continuación, las cuales se indican agrupándolas según su clasificación.

8.2.5.1 Señales verticales.

Señales reglamentarias: No se localizaron señales de este tipo. Se visualiza que señales fueron destruidas las que, por su ubicación, posiblemente correspondían a señales de prioridad.

Señales de advertencia de peligro: se localizaron 5 señales de este tipo, las que se clasifican como:

- Advertencia sobre características geométricas de la vía (PG): 0
- Advertencia sobre restricciones físicas de la vía (PF): 5
- Advertencia de intersecciones con otras vías (PI): 0
- Advertencia sobre características operativas de la vía (PO): 0
- Advertencia sobre situaciones especiales (PE): 0

Señales informativas: se encuentran 4 señales las que corresponden a:

- De preseñalización (IP): 3
- De dirección (ID): 0
- de confirmación (IC): 0
- de identificación vial (IV): 0
- de localización (IL): 1

8.2.5.2 Demarcaciones.

Líneas longitudinales: Las líneas de eje central y líneas de borde de calzada se encuentran presente a lo largo de todo el camino, en las zonas correspondientes de acuerdo a la geometría existente.

Demarcaciones planas: el camino no presenta este tipo de demarcación.

8.2.5.3 Elementos de apoyo permanente.

Delineadores: se localizó 1 elemento correspondiente a este grupo:

- Delineadores Direccionales: 1

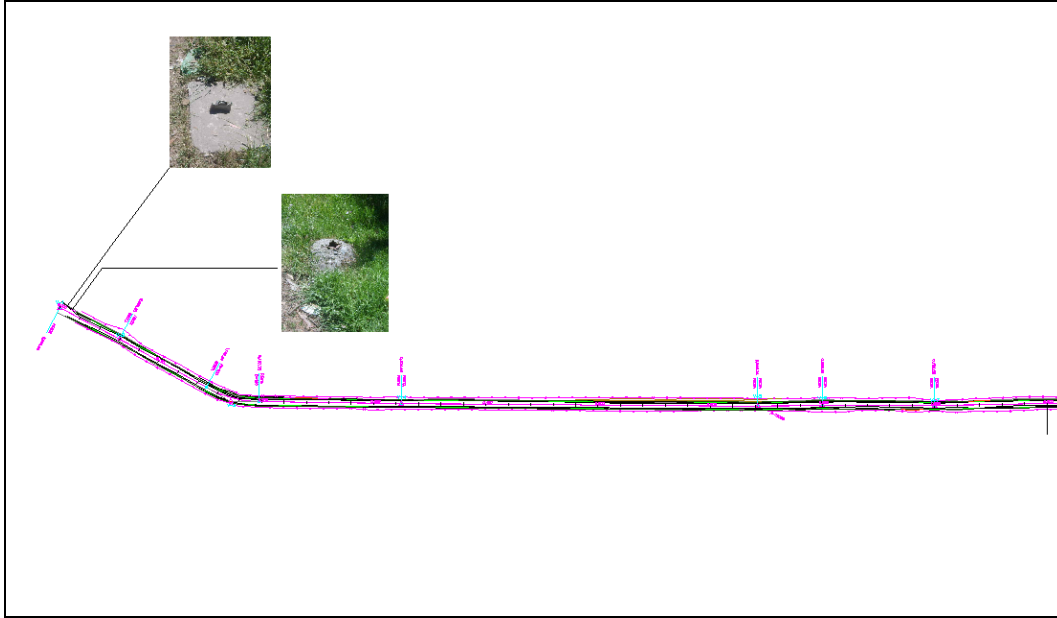
Hitos de advertencia: se localizó 1 elemento de este tipo que corresponden a:

- Hitos Verticales: 1

Segregadores de flujo: no se localizaron elementos de este tipo.

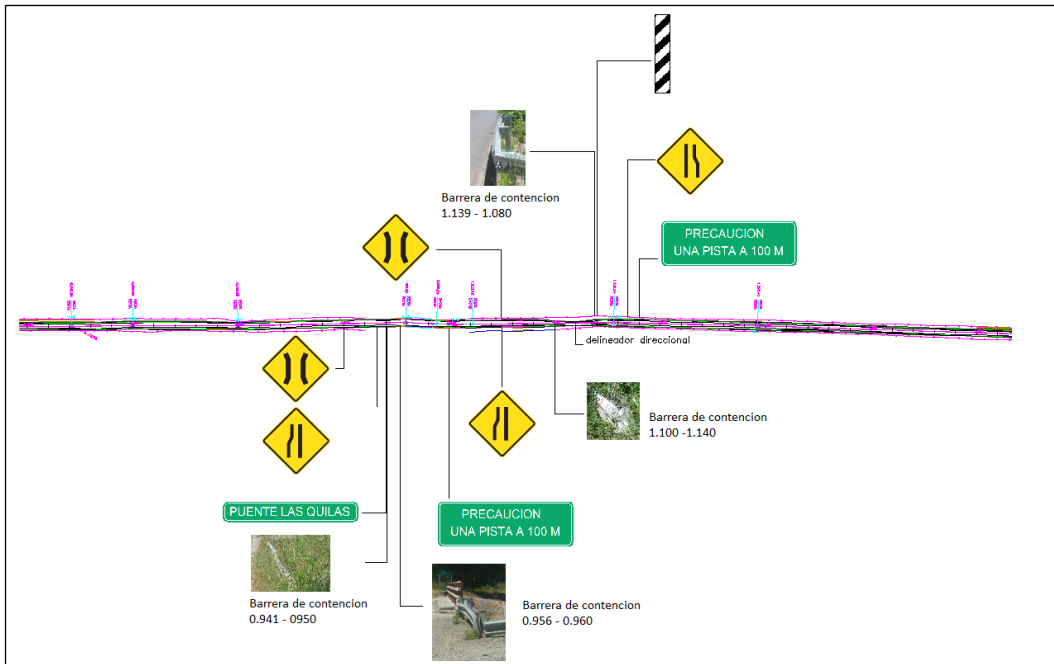
A continuación se ilustra en las figuras 8.5.A, 8.5.B y 8.5.C la localización de las señales del levantamiento para el camino Pueblo seco – Las Quilas.

FIGURA 8.5.A. PLANO DE SEÑALIZACIÓN PUEBLO SECO – LAS QUILAS.



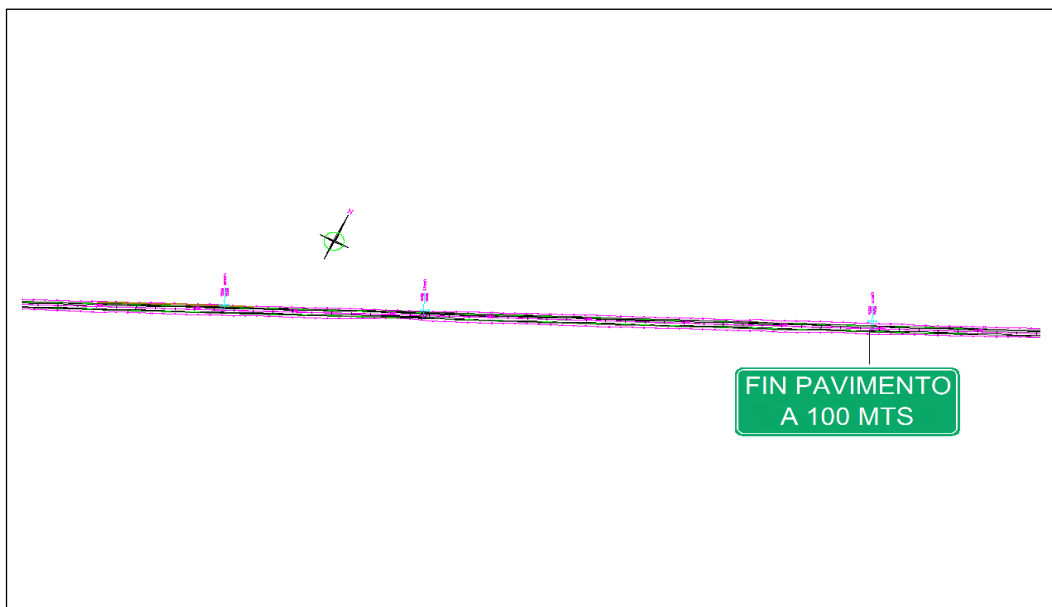
Fuente: elaboración propia

FIGURA 8.5.B. PLANO DE SEÑALIZACIÓN PUEBLO SECO – LAS QUILAS.



Fuente: elaboración propia.

FIGURA 8.5.C. PLANO DE SEÑALIZACIÓN PUEBLO SECO – LAS QUILAS.



Fuente: elaboración propia.

8.3 Resultados del registro de accidentes.

El registro de accidentes que se realizó en terreno, fue resumido en los formularios de accidentes para cada camino, en la que se indica el tipo de accidentes, lugar de ocurrencia, sentido de los vehículos, etc.

8.3.1 Registro de accidentes del camino El Progreso – Colicheo.

A continuación en la tabla 8.2 se muestra el formulario que resume el registro de accidentes para el camino El Progreso – Colicheo.

TABLA 8.2. FORMULARIO DE ENCUESTA DE ACCIDENTES CAMINO EL PROGRESO – COLICHEO.

Formulario de encuesta de accidentes camino El Progreso - Colicheo									
N°	Choque	clasificación accidentes			Desvio	Año Ocurrencia	Direccion	Ubicación	Observacion
		Atropello							
		Transeunte	Animal	Bicicleta					
1		X				2009	I - F	Km. 2.760	Niña atropellada a la salida del colegio
2	X					2009	I - F	Km. 2.680	Choque por alcance a exceso de velocidad
3					X	Sin dato	I - F	Km. 2.009	Desvio a la derecha en curva

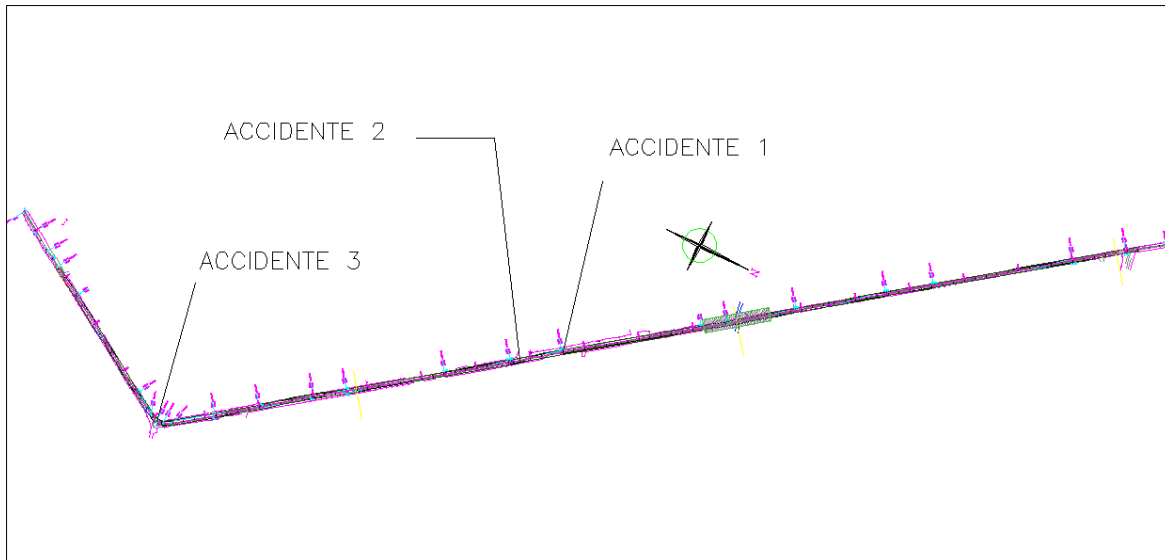
Fuente: Elaboración propia.

Estudio de Seguridad Vial para caminos Llanos de la Región del Biobío del Programa Caminos Básicos 5000.

Los datos fueron obtenidos de los pobladores aledaños al camino. No existe registro de Carabineros.

En la figura 8.6 se presenta el plano del camino con la ubicación de los accidentes encuestados.

FIGURA 8.6. UBICACIÓN DE ACCIDENTES CAMINO EL PREOGRESO - COLICHEO



Fuente: elaboración propia

8.3.2 Registro de accidentes del camino Ruta 5 – Los Colihues.

A continuación en la tabla 8.3 se muestra el formulario que resume el registro de accidentes para el camino Ruta 5 – Los Colihues.

TABLA 8.3. FORMULARIO DE ENCUESTA DE ACCIDENTES CAMINO RUTA 5 – LOS COLIHUES.

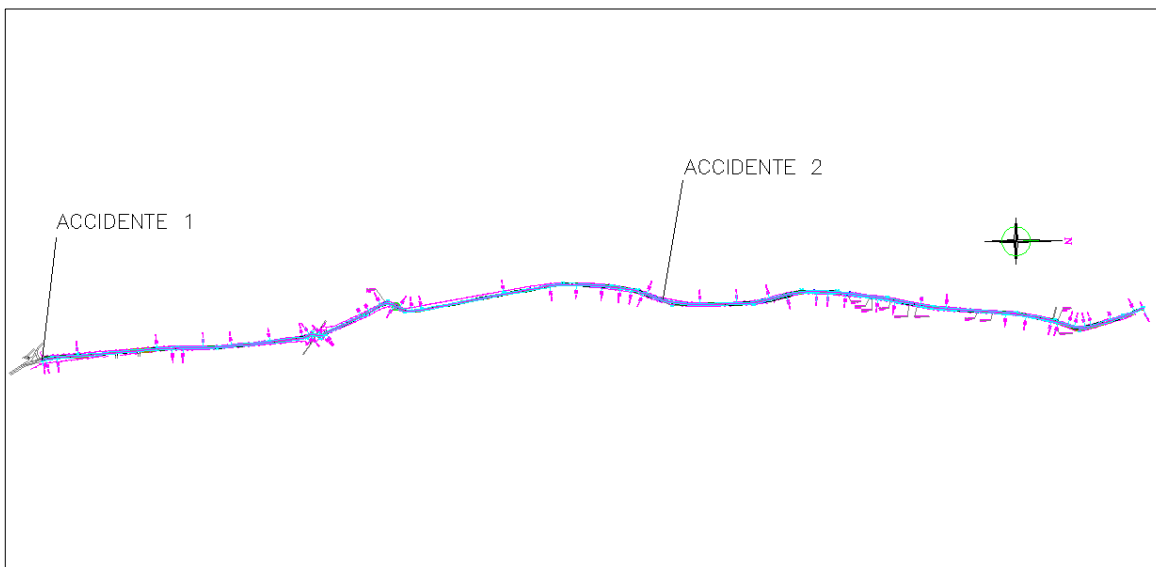
Formulario de encuesta de accidentes camino Ruta 5 - Los Colihues									
N°	Choque	Clasificación accidentes			Desvío	Año Ocurrencia	Dirección	Ubicación	Observación
		Transeunte	Animal	Bicicleta					
1	X					2008	I - F	Km. 0.000	Choque por alcance, conductor en estado de ebriedad, dato carabineros sexta comisaria chillan viejo
2				X		2009	I - F	Km. 1.800	Atropello furgon bicicleta, dato entregado por patrulla de carabineros

Fuente: Elaboración propia.

Los datos fueron obtenidos de los pobladores aledaños al camino. Los dos accidentes fueron entregados por la 6ta comisaría de carabineros de Chillan Viejo.

En la figura 8.7 se presenta el plano del camino con la ubicación de los accidentes encuestados.

FIGURA 8.7. UBICACIÓN DE ACCIDENTES CAMINO RUTA 5 – LOS COLIHUES.



Fuente: Elaboración propia

8.3.3 Registro de accidentes del camino Puente Ñuble - Monteleon.

A continuación en la tabla 8.4 se muestra el formulario que resume el registro de accidentes para el camino Puente Ñuble – Monteleon.

TABLA 8.4. FORMULARIO DE ENCUESTA DE ACCIDENTES CAMINO PUENTE ÑUBLE - MONTELEON.

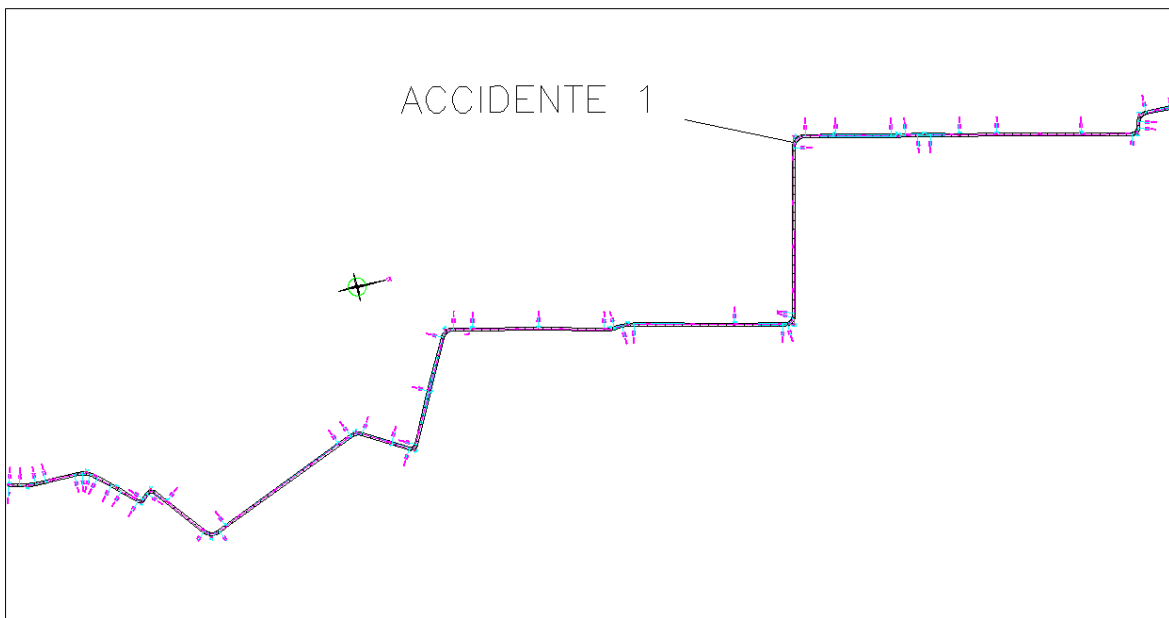
Formulario de encuesta de accidentes camino Puente Ñuble - Monteleon									
N°	Choque	Clasificación accidentes			Desvio	Año Ocurrencia	Direccion	Ubicación	Observacion
		Atropello							
		Transeunte	Animal	Bicicleta					
1					X	Sin dato	F - I	Km. 2.568	Desvio en curva.
2									

Fuente: Elaboración propia.

El dato fue obtenido por los pobladores aledaños al camino. No existió registro de Carabineros.

En la figura 8.8 se presenta el plano del camino con la ubicación de los accidentes encuestados.

FIGURA 8.8. UBICACIÓN DE ACCIDENTES CAMINO PUENTE ÑUBLE – MONTELEON.



Fuente: Elaboración propia.

8.3.4 Registro de accidentes del camino Curanilahue Trongol bajo por Plegarias.

A continuación se muestra el formulario (tabla 8.5) que resume el registro de accidentes para el camino Curanilahue Trongol bajo por Plegarias.

TABLA 8.5. FORMULARIO DE ENCUESTA DE ACCIDENTES CAMINO CURANILAHUE TRONGOL BAJO POR PLEGARIAS.

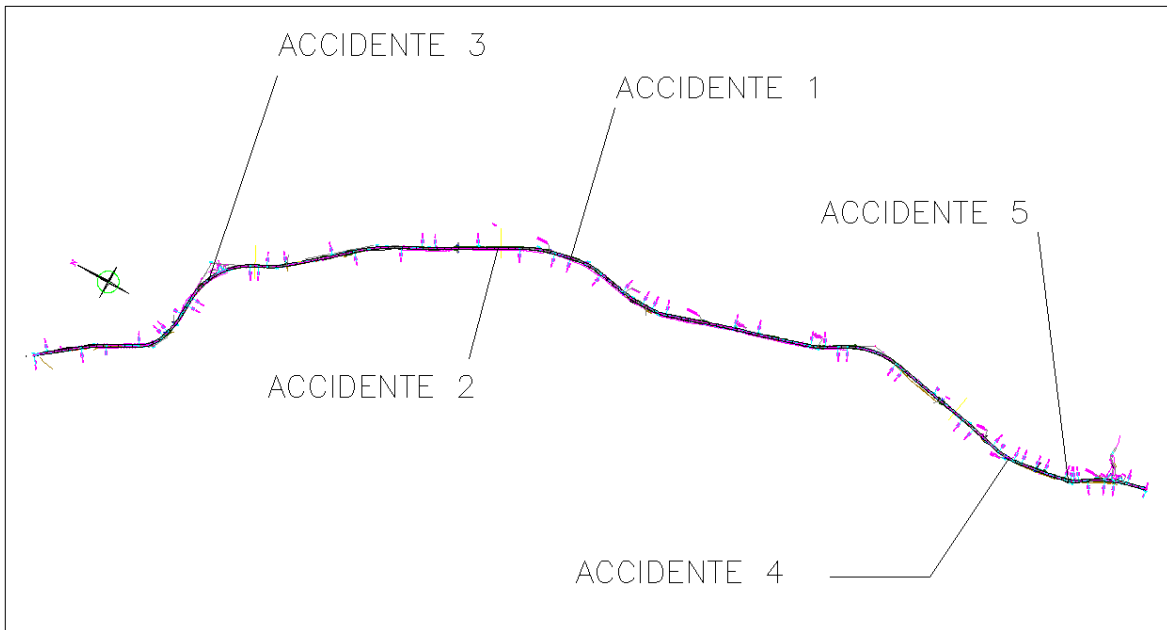
Formulario de encuesta de accidentes camino Curanilahue Trongol bajo por Plegarias									
N°	Choque	Clasificación accidentes			Desvio	Año Ocurrencia	Direccion	Ubicación	Observacion
		Atropello	Transeunte	Animal					
1	X					2007	I - F	Km. 2.200	choque con volcamiento
2					X	2005	F - I	Km. 1.990	motociclista encandilado por vehiculo
3					X	2008	F - I	Km. 1.160	Vehiculo sale de calzada impactando a casa
4	X					2007	I - F	Km. 3.600	Impacto frontal Motocicleta - vehiculo
5					X	2008	I - F	Km. 3.780	vehiculo desbarrancado

Fuente: Elaboración propia.

El dato fue obtenido por los pobladores aledaños al camino. No existió registro de Carabineros.

En la figura 8.9 se presenta el plano del camino con la ubicación de los accidentes encuestados.

FIGURA 8.9. UBICACIÓN DE ACCIDENTES CAMINO CURANILAHUE TRONGOL BAJO POR PLEGARIAS.



Fuente: Elaboración propia

8.3.5 Registro de accidentes del camino Pueblo Seco - Las Quillas

A continuación en la tabla 8.6 se muestra el formulario que resume el registro de accidentes para el camino Pueblo Seco – Las Quillas.

TABLA 8.6. FORMULARIO DE ENCUESTA DE ACCIDENTES CAMINO PUEBLO SECO – LAS QUILAS.

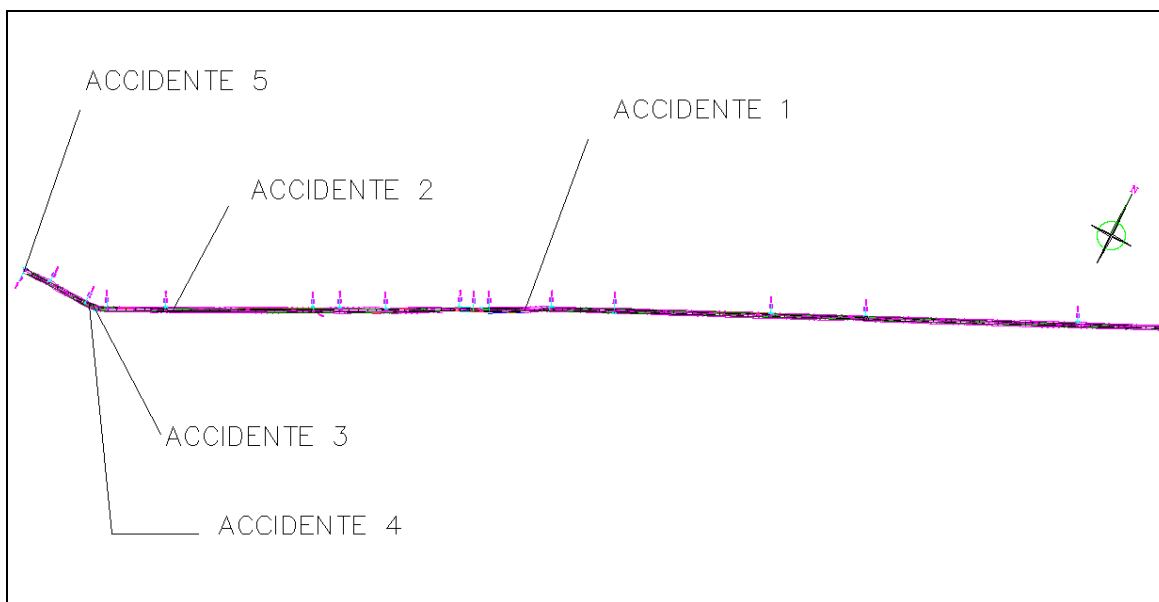
Formulario de encuesta de accidentes camino Pueblo Seco - Las Quilas									
N°	Choque	Clasificación accidentes			Desvio	Año Ocurrencia	Dirección	Ubicación	Observación
		Transeunte	Animal	Bicicleta					
1	X					2009	I - F	Km. 1.100	choque con barrera de contencion (angostamiento), noche
2	X					2008	F - I	Km. 0.340	Camion estacionado a un costado del camino
3					X	2009	I - F	Km. 0.170	Vehiculo sale de calzada impactando a casa
4					X	2009	F - I	Km. 0.160	Camion se desvia y choca con poste alumbrado publico
5	X					2009	F - I	Km. 0.000	Choque debido a visual obstruida por paradero

Fuente: Elaboración propia.

El dato fue obtenido por los pobladores aledaños al camino. No existió registro de Carabineros

En la figura 8.10 se presenta el plano del camino con la ubicación de los accidentes encuestados.

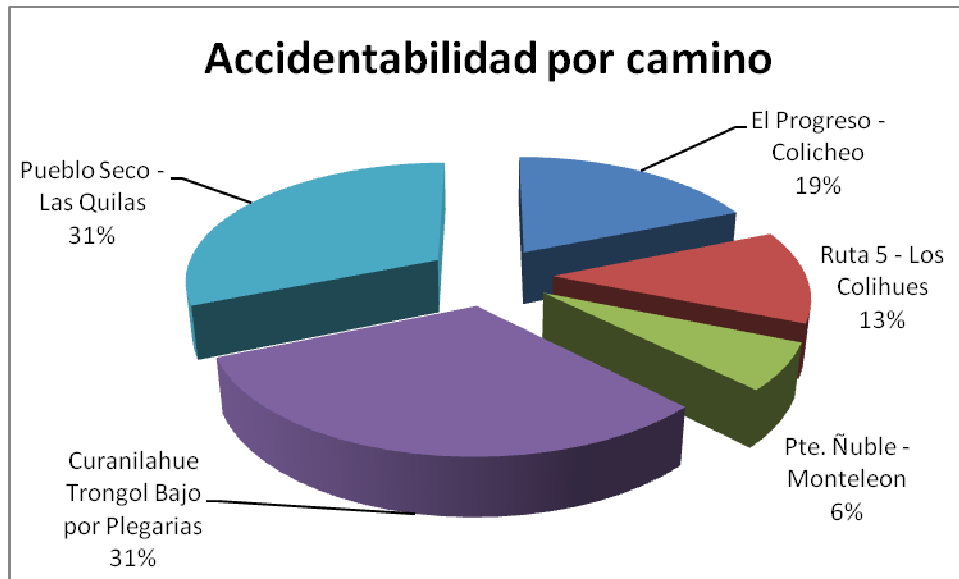
FIGURA 8.10. UBICACIÓN DE ACCIDENTES CAMINO PUEBLO SECO – LAS QUILAS.



Fuente: Elaboración propia

En la figura 8.11 se presenta un grafico de accidentabilidad por camino, con el correspondiente porcentaje para cada uno.

FIGURA 8.11. GRAFICO ACCIDENTABILIDAD POR CAMINO



Fuente: Elaboración propia.

Como muestra el gráfico los caminos que presentan mayor cantidad de accidentes corresponde a Pueblo Seco – Las Quilas y Curanilahue Trongol Bajo por Plegarias. Y el que presenta menos accidentes corresponde al camino Puente Ñuble – Monteleón.

Para el caso de Pueblo Seco – Las Quilas los accidentes que se registraron correspondieron en su mayoría a desvíos ocurridos en la primera curva (Km 0.160), los que pudieron ocurrir por poseer un radio de curvatura bajo y ser precedidos por longitudes de rectas amplios. En Curanilahue Trongol bajo por Plegarias ocurre que los accidentes no están localizados en curvas de radios reducidos, por lo que se presume que estos son causados posiblemente por elevadas velocidades de operación.

En el camino Puente Ñuble – Monteleón se registra la menor cantidad de accidentes, siendo uno el registrado, esto no indica que sea el único que ha ocurrido, ya que por la geometría del camino se puede asumir que posee una alta probabilidad de ocurrencia de accidente.

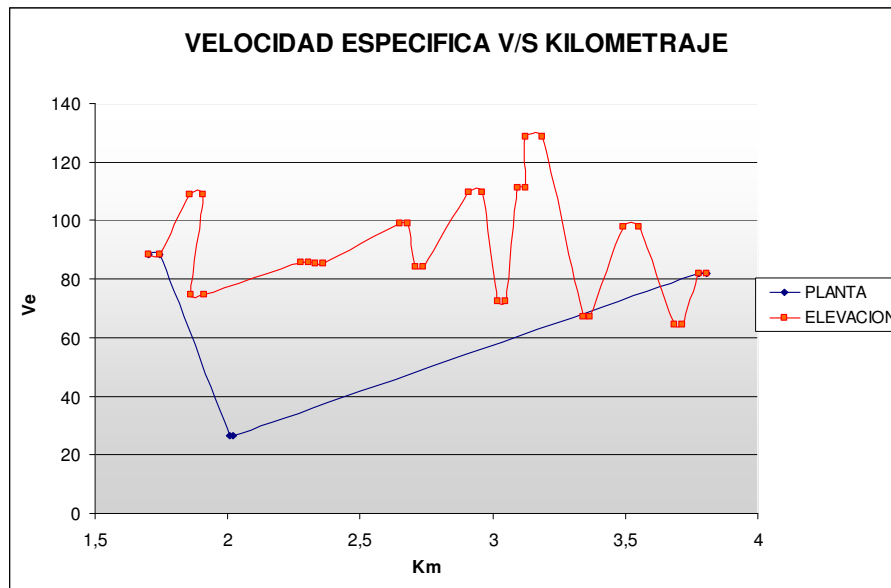
8.4 Perfiles de Velocidad Específica.

La velocidad específica permitió localizar los puntos más conflictivos de los caminos, esto es posible mediante un grafico de líneas que muestra la velocidad específica a lo largo del camino, de esta manera se hace más fácil la visualización de los sectores con inconvenientes. A continuación se analizan los perfiles por camino.

8.4.1 Camino El Progreso – Colicheo.

En la figura 8.12 se muestra el perfil de Ve para el camino.

FIGURA 8.12. PERFIL DE VELOCIDADES ESPECÍFICAS COMIENZO-FIN CAMINO EI PROGRESO – COLICHEO.



Fuente: Elaboración propia.

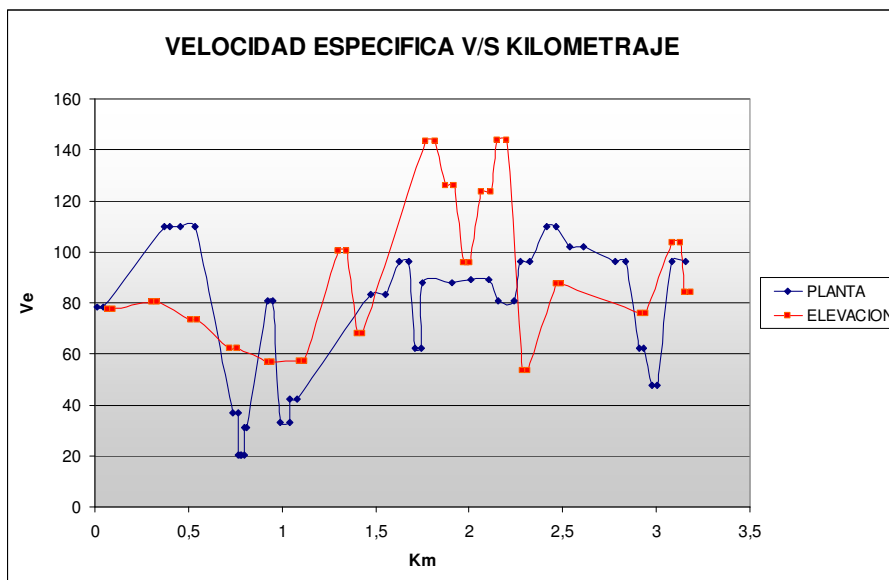
Observando el gráfico se puede visualizar claramente una diferencia notable entre las velocidades correspondientes a elevación, las cuales tienen una aceptación superiores a 60 km/h, y las correspondiente a planta, las que poseen una velocidad dentro del rango de 20 a 25 km/h en su zona más baja.

El punto más bajo del perfil de velocidad en planta corresponde justamente a la curva que posee un radio de 25 m y sin existencia de peralte ($p=0\%$), resultado una velocidad de 26.5 km/h, la cual se encuentra muy distante a las velocidades que se pueden desarrollar en las rectas que la preceden, induciendo variaciones considerables de velocidad de operación lo que se traduce a una falta de homogeneidad en la geometría del camino. Por lo anterior es posible considerar ese punto en especial como una inconsistencia del diseño geométrico del camino que pudo ser causante de la ocurrencia de accidentes.

8.4.2 Camino Ruta 5 – Los Colihues.

En la figura 8.13 se muestra el perfil de V_e del camino.

FIGURA 8.13. PERFIL DE VELOCIDADES ESPECÍFICAS COMIENZO-FIN CAMINO RUTA 5 – LOS COLIHUES.



Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico del perfil de velocidades para el camino Ruta 5 – Los Colihues se da el caso en que las velocidades de planta, en la mayoría, son menores a las de elevación estableciendo de este modo que el camino es controlado por el diseño en planta.

Aproximadamente en los kilómetros 0.5 y 2.4 se observan las velocidades más altas asociadas a radios de $R \geq 700$ m. En el kilómetro 0.76, por el contrario, se tiene la menor velocidad asociada a un $R = 12$ m el cual está muy por debajo del radio mínimo recomendado por el Manual de Carretera.

Se puede apreciar la zona comprendida entre los kilómetros 0.5 y 0.76 en que la diferencia de velocidad entre curvas sucesivas es muy amplia, llegando a existir una diferencia de casi 90 km/h, lo cual indica una inconsistencia desde el punto de vista del diseño geométrico. Además en la curva correspondiente al kilómetro 0,76 hay una intersección con la línea férrea y la presencia de la señal “PARE”.

Una situación parecida a la anterior ocurre en las cercanías al kilómetro 1.0 en la que se distingue una diferencia de velocidad amplia entre curvas sucesivas, descendiendo de un valor de 81 km/h. hasta una velocidad 33 km/h, los que también puede considerarse una inconsistencia geométrica.

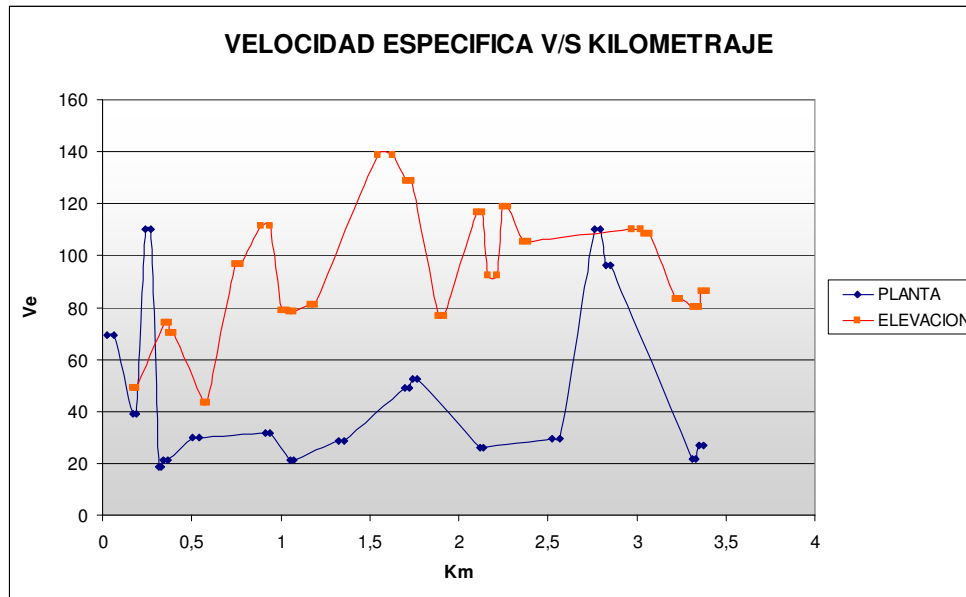
En el kilómetro 1.7 y en el kilómetro 2.9 también existe una amplia diferencia de velocidades entre elementos sucesivos, pero las velocidades a las que llega no son tan bajas como en los casos anteriores.

Si bien es cierto que el perfil de velocidades en elevación presenta diferencias entre elementos sucesivos, no asumen tanta importancia desde la perspectiva de seguridad en la conducción por encontrarse el camino emplazado en un terreno llano con pendientes longitudinales bajas.

8.4.3 Camino Puente Ñuble – Monteleón.

En la figura 8.14 se muestra el perfil del camino.

FIGURA 8.14. PERFIL DE VELOCIDADES ESPECÍFICAS COMIENZO-FIN CAMINO PUENTE ÑUBLE – MONTELEON.



Fuente: Elaboración propia.

Para el caso del camino Puente Ñuble – Monteleón se observa que evidentemente las velocidades pertenecientes a la planta son menores que las de elevación. Esto nos señala que el camino presenta mayores problemas de geometría en planta, por lo tanto el camino es controlado por el diseño en planta.

En el kilómetro 0.24 y 2.76 se encuentran las velocidades más altas, estas están asociadas a una radio de $R = 750$ y peralte nulo ($p\%=0$), en ambos casos con una $Ve = 110$ km/h. Por el contrario los sectores con menores velocidades corresponden al kilómetro 0.31 con una velocidad de $Ve = 19$ km/h asociado a un $R = 10$ m, menor al recomendado por el Manual de Carretera y un peralte de 4 %, otro sector con velocidad baja corresponde al kilómetro 1.05 que tiene una $Ve = 21$ km/h y el kilómetro 3.3 con una $Ve = 22$ km/h.

Se aprecia que en la zona comprendida entre el kilómetro 0.24 y 0.31 se encuentra un fuerte descenso de una $V_e = 110$ km/h a una $V_e = 19$ Km/h, dando lugar a una diferencia de velocidad de 91 km/h entre elementos sucesivos, siendo bastante alta lo que se traduce en una falta de homogeneidad en el diseño por ende una inconsistencia geométrica en esta zona.

Otro sector que presenta un fuerte descenso en la velocidad es el comprendido entre el kilómetro 2.8 y el 3.3 con una diferencia de 65 km/h, en la que se observa que antes de la curva en sentido inicio – fin existe una recta con una amplia longitud pudiendo inducir velocidades altas las que deben reducirse bruscamente al llegar a la curva, constituyéndose una inconsistencia geométrica. Lo mismo ocurre pero en sentido fin – inicio al llegar a la curva en el kilómetro 2.52.

También se da el caso en que dos curvas sucesivas con radios pequeños son separadas por una recta con una longitud amplia, como lo que ocurre entre el kilómetro 1.74 y 2.5. En el primer tramo comprendido entre el km 1.74 y 2.11 el cual tiene una longitud de 370 m de recta, que pueden inducir velocidades altas en los vehículos, hasta llegar a la curva que posee un $R = 20$ m debiendo disminuir la velocidad repentinamente. El segundo tramo entre km 2.11 y 2.52 presenta el mismo inconveniente, con una recta con 410 m de longitud la que finaliza en una curva con un $R = 27$ m.

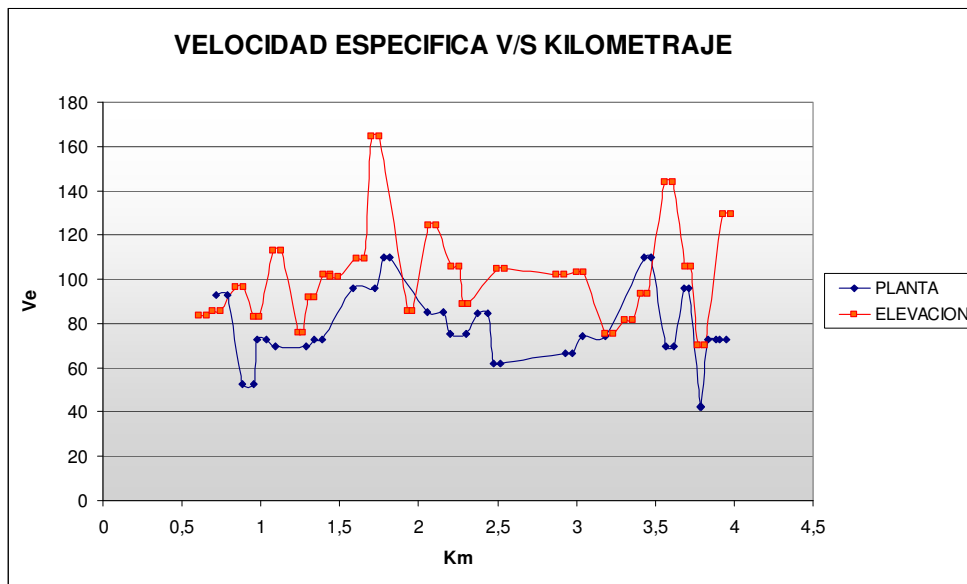
Otro sector conflictivo es el que ocurre en tramo entre los kilómetros 0.31 y 0.34, que posee una configuración tipo “S” entre dos curvas sucesivas con radios de 10 y 13 m cada una y separadas por una recta de 14 m de longitud, además este punto es un paso bajo nivel que cruza la línea férrea, dificultando notoriamente la visibilidad para el conductor.

Algo semejante ocurre en el kilómetro 3.31 y 3.37 que posee una configuración tipo “S” entre dos curvas sucesivas de radios 14 y 22 m cada una y separadas por una recta de 15.14 m de longitud, pudiendo afectar en la maniobra del vehículo si la velocidad no es la necesaria.

8.4.4 Camino Curanilahue Trongol Bajo por Plegarias.

En la figura 8.15 se muestra el perfil de V_e del camino.

FIGURA 8.15. PERFIL DE VELOCIDADES ESPECÍFICAS COMIENZO-FIN CURANILAHUE TRONGOL BAJO POR PLEGARIAS.



Fuente: Elaboración propia.

Para el camino Curanilahue Trongol bajo por Plegarias se observa que las velocidades pertenecientes a la planta son menores que las de elevación. Presentando, de este modo, mayores problemas de geometría en planta, por lo tanto, el camino es controlado por el diseño en planta.

Las velocidades que se visualizan como las mayores corresponde a los kilómetros 1.77 y 3.42 con un $V_e = 110$ km/h asociadas a un radio de 700 y 750 respectivamente y sin presencia de peralte en las curvas. La velocidad menor corresponde a la curva localizada en el kilómetro 3.78 con una $V_e = 42$ km/h asociada a un radio de 60 m y peralte de 4% que cumplen con los valores recomendados por el Manual de Carretera.

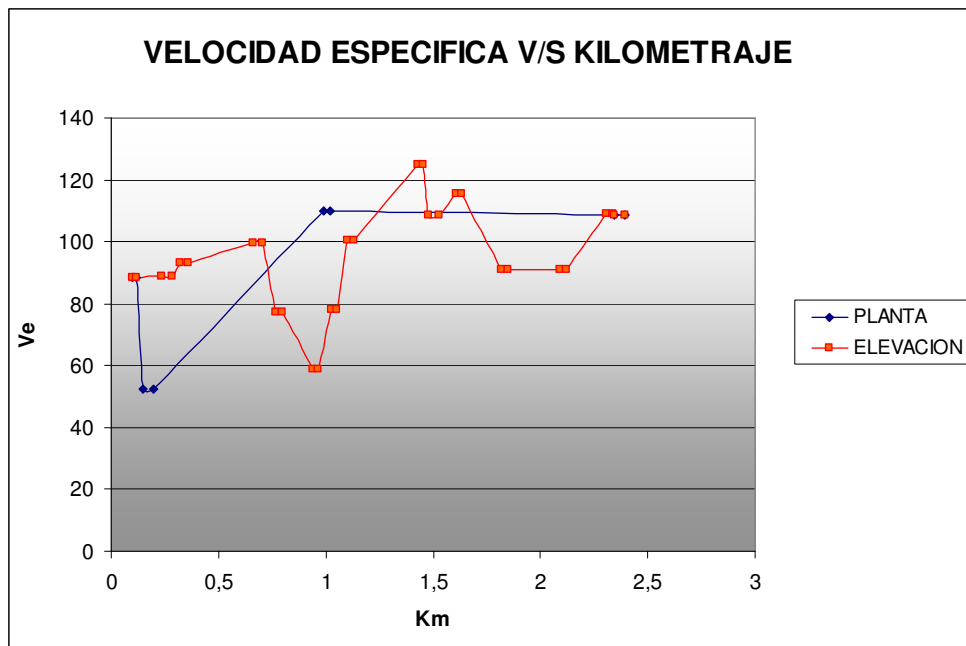
El mayor descenso de la velocidad entre elementos sucesivos se presenta entre el kilómetro 3.68 y el 3.78, con una diferencia de velocidad de 45 km/h.

Si bien es cierto, el camino no presenta velocidades tan bajas como los demás estudiados o caídas de velocidades con variaciones elevadas, es en este uno de los que se registraron más accidentes, siendo quizá, una explicación a esto el hecho de que los conductores transitan a velocidades elevadas al notar que el camino no presenta zonas mayormente riesgosas para una conducción segura.

8.4.5 Camino Pueblo Seco – Las Quilas.

En la figura 8.16 se muestra el perfil de V_e del camino.

FIGURA 8.16. PERFIL DE VELOCIDADES ESPECÍFICAS COMIENZO-FIN PUEBLO SECO – LAS QUILAS.



Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico se distingue la presencia de una zona con baja velocidad perteneciente al perfil de planta con una velocidad $V_e = 53$ km/h, en comparación

al perfil de elevación. Como las pendientes longitudinales del camino con bajas es más predominante el estudio de la geometría en planta.

La mayor velocidad para el perfil de planta se localiza en el kilómetro 0.98 y corresponde a una $V_e = 110$ km/h asociada a un radio de 700 m si peralte. Y la velocidad menor se localiza en el kilómetro 0.14 correspondiente a una $V_e = 53$ km/h asociada a una radio de 100 m y un pérlate del 4%.

El mayor descenso de la velocidad corresponde a la curva ubicada en el kilómetro 0.14 ya sea en ambos sentidos, pero mayormente en sentido fin – inicio.

Si consideramos el sentido fin – inicio sucede que la recta que precede a la curva es de una amplia longitud induciendo a velocidades muy superiores a lo largo de ésta recta las que se ven obligadas a reducirse de manera repentina al llegar a la curva. Lo anterior puede traducirse en un riesgo para el conductor el cual se encuentra inesperadamente con la curva, dejando de ser una geometría homogénea. Por cierto, es esta curva en la que se registro la mayor cantidad de accidentes por desvío de los vehículos de la calzada.

8.5 Resultados y análisis de Velocidad de operación V85.

A continuación se describe el resultado del cálculo de velocidad de operación V85 obtenidos de las mediciones en terreno con la ayuda del radar, y también las V85 obtenidas a partir de las ecuaciones de predicción enseñadas en el capítulo 4.

8.5.1 Resultados de la medición de velocidad.

El camino elegido para realizar la medición de velocidad fue Puente Ñuble – Monteleón. El criterio de elección de este camino tiene relación con el tipo de geometría que presenta y la disponibilidad logística necesaria para realizar la medición.

Los lugares elegidos para realizar las mediciones son:

Curva 1: Inicio km 2.118

Fin km 2.138

Curva 2: Inicio km 2.525

Fin km 2.568

Se eligieron estas curvas debido al bajo valor de Velocidad específica que poseen en comparación al resto, además estas curvas son continuas unas con otras y están separadas por una longitud de recta amplia. También en la curva 2 se registra un accidente de desvío, siendo éste una razón más de elección.

A continuación se presentan las tablas 8.7.1, 8.7.2, 8.7.3 y 8.7.4 que contienen el resumen del registro de velocidad para las curvas elegidas en ambos sentidos, entrando y saliendo de cada curva.

TABLA 8.7.1. VELOCIDADES DE OPERACIÓN CURVA N°1, DIRECCION PTE. ÑUNBLE – MONTELEON.

Medición de Velocidades		
Curva:	1	
Dirección:	Pte. Ñuble - Monteleon.	
N°	V Entrada	V Salida
Vmax	39	49
Vmin	25	28
Vmedia	30,182	39,917
Desv. Est	4,490	7,775
V85	37	51

Fuente: Elaboración propia.

TABLA 8.7.2. VELOCIDADES DE OPERACIÓN CURVA N°1, DIRECCION MONTELEON - PTE. ÑUNBLE.

Medición de Velocidades		
Curva:	1	
Dirección:	Monteleon - Pte. Ñuble	
N°	V Entrada	V Salida
Vmax	42	48
Vmin	14	24
Vmedia	30,625	35,955
Desv. Est	9,913	6,098
V85	45	45

Fuente: Elaboración propia.

TABLA 8.7.3. VELOCIDADES DE OPERACIÓN CURVA N°2, DIRECCION PTE. ÑUNBLE – MONTELEON.

Medicion de Velocidades		
Curva:	2	
Direccion:	Pte. Ñuble - Monteleon.	
N°	V Entrada	V Salida
Vmax	52	42
Vmin	12	29
Vmedia	37,500	34,667
Desv. Est	11,245	3,969
V85	54	40

Fuente: Elaboración propia.

TABLA 8.7.4. VELOCIDADES DE OPERACIÓN CURVA N°2, DIRECCION MONTELEON - PTE. ÑUNBLE.

Medicion de Velocidades		
Curva:	2	
Direccion:	Monteleon - Pte. Ñuble	
N°	V Entrada	V Salida
Vmax	43	55
Vmin	25	27
Vmedia	33,700	39,000
Desv. Est	5,889	10,646
V85	42	54

Fuente: Elaboración propia.

8.5.2 Velocidades obtenidas por las ecuaciones de predicción de V85.

Las velocidades obtenidas se calcularon en una tabla Excel, las cuales utilizaron las ecuaciones entregadas por el estudio de la FHWA y las entregadas por el estudio de consistencia realizado en Colombia.

8.5.2.1 Velocidad de Operación (V85) Camino El Progreso – Colicheo:

Los resultados obtenidos para el camino se muestran en la tabla 8.8.

TABLA 8.8. VELOCIDADES DE OPERACIÓN UTILIZANDO ECUACIONES DE PREDICCIÓN V85, DIRECCION EL PROGRESO – COLICHEO.

Curva	Radio	km inicial	km final	V85 FHWA	V85 COL
1	25	2009,19	2022,11	-42	37

Fuente: Elaboración propia.

Se distingue que para la curva en estudio el método de la FHWA no es válido, observando que para radios muy pequeños los valores de V85 son negativos. Por lo tanto, para este camino las ecuaciones de la FHWA no son representativas.

El valor obtenido a través de las ecuaciones entregadas por el estudio en Colombia son positivas (37 km/h) y proporcionales al radio de la curva, por lo tanto, son más validas para este camino.

8.5.2.2 Velocidad de Operación (V85) Camino Ruta 5 – Los Colihues:

Los resultados obtenidos para el camino se muestran en la tabla 8.9.

TABLA 8.9. VELOCIDADES DE OPERACIÓN UTILIZANDO ECUACIONES DE PREDICCIÓN V85, DIRECCION RUTA 5 – LOS COLIHUES.

Curva	Radio	km inicial	km final	V85	V85 COL
1	275	0,012	0,044	92	83
2	750	0,369	0,399	101	101
3	900	0,456	0,536	101	91
4	44	0,739	0,763	27	27
5	12	0,763	0,778	-203	34
6	12	0,784	0,800	-203	34
7	30	0,800	0,811	-9	38
8	300	0,923	0,949	94	106
9	35	0,988	1,041	7	3
10	60	1,041	1,080	48	41
11	330	1,475	1,552	95	113
12	500	1,624	1,677	98	88
13	150	1,708	1,742	81	68
14	380	1,752	1,907	96	126
15	400	2,011	2,105	97	86
16	300	2,155	2,241	94	106
17	500	2,273	2,324	98	88
18	900	2,416	2,465	102	91
19	600	2,537	2,610	100	90
20	500	2,779	2,838	98	88
21	150	2,910	2,932	82	82
22	80	2,979	3,008	60	51
23	500	3,085	3,156	98	155

Fuente: Elaboración propia.

En las curvas estudiadas el método de la FHWA no es aplicable para todos los casos, observando que para radios muy pequeños los valores de V85 son negativos. Por lo tanto, para este camino las ecuaciones de la FHWA no son representativas.

El valor obtenido a través de las ecuaciones entregadas por el estudio en Colombia es positivo y proporcional al radio de la curva, por lo tanto, es más válido para este camino.

8.5.2.3 Camino Puente Ñuble – Monteleón:

Los resultados obtenidos para el camino se muestran en la tabla 8.10.

TABLA 8.10. VELOCIDADES DE OPERACIÓN UTILIZANDO ECUACIONES DE PREDICCIÓN V85, PUENTE ÑUBLE - MONTELEON.

Curva	Radio	km inicial	km final	V85	V85 COL
1	200	25,19	61,67	87	81
2	50	170,6	189,63	37	43
3	750	242,9	269,25	101	90
4	10	312,95	328,15	-238	33
5	13	342,68	364,37	-159	34
6	28	505,78	543,26	-17	40
7	31	912,18	941,18	-6	39
8	13	1051,94	1073,08	-159	34
9	25	1323,37	1356,52	-38	37
10	85	1699,59	1723,8	65	57
11	100	1741,23	1768,78	69	63
12	20	2118,84	2138,94	-67	36
13	27	2525,76	2568,02	-28	38
14	750	2763,13	2795,08	100	90
15	500	2824,36	2852,81	98	98
16	14	3312,26	3333,37	-159	34
17	22	3348,51	3376,64	-63	36

Fuente: Elaboración propia.

En las curvas estudiadas el método de la FHWA no es aplicable para todos los casos, observando que para radios muy pequeños los valores de V85 son negativos. Por lo tanto, para este camino las ecuaciones de la FHWA no son representativas.

El valor obtenido a través de las ecuaciones entregadas por el estudio en Colombia es positivo y proporcional al radio de la curva, por lo tanto, es más válido para este camino.

8.5.2.4 Camino Curanilahue Trongol Bajo por Plegarias:

Los resultados obtenidos para el camino se muestran en la tabla 8.11.

TABLA 8.11. VELOCIDADES DE OPERACIÓN UTILIZANDO ECUACIONES DE PREDICCIÓN V85, DIRECCION CURANILAHUE TRONGOL BAJO POR PLEGARIAS.

Curva	Radio	km inicial	km final	V85	V85 COL
1	450	0,71517	0,787245	98	98
2	100	0,87916	0,95642	69	56
3	225	0,97363	1,03675	89	80
4	200	1,09097	1,28685	87	78
5	225	1,33493	1,38967	89	87
6	500	1,58379	1,71862	99	188
7	700	1,77713	1,81404	100	90
8	350	2,05222	2,15347	95	85
9	250	2,19958	2,29853	91	82
10	340	2,37601	2,44165	94	85
11	150	2,4719	2,51591	81	73
12	180	2,93134	2,97436	85	77
13	240	3,0366	3,18465	90	81
14	750	3,42969	3,47064	101	90
15	200	3,56464	3,61414	87	81
16	500	3,68048	3,70866	98	88
17	60	3,78338	3,79388	48	48
18	225	3,83359	3,88169	89	87
19	225	3,90871	3,94671	89	80

Fuente: Elaboración propia.

Para este camino las ecuaciones correspondientes al estudio de la FHWA arrojan valores positivos de V85, por lo tanto, se consideran aplicables para el tipo de curvas que presenta la vía.

8.5.2.5 Camino Pueblo Seco – Las Quilas:

Los resultados obtenidos para el camino se muestran en la tabla 8.12.

TABLA 8.12. VELOCIDADES DE OPERACIÓN UTILIZANDO ECUACIONES DE PREDICCIÓN V85, DIRECCION PUEBLO SECO – LAS QUILAS.

Curva	Radio	km inicial	km final	V85	V85 COL
1	100	0,14842	0,19778	69	63
2	700	0,98824	1,02248	100	90

Fuente: Elaboración propia.

Para este camino las ecuaciones correspondientes al estudio de la FHWA adoptan valores positivos de V85, por lo tanto, se consideran aplicables para el tipo de curvas que presenta la vía.

Para conocer el valor al cual difiere el método para obtener la velocidad de operación V85, se elaboró una tabla (Tabla 8.13) de resumen que contiene el promedio de velocidad de entrada y salida de curva registrado mediante el radar, y la velocidad calculada mediante las ecuaciones de predicción de velocidad para las mismas curvas, además contiene la diferencia entre una y otra para cuantificar cual es la diferencia entre ambos métodos.

TABLA 8.13. COMPARACION DE VELOCIDAD MEDIANTE RADAR Y ECUACIONES DE PREDICCIÓN.

Comparación de velocidades calculadas y registradas		
Camino: Puente Ñuble - Monteleón		
	Curva: 1	Curva: 2
V85 Radar	44	47
V85 Ecuación	36	38
Diferencia	8	9

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla se observa que la diferencia entre ambos métodos se encuentra cercana a 8 – 9 km/h. siendo mayor en ambos casos la velocidad registrada

mediante el radar. Por lo anterior se puede definir una diferencia para el resto de los caminos de 8 – 9 km/h más de lo que se obtiene a través de las ecuaciones.

8.6 Análisis de consistencia geométrica.

Como se indicó en el capítulo VII, para el análisis de consistencia geométrica de los caminos se utilizó el estudio de Lamm para la predicción de velocidades (V85) con la respectiva clasificación de los caminos según su diferencia de velocidad entre elementos consecutivos. Además se utilizó el estudio de Choueri respecto a las diferencias entre las velocidades de Operación (V85) y las velocidades de diseño.

A continuación se indican los resultados de la implementación de estos estudios y la respectiva clasificación de los camino en estudio.

8.6.1 Camino El Progreso – Colicheo.

El estudio de Lamm no es aplicable debido a que se necesita por lo menos 2 curvas para calcular la diferencia entre elementos sucesivos, no obstante, fue aplicado el estudio de Choueri y se calculó la diferencia entre la V85 y la Ve.

Como se observa en la Tabla 60 la curva presenta una diferencia de 10 km/h la cual entra en la categoría de Buen Diseño y por consiguiente, constituye un diseño consistente según Choueri.

**TABLA 8.14. DIFERENCIA ENTRE VELOCIDAD DE OPERACION Y VELOCIDAD DE DISEÑO
(ESTUDIO DE CHOUERI)**

Curva	V85 COL	Ve planta	Diferencia	Categoría
1	37	27	10	Buen Diseño

Fuente: Elaboración propia.

8.6.2 Camino Ruta 5 – Los Colihues.

Para este camino se implementó el estudio de Lamm y el estudio de Choueri. A continuación en la tabla 61 se muestran los resultados obtenidos de la implementación del estudio de Lamm.

TABLA 8.15 DIFERENCIA DE VELOCIDAD ENTRE ELEMENTOS SUCESIVOS DIRECCION INICIO – FIN Y FIN - INICIO. (ESTUDIO DE LAMM)

Curva	V85 COL	Δ V85 I - F	Δ V85 F - I	Categoría I - F	Categoría F - I
1	83	-	18	-	Diseño Regular
2	101	18	10	Diseño Regular	Buen Diseño
3	91	10	64	Buen Diseño	Mal Diseño
4	27	64	7	Mal Diseño	Buen Diseño
5	34	7	0	Buen Diseño	Buen Diseño
6	34	0	4	Buen Diseño	Buen Diseño
7	38	4	67	Buen Diseño	Mal Diseño
8	106	67	102	Mal Diseño	Mal Diseño
9	3	102	38	Mal Diseño	Mal Diseño
10	41	38	72	Mal Diseño	Mal Diseño
11	113	72	25	Mal Diseño	Mal Diseño
12	88	25	20	Mal Diseño	Diseño Regular
13	68	20	57	Diseño Regular	Mal Diseño
14	126	57	39	Mal Diseño	Mal Diseño
15	86	39	19	Mal Diseño	Diseño Regular
16	106	19	18	Diseño Regular	Diseño Regular
17	88	18	3	Diseño Regular	Buen Diseño
18	91	3	1	Buen Diseño	Buen Diseño
19	90	1	2	Buen Diseño	Buen Diseño
20	88	2	6	Buen Diseño	Buen Diseño
21	82	6	32	Buen Diseño	Mal Diseño
22	51	32	105	Mal Diseño	Mal Diseño
23	155	105	-	Mal Diseño	-

Fuente: Elaboración propia.

A continuación en la tabla 8.16 se muestran los resultados obtenidos de la implementación del estudio de Choueri.

**TABLA 8.16. DIFERENCIA ENTRE VELOCIDAD DE OPERACIÓN Y VELOCIDAD DE DISEÑO
(ESTUDIO DE CHOUERI).**

Curva	V85 COL	Ve planta	diferencia	Categoría
1	83	78	5	Buen Diseño
2	101	110	9	Diseño Regular
3	91	110	19	Diseño Regular
4	27	37	10	Mal Diseño
5	34	20	14	Diseño Regular
6	34	20	14	Diseño Regular
7	38	31	7	Buen Diseño
8	106	81	25	Mal Diseño
9	3	33	30	Mal Diseño
10	41	42	1	Mal Diseño
11	113	83	30	Mal Diseño
12	88	96	8	Mal Diseño
13	68	62	6	Diseño Regular
14	126	88	38	Mal Diseño
15	86	89	3	Mal Diseño
16	106	81	25	Mal Diseño
17	88	96	8	Diseño Regular
18	91	110	19	Diseño Regular
19	90	102	12	Diseño Regular
20	88	96	8	Buen Diseño
21	82	62	20	Diseño Regular
22	51	48	3	Mal Diseño
23	155	96	59	Mal Diseño

Fuente: Elaboración propia.

8.6.3 Camino Puente Ñuble – Monteleón.

Para este camino se implementó el estudio de Lamm y el estudio de Choueri.

A continuación en la tabla 8.17 se muestran los resultados obtenidos de la implementación del estudio de Lamm.

TABLA 8.17. DIFERENCIA DE VELOCIDAD ENTRE ELEMENTOS SUCESIVOS SENTIDO INICIO – FIN Y FIN - INICIO. (ESTUDIO DE LAMM)

Curva	V85 COL	Δ V85 I - F	Δ V85 F - I	Categoría I - F	Categoría F - I
1	81	-	37	-	Mal Diseño
2	43	37	47	Mal Diseño	Mal Diseño
3	90	47	57	Mal Diseño	Mal Diseño
4	33	57	1	Mal Diseño	Buen Diseño
5	34	1	6	Buen Diseño	Buen Diseño
6	40	6	1	Buen Diseño	Buen Diseño
7	39	1	4	Buen Diseño	Buen Diseño
8	34	4	3	Buen Diseño	Buen Diseño
9	37	3	20	Buen Diseño	Diseño Regular
10	57	20	6	Diseño Regular	Buen Diseño
11	63	6	27	Buen Diseño	Mal Diseño
12	36	27	2	Mal Diseño	Buen Diseño
13	38	2	52	Buen Diseño	Mal Diseño
14	90	52	8	Mal Diseño	Buen Diseño
15	98	8	64	Buen Diseño	Mal Diseño
16	34	64	2	Mal Diseño	Buen Diseño
17	36	2	-	Buen Diseño	-

Fuente: Elaboración propia.

A continuación en la tabla 8.18 se muestran los resultados obtenidos de la implementación del estudio de Choueri.

**TABLA 8.18. DIFERENCIA ENTRE VELOCIDAD DE OPERACIÓN Y VELOCIDAD DE DISEÑO
(ESTUDIO DE CHOUERI).**

Curva	V85 COL	Ve planta	Diferencia	Categoría
1	81	69	11	Diseño Regular
2	43	39	4	Mal Diseño
3	90	110	20	Mal Diseño
4	33	19	15	Mal Diseño
5	34	21	13	Diseño Regular
6	40	30	10	Buen Diseño
7	39	32	7	Buen Diseño
8	34	21	13	Diseño Regular
9	37	29	9	Buen Diseño
10	57	49	8	Diseño Regular
11	63	53	10	Buen Diseño
12	36	26	10	Mal Diseño
13	38	30	8	Buen Diseño
14	90	110	20	Mal Diseño
15	98	96	2	Buen Diseño
16	34	22	13	Mal Diseño
17	36	27	9	Buen Diseño

Fuente: Elaboración propia.

8.6.4 Camino Curanilahue Trongol Bajo por Plegarias.

Para este camino se implementó el estudio de Lamm y el estudio de Choueri.

A continuación en la tabla 8.19 se muestran los resultados obtenidos de la implementación del estudio de Lamm.

TABLA 8.19. DIFERENCIA DE VELOCIDAD ENTRE ELEMENTOS SUCESIVOS SENTIDO INICIO – FIN Y FIN - INICIO. (ESTUDIO DE LAMM).

Curva	V85 COL	Δ V85 I - F	Δ V85 F - I	Categoría I - F	Categoría F - I
1	98	-	42	-	Mal Diseño
2	56	42	24	Mal Diseño	Mal Diseño
3	80	24	2	Mal Diseño	Buen Diseño
4	78	2	9	Buen Diseño	Buen Diseño
5	87	9	1	Buen Diseño	Buen Diseño
6	88	1	2	Buen Diseño	Buen Diseño
7	90	2	5	Buen Diseño	Buen Diseño
8	85	5	3	Buen Diseño	Buen Diseño
9	82	3	3	Buen Diseño	Buen Diseño
10	85	3	12	Buen Diseño	Diseño Regular
11	73	12	4	Diseño Regular	Buen Diseño
12	77	4	4	Buen Diseño	Buen Diseño
13	81	4	9	Buen Diseño	Buen Diseño
14	90	9	9	Buen Diseño	Buen Diseño
15	81	9	7	Buen Diseño	Buen Diseño
16	88	7	40	Buen Diseño	Mal Diseño
17	48	40	39	Mal Diseño	Mal Diseño
18	87	39	7	Mal Diseño	Buen Diseño
19	80	7	-	Buen Diseño	-

Fuente: Elaboración propia.

A continuación se muestran los resultados obtenidos de la implementación del estudio de Choueri (Tabla 8.20).

**TABLA 8.20. DIFERENCIA ENTRE VELOCIDAD DE OPERACIÓN Y VELOCIDAD DE DISEÑO
(ESTUDIO DE CHOUERI)**

Curva	V85 COL	Ve planta	Diferencia	Categoría
1	98	93	5	Buen Diseño
2	56	53	3	Mal Diseño
3	80	73	7	Mal Diseño
4	78	69	9	Buen Diseño
5	87	73	14	Diseño Regular
6	88	96	8	Buen Diseño
7	90	110	20	Diseño Regular
8	85	85	0	Buen Diseño
9	82	76	6	Buen Diseño
10	85	84	1	Buen Diseño
11	73	62	11	Diseño Regular
12	77	67	10	Buen Diseño
13	81	74	7	Buen Diseño
14	90	110	20	Diseño Regular
15	81	69	12	Diseño Regular
16	88	96	8	Buen Diseño
17	48	42	6	Mal Diseño
18	87	73	14	Mal Diseño
19	80	73	7	Buen Diseño

Fuente: Elaboración propia.

8.6.5 Camino Pueblo Seco – Las Quilas.

Para este camino se implementó el estudio de Lamm y el estudio de Choueri. A continuación (Tabla 8.21) se muestran los resultados obtenidos de la implementación del estudio de Lamm.

**TABLA 8.21. DIFERENCIA DE VELOCIDAD ENTRE ELEMENTOS SUCESIVOS SENTIDO
INICIO – FIN Y FIN – INICIO. (ESTUDIO DE LAMM)**

Curva	V85 COL	Δ V85 I - F	Δ V85 I - F	Categoría I - F	Categoría F - I
1	63	-	27	-	Mal Diseño
2	90	27	-	Mal Diseño	-

Fuente: Elaboración propia.

La diferencia entre elementos sucesivos categoriza al sector como mal diseño para ambos sentidos.

A continuación en la tabla 8.22 se muestran los resultados obtenidos de la implementación del estudio de Choueri.

TABLA 8.22. DIFERENCIA ENTRE VELOCIDAD DE OPERACIÓN Y VELOCIDAD DE DISEÑO (ESTUDIO DE CHOUERI)

Curva	V85 COL	Ve planta	Diferencia	Categoría
1	63	53	10	Buen Diseño
2	90	110	20	Mal Diseño

Fuente: Elaboración propia.

Al observar detenidamente algunas de las tablas anteriores para distinguir que, en casos donde la velocidad específica V_e es mayor que la velocidad de operación V85, las curvas son categorizadas por Lamm o Choueri como “Mal Diseño” o “Diseño Regular”, siendo que si esto ocurre, se asegura que los vehículos transiten de manera segura al no exceder la velocidad V_e . De igual manera, se da el caso en que la velocidad específica V_e es menor que la velocidad de operación V85, considerándose como “buen diseño” según Lamm o Choueri. Lo anterior no indica que los estudios realizados por Lamm y Choueri estén incorrectos, si no que, lo más probable es que estos no se ajusten al tipo de camino que se esta estudiando.

8.7 Asociación de la información del estudio de los caminos.

Con la información obtenida a partir del estudio realizado de los caminos, se presenta a continuación un análisis que contempla la unión de la información, con el fin de caracterizar cada camino.

8.7.1 Camino El progreso – Colicheo.

El camino posee una sola curva, la cual tiene un radio de 25 m, cumpliendo con el mínimo recomendado por el manual de carreteras. A pesar de lo anterior, este camino posee una recta que excede los 600 m recomendados, no cumpliendo de esta manera con la longitud de recta máxima.

En la recta antes mencionada, se registró 2 accidentes en dirección inicio - fin. Uno de ellos a la salida de un colegio, en el cual el camino presenta señalización que advierte la presencia del colegio. Y el otro accidente ocurrido en esta recta, tiene como causante el exceso de velocidad, siendo una imprudencia del conductor puesto que existe señalización de la velocidad máxima para el camino.

Otro accidente registrado tiene ocurrencia en la curva en dirección inicio – fin, la curva se encuentra en contraperalte, además por poseer un radio de 25 m permite una Ve muy inferior a la velocidad legal señalizada, que es de 50 km/h, a esto se suma que la curva no es señalizada previamente en esa dirección, todo lo anterior constituye a este sector del camino propenso a la ocurrencia de accidentes.

8.7.2 Camino Ruta 5 – Los Colihues.

Entre el km 0,739 y km 0,810 se encuentra dos curvas sucesivas del tipo “S”, las cuales son atravesadas por la línea férrea, estas curvas no cumplen con el radio mínimo recomendado, no obstante, cumplen satisfactoriamente con la clasificación de consistencia según Lamm y Choueri. Además están previamente señalizadas y además el cruce es restringido por un signo “Pare” en ambas direcciones, de este modo, solo una imprudencia en la conducción podría ser un riesgo para los usuarios.

De los accidentes registrados, uno tiene ocurrencia en el km 0,000 el cual fue provocado por la imprudencia del conductor, al conducir bajo el estado del alcohol. El otro accidente registrado ocurrió en el km 1,800 siendo un atropello a ciclista, justamente en este tramo existe una curva considerada como mal diseño por Lamm y Choueri, pero además el poco espacio para el tránsito de ciclistas puede haber constituido la causa del accidente.

El resto del camino presenta condiciones seguras de tránsito, además el camino posee una adecuada señalización advirtiendo en su mayoría los posibles riesgos que éste podría presentar.

8.7.3 Camino Puente Ñuble – Monteleón.

El camino presenta un 33% de cumplimiento de radio mínimo, que poseen valores por debajo de lo recomendado por el manual de carretera volumen 3 (25m para $V_p=30$ km/h). Entre el kilómetro 0,312 y 0,364 se encuentran 2 de estas curvas del tipo “S”, las que son cruzadas a sobre nivel por la línea férrea, por este motivo, el tránsito por este sector se hace más estrecho y con dificultad en la visual del camino, el conflicto anterior no es previamente señalado, a excepción de la información de ancho y alto máximo del paso sobre nivel de la línea férrea.

El resto de las curvas que no cumplen con el radio mínimo, algunas son clasificadas como buen diseño y otras como mal diseño, en ningún caso las curvas son señalizadas previamente, lo cual puede ser un riesgo en algunos casos.

El único accidente registrado ocurrió en la curva ubicada en el kilómetro 2,525 y el 2,568 en dirección fin - inicio. La curva posee un radio de 27 m, cumpliendo con el radio mínimo recomendado (25 m), pero tiene asociada a ella una velocidad específica baja. No obstante, es considerada como buen diseño. Se presume que su ocurrencia se debió al exceso de velocidad en la recta anterior a la curva.

8.7.4 Camino Curanilahue Trongol Bajo por Plegarias.

Entre los accidentes registrados se encuentra un choque de dos vehículos en el kilómetro 2,200. En este sector se encuentra una curva con un radio de 250 m, además es considerada como buen diseño por el análisis de consistencia, aunque no existe una señalización de la existencia de la curva, esta no constituye un riesgo, ya que cumple con las recomendaciones de diseño y consistencia, lo que indica que la imprudencia de los conductores pudieron ocasionar el accidente.

Otro accidente importante corresponde a una pérdida de la trayectoria de un vehículo impactando a una casa, ocurrido en la curva del kilómetro 1,160 en

dirección fin – inicio. La curva cumple con el radio mínimo, posee peralte del 4%, cumple con la relación de radios, además es considerada como buen diseño por el análisis de consistencia. Sin embargo, la recta anterior no cumple con la longitud mínima recomendada, y no existe señalización que advierta la presencia de la curva, lo que sumado al exceso de velocidad aumentan las posibilidades de accidentes en este sector.

En el kilómetro 3,780 se registró otro accidente, en dirección inicio – fin, la curva cumple con el radio mínimo, pero la relación de radio de entrada y salida no cumple, además es considerada como mal diseño, y la señal ha sido extraída del lugar. Lo anterior nos indica que la geometría pudo haber influido en la ocurrencia del accidente, lo que sumado a la no existencia de la señalización que ha sido extraída, hacen riesgoso al sector.

8.7.5 Camino Pueblo Seco – Las Quilas.

En el kilómetro 1,100 se registra un accidente correspondiente a un choque de un vehículo con una defensa caminera, en este sector existe un angostamiento de la calzada, el cual es señalizado previamente en ambos sentidos del camino. No obstante, la vegetación ha cubierto la defensa haciendo que sea poco perceptible en la noche, siendo esta razón la causante de este accidente, según el registro.

La curva ubicada en el kilómetro 0,170 posee un radio de 100 m y un peralte de 4%, no obstante es considerada como mal diseño por Lamm y Choueri. En esta curva se registraron dos accidentes que fueron pérdidas de trayectoria de los vehículos. La recta antes de la curva en dirección fin – inicio posee una longitud amplia, pudiendo inducir velocidades de operación elevadas aumentando la ocurrencia de accidentes en este sector.

8.8 Resumen de problemas que presentan los caminos estudiados.

En esta sección se realizará un resumen de los problemas más comunes que presentan los caminos, visto fundamentalmente desde la perspectiva del diseño, pero también incluyendo situaciones externas que puedan afectar el

funcionamiento óptimo de los caminos, esto incluye el tipo de señalización existente y causantes de accidentes ajenos a la geometría del camino.

8.8.1 Problemas existentes en los caminos.

Uno de los problemas que se repite en la mayoría de los caminos estudiados se produce cuando existe una curva con radio de magnitudes muy bajas, inclusive por debajo de la permitida, y es antecedida por una recta de longitud considerable. Lo que se considera como una inconsistencia geométrica, al inducir a cambios repentinos en la velocidad de operación, constituyéndose una situación de riesgo para el usuario.

El parámetro asociado al radio limite en contraperalte en muchos casos no cumple con lo recomendado, pero el problema no es el radio, sino el valor del peralte.

Otro problema que presentan algunos caminos es la no existencia de letreros correspondiente a la señalización, ya que estos han sido robados, dejando sin señalización sectores en que es de suma importancia la información de la señalización. Es el caso de los caminos Curanilahue Plegaria por Trongol bajo y el camino Pueblo Seco – Las Quilas.

Otro caso más particular es la obstaculización de la señales de tránsito a raíz de la vegetación, en las que son prácticamente tapadas por arbustos o plantas que crecen en el borde del pavimento. Es el caso del camino Puente Ñuble – Monteleón, constituyéndose un riesgo sobre todo si se considera que estas señales advierten sobre características geométricas de la vía, en un sector de curvas tipo “S” bastantes cerradas y además son atravesadas por un cruce ferroviario sobre nivel. El camino Pueblo Seco - Las Quilas presenta un problema similar, pero esta vez corresponde a una barrera de contención que está totalmente cubierta por la vegetación, en un sector en el cual el camino presenta un angostamiento.

Por último, otro problema visualizado en la mayoría de los caminos es el insuficiente espacio en donde puedan circular ciclistas y transeúntes en forma segura. Siendo éste un tema no menor, al considerar que los pobladores aledaños, en su mayoría, utilizan estos medios de transporte.

8.8.2 Propuesta de Soluciones.

A continuación se presenta un listado de posibles soluciones para mitigar en parte las falencias que presentan los caminos.

Solución 1.

Para solucionar el no cumplimiento de los parámetros recomendados, la solución en primera instancia es rectificar el alineamiento, de éste modo asegurar que cumplan parámetros como la relación de radio, los radios mínimos, longitudes de recta, peraltes, etc. No obstante, esta solución trae consigo un costo más elevado en la ejecución y por lo demás se debe considerar un estudio de expropiación, a esto se le suma que el objetivo inicial del programa es mantener la geometría inicial. Por este motivo esta solución no es viable.

Solución 2.

Si se trata de corregir el problema del radio límite de contraperalte, una solución posible es construir peraltes en aquellas curvas que los necesiten. No obstante, esta solución traería problemas asociados con el exceso a la propiedad aledaña

Solución 3.

Es importante realizar un estudio técnico con el objetivo de dar solución a las señalizaciones que han sido extraídas y las que presentan algún tipo de deterioro, puesto que la señalización limpia, legible, visible, en buen estado y pertinente inspira respeto en los conductores y peatones. Se incluiría a la vez redefinir las restricciones de velocidad y la incorporación de señales en sectores que precisen de ellas. En los caminos donde la vegetación imposibilita la visión de señales

verticales, las autoridades responsables deben inspeccionar en la mantención de las señales y realizar un programa de limpieza de la vegetación.

Solución 4.

Para dar solución al problema del escaso espacio para peatones y ciclistas, es importante contar con una berma de dimensiones no menor a 0,5 m, la cual permita la circulación de manera segura. Como alternativa a la construcción de la berma se puede realizar el despeje del terreno al costado de la calzada. Además, incorporar señalizaciones que adviertan la presencia de peatones y ciclistas.

9 CONCLUSIONES.

Con los antecedentes recolectados de este estudio, como es el caso de los antecedentes teóricos, levantamientos de señalización y catastro de accidentes, cálculo y medición de velocidades, y la implementación de los estudios de consistencia geométrica se pueden establecer las siguientes conclusiones.

- El programa Caminos Básicos 5000 tiene como objetivo el mejoramiento de la superficie de rodado, pero no contempla el cambio en el trazado geométrico de los caminos, pudiendo de esta manera, presentar deficiencias desde el punto de vista de la seguridad vial que otorga el camino.
- La relación de radio presenta un 42% de cumplimiento de lo recomendado por el Manual de Carreteras, éste parámetro adquiere importancia al considerar que la consistencia geométrica se define también como la homogeneidad entre elementos sucesivos, y un incumplimiento de éste podría inducir cambios bruscos de velocidad o situaciones riesgosas en la conducción.
- La señalización existente se encuentra en buenas condiciones en la mayoría de los caminos estudiados, excepto en aquellos caminos en que las señales fueron extraídas, como es el caso de Pueblo Seco – Las Quilas y Curanilahue Trongol bajo por Plegarias. En el camino Puente Nuble – Monteleon la presencia de señalización es limitada o nula, y la existente tiene poca visibilidad debido a la vegetación del lugar, esto pone en riesgo la seguridad de los usuarios al considerar que justamente este camino presenta una geometría con curvas cerradas. Con lo anterior se podría pensar que la solución es incorporar más señales en los caminos y con esto se está resolviendo la ocurrencia de los accidentes, no obstante, el

aumento de la señalización no asegura que los accidentes no ocurran, por el contrario, demasiada información muchas veces tiende a confundir a los usuarios y pierde su credibilidad. Además se debe recordar que el programa caminos básicos 5000 no contemplaba inicialmente la señalización y que los recursos destinados para este fin son escasos.

- El registro de accidentes sirvió para recopilar información importante para el estudio de seguridad vial, sin embargo, se debe tener en consideración que el aporte de la información, en la mayoría de los casos, fue por parte de los residentes cercanos a los caminos, lo cual es una desventaja en relación a la veracidad y precisión de los datos. La SIAT de Carabineros recopila exclusivamente información de accidentes con resultado de víctimas fatales, por lo tanto, el no existir registro de accidentes en esta entidad no necesariamente indica que no haya ocurrido alguno.
- Con la construcción de los perfiles de velocidad específica se obtuvo una visión amplia de los sectores más propensos a accidentes, de modo que al visualizar los valores de velocidad más bajos de cada perfil se obtenía la ubicación de estos sectores.
- Con la información mencionada en el párrafo anterior se pudo precisar un punto de medición para registrar la velocidad de operación en terreno mediante un radar. Con los datos de velocidad de operación registrados se calculó la velocidad V85 para las curvas seleccionadas del camino elegido. No obstante se encontró diferencias entre las velocidades obtenidas mediante el radar y las velocidades obtenidas con las ecuaciones de predicción de V85.
- El estudio realizado en Colombia por J. Sánchez Ordóñez para la predicción de V85 se ajustó de mejor manera que las ecuaciones de

predicción de la FHWA para los caminos de Estados Unidos. No obstante, es una buena razón para pensar en realizar un estudio de predicción para los caminos de nuestro país, adecuándose a la diversidad geométrica que presentan y que son influenciados por la geografía del territorio chileno. Así en un futuro no muy lejano contar con ecuaciones de predicción de V85 para cualquier tipo de terreno que presente la geografía del país.

- Para el estudio de consistencia geométrica se utilizaron los estudios realizados por Lamm y los realizados por Choueri. El primero hace mención a la diferencia de velocidad entre elementos consecutivos y los categoriza en “mal diseño”, “diseño regular” y “buen diseño”. El segundo utiliza la diferencia entre la velocidad de diseño y la velocidad V85 manteniendo la misma categorización anterior. Estos criterios entregaron una clasificación para cada curva de los caminos en estudio.

- En definitiva este estudio correspondiente al proyecto de título de Ingeniería Civil deja entrever un escenario que como profesionales del área del diseño vial no se debe pasar por alto, es el caso de otorgar seguridad a los usuarios. Pero también, para programas como el Programa Caminos Básicos 5000, es de suma importancia realizar un seguimiento que contemple no tan sólo analizar la seguridad de la vía, si no que además, verificar el estado de los caminos y la señalización determinando si es necesaria su mantención, es decir, realizar un seguimiento pos ejecución. Pero para conseguir lo anterior se necesitan recursos que van destinados a este fin y que por lo general no siempre están disponibles, lo que queda entonces, es que como ingenieros se debe actuar de manera eficiente y responsable, teniendo en cuenta que se está contribuyendo al desarrollo del país y a miles de personas que se ven beneficiadas con este tipo de proyectos.

10 BIBLIOGRAFÍA

1. DIRECCIÓN DE VIALIDAD, MOP. Manual de Carreteras, Vol.3, Instrucciones y Criterio de Diseño, Chile. Departamento Manual de Carreteras, Dirección de Vialidad, 2002. 438p.

2. MINISTERIO DE TRANSPORTES Y TELECOMUNICACIONES. CHILE. Señales Verticales. Capítulo 2, Chile. Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, Manual de Señalización de Tránsito, 2001. 242p.

3. MINISTERIO DE TRANSPORTES Y TELECOMUNICACIONES. CHILE. Demarcaciones, Capítulo 3, Símbolos y Leyendas, Chile. Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, Manual de Señalización de Tránsito, 2001. 61p.

4. NCHRP. Geometric Design Consistency on High-Speed Rural Two-Lane Roadways, Washington, D.C. Transportation Research Board, 2003. 92p.

5. SANCHEZ J., La Evaluación de la Consistencia del Diseño Geométrico de Carreteras: Un aporte a la Seguridad Vial. En: Seminario Internacional de Seguridad Vial. (19 y 20 de noviembre de 2007, Bogotá, Colombia). Universidad del Cauca.

6. SANCHEZ J., La Evaluación de la Consistencia del Diseño Geométrico de Carreteras: Un aporte a la Seguridad Vial. [Diapositivas], Bogotá, Colombia, 2007.

7. DIRECCIÓN DE VIALIDAD, MOP. Programa Caminos Básicos 5000. [En línea] <http://www.mop.cl/documentos/DV_Programa_Caminos_Basicos_5000.pdf> [consulta: 5 abril 2009].

Estudio de Seguridad Vial para caminos Llanos de la Región del Bío-Bío del Programa Caminos Básicos 5000.

8. DIRECCIÓN DE VIALIDAD, MOP. Programa Caminos Básicos 5000. [En línea] <http://www.vialidad.gov.cl/proyectos_emblematicos/caminos_basicos/caminos_basicos_2006/presentacion.asp> [consulta: 5 abril 2009].

9. DALILA R., M., El Diseño Geométrico en la Seguridad Vial. [En línea] <<http://www.udp.cl/ingenieria/prensa/2009/enero/dalilar.pdf>> [consulta: 14 agosto 2009]

Estudio de Seguridad Vial para caminos Llanos de la Región del Bío-bío del Programa Caminos Básicos 5000.

ANEXOS

Estudio de Seguridad Vial para caminos Llanos de la Región del Bío-bío del Programa Caminos Básicos 5000.

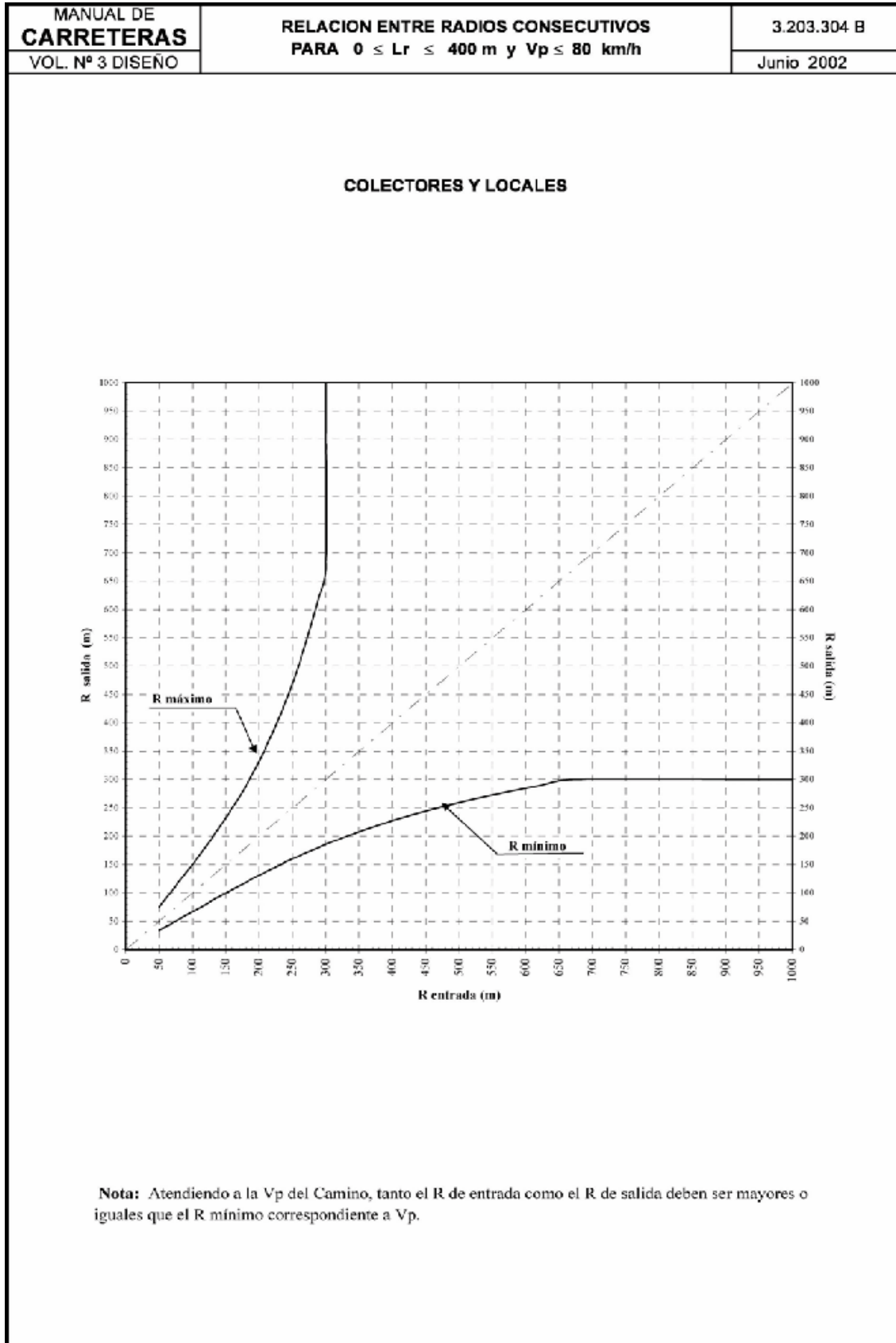
ANEXO A

TABLAS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DEL MANUAL DE CARRETERAS VOL.3

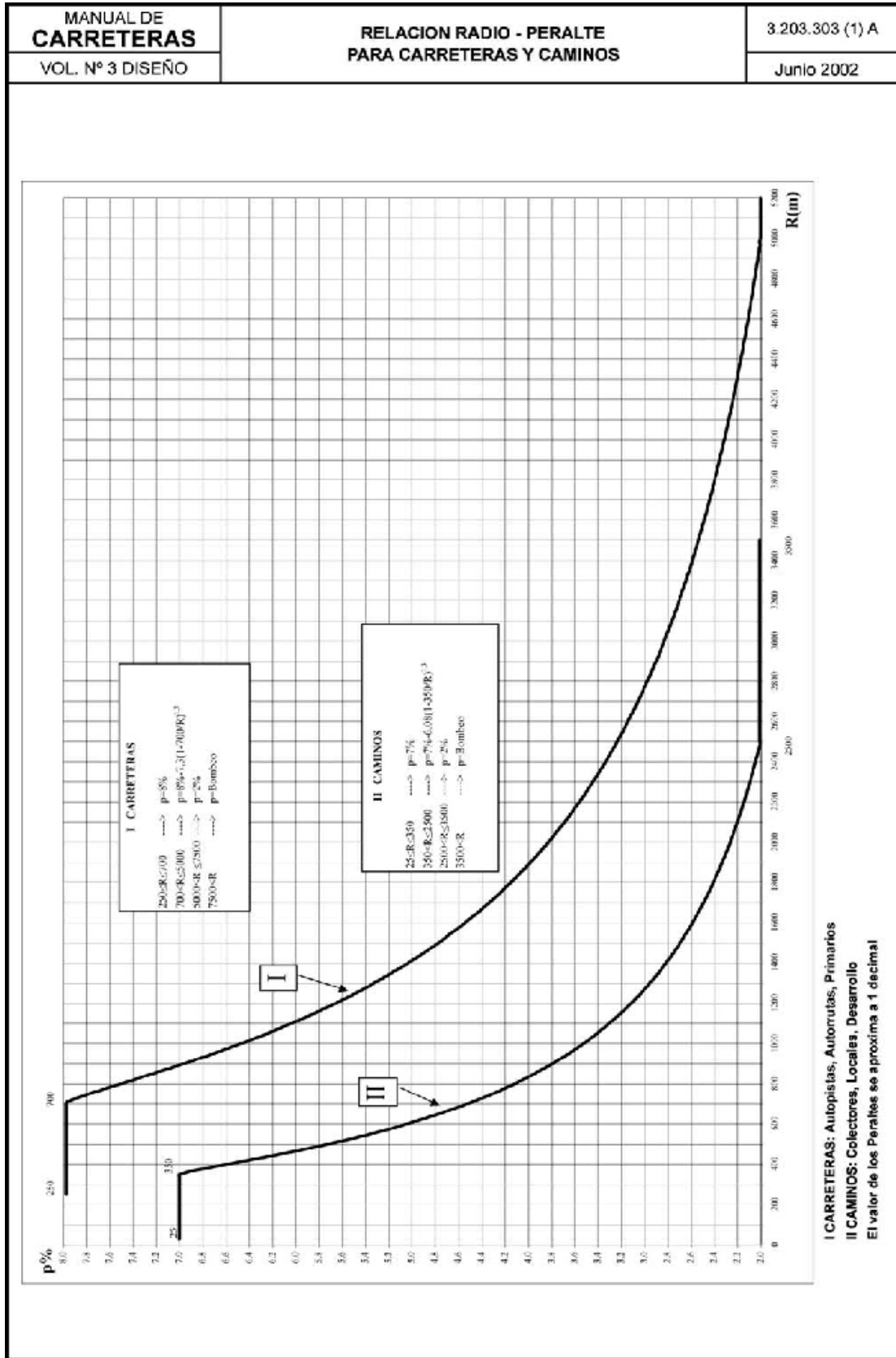
A.1 VELOCIDAD ESPECÍFICA EN CURVAS HORIZNATALES SEGÚN RADIO – PERALTE Y FRICCIÓN TRANSVERSAL

MANUAL DE CARRETERAS	VELOCIDAD ESPECIFICA EN CURVAS HORIZNATALES SEGUN RADIO - PERALTE Y FRICCIÓN TRANSVERSAL	3.203.303 (2) A																																																																																																																																																																																																																																																																																
VOL. Nº 3 DISEÑO		Junio 2002																																																																																																																																																																																																																																																																																
<p>I CARRETERAS</p> <p>Autopistas - Autorrutas - Primarios</p>	<p>II CAMINOS</p> <p>Colectores - Locales - Desarrollo</p>																																																																																																																																																																																																																																																																																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>R (m)</th> <th>p %</th> <th>Ve (km/h)</th> <th>t</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>250</td><td>8,0</td><td>80,1</td><td>0,122</td></tr> <tr><td>300</td><td>8,0</td><td>86,6</td><td>0,117</td></tr> <tr><td>330</td><td>8,0</td><td>90,1</td><td>0,114</td></tr> <tr><td>350</td><td>8,0</td><td>92,3</td><td>0,112</td></tr> <tr><td>400</td><td>8,0</td><td>97,5</td><td>0,107</td></tr> <tr><td>425</td><td>8,0</td><td>99,9</td><td>0,105</td></tr> <tr><td>450</td><td>8,0</td><td>102,2</td><td>0,103</td></tr> <tr><td>500</td><td>8,0</td><td>106,6</td><td>0,099</td></tr> <tr><td>540</td><td>8,0</td><td>109,9</td><td>0,096</td></tr> <tr><td>550</td><td>8,0</td><td>110,7</td><td>0,095</td></tr> <tr><td>600</td><td>8,0</td><td>114,5</td><td>0,092</td></tr> <tr><td>650</td><td>8,0</td><td>118,1</td><td>0,089</td></tr> <tr><td>700</td><td>8,0</td><td>121,4</td><td>0,086</td></tr> <tr><td>720</td><td>7,9</td><td>122,5</td><td>0,085</td></tr> <tr><td>750</td><td>7,8</td><td>124,1</td><td>0,084</td></tr> <tr><td>800</td><td>7,5</td><td>126,2</td><td>0,082</td></tr> <tr><td>850</td><td>7,2</td><td>128,1</td><td>0,080</td></tr> <tr><td>900</td><td>7,0</td><td>130,2</td><td>0,078</td></tr> <tr><td>950</td><td>6,7</td><td>>130</td><td>0,077</td></tr> <tr><td>1000</td><td>6,5</td><td>>130</td><td>0,075</td></tr> <tr><td>1200</td><td>5,7</td><td>>130</td><td>0,070</td></tr> <tr><td>1500</td><td>4,8</td><td>>130</td><td>0,064</td></tr> <tr><td>1800</td><td>4,2</td><td>>130</td><td>0,059</td></tr> <tr><td>2000</td><td>3,8</td><td>>130</td><td>0,056</td></tr> <tr><td>2200</td><td>3,6</td><td>>130</td><td>0,054</td></tr> <tr><td>2500</td><td>3,2</td><td>>130</td><td>0,050</td></tr> <tr><td>2800</td><td>3,0</td><td>>130</td><td>0,047</td></tr> <tr><td>3000</td><td>2,8</td><td>>130</td><td>0,045</td></tr> <tr><td>3500</td><td>2,5</td><td>>130</td><td>0,041</td></tr> <tr><td>4000</td><td>2,3</td><td>>130</td><td>0,038</td></tr> <tr><td>4500</td><td>2,1</td><td>>130</td><td>0,035</td></tr> <tr><td>5000</td><td>2,0</td><td>>130</td><td>0,032</td></tr> <tr><td>7000</td><td>2,0</td><td>>130</td><td>0,022</td></tr> </tbody> </table>	R (m)	p %	Ve (km/h)	t	250	8,0	80,1	0,122	300	8,0	86,6	0,117	330	8,0	90,1	0,114	350	8,0	92,3	0,112	400	8,0	97,5	0,107	425	8,0	99,9	0,105	450	8,0	102,2	0,103	500	8,0	106,6	0,099	540	8,0	109,9	0,096	550	8,0	110,7	0,095	600	8,0	114,5	0,092	650	8,0	118,1	0,089	700	8,0	121,4	0,086	720	7,9	122,5	0,085	750	7,8	124,1	0,084	800	7,5	126,2	0,082	850	7,2	128,1	0,080	900	7,0	130,2	0,078	950	6,7	>130	0,077	1000	6,5	>130	0,075	1200	5,7	>130	0,070	1500	4,8	>130	0,064	1800	4,2	>130	0,059	2000	3,8	>130	0,056	2200	3,6	>130	0,054	2500	3,2	>130	0,050	2800	3,0	>130	0,047	3000	2,8	>130	0,045	3500	2,5	>130	0,041	4000	2,3	>130	0,038	4500	2,1	>130	0,035	5000	2,0	>130	0,032	7000	2,0	>130	0,022	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>R (m)</th> <th>p %</th> <th>Ve (km/h)</th> <th>t</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>25</td><td>7,0</td><td>30,1</td><td>0,215</td></tr> <tr><td>30</td><td>7,0</td><td>32,7</td><td>0,211</td></tr> <tr><td>40</td><td>7,0</td><td>37,2</td><td>0,203</td></tr> <tr><td>50</td><td>7,0</td><td>41,1</td><td>0,197</td></tr> <tr><td>60</td><td>7,0</td><td>44,6</td><td>0,191</td></tr> <tr><td>70</td><td>7,0</td><td>47,7</td><td>0,186</td></tr> <tr><td>80</td><td>7,0</td><td>50,5</td><td>0,181</td></tr> <tr><td>90</td><td>7,0</td><td>53,1</td><td>0,177</td></tr> <tr><td>100</td><td>7,0</td><td>55,5</td><td>0,173</td></tr> <tr><td>120</td><td>7,0</td><td>59,9</td><td>0,166</td></tr> <tr><td>150</td><td>7,0</td><td>65,6</td><td>0,156</td></tr> <tr><td>180</td><td>7,0</td><td>70,6</td><td>0,148</td></tr> <tr><td>200</td><td>7,0</td><td>73,5</td><td>0,143</td></tr> <tr><td>220</td><td>7,0</td><td>76,3</td><td>0,138</td></tr> <tr><td>250</td><td>7,0</td><td>80,1</td><td>0,132</td></tr> <tr><td>300</td><td>7,0</td><td>84,7</td><td>0,118</td></tr> <tr><td>350</td><td>7,0</td><td>90,3</td><td>0,113</td></tr> <tr><td>400</td><td>6,6</td><td>94,5</td><td>0,110</td></tr> <tr><td>450</td><td>6,1</td><td>97,9</td><td>0,107</td></tr> <tr><td>500</td><td>5,7</td><td>101,1</td><td>0,104</td></tr> <tr><td>550</td><td>5,4</td><td>104,1</td><td>0,101</td></tr> <tr><td>600</td><td>5,1</td><td>106,8</td><td>0,099</td></tr> <tr><td>700</td><td>4,5</td><td>>110</td><td>0,095</td></tr> <tr><td>800</td><td>4,1</td><td>>110</td><td>0,091</td></tr> <tr><td>900</td><td>3,8</td><td>>110</td><td>0,087</td></tr> <tr><td>1000</td><td>3,5</td><td>>110</td><td>0,084</td></tr> <tr><td>1200</td><td>3,1</td><td>>110</td><td>0,079</td></tr> <tr><td>1500</td><td>2,7</td><td>>110</td><td>0,072</td></tr> <tr><td>1800</td><td>2,4</td><td>>110</td><td>0,066</td></tr> <tr><td>2000</td><td>2,3</td><td>>110</td><td>0,063</td></tr> <tr><td>2500</td><td>2,0</td><td>>110</td><td>0,056</td></tr> <tr><td>3000</td><td>2,0</td><td>>110</td><td>0,050</td></tr> <tr><td>3200</td><td>2,0</td><td>>110</td><td>0,047</td></tr> </tbody> </table>	R (m)	p %	Ve (km/h)	t	25	7,0	30,1	0,215	30	7,0	32,7	0,211	40	7,0	37,2	0,203	50	7,0	41,1	0,197	60	7,0	44,6	0,191	70	7,0	47,7	0,186	80	7,0	50,5	0,181	90	7,0	53,1	0,177	100	7,0	55,5	0,173	120	7,0	59,9	0,166	150	7,0	65,6	0,156	180	7,0	70,6	0,148	200	7,0	73,5	0,143	220	7,0	76,3	0,138	250	7,0	80,1	0,132	300	7,0	84,7	0,118	350	7,0	90,3	0,113	400	6,6	94,5	0,110	450	6,1	97,9	0,107	500	5,7	101,1	0,104	550	5,4	104,1	0,101	600	5,1	106,8	0,099	700	4,5	>110	0,095	800	4,1	>110	0,091	900	3,8	>110	0,087	1000	3,5	>110	0,084	1200	3,1	>110	0,079	1500	2,7	>110	0,072	1800	2,4	>110	0,066	2000	2,3	>110	0,063	2500	2,0	>110	0,056	3000	2,0	>110	0,050	3200	2,0	>110	0,047	
R (m)	p %	Ve (km/h)	t																																																																																																																																																																																																																																																																															
250	8,0	80,1	0,122																																																																																																																																																																																																																																																																															
300	8,0	86,6	0,117																																																																																																																																																																																																																																																																															
330	8,0	90,1	0,114																																																																																																																																																																																																																																																																															
350	8,0	92,3	0,112																																																																																																																																																																																																																																																																															
400	8,0	97,5	0,107																																																																																																																																																																																																																																																																															
425	8,0	99,9	0,105																																																																																																																																																																																																																																																																															
450	8,0	102,2	0,103																																																																																																																																																																																																																																																																															
500	8,0	106,6	0,099																																																																																																																																																																																																																																																																															
540	8,0	109,9	0,096																																																																																																																																																																																																																																																																															
550	8,0	110,7	0,095																																																																																																																																																																																																																																																																															
600	8,0	114,5	0,092																																																																																																																																																																																																																																																																															
650	8,0	118,1	0,089																																																																																																																																																																																																																																																																															
700	8,0	121,4	0,086																																																																																																																																																																																																																																																																															
720	7,9	122,5	0,085																																																																																																																																																																																																																																																																															
750	7,8	124,1	0,084																																																																																																																																																																																																																																																																															
800	7,5	126,2	0,082																																																																																																																																																																																																																																																																															
850	7,2	128,1	0,080																																																																																																																																																																																																																																																																															
900	7,0	130,2	0,078																																																																																																																																																																																																																																																																															
950	6,7	>130	0,077																																																																																																																																																																																																																																																																															
1000	6,5	>130	0,075																																																																																																																																																																																																																																																																															
1200	5,7	>130	0,070																																																																																																																																																																																																																																																																															
1500	4,8	>130	0,064																																																																																																																																																																																																																																																																															
1800	4,2	>130	0,059																																																																																																																																																																																																																																																																															
2000	3,8	>130	0,056																																																																																																																																																																																																																																																																															
2200	3,6	>130	0,054																																																																																																																																																																																																																																																																															
2500	3,2	>130	0,050																																																																																																																																																																																																																																																																															
2800	3,0	>130	0,047																																																																																																																																																																																																																																																																															
3000	2,8	>130	0,045																																																																																																																																																																																																																																																																															
3500	2,5	>130	0,041																																																																																																																																																																																																																																																																															
4000	2,3	>130	0,038																																																																																																																																																																																																																																																																															
4500	2,1	>130	0,035																																																																																																																																																																																																																																																																															
5000	2,0	>130	0,032																																																																																																																																																																																																																																																																															
7000	2,0	>130	0,022																																																																																																																																																																																																																																																																															
R (m)	p %	Ve (km/h)	t																																																																																																																																																																																																																																																																															
25	7,0	30,1	0,215																																																																																																																																																																																																																																																																															
30	7,0	32,7	0,211																																																																																																																																																																																																																																																																															
40	7,0	37,2	0,203																																																																																																																																																																																																																																																																															
50	7,0	41,1	0,197																																																																																																																																																																																																																																																																															
60	7,0	44,6	0,191																																																																																																																																																																																																																																																																															
70	7,0	47,7	0,186																																																																																																																																																																																																																																																																															
80	7,0	50,5	0,181																																																																																																																																																																																																																																																																															
90	7,0	53,1	0,177																																																																																																																																																																																																																																																																															
100	7,0	55,5	0,173																																																																																																																																																																																																																																																																															
120	7,0	59,9	0,166																																																																																																																																																																																																																																																																															
150	7,0	65,6	0,156																																																																																																																																																																																																																																																																															
180	7,0	70,6	0,148																																																																																																																																																																																																																																																																															
200	7,0	73,5	0,143																																																																																																																																																																																																																																																																															
220	7,0	76,3	0,138																																																																																																																																																																																																																																																																															
250	7,0	80,1	0,132																																																																																																																																																																																																																																																																															
300	7,0	84,7	0,118																																																																																																																																																																																																																																																																															
350	7,0	90,3	0,113																																																																																																																																																																																																																																																																															
400	6,6	94,5	0,110																																																																																																																																																																																																																																																																															
450	6,1	97,9	0,107																																																																																																																																																																																																																																																																															
500	5,7	101,1	0,104																																																																																																																																																																																																																																																																															
550	5,4	104,1	0,101																																																																																																																																																																																																																																																																															
600	5,1	106,8	0,099																																																																																																																																																																																																																																																																															
700	4,5	>110	0,095																																																																																																																																																																																																																																																																															
800	4,1	>110	0,091																																																																																																																																																																																																																																																																															
900	3,8	>110	0,087																																																																																																																																																																																																																																																																															
1000	3,5	>110	0,084																																																																																																																																																																																																																																																																															
1200	3,1	>110	0,079																																																																																																																																																																																																																																																																															
1500	2,7	>110	0,072																																																																																																																																																																																																																																																																															
1800	2,4	>110	0,066																																																																																																																																																																																																																																																																															
2000	2,3	>110	0,063																																																																																																																																																																																																																																																																															
2500	2,0	>110	0,056																																																																																																																																																																																																																																																																															
3000	2,0	>110	0,050																																																																																																																																																																																																																																																																															
3200	2,0	>110	0,047																																																																																																																																																																																																																																																																															

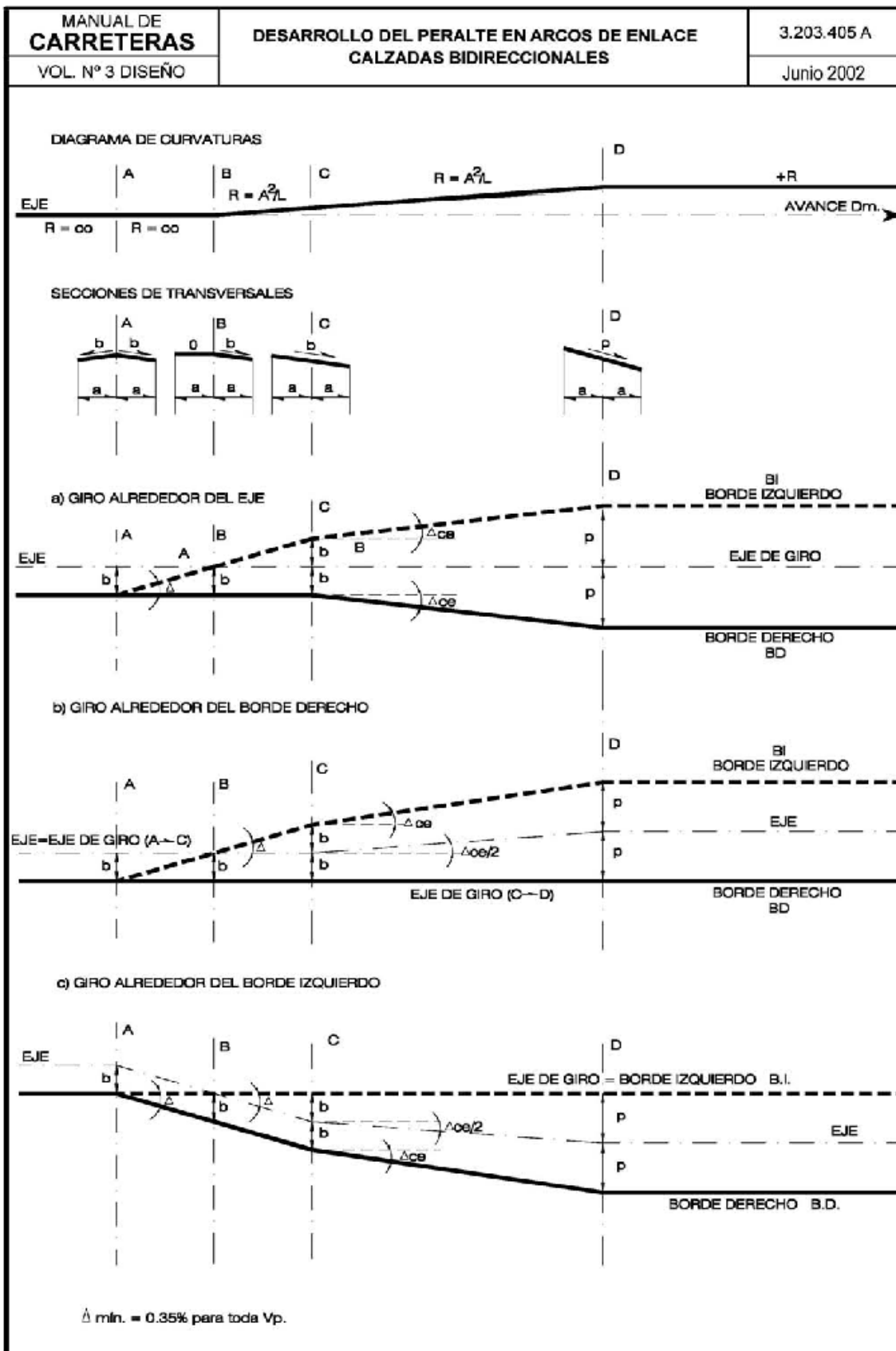
A.2 RELACIÓN ENTRE RADIOS CONSECUTIVOS



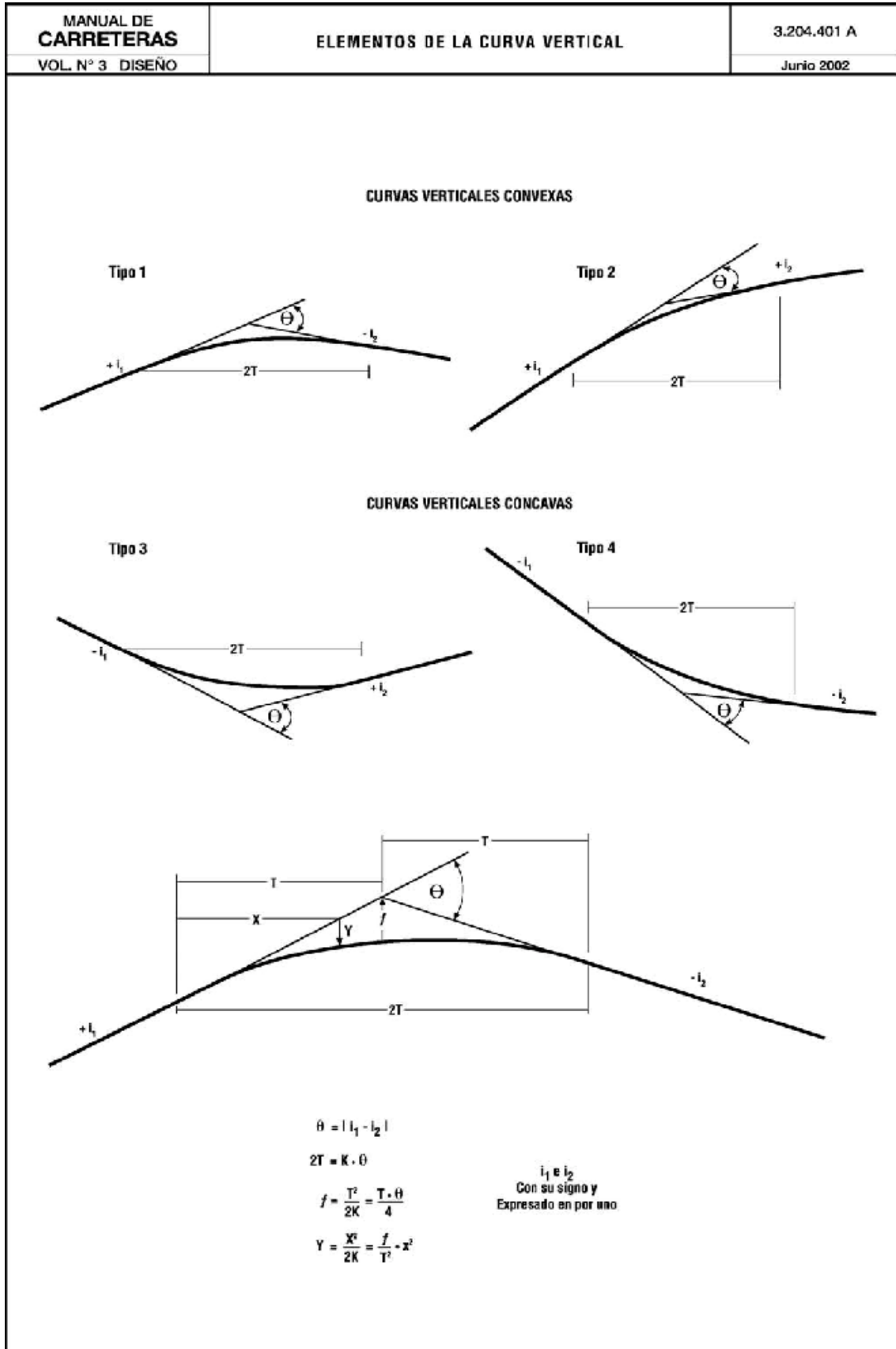
A.3 RELACIÓN RADIOS – PERALTES PARA CARRETERAS Y CAMINOS



A.4 DESARROLLO DEL PERALTE EN ARCOS DE ENLACE CALZADAS BIDIRECCIONALES.



A.5 ELEMENTOS DE CURVA VERTICAL



A.6 PARÁMETROS DE DISEÑO MÍNIMO EN PLANTA Y ALZADO

TABLA 3.201.5 A
PARAMETROS DE DISEÑOS MÍNIMOS EN PLANTA Y ALZADO

CATEGORIA CARRETERAS Y CAMINOS	AUTOPISTAS										REF.	
	DESARROLLO					PRIMARIOS / AUTORRUTAS						
	LOCALES					COLECTORES						
VELOCIDAD DE PROYECTO	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	(130)	3.100
Vp (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	(130)	3.103/3.201.301
Distancia de Parada $i = 0\%$	25	38	52	70	90	115	145	175	210	250	300	3.202.2
Distancia de Adelantamiento (1)	180	240	300	370	440	500	550	600	650	(1)	(1)	3.202.3
Alineaciones en Recta	Lr máximo = $120 V_p$ Km/h Para todo V _i ;											
Radio Mínimo en Curva	25	50	80	120	180	250	330	425	540	700	900	3.203.302
Radio Mínimo en curva	$R'_{min} \geq R_m (V+10)$											
al final recta	$R'_{min} \geq R_m (V+10)$											
Radio Mínimo al final recta	$R'_{min} \geq R_m (V+15)$ $R'_{min} \geq R_m (V+10)$											
Peralte Máximo	7	7	7	7	7	7/8	8	8	8	8	7	3.203.302
Pendiente Relativa de Borde (2)	$0,6 - 1,3 - (1,3)$											
Pendiente Relativa de Borde (2)	$0,5 - 0,9 - (0,9)$											
Desarrollo Min. $\omega = 9^\circ$ y R_m	-	7	12	17	26	35	47	60	76	100	130	3.203.303(4)
Radio lim. Contra Peralte (3)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.203.303(3)
Parámetro Min. Clotoides; $R = R_{min}$.	-	29	37	48/68	60/83	83/125	110/144	142/173	190/195	-/234	-/305	3.203.403(1)
Cond. Adicionales A	Por desarrollo Peralte - Por Longitud L. $\max < 1,5 L$ min. - Siempre $A < R$											
Pendiente Máxima (5)	10 - 12	10 - 9	9	8	8	8-6-5	5	4,5	-	4	4	3.204.301
Curva Vertical Convexa ($V^* = V_p$)	300	400	700	1.200	1.800	3.000	4.700	6.850	9.850	14.000	16.000	3.204.403(1)
Curva Vertical Cóncava (V_p)	400	600	1.000	1.400	1.900	2.600	3.400	4.200	5.200	6.300	6.300	3.204.403(2)
Curva Vertical Cóncava (Illum. Artif.)	250	400	650	950	1.300	1.700	2.100	2.600	3.200	3.700	3.700	3.204.403(3)
C. Vertical Convexa x. Adelant. (6)	3.500	6.300	9.800	14.900	21.000	27.200	33.900	39.100	45.900	-	-	3.204.405
Long. Min. Curva Vertical	En general $2T_{min} \geq V$ (km/h); Si $2T_{min} < V$ - Salvo casos 3.204.406											

(1) Distancia Visibilidad adelantamiento requerida sólo en caminos Bidireccionales - No corresponde para $V > 100$ KPH. Salvo (110) si $V_p = 100$ y se trata de una pendiente $> 6\%$.
 (2) Valores de Δ Normal y Máximo, en () Máximos para $n > 1$
 (3) Para Radios Limite en Contraperalte en Tramos Singulares. Ver Tabla 3.203.303(3) A
 (4) Primer Valor Calzada Bidireccional / Segundo, Calzada Unidireccional-Ambas consideran J_{\max} y Δ máx. Para $R > R_{min}$ Ver Lámina 3.203.403(1) A.
 (5) Pendiente Máxima hasta 2500 m.s.n.m. - Mayor valor corresponde a Menor Categoría de Carretera.
 (6) Considerar sólo en caminos Bidireccionales - No corresponde para $V > 100$ KPH.
 V_p (110) y (130) No corresponden a una Velocidad de Proyecto de las Categorías - Se dan en relación con la $V_{85\%}$ ó la V^* de un cierto tramo. Para (130) K_v indicado corresponde a $V^* = V_p + 10$.

A.7 CUADRO RESUMEN DE ANCHOS DE PLATAFORMA EN TERRAPLEN Y DE SUS ELEMENTOS A NIVEL DE RASANTE.

CUADRO RESUMEN DE ANCHOS DE PLATAFORMA EN TERRAPLEN Y DE SUS ELEMENTOS A NIVEL DE RASANTE
TABLA 3.301.1.A

NUMERO DE CALZADAS Y CATEGORIA	VELOCIDAD PROYECTO (km/h)	ANCHO PISTAS "a" (m) (1)	ANCHO BERMAS "b"		ANCHO SAP (3)		ANCHO MEDIANA - M (m)		ANCHO TOTAL DE PLATAFORMA A NIVEL DE RASANTE ⁽²⁾			
			INTERIOR (m)	EXTERIOR (m)	"Si" INTERIOR (m)	"Se" EXTERIOR (m)	INICIAL 4 PISTAS AMPLIABLE a 6	FINAL 6 PISTAS	FINAL = INICIAL 4 PISTAS	6 PISTAS Y 4 AMPLIABLE	4 PISTAS	2 PISTAS
CALZADAS UNIDIRECCIONALES	AUTOPISTA	120	1,2	2,5	0,5 - 0,8	1,5	13,0	6,0	6,0	35	28	-
		100	1,0	2,5	0,5 - 0,8	1,0	13,0	6,0	6,0	34	27	-
		80	1,0	2,5	0,5 - 0,8	0,8	11,0	4,0	4,0	31,6	24,6	-
		100	1,0	2,5	0,5 - 0,8	1,0	13,0	6,0	6,0	34	27	-
		90	1,0	2,5	0,5 - 0,8	1,0	12,0	5,0	5,0	33	26	-
		80	1,0	2,0	0,5 - 0,8	0,5 - 0,8 ⁽⁴⁾	10,0	3,0	3,0 ⁽⁴⁾	29	22	-
CALZADAS UNIDIRECCIONALES	PRIMARIO Y AUTORUTA	80	1,0	2,0	0,5 - 0,8	0,5 - 0,8 ⁽⁴⁾	10,0	3,0	3,0 ⁽⁴⁾	29	22	-
		70	0,6 - 0,70	1,5	0,5 - 0,8	0,5 - 0,8 ⁽⁴⁾	9,0	2,0	2,0 ⁽⁴⁾	27	20	-
		60	0,6 - 0,70	1,0	0,5 - 0,8	0,5 - 0,8 ⁽⁴⁾	9,0	2,0	2,0 ⁽⁴⁾	26	19	-
		100 - 90	-	2,5	-	1,0	-	-	-	-	-	14,0
CALZADA BIDIRECCIONAL	PRIMARIO	80	-	2,0	-	0,5 - 0,8	-	-	-	-	-	12,0
		80	-	1,5	-	0,5 - 0,8	-	-	-	-	-	11,0
		70	-	1,0 - 1,5 ⁽²⁾	-	0,5 - 0,8	-	-	-	-	-	10 - 11,0
		60	3,0 - 3,5	-	0,5 - 1,0 ⁽²⁾	-	0,5 - 0,8	-	-	-	-	8,0 - 10,0
		50	3,0 - 3,5	-	0,5 - 1,0 ⁽²⁾	-	0,5	-	-	-	-	8,0 - 10,0
		40	3,0	-	0,0 - 0,3 ⁽³⁾	-	0,3	-	-	-	-	7,0 - 9,0
CALZADA BIDIRECCIONAL	DESARROLLO LOCAL	30	2,0 - 3,0	-	0,0 - 0,5 ⁽²⁾	-	0,5	-	-	-	-	5,0 - 6,0

(1) Pistas de menos de 3,5 m deberán ser autorizadas expresamente por la Dirección de Vialidad.
 (2) El ancho de las Bermas de Locales y de Desarrollo se definirá en función del tránsito y dificultad del emplazamiento.
 (3) La Tabla Especifica anchos de SAP en Terraplén, caso sin Barrera de Seguridad SAPE = 0,5 m; con Barrera SAPE = 0,8 m.
 (4) Para Ancho Final de Mediana de 3 y 2 m, los SAP interiores se juntan presentando un ancho conjunto de 1 m y 0,6 a 0,8 m respectivamente, espacio que servirá de base para una Barrera Rígida de Hormigón con anchos en la base de: Tipo F (0,56 m ó 0,82 m) o New Jersey (0,61 m).
 (5) Ancho Total de Plataforma en Terraplén con SAP mínimo = 0,5 m. Para corte cerrado o Perfil Mixto agregar Ancho(s) Cunetas(s) y corregir Ancho del SAP exterior.
 Si cuneta es revestida Se = 0,0 m - Cuneta sin Revestir Se = 0,5 m. En Unidireccionales "bi" y "si" están comprendidos en el ancho de la Mediana.

ANEXO B
TABLAS DE VERIFICACION DE CUMPLIMIENTO DE RECOMENDACIONES
DE DISEÑO DEL MANUAL DE CARRETERAS VOL.3

TABLA B.1 RESUMEN VERIFICACIÓN CAMINO EL PROGRESO - COLICHEO

Verificación de Cumplimiento de las Recomendaciones de diseño del Manual de Carreteras programa Caminos Básicos 5000 Región del Biobío							
Nombre Proyecto:		El Progreso - Colicheo					
Comuna:		Cabrero					
Longitud total:		2.100 Km.					
Parámetros mínimos de diseño en planta Tabla 3.201.5 A							
					Tr1	C1	Tr2
Alineación de recta	Lr Max	600			SI	-	NO
Entre curvas	Distinto sentido	Lr min	1,4Vp= 42 m		-	-	-
	Igual sentido				-	-	-
R min Curva	25				-	SI	-
Peralte máximo	7%				-	-	-
Pendiente relativa de borde	0,7 - 1,5				-	-	-
Radio Lim. En Contra peralte	Aceptable para radios mayores a 3500 m				-	-	-
Long. M _{ax} entre clotoides	0,08(A1+A2)				-	-	-
Peraltes en curvas con arco de enlace							
					Tr1	C1	Tr2
Long. Desarrollo recta	$l_0=(n*a*b)/\Delta$				-	-	-
Long. Desarrollo Clotoide	L				-	-	-
Saldo peralte	$\Delta_{ce}=n*a*(p-b)/(L-l_0)$				-	-	-
Δ unico entre 0% y p%	$\Delta=(n*a*p)/L$				-	-	-
Trazado en alzado							
					Tr1	C1	Tr2
Pendientes minimas 3.204.302	pagina 175 MCV3						
b=2% sin solera y cunetas	0,20%				SI	SI	SI
Existencia soleras	0,50%				-	-	-
Transicion Peralte i% trans. Nula	0,50%				-	-	-
Vp							
					Tr1	C1	Tr2
Vp		30					
pendiente Maxima		i%	10-12		SI	SI	SI
Curva Vertical Convexa (V*=Vp)		Kv (m)	300		SI	SI	SI
Curva Vertical Concava (Vp)		Kc (m)	400		SI	SI	SI
Long. Minima curva vertical		2T (m)	general 2T min >= V(Km/h);		SI	SI	SI
si 2T min controla, salvo casos 3.204.405							
Ancho de Plataforma Tabla 3.201.5.C							
					Tr1	C1	Tr2
Vp	30						
Ancho Pista	2,0 - 3,0				SI	SI	SI
Ancho Berma	0- 0,5				SI	SI	SI
Ancho SAP	0,5				SI	SI	SI
Ancho Total plataforma	5,0 - 6,0				SI	SI	SI

Fuente: Elaboracion propia.

Estudio de Seguridad Vial para caminos Llanos de la Región del Biobío del Programa Caminos Básicos 5000.

TABLA B.2 RESUMEN VERIFICACIÓN CAMINO RUTA 5 – LOS COLIHUES

Verificación de Cumplimiento de las Recomendaciones de diseño del Manual de Carreteras Programa Caminos Básicos 5000 Región del Biobío															
Nombre Proyecto:	Ruta 5 - Los Colihues														
Zona:	Chillan Viejo														
Longitud total:	3.182 km														
Tramos Curvos (cumplimiento de relación entre radios consecutivos)															
Tramo	Tr1 Tr2 Tr3 Tr4 Tr5 Tr6 Tr7 Tr8 Tr9 Tr10 Tr11 Tr12														
cumplimiento	NO NO NO NO NO SI NO SI SI SI NO														
cumplimiento por tramo	tr1 tr2 tr3 tr4 tr5 tr6 tr7 tr8 tr9 tr10 tr11 tr12														
Distancia de Parada	Dp(m)	Vp	25												
Parámetros mínimos de diseño en planta Tabla 3.201.5 A															
Alineación de recta	Lr Max	600		Tr1	Tr2	Tr3	Tr4	Tr5	Tr6	Tr7	Tr8	Tr9	Tr10	Tr11	Tr12
Entre curvas	Distinto sentido	Lr min	1,4Vp= 42 m	-	-	NO	NO	NO	-	NO	SI	-	SI	NO	-
	Igual sentido			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R min Curva	25			SI	SI	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Peralte máximo	7%			SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Pendiente relativa de borde	0,7 - 1,5			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Radio Lim. En Contra peralte	aceptable para radios mayores a 3500 m			NO	NO	-	-	-	NO	NO	NO	NO	NO	-	NO
Long.Máx entre clotoides	0,08(A1+A2)			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Peraltes en Curvas sin Clotoide (Longitud de desarrollo de peralte)															
Desarrollo en curvas	Eje normal			-	NO	-	NO	SI	SI	SI	SI	-	SI	NO	-
	Eje de borde			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Desarrollo en recta	minimo	normal	maximo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	p<4,5	p=todos	p<7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0,5p	0,7p	0,8p	-	SI	-	SI	SI	SI	SI	SI	-	SI	SI	-
Curvas sucesivas	distinto sentido	Lr min →0,8p		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Lr min →0,8p		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Lr min →b cte.		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Trazado en alzado															
Pendientes mínimas 3.204.302				Tr1	Tr2	Tr3	Tr4	Tr5	Tr6	Tr7	Tr8	Tr9	Tr10	Tr11	Tr12
b=2% sin solera y cunetas	0,20%			SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Existencia soleras	0,50%			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Transicion Peralte i% trans. Nula	0,50%			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Vp		30		Tr1	Tr2	Tr3	Tr4	Tr5	Tr6	Tr7	Tr8	Tr9	Tr10	Tr11	Tr12
pendiente Maxima	i%	10-12		SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Curva Vertical Convexa (V*=Vp)	Kv (m)	300		SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Curva Vertical Concava (Vp)	Kc (m)	400		SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Curva Vertical Adelant. (Vp)	ka (m)	3500		NO	NO	SI	NO	SI	NO	SI	SI	NO	SI	NO	SI
Long. Mínima curva vertical	2T (m)			SI	SI	NO	NO	SI	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Ancho de Plataforma Tabla 3.201.5.C															
Vp	30			Tr1	Tr2	Tr3	Tr4	Tr5	Tr6	Tr7	Tr8	Tr9	Tr10	Tr11	Tr12
Ancho Pista	2,0 - 3,0			SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Ancho Berma	0- 0,5			SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Ancho SAP	0,5			SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Ancho Total plataforma	5,0 - 6,0			SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI

Fuente: Elaboración propia.

Estudio de Seguridad Vial para caminos Llanos de la Región del Biobío del Programa Caminos Básicos 5000.

TABLA B.3 RESUMEN VERIFICACIÓN CAMINO PUENTE ÑUBLE – MONTELEON.

Verificación de Cumplimiento de las Recomendaciones de diseño del Manual de Carreteras Programa Caminos Básicos 5000 Región del Biobío												
Nombre Proyecto:	Puente Ñuble - Monteleon											
Zona:	San Nicolas											
Longitud total:	3.434 km											
Tramos Curvos (cumplimiento de relación entre radios consecutivos)												
Tramo	Tr1	Tr2	Tr3	Tr4	Tr5	Tr6	Tr7	Tr8	Tr9			
cumplimiento	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	-		
cumplimiento por tramo	tr1	tr2	tr3	tr4	tr5	tr6	tr7	tr8	tr9			
Distancia de Parada	Dp(m)	Vp										
		25										
Parámetros mínimos de diseño en planta Tabla 3.201.5 A												
Alineación de recta	Lr Max	600		Tr1	Tr2	Tr3	Tr4	Tr5	Tr6	Tr7	Tr8	Tr9
Entre curvas	Distinto sentido	Lr min	1,4Vp= 42 m	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
	Igual sentido			-	-	-	-	-	-	-	-	-
R min Curva	25			SI	NO	NO	NO	SI	NO	SI	NO	NO
Peralte máximo	7%			SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Pendiente relativa de borde	0,7 - 1,5			NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Radio Lim. En Contra peralte	aceptable para radios mayores a 3500 m			NO	NO	-	-	NO	NO	NO	NO	-
Long.Màx entre clotoides	0,08(A1+A2)			-	-	-	-	-	-	-	-	-
Peraltes en Curvas sin Clotoide (Longitud de desarrollo de peralte)												
Desarrollo en curvas	Eje normal			-	NO	SI	SI	SI	-	SI	SI	SI
	Eje de borde			-	-	-	-	-	-	-	-	-
Desarrollo en recta	minimo	normal	maximo	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	p<4,5	p=todos	p<7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0,5p	0,7p	0,8p	-	NO	NO	NO	NO	-	NO	SI	SI
Curvas sucesivas	distinto sentido	Lr min →0,8p		-	-	-	-	-	-	-	-	-
	igual sentido	Lr min →0,8p		-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Lr min→b cte.		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Peraltes en curvas con arco de enlace												
Long. Desarrollo recta	lo=(n*a*b)/Δ			SI	-	-	-	-	SI	-	-	-
Long. Desarrollo Clotoide	L			-	-	-	-	-	-	-	-	-
saldo peralte	Δce=n*a*(p-b)/(L-lo)			-	-	-	-	-	-	-	-	-
Δ unico entre 0% y p%	Δ=(n*a*p)/L			NO	-	-	-	-	NO	-	-	-
Trazado en alzado												
Pendientes mínimas 3.204.302	pagina 175 MCV3			Tr1	Tr2	Tr3	Tr4	Tr5	Tr6	Tr7	Tr8	Tr9
b=2% sin solera y cunetas	0,20%			SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Existencia soleras	0,50%											
Transicion Peralte i% trans. Nula	0,50%											
Vp			30	Tr1	Tr2	Tr3	Tr4	Tr5	Tr6	Tr7	Tr8	Tr9
pendiente Maxima	i%	10-12		SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Curva Vertical Convexa (V*=Vp)	Kv (m)	300		SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Curva Vertical Concava (Vp)	Kc (m)	400		SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Curva vertical de adelantamiento	Ka(m)	3500		NO	-	NO	NO	NO	NO	-	NO	NO
Long. Minima curva vertical	2T (m)	general 2T min >= V(Km/h);		NO	-	NO	NO	SI	SI	SI	SI	SI
si 2T min controla, salvo casos 3.204.405												
Ancho de Plataforma Tabla 3.201.5.C												
Vp	30			Tr1	Tr2	Tr3	Tr4	Tr5	Tr6	Tr7	Tr8	Tr9
Ancho Pista	2,0 - 3,0			SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Ancho Berma	0- 0,5			SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Ancho SAP	0,5			SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Ancho Total plataforma	5,0 - 6,0			SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI

Fuente: Elaboración propia.

Estudio de Seguridad Vial para caminos Llanos de la Región del Biobío del Programa Caminos Básicos 5000.

TABLA B.4 RESUMEN VERIFICACIÓN CAMINO CURANILAHUE TRONGOL BAJO POR PLEGARIAS.

Verificación de Cumplimiento de las Recomendaciones de diseño del manual de carreteras programa caminos básicos 500 región del Biobío											
Nombre Proyecto:	Curanilahue Trongol Bajo por Plegarias										
Zona:	Curanilahue										
Longitud total	4.000 km										
Tramos Curvos (cumplimiento de relación entre radios consecutivos)											
Tramo											
cumplimiento											
cumplimiento por tramo											
Distancia de Parada	Dp(m)		Vp								
Parámetros mínimos de diseño en planta Tabla 3.201.5 A											
Alineación de recta	Lr Max	600									
Entre curvas	Distinto sentido	Lr min	1,4Vp= 42 m								
	Igual sentido										
R min Curva	25										
Peralte máximo	7%										
Pendiente relativa de borde	0,7 - 1,5										
Radio Lim. En Contra peralte	aceptable para radios mayores a 3500 m										
Long.Máx entre clotoides	0,08(A1+A2)										
Peraltes en Curvas sin Clotoide (Longitud de desarrollo de peralte)											
Desarrollo en curvas	Eje normal										
	Eje de borde										
Desarrollo en recta	minimo	normal	maximo								
	p<4,5	p=todos	p<7								
	0,5p	0,7p	0,8p								
Curvas sucesivas	distinto sentido	Lr min →0,8p									
	igual sentido	Lr min →0,8p Lr min→b cte.									
Peraltes en curvas con arco de enlace											
Long. Desarrollo recta	$l_0=(n*a*b)/\Delta$										
Long. Desarrollo Clotoide	L										
saldo peralte	$\Delta ce=n*a*(p-b)/(L-l_0)$										
Δ unico entre 0% y p%	$\Delta=(n*a*p)/L$										
Trazado en alzado											
Pendientes minimas 3.204.302	pagina 175 MCV3										
b=2% sin solera y cunetas	0,20%										
Existencia soleras	0,50%										
Transicion Peralte i% trans. Nula	0,50%										
Vp											
pendiente Maxima	i%	10-12									
Curva Vertical Convexa (V*=Vp)	Kv (m)	300									
Curva Vertical Concava (Vp)	Kc (m)	400									
Curva vertical de adelantamiento	Ka(m)	3500									
Long. Mínima curva vertical	2T (m)	general 2T min >= V(Km/h);									
		si 2T min controla, salvo casos 3.204.405									
Ancho de Plataforma Tabla 3.201.5.C											
Vp	30										
Ancho Pista	2,0 - 3,0										
Ancho Berma	0 - 0,5										
Ancho SAP	0,5										
Ancho Total plataforma	5,0 - 6,0										

Fuente: Elaboración propia.

Estudio de Seguridad Vial para caminos Llanos de la Región del Biobío del Programa Caminos Básicos 5000.

TABLA B.5 RESUMEN VERIFICACIÓN CAMINO PUEBLO SECO - LAS QUILAS

Verificación de Cumplimiento de las Recomendaciones de diseño del Manual de Carreteras Programa Caminos Básicos 5000 Región del Biobío													
Nombre Proyecto:	Pueblo Seco - Las Quilas												
Zona:	San Ignacio												
Longitud total	2.400 km												
Tramos Curvos (cumplimiento de relación entre radios consecutivos)													
Tramo								Tr1	Tr2				
cumplimiento								NO	-				
cumplimiento por tramo													
Distancia de Parada	Dp(m)	Vp	25										
Parámetros mínimos de diseño en planta Tabla 3.201.5 A													
Alineación de recta	Lr Max	600								Tr1	Tr2		
Entre curvas	Distinto sentido	Lr min	1,4Vp= 42 m							NO	NO		
	Igual sentido									-	-		
R min Curva	25							SI	-				
Peralte máximo	7%							SI	-				
Pendiente relativa de borde	0,7 - 1,5							NO	-				
Radio Lim. En Contra peralte	aceptable para radios mayores a 3500 m							NO	-				
Long.Màx entre clotoides	0,08(A1+A2)							-	-				
Peraltes en Curvas sin Clotoide (Longitud de desarrollo de peralte)													
Desarrollo en curvas	Eje normal								SI				
	Eje de borde												
Desarrollo en recta	minimo	normal	maximo										
	p<4,5	p=todos	p<7										
	0,5p	0,7p	0,8p							NO			
Curvas sucesivas	distinto sentido	Lr min →0,8p											
	igual sentido	Lr min →0,8p Lr min →b cte.											
Trazado en alzado													
Pendientes minimas 3.204.302	pagina 175 MCV3							Tr1	Tr2				
b=2% sin solera y cunetas	0,20%												
Existencia soleras	0,50%												
Transicion Peralte i% trans. Nula	0,50%												
Vp	30							R1	C1	R2	C2	R3	
pendiente Maxima	i%							10-12	SI	SI	SI	SI	SI
Curva Vertical Convexa (V*=Vp)	Kv (m)							300	SI	-	SI	-	SI
Curva Vertical Concava (Vp)	Kc (m)							400	-	-	SI	-	SI
Curva Vertical de adelantamiento	Ka(m)							3500	SI	-	NO	-	NO
Long. Minima curva vertical	2T (m)							general 2T min >= V(Km/h);	NO	-	NO	NO	SI
si 2T min controla, salvo casos 3.204.405													
Ancho de Plataforma Tabla 3.201.5.C													
Vp	30							Tr1	Tr2				
Ancho Pista	2,0 - 3,0							SI	SI				
Ancho Berma	0- 0,5							SI	SI				
Ancho SAP	0,5							SI	SI				
Ancho Total plataforma	5,0 - 6,0							SI	SI				

Fuente: Elaboración propia

Estudio de Seguridad Vial para caminos Llanos de la Región del Bío-bío del Programa Caminos Básicos 5000.

ANEXO C

LEVANTAMIENTO DE SEÑALIZACIÓN DE LOS CAMINOS ESTUDIADOS DEL PROGRAMA CAMINOS BÁSICOS 5000.

C.1.1 LEVANTAMIENTO DE SEÑALIZACIÓN CAMINO EL PROGRESO - COLICHEO, DIRECCIÓN INICIO - FIN





CAMINO EL PORGRESO - COLICHEO, INICIO - FIN		
SEÑAL Y/O DEMARCACIÓN	INFORMACIÓN	IMAGEN
Velocidad Máxima 50 Km/h.	Tipo de Señal: Señal de restricción. Código: RR-1 Ubicación: Km. 1.704 Otros: Señal en buenas condiciones. Buena visibilidad.	
Barrera de Contención.	Tipo de Señal: Barrera De Contención Ubicación: Km. 2.009 Otros: Barreras en buenas condiciones.	
Zona de Escuela	Tipo de Señal: Señal de Advertencia sobre Características Operativas de la Vía Código: PO -9 Ubicación: Km. 2.660 Otros: Señal en buenas condiciones, con regular visibilidad.	
Demarcación Zona de Escuela	Tipo de Señal: Demarcación plana. Ubicación: Km.2.710 Otros: Demarcación en condiciones poco visibles.	
Hito de Advertencia	Tipo de Señal: Hito de advertencia Ubicación: Km. 3.000 Otros: Señal en buenas condiciones. Buena visibilidad.	

Estudio de Seguridad Vial para caminos Llanos de la Región del Biobío del Programa Caminos Básicos 5000.






<p>Delineador Simple</p>	<p>Tipo de Señal: Delineador direccional Ubicación: Km. 3.045 Otros: Señal en regulares condiciones. Buena visibilidad.</p>	
<p>Hito de Advertencia de Puente</p>	<p>Tipo de Señal: Hito de Advertencia Ubicación: Km. 3.067 Otros: Señal en regulares condiciones. Buena visibilidad.</p>	

Fuente: Elaboración Propia.

C.1.2 LEVANTAMIENTO DE SEÑALIZACIÓN CAMINO PROGRESO – COLICHEO, DIRECCIÓN FIN - INICIO





CAMINO PROGRESO – COLICHEO, FIN - INICIO		
SEÑAL Y/O DEMARCACIÓN	INFORMACIÓN	IMAGEN
Velocidad Máxima de 50 Km/h.	<p>Tipo de Señal: Señal de Restricción Código: RR-1 Ubicación: Km. 3.350 Otros: Señal en buenas condiciones. Buena visibilidad.</p>	
Hito de advertencia	<p>Tipo de Señal: Hito de Advertencia Ubicación: Km.3.223 Otros: Señal en buenas condiciones, visibilidad regular.</p>	
Dirección Simple	<p>Tipo de Señal: Delineador Direccional Ubicación: Km. 3.150 Otros: Señal en buenas condiciones. Buena visibilidad.</p>	
Demarcación plana	<p>Tipo de Demarcación: Demarcación Achurado Ubicación: Km. 3.120 Otros: Señal en regular condiciones, visible.</p>	

Estudio de Seguridad Vial para caminos Llanos de la Región del Biobío del Programa Caminos Básicos 5000.






<p>Hito de advertencia</p>	<p>Tipo de Señal: Hito Advertencia Ubicación: Km. 2.950 Otros: Señal en pésimas condiciones, no visible.</p>	
<p>Zona de Escuela</p>	<p>Tipo de Señal: Señal de Advertencia sobre Características Operativas de la Vía Código: PO-9 Ubicación: Km. 2.905 Otros: Señal en buenas condiciones. Buena visibilidad.</p>	
<p>Zona de Escuela</p>	<p>Tipo de Demarcación: Demarcación plana. Ubicación: Km.2.860 Otros: Señal en regulares condiciones. Con regular visibilidad.</p>	
<p>Curva a la Derecha</p>	<p>Tipo de Señal: Señal de Advertencia Geométrica. Código: PG-1a Ubicación: Km.2.085 Otros: Señal en buenas condiciones. Buena visibilidad.</p>	
<p>Demarcación Plana</p>	<p>Tipo de Demarcación: Demarcación plana. Ubicación: Km. 1.704 Otros: Señal en buenas condiciones. Buena visibilidad.</p>	

Fuente: Elaboración Propia.






C.2.1 LEVANTAMIENTO DE SEÑALIZACIÓN CAMINO RUTA 5 – LOS COLIHUES, DIRECCIÓN INICIO - FIN

CAMINO RUTA 5 – LOS COLIHUES, INICIO - FIN		
SEÑAL Y/O DEMARCACIÓN	INFORMACIÓN	IMAGEN
Velocidad Máxima 50 Km/h.	Tipo de Señal: Señal de restricción. Código: RR-1 Ubicación: Km. 0.200 Otros: Señal en buenas condiciones. Buena visibilidad.	
Curva y Curvatura a la Izquierda.	Tipo de Señal: Advertencia sobre Características geométrica de la Vía Código: PG-4b Ubicación: Km. 0.690 Otros: Señal en buenas condiciones. Escasa Visibilidad.	
Cruce Ferroviario a Nivel sin Barrera	Tipo de Señal: Señal de Advertencia de Intersecciones con otras Vías. Código: PI-1a Ubicación: Km 0.715 Otros: Señal en buenas condiciones, con buena visibilidad.	
Sin Guarda Cruce	Tipo de Señal: Señal de Advertencia Ubicación: Km.0,738 Otros: Señal en buenas condiciones, con buena visibilidad.	

Estudio de Seguridad Vial para caminos Llanos de la Región del Biobío del Programa Caminos Básicos 5000.





<p>Pare</p>	<p>Tipo de Señal: Señal de Prioridad. Código: RPI-2 Ubicación: Km. 0.776 Otros: Señal en buenas condiciones. Buena visibilidad.</p>	
<p>Curva y Contra curva a la Derecha</p>	<p>Tipo de Señal: Advertencia sobre Características geométrica de la Vía Código: PG-4a Ubicación: Km. 0.940 Otros: Señal en buenas condiciones. Buena visibilidad.</p>	
<p>Animales en la Vía</p>	<p>Tipo de Señal: Advertencia sobre características operativas de la Vía. Código: PO-5 Ubicación: Km. 0,980 Otros: Señal en regulares condiciones. Buena visibilidad.</p>	
<p>Tachones</p>	<p>Tipo de Señal: Demarcación elevada. Ubicación: Km. 2.000 Otros: Demarcación en buenas condiciones. Buena visibilidad.</p>	
<p>Zona de Escuela</p>	<p>Tipo de Demarcación: Demarcación plana Ubicación: Km.2.010 Otros: Señal en buenas condiciones. Con buena visibilidad.</p>	

Estudio de Seguridad Vial para caminos Llanos de la Región del Biobío del Programa Caminos Básicos 5000.






<p>Zona de Escuela.</p>	<p>Tipo de Señal: Señal de Advertencia sobre Características Operativas de la Vía Código: PO-9 Ubicación: Km. 2.015 Otros: Señal en buenas condiciones. Buena visibilidad.</p>	
<p>Resalto</p>	<p>Tipo de Señal: Señal de Advertencia sobre Características Operativas de la Vía Código: PG-8 Ubicación: Km. 2.025 Otros: Señal en buenas condiciones. Buena visibilidad.</p>	
<p>Hito de advertencia</p>	<p>Tipo de Señal: Hito de Advertencia Ubicación: Km.2.090, hasta Km. 2.170 Otros: Señal en buenas condiciones. Buena visibilidad.</p>	
<p>Tachas</p>	<p>Tipo de Señal: Demarcación elevada. Código: Ubicación: Km. 2.200 Otros: Señal en regulares condiciones. Buena visibilidad.</p>	
<p>Hito de advertencia</p>	<p>Tipo de Señal: Hito de Advertencia Ubicación: Km.2.205, hasta Km. 2.300 Otros: Señal en buenas condiciones. Buena visibilidad.</p>	

Fuente: Elaboración Propia.






C.2.2 LEVANTAMIENTO DE SEÑALIZACIÓN CAMINO RUTA 5 – COLIHUES, DIRECCIÓN FIN - INICIO

CAMINO RUTA 5 – COLIHUES, FIN - INICIO		
SEÑAL Y/O DEMARCACIÓN	INFORMACIÓN	IMAGEN
Velocidad Máxima de 50 Km/h.	<p>Tipo de Señal: Señal de Restricción</p> <p>Código: RR-1</p> <p>Ubicación: Km. 3.010</p> <p>Otros: Señal en buenas condiciones. Buena visibilidad.</p>	
Zona de Escuela.	<p>Tipo de Señal: Señal de Advertencia sobre Características Operativas de la Vía</p> <p>Código: PO-9</p> <p>Ubicación: Km. 2.220</p> <p>Otros: Señal en buenas condiciones. Buena visibilidad.</p>	
Resalto	<p>Tipo de Señal: Señal de Advertencia sobre Características Operativas de la Vía</p> <p>Código: PG-8</p> <p>Ubicación: Km. 2.210</p> <p>Otros: Señal en buenas condiciones. Buena visibilidad.</p>	
Tachas	<p>Tipo de Señal: Demarcación elevada.</p> <p>Código:</p> <p>Ubicación: Km. 2.200</p> <p>Otros: Señal en regulares condiciones. Buena visibilidad.</p>	


Estudio de Seguridad Vial para caminos Llanos de la Región del Biobío del Programa Caminos Básicos 5000.

<p>Zona de Escuela</p>	<p>Tipo de Demarcación: Demarcación Plana Ubicación: Km.2.160 Otros: Señal en buenas condiciones. Con buena visibilidad.</p>	
<p>tachas</p>	<p>Tipo de Señal: Demarcación elevada Ubicación: Km. 2.000 Otros: Señal en buenas condiciones. Buena visibilidad.</p>	
<p>Curva y Contra curva a la Derecha</p>	<p>Tipo de Señal: Advertencia sobre Características geométrica de la Vía Código: PG-4a Ubicación: Km. 1.140 Otros: Señal en buenas condiciones. Buena visibilidad.</p>	
<p>Animales en la Vía</p>	<p>Tipo de Señal: Advertencia sobre características operativas de la Vía. Código: PO-5 Ubicación: Km. 1.100 Otros: Señal en regulares condiciones. Buena visibilidad.</p>	
<p>Velocidad Máxima de 30 Km/h.</p>	<p>Tipo de Señal: Señal de Restricción Código: RR-1 Ubicación: Km. 1.070 Otros: Señal en buenas condiciones. Buena visibilidad.</p>	

Estudio de Seguridad Vial para caminos Llanos de la Región del Biobío del Programa Caminos Básicos 5000.





<p>Hito de advertencia</p>	<p>Tipo de Señal: Hito de Advertencia Ubicación: Km. 1.065 Otros: Señal en buenas condiciones. Buena visibilidad.</p>	
<p>Puente Angosto</p>	<p>Tipo de Señal: Advertencia sobre restricciones física de la vía. Código: PF-2 Ubicación: Km. 1.060 Otros: Señal en buenas condiciones. Buena visibilidad.</p>	
<p>Curva y Contra curva a la Izquierda</p>	<p>Tipo de Señal: Advertencia sobre Características geométrica de la Vía Código: PG-4b Ubicación: Km. 0.880 Otros: Señal en buenas condiciones. Buena visibilidad.</p>	
<p>Cruce Ferroviario a Nivel sin Barrera</p>	<p>Tipo de Señal: Señal de Advertencia de Intersecciones con otras Vías. Código: PI-1a Ubicación: Km 0.820 Otros: Señal en buenas condiciones, con buena visibilidad.</p>	
<p>Sin Guarda Cruce</p>	<p>Tipo de Señal: Señal de Advertencia Ubicación: Km.0,805 Otros: Señal en buenas condiciones, con buena visibilidad.</p>	

Estudio de Seguridad Vial para caminos Llanos de la Región del Bío-Bío del Programa Caminos Básicos 5000.


Pare	Tipo de Señal: Señal de Prioridad. Código: RPI-2 Ubicación: Km. 0.790 Otros: Señal en buenas condiciones. Buena visibilidad.	
------	---	---

Fuente: Elaboración Propia.

C.3.1 LEVANTAMIENTO DE SEÑALIZACIÓN CAMINO PUENTE ÑUBLE – MONTELEON, DIRECCIÓN INICIO - FIN



CAMINO PUENTE ÑUBLE - MONTELEON, INICIO - FIN		
SEÑAL Y/O DEMARCACIÓN	INFORMACIÓN	IMAGEN
Velocidad Máxima 60 Km/h.	<p>Tipo de Señal: Señal de restricción.</p> <p>Código: RR-1</p> <p>Ubicación: Km. 0.220</p> <p>Otros: Señal en buenas condiciones. Buena visibilidad.</p>	
Altura Máxima	<p>Tipo de Señal: Advertencia sobre Restricción Física de la Vía.</p> <p>Código: PF-5</p> <p>Ubicación: Km. 0.250</p> <p>Otros: Señal en buenas condiciones. Mala visibilidad.</p>	
Ancho Máximo.	<p>Tipo de Señal: Advertencia sobre Restricción Física de la Vía.</p> <p>Código: PF-6</p> <p>Ubicación: Km. 0.280</p> <p>Otros: Señal en buenas condiciones. Mala visibilidad.</p>	
Pare	<p>Tipo de Señal: Señal de Prioridad.</p> <p>Código: RPI-2</p> <p>Ubicación: Km. 3.420</p> <p>Otros: Señal en buenas condiciones. Buena visibilidad.</p>	

Estudio de Seguridad Vial para caminos Llanos de la Región del Biobío del Programa Caminos Básicos 5000.





<p>Señal de Confirmación</p>	<p>Tipo de Señal: Señal de Confirmación. Código: IC Ubicación: Km. 3.425 Otros: Señal en buenas condiciones. Buena visibilidad.</p>	
------------------------------	--	---

Fuente: Elaboración Propia.

C.3.2 LEVANTAMIENTO DE SEÑALIZACIÓN CAMINO PUENTE ÑUBLE – MONTELEON, DIRECCIÓN FIN - INICIO



CAMINO PUENTE ÑUBLE - MONTELEON, FIN - INICIO		
SEÑAL Y/O DEMARCACIÓN	INFORMACIÓN	IMAGEN
Paso Línea Férrea.	<p>Tipo de Señal: Señal de Información</p> <p>Código:</p> <p>Ubicación: Km. 3.410</p> <p>Otros: Señal en buenas condiciones. Buena visibilidad.</p>	
Velocidad Máxima 60 Km/h.	<p>Tipo de Señal: Señal de restricción.</p> <p>Código: RR-1</p> <p>Ubicación: Km. 0.220</p> <p>Otros: Señal en buenas condiciones. Buena visibilidad.</p>	
Sin Señalización	<p>Tipo de Señal: No Identificable</p> <p>Ubicación: Km. 2.960</p> <p>Otros: Señal en malas condiciones. No se encuentra Letrero.</p>	
Localización Viña Valle del Itata.	<p>Tipo de Señal: Señal de Localización.</p> <p>Código: IL</p> <p>Ubicación: Km. 2.900</p> <p>Otros: Señal en buenas condiciones. Mala visibilidad.</p>	

Estudio de Seguridad Vial para caminos Llanos de la Región del Biobío del Programa Caminos Básicos 5000.

<p>Localización Viña Valle del Itata.</p>	<p>Tipo de Señal: Señal de Localización. Código: IL Ubicación: Km. 2.810 Otros: Señal en buenas condiciones. Regular visibilidad.</p>	
<p>Velocidad Máxima 60 Km/h.</p>	<p>Tipo de Señal: Señal de restricción. Código: RR-1 Ubicación: Km. 2.780 Otros: Señal en buenas condiciones. Buena visibilidad.</p>	
<p>Altura Máxima</p>	<p>Tipo de Señal: Advertencia sobre Restricción Física de la Vía. Código: PF-5 Ubicación: Km. 0.400 Otros: Señal en buenas condiciones. Buena visibilidad.</p>	
<p>Ancho Máximo.</p>	<p>Tipo de Señal: Advertencia sobre Restricción Física de la Vía. Código: PF-6 Ubicación: Km. 0.365 Otros: Señal en buenas condiciones. Mala visibilidad.</p>	




Fuente: Elaboración Propia.

C.4.1 LEVANTAMIENTO DE SEÑALIZACIÓN CAMINO CURANILAHUE TRONGOL BAJO POR PLEGARIAS, DIRECCIÓN INICIO - FIN

CURANILAHUE TRONGOL BAJO POR PLEGARIAS, INICIO - FIN		
SEÑAL Y/O DEMARCACIÓN	INFORMACIÓN	IMAGEN
Curva a la Izquierda	<p>Tipo de Señal: Advertencia geométrica Código: PG-1b Ubicación: Km. 0.800 Otros: Señal en buenas condiciones. Buena visibilidad.</p>	
Curva a la Derecha	<p>Tipo de Señal: Advertencia geométrica Código: PG-1a Ubicación: Km. 1.060 Otros: Señal en buenas condiciones. Buena visibilidad.</p>	
Letrero Sustraído.	<p>Tipo de Señal: no identificable. Ubicación: Km. 1.960</p>	Sin señal
Letrero Sustraído.	<p>Tipo de Señal: no identificable. Ubicación: Km. 3.400</p>	Sin señal
Letrero Sustraído.	<p>Tipo de Señal: no identificable. Ubicación: Km. 3.460</p>	Sin señal





Fuente: *Elaboración Propia.*

C.4.2 LEVANTAMIENTO DE SEÑALIZACIÓN CAMINO CURANILAHUE TRONGOL BAJO POR PLEGARIAS, DIRECCIÓN FIN – INICIO.






CURANILAHUE TRONGOL BAJO POR PLEGARIAS, FIN – INICIO.		
SEÑAL Y/O DEMARCACIÓN	INFORMACIÓN	IMAGEN
Pare	<p>Tipo de Señal: Señal de Prioridad.</p> <p>Código: RPI-2</p> <p>Ubicación: Km. 3.880</p> <p>Otros: Señal en buenas condiciones. Buena visibilidad.</p>	
Curva a la Derecha	<p>Tipo de Señal: Advertencia geométrica</p> <p>Código: PG-1a</p> <p>Ubicación: Km. 3.860</p> <p>Otros: Señal en buenas condiciones. Buena visibilidad.</p>	
Barrera de Contención.	<p>Tipo de Señal: Barrera de Contención</p> <p>Ubicación: Km. 1,120 hasta Km. 1,140</p> <p>Otros: Barreras en buenas condiciones. Buena visibilidad.</p>	

Fuente: Elaboración Propia.


C.5.1 LEVANTAMIENTO DE SEÑALIZACIÓN CAMINO PUEBLO SECO – LAS QUILAS, DIRECCIÓN INICIO - FIN

CAMINO PUEBLO SECO – LAS QUILAS, INICIO - FIN		
SEÑAL Y/O DEMARCACIÓN	INFORMACIÓN	IMAGEN
Puente Angosto	<p>Tipo de Señal: Advertencia sobre restricciones física de la vía.</p> <p>Código: PF-2</p> <p>Ubicación: Km. 0.900</p> <p>Otros: Señal en regulares condiciones. Regular visibilidad.</p>	
Agostamiento a la Izquierda	<p>Tipo de Señal: Advertencia sobre restricciones física de la vía.</p> <p>Código: PF-1 c</p> <p>Ubicación: Km. 0.930</p> <p>Otros: Señal en buenas condiciones. Buena visibilidad.</p>	
Puente las Quilas.	<p>Tipo de Señal: Señal de Localización.</p> <p>Código: IL</p> <p>Ubicación: Km. 0.940</p> <p>Otros: Señal en buenas condiciones. Buena visibilidad.</p>	
Barrera de Contención.	<p>Tipo de Señal: Barrera De Contención</p> <p>Ubicación: Km.0.941, hasta Km. 0.950</p> <p>Otros: Barreras en regulares condiciones. Mala visibilidad</p>	

Estudio de Seguridad Vial para caminos Llanos de la Región del Biobío del Programa Caminos Básicos 5000.





<p>Barrera de Contención.</p>	<p>Tipo de Señal: Barrera De Contención Ubicación: Km. 0.956, hasta Km. 0.960 Otros: Barreras en regulares condiciones. Buena visibilidad</p>	
<p>Una Pista a 100 m.</p>	<p>Tipo de Señal: Señal de advertencia Ubicación: Km. 1.000 Otros: Señal en buenas condiciones. Buena visibilidad.</p>	
<p>Agostamiento a la Izquierda</p>	<p>Tipo de Señal: Advertencia sobre restricciones física de la vía. Código: PF-1 c Ubicación: Km. 1.050 Otros: Señal en buenas condiciones. Buena visibilidad.</p>	
<p>Barrera de Contención.</p>	<p>Tipo de Señal: Barrera De Contención Ubicación: Km. 1.100, hasta Km. 1.140 Otros: Barreras en malas condiciones. Mala visibilidad</p>	
<p>Dirección Simple</p>	<p>Tipo de Señal: Delineador Direccional Ubicación: Km. 1.120 Otros: Señal en malas condiciones. Mala visibilidad.</p>	

Estudio de Seguridad Vial para caminos Llanos de la Región del Biobío del Programa Caminos Básicos 5000.




Fin Pavimento a 100 mts.	Tipo de Señal: Señal de Advertencia Ubicación: Km. 2.290 Otros: Señal en buenas condiciones, con buena visibilidad.	
--------------------------	--	---

Fuente: Elaboración Propia.

C.5.2 LEVANTAMIENTO DE SEÑALIZACIÓN CAMINO PUEBLO SECO – LAS QUILAS, DIRECCIÓN FIN - INICIO

CAMINO PUEBLO SECO – LAS QUILAS, FIN - INICIO		
SEÑAL Y/O DEMARCACIÓN	INFORMACIÓN	IMAGEN
Una Pista a 100 m.	<p>Tipo de Señal: Señal de Advertencia.</p> <p>Código:</p> <p>Ubicación: Km. 1.180</p> <p>Otros: Señal en regulares condiciones. Regular visibilidad.</p>	
Agostamiento a la Derecha.	<p>Tipo de Señal: Advertencia sobre restricciones física de la vía.</p> <p>Código: PF-1b</p> <p>Ubicación: Km. 1.170</p> <p>Otros: Señal en buenas condiciones. Buena visibilidad.</p>	
Hito de advertencia	<p>Tipo de Señal: Hito de Advertencia</p> <p>Ubicación: Km. 1.140</p> <p>Otros: Señal en malas condiciones. Regular visibilidad.</p>	
Barrera de Contención.	<p>Tipo de Señal: Barrera De Contención</p> <p>Ubicación: Km. 1.141, hasta Km. 1.080</p> <p>Otros: Barreras en buenas condiciones. Buena visibilidad</p>	

Estudio de Seguridad Vial para caminos Llanos de la Región del Biobío del Programa Caminos Básicos 5000.

<p>Puente Angosto</p>	<p>Tipo de Señal: Advertencia sobre restricciones física de la vía. Código: PF-2 Ubicación: Km. 1.050 Otros: Señal en buenas condiciones. Mala visibilidad.</p>	
<p>No Identificable</p>	<p>Tipo de Señal: No Identificable. Código: Ubicación: Km. 0.010 Otros: Señal en regulares condiciones. Mala visibilidad.</p>	
<p>No Identificable</p>	<p>Tipo de Señal: No Identificable. Código: Ubicación: Km. 0.005 Otros: Señal en malas condiciones. Mala visibilidad.</p>	

Fuente: *Elaboración Propia.*

ANEXO D
RESULTADO Y CÁLCULO DE VELOCIDAD DE OPERACIÓN V85 PARA LA
MEDICIÓN CON RADAR.

D.1 MEDICIÓN DE VELOCIDAD DE OPERACIÓN Y CÁLCULO DE V85 PARA LA CURVA 1.

Medición de Velocidades		
Curva:	1	
Dirección:	Pte. Ñuble - Monteleon.	
N°	V Entrada	V Salida
1	30	42
2	26	41
3	25	28
4	39	30
5	31	30
6	30	49
7	29	47
8	28	43
9	38	48
10	29	33
11	27	40
12		48

Vmax	39	49
Vmin	25	28
Vmedia	30,182	39,917
Desv. Est	4,490	7,775
V85	37	51

Medición de Velocidades		
Curva:	1	
Dirección:	Monteleon - Pte. Ñuble	
N°	V Entrada	V Salida
1	40	38
2	31	38
3	25	34
4	22	32
5	42	31
6	14	36
7	40	41
8	31	29
9		37
10		38
11		40
12		35
13		42
14		41
15		35
16		32
17		48
18		31
19		24
20		24
21		40
22		45

Vmax	42	48
Vmin	14	24
Vmedia	30,625	35,955
Desv. Est	9,913	6,098
V85	45	45

Fuente: Elaboración propia

D.2 MEDICIÓN DE VELOCIDAD DE OPERACIÓN Y CÁLCULO DE V85 PARA LA CURVA 2.

Medición de Velocidades		
Curva:	2	
Dirección:	Pte. Ñuble - Monteleon.	
N°	V Entrada	V Salida
1	47	42
2	33	34
3	12	36
4	28	33
5	30	31
6	35	33
7	50	39
8	43	35
9	46	29
10	35	
11	52	
12	39	

Medición de Velocidades		
Curva:	2	
Dirección:	Monteleon - Pte. Ñuble	
N°	V Entrada	V Salida
1	33	32
2	32	34
3	42	33
4	28	55
5	37	27
6	43	52
7	34	40
8	25	
9	28	
10	35	
11		
12		

Vmax	52	42
Vmin	12	29
Vmedia	37,500	34,667
Desv. Est	11,245	3,969
V85	54	40

Vmax	43	55
Vmin	25	27
Vmedia	33,700	39,000
Desv. Est	5,889	10,646
V85	42	54

Fuente: Elaboración propia