



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias de la Ingeniería
Escuela De Construcción Civil

“SEÑALIZACIÓN DE OBRAS VIALES, SEGURIDAD DE TRANSITO Y PROTECCIÓN DE TALUDES”

Tesis para optar al Título de:
Constructor Civil

Profesor Guía:
Sr. Adolfo Montiel Mancilla.
Ingeniero Constructor.

RUDY ALONSO SOLIS RISCO
VALDIVIA CHILE
2007

Dedicatoria:

A dos personas que han sido pilares fundamentales en mi formación para llegar a ser profesional, que siempre me dieron su cariño y comprensión compartiendo mis penas y alegrías.... Mis padres.

Con el esfuerzo de ellos en muchos aspectos , hoy sólo puedo agradecerles su apoyo y amor entregado en cada etapa de mi vida, por su apoyo incondicional y preocupación en todos mis anhelos y expectativas.

A ustedes dos dedico estas palabras y la presente Memoria de Título. Los amo....

Agradecimientos:

Doy gracias a Dios por permitirme vivir, a través del conducto del amor de mis padres Rudy y Magaly, por ayudarme a cumplir el logro mas importante que hoy se esta realizando; a mis hermanos Cristian y Sandra, a mi abuela Hilda y a mis abuelos que me ven del mas allá.

También agradecer a mi amiga y polola Jacqueline Alvarez por su apoyo a lo largo de mi carrera...

Quiero expresar mi agradecimiento a mi amigo Rodrigo Sepúlveda y en general a la fábrica Horsel Ltda.; a don David Hinrichsen y Familia; personal de la empresa VCGP S.A. Vinci, en especial a don Víctor Poco, Oscar Lobo, Ezequiel Ponce y Francisco Celedón; a mi amigo Guido Robles C. y familia.

A todos ustedes mis más infinitas gracias por su gran disposición y apoyo brindado en mi etapa laboral.

Finalmente quiero agradecer a mis profesores, en especial a mi profesor Guía don Adolfo Montiel Mancilla por su paciencia y ayuda este último tiempo para terminar mi trabajo de tesis; a mi director de Escuela don Osvaldo Rybertt, por su buena disposición; y en general a todos mis profesores, muchas gracias por ser igualmente parte importante en mi realización profesional.

INDICE

	Páginas
Dedicatoria	
Agradecimientos	
Resumen / Summary	
Introducción	
Objetivos del Estudio	
Metodología del Estudio	
Estructura del Estudio	
CAPITULO I	
CONSIDERACIONES PRELIMINARES EN EL AMBITO DE LA	
SEGURIDAD VIAL EN ZONAS DE TRABAJOS	1
1.1 Trabajo en la vía de Obras en Construcción	1
1.2 Impactos que se presentan en lugares con zonas de Trabajos	2
1.2.1 Agentes afectados por las Obras	2
1.2.2 Medidas para mitigar los Impactos en lugares con trabajos en la vía	6
1.3 Principios básicos a considerar para ejecutar de buena manera operaciones en zonas de trabajo en las vías públicas	8
1.3.1 Generalidades	8
1.4 Medidas de Seguridad para zonas con Sistemas de Control de Tráfico	14
1.4.1 Zonas de Trabajo en planes de control de tráfico	15

CAPITULO II

NORMATIVA CHILENA DE SEGURIDAD VIAL EN ZONAS DE TRABAJOS

2.1	Ámbito de Aplicación	18
2.2	Señales y Dispositivos de Seguridad	
2.3	Generalidades sobre Señales verticales transitorias utilizadas en zonas de Trabajos	18
	2.3.1 Requisitos generales de las señales en zonas de trabajo en vías públicas	19
	2.3.2 Tipos de señales utilizadas en zonas de trabajos	21
2.4	Canalización del Tráfico	21
	2.4.1 Generalidades	22
	2.4.2 Elementos para Canalizar el tráfico	35
2.5	Regulación del transito en áreas de trabajo (Sistema o plan de Control de Trafico)	35
	2.5.1 Función	36
	2.5.2 Anchos de la vía	51
	2.5.3 Regulación del tránsito cuando hay una pista en uso	52
	2.5.3.1 Semáforos	52
	2.5.3.2 Sistema de “ Ceder y Pasar ”	53
	2.5.3.3 Control por medio de señales que indiquen preferencia	53
	2.5.3.4 Regulación mediante Banderero o Sistema Pare/Siga	54
	2.5.3.4.1 Características que debe cumplir el Banderero	55
2.6-	Operaciones móviles o de corta duración	56

CAPITULO III

PROPOSICIONES DE PAUTAS PARA INSPECCIÓN, CONTROL DE LAS MEDIDAS DE SEGURIDAD Y RECOMENDACIONES

PARA FAENAS EN ZONAS DE TRABAJO 63

3.1 Generalidades 63

3.2 Principios Básicos a seguir 63

3.3 Lista de Verificaciones a realizar por el Profesional encargado
de la Obra 65

3.4 Inspección en el Área de Trabajo 66

3.5 Recomendaciones para Trabajos en la Vía 69

3.5.1 Recomendaciones para situaciones que se requiera
asesoría adicional. 69

3.5.2 Recomendaciones para la Seguridad de los peatones 71

3.5.3 Recomendaciones para la Seguridad de los
Trabajadores 72

CAPITULO IV

ANALISIS DE DIVERSOS CASOS DE OBRAS EN ZONAS

URBANAS LLEVADAS A CABO EN LA CIUDAD DE VALDIVIA 76

4.1 Generalidades 76

4.2 Análisis de las Obras 77

4.2.1 Antecedentes de la Obra y su entorno 77

4.2.2 Antecedentes de la Obra y su entorno 81

CAPITULO V

SEGURIDAD VIAL , BARRERAS DE SEGURIDAD Y

AMORTIGUADORES DE IMPACTO 84

5.1	Introducción	84
5.2	Objetivos	85
5.3	Barreras de Seguridad	85
5.3.1	Aspectos Generales	86
5.3.2	Sistemas Flexibles	87
5.3.3	Sistemas Semi Rígidos	89
5.3.4	Sistemas Rígidos	92
5.3.5	Sistemas Móviles y Removibles	95
5.3.6	Sistemas en Zonas de Trabajos	96
5.4	Zona Despejada	99
5.4.1	Definición	99
5.4.2	Objetos Fijos	100
5.4.3	Modificaciones de Diseño y Geometría	101
5.5	Sistemas de Contención Utilizados	103
5.5.1	Generalidades de Barreras de Seguridad	104
5.5.2	Instalaciones Especiales sobre Muros de Contención, Puentes y Acueductos	105
5.5.3	Situación de la Red Vial	105
5.5.3.1	Elementos de Contención en la Red Vial Concesionada o Dobles Calzadas	106
5.5.3.2	Elementos de Contención en la Red Vial Primaria y Caminos Pavimentados de Tránsito Bidireccional	108

5.5.3.3 Elementos de Contención en la Red Vial Secundaria y Caminos Sin Pavimento de Tránsito Bidireccional	108
5.5.3.4 Ubicación de los Dispositivos	109
5.6 Justificaciones para la Instalación	111
5.7 Criterios de Selección	112
5.8 Guía de Selección	113
5.9 Consideraciones Estéticas y Ambientales	119
5.9.1 Aspectos Estéticos	119
5.9.2 Aspectos Medioambientales	119
5.10 Recomendaciones de Ubicación	120
5.10.1 Emplazamiento Lateral	120
5.10.2 Efectos del Terreno	121
5.10.3 Efectos del esviaje	121
5.11 Amortiguadores de Impacto y Elementos Terminales	122
5.11.1 Resumen	122
5.11.2 Conceptos Básicos	122
5.11.3 Condiciones de Ensayo	124
5.11.4 Terminales de Barrera	126
5.11.4.1 Terminales en General	127
5.11.4.2 Terminales Abatidos	128
5.11.4.3 Terminal Esviado y Anclado o Enterrado en el Talud de Corte	129
5.11.4.4 Terminal Atenuador del Tipo Extrusor	131
5.11.4.5 Terminal Europeo ABC	132
5.11.4.6 Terminal de Módulo de Extensión de Impacto Dinámico	133

5.11.4.7 Selección de Terminales	134
5.11.5 Amortiguadores de Impacto	135
5.11.5.1 Amortiguadores de Impacto	
Redireccionables	135
5.11.5.2 Amortiguadores de Impacto No	
Redireccionables	140
5.11.6 Selección de Amortiguadores de Impacto	143
CAPITULO VI : PROTECCIÓN DE TALUDES	147
6.1 Introducción	147
6.2 Sistemas de Protección y Refuerzo frente a Inestabilidades	
Superficiales de Taludes en Suelos	148
6.3 Conceptos Generales	148
6.3.1 Geosintéticos	148
6.3.1.1 Control de Erosión (protección con	
Geosintéticos)	149
6.3.2 Erosión en Taludes, Terraplenes y Muros de	
Contención	150
6.4 Revestimientos Vegetales	151
6.4.1 Protección con mallas de HDPE y Vegetación	153
6.4.1.1 Procedimiento de Trabajo	155
6.5 La Bioingeniería	159
6.5.1 Finalidades	159
6.5.2 Principios Básicos	159
6.5.3 Técnicas	160
6.6 Recuperación y Protección de Suelos mediante Hidrosiembra	163

Conclusiones	168
Bibliografía	174

RESUMEN

El trabajo que se presenta a continuación, corresponde a la memoria para optar al título de Constructor Civil.

El objetivo principal que persigue este estudio, es dar a conocer los aspectos más relevantes en el ámbito de la Seguridad Vial en zonas de trabajos que hacen uso de la vía pública, así como también ver las deficiencias que presenta nuestro país en esta área con el propósito de establecer parámetros reales que sean de beneficio público, así como para los profesionales del área y para todas las personas que participen de manera directa o indirecta en las Obras.

El presente trabajo destaca al mismo tiempo aspectos relevantes considerados al momento de diseñar y construir una carretera, como son la selección, ubicación y diseño de elementos de contención, tales como Barreras y Amortiguadores de Impacto, tema de mucha importancia en lo que a Seguridad Vial se refiere.

Finalmente se hace un análisis de lo que significa la Bioingeniería e Hidrosiembra, su aplicación en obras viales y su importancia como métodos alternativos para la Protección y Estabilización de taludes.

Summary

The next investigation concerns to the memory to get the Civil Builder certificate.

The main purpose this investigation goes after is to give knowing the most important aspects according to the highway security in zones of works that are made in the public via, as well as, to watch the differences our country presents in this area with the aim to establish real parameters that are for public benefit in like manner for professional and for all the people, who participate directly or indirectly in the works.

The research, at the same time stands out the main aspects considered to design and to build a highway such as the selection, location and design the construction elements like Barricades, and Impact Absorber, topic with a lot of importance concerning to Highway Security.

Finally, the investigation presents an analysis about the meaning of Bioengineering and Hydromulching, their applications in Highways works and the significance as alternative methods for the protection and stabilization of slopes.

INTRODUCCION

Frecuentemente, los usuarios de las vías urbanas e interurbanas se encuentran con trabajos o restricciones temporales que causan su obstrucción parcial o total.

Sin duda alguna, las variaciones en las condiciones de circulación peatonal y vehicular, ya sea por trabajos en los espacios públicos u otros, constituyen singularidades importantes, en cuanto afectan la seguridad y eficiencia con que se efectúa el desplazamiento de personas y vehículos, en el área involucrada. Ello hace imprescindible que para cada caso en particular, se establezca un conjunto de medidas de gestión de tránsito destinadas a evitar un deterioro en las condiciones de circulación.

Es aquí donde tiene vital importancia el tema de la Señalización de obras viales, la cual se materializa por medio de distintos elementos tales como Señales Verticales y Horizontales, Canalizadores, y Equipos de Seguridad que tienen por finalidad guiar, encauzar, delimitar, regular y advertir a los usuarios que transitan por la zona de trabajo, minimizando todo tipo de riesgos y contribuyendo a que la obra se realice en condiciones de seguridad aceptables, sin accidentes ni pérdidas que lamentar.

Las estadísticas de la Asociación Chilena de Seguridad demuestran que la accidentabilidad en la construcción, supera el 10 % anual, vale decir 1 de cada 10 trabajadores resulta lesionado durante su trabajo, muchos de ellos con consecuencias graves o fatales. Situación que puede evitarse hoy en día, dado que existen los recursos humanos y tecnológicos que permiten controlar en forma adecuada los riesgos del trabajo.

La experiencia en el tema de la Seguridad Vial, destaca como relevantes al momento de diseñar y construir una carretera, los criterios de selección, ubicación y diseño de

elementos de contención, tales como Barreras, Terminales y Amortiguadores de Impacto, no para evitar accidentes, pero si para disminuir sus consecuencias que podrían ser fatales.

En los países de América Latina se ha estimado que anualmente mueren por accidentes de tránsito 100.000 personas y resultan lesionadas 1.200.000 personas; y en Chile mueren entre 1.500 y 2.000 personas por año, producto de los accidentes de tránsito.

Para el año 2001, de un total de 1655 víctimas fatales, solo 746 corresponden a accidentes ocurridos en las zonas urbanas, lo que representa un 45% del total.

La tendencia en los últimos años ha sido de estabilización y eventuales reducciones en la tasa de accidentabilidad y mortalidad. Estas tendencias son auspiciosas dado el aumento del parque vehicular, sin embargo, esta situación no se ha revertido del todo, producto de la puesta en servicio de nuevas carreteras concesionadas, que ha derivado también en un aumento en el nivel de tránsito y su velocidad.

La consigna del Ministerio de Obras Públicas a través del Departamento de Seguridad Vial, es trabajar en la prevención de los accidentes y en la reducción de las consecuencias. El trabajar en el análisis de los niveles de riesgo, y en el equipamiento de las infraestructuras, así como en el desarrollo de programas para la identificación de los tramos de Concentración de accidentes por tipo de vehículos, como motocicletas, automóviles, turismos, buses y camiones. Investigar en este sentido, en colaboración con otras instituciones, ayudará en la reducción de los siniestros.

Objetivos Generales

Con el propósito de analizar los métodos actualmente utilizados en obras en Construcción de nuestro país y proponer medidas para mejorar la Seguridad tanto de usuarios como trabajadores, en obras que utilicen la vía pública, este estudio plantea los siguientes objetivos generales:

- Realizar una revisión Bibliográfica de la Normativa Nacional vigente en cuanto a medidas de seguridad en los trabajos en vía pública.
- Estudiar diversos casos en obras que se ejecutan en la comuna de Valdivia, con el objetivo de poder dimensionar en terreno las falencias que se puedan encontrar en los trabajos de construcción.
- Proponer medidas para mitigar los efectos originados por los trabajos, a usuarios de las vías, así como también para trabajadores y medio ambiente, analizando los impactos que se generan por el uso de vías públicas en el entorno a la obra.
- Conocer los distintos tipos de elementos de contención tales como Barreras de Seguridad, Amortiguadores de Impacto y Terminales de Barreras, y a la vez proporcionar antecedentes detallados de lo que existe y se aplica en el mundo desarrollado; saber elegir los sistemas mas adecuados para cada caso en particular, que estos ayuden a disminuir la severidad de los accidentes y con ello el número de víctimas y daños materiales.
- Analizar distintos métodos de Protección y Estabilización de Taludes, con el objetivo fundamental de aumentar la seguridad frente a eventuales deslizamientos

producto de los agentes erosivos tanto naturales como medioambientales del terreno en sí, mediante el uso de Geosintéticos y Técnicas de Bioingeniería o uso de la Vegetación entre otros.

Metodología de Trabajo

El método utilizado para realizar este estudio es recopilar toda la Bibliografía existente a nivel Local referente al tema en cuestión, por medio de información entregada por distintas entidades como por ejemplo, Ministerio de Obras Publicas, Carabineros de Chile, Corporación Nacional de Accidentes de Tránsito, y a nivel internacional por medio del Manual Norteamericano AASHTO, para así extraer lo más importante del tema, lo que cumplirá con los objetivos planteados. Además realizar visitas directamente a lugares donde se llevan a cabo obras en las vías públicas, donde se pueda apreciar todo lo recopilado por medio de las Bibliografías y poder comparar lo teórico con lo práctico.

Estructura de la Memoria

Esta Memoria tiene como estructura lo siguiente:

1.- En lo que ha **Señalización de Obras Viales** se refiere, se realiza una extracción de lo que señalan las Normas Vigentes de nuestro país, realizando un análisis exhaustivo en todos los aspectos más importantes que se deben tener en cuenta a la hora de realizar trabajos en la vía pública.

Se dan recomendaciones útiles para asegurar la integridad física de trabajadores, peatones y conductores.

Además, se enumeran los criterios técnicos que permitan conocer cuáles, cuándo, donde y como deben ser instalados los diferentes tipos de Señalización y dispositivos de Seguridad a implementar, cuando estemos frente a la necesidad de realizar cualquier tipo de obra vial, sea de reparación o construcción de calles, puentes, veredas, etc.

Por último, se da a conocer por medio de una selección de fotografías tomadas in situ de distintas obras, un análisis de los aspectos destacables y deficientes que más llaman la atención en comparación con las disposiciones que dictan las Normativas en nuestro país.

2.- Con respecto al tema de **Seguridad Vial**, se realiza un estudio de los variados tipos de Barreras de Seguridad que se usan en las carreteras de nuestro país, además de los tipos de Amortiguadores de Impacto mas conocidos e implementados en el mundo desarrollado, así como también sus justificaciones económicas, recomendaciones de ubicación, criterios de selección, condiciones de ensayo, diseño geométrico , condiciones de operación y otros tipos de consideraciones, que son en sí, aspectos relevantes que debemos conocer al elegir

el Sistema de Contención • Amortiguación adecuado y al momento de evaluar inversiones en programas de Seguridad Vial.

3.- Por último se mencionan diferentes métodos económicamente alternativos de **Protección de Taludes**, tales como Bioingeniería, Hidrosiembra y mallas de HDPE, así como sus características y funciones mas importantes al momento de prevenir erosiones y deslizamientos de terreno.

CAPITULO I

1. CONSIDERACIONES PRELIMINARES EN EL AMBITO DE SEGURIDAD VIAL EN ZONAS DE TRABAJOS

1.1 TRABAJOS EN LA VIA PUBLICA DE OBRAS EN CONSTRUCCION

La Construcción de Obras de caminos así como su mantenimiento es un tema que ha resultado de la gran cantidad de vehículos que han salido al mercado, creados por las distintas empresas que se dedican a este rubro. Con este gran despegue automotor, en el mundo cada vez se ha hecho más importante contar con vías que aseguren de la mejor forma la vida de los usuarios al momento que éstos transiten por ellas.

El ámbito que asegura en este respecto la vida de las personas es la Seguridad Vial. La Seguridad vial, como su nombre lo indica, pone principal relieve en la seguridad en todas las condiciones existentes en los caminos por los cuales circulen diferentes tipos de vehículos, implementando métodos, equipos, y disposiciones reglamentarias que aseguran a los usuarios. Una de las ramas a la cual pone énfasis el ámbito de La Seguridad Vial, es cuando se presentan condiciones imprevistas para los conductores, como es el caso de la ejecución de trabajos o faenas de Construcción en las vías publicas.

Los trabajos en las vías publicas son condiciones que alteran considerablemente el normal desarrollo de la circulación vehicular de cualquier sector. Estos trabajos implican que los conductores deben estar completamente advertidos de las nuevas condiciones que en el trayecto se aproximan. Es por este motivo que es de vital importancia realizar los trabajos con la mayor planificación posible, lo que incluye tomar en consideración todos los aspectos que puedan de alguna manera poner en riesgo de accidente a los conductores, trabajadores y peatones que se desplacen

por el lugar, tomando en cuenta en este aspecto, que el tamaño del trabajo que se realiza no tiene ninguna relevancia, sino que todas las faenas deben tener las mismas medidas de seguridad.

Los trabajos que se realizan en las vías no solo alteran el curso normal del tránsito del lugar, sino que también afectan a otras áreas que sufren indirecta o involuntariamente impactos de todo tipo, ya que se ven insertas en el proceso que se lleva a cabo y que normalmente no son consideradas en las etapas de evaluación y desarrollo del proyecto.

A continuación se presentan algunos de los impactos que sufren algunas entidades que rodean al sector de los trabajos en la vía.

1.2 IMPACTOS QUE SE PRESENTAN EN LUGARES CON ZONAS DE TRABAJOS

1.2.1 Agentes afectados por las obras

En cualquier proyecto de construcción de caminos, se presentan impactos que afectan a diversos sectores que se ven involucrados de alguna manera por la faena que se realiza durante el período que duran los trabajos. Es por este motivo que es imprescindible tomar conciencia de estos impactos para lograr su incorporación de alguna forma en las distintas etapas de un proyecto. Dentro de este contexto se pueden visualizar los siguientes:

Contratistas

El primer impacto importante, es la relación que se genera entre el contratista y los servicios públicos, situación que generalmente provoca retrasos a los contratistas, afectando no sólo a éste sino a los habitantes del sector por el tiempo extra que deben soportar por la existencia de obras. Esta relación se ve muchas veces agravada por la falta de coordinación que se logra entre las partes, problemas de

conocimiento de sus instalaciones que en muchas ocasiones tienen los servicios, y por el poco tiempo que tienen para planificar sus obras en forma adecuada.

Otro problema que afecta a los contratistas es aquel derivado de aspectos de constructibilidad, es decir de problemas con diseños y las programaciones.

Estos problemas generalmente se presentan debido a que no ha participado personal experimentado en la construcción de la programación y el diseño de las obras, logrando con esto que se presenten re-diseños o cambios por la necesidad de encontrar la mejor solución en el momento.

La incomodidad en las obras es otro punto considerado un problema para el contratista. Esto genera bajas en la productividad, derivando en problemas con los servicios públicos si deben compartir el espacio disponible o por tener un esquema impuesto de trabajo que no le permite trabajar de forma cómoda.

Por último, el contratista se ve afectado constantemente tanto por la inseguridad de sus trabajadores (seguridad personal), como por la de los equipos y la de los trabajos ya realizados.

Usuarios

Este sector que se involucra en cualquier realización de trabajos en la vías, es el que sufre mayores trastornos, ya que se ven enfrentados a problemas adicionales a los de normal paso por la zona. Estos problemas se pueden dividir en 3 grupos:

❖ Costos debido a mayores tiempos de viaje: Estos costos se refieren principalmente a estar detenidos en filas o “colas” de vehículos, que se producen por la disminución del flujo vehicular producto de los trabajos. A estos costos también se anexan los costos generados por el tiempo perdido al pasar por la zona de entrada a los trabajos, zona de trabajos y zona de salida de éstos a menor velocidad.

❖ Costos debido al aumento de los recursos consumidos en la operación de los vehículos: Estos costos lo componen los costos adicionales de operación que se pueden producir por cambios de velocidad al llegar a las zonas de trabajos, aceleraciones o desaceleraciones en las filas de vehículos .

También existen costos adicionales de operación por el aumento de la rugosidad del camino en las zonas donde se realizan los trabajos o por la implementación de desvíos especiales con alta rugosidad.(Ej.: caminos alternativos de tierra)

❖ Costos debido al aumento de accidentes por la existencia de trabajos: Estos costos comprenden los accidentes que se generan debido a situaciones anormales y desconocidas tanto físicas como de tránsito en la zona . Estos accidentes causan daños materiales, costos indirectos e incluso pérdidas de vidas humanas.

Negocios

Los negocios o locales comerciales se ven altamente afectados por los trabajos realizados, lo que se ve agravado si el negocio no ha tenido la posibilidad de prepararse, por falta de una buena comunicación con la cual se dé a entender el período en que se verá afectado dicho local.

Los principales impactos a los que se ven afectados los negocios son la baja en el nivel de ventas producto de que el público al no tener un acceso que demuestre seguridad es contrario a exponerse innecesariamente a un accidente. Así también por los problemas de acceso que tienen los vehículos que pasan por la zona y por la menor visibilidad, los clientes evitan entrar a los locales comerciales. Esto además genera que los negocios no se pueden aprovisionar de los artículos de venta que ellos ofrecen, que no puedan entrar las personas que laboran en esos lugares, etc.

Todos los problemas de los negocios están relacionados en alguna forma con el tiempo de duración de las obras en la zona donde se encuentran, así, mientras

menor sea el tiempo de ejecución de las obras en aquellos lugares, menor será el impacto para los locales comerciales. Esta responsabilidad recae indiscutiblemente en los contratistas, ya que ellos deben velar por que la ejecución de las faenas sean llevadas de acuerdo a la programación para así minimizar el tiempo en la ejecución de las obras.

Medio Ambiente

La cuantificación de estos impactos es difícil de cuantificar, pero lo que si se hace es regular las actividades que realizan los contratistas, obligándolos a realizar actividades de reposición en compensación por los daños hechos considerados inevitables para llevar a cabo el proyecto.

En la zona de trabajos se pueden presentar los siguientes impactos:

- ❖ Contaminación acústica: Es la generada por la Maquinaria, Equipos y Vehículos. Puede tener una gran importancia si la obra está cerca de Colegios, Hospitales o viviendas.

- ❖ Emisiones: Estas se generan por la acción de maquinarias y equipos del contratista, además de los vehículos que puedan estar en las “colas” pues en muchos casos mantienen el motor encendido liberando gases al ambiente con cantidades mayor a lo normal en la zona de faenas.

- ❖ Polvo: Este impacto también puede llegar a ser un agente importante particularmente donde se realizan desvíos por caminos de tierra o ripio, ya que se levanta gran cantidad de polvo por el paso de vehículos cuando el camino alternativo no ha sido mantenido o preparado para evitar la polución.

❖ Otros impactos: Dentro de otros inconvenientes que se presentan en el medio ambiente están: flora del sector destruida, árboles dañados o talados, escombros botados en el sector, empréstitos no tratados en el sector en forma adecuada durante y después de su uso, generando degradación del terreno.

Particulares

Los particulares del sector se ven afectados por las obras principalmente por los problemas de accesibilidad, ruidos, inseguridad debido a falta de lugares de acceso o desplazamiento, poca señalización en el entorno lo que aumenta la posibilidad de accidentes, problemas de tránsito a peatones, incertidumbre por la poca información respecto a los trabajos en la zona como para estar preparados.

Servicios Públicos

Dentro de este Grupo están: Bomberos, Carabineros, Ambulancias, CONAF, etc.

Estos servicios están expuestos a los mismos problemas de los usuarios normales, es decir, congestión, tiempos perdidos, menor capacidad de las vías disponibles, etc.

Lo delicado de este impacto es que puede causar muertes de personas que estén en peligro y que necesitan de estos servicios con prontitud.

1.2.2 Medidas para Mitigar los Impactos en lugares con trabajos en la vía

Para poder mitigar, pero no eliminar, los impactos que se mencionaban anteriormente, se pueden llevar a cabo labores que no presentan mucha dificultad pero que van a ayudar a las personas y entidades que se ven envueltas de alguna manera en los trabajos que se llevan a cabo a tomar los resguardos pertinentes.

Dentro de éstas se pueden mencionar:

- Para atenuar los impactos producidos a los usuarios se debe apuntar a disminuir el tiempo de construcción, seleccionar un sistema de control de tránsito en la zona y dar una buena información de los trabajos en ciertos lugares estratégicos como bencineras, peajes, negocios, etc, para que ellos tomen la mejor decisión, lo cual involucra entregar panfletos, o afiches que indiquen las restricciones.

- Las medidas para el medio ambiente son del tipo preventivas, o sea las que se llevan a cabo antes que comience el proyecto; mitigadoras, las que aminoran los impactos durante los trabajos y las correctivas, las que reponen en parte el entorno que pudo ser afectado por las obras.

- La empresa encargada de la Obra debe tener especial cuidado en preservar las condiciones del medio ambiente principalmente en lo relativo al manejo y operación del equipo mecánico para la ejecución de los trabajos, para lo cual, se debe evitar el vertimiento al suelo y a las aguas, de las grasas y aceites teniendo en cuenta todas las normas de seguridad en cuanto al uso de combustibles y lubricantes; además, se debe dar atención a las recomendaciones de las casas fabricantes en cuanto a las normas sobre niveles de ruido y emisión de material particulado o gases, siendo responsabilidad del Contratista su previsión así como los perjuicios que se ocasionen por el incumplimiento u omisión en acatarlos.

- Las medidas para atenuar los impactos de los servicios públicos, es dar toda la información posible, ya que ante una emergencia ellos podrán tomar vías alternativas teniendo presente la información otorgada.

1.3 PRINCIPIOS BASICOS A CONSIDERAR PARA EJECUTAR DE BUENA MANERA OPERACIONES EN ZONAS DE TRABAJO EN LAS VIAS

1.3.1 Generalidades

Las obras de construcción en zonas donde se debe interrumpir el tráfico, presentan grandes riesgos para conductores, trabajadores, para peatones y en general para cualquier persona que transite por el lugar. Es por este motivo que la uniformidad de medidas de seguridad hará que los entes involucrados puedan actuar con conocimiento de causa del peligro que se puede presentar. Es importante destacar que todos los principios involucrados en la ejecución de trabajos en la vía pública son para trabajos de cualquier magnitud e importancia, lo cual permitirá reducir las posibilidades de accidentes a los usuarios de la vía y a los trabajadores y, a la vez, hacer más expedito y con las menores molestias el desplazamiento de conductores de vehículos, pasajeros y peatones, por tales sectores.

En el caso de las personas responsables de la buena ejecución de los trabajos en las vías públicas y de su seguridad, deben poseer conocimientos básicos y claros de los parámetros que se presentan en determinados lugares donde se llevan a cabo las obras, para lo cual se deben manejar los conceptos claramente y saber aplicarlos a cada distinta situación que se presente, con el mayor profesionalismo ya que están envueltas vidas en todo lo que se disponga.

Dentro de los principios básicos a tomar en cuenta en operaciones en zonas de trabajos se pueden mencionar:

a) La necesidad del tráfico expedito en zonas de trabajo requiere planificación de la obra y la colocación de dispositivos en esta zona.

Al ejecutar la planificación y colocación de dispositivos se debe dar prioridad a los trabajadores, conductores y peatones. Para esto se necesita un Sistema de Control

de Tráfico, el que detalla cómo controlar el tráfico que circula por la zona de trabajo. Este incluye estrategias, requisitos del personal, uso de dispositivos, señales, etc.

La planificación del control de tráfico tiene como objetivo principal aumentar al máximo la Seguridad y la Conveniencia del Conductor a un costo razonable tomando en cuenta los riesgos y problemas que ello representa. Esto significa disminuir los accidentes mientras que se aumenta la conveniencia. Dentro de la planificación de la obra también se debe tomar en cuenta la coordinación con la Policía, servicios de asistencia, escuelas, ferrocarriles, etc, ya que éstos pueden ser necesarios ante situaciones inesperadas e inusuales en la operación del tráfico.

Existen Normas básicas para disminuir la cantidad de Accidentes:

- ❖ Colocar dispositivos visibles y que funcionen debidamente, por ejemplo advertir de la proximidad de zonas de trabajos.
- ❖ Evitar el uso de vías demasiado estrechas al acercarse al área de trabajo (peligro para trabajadores).
- ❖ Utilización de dispositivos de canalización más livianos y menos peligrosos, así como también amortiguadores en las barreras en las zonas de trabajo.

b) El tráfico de vehículos debe impedirse lo menos posible

Para lograrlo, las obras deben ejecutarse y programarse de modo que el conductor encuentre muy pocas situaciones imprevistas. Además se deben evitar los cambios bruscos o súbitos en la geometría del camino. Se debe recordar que los conductores sólo disminuyen la velocidad cuando consideran que es absolutamente necesario.

c) Dar información clara y concisa a los conductores y peatones en la zona de trabajos.

El objetivo principal de las señalizaciones de tránsito en obras, es dar una mayor fluidez al desplazamiento de los vehículos y personas que transitan por aquel lugar, de modo cómodo y seguro evitando al máximo el riesgo de accidentes y extensos lapsos de tiempo que provocan demoras innecesarias.

Se deben colocar dispositivos o señalizaciones provisionales los que protegerán a los trabajadores y peatones durante las operaciones.

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

El cumplimiento de los requisitos mínimos a que se refiere el punto anterior supone que, a su vez, las señales deben satisfacer determinadas condiciones respecto de los siguientes aspectos claves:

❖ **Diseño** : El diseño de la señalización debe asegurar que :

- a) Su mensaje sea auto explicativo. Toda señal o elemento utilizado en la zona de trabajos debe transmitir un mensaje inequívoco al usuario del sistema vial, lo que se logra a través símbolos y/o leyendas. Estas últimas se componen de palabras y/o números. Dado que los símbolos se entienden más rápidamente que las leyendas,

se recomienda dar prioridad al uso de ellos. Si el mensaje está compuesto por un símbolo y una leyenda, ambos deben ser concordantes.

b) Su tamaño, contraste, colores, forma, composición y retrorreflexión o iluminación se combinen de tal manera que atraigan la atención de todos los usuarios.

c) Su forma, tamaño, colores y diagramación se combinen para que el mensaje sea claro, sencillo e inequívoco.

d) Su legibilidad y tamaño correspondan al emplazamiento utilizado, permitiendo un tiempo adecuado de reacción.

e) Su tamaño, forma y mensaje concuerden con la situación que se señala, contribuyendo a su credibilidad y acatamiento.

f) Sus características de color y tamaño se aprecien de igual manera durante el día, la noche y condiciones de visibilidad limitada es decir, las señales y dispositivos de seguridad deben ser visibles en cualquier período del día y bajo toda condición climática. Por ello, se confeccionan con materiales apropiados y se someten a procedimientos que aseguran su retrorreflexión en toda su superficie en el caso de las señales, y al menos parcialmente en el caso de los dispositivos que no cuentan con iluminación propia. Esta propiedad permite que sean más visibles en la noche al ser iluminados por las luces de los vehículos, ya que una parte una parte significativa de la luz que reflejan retorna hacia la fuente luminosa.(Figura N°1)

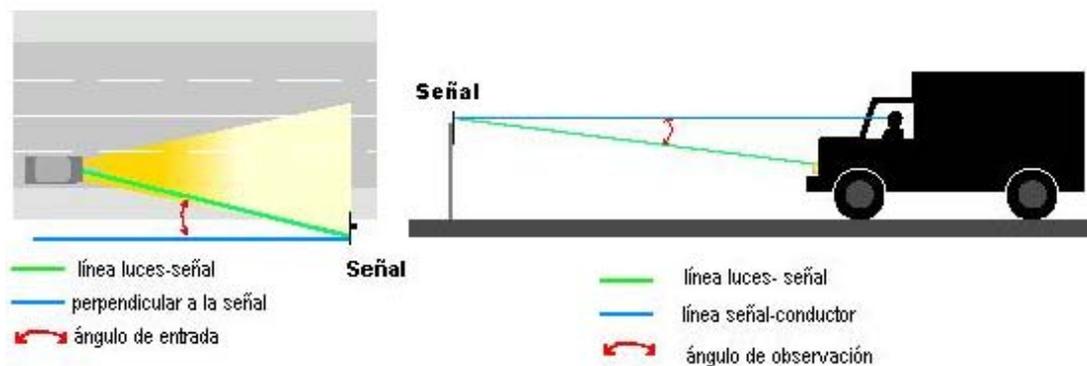
❖ Uniformidad

La señalización debe tratar siempre situaciones similares de la misma manera. Esto, además de facilitar el reconocimiento y entendimiento de las señales por parte de los usuarios, genera ahorros en la manufactura, instalación, conservación y gestión de la señalización.

❖ Justificación

En general, se recomienda instalar un número razonable y conservador de señales, ya que su uso excesivo reduce su eficacia.

Figura N ° 1. Esquema que muestra el efecto en la Retroreflexión de señales.



❖ Conservación y Mantenimiento

Toda señalización tiene una vida útil que es función de los materiales utilizados en su fabricación, de la acción del medioambiente, de agentes externos y de la permanencia de las condiciones que la justifican. Por ello, resulta imprescindible que las autoridades responsables de la instalación y conservación de las señales cuenten con un catastro de ellas y con un programa de mantenimiento e inspección que asegure su oportuna limpieza, reemplazo o retiro.

❖ Simbología

A nivel internacional existe la tendencia a preferir señales con mensajes simbólicos en lugar de escritos, ya que el uso de símbolos facilita una más rápida comprensión del mensaje, contribuyendo así a una mayor seguridad del tránsito.

Lo anterior cobra especial relevancia al considerar que las economías y el tránsito se encuentran cada día más globalizados, y que día a día aumenta la cantidad de conductores extranjeros en cada país.

Las señales deben cumplir con una serie de características básicas para su utilización.

❖ **Sistema de Soporte**

El sistema de soporte de las señales y elementos de canalización en zonas de trabajos debe asegurar que éstos se mantengan en la posición correcta ante cargas de viento y que si inadvertidamente es impactado por un vehículo, no represente un peligro grave para éste, para los peatones o para los trabajadores de la obra.

Cuando sea necesario lastrar las bases de esas señales y/o elementos se recomienda el uso de sacos de arena. Nunca deben utilizarse en sus bases hormigón, estructuras metálicas o piedras.

❖ **Emplazamiento**

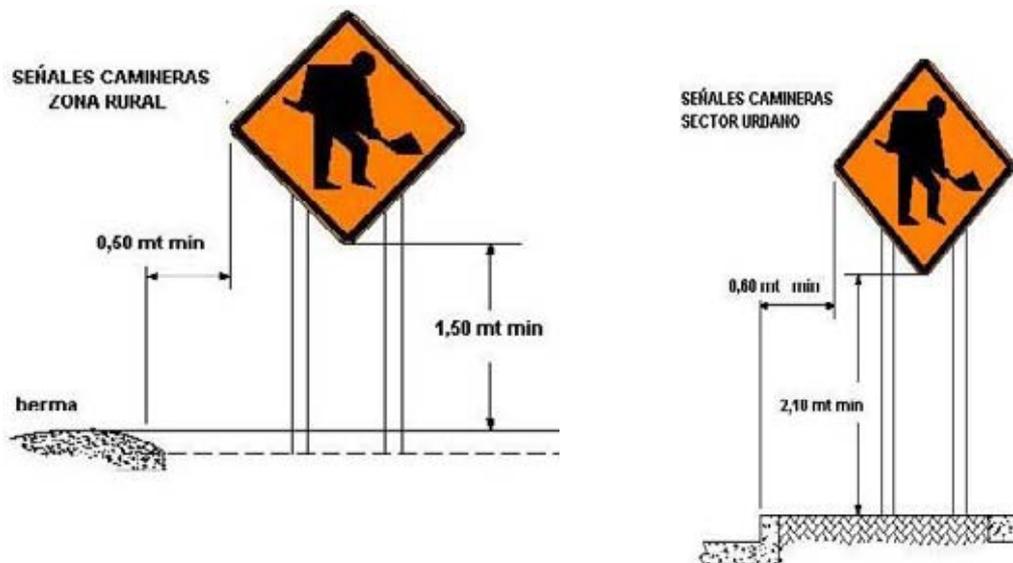
Dado que los trabajos en la vía constituyen una alteración de las condiciones normales de circulación, tanto la ubicación de dichos trabajos como sus características deben ser advertidas a los conductores con una anticipación tal que tengan tiempo para captar la señal, reaccionar y acatarla.

Esto requiere que las señales y dispositivos estén emplazados apropiadamente respecto a la situación a que se refieren y de tal manera que sean claramente perceptibles para los usuarios de la vía.

Como regla general las señales se deben ubicar al costado **DERECHO** de la calzada, y cuando se estime conveniente al lado izquierdo. Sin embargo, se pueden colocar señales con soportes móviles dentro de la calzada.

La norma sobre medidas para la altura y distancia de las señales en zonas urbanas y rurales se indican en Figura N ° 2.

Figura N °2. Se observan las medidas de altura y ancho para señales transitorias en sectores urbanos y rurales



1.4 MEDIDAS DE SEGURIDAD PARA ZONAS CON SISTEMAS DE CONTROL DE TRAFICO

Las señales y medidas de seguridad para trabajos en la vía tienen como objetivo fundamental que el tránsito a través o en los bordes de la zona donde se realizan las obras sea seguro y expedito, alterando lo menos posible las condiciones normales de circulación, garantizando a su vez la seguridad de los trabajadores y de las faenas. A todos estos despliegues en conjunto, como ya se había mencionado se les denomina Sistemas de Control de tráfico.

Esto requiere que las señales y medidas utilizadas reglamenten la circulación, adviertan de peligros, guíen adecuadamente a los conductores a través de la zona de trabajo y protejan tanto a éstos como a los trabajadores.

Deben ser instaladas, previo análisis técnico, sólo en aquellos lugares donde se justifiquen y por el período de tiempo que duren los trabajos.

1.4.1 Zona de Trabajos en planes de control de tráfico

Dentro de las zonas que se pueden mencionar en un Plan de control de tráfico encontramos 5 partes:

a) Área de Advertencia de proximidad

En esta área se debe advertir a los usuarios la situación que la vía presenta más adelante, proporcionando suficiente tiempo a los conductores para modificar su patrón de conducción (velocidad, atención, maniobras, etc.) antes de entrar a la zona de transición. A este respecto se deben considerar la velocidad máxima del camino y la condición del camino para saber la distancia entre los dispositivos. El número de dispositivos en esta zona puede aumentarse o disminuirse dependiendo de la zona de trabajo. En la mayoría de los casos el área de advertencia debe ser de 1 Km. o más. Donde el tráfico es poco o moderado (como en una zona rural) puede ser de 500 mts.

b) Área de Transición

Es el área donde los vehículos deben abandonar la o las pistas ocupadas por los trabajos. Esto se consigue generalmente con canalizaciones o angostamientos suaves, delimitados por conos, tambores, marcas en el pavimento u otros dispositivos.

c) Área de Trabajos

Es aquella zona cerrada al tránsito donde se realizan las actividades requeridas por los trabajos, en su interior operan los trabajadores, equipos y se almacenan los materiales.

d) Área de Tránsito

Es la parte de la vía a través de la cual es conducido el tránsito.

e) Área de Seguridad o espacio libre

Es el espacio que separa el área de trabajos de los flujos vehiculares o peatonales. Su objetivo principal es proporcionar al conductor, que por error traspasa las canalizaciones del área de transición o la de tránsito, un sector despejado en el que recupere el control total o parcial del vehículo antes que éste ingrese al área de trabajo. Por ello no deben ubicarse en ella materiales, vehículos, excavaciones, señales u otros elementos.

f) Fin Zona de Trabajos o de terminación

Es el área utilizada para que el tránsito retorne a las condiciones de circulación que presentaba antes de la zona de trabajo.

En la figura N° 3 se puede observar el esquema con cada una de estas áreas.

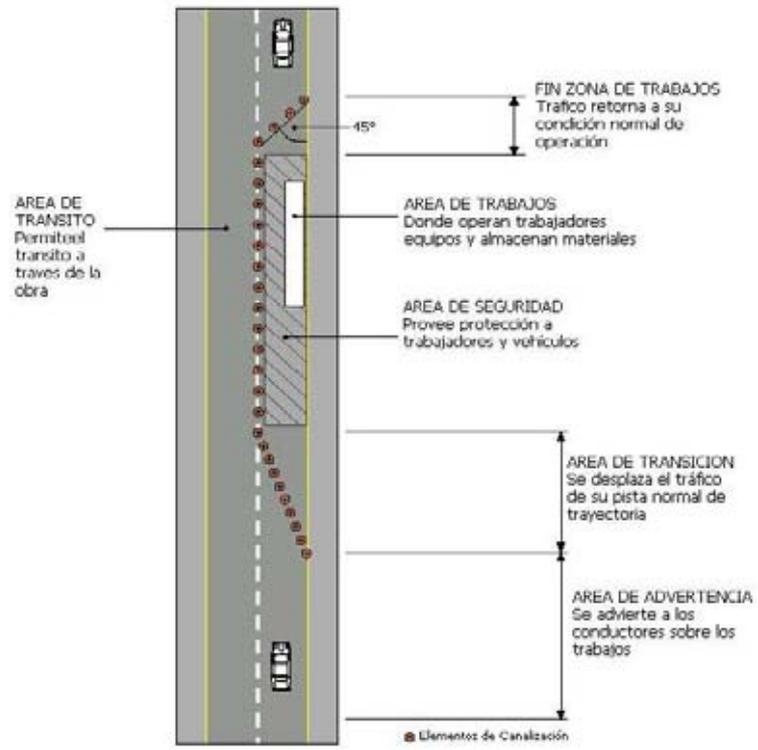


Figura N °3. Áreas o zonas en un Sistema de Control de Trafico

CAPITULO II

2. NORMATIVA CHILENA DE SEGURIDAD VIAL EN ZONAS DE TRABAJOS

2.1 AMBITO DE APLICACION

Las características de cada obra, ya sea la repavimentación de un camino, la construcción o mantención y la variedad de condiciones que se pueden presentar, no hacen posible establecer una secuencia rígida y única de señales, dispositivos y normas. Es por este motivo que el “Manual de Señalización de Transito”, “Señalización Transitoria y Medidas de Seguridad para Trabajos en la vía” que rige desde 1982 en nuestro país, y que ha sido actualizado en el año 2002 tiene como principal objetivo lograr una uniformidad a nivel nacional, en situaciones que se presentan a menudo en las calles y carreteras cuando se realizan trabajos, tanto en sectores urbanos como rurales. Para ello, además de entregar las especificaciones de cada elemento de señalización - ya sean señales verticales u horizontales, balizas u otros - se consignan los criterios técnicos que permiten conocer cuáles, cuándo, dónde y cómo deben ser instalados.

La normativa que contiene este Manual se ajusta a las disposiciones que Chile suscribió en La Convención de Viena sobre Seguridad Vial de 1968 , la que se encuentra actualmente vigente.

En este Manual que actúa como Norma, se incluyen todos los elementos a utilizar en la ocupación de una vía producto de trabajos, ya sean signos, marcas, barreras y elementos de canalización, dispositivos luminosos y sistemas para regular el tránsito, dispositivos de seguridad para trabajadores y peatones.

También se incluyen aplicaciones para situaciones típicas, que ilustran y muestran la correcta utilización de medidas técnicas para una protección normal.

Los principios y normas establecidas que son las mínimas para situaciones normales, deben ser tratadas en forma individual por las autoridades que deben

conceder las autorizaciones para el trabajo en la vía pública, basándose en este Manual. Es decir, las Municipalidades en zonas urbanas y Dirección de Vialidad en las vías sujetas a su cuidado – deben asegurar que la apertura al tránsito vehicular y/o peatonal de una nueva vía o desvío, sólo se lleve a cabo previa instalación de toda la señalización requerida. Para esto, quien ejecute los trabajos debe confeccionar un Plan de Señalización y de Medidas de Seguridad, el cual debe contar con la aprobación previa. El Plan de Señalización y Medidas de Seguridad debe ser confeccionado por un Ingeniero Civil, Arquitecto, Constructor Civil, Ingeniero de Ejecución de Transporte y/o Tránsito u otro profesional que cuente con un curso de acreditación respecto de la materia.

El Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, fue designado Organismo Rector a nivel nacional en materia de tránsito, subsanándose así uno de los principales inconvenientes que había tenido nuestro país hasta entonces para lograr un efectivo desarrollo en esta área: el que no hubiese una institución pública que hiciera de coordinadora general en esta importante materia.

Corresponde al ya citado Ministerio, a través de sus Secretarías Regionales, adoptar las medidas necesarias, en orden a que la señalización de tránsito que exista en el país sea concordante con los criterios técnicos y demás disposiciones, procediendo el retiro de cualquier señal no oficial, así como también de cualquier otro letrero, signo, demarcación, propaganda o elemento que altere la señalización oficial o dificulte su percepción.

2.2 SEÑALES Y DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD

En el Manual de Señalización Transitoria y Medidas de Seguridad para Trabajos en la vía, se detallan diferentes elementos que se utilizan en la habilitación de cualquier zona de trabajos que se efectúe en la vía, las cuales se presentan a continuación y que más adelante se detallarán con mayor profundidad.

□ **Señales Verticales**

De acuerdo a la función que desempeñan, se clasifican en:

- a) 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 trasgresión constituye infracción a las normas del tránsito.
- b) Señales de Advertencia de Peligro: Su propósito es advertir a los usuarios la existencia y naturaleza de riesgos y/o situaciones imprevistas presentes en la vía o en sus zonas adyacentes. Estas señales suelen denominarse también señales preventivas.
- c) Señales Informativas: Tienen como propósito guiar a los usuarios a través de la zona de trabajos y entregarles la información necesaria para transitar por ella en forma segura.

□ **Elementos de Canalización**

Su propósito es delimitar las superficies disponibles para el tránsito, guiando a los conductores y peatones a través de la zona de trabajo, y aislar las áreas destinadas a la obra propiamente tal. También permiten definir las variaciones en el perfil transversal, garantizándose de esta forma un nivel de seguridad adecuado tanto a los usuarios de la vía como al personal a cargo de las faenas.

□ **Demarcación**

Se utiliza para regular la circulación, advertir, guiar y encauzar a los usuarios que transitan por la zona de trabajos.

□ **Sistemas de Control de Tránsito**

Su propósito es regular el paso de vehículos y peatones en la zona de trabajos en aquellos puntos o tramos donde dos o más flujos deben compartir la vía.

□ **Elementos para Aumentar la Visibilidad de Trabajadores y Vehículos**

Se utilizan para asegurar que los trabajadores y vehículos de la obra sean distinguidos y percibidos apropiadamente por los conductores en cualquier condición.

2.3 GENERALIDADES SOBRE SEÑALES VERTICALES TRANSITORIAS UTILIZADAS EN ZONAS DE TRABAJOS

2.3.1 Requisitos generales de las señales en zonas de trabajo en vías públicas.

La señalización pertinente tendrá el fondo de color naranja, con símbolos o leyendas de color NEGRO, definido en la norma Nch1927, lo que significa que son señales transitorias. Por ser de éste tipo (transitorias) no regirán las normas de altura ni de montaje con respecto al nivel del suelo, pudiendo ser incluso de menor altura que la que especifican las disposiciones legales.

Queda prohibido el utilizar franjas u otras figuras geométricas que no se especifiquen en las Normas, ya que destruyen el propósito de mantener uniformidad y simplicidad en el diseño. Sin embargo se recomienda el uso de luces amarillas de advertencia junto con los signos, mientras no interfieran la clara visión del frente de la señal.

Todas las señalizaciones donde no exista luz normal de día deben ser reflectantes o iluminadas. Cuando una luminosidad ajena a la obra no deje observar las señales, se permite colocar señales luminosas, ya sea del fondo o el símbolo o leyenda de la señal.

Es importante retirar o tapar los dispositivos estables que son inadecuados ya que

pueden contradecir la información que se desea transmitir por medio de los que están en la zona de trabajo.

Las señales deben construirse de tal forma que no ofrezcan resistencia ante un choque o impacto. También se pueden colocar señalizaciones sobre un vehículo estacionado o en movimiento un poco antes del lugar de trabajo, los cuales pueden poseer una fuente de electricidad para emitir luces en forma de flashes o luces de señales.(Figura N° 4)

Figura N° 4. En la figura se aprecia un tipo de vehículos para sostener señales Luminosas (www.wzsafety.tamu.edu)



2.3.2 Tipos de señales utilizadas en zonas de trabajos

Dentro de los tipos de señales utilizadas en las zonas de trabajos en las vías de circulación vehicular, se encuentran 3 tipos:

- a) Señales Preventivas
- b) Señales Informativas
- c) Señales reglamentarias

a) Señales Preventivas

Este tipo de señales es de gran importancia debido a la gran variedad de situaciones que se pueden presentar en la vía, lo cual hace imprescindible advertir oportunamente a los usuarios de los peligros que se avecinan mas adelante en su trayecto permitiéndoles actuar al tiempo oportuno.

Cuando los trabajos se lleven a cabo en vías urbanas, donde la velocidad máxima permitida sea igual o superior a 70 Km/hr, todas las señales de advertencia deberán contener placas que indiquen la distancia a los trabajos en metros o kilómetros, las cuales se colocarán bajo el letrero en el mismo soporte.

Algunos tipos de señales preventivas utilizadas en Chile para la ejecución de faenas en calles y carreteras son:

a.1) Señal de “Trabajos en la vía”

Esta es la primera señal que se coloca cuando se efectúan trabajos. Se emplea para alertar la proximidad de trabajos en la vía. Los usuarios deben reducir la velocidad y circular con precaución.(Figura N ° 5 y 6).

En áreas rurales se instalará a lo menos 500 m antes del lugar donde se ubica la obra.

Esta señal denominada también "Hombres Trabajando" se usará, además, para advertir obras viales menores o trabajos en bermas, cumpliendo la función de proteger a los trabajadores que estén en la vía o cerca de ella.

En vías urbanas, más allá de trabajos de 50 o más metros de extensión o después de 2 o más sitios consecutivos de trabajos, deberá proveerse esta señal junto a una placa con la leyenda “FIN”.



Figura N° 5



Figura N° 6

A continuación en la Tabla N ° 1, se presentan las distancias mínimas para colocar la primera señal, que es la de “Proximidad de trabajos” o “ Trabajos en la vía “, la cual depende de la velocidad en la vía donde se realicen los trabajos.

Tabla N° 1

Distancias mínimas Recomendadas para Primera señal “ Trabajos en la vía”.

Velocidad máxima antes de la zona de trabajos (km/hr)	Distancia mínima entre primera señal e Inicio de la zona de transición.(mts)	
	Vías Rurales	Vías Urbanas
≤ 40	100	30
50	150	60
60	200	150
70	270	250
80	350	350
90	400	400
100	500	500
110	550	-
120	650	-

Fuente : Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones

En las vías que tengan características de autopista, la distancia mínima deberá regirse por lo establecido para las Vías Rurales.

Estos valores mínimos pueden ser aumentados según las características físicas y operacionales de la vía.

a.2) Señal de “ Maquinaria Caminera ”

Esta señal será colocada para prevenir la presencia de maquinaria en la vía, cuya operación pueda presentar riesgos inesperados. (Figura N ° 7).

Figura N° 7

(0,80 x 0,80 m)



a.3) Señal de “ Proximidad de Desvío ”

La señalización de la proximidad de un desvío se usará antes de un punto, en el cuál el tránsito se desvía por otra vía, temporalmente. Debe tener la leyenda "DESVIO".

Puede usarse repetitivamente o en conjunto con otras señalizaciones.

La distancia al lugar del desvío se modificará con una placa adicional colocada debajo de la señal principal, en el mismo soporte. (Figura N ° 8).

(0,80 x 0,80 m)

Figura N° 8



(0,40 x 0,80 m)

a.4) Señal de “ Angostamiento de calzada ”

Esta señal advertirá a los usuarios qué lado de la calzada se encuentra obstruido. Se debe instalar en la primera señal de la vía (“trabajos en la vía”) y al inicio del angostamiento de la calzada.

En la Figura N° 9 se observa el angostamiento del lado izquierdo de la calzada y en la Figura N° 10 tanto el lado izquierdo como el derecho.



Figura N° 9



Figura N° 10

a.5) Señal de “ Doble Tránsito ”

Esta señal se utilizará a intervalos, para advertir a los conductores la proximidad de un tramo de vía en el que se circule, provisionalmente, en los dos sentidos y en la misma calzada. (Figura N ° 11).



Figura N° 11

a.6) Señal de “ Pavimento Resbaladizo ”

Se utilizará para advertir a los conductores la proximidad de un tramo en el cual, a raíz de trabajos en la vía, la superficie del pavimento ha quedado resbaladizo. Su aplicación será temporal, debiendo ser retirada tan pronto desaparezca la condición de riesgo antes señalada. (Figura N ° 12).



Figura N° 12

a.7) Señal de “ Proximidad de Banderero ”

Esta señal se usará antes del punto, donde un hombre con una bandera se sitúa a fin de regular el tránsito a través del tramo donde existe sólo una pista en uso. Puede emplearse en conjunto con otras señales. Se colocara por lo menos 100 m. antes del BANDERERO. Esta señal deberá retirarse o taparse tan pronto como el banderero salga de su puesto. (Figura N ° 13).

(0,40 x 0,80 m)



Figura N° 13

a.8) Otros Peligros

Se usará para indicar la existencia de un peligro no susceptible de ser prevenido mediante señales convencionales, sin perjuicio de empleo de elementos de canalización y protección que sean necesarios. Podrá acompañarse de leyendas tales como: Explosivos, Trabajos Topográficos, Banderero y otros.(Figura N ° 14).



Figura N° 14

Figura N° 15. Señales que también se utilizan en obras para prevenir a los conductores.



CASOS DE TRABAJOS EN LA VIA DONDE SE UTILIZAN SEÑALES PREVENTIVAS



Fotografía N ° 1: Señalización de “ Trabajos en la vía”



Fotografía N ° 2: Señalización de “ Angostamiento en la vía”

b) Señales Informativas

Se deben utilizar señales informativas especiales para indicar con oportunidad el trabajo que se realiza, su tipo, distancias, los posibles desvíos y otros aspectos generales. Estas señales deben ser uniformes y tendrán fondo naranja reflectante y mensaje y orillas negras.

b.1) Señalización “ Trabajos en la vía ”

Los letreros que informen sobre trabajos en las vías públicas o que pueden tener incidencia sobre las condiciones de circulación, deben proveerse en los extremos de las obras de más de 3 Km de extensión siempre que se mantenga el tránsito por el sector.

Debe colocarse por lo menos a 1000 mts del inicio de las faenas. Lleva la leyenda **"TRABAJOS EN LOS PROXIMOS (-) KM"**..Puede ser colocado en una barrera y usarse, además, para trabajos de menor distancia o en calles, anotando siempre las distancias apropiadas. (Figura N° 16).



Figura N° 16

b.2) Señalización “ Fin de Trabajos ”

La señal “FIN DE TRABAJOS” debe proveerse sólo en casos en que se haya instalado la señal definida en el punto anterior (b.1) Deberá colocarse a menos de 300 m del término de la faena. Figura N ° 17.



Figura N° 17

b.3) Señalización “ Desvío ”

Esta señal se utiliza para ir definiendo la ruta que deberán seguir los conductores, pudiendo ésta, ser reemplazada por la señal reglamentaria correspondiente. La flecha de desvío lleva un símbolo indicador del sentido de la dirección, según sea la situación.

Cada desvío debe ser señalizado adecuadamente con señales temporales uniformes y señalizaciones de destino. Si se desvía una calle o carretera sin fijarse un recorrido obligado, se utilizará la señal informativa que indique los puntos en los cuales se recomienda cambiar de dirección para retomar la vía primitiva.(Figura N ° 18).



Figura N° 18

b.4) Señalización “ Camino Cerrado ”

Se utiliza antes de un punto en el cual se ha cerrado un camino al tránsito, o donde se permita sólo el tránsito local, vale decir, aquel que tiene como destino algún punto ubicado antes del lugar donde se ha cerrado el camino. La indicación de distancia en metros o kilómetros es opcional. (Figura N° 19)

Debe situarse en el centro o cerca del camino o sobre una barrera Tipo III y estar acompañada de la flecha de desvío correspondiente. No debe utilizarse donde el cierre de la vía está a alguna distancia de la señal y el tránsito local permite el acceso a puntos cercanos, ubicados antes del lugar de cierre. En este último caso debe utilizarse la señal " SOLO TRANSITO LOCAL, CAMINO CERRADO A ...KM". (Figura N° 20).



Figura N° 19



Figura N° 20

b.5) Señalización Proximidad de un sector donde solo hay una pista en uso

Se coloca por lo menos a 300 mts del lugar donde se inicia el tramo que temporalmente ha quedado con solo una pista en uso, para el tránsito en ambos sentidos. Lleva la leyenda “UNA PISTA A ...METROS”. Puede usarse repetitivamente o en conjunto con otras señales.(Figura N° 21).

**Figura N° 21****b.6) Señalización “Peligro a mts”**

Anuncia la proximidad de un peligro, cuya naturaleza se advertirá posteriormente. Se instalará a una distancia de 100 mts del peligro.(Figura N° 22).

**Figura N° 22**

**CASOS DE TRABAJOS EN LA VIA DONDE SE UTILIZAN SEÑALES
INFORMATIVAS**

Fotografía N ° 3: Señalización “Excavación Profunda ”



Fotografía N ° 4: Señalización “Fin Pista derecha”



c) Señales Reglamentarias

Las señales reglamentarias imponen obligaciones, limitaciones o prohibiciones especiales que los usuarios de la vía deben respetar. Su uso es determinado (en la misma forma que el resto de la señalización), por la autoridad que concede la autorización o suscribe el contrato o convenio para las obras viales de acuerdo con las normas generales sobre señalización.

Las señales reglamentarias, sin perjuicio de que sean instaladas transitoriamente, deben mantener las características de colores especificadas en el Manual de Señalización de Tránsito del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones.

Especial relevancia cobra en faenas en las vías, la señal reglamentaria “Paso Obligado”, que debe colocarse siempre al inicio y al final de las transiciones del ancho de la calzada, cuando se trate de trabajos que se desarrollen en vías urbanas. (Figura N° 23).

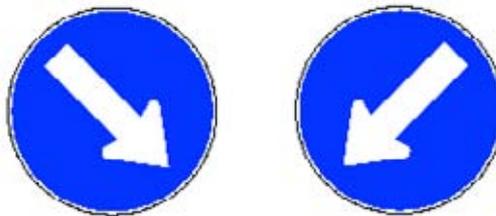


Figura N° 23. Señalización “ Paso Obligado”.

Otras señales reglamentarias utilizadas en Trabajos en la vía



CASOS DE TRABAJOS EN LA VIA DONDE SE UTILIZAN SEÑALES REGLAMENTARIAS



Fotografía N ° 5: Señalización “Mantenga su derecha”

2.4 CANALIZACION DEL TRAFICO

2.4.1 Generalidades

La canalización es la delineación horizontal y vertical del trazado de un desvío, la cual se materializa con señalizaciones y dispositivos de control de tráfico. En faenas en las vías se pueden materializar a través de diversos elementos, entre los cuales están :

- Conos
- Delineadores direccionales
- Barreras (con o sin luces intermitentes)
- Tambores (con o sin luces intermitentes)
- Cilindros de transito
- Flechas direccionales luminosas y Reflectores
- Hitos de vértice

La función de la canalización se puede dividir en dos secciones:

- i) Aquellas donde es necesario generar transiciones con angostamientos e incluso el cierre de una vía.
- ii) Tramos donde se debe delinear el trazado de la vía.

El emplazamiento de los elementos canalizadores debe asegurar una transición suave y una delineación continua, de tal manera que las maniobras necesarias para transitar a través de la canalización se puedan realizar en forma segura. Todos los materiales que conforman los elementos de canalización deben asegurar que al ser impactados por un vehículo, éste no sufrirá daños de consideración y que el dispositivo golpeado no constituirá un peligro para otros usuarios de la vía o trabajadores de la obra.

Por ello no deben utilizarse elementos metálicos, como el fierro, con la excepción de las Flechas Direccionales Luminosas. Tampoco se deben utilizar bases de hormigón o de piedra para el soporte de los elementos.

2.4.2 Elementos para Canalizar el tráfico

Los elementos que se utilizan para canalizar el tráfico, permiten delimitar las superficies disponibles para el tránsito, así como aislar las áreas afectadas por trabajos. Además, permiten definir las variaciones en el perfil transversal, garantizándose de esta forma, un nivel de seguridad adecuado tanto a los usuarios de la vía como al personal a cargo de las faenas.

A continuación se presentan los principales tipos de elementos de canalización utilizados en faenas, los cuales pueden ser utilizados en las distintas faenas en las vías públicas dependiendo del plan de Señalización a utilizar.

a. Conos de tránsito

Su principal función es la de canalizar el tránsito. Se utilizan cuando es necesario definir una variación en el perfil transversal de la calzada, para encauzar el tránsito y guiar el flujo vehicular por el lugar de los trabajos. No obstante, cuando el límite de velocidad máxima en la vía en la cual se efectúan los trabajos sea igual o superior a 70 Km/hr, la altura mínima de estos elementos deberá ser de 70 cm y al aumentar la velocidad, mayor será su altura (ver tabla N° 6). (Figura N° 24)

Tabla N° 2: Altura mínima de Conos

Velocidad Máxima en Km / hr.	Altura mínima de los conos en cm
Igual o menor a 50	70
60	70
70	80
80	80
Mayor que 80	100

Fuente: Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones

El espaciamiento máximo entre conos instalados a lo largo de una línea imaginaria paralela al eje longitudinal de la vía, esto es, cuando el ancho de calzada habilitado para el tránsito es constante, será de 9 m.

Sin embargo, NUNCA podrá haber menos de 2 conos entre 2 variaciones en el perfil de calzada disponible para el tránsito. En general para elementos de canalización la distancia entre ellos será 1/3 de la velocidad máxima en el lugar para zonas de trabajos y en zona de transición 1/6 de la velocidad.



Figura N° 24



Fotografía N °6 .En la figura se ve la utilización de conos en zona de trabajos

b. Delineadores verticales

Estos elementos indican la alineación horizontal y vertical del camino o calle permitiendo señalar la pista correcta para los vehículos durante las horas de oscuridad. El uso de estos elementos pueden hacerse en combinación con otros elementos de canalización. Los delineadores deberán consistir de una placa de 0.15m.a 0.20m. de ancho y 0.60m. de altura mínima, tener franjas y ser reflectantes, y estar colocados con la parte inferior de la placa a una distancia mínima de 0.50 mt. sobre la calzada en un poste liviano. Las franjas de la placa serán alternadas de 0.12 mt. de ancho, en color negro y naranja reflectante, con una inclinación hacia debajo

de 45° orientadas (Figura N° 25). Está absolutamente prohibido que estos elementos tengan como base para su estabilidad, elementos que puedan causar daño a los vehículos al ser eventualmente impactados, como es el caso de bases de hormigón o otros elementos similares. En vías urbanas, la altura de éstos debe ser de 75 cm, debiendo ser la superficie reflectante, a lo menos, de 15 cm de ancho por 60 cm de alto. Eventualmente, pueden tener 1 mt. de altura, en cuyo caso la superficie reflectante debe aumentarse en igual proporción. Cuando los delineadores son ubicados de modo que la superficie reflectante forma un ángulo de 90° con el tráfico que se aproxima pueden resultar más visibles que los conos durante la noche. Sin embargo, presentan desventaja al no ser suficientemente visibles desde todos los ángulos. Por ello, no deben instalarse cerca de intersecciones, ni de modo que su superficie reflectante forme un ángulo menor de 50° con el tráfico que se aproxima.

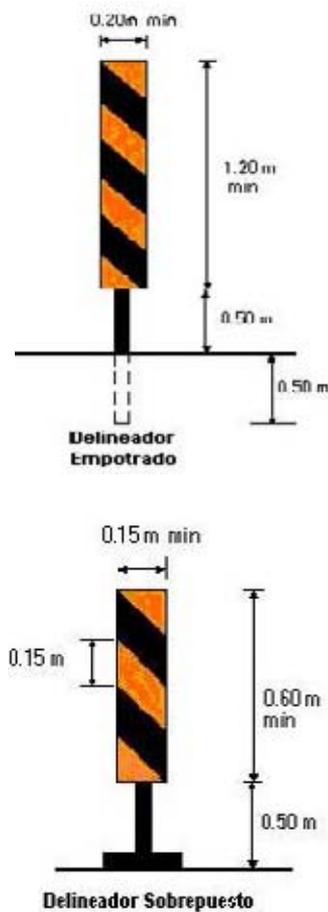


Figura N° 25

c. Cilindros de Transito

Los cilindros de transito constituyen una alternativa de los conos. Deben ser de goma o material plástico, no permitiéndose materiales metálicos ni bases de hormigón para los mismos, que dañen a los vehículos que accidentalmente los embistan.

Deben ser de color naranja o rojo con una o dos bandas blancas reflectante al centro. Su altura mínima es de 70 cm y su diámetro mínimo es de 10 cm.

Los cilindros resultan particularmente apropiados para separar flujos opuestos de una doble calzada cuando una sola calzada se encuentra habilitada para el tránsito en ambos sentidos, así como para separar dos pistas de tránsito divergente o convergente. También se pueden utilizar para definir transiciones en angostamiento como para definir el borde de la calzada.

Estos elementos no deben utilizarse para segregar el trafico de zonas de peligro, como excavaciones o donde opere un banderero donde se deben utilizar sistemas de contención y en curvas que cuenten con delineadores direccionales.

En la Figura N° 26 se pueden observar tipos de cilindros de transito que al ser impactados por algún vehículo vuelven a su posición inicial. Estos elementos van afianzados al pavimento por medio de pernos.



Figura N° 26

d. Barrera peatonal

Cuando es necesario proteger a los peatones, porque los trabajos se llevan a cabo en la acera o porque se requiere definir un paso temporal para ellos por la calzada, el espacio de trabajo debe cercarse con barreras para peatones. Estas se diferencian de las anteriores, en que poseen un panel adicional, idéntico al o los superiores, pero cuyo borde inferior se encuentra como máximo a 20 cm. del nivel del suelo. (Figura N° 27)



Figura N ° 27 Opción de barrera peatonal

e. Barreras

Su principal función es la de advertir sobre los riesgos creados por las obras en las vías públicas y guiar a los conductores de vehículos FUERA de la zona de trabajo. Se utilizan en los casos en que es necesario definir una variación en el perfil transversal disponible para el tránsito de vehículos, siendo recomendable iniciar la canalización con conos de tránsito. Las barreras no deben causar daños serios a los vehículos que eventualmente lleguen a embestirlas.

Las marcas de la baranda son franjas de ancho uniforme, verticales e inclinadas en 45°, de colores alternados negro / naranja o blanco / negro reflectantes.

Las barreras pueden ser de tres tipos:



Figura N ° 28

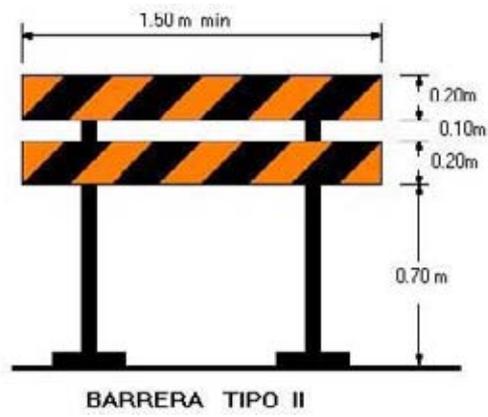


Figura N ° 29

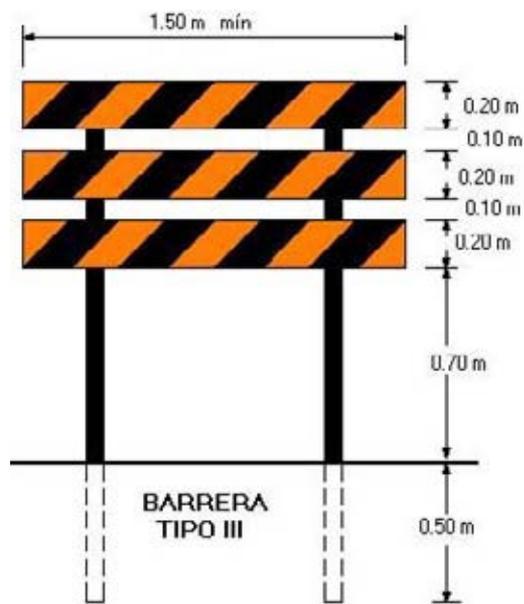


Figura N ° 30

Las características de cada tipo de barreras se detallan en la Tabla N ° 3:

Tabla N °3 : Características de los tipos de Barreras

CARACTERÍSTICA	TIPOS DE BARRERA		
	Tipo I	Tipo II	Tipo III
Ancho de la baranda	0,20 m mínimo 0.30 m máximo	0,20 m mínimo 0.30 m máximo	0,20 m mínimo 0.30 m máximo
Largo de franjas	0.15 m	0.15 a 0.20 m	1.50 m mínimo Máximo variable
Altura	0.70 mínimo	0.70 mínimo	0.70 mínimo
Tipo de Instalación	Desmontable	Desmontable	Desmontable o fijo
Flexibilidad	Portátil	Portátil	Esencialmente permanente

Fuente: Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones

Las barreras del Tipo I y II se usan cuando el tránsito a través de la zona de trabajo se mantiene, para canalizar la circulación y para cercar el área de trabajo. La importancia de estas barreras es su movilidad, ya que puedan usarse indistintamente.

En las obras en ejecución, cuando una sección de la vía se ha cerrado al público, se instalan barreras Tipo III en los puntos de cierre.

Se pueden instalar señalizaciones sobre las barreras especialmente de tipo fijo, que ofrecen las mejores ventajas para este propósito. por ejemplo, las señales de “camino cerrado” o “flecha de desvío” y las de advertencia pueden ser instaladas

sobre una barrera de cierre de camino. En todo caso, la señal nunca debe tapar las barandas de la barrera.

En las barreras Tipo I, también se pueden colocar faros intermitentes que consisten en luces amarillas con una diámetro de 0.20m, los cuales deben funcionar las 24 horas del día y será de uso obligatorio en obras cuyo período contemple horarios sin luz solar. (Figura N ° 31)

Estos faros intermitentes también pueden instalarse sobre otros elementos de canalización (conos, delineadores) a una altura mínima de 1,20 m, haciéndolo siempre de forma alternada.

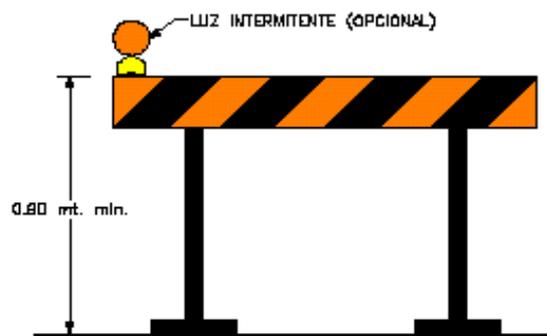


Figura N°31 Barrera Tipo I a la cual se le puede instalar un farol intermitente de manera opcional

f. Tambores

Estos elementos de canalización de tránsito, se usan especialmente para delimitar las áreas de construcción, trabajos de pavimentación y ensanche de calzadas. Su principal función es delimitar el área de circulación vehicular en los sectores donde se mantiene el alineamiento longitudinal. Deben ser de 30 a 55 galones de capacidad con a lo menos 2 franjas circunferenciales de color naranja reflectantes de 0,20 m de ancho o en caso contrario con fondo naranja y granjas blancas reflectantes.(Figura N°32).

Deben llenarse como máximo hasta un cuarto de su capacidad con agua, tierra o materiales pétreos. Deben ser transportables. Deben utilizar faros durante la noche y

otros períodos de baja luminosidad, durante el día y la noche en vías de alta velocidad o tráfico, y en otras situaciones de riesgos en que es necesario reforzar la visibilidad de los elementos de canalización.

También están permitidos nuevos tipos de tambores que sean plásticos y de menor peso, los cuales cuentan con elementos de enganche para instalar las luces intermitentes eléctricas (Figura N° 33)

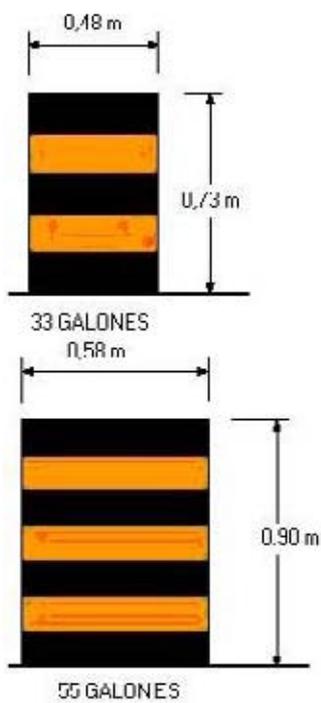


Figura N°32. Dimensiones de tambores



Figura N°33. Opción de tambores



Fotografía N° 7. Disposición de tambores en la vía

g. Marcas en el pavimento

Cuando las obras vías públicas demanden la utilización de una vía secundaria o paso, en vez de los caminos usados normalmente, deberán hacerse revisiones durante el día y la noche, con el fin de evaluar el camino y eliminar la posibilidad de que las marcas en el pavimento dirijan a los conductores de vehículos, inadvertidamente, hacia barreras o lugares de trabajo. Donde sea necesario, estas marcas deberán cambiarse o eliminarse.

En la construcción de caminos temporales, para posibilitar el paso por una parte de la carretera, se emplearán las demarcaciones adecuadas que garanticen seguridad, incluyendo marcas para pavimento temporal, como las cintas adhesivas que posibilitan su retiro sin dificultad cuando cambien los patrones de tránsito y queden obsoletas. Estas marcas temporales se utilizarán en combinación con señales de advertencia y elementos de canalización.

En los trabajos regulares de mantención en vías publicas, el uso de marcas en el pavimento generalmente no tiene aplicación.

Sin embargo, en trabajos largos de mantención, tales como el cambio y reposición de la cubierta de un puente, las marcas en el pavimento existente pueden constituir una parte importante en el plan de control de tránsito a emplear.(Figura N°34).

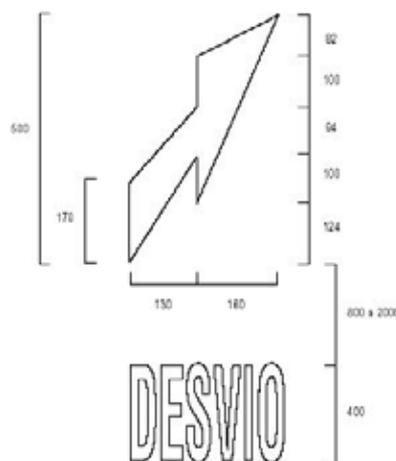


Figura N°34. Tipo de marca de pavimento que indica “ Desvío”

h. Delineadores Direccionales

El delineador direccional tiene como propósito guiar al usuario a través de una curva horizontal, cuyo radio de curvatura sea menor a 500 m, y su velocidad de diseño sea igual o menor a la velocidad máxima permitida en la zona de trabajo.

Estos delineadores se deben instalar en placas en el borde externo de la curva y perpendiculares a la visual del conductor, en ambos sentidos. La separación entre dos delineadores debe ser tal que el conductor siempre aprecie como mínimo tres de estos dispositivos. Se deben instalar sobre una base que permita moverlos fácilmente y siempre en número superior a 3.

Cuando los delineadores se instalen junto con otros dispositivos de canalización, debe procurarse que ellos no afecten la visibilidad de ningún elemento.

En general su color de fondo es amarillo y la flecha negra, pero alternativamente, en zonas de trabajos, su color de fondo puede ser naranja y su flecha blanca o fondo naranja y flecha negra (Figura N° 35).

Los Delineadores Direccionales pueden ser simples o dobles. No obstante, los que se instalen a lo largo de una curva deben ser sólo de un tipo.

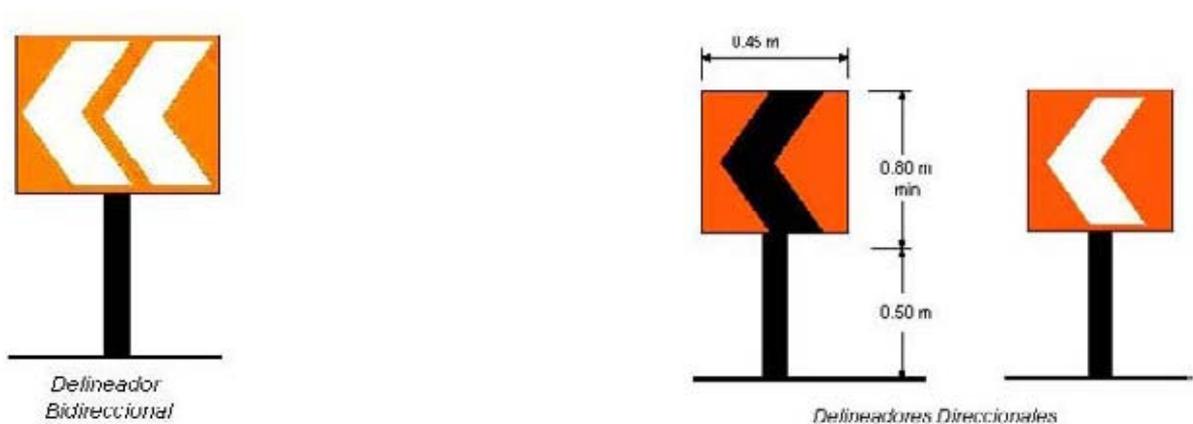


Figura N°35.Tipos y dimensiones de Delineadores direccionales

i. Flechas Direccionales Luminosas

Este tipo de señalización se utiliza, tanto de día como de noche, cuando es necesario entregar advertencias adicionales sobre un cambio en la dirección de una vía o desvío, también cuando es necesario guiar el tráfico a través de una zona de trabajos, con grandes densidades de tráfico y/o altas velocidades de circulación; siempre se deben utilizar como complemento a otras señales o elementos de canalización, por ejemplo, conos o barreras. (Figura N ° 36 y 37)

Son señales construidas a partir de una matriz de elementos luminosos o panel; la cual es capaz de destellar o desplegarse secuencialmente, simulando una flecha.

Se pueden ubicar:

- Al inicio de la transición por angostamiento, detrás de los elementos de canalización, en el lado que se produce la transición.
- En cierre de pistas o vías, detrás de las barreras que advierten dicha situación.
- A lo largo de Áreas de Transición, de tal manera con respecto a los conductores que la señal indique la dirección y sentido de circulación que deben seguir los vehículos.

Para mejorar su visibilidad, la parte inferior de la flecha debe estar a más de 1,80 m sobre la calzada. También se utilizan en Camiones de Amparo (TMA) cuando los trabajos son en circunstancias móviles.

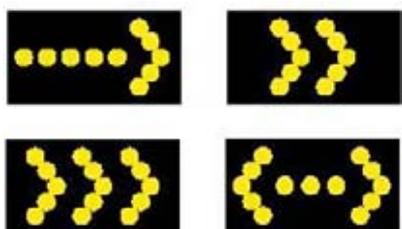


Figura N°36



Figura N° 37

Las dimensiones de los paneles se pueden observar en la Tabla N °4 de acuerdo a la velocidad de la vía donde se trabaja:

Tabla N °4 : Paneles de Flechas direccionales dependiendo de la Velocidad

Tipo de vía	Tamaño mínimo (cm)	Distancia de legibilidad mínima	Mínimo N° de elementos o celdas	Frecuencia destello (dest/min)
Vía urbana con v máx. 50 km/hr	50x100	400	12	25 a 60
Vía urbana con v máx. ≤70 k/hr	70x140	1000	13	25 a60
Vía urbana con v máx. >70 k/hr	120x240	1600	15	25 a 60

Fuente: Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones.

j. Hitos de Vértices

Estos dispositivos se usan para indicar la existencia de un vértice de separación de flujos que circulan en un mismo sentido, debiendo los vehículos que transitan por la pista izquierda continuar por ella y los que lo hacen por la derecha, seguir por ese costado (Figura N ° 38).La selección del diámetro del hito de vértice debe realizarse según importancia geométrica y disposición de la divergencia, debiendo situarse en los siguientes rangos:

- Vías con velocidad máxima permitida igual o superior a 90 km/hr:1,5 –2,0 m
- Vías con velocidad máxima permitida menor o igual a 80 km/hr : 0,8 – 1,5 m

Su color de fondo es naranja, con flechas blancas Retroreflectantes. Para lograr que los hitos de vértice se mantengan estables y bien afianzados pueden ser lastrados con arena.



Figura N° 38

k. Barreras articuladas

Estas barreras se pueden utilizar como elementos de canalización en los casos en que sea necesario definir una variación en el perfil transversal disponible para el tránsito de vehículos. También pueden instalarse para definir el alineamiento en tramos rectos y curvas. En todo caso, siempre deben ser complementadas con luces o elementos Retroreflectantes.

Estos dispositivos pueden ser lastrados con agua o arena, hasta 1/10 de su volumen o lo recomendado por el fabricante. Su altura mínima es de 90 cm como se muestra en la Figura N° 39. Pueden ser de color blanco, naranja o rojo y se deben instalar en forma alternada blanco y naranja o blanco y rojo. (Figura N° 40)

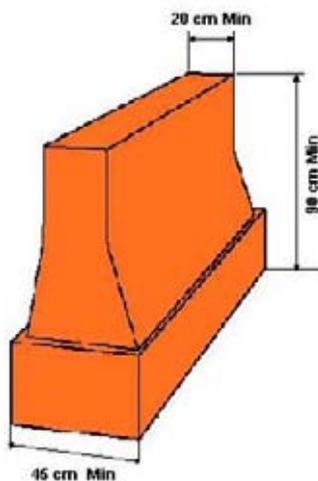


Figura N° 39



Figura N° 40

2.5 REGULACIÓN DEL TRANSITO EN ÁREAS DE TRABAJO (SISTEMA O PLAN DE CONTROL DE TRAFICO)

2.5.1 Función

Cuando a lo largo de una zona de trabajos o en tramos de ella, sólo es posible permitir la circulación de vehículos en un sentido, en forma alternada, se debe asegurar que exista una coordinación tal en el derecho de paso que evite accidentes y demoras excesivas. Ello se logra mediante sistemas de control de tránsito.

La función primordial de los procedimientos en un Sistema de Control de Tráfico es:

- ❖ Otorgar derecho de paso alternadamente.
- ❖ Asegurar que al otorgar derecho de paso en un sentido, el tramo se encuentre despejado de vehículos que transiten en sentido contrario.
- ❖ Evitar la generación de demoras excesivas al tránsito, cualquiera sea el sentido de circulación, ya que éstas son un estímulo al no respeto de las indicaciones del sistema.

La regulación del tránsito en sectores donde se realicen trabajos, es parte esencial de las obras en vías públicas.

Las medidas para realizar la regulación requerida, tales como limitación de velocidad, prohibición de estacionar o detener vehículos, fijación de sectores donde se prohíbe adelantar, desvíos y otras similares, deben ser determinadas mediante estudios técnicos y autorizados por la autoridad correspondiente de acuerdo al sector, sea éste urbano o rural.

El control de tráfico debe proporcionar la flexibilidad necesaria, para atender los requerimientos demandados por el cambio de condiciones en las zonas de trabajo.

Es necesario mantener buenas relaciones públicas. La cooperación de los diversos medios de comunicación puede ser de gran ayuda para publicitar la existencia y las razones de los trabajos ya que es importante que los usuarios estén bien informados.

2.5.2 Anchos de la vía

Cuando exista tránsito Bidireccional y no pueda proveerse un ancho libre de obstáculos de a lo menos 6.75 metros, pueden presentarse problemas con camiones y microbuses. En estas circunstancias se debe consultar a la autoridad competente.

Un ancho inferior a 5.5 metros es demasiado angosto para mantener 2 pistas en operación; en estos casos se deben utilizar conos para reducir el ancho a no más de 3.7 metros, y se debe controlar el tráfico por medio de uno de los métodos que se describen más adelante. El ancho mínimo para una pista es de 3.25 metros (mínimo deseable) o 3 metros (mínimo absoluto). No obstante cuando se espera que el tráfico solo sea de automóviles y otros vehículos livianos el ancho se puede reducir a 2.75 metros (mínimo deseable) o 2.5 metros (mínimo absoluto). Si se opta por esta última opción se debe consultar a la autoridad competente, ya que tramos muy largos y angostos puede provocar dificultades a ciclistas.

2.5.3 Regulación del tránsito cuando hay una pista en uso

Cuando el tránsito en ambos sentidos debe, por una distancia limitada, utilizar una sola pista, se tomarán las precauciones necesarias para que el paso de vehículos sea alternado.

En un punto determinado de obstrucción, como un bache en el pavimento la circulación se puede autorregular. Sin embargo, cuando el tramo es de cierta longitud, debe regularse la circulación con una coordinación correcta, para evitar que se produzcan accidentes y excesivos retrasos.

Los controles en cada extremo del tramo deben determinarse en forma tal que permitan la fácil circulación de filas opuestas de vehículos.

La regulación del tránsito alternado se puede realizar a través de los siguientes medios:

2.5.3.1 Semáforos

Los semáforos se usarán, en forma preferente, para regular la circulación vehicular en los tramos con una pista en uso, a raíz de obras viales.

Deberán emplearse en los tramos donde por distancia, condiciones de la vía u otro motivo, no exista contacto visual de los extremos del sector con una pista en uso. Su empleo incluirá las intersecciones de una calle o camino con vías de trabajo temporal, por el cual cruce de maquinaria pesada.

Estos semáforos deben cumplir con las normas y especificaciones generales que rigen para tales dispositivos.

Las operaciones en zonas con una pista en uso, requieren de un intervalo "rojo" de duración suficiente para el despeje del tramo, permitir a los vehículos salir del área a la velocidad promedio estimada para el sector. No obstante lo anterior, se requiere de la comunicación oportuna del banderero esta vez actuando en funciones de control coordinación y operador del semáforo.

2.5.3.2 Sistema de “ Ceder y Pasar ”

Este sistema sólo se debe utilizar cuando sea necesario permitir el paso de vehículos alternando los sentidos de tránsito y se cumplan los siguientes requisitos:

- ❖ Flujo total de vehículos en ambos sentidos inferior a 20 vehículos contabilizados en 3 minutos (400 vehículos por hora).
- ❖ Flujo de camiones inferior a 20 vehículos por hora.
- ❖ Limite de velocidad de 50 Km/hr o menos.
- ❖ La longitud de trabajos, medida desde el inicio del angostamiento de calzada hasta el fin del estrechamiento, no sea superior a 50 metros.
- ❖ Los conductores que se acercan desde cualquier dirección puedan ver el otro extremo del sitio delimitado con conos.

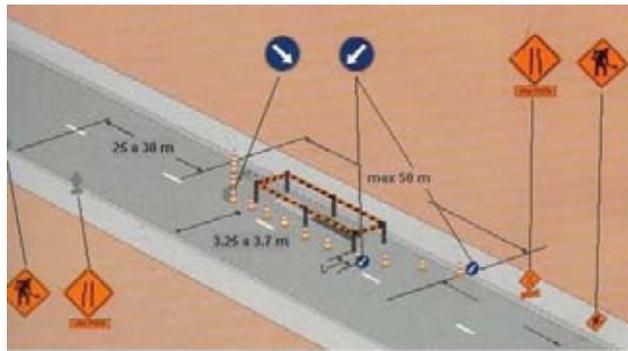


Figura N° 41. Sistema Ceder y pasar

2.5.3.3 Control por medio de señales que indiquen preferencia

Se debe utilizar la señal reglamentaria “Preferencia al sentido contrario” y una señal informativa que indique “Sentido con preferencia”. Este método de control de tráfico se puede utilizar cuando:

- ❖ El flujo total en ambos sentidos sea inferior a 42 vehículos contabilizados en 3 minutos (840 vehículos por hora).
- ❖ El largo de las obras desde el inicio del angostamiento de la calzada hasta el fin del ensanchamiento no sea superior a 80 metros.

En la implementación de este método se debe priorizar los vehículos que circulan por la pista no obstruida y los que suben por una pendiente fuerte.



Figura N° 42.Control de tráfico por medio de señales que indiquen preferencia

2.5.3.4 Regulación mediante Banderero o Sistema Pare/Siga

Se puede controlar manualmente el tránsito utilizando letreros “Pare-Siga” o banderas rojas cuando el flujo vehicular en ambas direcciones en relación a la longitud del sitio no sea superior a los que se indican a continuación:

Tabla Nº 5 : Condiciones para regular el tránsito mediante Sistema Pare/Siga

Longitud del Sitio (mts)	Flujo máximo en ambas direcciones	
	Vehículos 3 min.	Vehículos / hr.
100	70	1400
200	63	1250
300	53	1050
400	47	950
500	42	850

Fuente : Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones

Cuando el sector con una pista en uso es inferior a 150 m. y permite buena visibilidad entre los extremos, la circulación podrá ser controlada por medio de bandereros situados al final, de cada tramo. Uno de los dos debe ser designado banderero Jefe, con la misión de coordinar los movimientos y será responsable de la operación general. Deben comunicarse entre ellos, tanto de día como de noche, usando elementos de radio comunicación o telefonía, que aseguren una eficiente operación y eviten las interferencias.

Cuando no hay visibilidad del extremo opuesto o la distancia es de 150 o más metros, se usarán semáforos y bandereros. Estos últimos, en funciones de

operadores de semáforo, coordinación y supervisión. Se comunicarán entre ellos en la forma señalada en el párrafo anterior.

Con el fin de que el banderero sepa cuando permitir el tránsito por el acceso que controla, empleará algunos de los siguientes sistemas:

- 1.- Identificar la patente y/o describir el último vehículo, al banderero del otro extremo.
- 2.- Entregar al conductor del último vehículo que entra al tramo una bandera roja u otro dispositivo, con la instrucción de hacer entrega de él al banderero ubicado en el otro extremo.

Una variación de este método es el uso de un vehículo que siga siempre al último autorizado para entrar al tramo con una pista en uso. Elimina el problema de la pérdida de banderas.

- 3.- Autopiloto. Es particularmente efectivo donde el camino es peligroso o tiene condiciones que impiden colocar o que se mantenga la señalización adecuada. Se usa para guiar el paso de una fila de vehículos a través de la zona de trabajos o por su alrededor. Su operación debe ser coordinada por el banderero quien debe cumplir, además, con lo señalado en el punto N° 1 de estos sistemas.

El vehículo que se emplee como "piloto" debe ser liviano y fácil de manejar y estar identificado como "auto piloto".

2.5.3.4.1 Características que debe cumplir el Banderero

Es responsable de la seguridad de las personas y es quien tiene mayores contactos con el público, por tales razones debe ser seleccionado cuidadosamente. Un banderero debe poseer los siguientes requisitos mínimos:

- 1.- Haber cursado el 8° año de Educación Básica.

- 2.-Inteligencia promedio.
 - 3.-Buenas condiciones físicas, incluidas vista, audición y estatura.
 - 4.-Buenos reflejos y reacciones.
 - 5.-Tener modales corteses y personalidad
 - 6.-Sentido de responsabilidad, particularmente por la prevención de riesgos de accidentes al público y trabajadores.
 - 7.-Conocimiento de las normas básicas de tránsito.
 - 8.-Usará casco de color naranja, con una franja reflectante roja en la parte trasera y una blanca en el frente. Estas franjas serán de 0,10 m de largo por 0,05m. de ancho, colocadas en sentido horizontal, alrededor de todo el chaleco.
- El banderero para realizar su trabajo debe tener implementos necesarios para obtener buenos resultados. A continuación se detalla esto:

a) Dispositivo de Señalización Manual del Banderero

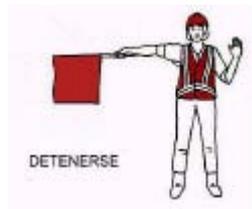
Consiste en una placa circular hecha de metal u otro material rígido, cubierto por ambos lados con material reflectante rojo y verde fluorescente respectivamente (Figura N° 43). Va colocada en un palo de 1,00 m. de largo como mínimo, pintado blanco. Otra alternativa es una bandera de 0,60 x 0,60 m de color rojo.



Figura N° 43

b) Significado de las indicaciones de Banderero por medio de Banderas**b.1.- Para detener el tránsito**

Se ubicará de frente hacia los conductores que desea detener y extenderá la bandera tomada con la mano derecha, en forma horizontal, con el brazo también extendido en dicha posición. Cuando se hayan detenido los primeros vehículos, puede bajar la bandera en 45° pero ,en ningún caso cambiar de posición.

**b.2.- Para permitir tránsito. Avanzar**

Girará hacia la derecha, ubicándose de costado, en forma paralela al movimiento del tránsito, con la bandera y el brazo derecho fuera de la vista del conductor y hará señas con el brazo izquierdo para que avancen los vehículos. La bandera no se usará para activar el tránsito.

**b.3.- Para alertar o indicar reducción de velocidad**

El banderero debe colocarse de frente hacia los conductores y sin llevar el brazo con la bandera a la posición horizontal, hará oscilar la bandera en ángulo de 45°.

Los bandereros deben estar capacitados para desplegar todos los esfuerzos posibles que permitan facilitar al público el paso seguro por el sector de trabajo y evitar demoras excesivas.



c) Ubicación del Banderero

El banderero se ubicará con suficiente anticipación en el lugar de trabajo, de manera que los conductores de vehículos tengan distancia suficiente para percatarse de los riesgos del sector afectado. La distancia está relacionada con la velocidad de aproximación, volumen de tránsito y condiciones climáticas del lugar.

En áreas urbanas donde la velocidad es baja, la distancia será menor.

La posición correcta del banderero es de frente al tránsito que se acerca al sector de obras, en la pista que posee barrera, antes de entrar al angostamiento de la calzada, o en la berma adyacente a la pista que conserva su sentido de tránsito. Bajo ninguna circunstancia el Banderero permanecerá en la pista en uso y, permanentemente, deberá ser visible para los conductores que se aproximan. Para facilitar lo anterior y evitar confusiones, estará solo y no permitirá que se junten a su alrededor o proximidades grupos de trabajadores, comerciantes u otras personas.

Estará a suficiente distancia de los trabajadores para prevenirlos en caso de algún peligro, como un vehículo fuera de control o ante cualquier otra emergencia.

El lugar donde esté ubicado el puesto del Banderero, estará protegido adecuadamente, con elementos de canalización en el eje de la calzada y precedido de señales de advertencia. Durante la noche, deberá iluminarse correctamente. En cada acceso de los tramos en trabajos, se instalará una caseta de 1,5 m², con techo

y ventanales en los cuatro costados, para que los bandereros puedan guarecerse de las condiciones climáticas y guardar los equipos.

La empresa deberá determinar la modalidad de horarios de trabajo, de manera que el banderero esté siempre en condiciones de cumplir cabalmente su función.

2.6 OPERACIONES MOVILES O DE CORTA DURACION

Existen trabajos de corta duración -aquellos que no duran más de 60 minutos- ó móviles .Entre las operaciones de corta duración se incluyen las operaciones que se realizan en movimiento constante, las que requieren movimiento, detenciones periódicas y aquellos trabajos estáticos de corta duración.

En el caso de operaciones móviles se utiliza como advertencia un vehículo llamado internacionalmente “**Camión de Amparo**” (TMA, Figura N° 44) el cual posee un amortiguador en su parte trasera para detener a eventuales vehículos que vengan fuera de control. Este camión se debe ubicar antes de las faenas, y en él que se debe instalar señalización iluminada como Flechas Direccionales o la señal “paso obligado” . Cuando se utilice el camión u otro vehículo en la faena se deben considerar los siguientes aspectos básicos:

- Debe haber buena visibilidad.
- Se deben realizar las faenas en periodo de bajo riesgo.
- El vehículo debe ser de color llamativo.
- El vehículo debe tener encendidas sus luces destellantes.
- El vehículo debe exhibir en su parte posterior una señal “PASO OBLIGADO”.

La distancia entre el Área de Trabajos y el vehículo que porta la señal luminosa, es función de la velocidad máxima permitida en la vía y se presenta en la Tabla N° 6.

Tabla N ° 6

Velocidad Máxima antes de la Zona de Trabajos (km/hr)	Distancia entre vehículo y Área de Trabajo (Mt)
≤ 50	20 a 40
60	30 a 50
70	50 a 80
80	70 a 100
90	100 a 120
100	120 a 140
110	140 a 160
120	150 a 180

Fuente : Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones

Al realizarse trabajos comprendidos en esta categoría puede omitirse el uso de conos y barreras, siempre que se utilicen métodos seguros de trabajo.

Se deben instalar señales adicionales estáticas en cualquiera de las siguientes circunstancias:

- ✓ Cuando los vehículos de trabajo no puedan ser vistos claramente debido a la proximidad de pendientes o curvas.
- ✓ Cuando el tránsito se pueda congestionar.
- ✓ Cuando no exista suficiente espacio para la circulación fluida y segura del tránsito.

Las señales que se deben instalar en los casos anteriores son: “Trabajos en la vía” con las placas apropiadas para determinar la distancia a los trabajos; y la señal “Angostamiento”, también con sus placas correspondientes. El trabajo no debe encontrarse a más de 1 Km. de distancia de las señales.



Figura N° 44 . Fotografías del “Camión de Amparo” (TMA)

CAPITULO III

3. PROPOSICIONES DE PAUTAS PARA INSPECCIÓN, CONTROL DE LAS MEDIDAS DE SEGURIDAD Y RECOMENDACIONES PARA FAENAS EN ZONAS DE TRABAJO

3.1 GENERALIDADES

Si bien es cierto no siempre las condiciones del tráfico y el tipo de calles son las mismas, sí en reiteradas ocasiones se encuentran situaciones similares en las medidas que se toman para los casos de control de tráfico en zonas de trabajo. Es por este motivo que es necesario dictar algunas pautas (que no son inflexibles) para una buena Inspección y Control por parte de los profesionales encargados de velar por el buen funcionamiento de los dispositivos utilizados en las zonas de faenas, ya que en las obras de caminos que se ejecutan en nuestro país se observan diferentes procedimientos que no concuerdan con las Normas de Seguridad Vial en zonas de trabajos , lo cual a su vez conlleva a exponer a probables accidentes a trabajadores, peatones, y conductores.

A continuación se presentarán algunas pautas prácticas para realizar trabajos seguros.

3.2 PRINCIPIOS BÁSICOS A SEGUIR

➤ Es de responsabilidad del Profesional a cargo de las faenas señalar y proteger adecuadamente el lugar donde se realizan los trabajos, de modo que no existan riesgos de accidentes. Se debe tomar el tiempo para planificar cómo lo hará y decidir qué equipamiento utilizará.

- El Profesional a cargo se debe informar de buena manera por medio de esquemas básicos utilizados en Manuales y Guías disponibles para tales efectos, los que servirán de base para emplearlos en lugares que no tengan un esquema definido por lo dificultoso del tráfico. Es recomendable en caso de tener dudas consultar a la Autoridad Competente (Municipalidad o Ministerio de Obras Públicas) para adoptar las medidas de seguridad más oportunas.

- Todo personal que trabaje o esté de paso por la obra, debe estar **SIEMPRE** provisto de chalecos reflectantes de alta visibilidad. Así también se debe tomar en cuenta qué otro vestuario de protección será necesario para cualquier ocasión.

- Para asegurar las señales y elementos de protección utilizados en la faena de los vehículos que pasen por el sector, se recomienda utilizar sacos de arena. No se debe usar piedras u otros materiales similares para este propósito, ya que pueden ser peligrosos si los automóviles los chocan, lo que puede generar eventuales responsabilidades por daños a los vehículos.

- Se debe instalar la primera señal lo suficientemente lejos de los trabajos para dar una advertencia adecuada del peligro que se avecina.

- Se deben instalar sólo señales oficiales, entendiéndose por “oficiales” a las reconocidas por el Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones así como por el Ministerio de Obras Públicas.

- Es posible que por la ejecución de los trabajos se impida a los conductores que den cumplimiento a las señales de tránsito permanente, por lo que se deben cubrir previa consulta de la autoridad competente.

Todas las señales deben ser reflectantes. En los casos donde haya mala visibilidad, como por ejemplo en caso de neblina o lluvias se debe establecer si será necesario señalización adicional o la suspensión del trabajo.

En casos donde las vías de tránsito son Bidireccionales, las señalizaciones deben colocarse en ambas direcciones.

Todas las señalizaciones que dejen de ser necesarias durante o el término de la obra serán de carácter **ILEGAL**. Su permanencia en las vías sólo contribuye a desacreditar la señalización en general y a confundir a los usuarios de éstas. Por lo que deben ser retiradas inmediatamente después de terminadas las faenas que se ejecuten.

3.3 LISTA DE VERIFICACIONES A REALIZAR POR EL PROFESIONAL A CARGO DE LA OBRA

- 1.- ¿ Se han obtenido las autorizaciones pertinentes?
- 2.- ¿ Están provistos de ropa de alta visibilidad quienes estarán en la obra?
- 3.- ¿ Cuales son las ubicaciones correctas para la primera señal de advertencia?
- 4.- ¿ Qué otras señales se necesitan al aproximarse a los trabajos?
- 5.- ¿ Que señales se necesitan en los trabajos?
- 6.- ¿Cuál es la longitud requerida para el angostamiento (ahusamiento) de calzada a definir con conos ?
- 7.- ¿ Cuántas luces y conos se necesitarán?
- 8.-¿Qué ancho de calzada se puede mantener abierto al tránsito, y será suficiente para el trafico en ambos sentidos?
- 9.- ¿ Que ancho de acera se puede mantener abierto y será suficiente?
- 10.-¿ Que forma de control de tránsito se necesita?
- 11.-¿ Se ha tapado la señalización permanente que pueda confundir a los usuarios de la vía?

Durante la Obra.

- 1.- Si las situaciones han cambiado ¿Se han modificado las señales, conos, luces para adaptarse a ellas ?
- 2.- ¿Se limpian, mantienen o reemplazan con regularidad las señales, conos y luces?
- 3.- Cuando durante la noche o fines de semana se modifica la forma de controlar el tránsito ¿es necesario cambiar la señalización?
- 4.- ¿Se ha revisado y modificado el sistema de control de tráfico para reducir las demoras a medida que los trabajos cambian?
- 5.- ¿Están los trabajos señalizados, protegidos e iluminados en forma apropiada durante toda la noche?
- 6.- ¿ Retiró la tierra, barro, etc. que pudo esparcirse en la calzada o acera que circunda los trabajos?

Cuando el Trabajo ha finalizado, antes de abandonar el lugar.

- 1.- ¿Se han retirado todas las señales, conos, luces, etc?
- 2.- ¿Se ha restablecido toda la señalización permanente?
- 3.- ¿Se retiró la tierra, barro, etc. que pudo esparcirse en la calzada o acera circundante?

3.4 INSPECCION EN EL AREA DE TRABAJO

a) Inspección de trayecto en la zona de trabajo

Esta inspección implica, luego de estar aprobado el plan de control de tráfico, confirmar por medio de la conducción de un vehículo propio de las condiciones a las que se van a ver expuestos los conductores, trabajadores y peatones. Se debe prestar mucha atención a los traslajos entre una vía y otra, y a las zonas de trabajo potencialmente conflictivas. En esta etapa también es importante confirmar la

visibilidad para todo tipo de condiciones climáticas y de horario como por ejemplo: neblina, día , lluvia, noche, etc.

Si los trabajos van a permanecer en horas nocturnas, se debe realizar una inspección en el ocaso del día para asegurarse que los dispositivos reúnen los requisitos de retrorreflexión, la apropiada posición y que los mensajes son claramente legibles, que los dispositivos de iluminación como reflectores, luces intermitentes o paneles con flechas no enceguezcan a los conductores. Es recomendable que todas las revisiones sean documentadas y además grabar la zona de trabajos con video y sacar fotografías.

Cualquier accidente que se produzca en la zona de control de tráfico debe ser documentadas inmediatamente, no solo para ver si hay alguna falla en la colocación de dispositivos, sino también para ver si los dispositivos son los adecuados a la luz de la experiencia.

b) Inspección continua de las condiciones en la zona de trabajo

Esta etapa de control implica reconocer las anomalías que se puedan estar llevando a cabo por acciones temerarias por parte de los trabajadores, maquinaria y peatones. Estas pueden alcanzar a trabajadores que salgan de las áreas de trabajo a la calzada destinada a paso de vehículos, maquinarias que trabajen desplazándose o realizando maniobras por zona de paso de vehículos, etc.

Para asegurar los niveles aceptables de operación, se debe realizar una inspección rutinaria de todos los elementos de control de tráfico en la zona de trabajos.

Se deben tener en cuenta las condiciones que alteran el tránsito, el volumen de vehículos y las condiciones ambientales. Así también se deben revisar periódicamente los informes de accidentes para mejorar las condiciones de seguridad.

c) Inspecciones de dispositivos que se utilizan en el toda la faena (para el día y la noche)

Las mayores anomalías en cuanto a seguridad se encuentran en dispositivos de control de trafico en malas condiciones, deficiente iluminación (que muchas veces es por medio de tarros con parafina o los llamados “ chonchones”) señales que han caído producto de vientos o choques de vehículos, señales que advierten faenas que no se realizan, señales que no son retiradas cuando se terminan las obras, gran número de señales que provocan ineficiencia al sistema.

d) Inspecciones a la labor de Bandereros

Los Bandereros deben ser personas capacitadas para realizar una labor que es crítica, ya que si no existiese la visibilidad en una zona de trabajo se podrían desencadenar serios accidentes.

Anteriormente se mencionó cuales deben ser las pautas que debe seguir este personal calificado.

Es importante controlar el modo de realizar su labor ya que mucha responsabilidad de la fluidez del trafico depende de estas personas y de la coordinación que la cual ejecuten su trabajo.

e) Inspeccionar la ausencia de colocación de delineadores en zonas de excavaciones profundas

Esto es muy importante, ya que en eventuales situaciones los conductores pueden caer a un desnivel más bajo producto de excavaciones profundas, por lo que es aconsejable colocar barreras de agua, u otros dispositivos que no permitan a los móviles introducirse en el área de excavación.

Como solución para evitar estos accidentes se puede especificar que el contratista o persona encargada de la obra planifique las obras de pavimentación para no dejar

desniveles. También es aconsejable colocar cuñas al costado del desnivel, las cuales pueden ser hechas de un material estable con una pendiente de 1:3 o menos. Cuando se presente esta situación se debe verificar que estén las señalizaciones de advertencia antes y durante la zona de desniveles.

3.5 RECOMENDACIONES PARA TRABAJOS EN LAS VIAS

- 1.- Evitar programar ejecuciones de Obra durante las horas de mayor tráfico y días feriados o fin de semanas.
- 2.- Evitar fuertes reducciones de velocidad en la aproximación de una zona de trabajo.
- 3.- Preparar rutas alternativas a la zona de trabajo, por donde deban transitar Ambulancias, Bomberos, Carabineros, etc, o cualquier otro tipo de emergencias.
- 4.- Cuando se prepare un plan de control de tránsito, éste debe enviarse a todas las personas que participarán o se verán afectadas por la ejecución de las obras en la zona de construcción, por ejemplo, servicios públicos, escuelas, negocios, dueños de viviendas, etc.
- 5.- Almacenar materiales y equipos fuera del área o espacio libre(área de seguridad), ya que ésta zona cumple una función específica, proteger a conductores como a trabajadores.
- 6.- Antes de comenzar las operaciones de trabajo, se deben evaluar todos los aspectos de la zona de trabajo, incluida la visibilidad para los vehículos, velocidad de tráfico, volumen de tráfico, la proximidad del camino y el tipo de trabajo a realizar, con el objetivo de decidir el tipo de plan para control de tráfico que se utilizará.

3.5.1 Recomendaciones para situaciones que se requiera asesoría adicional

Siempre que surjan situaciones que no tienen un procedimiento predefinido o que no se ha presentado alguna vez, se debe consultar a la autoridad competente.

Estas situaciones podrían ser las siguientes:

- Señales de tránsito permanentes.
- Cuando sea necesaria la implementación de un sistema de Control de tráfico, siendo éste el más apropiado a las circunstancias.
- Cuando esté programado utilizar semáforos portátiles, especialmente si el tramo es una intersección.
- Cuando no se pueda proveer un ancho de al menos 3,25m a cada lado de trabajos que se realizan en el medio de una calzada con tránsito Bidireccional.
- Cuando los trabajos afecten un cruce peatonal, especialmente en el caso de pasos peatonales semaforizados activados por peatones.
- Cuando los trabajos afecten vías por las que circulan trolebuses.
- Cuando se deba utilizar bandereros en intersecciones.
- Cuando sea necesario cerrar calles o definir los desvíos correspondientes.
- Cuando los trabajos se ejecuten muy próximos a una intersección semaforizada, pudiendo verse obstaculizado o dificultado el tránsito a través de la misma.
- Cuando los trabajos se realicen en Rotondas.
- Cuando se efectúen trabajos a menos de 200 mts de un cruce ferroviario.
- Cuando los trabajos estén cerca de intersecciones o empalmes a los que convergen o de donde emergen vías de alta velocidad.
- Cuando los trabajos se realicen cerca de hogares de ancianos y colegios.
- Cuando los trabajos afecten paradas de la locomoción pública.
- Cuando se realicen trabajos en el centro de una calzada.

3.5.2 Recomendaciones para la Seguridad de los peatones

Una gran gama de peatones puede esperarse que transiten por las zonas de trabajos, ya sean jóvenes, ancianos, niños, etc, por lo que todos ellos necesitan un lugar por donde transitar que presente condiciones de seguridad y que esté claramente delineado.

Hay 3 consideraciones importantes para planear la seguridad de los peatones en zonas de trabajos provisionarias en carreteras y calles:

- ✓ Los peatones no deben ser conducidos a la exposición directa con los vehículos, equipos o las operaciones en la zona de trabajo.
- ✓ Los peatones no deben ser expuestos al tráfico por la zona de trabajo.
- ✓ Se debe proporcionar una trayectoria segura a los peatones en zonas donde se realizan trabajos.

Siempre se debe dar a los peatones trayectorias seguras. Deben tener una trayectoria claramente delineada en el recorrido que van a utilizar y poseer protecciones ante potenciales lesiones de accidentes. Por lo tanto, se deben hacer esfuerzos para separar el movimiento peatonal de la actividad en el sitio de trabajo.

Es importante colocar las señales de manera anticipada en los lugares de trabajo para que ellos sepan por donde va el tráfico peatonal.

Se deben utilizar dispositivos especiales de advertencia y control para situaciones difíciles en áreas de trabajo, así como se deben tener medidas de seguridad para las personas con invalidez.

Las señales deben ser colocadas en intersecciones que no molesten el paso de los peatones. Dar a conocer lo que viene más adelante en la acera, lo que es un aspecto crítico para la seguridad de los peatones. Las señales indicarán a los peatones si es preciso que ellos atraviesen la calle o carretera para continuar con su trayecto.

Es importante también que el Ingeniero a cargo de las obras no deje trayectorias con pendientes para el tráfico de peatones.

Siempre que sea factible, y cuando se cierra la zona de trabajos de los peatones es preciso utilizar elementos de canalización como conos, cilindros tubulares, barreras, y tambores, etc. Estos dispositivos no deben verse como elementos suplentes para contener al tráfico de vehículos en caso de impactos, ya que si así se utilizaran, podrían significar una amenaza tanto para trabajadores como para peatones.

El trayecto de vehículos por donde haya tránsito de peatones debe ser mínimo, y si es necesario se deben utilizar bandereros. Además se deben utilizar barreras para peatones, las que deben ser resistentes para que sean una verdadera protección ante el tráfico existente, excavaciones y maquinaria. En la noche se deben colocar luces de peligro sobre estas barreras.

3.5.3 Recomendaciones para la Seguridad de los Trabajadores

Así como es importante la seguridad de los usuarios de las vías y de los peatones, lo es también la seguridad de los trabajadores.

El tráfico en las zonas de trabajos temporales presentan constantemente cambios en las condiciones del lugar para los usuarios de las vías, lo que crea un mayor grado de vulnerabilidad para los obreros que realizan sus labores.

Se recomienda para la seguridad de los trabajadores que el flujo de vehículos por la zona de trabajo sea el menos posible y que la zona esté totalmente delineada con dispositivos de control de tráfico.

Para aumentar la seguridad de los trabajadores se presentan algunas consideraciones a utilizar en una zona de trabajos.

a) Capacitar o instruir a los trabajadores: Todos los obreros deben instruidos en como se debe trabajar al lado de vehículos en circulación, ya que esto en cierto modo minimiza la vulnerabilidad.

Además, los trabajadores con responsabilidades específicas de control de tráfico deben ser entrenados en técnicas de control de tráfico, usos de dispositivos y su colocación.

b) Vestuario de los trabajadores: Los trabajadores expuestos al tráfico, deben estar provistos de vestimenta altamente visible ya sea con colores fuertes (amarillo, naranja) como con elementos reflectantes o brillantes. En las Figuras N° 45-47 se muestran algunos elementos que los trabajadores deben utilizar en faenas de caminos.

Vestimenta reflectante utilizada en obras de caminos

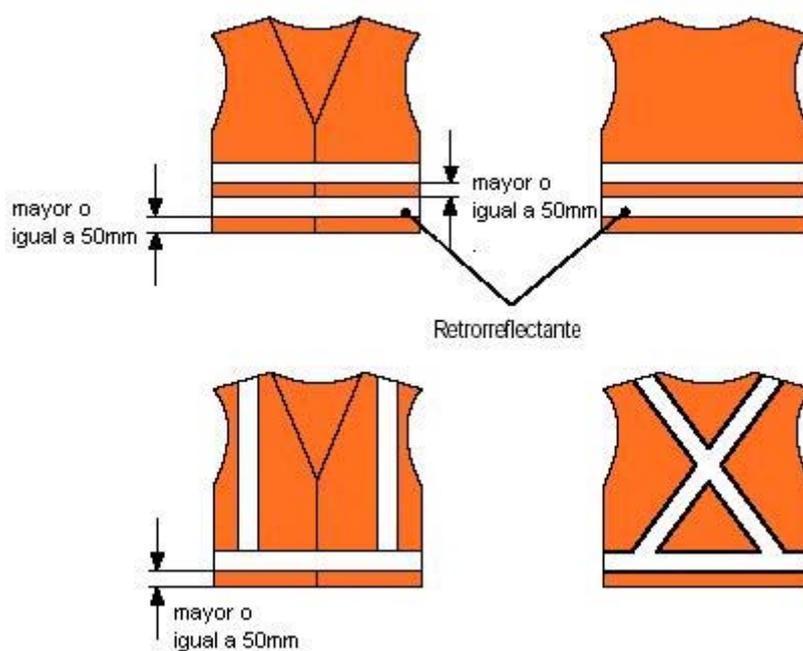


Figura N° 45. Chalecos para trabajos en vías publicas

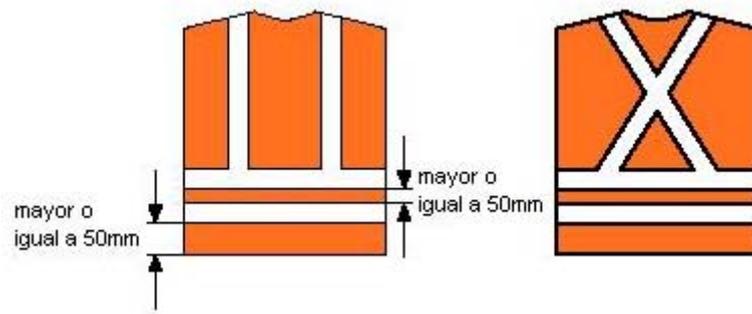


Figura N° 46. Petos para trabajos en vías públicas



Figura N° 47. En la fotografía se pueden observar trabajadores con dos tipos de vestimenta de seguridad. Al lado izquierdo un obrero con arnés, y al derecho uno con peto reflectante.

c) Barreras temporales : Deben estar ubicadas a lo largo del lugar de trabajo, dependiendo de factores tales como la separación lateral de los trabajadores y el tráfico, la velocidad de circulación de los vehículos, la duración de los trabajos, la hora en que se trabaja y el volumen de tráfico en la zona.

d) Reducción de velocidad: Reducir la velocidad en la zona de trabajos principalmente a través de la regulación de ésta en las diferentes áreas de los planes de control de tráfico.

e) Vehículo de amparo: En el caso de operaciones móviles o que constantemente avanzan, como por ejemplo bacheos, un vehículo de amparo (Figura N° 50) equipado con luces, señales de advertencia, un atenuador de impacto en la parte trasera del vehículo sirven mucho a la seguridad de los obreros.

f) Cerrar Caminos : Si hay caminos alternativos para el paso de vehículos en la zona donde se realizan los trabajos, sería una buena medida cerrar el sector donde se trabaja, ya que esto ayuda a facilitar la ejecución del proyecto y también a la seguridad de los obreros.

g) Uso de seguridad policial: En situaciones de trabajo muy vulnerables, particularmente en proyecto de corta duración , es recomendable dar aviso a la Policía para que haya un paso más fluido de los vehículos con lo que a su vez se consigue una mayor seguridad a los trabajadores.

h) Iluminación: Para realizar trabajos nocturnos es imprescindible utilizar luces intermitentes o señales con iluminación para dar a conocer las obras que se realizan, teniendo cuidado de que éstas no sean lo suficientemente altas para no cegar a los conductores.

i) Dispositivos especiales: Pueden utilizarse dispositivos para ocasiones especiales o difíciles en las zonas de trabajos, como mensajes cambiables, banderas, pilotos de autos que lleven el trafico en las zonas de trabajos, iluminación, etc.. Sin embargo se debe tener en cuenta que una mala utilización de estos dispositivos puede tener un mal efecto en el transito.

CAPITULO IV

4. ANALISIS DE CASOS DE OBRAS EN ZONAS URBANAS LLEVADAS A CABO EN LA CIUDAD DE VALDIVIA

4.1 GENERALIDADES

Para realizar este estudio de casos en los cuales se llevan a cabo obras de construcción en caminos de las vías públicas como reparaciones y mantenciones, es preciso dirigirse directamente a las faenas que se están llevando a cabo actualmente. Como este estudio va dirigido a casos que se presenten a nivel local es precisamente en nuestra ciudad donde se analizarán las condiciones y circunstancias en las cuales se están llevando a la práctica todos los antecedentes teóricos de las Normativas Nacionales.

Con el objetivo antes mencionado, se han estudiado operaciones que se llevan a cabo a nivel urbano, debido que es allí donde se presentan los mayores inconvenientes a causa de la gran cantidad de vehículos que en éstas zonas se concentran.

Dentro de las obras que se llevan a cabo actualmente en Valdivia, y que sirven para un análisis del tema de Seguridad Vial en zonas donde se llevan cabo trabajos, se mencionan las siguientes:

- ❖ Trabajos de Pavimentación y acceso al Establecimiento Penitenciario de Valdivia, Ruta T- 207 KM 4.7 .
- ❖ Trabajos de conexión de los servicios básicos del Establecimiento Penitenciario a la red de alcantarillado de la empresa sanitaria AGUASDECIMA.

Tomando como base estas obras, la idea de este estudio es constatar en terreno como se está trabajando en nuestro país en este tema y poder mencionar las virtudes y deficiencias comunes que se observan, tomando en cuenta todo lo analizado desde el punto de vista teórico, el tipo de faenas, la localización, las condiciones de trabajo, etc.

A continuación se analizará cada caso de las distintas obras a través de fotografías que es el medio de apoyo para el análisis.

4.2 ANALISIS DE LAS OBRAS

4.2.1.- Antecedentes de la Obra y su entorno

- Trabajos de Pavimentación y acceso al Establecimiento Penitenciario de Valdivia, Ruta T- 207 KM 4.7 .

Características:

Camino Bidireccional en una calzada. Velocidad máxima entre 60 y 70 Km/hr. Posee tráfico de camiones, locomoción colectiva, buses y vehículos particulares. El camino no posee veredas para tránsito peatonal.

Esta obra comprende el ensanchamiento de la calzada a través de bermas y el acceso al Establecimiento Penitenciario de Valdivia.

Fotografías N° 8–13 : Dispositivos de Canalización, Señalización Vertical, Seguridad de los trabajadores y de los usuarios de la vía.



Fotografía Nº 8



Fotografía Nº 9



Fotografía Nº 10

Fotografía N° 11



Fotografía N° 12



Fotografía N° 13



□ **Aspectos Positivos :** Se utilizan marcadores cilíndricos o cilindros de tráfico para separar el tráfico opuesto por la calzada y además se aprecian tambores con sus respectivas balizas (Fotos N° 8,9,10 y 13).

Se señala a los conductores con anticipación que más adelante se aproximan “trabajos en la vía” (Señal Vertical, foto N° 14).

Utilización de conos con la altura adecuada para la zona donde se trabaja, ya que para una velocidad igual o mayor a 70 km/hr, éstos deben tener un altura mínima de 70 cm. (Fot.N° 12,13).

□ **Aspectos Negativos:** Con respecto a la seguridad de los trabajadores se puede observar que algunos de ellos no llevan los elementos de seguridad en su vestimenta como son petos o chalecos reflectantes (Fot.N° 11). Los trabajadores en esta obra se ven expuestos a cualquier tipo de vehículo que no venga pendiente de las condiciones del camino, ya que la obra está justo en una recta donde los vehículos circulan a gran velocidad, lo que aumenta el riesgo de accidentes. Además no cuentan con algún elemento que pueda detener a un vehículo ante una embestida, como por ejemplo zonas amplias de seguridad, camiones atenuadores de impacto, barreras articuladas, etc.

Un factor a considerar es la iluminación nocturna deficiente. En este tipo de obras donde no se presenta una buena iluminación nocturna, las medidas de seguridad se deben extremar, ya que a la velocidad que circulan los vehículos por vías como esta, es muy probable que ocurran accidentes producto de la mala planificación del trabajo.

4.2.2- Antecedentes de la Obra y su entorno

- Trabajos de conexión de los servicios básicos del Establecimiento Penitenciario de Valdivia a la red de alcantarillado de la empresa sanitaria AGUASDECIMA.

Calle Bidireccional en una calzada. Velocidad máxima 60 Km/hr. Posee tráfico de locomoción colectiva, y vehículos particulares. El camino no posee veredas para tránsito peatonal.

Fotografías N° 14–18:



Fotografía N° 14



Fotografía N° 15



Fotografía N° 16



Fotografía N° 17



Fotografía N° 18

□ Aspectos Positivos: Las señalizaciones a lo largo de toda la zona de trabajo están con bases de sostenimiento ligeras para aminorar un eventual impacto de algún vehículo. El mensaje de las señales es claro y mantiene la uniformidad para la señalética de zona de obras, es decir color naranja como fondo con letras y borde de color negro. El tamaño de las señales es el adecuado para el tipo de camino. Las señales son visibles en todo el trayecto de la zona donde se realizan los trabajos.

Las señales poseen pintura reflectante, están limpias con mensajes legibles, claros y con elementos de sostenimiento liviano en caso de que sean embestidas.

Se utilizan conos y cilindros como medio de canalización del tránsito. (Fotografía N° 14,15,16)

□ Aspectos Negativos: Los cilindros de tráfico presentan una deficiente mantención, producto que son golpeados por la locomoción colectiva (microbuses) que transitan por el sector ,son destrozados y no cambiados lo que provoca que en sectores éstos lleguen a tener alturas entre 15 y 20 cm. En terreno se puede observar una gran cantidad de elementos utilizados para la canalización botados en el pavimento que no son puestos en su posición (Fotografía N° 18).

Se recomienda que durante el día se verifiquen las condiciones de los elementos de canalización ya que pueden ocasionar maniobras sorpresivas por parte de los conductores si no están en la posición correcta.

En cuanto a la iluminación para advertir al tránsito nocturno, se puede observar que no hay tambores con sus respectivas balizas para poder cumplir la función de advertir de mejor manera la situación imprevista.

En lugar de esto se aprecian Barreras Retrorreflectantes algunas de ellas mal colocadas. (Fotografía N° 15)

Además se puede apreciar una Señal Vertical prácticamente tapada por una vestimenta de algún trabajador, lo que dificulta ver y saber lo que indica.

CAPITULO V

5. SEGURIDAD VIAL : BARRERAS DE SEGURIDAD Y AMORTIGUADORES DE IMPACTO

5.1 INTRODUCCION.

El problema de la Seguridad Vial es sin duda uno de los aspectos más difíciles de tratar en la evaluación de proyectos de transporte carretero. Esta dificultad está caracterizada por sistemas de evaluación de costos y beneficios imprecisos y sujetos a muchas estimaciones de tipo subjetivo, que normalmente no permiten reflejar la verdadera dimensión del problema.

Por su parte, los beneficios que se pueden obtener luego de la implementación de mejoramientos en la Seguridad Vial, son generalmente imperceptibles como efecto inmediato y muchas veces dependen de la aplicación de acciones complementarias en otras áreas. Con esto, resulta evidente que la única forma de evaluar positivamente una intervención en seguridad vial, estará reflejada en estadísticas más favorables de largo plazo, como pueden ser las tendencias a la disminución de las fatalidades o de la gravedad de los accidentes.

La implementación de medidas de seguridad vial abarca también campos de acción muy diferentes a los propios de esta materia. Las medidas adoptadas en legislación, educación, fiscalización, servicios de urgencia e infraestructura vial, por mencionar algunas, deben ser adecuadas y complementarias entre sí, para maximizar los resultados.

5.2 OBJETIVOS

En este capítulo se aborda uno de los aspectos importantes de la Seguridad Vial, como es el tratamiento de elementos de contención, específicamente el diseño de barreras, terminales, y amortiguadores de impacto.

El objetivo primordial es proporcionar antecedentes detallados de lo que existe y se aplica hoy en el mundo desarrollado, especialmente de los sistemas de mejor rendimiento y mayor adaptabilidad a la situación del país; elegir los elementos de contención más adecuados en cada caso, que ayuden a disminuir la severidad de los accidentes y con ello el número de víctimas y daños materiales.

También se mencionaran y analizaran conceptos básicos propios de los sistemas de contención y otros temas asociados, como justificaciones económicas, beneficios en reducción de accidentes, diseño geométrico, y condiciones de operación, todos necesarios de considerar al momento de evaluar inversiones en programas de Seguridad Vial.

5.3 BARRERAS DE SEGURIDAD

La seguridad que presenta una carretera frente a situaciones de pérdida de control de los vehículos, tiene directa relación con las posibilidades que tiene el conductor de recobrarlo. Por un lado, una carretera ideal deberá tener una zona lateral despejada suficientemente amplia como para permitir tomar nuevamente el control en condiciones seguras. Por otro lado, una carretera insegura, desde éste punto de vista, será aquella que presente numerosos obstáculos en las inmediaciones de las pistas de circulación o puntos duros, que puedan provocar una detención inmediata o caída del vehículo. En un punto intermedio se encuentra la mayoría de las carreteras. La primera prioridad de todas las barreras de seguridad es contener y redireccionar un vehículo que, por cualquier razón, abandone su calzada de circulación. De esta manera se evitará que golpee un objeto fijo, caiga por un borde de terraplén o

colisione frontalmente con un vehículo en sentido contrario, disminuyendo con ello la gravedad del accidente. En otras palabras, no se instala una barrera para evitar un accidente sino para disminuir sus consecuencias. Se debe tener presente que la barrera en sí constituye un elemento de riesgo.

5.3.1 Aspectos Generales

Los sistemas de barreras de contención se pueden agrupar en tres categorías de acuerdo a su comportamiento: **Flexibles, Semiflexibles o Semirígidos y Rígidos.**

Los sistemas flexibles son aquellos que logran la contención y redirección de los vehículos principalmente por la acción de una viga o cable, que cuenta con sistemas de anclaje en ambos extremos.

Los sistemas semiflexibles o semirígidos son aquellos que logran contener y redireccionar a un vehículo mediante la acción combinada de una viga más sus postes de sustentación. Estos sistemas también cuentan con anclajes en sus extremos.

Los sistemas rígidos son aquellos que logran contener y redireccionar mediante una reacción directa al vehículo.

Los rangos esperados de deformación de los sistemas luego de un impacto, son los siguientes:

Tabla Nº 7

Tipo de Sistema	Deflexión Esperada (m)
Flexible	De 1,5 a 3,5
Semirígido	De 0,5 a 1,5
Rígido	De 0,0 a 0,5

Fuente : Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones

En términos muy generales, la rigidez del sistema de contención afecta de dos maneras distintas a los vehículos que la impactan, mientras más rígida es la barrera, se esperan mayores daños en el vehículo y menor será la deflexión del sistema. Un sistema flexible tendrá una deflexión mayor y los daños al vehículo serán menores.

5.3.2 Sistemas Flexibles

Al ser impactados, estos sistemas presentan una alta deflexión, lo que se traduce en un suave redireccionamiento del vehículo, minimizando el riesgo a sus ocupantes y los daños al móvil.

Los sistemas más comunes son los construidos a partir de cables de acero o vigas metálicas de perfil "W" con postes débiles. En ambos, el principio de funcionamiento consiste en traspasar la energía lateral del vehículo a la tensión longitudinal de la viga o cables de acero. Los postes débiles deben solo mantener constante la altura del elemento de contención, no colaborando en la contención propiamente tal. En todos los casos, el sistema de sujeción del poste con la viga o cables, es un sistema colapsable, que permite el desenganche de los postes durante la colisión.

El espaciamiento de los postes debe ser tal que permita mantener el elemento resistente a una altura constante.

La instalación de los postes puede materializarse mediante hincado en terreno, poyos de hormigón o vainas prefabricadas. Para este tipo de sistema, el procedimiento de anclaje del poste no reviste mayor importancia, ya que frente a un impacto, el poste deberá colapsar sin ofrecer mayor resistencia. Es esencial que cada tramo de barrera flexible cuente con elementos de anclaje al inicio y término.

Su aplicabilidad es reducida en Chile, porque requieren de una zona lateral despejada de aproximadamente 3 m de ancho tras la barrera, lo que en general es difícil de encontrar en la infraestructura de nuestras carreteras, excepto en medianas de ancho igual o superior a 6 m.

- Cables de acero, poste débil

Los sistemas de cable de acero son bastante utilizados en algunos países de Europa y EE.UU., destacando entre sus ventajas su rápida instalación y bajo costo de reposición, ya que los cables son recuperables luego de un impacto. El reemplazo consiste en la instalación de postes nuevos en la zona afectada por el impacto y, luego, el montaje y tensionado de los cables.

La tensión en los cables, varía de acuerdo a los cambios de temperatura ambiente, lo que produce variaciones temporales en la longitud de estos y por consecuencia requiere de sistemas de corrección. Por esta misma razón, la longitud de cada tramo es limitada (máximo 2.000 a 3.000 m).

La altura de los cables de acero varía entre 400 y 800 mm, medidos desde la superficie de fundación de los postes, considerando que las instalaciones más comunes tienen tres cables a diferentes alturas, entre los rangos señalados.



Fotografía Nº 19. Sistema flexible, Cables de acero.

- Vigas “W”, poste débil

Las barreras metálicas con viga tipo “W” y poste débil, son consideradas sistemas flexibles. La viga funciona con los mismos principios de las barreras con cable de

acero. La altura total de la barrera es de aproximadamente 700 a 750 mm sobre el terreno de fundación.

Una característica fundamental de este sistema, es que cuenta con un dispositivo de sujeción que facilita el desenganche del poste durante su deformación, permitiendo que la viga metálica se comporte como una cinta, descargando los esfuerzos a lo largo de esta, sin colaboración de los postes.



Fotografía N° 20. Sistema Flexible, barrera con perfil “W”

5.3.3 Sistemas Semirígidos

Estos sistemas son capaces de controlar y redireccionar a los vehículos que los impactan, disipando la energía a través de la deformación de los postes y la viga.

Por su simplicidad se han transformado en uno de los sistemas más utilizados en el mundo. En general consisten en barreras metálicas formadas a partir de perfiles doble o triple onda, sustentados por postes de acero, hormigón o madera, los cuales se empotran en el terreno a una distancia variable.

La separación entre los postes varía generalmente entre 0,8 m y 2,0 m y es función del grado de rigidez que se desea obtener.

Para estas barreras también existen algunos elementos accesorios o disposiciones especiales que permiten modificar su comportamiento, orientado especialmente a

requerimientos de más resistencia o disminución del ancho de trabajo. Entre los más relevantes se cuentan la posibilidad de ubicar postes a menor distancia, vigas diagonales entre postes y, perfiles o rieles inferiores.

- Vigas “W”, poste fuerte

El sistema Semirígido de viga “W” con poste fuerte, es uno de los más ampliamente difundidos en el mundo. El perfil tipo “W” presenta ventajas estructurales, facilidad de fabricación y montaje.

Los países europeos cuentan con mucha experiencia práctica en la utilización de este sistema, sin embargo no se conocen muchos antecedentes recientes de su comportamiento en pruebas de impacto real.

La altura de la viga es de aproximadamente 680 a 740 mm sobre el terreno de fundación y el anclaje de los postes está materializado mediante el sistema de hincas en terreno natural o alternativamente en empotramientos con hormigón o bien vainas desmontables.

Es característica de estos sistemas la incorporación de un bloque separador entre la viga y el poste, el cual tiene por función impedir que elementos del vehículo se enganchen al poste. El material utilizado en el bloque separador generalmente es acero, madera o plástico reciclado.



Fotografía N° 21. Sistema Semirígido, barrera con perfil “W”

- Vigas triple onda, poste fuerte

La viga de perfil triple onda es de la misma familia que la viga de perfil "W", pero es más resistente a la flexión y tensión longitudinal. Esto se debe a su mayor sección y al pliegue adicional.

Este tipo de barrera es más rígida y generalmente más resistente que otras barreras metálicas y su mayor rigidez se traduce en un ancho de trabajo menor.

La configuración normal de esta barrera es la viga triple onda montada en postes de acero o madera, separados entre ellos por longitudes variables. La altura de la viga fluctúa entre 0,8 y 1,2 m, medida desde el terreno de emplazamiento.

Este sistema otorga un mayor nivel de contención que los mencionados en los puntos anteriores, característica que lo hace adecuado especialmente para vehículos de tamaño medio a velocidades moderadas. Sin embargo, esta misma característica resulta en el aumento de la severidad del impacto en el caso de vehículos livianos.

Este tipo de barreras probablemente es uno de las más estudiadas tanto en pruebas de simulación en laboratorio como de impacto real.



Fotografía Nº 22. Sistema Semirígido, viga triple onda con separador y riel inferior.

- **Vigas de acero revestidas en madera**

Se han desarrollado últimamente sistemas híbridos entre madera y metal, especialmente con fines estéticos. Básicamente estos sistemas consisten en una viga metálica reforzada y recubierta con una viga de madera.

El sistema es soportado por postes de madera o metálicos también recubiertos con madera.

La resistencia estructural de estos sistemas esta repartida en los esfuerzos de tracción tomados por la viga metálica, de la cual depende también la continuidad y la flexión, que es compartida por la viga de madera. Ambas vigas se encuentra unidas mediante pernos, en toda su longitud, para evitar la fragmentación de la madera durante un impacto.

La altura de la viga es de aproximadamente 700 mm desde el terreno de emplazamiento y la separación entre postes es normalmente de 2 m.

Las barreras de acero con madera son especialmente recomendadas para zonas de preservación ecológica como parques nacionales, reservas naturales y caminos turísticos en general. Todos los diseños que actualmente se utilizan incluyen refuerzos metálicos de manera discreta.

No existen diseños realizados solamente en madera que estén ensayados y aprobados.

5.3.4 Sistemas Rígidos

Esta clasificación incluye cualquier estructura suficientemente rígida como para no deformarse substancialmente frente al impacto de un vehículo de la clase para la cual fue diseñada. Incluidos en esta clasificación se encuentra: el perfil New Jersey, el perfil "F", el muro liso vertical, la forma de pendiente constante y pretilas de puentes de varias configuraciones. En algunos casos se combinan un elemento

inferior de hormigón y un elemento superior de acero y en otros se construyen totalmente de hormigón o de acero.

Típicamente tienen una elevación de por lo menos 0,80 m, dependiendo de las características de los eventuales vehículos que las impactarán y también de las condiciones del lugar de emplazamiento.

Esta clasificación abarca sistemas capaces de contener y redireccionar desde el vehículo más liviano hasta un camión con remolque de 36.300 Kg. a 15° y a 84 km/hr. Dado que su deflexión es prácticamente nula, estos sistemas son la solución de preferencia para las medianas de sección reducida, puentes y muros de contención de suelos y túneles, donde es esencial minimizar las deflexiones.

- Las formas “F” y New Jersey

Estas barreras trabajan principalmente basadas en su peso propio, como parte solidaria del pavimento o incorporadas con la losa de un puente, cuando se usa como pretil. Se pueden construir en sitio mediante moldajes deslizantes o pueden ser prefabricadas como elementos modulares, los cuales requieren una conexión fuerte entre ellos.

Se han mostrado capaces de contener y redireccionar vehículos livianos y buses.

Ambas formas usan una altura mínima de 0,80 m, pudiendo extender su elevación sin límite. Es importante mencionar que estos sistemas absorben energía lateral levantando parcialmente el vehículo, por lo que se espera que mientras más severa es la colisión, más alta será la altura que alcanzará el vehículo, para luego caer.

· Muro vertical de hormigón

El muro liso vertical ha dado buenos resultados, tanto del punto de vista teórico como práctico. La ventaja principal de esta forma es que es fácil de construir y es especialmente útil en medianas restringidas. Su resistencia a un impacto será función de su diseño estructural. Dependiendo de la cantidad de acero incorporado y de las características del hormigón y sus dimensiones, estas barreras pueden ser capaces de resistir cualquier vehículo.

· Muro vertical de hormigón con mampostería de piedra

Este sistema es esencialmente igual al sistema descrito en el párrafo anterior, con la diferencia de que se forra con mampostería de piedra lisa con juntas de mortero, entregando una apariencia rústica, la cual tiene gran aceptación en vías escénicas.

Cualquier muro vertical con estructura resistente y con altura mayor o igual a 0,80 m, podrá ser considerado como uno de estos tipos de barrera.



Fotografía N° 23. Sistema rígido, barrera de hormigón

5.3.5 Sistemas Móviles y Removibles

Las barreras móviles y removibles se han desarrollado para prestaciones en situaciones de tránsito variable o en caso de emergencias. Deben en todo lo posible cumplir con los requerimientos de una barrera permanente.

- Barreras móviles de hormigón

Para algunas situaciones de flujo de tránsito variable conviene contar con una barrera capaz de ser trasladada de manera sencilla y rápida. Una aplicación de gran utilidad es cuando se quiere maximizar el uso de pistas en una vía que tenga un tránsito con alta incidencia direccional. Por ejemplo, una vía de 5 pistas con un flujo predominante en la mañana en una dirección y por la tarde en la otra dirección, podría modificarse todos los días permitiendo 3 o 4 pistas en la dirección de alto tránsito y 1 o 2 en la dirección contraria. La barrera móvil sería trasladada dos veces por día.

Esto se logra utilizando un sistema rígido de hormigón que se compone de una cadena de segmentos de barrera de forma "F", con un elemento superior con forma de "T", el cual facilita el levantamiento y desplazamiento. La barrera se corre usando un vehículo diseñado para tales fines, logrando un desplazamiento lateral de 1,2 hasta 5,5 m. Las velocidades de transferencia son de 8 a 16 km/hr. El sistema se ha ensayado con un vehículo de 2.300 Kg. a 90 Km/h y a un ángulo de impacto de 25°.

- Barreras removibles de vigas de perfil "W"

Se encuentran desarrolladas algunas variaciones en los sistemas de instalación de barreras metálicas, que permiten considerarlas dentro de los sistemas removibles. Están basadas en viga "W" con una adaptación de sus elementos de unión y fijación de postes. La utilización de estos sistemas está especialmente indicada en la

materialización de pasadas de emergencia en instalaciones continuas de barreras metálicas.

Son diversos los tipos de modificaciones realizadas en los elementos de unión y conexión, siendo los más habituales la utilización de tuercas mariposa o pernos con pasador. Estos diseños de unión no han sido sometidos a pruebas de impacto, por lo cual se recomienda su instalación en sectores de bajo riesgo.

Incluido en este grupo están los portones de metal, disponibles comercialmente, los cuales son capaces de desplazarse longitudinalmente abriendo la barrera, permitiendo el paso de vehículos de emergencia. Algunos de estos sistemas han sido ensayados exitosamente.



Fotografía N° 24. Barrera removible, perfil "W"

5.3.6 Sistemas en Zonas de Trabajos

Los sistemas de contención provisionales o provisorios, utilizados en zonas de trabajo, deben tener tres funciones: proveer seguridad para los usuarios del camino, proveer seguridad para los trabajadores y el equipamiento de trabajo y, proteger los elementos de la obra, como por ejemplo moldajes, armaduras, etc. Un sistema de contención provisional ayudará además a controlar la entrada a la obra de personas y vehículos que no estén autorizados.

En algunos casos de trabajos de reducida duración o en vías de baja velocidad, en general, no conviene proveer un sistema de contención. En otros casos, en faenas de conservación de corta duración, pero en vías de alto tránsito y altas velocidades, bastará con utilizar un Amortiguador Montado en Camión (AMC).

En trabajos de mayor duración, con trabajos cercanos a pistas de tránsito o, de tener excavaciones laterales de más de 50 cm. de profundidad en la cercanía de pistas de alta velocidad, conviene considerar el uso de barreras modulares e interconectadas de hormigón, ya que estas dan un buen nivel de seguridad y son fáciles de instalar y remover.

Los terminales iniciales de estas barreras de hormigón no deben presentar un peligro al tránsito, pudiendo para este fin, utilizar un amortiguador de impacto, proveer una transición para alejar la punta del tránsito o, utilizar un Terminal de hormigón abatido, si la velocidad de circulación es menor o igual que 70 Km/h.

Por su naturaleza, las zonas de construcción atraen el interés del público, éste pueden entorpecer la obra y representar un gran peligro. En estos casos, se recomienda contemplar vallas peatonales de control de acceso.



Fotografía N° 25. Sistema de barreras para zonas de trabajo

- Barreras de Hormigón

Las barreras de hormigón son adecuadas para trasladarse de un lugar a otro, factor que puede ser muy importante durante una obra en construcción. Es más, se puede fabricar la barrera, colocarla en un lugar temporal para proteger al usuario, los obreros y la obra, y luego colocarla en su posición final, formando parte de los elementos definitivos del camino. En algunos casos, la barrera de hormigón se puede usar en varios lugares durante la vida de una obra antes de ponerla en su lugar final. La barrera de cadena de segmentos de perfil "F" con un elemento superior con forma de "T", tiene también aplicación en vías en construcción. La barrera puede proteger la obra durante el día, permitiendo el uso de pistas adyacentes para altos flujos y, luego, ser corrida cierta distancia durante períodos de menor demanda vehicular, facilitando la construcción de la vía.



Fotografía N° 26. Barrera de hormigón provisoria.

5.4 ZONA DESPEJADA

5.4.1 Definición

En los años 60 se hacía evidente que algunos elementos viales laterales contribuían a aumentar la gravedad de los accidentes, y de aquí nace el concepto de la **Zona Despejada**. Durante los años 80 se documentó en EE.UU. y otros países que aproximadamente un 25% de los accidentes fatales involucraban objetos fijos. Un estudio australiano desarrollado en 1999 documentó que los objetos fijos fueron determinantes en un 27% de los accidentes graves investigados en ese país.

Ensayos de la General Motors en los años 50 y 60 mostraron la conveniencia de proveer, en vías de alta velocidad, un área lateral de recuperación para vehículos fuera de control. Se reconoce que esta “pérdida” de control puede ser por patinaje, conductores momentáneamente dormidos o distraídos, condiciones del tránsito, vehículos con averías o por otras razones. Varios estudios recopilaron información en cuanto a la frecuencia y la distancia de estos abandonos descontrolados y se concluyó que entre el 80% y el 85% de los casos en que el conductor pierde el control de un vehículo a altas velocidades, también podría recuperarlo cuando existiera un área relativamente plana de un ancho aproximado a 9 m, medido desde el borde de la pista de circulación. El conjunto de evidencia fue resumido en una publicación denominada “Un Análisis de Seguridad en el Diseño y Operación Vial” (“A Review of Safety Design and Operational Practices”). En este documento se expresó la necesidad de proveer en las vías de alta velocidad, una zona lateral de aproximadamente 9 m. de ancho y libre de obstáculos agresivos. De esta manera se define el concepto del “Clear Zone” o “Zona Despejada”. El documento fue adoptado como guía para todos los estados por la **American Association of State Highway Officials**, AASHTO.

La “Zona Despejada” se define como el área adyacente a las pistas de circulación, la cual se mantiene libre de peligros laterales como, postes, árboles y arbustos con

troncos mayores a 100 mm, muros de obras de arte, y otros objetos fijos o condiciones que representen un peligro. El ancho de esta zona debe ser consistente con el diseño geométrico, velocidad de operación, composición y nivel de tránsito.

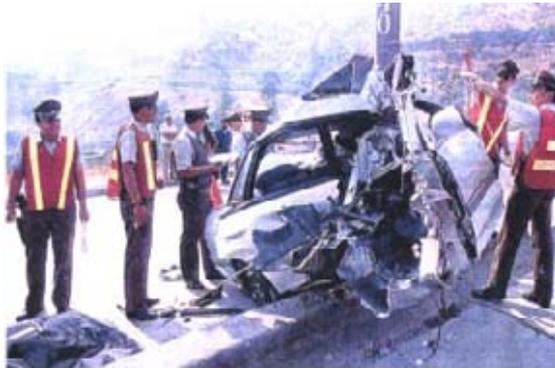
5.4.2 Objetos Fijos

Un objeto fijo es un elemento que por su masa, forma, estructura, conformación u otra característica, representa un peligro para los ocupantes de un vehículo que lo choque.

Entre los objetos fijos más comunes se cuentan, postes de alumbrado o de servicios públicos, rocas, árboles, postes de señalización vertical (tanto público como privado), muros cabezales, cunetas, taludes perpendiculares, adornos de la vía, etc.

La prioridad para el tratamiento seguro de objetos fijos usada normalmente en países desarrollados es:

1. Eliminar los objetos fijos, ya sea removiéndolos o reubicándolos. De no ser posible remover o alejar de la vía todos los objetos fijos, conviene establecer prioridades para remover los que sean más propensos a ser impactados.
2. Si no se puede remover o alejar un objeto fijo, se debe ver la posibilidad de modificarlos de manera de hacerlos menos peligrosos. Los postes de señales y de iluminación se pueden convertir en postes rompibles que al ser impactados presentan menor riesgo para los ocupantes de los vehículos.
3. De no poder eliminar, alejar o hacer menos peligroso el objeto fijo, se puede instalar una barrera para defender a los usuarios de la vía del peligro que representa el objeto fijo.
4. En el caso de no poder realizar ninguna de las actividades mencionadas arriba conviene siempre, al menos, delinear bien el objeto.



Fotografía N° 27. Impacto de vehículo contra poste de alumbrado público.



Fotografía N° 28. Objeto fijo natural sólo delineado, Santiago – Chile

5.4.3 Modificaciones de Diseño y Geometría

La experiencia y estadística de accidentes, contrariamente a lo que se podría pensar, indica que aquellos caminos con geometría montañosa, muy sinuosos y con gradientes de gran magnitud, no son precisamente los que presentan mayor número de accidentes. Esto ocurre porque los usuarios conocen o perciben rápidamente las características y riesgo del camino y, en consecuencia, asumen una conducción más cuidadosa. La excepción a esta conducta la constituyen algunos conductores habituales, que cada vez que utilizan repetidamente un camino incrementan su velocidad de circulación y por ende su riesgo.

De acuerdo a la experiencia norteamericana, la geometría del camino se convierte en un factor negativo, altamente incidente en la seguridad de conductores y peatones, en las siguientes condiciones:

- Geometría irregular en un sólo trayecto, con curvas horizontales aisladas que restringen repentinamente la velocidad de operación.
 - Falta de terceras pistas o pistas lentas en zonas de trazado sinuoso, para permitir adelantamiento de vehículos pesados.
 - Inadecuada localización del término de las pistas lentas. Este debe ubicarse de tal forma que los vehículos pesados puedan desarrollar allí velocidades similares a la del flujo principal y su incorporación no implique riesgo para el resto de los usuarios.
 - Adopción de peraltes menores ya sea en el diseño o en la construcción.
 - Inadecuado diseño o emplazamiento de intersecciones. Principalmente falta de pistas de viraje a la izquierda e intersecciones ubicadas en curvas con escasa visibilidad.
 - Existencia de curvas verticales sucesivas con largas restricciones de adelantamiento.
 - Presencia de pendientes fuertes prolongadas sin contar con pistas de emergencia para detener vehículos fuera de control.
 - Falta de correspondencia entre la geometría del camino y la superficie de rodado.
- Los cambios de estándar no deben privilegiar el mejoramiento del pavimento olvidando resolver las restricciones de geometría. El aumento en la velocidad de circulación podría ocasionar serios accidentes.
- Ancho insuficiente de la calzada para la intensidad de tráfico, especialmente cuando la componente de vehículos pesados es importante.

5.5 Sistemas de Contención Utilizados

Los sistemas utilizados varían significativamente de acuerdo a la experiencia de cada país y los fundamentos técnicos que justifican su utilización no siempre existen. La gran cantidad de diseños diferentes que se utilizan en el mundo hacen imposible realizar una clasificación totalmente representativa de la variedad existente.

En este sentido existen casos extremos, como EE.UU., donde cada Estado puede disponer de elementos de contención diferentes. Un problema similar ocurre en Europa, donde no existe consenso acerca de que tipos de sistemas deben utilizar los miembros de la Comunidad Económica Europea (CEE). Los procedimientos de aceptación de elementos de seguridad, como las normativas vigentes, permiten la incorporación de cualquier elemento fabricado dentro de los países de la CEE y no hay restricciones para los materiales utilizados.

Los diseños y materiales que actualmente se utilizan corresponden, en general, a los que han demostrado un comportamiento satisfactorio ya sea en las pruebas de ensayo o en la experiencia práctica.

En este punto es necesario recordar que la gran mayoría de los elementos de contención son fabricados por empresas privadas, las cuales tienen entre sus objetivos principales el lucro económico. Esto las lleva a desarrollar sistemas que pueden no ser tan eficientes técnicamente, pero presentan ventajas desde el punto de vista comercial, costos más bajos, diseños atractivos e incluso, responder a expectativas políticas en términos de beneficiar a ciertos sectores de la industria de cada país.

Un caso particular de esta situación se presenta en la CEE, donde claramente se ha impulsado el desarrollo de la industria del acero a través de la masificación de los elementos de contención en este material. Por su parte, las tendencias norteamericanas han desarrollado más fuertemente los diseños basados en hormigón, beneficiando de manera importante el desarrollo tecnológico y comercial

de este sector. Una consecuencia directa de esto se aprecia en el importante desarrollo tecnológico que muestran los elementos disipadores de energía fabricados en EE.UU., especialmente diseñados para sistemas rígidos.

Los aspectos comerciales han resultado decisivos al momento de evaluar la instalación de elementos de contención con características técnicas similares, en efecto, los dispositivos más económicos y más eficientes son los que normalmente se utilizan.

5.5.1 Generalidades de Barreras de Seguridad

Hasta antes de 1996, la situación de las instalaciones de barreras de seguridad a lo largo del país, presentaba una variada gama de elementos, diversos tipos, calidades y configuraciones, que abarcaban todas las posibilidades de combinaciones posibles entre lo permitido por las diversas especificaciones nacionales y las posibilidades de suministros que disponían los fabricantes e importadores nacionales.

Los elementos más utilizados hasta esa fecha consistían en barreras fabricadas con distintos materiales como el acero A52 -34 ES y el A37-24 ES, pinturas o recubrimientos de galvanizado diverso para protección de la corrosión, espesores de los elementos que abarcan todo el rango posible entre las tolerancias permitidas.

Por su parte, las configuraciones y disposición de elementos se caracterizaba por el tradicional poste de sección "Z" ($e = 4,3$ mm) con viga "W" ($e = 2,3$ mm).

Algunos de estos elementos, como el poste tipo "Z", encuentran su origen en especificaciones del Reino Unido, mientras que los pernos y viga "W" están claramente influenciados por la Norma AASHTO. Las combinaciones y modificaciones que han sufrido en el país estos dispositivos dieron origen a la mayoría de las instalaciones que hoy vemos en los caminos.

5.5.2 Instalaciones Especiales sobre Muros de Contención, Puentes y Viaductos

Una situación especial representan las instalaciones de elementos de contención en lugares donde existe el peligro de caída de vehículos desde alturas considerables. Este es el caso de los puentes, viaductos y muros de contención.

Hasta ahora, normalmente este tipo de estructuras no cuentan con diseños tipo que aseguren una contención adecuada, por este motivo es frecuente conocer de accidentes con caída de vehículos desde grandes alturas. En algunos casos, estas caídas pueden producir daños importantes a los usuarios, no solo del vehículo que cae sino también a los que circulen por la vía inferior.

En estos últimos años, la Dirección de Vialidad, consciente de esta situación, ha incorporado en sus proyectos de puentes, barreras de hormigón, emplazadas sobre un tablero amplio, al menos del mismo ancho de la plataforma del camino, con pasillos peatonales exteriores, completamente protegidos.

5.5.3 Situación de la Red Vial

El diagnóstico de la situación que existe en los distintos caminos del país, respecto al tema de elementos de contención, puede también ser tratado desde el punto de vista de la red vial, distinguiendo para ello tres categorías de rutas. La primera de ellas corresponde a la Red Vial Concesionada o Dobles Calzadas, que es donde se encuentran instalados los elementos más modernos que actualmente se utilizan en Chile y representan un ejemplo de los importantes avances en estas materias. La segunda categoría corresponde a la Red Vial Primaria o rutas bidireccionales pavimentadas, que constituían la situación más característica de los caminos de Chile. Por último, se distingue la Red Vial Secundaria, la cual se caracteriza por carpetas de rodado de tierra o granulares y tránsito Bidireccional.

5.5.3.1 Elementos de Contención en la Red Vial Concesionada o Dobles Calzadas

La Red Vial Concesionada se caracteriza por incorporar estos elementos de manera masiva. Los dispositivos son de una calidad más uniforme, observándose en general elementos metálicos, con tratamiento de galvanizado, presencia de pieza separadora entre viga y poste, y algunas aplicaciones de barreras de hormigón.

Con respecto a las tipologías utilizadas, se observa, salvo casos especiales, un poste de sección canal o canal atiesado cada 4.0 m, con separador tipo canal o europeo y viga de perfil "W".

El método de instalación preferentemente usado corresponde al hincado en el terreno con máquina, sin embargo, en situaciones especiales, caracterizadas por la dureza del terreno y/o la imposibilidad de hincar los postes, se observan instalaciones con poyo de hormigón o placas bases apernadas, esto último especialmente sobre estructuras.

Una condición característica de las vías concesionadas es la incorporación de barreras en la mediana, cuyo objetivo principal es impedir los virajes en "U" en zonas no autorizadas. El tipo de elemento de contención utilizado no necesariamente corresponde al adecuado en cuanto a sus características estructurales; diversos accidentes ocurridos, especialmente sobre la Ruta 5, han demostrado que las barreras son fácilmente sobrepasadas, incluso por vehículos livianos.



Fotografía N° 29. Barrera traspasada por vehículo pesado, doble calzada
(Ruta 5 Norte).

Otra situación característica es la presencia de obstáculos laterales, que representan un riesgo inminente para la seguridad, ya que se encuentran próximos a la calzada y no cuentan con medidas de protección adecuadas para los usuarios.

Algunos casos particulares de esta situación lo representan las cepas de puentes, pasarelas y los marcos de señales aéreas, alcantarillas, postes de alumbrado, etc.



Fotografía N° 30. Postes de tendido eléctrico emplazados en el borde de la calzada.

5.5.3.2 Elementos de Contención en la Red Vial Primaria y Caminos Pavimentados de Tránsito Bidireccional

La red vial primaria, dentro de la cual se pueden incluir las vías rápidas urbanas, presenta un grado de desarrollo limitado en cuanto a la implementación de elementos de seguridad adecuados. Es así como se observan escasas instalaciones de barreras de contención de última tecnología, salvo casos aislados, en los que se han habilitado pequeños tramos de prueba como demostración de las ventajas de incorporar estos elementos de seguridad.

En general, existe el concepto de proteger los obstáculos de los usuarios y no de proteger a los usuarios de los obstáculos que se ubican cercanos a las vías de circulación. Ejemplos claros de lo anterior lo representan las barreras instaladas frente a los postes de alumbrado público, señales y otras similares, que en muchos casos no superan los 4 m. de longitud.

Las tipologías utilizadas corresponden a las más simples, siendo características las instalaciones de barreras metálicas pintadas, compuestas por la viga tipo "W" sostenida mediante postes tipo "Z" cada 4 m, anclados con poyo de hormigón.

Se han introducido de manera puntual algunos elementos diferentes, que representan sin duda un aporte al mejoramiento de la seguridad.

5.5.3.3 Elementos de Contención en la Red Vial Secundaria y Caminos Sin Pavimento de Transito Bidireccional

La instalación de elementos de contención en la red vial secundaria resulta extremadamente escasa, los elementos característicos instalados en este tipo de caminos corresponden casi exclusivamente a barreras metálicas pintadas, compuestas por la viga tipo "W" sostenida mediante postes tipo "Z" cada cuatro metros, anclados con poyo de hormigón.

La principal característica observada es la instalación de barreras casi exclusivamente en zonas de curvas peligrosas y en accesos a puentes, presentando normalmente una longitud insuficiente.

Es necesario destacar además, que la instalación en muchos casos se realiza con el objetivo principal de cumplir labores de demarcación y/o delineación, ya que la precaria sustentación con que se instalan algunos postes, no permite un adecuado comportamiento ante una colisión.

5.5.3.4 Ubicación de los Dispositivos.

Es importante mencionar algunos aspectos relevantes en cuanto a la disposición y ubicación de los elementos de contención. Particularmente en el caso de las barreras de seguridad, existen deficiencias muy comunes de observar y que no son responsabilidad de los elementos de contención propiamente tales.

Estas situaciones son muy comunes en los caminos de Chile y se pueden considerar como serias deficiencias de los sistemas de contención en las carreteras del país.

➤ Perfil Transversal

Las principales recomendaciones para la ubicación de la barrera en el perfil transversal dicen relación con la necesidad de que no existan elementos u obstáculos intermedios entre la calzada y la barrera, sin embargo, es frecuente encontrar obras de drenaje como soleras y cunetas, señales, postes de alumbrado y otros elementos.

Otra consideración importante son las continuas variaciones de ancho de plataforma que se pueden generar por deficiencias en las instalaciones.

Esta condición es un elemento de riesgo importante, ya que introduce distorsiones en la apreciación del perfil transversal de la carretera, traduciéndose en modificaciones de la capacidad de la vía y con ello las velocidades de circulación son

afectadas. El caso más representativo lo constituyen los estrechamientos bruscos de las barreras, cuándo existen obstáculos muy próximos en las zonas laterales o bien en accesos a puentes angostos.

Por último, la situación más común que se observa en los caminos de Chile, es el inadecuado espacio disponible tras las barreras, lo que implica que estas disponen de un reducido ancho de trabajo, característica que no cumplen la mayoría de las configuraciones actualmente en operación.

➤ **Longitud del Tramo**

La longitud de los tramos de elementos de contención instalados en el país son generalmente insuficientes, ya que no alcanzan a cubrir la zona de peligro para la cual fueron instalados y normalmente tampoco tienen la longitud necesaria para la continuidad estructural del sistema.

Este último aspecto es muy importante, ya que principalmente en barreras flexibles, se requieren longitudes sobre 40 m para funcionar adecuadamente.

Una situación similar se observa en el caso de las barreras de hormigón, en que es frecuente observar tramos muy cortos, con módulos desconectados estructuralmente entre sí y muchas veces con espacios intermedios entre ellos.

➤ **Altura**

La altura del elemento de contención es un aspecto básico en el diseño e instalación, ya que esta relacionado con la estabilidad de los vehículos durante el impacto. Idealmente, la altura del elemento de contención debe estar por sobre la altura del centro de gravedad del vehículo que impacta, sin embargo, por la gran variedad de vehículos que circula, es muy difícil cubrir todo el espectro deseado.

Las barreras instaladas en Chile generalmente se encuentran a una altura de 700 mm desde la rasante, tal como lo indica el Manual de Carreteras. Esta condición es adecuada para vehículos livianos estándar, pero no cubre las necesidades de los vehículos más pesados o de altura mayor.

Un caso especial de estos vehículos son los “Todo Terreno”, ya que por la distribución de su peso, sistemas de amortiguación, altura y tamaño, escapan a las características de los vehículos estándar y, por lo tanto, los elementos de contención tradicionales no otorgan un grado de protección adecuado para ellos. En Chile este es un problema importante ya que el número de vehículos de este tipo ha registrado un aumento explosivo en los últimos años.

5.6 JUSTIFICACIONES PARA LA INSTALACIÓN

La recomendación de instalar una barrera se basa en la premisa de que sólo debe instalarse si reduce la severidad de accidentes potenciales. Típicamente, las recomendaciones de instalación de una barrera están basadas en un análisis subjetivo de ciertos elementos y condiciones del borde del camino. Si se cree que las consecuencias de chocar un objeto fijo o de salirse del camino son más serias que los daños que sufrirá producto del impacto con la barrera, entonces se recomienda su instalación. A menudo hay casos dónde no es tan obvio si la barrera o los elementos de protección deben instalarse, ya que éstos pueden transformarse en un riesgo mayor.

Las recomendaciones también se pueden elaborar basándose en un análisis cualitativo de las características del camino como la velocidad de diseño, el nivel y composición del tráfico y una evaluación económica de los costos involucrados. Los costos asociados a la instalación de elementos de contención, mantenimiento y los costos involucrados en accidentes, pueden ser comparados en situaciones hipotéticas, donde en un caso se instala la barrera y en el otro no.

También se puede hacer una evaluación completa de varios tipos de instalación, comparados con la opción de no colocar barreras.

Este procedimiento se usa para evaluar típicamente tres opciones:

1. Quitar o reducir el riesgo de tal manera que el elemento de contención ya no sea requerido.
2. Instalar una barrera apropiada o un elemento de contención seguro.
3. Dejar el área descubierta o con medidas de protección menores, como demarcación.

La tercera opción normalmente sólo sería recomendable para bajo volumen de tránsito o zonas de velocidad reducida, donde se pueda verificar, además, que la probabilidad de ocurrencia de accidentes sea baja.

5.7 CRITERIOS DE SELECCIÓN

Hasta hace algunos años, las barreras laterales fueron desarrolladas e instaladas con la intención de contener y redireccionar a vehículos con masas superiores a 2.000 Kg., sin embargo, la experiencia señaló que, en general, no eran capaces de contenerlos o redireccionarlos cuando chocaban a altas velocidades y en ángulos de impacto importantes. Estos sistemas han demostrado, eso sí, que son efectivos en impactos producidos por vehículos livianos a velocidades razonables (menores a 100 Km/hr) y ángulos relativamente tangenciales (menores a 25°).

Por otro parte, los hechos han demostrado que el comportamiento esperado de una barrera diseñada para vehículos livianos, puede provocar consecuencias graves en vehículos más grandes. Reconociendo estos hechos, varios centros de investigación se han esforzado en el desarrollo de sistemas de barreras capaces de redireccionar y contener vehículos pesados.

En general, no existen recomendaciones objetivas para la instalación de elementos de alta contención, adecuados a vehículos pesados, por lo que normalmente se consideran factores subjetivos para ello, tanto en el caso de construcción de nuevas carreteras como en el caso de rectificaciones de vías existentes, dentro de los cuales los más relevantes son:

1. El porcentaje de vehículos pesados.
2. Condiciones geométricas restrictivas.
3. Consecuencias severas asociadas con la penetración de una barrera dentro de un vehículo pesado.

5.8 GUÍA DE SELECCIÓN

Una vez que se establece la necesidad de colocar una barrera de contención, hay que seleccionar la más apropiada. Este proceso de selección es complicado y no existe en el mundo un criterio objetivo aplicable. No obstante, hay algunas pautas generales que pueden ayudar en el proceso de selección.

Normalmente, el sistema más adecuado será uno que cumpla con los requerimientos básicos y, además, tenga a lo largo de la vida útil de la barrera una relación costo / beneficio menor. La evaluación de costos y beneficios no se encuentra establecida de manera objetiva, sin embargo, la evaluación de los riesgos asociados, las condiciones de operación, la geometría y cualquier otro aspecto relevante permitirán establecer criterios de jerarquización adecuados para una evaluación técnica del especialista.

Al hacer la selección es importante considerar las condiciones presentes como las condiciones futuras. Normalmente, al mejorar una vía se genera un aumento de la

demanda y una posible modificación en la composición del tránsito, lo cual debe ser considerado en la selección de los sistemas.

A continuación se definen los criterios que se deben tener en cuenta para la selección de una barrera.

a) Capacidad de la Barrera

La primera consideración dice relación con la velocidad y composición del tránsito de la vía. Tradicionalmente, la mayoría de las barreras se han desarrollado para automóviles de pasajeros, por lo que ofrecen un bajo nivel de contención cuando son impactadas por vehículos más pesados. Esta situación se torna crítica a velocidades elevadas y ángulos de impacto mayores.

Geometrías restrictivas, volúmenes de tránsito y/o velocidades altas y, volúmenes significativos de vehículos pesados, pueden justificar la instalación de elementos más resistentes. Estos aspectos son especialmente relevantes si las consecuencias ocasionadas por el hecho de que un vehículo traspase la barrera son previstas como graves para los ocupantes del mismo u otros usuarios.

De manera similar, se puede considerar el caso en que el volumen de tránsito de vehículos livianos es bajo y la velocidad es reducida, en las cuales se justifica la instalación de un sistema sencillo y de bajo costo.

La barrera seleccionada debe contar con la capacidad de contención y redireccionamiento necesario para el tipo de vehículo solicitante y debe poder responder a las condiciones que impone la situación de riesgo que se quiere resolver.

Así entonces, una barrera rígida puede ser la mejor solución cuando las situaciones correspondan a restricciones geométricas severas, asociadas a un camino con alto volumen de tránsito o velocidad y un significativo flujo de tránsito pesado. También lo

será cuando la salida de un vehículo hacia otra calzada pueda ocasionar graves consecuencias a otro móvil.

Se utilizará además una barrera rígida cuando se trate de una obra de paso o puente, donde las consecuencias de traspasar la barrera serían muy graves.

En cambio, se podrá utilizar una barrera flexible donde además de lograr la contención del vehículo solicitante, se consiga su adecuado redireccionamiento y además se cuente con el espacio suficiente para la deflexión de la barrera.

b) Deflexión de la Barrera

Cada barrera tiene una deflexión esperada, la cual es una distancia que se define en pruebas de laboratorio, con ajustes posteriores luego de la evaluación en terreno.

La deflexión esperada para un determinado tipo de barreras nunca debiera superar el espacio disponible para esta acción.

Una vez definida la capacidad que requiere tener la barrera, será necesario examinar las características del sitio donde será instalada. Si el terreno es amplio y proporciona el espacio suficiente para permitir una gran deflexión, ocasionando por consiguiente menores reacciones en el vehículo y en sus ocupantes, será entonces una barrera flexible la más conveniente.

Sin embargo, si el obstáculo, del cual se quiere defender, quedara muy cercano a la barrera, se requerirá un sistema de mayor rigidez, que evite la colisión del vehículo con éste cuando la barrera se defleccione con el impacto.

c) Condiciones del Lugar

Algunos elementos cuentan con especificaciones técnicas, suministradas por el fabricante, que limitan las condiciones de su uso. Se debe asegurar siempre que no

existan condiciones de instalación incompatibles con estas especificaciones o con otras propias del proyecto.

Muchas veces las condiciones del terreno resultan ser preponderantes al momento de elegir una barrera de seguridad. Amplias bermas y zonas laterales planas aconsejarán el uso de barreras flexibles. Sin embargo, como ocurre generalmente en nuestros caminos, el espacio lateral muy reducido recomendará el uso de barreras semirígidas, lo que se conseguirá aumentando en algunos casos la profundidad de hincado de los postes y/o disminuyendo su distanciamiento.

Las condiciones del terreno, por si solas, podrán determinar la factibilidad de instalación de un cierto tipo de barreras y estas condiciones deben ser tomadas en cuenta al momento de estudiar el proyecto, ya que de otra manera, no se podrá ejecutar la instalación.

d) Compatibilidad

En general los organismos encargados del diseño, instalación y mantención prefieren tener en uso una limitada variedad de barreras de contención, por cuanto significa mejorar la especialización en la mano de obra, tener un menor número de piezas diferentes tanto para los terminales como para los empalmes o transiciones con otros sistemas, etc.

Por consiguiente, se debe tratar de promover la uniformidad y versatilidad de las barreras seleccionadas al menos para un mismo camino, provincia, región o concesión.

En lo posible, se debe evitar el uso de dos sistemas diferentes en una misma instalación. Cuando esto no sea posible, la recomendación general es que los elementos de unión, aparte de ser compatibles con los sistemas que unen, proporcionen un aumento gradual de resistencia o una disminución del ancho de trabajo, para pasar de la barrera menos resistente a la más resistente.

e) Costos y Ciclo de Vida

En el tema de las barreras de contención, generalmente ocurre que el costo de adquisición aumenta a medida que se incrementa su capacidad de contención, incrementándose con mayor velocidad en aquellos sistemas de alto rendimiento, no obstante, en estos casos los costos de mantención suelen ser decrecientes.

Tanto los costos iniciales como los costos eventuales de los diferentes sistemas de contención son consideraciones importantes en el proceso de selección. En términos generales, el costo inicial de un sistema aumenta en cuanto aumenta su resistencia o capacidad de contención. Los costos de mantención bajan. Por otro lado, un sistema con costos de instalación bajo, frecuentemente requiere un costo mayor de reposición después de un impacto.

f) Mantenimiento

Esta variable es importante evaluarla en tres ámbitos. El primero, corresponde a la mantención normal o rutinaria que requiere cada tipo de barrera.

El segundo, se refiere a la reparación necesaria después de una colisión y, en tercer lugar, también se debe evaluar la diversidad de repuestos y partes requeridas por cada alternativa.

- Mantención rutinaria

Los costos asociados a la mantención rutinaria actualmente son muy bajos, ya que en el caso de las barreras metálicas cuentan con tratamientos de protección galvanizada, que aseguran una larga duración. Por su parte, las barreras de hormigón no requieren labores de mantención rutinaria.

En este punto es necesario distinguir la mantención rutinaria propia del elemento de contención y los efectos que la barrera puede producir en el entorno de su instalación. Algunas tipologías de barrera favorecen la acumulación de basura, arena

u otros materiales en el lugar donde se encuentran instaladas o bien favorecen el crecimiento de vegetación, con lo que obstruyen las obras de drenaje y visibilidad de los elementos. La mantención asociada al despeje y limpieza de las zonas donde están instaladas las barreras no se considera como mantención de la barrera.

- Colisiones

El mantenimiento por colisiones incluye todas las reparaciones o ajustes necesarios después de un impacto. La consideración de estos costos es muy relevante en la selección de un sistema, ya que por lo general son los únicos costos de mantención.

El número de impactos que ocurrirá en un tramo de barrera depende en gran medida de: la velocidad y volumen del tránsito, el diseño geométrico y la distancia entre la barrera y la calzada. La extensión del daño provocado por un impacto es función de la resistencia de la barrera. De tal manera entonces, los costos de colisión pueden ser un factor importante en aquellas zonas de geometría restrictiva o de alto volumen de tránsito.

Este último caso es la situación típica a lo largo de vías urbanas de alta velocidad, donde además el trabajo de mantención se hace difícil e interfiere con el tránsito. En estos casos, una barrera rígida de hormigón es frecuentemente la barrera seleccionada.

- Almacenamiento y disponibilidad

Antes de seleccionar un sistema de barreras, se debe realizar un importante esfuerzo para determinar la futura disponibilidad de materiales necesarios para la mantención y reparación, además de los requerimientos de bodegaje. Es necesario ir incrementando el número de piezas de repuesto a medida que estas se van utilizando.

Así, obviamente es muy ventajoso el hecho de usar sólo un sistema de barreras, cuyas piezas de repuesto son las mismas para todo el elemento, además de la simpleza que conlleva su almacenamiento.

En resumen, en la selección de las barreras se debe tener presente que convendrá tener la menor diversidad de estos elementos, porque así se disminuyen las necesidades de almacenamiento y las provisiones pueden realizarse por volúmenes mayores.

5.9 CONSIDERACIONES ESTETICAS Y AMBIENTALES

5.9.1 Aspectos Estéticos

Normalmente los aspectos estéticos de una barrera no son decisivos en la selección de un sistema, sin embargo, en lugares de preocupación ambiental, áreas de recreo, bosques o parques conviene utilizar un sistema más compatible con ese entorno. En estos casos, es propicio seleccionar un sistema con una apariencia natural, armónica con el entorno, pero, capaz de cumplir con su propósito de seguridad.

5.9.2 Aspectos Medioambientales

En el caso de los ambientes salinos húmedos y zonas costeras en particular, el galvanizado funciona de manera adecuada, ya que en su descomposición se producen compuestos de óxido de zinc, los cuales no son solubles en agua. Con éstos se genera una capa protectora sobre la superficie. De esta manera, los ambientes salinos no se constituyen en los más agresivos para los elementos metálicos galvanizados.

En presencia de ambientes industriales o corrosivos, ciertos tipos de barreras pueden ser rápidamente deterioradas.

Para barreras o elementos metálicos, galvanizados o no, ésta situación es muy sensible. Particularmente, en ambientes industriales pesados, donde existen

emanaciones de gases sulfurosos o los elementos se encuentran en contacto con sales alcalinas o ácidos, se recomienda la instalación sólo de barreras metálicas recubiertas por resinas epóxicas, ya que el galvanizado se destruye fácilmente con la presencia de estos agentes.

En la tabla siguiente se presentan las velocidades de corrosión en elementos metálicos galvanizados expuestos a diferentes ambientes.

Tabla N° 8 : Velocidades de corrosión en elementos metálicos galvanizados



5.10 RECOMENDACIONES DE UBICACIÓN

5.10.1 Emplazamiento Lateral

La zona lateral despejada es un área transitable y libre de obstáculos, ubicada entre el borde de la calzada y los elementos laterales como barandas de puentes, muros de contención, árboles, cercos, barreras y cualquier otro obstáculo. Es un requisito de diseño en las carreteras de EE.UU. y sus dimensiones mínimas son establecidas en los manuales de diseño.

Las variables que se consideran para definir el ancho de la zona despejada son, principalmente, las características operacionales y geométricas de la vía.

Este criterio entrega a un conductor, que perdió el control sobre su vehículo, más espacio lateral transitable para redireccionarse o detenerse sin tener que impactar a la barrera u otro objeto fijo.

5.10.2 Efectos del Terreno

El buen comportamiento de un sistema de barreras se producirá si, al ser éste impactado, el sistema de suspensión del vehículo causante del choque no experimenta variaciones significativas, es decir, no se comprime ni eleva y sus neumáticos no se despegan del suelo, esto sin importar el tipo de barrera usada o el modelo o tamaño del móvil. Las condiciones del terreno, entre la calzada y la barrera, pueden tener efectos significativos en el comportamiento del vehículo inmediatamente antes del impacto y esto afectará el comportamiento de la barrera.

5.10.3 Efectos del esviaje

Una barrera es considerada esviada cuando no es paralela al borde de la calzada. Este esviaje es usado normalmente para que el Terminal quede lo más alejado posible de la vía, además de minimizar la percepción de angostamiento del conductor frente a un obstáculo cercano a la vía, como pueden ser las barreras de puentes.

Una desventaja de esta aplicación es que un gran esviaje incrementa el ángulo al cual se podría producir un eventual impacto. Al crecer el ángulo de impacto, la severidad de éste también aumenta, particularmente en sistemas rígidos y semi-rígidos. Una segunda desventaja radica en que si el vehículo impacta la barrera, al ser redireccionado se incrementa la probabilidad que éste cruce toda la calzada, factor preponderante en el caso de vías bidireccionales, ya que puede ocurrir una colisión con el móvil que se mueve en sentido contrario.

No obstante lo anterior, el concepto del esviaje para iniciar una barrera presenta dos virtudes importantes. Primero, minimiza el peligro que representa el Terminal de una barrera y, segundo, puede ser más económico que un Terminal paralelo lateral a la vía.

5.11 AMORTIGUADORES DE IMPACTO Y ELEMENTOS TERMINALES

5.11.1 Introducción

Cualquier impacto con un objeto fijo o con el extremo de una barrera de seguridad que no cuente con un terminal adecuado, tendrá una alta probabilidad de que produzca consecuencias graves, debido a que los vehículos usualmente serán detenidos violentamente. Además, un impacto con el extremo de una barrera longitudinal puede traer como consecuencia que los elementos de ésta penetren al compartimiento de pasajeros. Los terminales de barreras y amortiguadores de impacto son utilizados usualmente para prevenir consecuencias de este tipo, desacelerando gradualmente el vehículo impactante hasta detenerlo o conseguir su redireccionamiento.

En esta sección se entrega recomendaciones generales para la instalación, los requerimientos estructurales y de funcionamiento del tratamiento para extremos terminales de las barreras y amortiguadores de impacto. En resumen, se incluyen descripciones, pautas de selección y recomendaciones de instalación de sistemas a los cuales se le han realizado exitosos ensayos de impacto.

5.11.2 Conceptos Básicos

Para poder aplicar bien las tecnologías de amortiguadores de impacto y terminales de barreras es importante entender los conceptos en la cual se basa su funcionamiento.

A continuación se describen los conceptos básicos de funcionamiento y como se ensayan.

➤ **Energía Cinética**

Los amortiguadores, en general, pueden ser impactados por vehículos errantes tanto en la zona frontal (nariz) como en la zona lateral. Cuando un vehículo impacta la

zona frontal se provoca una deceleración en el vehículo hasta que llega a detenerse. En otras palabras, la energía cinética que lleva el vehículo previo al impacto se disipa durante el choque, deformando el amortiguador. La energía cinética (EC) se define de la siguiente forma:

$$E_C = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

Donde:

m: Masa del vehículo.

v: Velocidad del vehículo previo al impacto.

La energía se conserva, no es creada ni destruida en el proceso. El trabajo realizado en la deformación del amortiguador de impacto (y del vehículo), T, será igual a la energía cinética inicial del vehículo:

$$E_c = t$$

Muchos amortiguadores de impacto que operan actualmente fueron diseñados utilizando este principio básico de la conservación de la energía. Esta clase de amortiguadores requiere algún tipo de estructura de reacción, que tenga la capacidad de resistir la fuerza del impacto al producirse el colapso del amortiguador.

➤ Conservación del Momentum

Otra clase de amortiguadores de impacto han sido diseñados utilizando otro principio básico de la física, el principio de la conservación del momento lineal. El momento lineal que se genera en un vehículo en movimiento es igual al producto de la masa por la velocidad del mismo:

$$\text{Momento} = m \cdot v$$

Una parte o la totalidad de este momento puede ser transferido a una masa inerte de material puesto en la trayectoria del vehículo. Por ejemplo, una serie de contenedores, con cantidades variadas de arena, pueden ser impactados por el vehículo fuera de control. Dado que el momento total del sistema, compuesto por los contenedores de arena más el del vehículo, debe conservarse, el momento del vehículo es reducido por la suma de momentos de las partículas individuales de arena. El resultado neto es que la velocidad del vehículo es reducida de una forma controlada durante el impacto. Los amortiguadores de impacto que operan bajo el principio de la conservación del momento no requieren una estructura de reacción.

5.11.3 Condiciones de Ensayo

El Reporte 230 de la NCHRP especifica los procedimientos de ensayo y los criterios de evaluación a seguir en la medición de la efectividad de los sistemas de seguridad para carreteras. El funcionamiento del dispositivo es juzgado sobre la base de tres factores:

- ❖ La suficiencia estructural.
- ❖ El riesgo de los ocupantes del vehículo.
- ❖ La trayectoria del vehículo después de la colisión.

La eficiencia estructural del amortiguador de impacto es evaluada por su capacidad de contener o redireccionar en forma predecible y aceptable las condiciones de impacto especificadas. Los ensayos deben ser satisfactorios en un rango selecto de distintos tamaños de vehículos. La unidad deberá conservarse intacta durante el impacto o bien sus restos no deben representar un riesgo para el tráfico.

La evaluación del riesgo de los ocupantes esta basada en la respuesta calculada de un vehículo hipotético durante el impacto contra el amortiguador. La cinemática del

vehículo se usa para estimar la velocidad de impacto y desaceleraciones del ocupante durante el colapso del dispositivo, recomendándose valores límite.

Otro requerimiento esencial de un ensayo de impacto es que el vehículo se mantenga en posición vertical durante y después de la colisión y, que se mantenga la integridad del compartimiento de pasajeros.

La trayectoria del vehículo después de la colisión es una preocupación, por el potencial riesgo que implica para el resto de los usuarios de la vía. Una trayectoria aceptable del vehículo después del impacto está caracterizada por un mínimo de intrusión en las pistas adyacentes de tráfico.

Otra preocupación primordial son las magnitudes, tanto del impacto del ocupante hipotético con el interior del vehículo como la de los 10 m/s de desaceleración máxima promedio del ocupante después del impacto.

Para los ensayos, se asume que antes del impacto los ocupantes tendrán la misma velocidad que el vehículo y, luego, al producirse la colisión, con la deceleración del móvil éstos tendrán una velocidad mayor, hasta que impacten algún elemento al interior del vehículo. Asumiendo una deceleración lineal, desde ese instante en adelante el vehículo y los ocupantes sufrirán las mismas deceleraciones. Esta deceleración es conocida como "**Ride Down**".

El valor de la velocidad de impacto inicial del ocupante claramente depende de la distancia libre recorrida (**Flail Distance**) antes de que este impacto ocurra. El Reporte 230 de la NCHRP define que estas distancias deben ser 610 mm en sentido longitudinal y 305 mm en sentido lateral. Dándose estas condiciones, se asume que el conductor es un cuerpo rígido libre, cuya aceleración es cero (relativo al vehículo) antes que ocurra el impacto con el interior del vehículo, debido a que éste último va disminuyendo su velocidad. Así mismo, se asume también, que una vez ocurrido el impacto del conductor, éste permanece en contacto con el interior del vehículo y, en consecuencia, experimenta las mismas fuerzas dinámicas que éste.

El ensayo especifica una velocidad de impacto de 100 Km/h. Se requiere un total de seis a ocho diferentes ensayos de impacto para amortiguadores Redireccionables; así mismo los amortiguadores Redireccionables deben actuar aceptablemente en cinco diferentes escenarios de impacto.

5.11.4 Terminales de Barreras

El inicio de una barrera es un elemento peligroso para los ocupantes de cualquier vehículo que transita por una vía. De hecho, el inicio típico de la mayoría de las barreras en Chile, mostrado en la foto 31, es capaz de penetrar un vehículo, con consecuencias severas para los ocupantes del mismo. Este problema, evidente en los informes de accidentes de cualquier nación, ha engendrado un sinnúmero de soluciones, de las cuales muy pocas han sido ensayadas exitosamente. Aquí se presentan algunos de los terminales de barreras que han sido ensayados satisfactoriamente o, que han probado su capacidad de minimizar el riesgo que representa el inicio de una barrera no protegida. Dependiendo del caso, se incluyen anotaciones en cuanto a limitaciones o características especiales o únicas de éstos.



Fotografía N° 31. Inicio de barrera sin ningún tipo de tratamiento terminal.

5.11.4.1 Terminales en General

Siempre se requerirá un elemento terminal donde se inicia una Barrera o donde exista el potencial de un impacto frontal. Para cumplir con su función, un terminal debería ser tal, que de ser impactado frontalmente, no penetre el compartimiento de los pasajeros. Además, para impactos en ángulo, no debe causar que el vehículo salte ni rote excesivamente y de impactar lateralmente, debería conseguir la contención y redirección del vehículo. El terminal debería asegurar también, que toda la barrera a la cual esté conectado pueda contener y redireccionar el vehículo para la cual fue diseñada, lo que implica que el terminal debe tener un sistema de anclaje adecuado, capaz de desarrollar la fuerza de tracción total de la barrera.

A continuación se presentan los sistemas terminales de barreras que se estima tienen las mayores ventajas para su aplicación en Chile.

5.11.4.2 Terminales Abatidos

- Terminales abatidos para barreras de acero o acero forrado con madera

Uno de los primeros esfuerzos para eliminar el problema de la penetración de la barrera al vehículo fue la utilización de terminales abatidos. En este tipo de tratamiento se reduce paulatinamente la altura de la barrera hasta llegar al nivel del terreno, anclándola a través de postes con placa o a una masa de hormigón, para lograr la resistencia a la tracción. Los primeros diseños materializaban esta transición en una distancia corta y, si bien se eliminó el problema de penetración, se generó otro, como es el lanzamiento o volcamiento de los vehículos al pasar por encima del terminal a altas velocidades.

Para minimizar el efecto de rampa se intentó con transiciones más largas, de 8 a 23 mt, con conexiones débiles entre la viga abatida y sus postes, pensando que el terminal abatido de esta manera colapsaría con el impacto de un vehículo,

permitiendo a éste pasar sobre la barrera, sin perder estabilidad ni ser aerotransportado. Sin embargo, ensayos y la experiencia en terreno, revelaron una tendencia de estos diseños de enganchar a los vehículos o de producir un volcamiento.

Se experimentó también con otro gran número de diseños, combinando factores de: largo del abatimiento, abatimiento con esviado, abatimiento con rotación de la viga, entre otros. En general, estas modificaciones no han resultado totalmente satisfactorias.

Actualmente, a pesar de ser una solución de bajo costo, estos diseños no son recomendados para una velocidad superior a 70 Km/h, sin embargo, tienen aplicación en vías con velocidades menores.

Fotografía N° 32. Terminal de barrera abatido y esviado.



- Terminales abatidos para barreras rígidas

Se ha experimentado con la posibilidad de iniciar una barrera rígida abatiendo su extremo, pero el resultado ha sido similar al obtenido en los terminales abatidos en barreras de acero, es decir, no son recomendables para ser aplicados en vías de alta velocidad.

El diseño que se muestra en la fotografía 33 se recomienda sólo para ser utilizado en lugares donde las velocidades de circulación son bajas, 70 Km/h o menos. La

longitud mínima de abatimiento en estos casos es de 6 m, pero serian deseables 10 a 13 m.

La mejor aplicación, si no se tiene un dispositivo terminal adecuado, es disponer la barrera esviada, sin abatimiento, prolongándola hasta más allá de la zona despejada o donde no es probable que ocurran impactos.



Fotografía Nº 33. Barrera rígida con terminal abatido.

5.11.4.3 Terminal Esviado y Anclado o Enterrado en el Talud de Corte

En áreas de carreteras que se encuentran en secciones de corte o donde el camino se encuentra en una transición de corte a terraplén, es posible esviar la barrera y enterrar la sección terminal en el talud de corte, como se muestra en la fotografía siguiente. Este tratamiento elimina el peligro que presentan los extremos de barreras no tratados y reduce efectivamente la probabilidad de penetración de éstos al interior de los vehículos.

Prácticamente todas las barreras instaladas de esta manera pueden redireccionar a los vehículos, que la impactan entre el extremo enterrado y el punto donde la barrera alcanza su altura total. Es decir, a menos de contar con un talud vertical, siempre habrá un segmento de la barrera que no queda a la altura correcta. Esta es un área de funcionamiento incierto y debe ser minimizada en el diseño.

Este tratamiento es más apropiado para barreras rígidas y semi-rígidas y no es tan aconsejable para las barreras flexibles. Las consideraciones de diseño que son comunes para ambas barreras son:

- Altura de la barrera, tratar de guardar la altura típica
- Grado de esviaje y
- El terreno circundante.

La altura de la barrera debe ser mantenida en la zona de esviaje para proporcionar un correcto redireccionamiento y evitar que el vehículo penetre por debajo de la barrera. Mas allá de la zona despejada la probabilidad de impactos es menor y el grado de esviaje se vuelve menos crítico. El terreno circundante debe ser esencialmente plano, con las depresiones minimizadas o eliminadas en su totalidad. Otra consideración de diseño, aplicable sólo a barreras semirígidas, es el desarrollo de una adecuada resistencia a la tracción en el elemento terminal de la barrera a través de un eficiente sistema de anclaje. El diseño debe ser capaz de soportar por lo menos 220 kN, para prevenir que la barrera se separe del talud y permita la penetración de un vehículo liviano.



Fotografía N° 34. Barrera con terminal enterrado en un talud de corte.

5.11.4.4 Terminal Atenuador del Tipo Extrusor

Un terminal extrusor es un sistema atenuador de impacto que funciona de dos maneras. Primero, cualquier impacto lateral es resistido por los postes y por la resistencia a la tracción de la viga. La resistencia a la tracción de la viga es generada por un cable, conectado entre el pie del primer poste y la intersección de la viga con el segundo poste. Segundo, cualquier impacto frontal rompe el primer poste, liberando el cable y permitiendo que el cabezal corra a lo largo de la viga, deformando y extrudiendo la misma, absorbiendo la energía del vehículo que impacta.

Son varios los modelos y configuraciones de terminales extrusores, algunos requieren un esviaje de aproximadamente 1,1 m y otros están diseñados para aplicarse sin esviaje. Una ventaja de este diseño de terminal es que el cabezal y algunos otros elementos del terminal son reutilizables y pueden ser reinstalados, luego de un impacto.

El cabezal tiene dos secciones, una en la cual se plancha la viga doble onda y la segunda, en la cual se dobla la viga planchada. Cuando este elemento es impactado de frente, la energía del vehículo se disipa cuando el cabezal es empujado a lo largo de la barrera. Al pasar por la viga doble onda, el cabezal lo extrude, transformándola en una lámina plana, para luego, por la acción de un elemento con un radio pequeño, expulsarla hacia fuera de la plataforma del camino.

Estos sistemas incluyen un número de componentes especiales para su reparación, por lo que es fundamental la especialización del personal de mantenimiento, de manera que éste realice una evaluación detallada luego de un impacto, con el objeto de seleccionar los componentes reutilizables.



Fotografía N° 35. Terminal atenuador del tipo extrusor.

5.11.4.5 Terminal Europeo ABC

Este terminal, inventado en Europa, es por el momento el único terminal ensayado de acuerdo a la normas europeas EN 1317 propuestas para terminales, las que consideran pruebas a velocidades de 80, 100 y 110 Km/h.

Se trata de un sistema con postes de acero cada 1,333 m, donde los primeros 9 postes están compuestos por dos piezas o partes, una mayor que se hinca en el suelo, y, una de menor sección inserta en la primera, afirmada con un pasador. Al ser el cabezal impactado frontalmente, la fuerza del impacto se traspasa a los postes cortando secuencialmente los pasadores y la viga doble onda, la cual posee dos líneas de ranuras, que van colapsando cuando los segmentos de viga se desplazan, generando de esta forma la disipación de energía. Cualquier impacto lateral es resistido por los postes y por la tracción de la viga. La resistencia a la tracción de la viga es generada por un cable, conectado entre el pie del primer poste y la intersección de la viga con el segundo poste. Este cable se suelta con un impacto frontal cuando el primer poste quiebra el pasador. Debido a su reciente diseño no hay información en cuanto a su comportamiento en terreno.



Fotografía N° 36. Terminal Europeo ABC

5.11.4.6 Terminal de Módulo de Extensión de Impacto Dinámico

El Modulo de Extensión de Impacto Dinámico Avanzado (conocido por sus siglas en inglés, ADIEM II, Advanced Dynamic Impact Extension Module) es un terminal de marca registrada, relativamente de bajo costo, cuya aplicación está orientada a extremos de barreras de hormigón. La fotografía N° 37 muestra el detalle de este dispositivo.

Este sistema disipa la energía cinética durante el impacto, comprimiendo o aplastando módulos de hormigón liviano, los cuales son fabricados mediante la incorporación al hormigón de esferas de poliestireno expandido. Este material es moldeado en módulos reforzados con malla de alambre y cubiertos con material adecuado para prevenir la penetración de agua.

La instalación se realiza insertando diez de estos módulos en una base de hormigón anclada, con pendiente hacia arriba, desde el frente hasta la cara posterior. La mezcla para los terminales de esta barrera se diseña y se controla de tal manera que se puede asegurar la deceleración controlada de un vehículo impactante. Es importante destacar que son módulos prefabricados y no es posible construirlos en terreno.

Estos dispositivos son muy utilizados en las estaciones de cobro de peaje, ya que son esbeltos, dan un excelente nivel de protección y tienen una apariencia de hormigón, lo cual engendra el respeto del usuario. También son extremadamente funcionales flanqueando las pistas de entradas a tele peaje.

Este sistema ha sido ensayado, con resultados satisfactorios, para vehículos de 820 Kg. y 2.000 Kg.



Fotografía N° 37 Terminal de Módulo de Extensión de Impacto Dinámico.

5.11.4.7 Selección de Terminales

El proceso de selección de un terminal debe considerar al menos los siguientes aspectos:

- Si el diseño es para 70 km/h o menos se puede considerar el abatimiento de la barrera, metálica o de hormigón.

- Si es para velocidades mayores a 70 km/h se deben considerar, en el siguiente orden, estas opciones:

- ❖ Terminal esviado y anclado en talud de corte.
- ❖ Terminal comercial, SKT 350, ET 2000, ABC o ADIEM II.
- ❖ Amortiguador de impacto.

5.11.5 Amortiguadores de Impacto

En este punto se aborda el tratamiento de terminales de barrera y la protección de puntos duros en base a amortiguadores de impacto, incluyendo una descripción de algunos amortiguadores que han sido ensayados exitosamente en EE.UU.. Dependiendo del caso, se incluye información en cuanto a limitaciones o características especiales o únicas de éstos.

Los amortiguadores de impacto son dispositivos de seguridad vial que permiten detener paulatinamente a un vehículo que se dirige a impactar un objeto fijo. Éstos pueden ser Redireccionables o no Redireccionables.

Los primeros amortiguadores de impacto comercialmente disponibles y de uso masivo en los EE.UU. fueron el GREAT, (por sus siglas en inglés Guardrail Energy Absorbing Terminal), y los Tambores de Plástico con Arena. A continuación, se describen los sistemas amortiguadores de impacto más utilizados en el mundo, distinguiendo entre Redireccionables y no Redireccionables.

5.11.5.1 Amortiguadores de Impacto Redireccionables

- Sistema GREAT

Este amortiguador de impacto, conocido como GREAT, tiene aplicación en proteger de riesgos a los usuarios de vías que contengan elementos cercanos a las pistas de tránsito, como pueden ser los terminales de barreras centrales, cepas de puentes y otros objetos fijos que son susceptibles de ser impactados frontalmente. El sistema GREAT es fabricado en anchos de 610, 760, 910 y 1.067 mm y en distintas longitudes, dependiendo de la velocidad de diseño del lugar bajo consideración.

El principio de funcionamiento de este sistema es que la energía del vehículo impactante se disipa comprimiendo un set de cartuchos, los cuales se mantienen en posición y a la elevación correcta mediante una estructura metálica especial. Al ser impactado frontalmente, su nariz se moldea conforme con el vehículo impactante y la

estructura metálica se contrae, acción que comprime los cartuchos, absorbiendo la energía del vehículo.

Durante el proceso de deformación se incrementa continuamente la fuerza de compresión, hasta que se llega a la compresión total. Debido al efecto de deformación del dispositivo, es virtualmente eliminado el rebote del sistema después del impacto.

Si el dispositivo es impactado lateralmente, los vehículos son redireccionados por medio de la resistencia lateral proporcionada por paneles exteriores de viga triple más la acción del sistema de anclaje y los cables guía.

La reparación del sistema después de un impacto frontal, consiste en tirar con una camioneta la estructura comprimida, restaurando su largo original, se insertan nuevos cartuchos, se coloca una nariz nueva, se reconecta el sistema de anclaje y cables guía y el sistema se encuentra nuevamente en servicio. Equipos experimentados logran este trabajo en menos de 1 hora. En el caso de un impacto lateral, se debe hacer una inspección del sistema para confirmar que no sufrió daños estructurales, de no ser así, se requiere cambiar o ajustar los elementos que sean necesarios. La principal desventaja del sistema es que los cartuchos y la nariz casi siempre tienen que ser reemplazados, lo que representa un costo importante.

Este sistema ha funcionado de acuerdo a su diseño en numerosas oportunidades, conteniendo vehículos de hasta 2.000 Kg.



Fotografía N° 38. Sistema GREAT.

- Sistema Quadguard

El sistema Quadguard también consiste en cartuchos comprimibles y una armadura de metal. Su resistencia a un impacto lateral se basa en esa armadura y en paneles laterales de cuatro ondas y, en forma importante, en su base monoviga. Puede defender de obstáculos de 610 a 2.300 mm de ancho y su largo es de 1.700 a 11.800 mm.

El principio de funcionamiento de este dispositivo, su comportamiento y mantención es similar al del sistema GREAT.

El sistema, mostrado en la foto N° 39 ha sido ensayado exitosamente con vehículos de 2.000 Kg., con velocidades desde 40 km/h hasta 120 km/h.



Fotografía N° 39. Sistema Quadguard.

- Atenuador de Bajo Mantenimiento (LMA)

El LMA (por sus siglas en inglés **Low Maintenance Attenuator**) es un dispositivo de marca registrada desarrollado para defender de obstáculos angostos que son susceptibles de ser impactados con frecuencia. La disposición y características se muestran en la figura .

El LMA es conformado por 12 segmentos modulares, cada uno incluye cilindros elastoméricos contenidos en una armadura de diafragmas de acero de triple corrugación y una barrera lateral viga triple onda. Cada cilindro tiene un diámetro

exterior de 711,2 mm, pero las longitudes y espesores de la pared del cilindro aumentan a lo largo del dispositivo. Cada diafragma del LMA sirve como un punto de unión de los cilindros y como una armazón de soporte para los paneles de la defensa.

Con un impacto frontal, las vigas de barrera se traslapan y el dispositivo se contrae como el caso de un telescopio. Los cilindros se deforman, absorbiendo la energía cinética del vehículo, aplastándose totalmente con un impacto mayor. La virtud de este sistema es que los cilindros recuperan su forma original poco después del impacto, siendo totalmente reutilizables un gran número de veces.

Cuando el sistema es impactado lateralmente, el diafragma y la viga triple onda contienen y causan el redireccionamiento del vehículo. En los primeros dos módulos de triple onda, el sistema tiene incorporado un cable de contención para controlar movimientos laterales durante los impactos orientados a la nariz.

Comparado con otros amortiguadores de impacto el costo inicial de este dispositivo es mayor, sin embargo, tiene un bajo costo de mantenimiento cuando es impactado frontalmente, siendo reutilizable prácticamente el 100% de sus cilindros elastoméricos, incluyendo su nariz. Puede ser rápidamente puesto en servicio después de un impacto.



Fotografía N°40. Atenuador de Bajo Mantenimiento (LMA).

- Sistema REACT 350

El REACT 350 consta de cilindros de plástico de polietileno de alta densidad, con gran peso molecular. Estos sistemas se pueden diseñar para velocidades de 72 Km/h hasta 113 Km/h, con anchos de hasta 3,1 m y han sido ensayados exitosamente.

Después de un impacto los cilindros recuperan por si solos un 90% de su forma original.

Para volver a colocarlo en servicio, el equipo de mantenimiento debe tirar los cilindros, sobre extendiéndolos por un rato. Luego de soltarlos éstos vuelven a su conformación original.



Fotografía Nº 41. Sistema REACT 350

- Sistema TRACC

Al contrario de otros sistemas, el TRACC se entrega totalmente armado y listo para ser instalado encima de una carpeta de asfalto, hormigón o material granular compactado. Se pueden instalar en lugares permanentes o transitorios como en zonas de trabajos.

En un impacto frontal la energía cinética del vehículo impactante es absorbida al cortarse secuencialmente una serie de planchas de metal diseñadas para este fin, comprimiendo el sistema en forma de telescopio. En un impacto lateral el vehículo es redireccionado por vigas laterales de cuatro ondas.

El diseño del dispositivo es tal que después de un impacto, se remueve y traslada la unidad en su conjunto, para efectuar las reparaciones en un taller. Al remover el dispositivo impactado, se instala otro en su lugar para no dejar desprotegido el lugar. Todos los componentes del sistema TRACC son de acero galvanizado. El sistema es de 610 cm. de ancho, 815 cm. de alto y 6,4 m de longitud. Pesa 1180 Kg.



Figura N° 48. Sistema TRACC

5.11.5.2 Amortiguadores de Impacto No Redireccionables

- Tambores de plástico con arena.

Los amortiguadores de impacto de tambores de plástico con arena, conocidos también como amortiguadores inerciales, son dispositivos patentados que disipan la energía cinética del vehículo impactante por medio de una transferencia de momento lineal desde el vehículo a las partículas de arena. La cantidad de arena en cualquier tambor es función de la velocidad de diseño, la ubicación del tambor con relación a los demás tambores del dispositivo y, la forma, tamaño y naturaleza del objeto fijo o peligro del cual hay que defender.

Algunos tipos de amortiguadores de tambores con arena se muestran en la figura. Se observa que cada módulo se sostiene así mismo y no requieren de una estructura de reacción. Los tambores son de 910 mm de ancho y alto y contienen distintas cantidades de arena, pudiendo cada modulo llegar a tener una masa de 90, 180, 320, 640 y hasta 960 Kg. Cada tambor puede disponer de un “piso falso” para ubicar

el lastre de arena a diferentes alturas dependiendo de su ubicación en el dispositivo total.



Fotografía N° 42. Amortiguadores de tambores con arena.

Puede haber un gran número de configuraciones de estos sistemas. Las distintas opciones incluyen el número de tambores, la configuración del grupo, el peso de la arena en cada línea de la serie y el tamaño del tambor.

Los amortiguadores de impacto de tambores de plástico con arena son dispositivos sin capacidad de redireccionamiento, por esta razón, es importante posicionar cuidadosamente los tambores posteriores. Si el sistema no ha sido diseñado apropiadamente, los impactos en los tambores posteriores de estos dispositivos pueden ocasionar el enganchamiento en la esquina del obstáculo rígido. Por esto, se recomienda que los módulos exteriores, en las últimas tres líneas posteriores, traslapen en su ancho al objeto fijo del cual se quiere defender por lo menos en 760 mm, de manera de reducir la severidad de los impactos en estas esquinas (ver la figura N° 49). De contar con espacio suficiente, se puede agregar una línea longitudinal adicional de módulos más livianos para mejorar el diseño.



Figura Nº 49 Emplazamiento de las últimas tres líneas posteriores de tambores con arena

Es importante que la arena utilizada en este tipo de amortiguadores de impacto este depurada y que tenga un contenido de humedad menor o igual al 3 por ciento. Un alto contenido de humedad puede traer como consecuencia el congelamiento de la arena, produciendo grandes bloques de material, lo que puede afectar adversamente el funcionamiento del amortiguador de impacto y crear una condición de riesgo para los usuarios de la vía. Es recomendable agregar un poco de sal con la arena para prevenir el congelamiento si existiese humedad en el material.

Estos dispositivos han funcionado adecuadamente en cientos de accidentes. Son preferidos por muchas entidades viales por su bajo costo inicial, sin embargo, los tambores impactados deben ser reemplazados, lo que redunda en un costo de mantención importante. Después de un impacto es importante despejar la arena, para no dejar una condición resbaladiza en el pavimento.

- Sistema ABSORB 350

El amortiguador de impacto ABSORB 350 es un sistema no redireccionable que se puede conectar al término de cualquier sistema de barrera de hormigón, portátil o fijo. No requiere un sistema de anclaje ya que la misma barrera de hormigón actúa como muro de reacción.

El sistema puede ser de 5 ó 9 módulos dependiendo del nivel de protección requerido. Su ancho es de 60 cm. y el largo del sistema de cinco módulos es de 5,7 m y el de 9 módulos es de 9,7 m, su altura es de 0,8 m. Son fabricados de un plástico polietileno de baja densidad con un refuerzo de acero ASTM a-36 galvanizado.

Cada módulo pesa 50 Kg. vacío y 325 Kg. cuando esta lleno de líquido. El sistema es fácil de instalar y restaurar luego de un impacto.

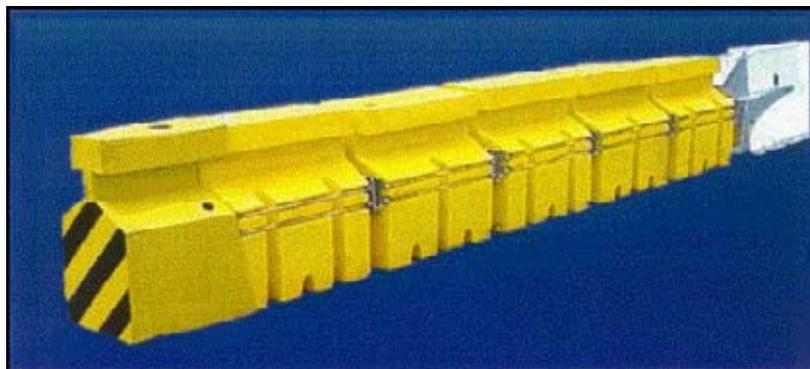


Figura N°50. Sistema ABSORB

5.11.6 Selección de Amortiguadores de Impacto

El número y la complejidad de los factores que hay que considerar para seleccionar un amortiguador de impacto imposibilitan un procedimiento de selección sencillo. En algunos casos habrá un sistema que, por sus características físicas y operacionales, obviamente dará mejores resultados. En la mayoría de los casos habrán dos o más dispositivos que reúnan las características necesarias para responder a la situación a resolver. Una vez que se determine la necesidad de usar un amortiguador de

impacto, se deben considerar los siguientes factores para seleccionar el sistema más apropiado.

- **Características del Lugar**

Luego de identificar la necesidad de un amortiguador de impacto hay que considerar el espacio disponible en cada lugar. Esto asegura que el sistema seleccionado pueda contar con el espacio suficiente para ser instalado correctamente, para realizar su eventual mantención después de un impacto y para lograr sus objetivos como elemento de seguridad vial. Se debe tener claro que las condiciones del lugar de emplazamiento a veces puede ser preponderante al momento de elegir el dispositivo.

- **Características Estructurales y Operativas de Sistemas Disponibles**

De estar considerando más de un sistema, se debería evaluar los elementos estructurales y parámetros de seguridad de cada sistema. Entre ellos, las deceleraciones, capacidad de redireccionamiento, requerimientos de anclaje o de muro de reacción y posibles escombros generados por impactos.

Todos los sistemas descritos con anterioridad tienen la capacidad de disipar la energía cinética de un vehículo liviano (hasta 1.500 Kg.) cuando son impactados de frente, a 100 km/h, llevando controladamente al vehículo a una condición detenida o redireccionándolo a un ángulo aceptable. La mayoría de estos sistemas pueden diseñarse para velocidades menores, lo que puede derivar en cierta economía.

- **Costo**

Es importante considerar siempre las probabilidades que tiene un dispositivo de ser impactado. De ser altas y que sucesivas colisiones ocurran en un plazo corto, conviene optar por uno de los sistemas altamente reutilizables, aunque su costo inicial sea mucho mayor.

Todos los dispositivos amortiguadores de impacto mencionados en el presente documento tienen una óptima relación costo-efectividad, sin embargo hay variaciones en los costos de mantenimiento y reparación de éstos. Algunos sistemas normalmente deben reemplazarse después de un impacto mayor, pero los costos iniciales de este tipo de dispositivos son bajos. Los tambores de plástico con arena es un ejemplo que cae en esta categoría.

Otros dispositivos amortiguadores de impacto tienen altos costos iniciales, pero pueden ser fácilmente restaurados en el sitio después de un impacto. El LMA, por ejemplo, tiene un alto costo inicial, pero puede ser utilizado una y otra vez sin necesidad de reemplazar sus componentes disipadores de energía. Estos amortiguadores de impacto pueden ser una buena opción en instalaciones que se espera sean impactadas frecuentemente. Sistemas con un bajo costo inicial, probablemente no se presten para ser reparados en el sitio tan rápidamente y es recomendable que se utilicen en lugares donde las probabilidades de impacto frecuente sean bajas.

- **Mantenición**

- Mantenimiento rutinario

Se considera que el mantenimiento de rutina es aquel que no es por causas de un impacto. Dentro de estos trabajos de mantención rutinaria están:

- ❖ Inspecciones visuales periódicas.
- ❖ Limpieza de acumulaciones de escombros y arena y despeje de maleza.
- ❖ Reposición de piezas por vandalismo o robo.
- ❖ Ajustes de tensión de cables guías.
- ❖ Etc.

- Mantenimiento por accidente

Después de un impacto los dispositivos necesitan una inspección y análisis detenido, para definir las piezas que requieren reemplazo y los elementos que requieren un reposicionamiento o ajuste.

Basado en la experiencia, conviene contar con un completo abastecimiento de piezas, especialmente las frecuentemente dañadas durante los impactos. Nunca conviene demorar en restaurar estos dispositivos a su condición original, ya que un impacto con un sistema parcialmente dañado resultará en un accidente muy severo y daños de gran costo al dispositivo.

CAPITULO VI

6. PROTECCIÓN DE TALUDES

6.1 INTRODUCCIÓN

El acelerado crecimiento urbano que experimenta nuestro país desde la década de los 80's ha implicado el uso de suelos con alto grado de dificultad para construcción, el reuso de predios anteriormente desechados por su dificultad, ya sea por lo abrupto, por lo irregular, por su baja resistencia, por su topografía, por su dificultad de acceso, por su lejanía y por muchos otros motivos y que, en la actualidad, dadas las circunstancias, se han debido de considerar para su construcción. En todos estos casos el factor suelo ha tenido un alto impacto económico debido a los procedimientos de estabilización que han debido seguirse para su conformación y uso.

En este capítulo mencionare importantes procedimientos para controlar y prevenir la erosión y la sedimentación en terraplenes, cortes de caminos, y otras intervenciones que se generan producto de la construcción y desarrollo de diferentes obras civiles tales como la Bioingeniería y la Hidrosiembra, mencionando sus principales características y ventajas como métodos económicamente alternativos en la protección y estabilización de taludes.

6.2 SISTEMAS DE PROTECCIÓN Y REFUERZO FRENTE A INESTABILIDADES SUPERFICIALES DE TALUDES EN SUELOS

Los métodos empleados para la corrección de posibles inestabilidades de taludes en suelos se pueden agrupar de forma genérica en dos, por un lado los métodos de protección, y por otro los de estabilización o refuerzo.

La principal diferencia entre ambos se centra en que los primeros tratan de evitar que se desarrollen posibles fenómenos de alteración de la zona superficial del talud, lo que puede dar lugar a inestabilidades; mientras que los métodos de refuerzo y estabilización se caracterizan por actuar de forma activa en el caso de que se produzcan dichos fenómenos.

6.3 CONCEPTOS GENERALES

Los terraplenes y estructuras térreas que se utilizan para rellenos de predios, plataformas, caminos, desniveles, pisos industriales, estacionamientos, patios de contenedores, ferrocarriles, aeropuertos, rampas de hospitales u otras, etc., son el acumulamiento de tierra o suelo de una cierta calidad, compactado de acuerdo a técnicas ya muy conocidas. La resistencia de dicha acumulación de tierra varía de acuerdo al tipo de suelo que se use y de acuerdo al uso que se pretenda dar a tal obra.

Cuando lo anterior implica la formación de un desnivel, comienza a denominarse talud o terraplén.

6.3.1 Geosintéticos

La utilización de los Geosintéticos en la Ingeniería Civil se ha visto incrementada de una forma sostenida en los últimos años. Por esta razón, estos materiales están tomando cada vez un protagonismo más importante en la construcción. Esta importancia no sólo se debe al aumento que este rubro representa en el presupuesto

total de las obras, sino también a la importancia de las responsabilidades técnicas para las cuales son diseñados.

"GEOSINTÉTICO: es un producto plano fabricado a partir de materiales poliméricos, para ser usado con suelo, roca, tierra, o cualquier otro material geotécnico, como parte integral de un proyecto, estructura, o sistema realizado por el hombre".

6.3.1.1 Control de erosión (protección con Geosintéticos).

Existen taludes en los cuales se dificulta conservar la vegetación, porque el terreno:

- ❖ Es duro, árido o tiene pendientes pronunciadas (entre 30° y 80°)..
- ❖ Se encuentra sujeto a condiciones atmosféricas desfavorables (fuertes vientos, precipitaciones intensas, escurrimientos entre otros).
- ❖ Está conformado de material de desecho o desperdicios (basura, material orgánico, etc.).

Dentro de los Geosintéticos mas usados en el refuerzo de taludes están las geomallas; son una excelente alternativa de solución para elementos de contención que sustituyen a los tradicionales muros de concreto o mampostería.

El sistema de refuerzo permite la construcción de muros y taludes verticales o inclinados, con fachada vegetada, bloques de concreto, piezas especiales o aplanado con mortero.

La utilización de Geosintéticos generalmente esta relacionada con las siguientes ventajas que se obtienen de su aplicación:

- a) Simplificar constructivamente una obra.
- b) Disminuir costos.

- c) Emplear mano de obra no calificada.
- d) Emplear materiales homogéneos de calidad.



Figura N° 51: Aplicación de geosintético en taludes

En general el uso de distintos tipos de Geosintéticos busca lograr dos objetivos principales que son el de aumentar la estabilidad del talud, particularmente si se requiere una pendiente mayor que aquella que garantiza el suelo natural, y además mejorar la estabilidad de los materiales que se colocan en los bordes del talud. El geosintético brinda un confinamiento lateral que permite adelantar eficientemente la compactación del material.

6.3.2 Erosión en Taludes, Terraplenes y Muros de contención

La erosión, proceso por el que se produce la desintegración y arrastre de los terrenos, tiene tanta importancia práctica en los problemas conectados con el proyecto, la construcción y, quizá sobre todo, con la conservación de los terraplenes, taludes, laderas y muros de contención, así como a todas las obras relacionadas con paisajismo, como clubes de golf, hoteles, residencias, desarrollos habitacionales, pasos a desnivel, distribuidores viales, vialidades, etc.

Los aspectos básicos de la erosión son:

- Las gotas de lluvia desprenden partículas de tierra y obstruyen la superficie. El agua no puede infiltrarse en la superficie sellada y entonces aumenta el flujo sobre el suelo.
- La vegetación o cualquier otra cobertura puede reducir el impulso o la energía de las gotas de lluvia y así prevenir el sellado de la superficie.

6.4 REVESTIMIENTOS VEGETALES

Los revestimientos vegetales se usan: para protección de los suelos naturales, taludes, terraplenes o muros y/o por estética.

Las principales funciones benéficas de la vegetación son:

- 1.- Proteger al suelo del impacto de las gotas de lluvia,
- 2.- Disminuir la velocidad del escurrimiento del agua por aumento de rugosidad,
- 3.- Aumentar la infiltración por huecos de raíces, animales, etc.

En general, la vegetación debe estar formada por especies seleccionadas, susceptibles de afianzarse y crecer en las condiciones locales, ya que las especies propias de la región ofrecen una garantía, pues con frecuencia se les pretende hacer vivir en condiciones diferentes a las que le son propicias.

Otra función importante es el control del contenido de agua en las capas superiores del suelo, gracias a la evapotranspiración de las plantas.

Cuando haya de intentarse un programa de vegetación o revegetación en taludes, lo primero que ha de tomarse en cuenta es que el suelo por poblar seguramente no es tal en sentido botánico; no posee las características necesarias para sostener la vida vegetal, ni por su estructura, ni por su textura, ni por la ausencia de los microorganismos que definen la llamada tierra vegetal. Por esto, casi sin excepción,

suele ser necesario un recubrimiento de este material vegetal donde no lo haya, y su conservación sistemática donde exista.

Cuando se coloque tierra vegetal sobre un talud es preciso vigilar que la inclinación de éste pueda retenerla, pues de otro modo será preciso introducir sistemas de retención como son los Geosintéticos; ésta es una condición por la que conviene algunas veces dar a un talud una inclinación menor que la estrictamente indispensable por razones de estabilidad. Por la misma razón, cuando un talud vaya a protegerse con vegetación no conviene que su acabado sea liso.

Cuando se vegeten taludes debe tenerse presente que no basta analizar las condiciones generales del clima regional, para atribuírselas simplemente, pues los taludes casi nunca presentan esas condiciones regionales; tanto por la incidencia de la radiación solar, que aumenta la temperatura del suelo, como por el declive, que vuelve al suelo más seco durante casi todo el año, como por la exposición al viento; los taludes son zonas en que los suelos están expuestos a condiciones generalmente mucho más desfavorables que las medias.

La vegetación puede plantarse desparramando directamente semillas sobre la tierra vegetal apropiada; esto puede hacerse a mano o por métodos mecánicos o hidráulicos (Hidrosiembra). Otras veces se plantan tepes o macizos de tierra ya vegetada, a modo de mosaicos; este método es apropiado para pastos y plantación de herbáceos. La planta suele requerir de algunos riegos antes de su establecimiento definitivo (mínimo 40 días).

En términos generales puede afirmarse que la vegetación es un método de recubrimiento económico, elegante y acorde a los requerimientos actuales de conservación de suelos y protección al medio ambiente.

6.4.1 Protección y Estabilización con Mallas de HDPE y Vegetación

En la constitución de obras de infraestructura viaria como es el caso de autovías, autopistas, vías férreas, etc, se forman taludes de naturaleza arenosa o inestable, que son necesario estabilizar e integrar en el paisaje natural, restableciendo sobre la superficie de los taludes las especies vegetales anteriormente existentes.

El método al cual me referiré, es un sistema de protección y estabilización de taludes que puede llevarse a cabo de forma rápida y sencilla, utilizando materiales de costo relativamente reducido y que puedan manejarse fácilmente. El sistema permite además obtener una gran seguridad de estabilización, debida a la larga duración de los materiales y elementos utilizados.

Una ventaja más de este sistema es que permite obtener superficies uniformes para siembra de vegetación, sobre la que pueden llevarse a cabo fácilmente las operaciones de conservación necesarias.

De acuerdo con el procedimiento, una vez reperfilado el talud a estabilizar, se disponen sobre la superficie una primera malla plana de material plástico, que se tensa y fija sobre la superficie de dicho talud. Los bordes superior e inferior de esta malla se introducen en sendas zanjas de cabeza y pie formadas previamente a lo largo de todo el talud. Seguidamente se extiende sobre la primera malla una segunda malla tridimensional, preferentemente a base de polímeros plásticos, que se fija a la primera malla citada.

Una vez colocadas las mallas en la forma expuesta, se procede al relleno de la segunda malla con un substrato a base de tierra y materiales orgánicos, aptos para la siembra y crecimiento de vegetación adecuada a la zona. Este material de relleno puede cubrir la segunda malla.

Se obtiene de este modo un muro que fija el talud, evitando corrimientos de tierra, arrastres de finos y erosión, y sobre el cual puede además implantarse, mediante técnicas de Hidrosiembra, las especies vegetales adecuadas, que con su posterior

desarrollo fijaran mediante sus raíces el talud, creando una cobertura vegetal y eliminando el impacto ambiental creado por la obra.

Al reperfilear el terreno se eliminarán cárcavas y piedras, homogeneizando lo más posible la capa superficial, bien de forma mecánica o manual.

Una vez que se ha preparado el talud se realizan las zanjas de cabecera y pie para alojar y fijar los bordes longitudinales de la primera malla.

Durante la colocación de la primera malla se procurará que quede tensa y adaptada totalmente sobre la superficie del terreno. Para ello puede dotarse a esta primera malla de una armadura rigidizadora compuesta a base de varillas de acero corrugado, las cuales se introducen alternadamente a través de las aberturas de la malla, en dirección paralela a los bordes que discurren a lo largo de las zanjas. Esta varillas mantendrán tensa a la malla, evitando repliegues de la misma. Como se ha indicado, la fijación de esta primera malla se lleva a cabo mediante grapas que se clavan en el terreno. Los sucesivos tendidos que se vayan efectuando de esta primera malla quedarán solapados entre si.

La función de la primera malla es la sujeción del terreno, esta malla está constituida a base de polipropileno o polietileno de alta densidad (HDPE).

La segunda malla tridimensional tendrá como función el servir de asiento y suelo de la vegetación a implantar. La fijación de esta segunda malla tridimensional a la primera malla se lleva a cabo mediante grapas de acero corrugado.

También en este caso las distintas porciones o bandas de mallas se solapan entre si de forma similar a la primera malla. Esta segunda malla también esta compuesta a base de fibras de polietileno de alta densidad.

El relleno de la malla tridimensional puede llevarse a cabo mediante un sustrato de tierra vegetal, arena y semillas vegetales.

Una vez realizado el relleno se proyecta mediante Hidrosiembra las especies vegetales deseadas.

Todas las características de este sistema de estabilización y protección se exponen seguidamente con mayor detalle, con ayuda de los dibujos adjuntos, en los que se muestra, de forma esquemática, una posible forma de realización.

La figura 1 es una sección vertical de un talud estabilizado de acuerdo con el procedimiento del sistema de protección.

La figura 2 muestra, a mayor escala, una porción de la malla utilizada en el procedimiento.

La figura 3 es una vista en planta de una porción de un segundo tipo de malla utilizado en el procedimiento.

Las figuras 4 y 5 muestran grapas para la fijación de las mallas de las figuras 2 y 3, respectivamente.

La figura 6 muestra en perspectiva las diferentes capas o componentes de la estructura para la estabilización de taludes, constituida de acuerdo con el procedimiento del sistema de protección.

6.4.1.1 Procedimiento de trabajo

En la figura 1 se representa de forma esquemática un talud 1, para cuya estabilización se lleva a cabo primero una operación de reperfilado, procediéndose seguidamente a la formación de sendas zanjas 2 y 3 de cabeza y pie a lo largo de todo el talud. Sobre la superficie del terreno 1 preparada se extiende una primera malla 4 plana, cuyos borde superior e inferior se alojan y fijan en las franjas 2 y 3. Los bordes verticales de rollos sucesivos de mallas se solapan entre si.

Esta primera malla 4 se extiende y tensa adecuadamente sobre el terreno, al que se fija mediante grapas 5, ver figura 5.

Sobre la primera malla plana 4 se extiende una segunda malla 6 tridimensional, a base de fibras artificiales. Esta segunda malla se fija a la primera malla 4 mediante

grapas 7. Las grapas 5 y 7 estarán preferentemente constituidas por varillas de acero corrugado.

La malla 4 puede rigidizarse mediante varillas metálicas 8, por ejemplo de acero corrugado, que se introducen alternadamente entre la aberturas de la malla 4, todo ello como puede apreciarse en la figura 2.

En la figura 3 se muestra una porción de la malla tridimensional 6 la cual puede tener un espesor comprendido entre 18 y 20 mm, por ejemplo.

La malla plana 4 puede estar compuesta a base de polipropileno o polietileno de alta densidad, al igual que la malla tridimensional 6.

En la figura 6 se muestra como sobre la superficie 1 del terreno se extiende y fija la primera malla 4, mediante las grapas 5, y la segunda malla tridimensional 6 que se fija mediante las grapas 7.

Esta segunda malla se rellena mediante tierra y materiales orgánicos aptos para la siembra y crecimiento de una vegetación adecuada 9, pudiendo el relleno comentado formar una capa 10 sobre la malla 6. El relleno y capa 10 puede estar formado por un sustrato a base de tierra vegetal o arena.

Protección con malla de HDPE y Vegetación

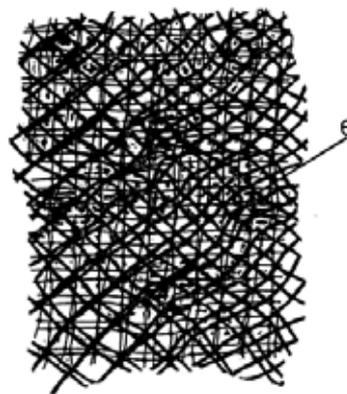
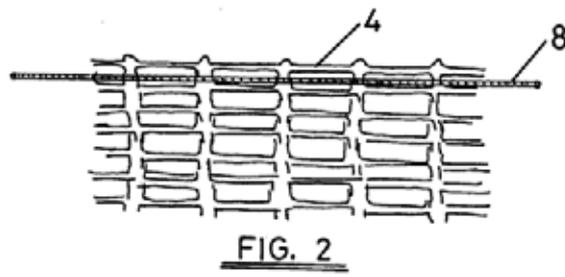
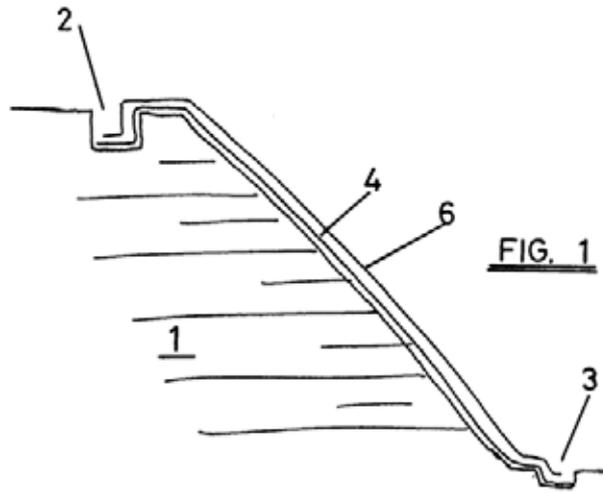


FIG. 3

Figura 4

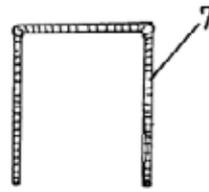


Figura 5

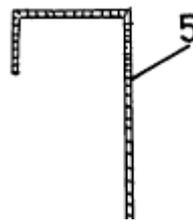
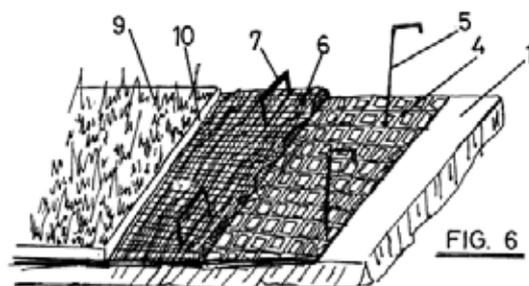


Figura 6



Fotografía N° 43: Talud protegido con malla de HDPE y Material Vegetal

6.5 BIOINGENIERIA

La **Bioingeniería** estudia las propiedades técnicas y biológicas de las plantas vivas y su utilización como elementos de construcción en las obras de recuperación del entorno ambiental, de manera aislada o en combinación con materiales inertes como la piedra, la madera y el acero. También puede ser aplicada en tratamientos secundarios de aguas residuales.

6.5.1 Finalidades

Técnica. Protección contra los agentes erosivos y ayuda a la estabilización de pendientes frente a los deslizamientos.

Ecológica. Creación y/o reconstrucción de ambientes naturales mediante la utilización de técnicas de restauración del paisaje, principalmente con especies autóctonas que aceleren la recuperación del ecosistema original de la zona.

Estética y paisajística. Disminución de los posibles impactos y adecuación del espacio circundante.

Socioeconómica. Mejora de la gestión económica de los recursos naturales, con una disminución de los costos constructivos, energéticos y de mantenimiento.

6.5.2 Principios Básicos

- Adecuar las condiciones técnicas de bioingeniería al lugar en concreto donde se aplicarán, teniendo en cuenta la topografía, la geología, etc ...
- Intentar mantener la vegetación existente.

- Protección de la capa superior del suelo.
- Proteger las áreas expuestas a la erosión.
- Regular, drenar y almacenar el exceso de agua.

6.5.3 Técnicas

Las principales técnicas se pueden clasificar en técnicas de revestimiento de taludes, de estabilización de taludes y mixtas.

I. Técnicas de revestimiento de taludes

Se utilizan materiales vegetales vivos, principalmente semillas, panes de hierba y ramas vivas, junto con materiales que se aportan e incorporan al suelo: fertilizantes, enmiendas, almohadillados, fijadores y otros aditivos.

❖ Materiales vegetales vivos

El objetivo es la incorporación de especies vegetales, principalmente herbarias (por su durabilidad aunque su protección sea menor) con la finalidad de disminuir la pérdida de suelo. Normalmente se utiliza la Hidrosiembra por la siembra a voleo de las semillas herbarias. Por otro lado también se incorporan especies leñosas que permiten la estabilización hasta 2-2,5 mt de profundidad favoreciendo el drenaje de las aguas superficiales.

❖ Materiales inertes

Destaca el uso de almohadillados o “mulching”, es decir, la reutilización de los residuos vegetales generados en los desbrozos y talas, que se trituran y se incorporan como revestimiento superficial o bien se pueden compostar e incorporar a la tierra vegetal. El mulching consigue retener y evitar pérdidas de suelo ante la caída de una lluvia de 80 litros en veinte minutos.

En todos los casos, previamente a la incorporación del material vivo o inerte, se realizará:

- (I) una protección de la vegetación existente,
- (II) una preparación del terreno,
- (III) el remodelaje del talud si es necesario,
- (IV) la preparación de la capa superficial y
- (V) las mejoras edáficas que sean convenientes.

II. Técnicas de estabilización de taludes

Incluyen el uso de material vegetal vivo o muerto para conseguir la estabilidad geotécnica del terreno.

Se pueden incorporar **estacas vivas**, plantando estacas en el suelo con la finalidad que éstas arraiguen y se desarrollen en una planta completa. Es una técnica que se utiliza para reparar pequeñas depresiones, creando una alfombra de raíces en el suelo, la cual lo estabiliza, reforzando y uniendo entre sí partículas de éste y eliminando un posible exceso de agua. Se aplica en situaciones en que se dispone de poco tiempo para su ejecución y para sujetar los materiales de recubrimiento utilizados para el control de la erosión.

También se utiliza el uso de **fajinas vivas** que conlleva la confección de manojos atados de ramas vivas cortadas de plantas leñosas, formando estructuras cilíndricas. Las ramas acostumbran a tener una longitud superior a 1 metro, y de diámetro inferior a 10 cm. Se implantan en terrazas superficiales siguiendo las curvas de nivel en pendientes secas y formando un cierto ángulo en pendientes húmedas, favoreciendo el drenaje y reduciendo la erosión superficial. Se aplica para:

- Estabilizar taludes con pendientes de 30-35° como máximo.
- Proteger deslizamientos superficiales.
- Reducir de forma inmediata la erosión superficial creando un microclima apto para su desarrollo y establecimiento de plantas, y permitir el drenaje de pendientes excesivamente húmedas.

III. Técnicas mixtas de revestimiento

Se utilizan componentes orgánicos como geomallas, mantas orgánicas, geoalfombras o el sistema de geoceldas; o inorgánicos, como las mallas metálicas, para el control de la erosión superficial.

❖ Componentes Orgánicos

Se usan fibras naturales (coco, esparto, paja,...) como protección temporal y fibras sintéticas (nylon, polietileno,...) que dan una protección a más largo plazo.

Se utilizan mucho las **geomallas** y las **mallas orgánicas**, formadas por componentes orgánicos. Las geomallas dan un efecto de refuerzo estructural y de control parcial de la erosión superficial, creando unos pequeños diques de retención evitando que la tierra y las semillas sean arrastradas. Éstas dan una protección contra la erosión más duradera y más resistente que la Hidrosiembra. Se acostumbran a aplicar donde sea necesaria una protección temporal de la erosión superficial y un establecimiento y consolidación de la vegetación, como soporte estructural de siembras y enconjinamientos, entre otros.

Fotografía N° 46: Máquina Hidrosembradora



Fotografía N° 47: Aplicación de la mezcla



Fotografía N° 48: Aplicación de la Hidrosiembra en taludes

Antes

Después





Fotografía N° 44. Técnicas mixtas: Talud antes de ser restaurado



Fotografía N° 45. Técnicas mixtas: Talud después de ser restaurado

6.6 RECUPERACION Y PROTECCIÓN DE SUELOS MEDIANTE HIDROSIEMBRA

La Hidrosiembra se considera como una de las herramientas más eficaces para controlar y prevenir la erosión y la sedimentación en terraplenes, cortes de caminos, basurales, botaderos y otras intervenciones que se generan producto de la construcción y desarrollo de diferentes obras civiles.

Este sistema de siembra consiste en la proyección de una mezcla homogénea de agua, semilla, mulch, adherentes y fertilizante mediante un equipo de alto caudal. Es una técnica de siembra a distancia, ultra rápida que permite proyectar vía aspersión, una solución completa sobre el terreno desnudo, sea este plano o inclinado, la Hidrosiembra se puede realizar en una o dos etapas. Al hacerlo en dos; primero se

lanzan las semillas y a continuación se cubre la mezcla con el mulch, que corresponde a cualquier material de origen vegetal que cumpla las funciones de cubrir y proteger. Si se hace en un solo paso, semillas y mulch se lanzan en una sola mezcla. El uso de una modalidad u otra depende de las exigencias del mandante y de las condiciones generales del sustrato. Por lo general el proceso se realiza con sólo una aplicación de la mezcla debido a los menores costos involucrados. El mulch puede estar conformado por elementos orgánicos como fibras de celulosa, trigo, restos vegetales o incluso papel y tiene la capacidad de absorber 10 veces su peso en agua. Sus funciones son proteger las semillas del impacto de las gotas de lluvia o del riego, y de la acción de las aves y otros depredadores. Asimismo, reduce la velocidad de evaporación, manteniendo más tiempo la humedad necesaria para la germinación y por su composición aporta materia orgánica, prolongando el período vegetativo y de siembra.

Otros elementos que conforman la preparación son el agua, que actúa como portador y acelerador del proceso de germinación de la semilla; las semillas que pueden utilizarse en la misma proporción que en otros métodos de siembra; fertilizantes, para estimular el crecimiento de las raíces y el adherente, producto soluble y biodegradable que forma una película homogénea, elástica y permeable sobre el terreno y que ayuda a mantener la tierra, las semillas y el mulch previniendo así que la lluvia o la inclinación del terreno los arrastren. Una de las ventajas que aporta la presencia de adherentes es que inmediatamente después de la siembra puede llover, sin embargo la mezcla permanecerá en el lugar donde fue aplicada, por lo tanto no existe el riesgo de perder toda la inversión.

En la zona central de Chile la Hidrosiembra se practica en otoño para aprovechar íntegramente el período de lluvias. Realizarla fuera de tiempo puede resultar fatal porque el verano podría adelantarse impidiendo a la planta estar consolidada para esa época. La Hidrosiembra puede, naturalmente, ser efectuada en cualquier época

siempre y cuando el riego esté asegurado, como en cualquier otro tipo de siembra. Esto último implica un gasto que no todos consideran a la hora de elaborar el proyecto y que podría resultar inabordable. Lo mismo ocurre con la mantención de la vegetación instalada. Además, luego de la Hidrosiembra, al cabo de un año o dos, será necesario aplicar fertilizante, y tal vez podar o resembrar. La fracción vegetal de la mezcla esta compuesta por semillas de especies herbáceas y leñosas. Las herbáceas se aplican para la estabilidad de corto plazo mientras que las leñosas fijan y anclan el suelo en el mediano y largo plazo. Entre las especies más utilizadas resaltan la alfalfa y el lupino, arbusto que crece fácilmente en los terrenos áridos de Chile central. Adaptando tecnología francesa y norteamericana, especialistas desarrollaron la maquinaria necesaria para mejorar la técnica de Hidrosiembra. Todo el proceso, desde la preparación de la mezcla hasta su lanzamiento puede demorar sólo una hora. La máquina tiene una capacidad de 1.500 Lt, con los cuales es posible cubrir entre 500 y 700 m² de terreno. Parte fundamental de la preparación es el agua, por lo tanto es indispensable que existan fuentes cercanas de donde extraer dicho recurso.

La gran ventaja de la Hidrosiembra es que puede ser aplicada sobre diferentes tipos y calidades de suelo, y para la solución y prevención de una serie de problemas como el control de la erosión y especialmente la estabilización de terraplenes y taludes que se generan tras la construcción de caminos y autopistas.

La repoblación vegetal es un proceso que puede ocurrir en forma natural sobre los taludes pero probablemente tardaría 20 años en suceder, período en el cual se perdería material y comenzaría un proceso de erosión. Con la Hidrosiembra, este proceso se acelera lo que permite proteger el terreno y evitar inútiles pérdidas de terreno.

Como conclusión general de este capítulo se puede decir que la **Hidrosiembra** es un tipo de actuación que se realiza en aquellas zonas donde existe un riesgo potencial de erosión y donde no pueden ser utilizados las técnicas convencionales de siembra, debido a la dificultad de acceso o a las fuertes pendientes.

Se reduce además, mediante el empleo y desarrollo de técnicas específicas, el impacto ambiental que producen las grandes infraestructuras de la obra civil o aquellos sitios que están expuestos a una erosión constante.

Con poco más de dos décadas en Chile, la Hidrosiembra se ha convertido en un método alternativo que, con el paso de los años, ha consolidado paulatinamente su posición en el mercado. Asimismo, se ha alzado como una opción válida y fundamental a la hora de recuperar terrenos, plantar en zonas con pendientes, evitar la erosión e incluso en tierras donde sería prácticamente imposible crear vida vegetal. De esta forma, con un sistema rápido, limpio y sumamente ecológico, es posible cubrir extensas zonas en poco tiempo y con un resultado prácticamente asegurado

Comentarios y Conclusiones

❖ Con respecto al capítulo de Señalización de Trabajos Viales, se puede concluir que es de gran importancia ejecutar un correcto Plan de Gestión de Tránsito ya sea vehicular ó peatonal, además de implementar un adecuado sistema de medidas de seguridad tanto a los trabajadores de la obra, como a los usuarios de las vías; al lograr esta finalidad se lograra realizar un trabajo con eficacia y eficiencia aprovechando los recursos humanos y tecnológicos que nos permiten controlar en forma adecuada todos los riesgos que se nos puedan presentar en nuestro trabajo, la Construcción.

❖ El problema de la Seguridad Vial es sin duda uno de los aspectos más difíciles de tratar en la evaluación de proyectos de transporte carretero. Esta dificultad está caracterizada por sistemas de evaluación de costos y beneficios imprecisos y sujetos a muchas estimaciones de tipo subjetivo, que normalmente no permiten reflejar la verdadera dimensión del problema.

La implementación de medidas de Seguridad Vial abarca también campos de acción muy diferentes a los propios de esta materia. Las medidas adoptadas en legislación, educación, fiscalización, servicios de urgencia e infraestructura vial, por mencionar algunas, deben ser adecuadas y complementarias entre sí, para maximizar los resultados.

Los países desarrollados han podido cuantificar los beneficios a largo plazo de una inversión sostenida en medidas de Seguridad Vial y se podría extrapolar que Chile tendría un resultado parecido.

❖ Hoy en día y cada vez más fuertemente, las personas demandan el cumplimiento de sus expectativas, es decir, **SEGURIDAD**. En tránsito, la seguridad se consigue

mediante un control adecuado de los tres factores que intervienen en la accidentalidad: Vía – Vehículo – Usuario. La seguridad de las vías depende en parte de la Dirección de Vialidad.

Es por esto que el Departamento de Seguridad Vial, debe supervisar la seguridad de las carreteras, y dar curso a la función de seguridad: es decir, evaluar los riesgos potenciales y anular aquella parte correspondiente a la vía.

Además, el ámbito de acción del Departamento se ha extendido a todas las instancias de la vida útil de los caminos públicos, vale decir, la etapa de Estudio y Proyecto, Construcción, Explotación y las labores de Conservación y Mantenimiento, como también la interacción con diversas entidades, dedicadas directa e indirectamente en la seguridad vial, como es el caso de la Comisión Nacional de Seguridad del Tránsito (CONASET) ó con Carabineros de Chile.

❖ La utilización de barreras, en su mayoría, pretende evitar que los usuarios que han perdido el control de sus vehículos impacten elementos duros, caigan al vacío, o enfrenten el impacto de otro vehículo en sentido contrario, por ello las barreras, si bien han de ser deformables, éstas deformaciones deben ser limitadas.

Por lo mencionado, las barreras se diseñan de modo de inducir deformaciones conocidas que permitan asegurar:

- ✓ Un adecuado nivel de contención;
- ✓ Un adecuado nivel de severidad;
- ✓ Un comportamiento tal que mantenga sus principales características geométricas (altura y continuidad de la barrera);
- ✓ Y que las deformaciones tanto elásticas como permanentes sean compatibles con el lugar y entorno en el que será instalada.

❖ En cuanto a los postes, se puede esperar dos comportamientos extremos; un comportamiento rígido o uno flexible. En ambos casos este comportamiento define el diseño del sistema de contención.

Cuando se ha desarrollado un poste rígido, el sistema presenta una deformación lateral limitada y una severidad un tanto mayor. En este caso, durante el impacto, la barrera traspa la carga a los postes rígidos los que se convierten en elementos resistentes. Por el contrario, cuando el poste es flexible éste se dobla con una relativa facilidad y la unión de la barrera con el poste se diseña para romperse de manera que el poste no arrastre a la barrera, la cual se transforma en el elemento resistente actuando como un cable.

El comportamiento rígido o flexible de un poste de acero depende de dos factores: el primero de estos factores corresponde a la sección del poste, y el segundo factor depende de la instalación que se haga de él.

De esto se concluye que el grado de contención del sistema no sólo depende del diseño de la barrera, sino que también de las características del suelo y del método utilizado en su instalación.

❖ Las barreras de hormigón, como los Perfiles F y New Jersey, son barreras rígidas, la deformación que se espera de ellas es mínima si se compara con las barreras metálicas, por lo tanto, a diferencia de aquellas, no absorbe energía por deformación.

Una ventaja de este tipo de barreras, radica en su capacidad de ser reutilizables, por lo que han tenido un gran éxito como barreras en zonas de trabajo, desvíos y actividades similares. Otra característica es que al ser elementos rígidos, trabajan bien en zonas en las que no se dispone de espacio, tales como en medianas angostas o nulas, barandas de puentes, bordes de túneles, bordes de estribos, etc.

❖ Los amortiguadores de impacto que se están utilizando, se basan en dos conceptos diferentes para cumplir con su función específica. Uno es la absorción de la energía cinética y el otro, a través de la transferencia del momento. El primer concepto de absorción de la energía cinética se materializa utilizando materiales “impactables” o “deformables plásticamente”, o mediante la “absorción por energía hidráulica”, localizados en todos los casos frente al obstáculo fijo. Cabe recordar que un porcentaje de la energía del vehículo es disipada por deformación de la parte frontal del vehículo impactado. Estos tipos de amortiguadores, se los conoce como “amortiguadores de impacto a la compresión” y necesitan un soporte rígido posterior para resistir la fuerza de impacto que produce la deformación del material de absorción de la energía.

El segundo concepto, que se utiliza para el diseño de los amortiguadores de impacto, es la transferencia del momento de un vehículo en movimiento a una masa de material expansivo ubicado en la dirección del vehículo. La masa expansiva consiste, por lo general, en recipientes que contienen arena. Los dispositivos de estas características, no necesitan un soporte posterior rígido para resistir la fuerza de impacto del vehículo, ya que la energía cinética no es absorbida sino transferida a otras masas. Este tipo de amortiguador de impacto se lo conoce como “barrera inercial”.

❖ En términos generales, los amortiguadores de impacto son utilizados en los vértices de salida, terminaciones de defensas en el cantero central de un camino, en columnas de puentes expuestas al tránsito, columnas de iluminación o semáforos próximos a la zona de movimiento vehicular, en la parte frontal de las cabinas de las plazas de peaje y en todos aquellos lugares donde la experiencia indica la necesidad de un dispositivo de estas características.

Del mismo modo, son muy utilizados por los proyectistas de caminos en lugares que, por sus características geométricas, no puede aplicarse otra solución que el uso de estos dispositivos. Otra aplicación, es la protección del personal de construcción, mantenimiento y de los conductores de vehículos en las “Zonas de Trabajo”, tanto en calles como en carreteras. Con esta finalidad, se han desarrollado amortiguadores de impacto portátiles o temporarios. También existen los TMA, Amortiguadores Montados sobre Camión, que se utilizan en zonas de construcción y cuando se realiza el mantenimiento de una calle o carretera.

❖ Como conclusión del capítulo Protección de Taludes, se puede establecer que la presencia de vegetación en los taludes resulta muy beneficiosa en el sentido de prevención de la degradación de la superficie, no sólo en lo que se refiere a su función como sistema de protección, sino que también cumplen una cierta misión de refuerzo del terreno, aunque pequeña en comparación a otros sistemas como los Geosintéticos.

❖ Otro aspecto que se tiene en cuenta cuando se opta por la vegetación para mejorar la estabilidad superficial de taludes, es la elección del tipo de vegetación a emplear. La absorción de agua realizada por la vegetación depende de la especie y del tipo de suelo en que se encuentre. Una regla general a la hora de elegir el tipo de especie, es usar plantas típicas en la zona y que se adapten al clima existente, y de entre ellas suelen convenir especies de raíces profundas y de alto grado de evapotranspiración. Aún con todo ello, a veces resulta difícil la elección debido a distintos factores como pueden ser la sombra o sol sobre el talud, la fertilidad del suelo, ó el presupuesto.

❖ Cuando la **Hidrosiembra** se inventó en 1953 en Estados Unidos, las técnicas de sembrado convencionales no tenían la capacidad para vegetar las laderas con mucho declive, resultado de la construcción de carreteras y la Hidrosiembra fue la respuesta.

Se puede concluir entonces que la Hidrosiembra es una herramienta tecnológicamente diseñada para establecer vegetación de una forma efectiva, ecológica, rápida y económicamente atractiva. Las semillas son seleccionadas para el terreno específico, lo cual minimiza la posibilidad de sembrar semillas inadecuadas para el terreno, y los aditivos que se utilizan fomentan una germinación óptima.

Una de sus principales ventajas es que puede ser aplicada sobre diferentes tipos y calidades de suelo, y para la solución y prevención de una serie de problemas como el control de la erosión y especialmente la estabilización de terraplenes y taludes que se generan tras la construcción de caminos y autopistas.

La Hidrosiembra puede, naturalmente, ser efectuada en cualquier época siempre y cuando el riego esté asegurado, como en cualquier otro tipo de siembra, pero lo ideal sería practicarla en la estación de otoño para aprovechar íntegramente el periodo de lluvias.

Bibliografía

- “Señales Verticales y Horizontales”, Manual de Señalización de Tránsito.

- “Seguridad Vial”, Volumen 5 y 6 Manual de Carreteras.

- “Barreras de Seguridad”, Norma Chilena NCH 2032.

- “Investigación de Programa de Seguridad Vial Nacional”, Carabineros de Chile.

- “Ley de Tránsito N° 18.290”, República de Chile.

- Internet páginas Web: www.vialidad.cl.
www.conaset.cl
www.carabinerosdechile.cl

- AASHTOO M 28 : Geosintéticos

- Buscador Google : Palabras Claves
 - ➔ Hidrosiembra
 - ➔ Barreras de Seguridad
 - Revegetación de taludes
 - Geosintéticos