

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE
VALPARAÍSO**

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería en Construcción

Operación Invernal en Ruta 60 CH

Tesis Para Optar al Título de Ingeniero Constructor

Por:

Leonardo Ogueda Aburto

Profesor Guía: Raúl Espinace

2002

DEDICATORIA

A mis padres

A mi esposa

LEONARDO OGUEDA A.

RESUMEN.

Esta investigación, busca definir un procedimiento de trabajo para la operación en invierno, aplicado a la Ruta 60-CH. El estudio comenzó por investigar temas como, deslizamientos de taludes y avalanchas. Esta información se complementó con todas

aquellas instalaciones y recursos que posee Vialidad en la ruta en estudio. El funcionamiento de estas y su distribución en la vía.

El estudio contempla una caracterización de la ruta, definiendo una zonificación de la vía, basada en la caída de nieve y la ocurrencia de avalanchas que la intercepten. Contempla además, las sendas de avalanchas más conocidas y las generadas en el invierno de 1999(etapa de estudio). Esta última, se logró gracias a la experiencia de los operarios de Vialidad de mayor antigüedad, que aún permanecen en servicio en la ruta. La información, fue trabajada y mejorada, con la experiencia y conocimientos de los expertos de División Andina de Codelco Chile.

A partir del análisis anterior, se determinó la metodología de operación para el invierno, dirigida a la Ruta 60-CH. Esta trata temas como el método de operación de despeje en nieve, así como, los recursos para implementar éste método de trabajo. Conjuntamente con esto, se hizo una variedad de recomendaciones, para la entrega del camino al tránsito después de una nevada, distribución de los recursos en la ruta, ya sea, equipos y personal, seguridad vial en la ruta, adquisición de nuevas tecnologías para anticipar los fenómenos meteorológicos y recuperación y puesta en marcha de sistemas para enfrentar la formación del hielo.

Finalmente, se concluyó que la operación invierno debe ir acompañada de una adecuada planificación. Este sistema de operación debe ser proactivo, o sea, conocer, decidir y actuar antes que se genere el fenómeno. Esta concepción no verá frutos sin la adecuada tecnología y el apoyo de recursos necesarios.

INTRODUCCION.

La Ruta 60-CH tiene una incidencia fundamental en la economía nacional, gracias al intercambio comercial entre Chile y los países vecinos. Esta ruta tiene la ventaja de facilitar el acceso a dos de nuestros principales puertos marítimos, como la llegada a la zona central y la capital de nuestro país, que es donde se concentra la mayor parte de nuestro comercio y la economía nacional.

Por otro lado, por esta carretera circula gran cantidad de vehículos, los cuales se dirigen al centro invernal de ski Portillo, el que aporta sus canchas de sky y su hotel al turismo de la zona en los periodos invernales. Este centro es frecuentado por deportistas de esta disciplina provenientes de nuestro país como de los países vecinos, ya sea Argentina, Brasil, Uruguay, etc., traduciéndose esto en un importante flujo vehicular los fines de semana y en otros periodos en temporadas altas.

Este flujo vehicular, tanto comercial como turístico, se ve afectado en invierno por las nevadas, produciendo en ciertas zonas de esta ruta, avalanchas y desprendimientos de nieve, poniendo en peligro las vidas de aquellas personas que utilizan la ruta, así como entorpeciendo el intercambio comercial. Esto se traduce en pérdidas monetarias para nuestro país y una merma en su imagen, provocando desconfianza e incertidumbre en los usuarios de la ruta. Este hecho, podría alentar a los usuarios en la búsqueda de una ruta más segura por donde comercializar sus productos, así como otros lugares de entretenimiento, que le den una mayor comodidad y seguridad.

Debido a lo anterior, es que se debe mejorar e incrementar la eficiencia para tener un camino seguro para el usuario y mantenerlo abierto al público la mayor cantidad de días posibles.

El propósito de esta investigación es elaborar un plan para la gestión invernal de la ruta, con todo lo que implica como dotación óptima y adecuada de recursos y maquinaria, refugios y distribución del personal. También, se busca mejorar el aspecto seguridad vial, con adecuada señalización, sistemas de alerta, sistemas meteorológicos, etc.

Otro objetivo es el de caracterizar las zonas de riesgo, a través de la recopilación de datos entregados por los propios operarios de vialidad, quienes llevan unos 25 años de trabajo en la zona, conociendo a cabalidad los lugares de mayor riesgo en la generación de avalanchas. Todo esto, bajo la guía de expertos de Minera Andina de Codelco Chile, del departamento de Caminos y Nieve, más las inspecciones visuales en terreno.

Se comenzó con una recopilación de antecedentes e información acerca de los deslizamientos de taludes y principalmente de los fenómenos de avalanchas. Su generación, control y prevención. También, recopilar información acerca de los caminos de montaña, maquinaria utilizada.

La meteorología y la nivología también fueron producto de recopilación bibliográfica. Se recopiló la información más relevante, posible de utilizar en los sitios de Internet.

Así mismo, Vialidad de Los Andes y División Andina de Codelco Chile, proporcionaron gran parte de la información; Facilitaron folletos explicativos de la labor y operación invernal de ambos estamentos, reglamentación por la cual se rigen ambos; Catálogos técnicos de maquinaria especializada, como también de tecnologías de control de avalanchas y control del hielo; Libros y revistas especializadas en el tema.

Importante es mencionar que la información más relevante fue obtenida oralmente de los operarios de Vialidad Camino Internacional y personal de División Andina de Codelco Chile. Esto se ha realizado a través de grabaciones de las entrevistas a operarios y funcionarios de ambas instituciones, prevaleciendo el conocimiento y experiencia exitosa de los expertos de División Andina.

Posteriormente, en instalaciones de Vialidad y en División Andina en el período invernal, durante el desarrollo de frentes, se conocieron las operaciones de despeje de nieve por depositación natural, así como los desprendimientos de avalanchas sobre la carpeta del camino. Permitiendo el desarrollo de metodologías adecuadas para las distintas situaciones que subsisten en el camino; Así como el desarrollo de sistemas adecuados de señalización caminera

Esta tesis se ha estructurado en los siguientes capítulos:

El capítulo uno, trata acerca de la conformación de la unidad del camino internacional, vialidad de Los Andes; tanto en lo referente a maquinaria, personal, así como instalaciones con que cuenta el servicio.

En el capítulo dos, se desarrolla el marco teórico de esta investigación, definiendo las avalanchas y realizando una recopilación de los factores de generación de estas avalanchas. Una clasificación de las avalanchas para un mejor entendimiento del fenómeno.

El capítulo tercero, aborda el tema de deslizamientos de taludes, entregando una clasificación de estos. Además, considera los tipos de movimientos más frecuentes en la ruta.

El capítulo cuarto, se realizará una caracterización de la ruta. En esta se determinarán los tipos de desprendimientos más comunes, distinguiendo diferentes situaciones de caídas de nieve sobre la ruta.

En el capítulo quinto, se determina la forma de enfrentar aquellas situaciones mencionadas en el capítulo anterior, determinado la maquinaria adecuada para las operaciones de despeje del camino.

En el quinto sexto, se desarrolla el tema de los rendimientos de la maquinaria; esquematizando los movimientos del equipo, etc.

El capítulo séptimo, se describen los estándares adecuados de entrega de un camino. Control del hielo, seguridad vial adecuada, etc.

El capítulo octavo, desarrolla las conclusiones finales de esta memoria.

Los anexos A y B, corresponden a fotografías aéreas de la ruta 60-CH, desde el límite superior hasta la ciudad de Los Andes, y cotizaciones de pantallas dinámicas y equipos necesarios para estaciones meteorológicas, respectivamente.

Ahora, quiero expresar mis agradecimientos a:

Gobierno Regional de Valparaíso, por hacer posible esta tesis, mediante el financiamiento otorgado.

Vialidad V región, Vialidad Los Andes, Sr. Carlos Alarcón B., como Jefe provincial de Vialidad Los Andes, por el apoyo a dicha tesis.

División Andina de Codelco Chile, quien facilitó el acceso a sus instalaciones y el tiempo de personas claves en esta investigación.

Sr. Raúl Espinace A., Ingeniero Constructor, Profesor titular Universidad Católica de Valparaíso y profesor guía de esta tesis, por su apoyo y ayuda para salir adelante con esta tesis.

Sr. Manual Cortes H., Jefe de Campamento Guardia Vieja de Vialidad Los Andes, por su cooperación y ayuda.

Sr. Andrés Ellena D., Constructor Civil, Jefe de operaciones de Caminos y nieve de División Andina de Codelco Chile, por su aporte y colaboración en esta tesis.

Sr. René León G., Supervisor de operaciones de Caminos y nieve de División Andina de Codelco Chile, y consultor de avalanchas, por su valioso aporte bibliográfico y sus conocimientos sobre el tema, quien fue un guía mas en esta investigación.

Sr. Luis Ramírez P., Jefe de Maquinaria Provincial de Los Andes, Vialidad V región, por su aporte y conocimientos.

Por ultimo, se agradece a todas aquellas personas que colaboraron en esta investigación desinteresadamente.

1. UNIDAD CAMINO INTERNACIONAL, SU SITUACION ACTUAL.

Por estos días, la Unidad del Camino internacional ha sufrido vertiginosos cambios, los cuales no profundizaremos mayormente, ya que se deben mas a asuntos de carácter administrativo. El camino internacional, ruta 60 CH, a su vez se divide en los campamentos de Guardia Vieja, ubicada en el kilometro 82 y el de Portillo, ubicada en el kilometro 105.

Hoy, la unidad es dirigida por la Jefatura Provincial de Vialidad de Los Andes, cargo que ocupa actualmente Don Carlos Alarcón Berrios. El campamento de Guardia Vieja es dirigido por don Manuel Cortés Herrera. El Jefe del campamento de Portillo es Don Jorge Díaz Brito.

El Jefe de Maquinaria de la Provincia de Los Andes es Don Luís Ramírez Pasten, el cual tiene como lugar de trabajo el Campamento de Guardia Vieja.

En el campamento de Guardia Vieja trabajan 23 personas, entre las cuales se encuentra el Jefe de Campamento de Guardia Vieja y el Jefe de Maquinaria de la provincia de Los Andes. En el campamento de Portillo trabajan 10 personas, contando al jefe del campamento.

En total trabajan 33 personas entre ambos campamentos, siendo la mayoría operarios y ayudantes. Destinando solo 3 administrativos para ambos campamentos.

1.1. LABOR DE VIALIDAD LOS ANDES (CAMINO INTERNACIONAL).

La dirección de Vialidad de Los Andes, a través de los campamentos de Portillo y Guardia Vieja realizan distintas labores, siendo la principal, la de mantenimiento de la ruta. Dentro del mantenimiento, se pueden diferenciar distintas faenas.

1.2. OPERACIÓN INVERNAL.

El programa de conservación de este camino, que es realizado por la Dirección de Vialidad, indica actividad durante todo el año calendario, pero la operación “Despeje de Nieve”, que se considera entre Mayo y Septiembre, es la más importante, con mayor dedicación por parte del personal, maquinaria y recursos involucrados.

Entenderemos por operación invierno, el conjunto de medidas destinadas a mantener las vías de acceso en carreteras de alta montaña, transitables durante el período invernal. Esta operación se ve enfrentada a la acción continua de la nieve, el viento, el hielo y a los grandes daños que provocan los desprendimientos de avalanchas.

El personal a cargo de esta función posee poca experiencia en la ruta, dado que la mayor parte de ellos son contrataciones recientes. Los más experimentados en ambos campamentos, una minoría, manejan los siguientes parámetros.

1.2.1. Trazado del camino.

En su mayoría conocen las longitudes de la vía, el trazado de las curvas, las pendientes, las cotas y desniveles. Es capaz de reconstruir mentalmente las singularidades del camino, lo que es de vital importancia toda vez que luego de avalanchas quedan escasos puntos de referencia, al estar todo cubierto de nieve.

1.2.2. Orientación de las vías.

Es de gran importancia que previo a cualquier acción, se conozcan las laderas que bordean el camino, siendo para nuestro hemisferio, las laderas de orientación sur las que presentan mayor problema de desprendimientos de avalanchas y desprendimientos de piedras.

1.2.3. Mapa de zonas de avalanchas.

Están identificados los tramos de la vía que presentan mayor probabilidad de estar afectos a la acción de las avalanchas, por medio de la experiencia y antigüedad de los funcionarios en la zona.

1.3. MAQUINARIA EXISTENTE.

La Ruta 60-CH cuenta hoy, con un gran parque de maquinaria. Parte de la maquinaria es traída desde Santiago, solo para el período invernal, desempeñándose en las labores de despeje del camino.

Además de la maquinaria pesada, que se utiliza en la remoción de nieve, operaciones de control del hielo y otras obras realizadas por Vialidad, se cuenta con una cantidad de equipos, los cuales sirven de apoyo a las funciones que realizan las maquinarias especializadas. Se cuenta con vehículos de traslado del personal, camiones de abastecimiento de lubricantes, hidrolavadoras, generadores, tornos, máquinas soldadoras, compresores de aire, máquinas corta metales, equipos de radio, etc. A continuación en las tablas 1.2. y 1.3. se detallan el parque de maquinaria y vehículos, así como su destinación en la ruta.

1.4. USO DE LA MAQUINARIA.

Como hemos mencionado anteriormente, para mantener en uso la ruta, se utiliza una gran variedad de maquinaria especializada y equipos tradicionales, usados generalmente en movimientos de tierra. Estos son acondicionados con elementos especiales para la faena en nieve.

Más adelante, estudiaremos los rendimientos de esta maquinaria. Ahora solo nos limitaremos a describir la función específica de cada uno de los siguientes equipos.

1.4.1. Retroexcavadora.

Es utilizada principalmente en el desbanque de muros, terrazas y limpieza de alcantarillas. Fundamental es su uso en la construcción y limpieza de fosos y contrafosos. En el período invernal es más utilizada en el abastecimiento de la sal a los camiones esparcidores. Esta labor se lleva a cabo en el refugio de Juncal, donde está el acopio de este producto, utilizado para el deshielo del pavimento.

1.4.2. Motoniveladora.

La motoniveladora se utiliza en el período invernal en el despeje de la nieve recién caída, hasta los 50 cm de altura. Con velocidad es capaz de despejar una altura de 1 metro de nieve nueva. Para motoniveladoras en el Camino Internacional, se utilizan dos tipos de palas que van en la parte anterior de la maquinaria, para la remoción de la nieve. Una de estas palas es de mayor curvatura y en su extensión, comienza en un lado angosto para terminar con un ancho mayor, para que al aumentar la velocidad de trabajo, se produce una rotación en la pala de la nieve removida. Esta es lanzada hacia un lado del camino, a mayor distancia que si se hiciera con el otro tipo de pala, que no es de gran curvatura y en toda su extensión tiene el mismo ancho. Se utiliza además, para el perfilado de bermas y calzadas así como para el despeje de material pétreo desprendido.

Tabla 1.1. Maquinaria actual disponible en el Camino Internacional, con sus respectivas marcas, modelos, año y potencias.

PARQUE DE MAQUINARIA Y VEHICULOS DEL CAMINO INTERNACIONAL				
MAQUINARIA PESADA	MARCA	MODELO	AÑO	POTENCIA
1. MOTONIVELADORA 6x6	ABELING BARFORD	ASG-013	80	160 HP
2. MOTONIVELADORA 6x6	ABELING BARFORD	ASG-013	80	160 HP
3. MOTONIVELADORA 6x6	ABELING BARFORD	ASG-13	94	160 HP
4. MOTONIVELADORA 6x6	ABELING BARFORD	ASG-13	94	160 HP
5. MOTONIVELADORA 4+2	CHAMPION	730-A	88	187 HP
6. MOTONIVELADORA 4+2	CHAMPION	730-A	88	187 HP
7. BULLDOZER ORUGA	FIAT ALLIS	14-C	88	157 HP
8. BULLDOZER ORUGA	LIEBHERR	PR 732-B	98	190 HP
9. CARGADOR FRONTAL C/SOPLADOR	SAMSUNG	SL190-2	98	215 HP
10. CARGADOR FRONTAL C/PALA	SAMSUNG	SL190-2	98	215 HP
11. RETROEXCADOR SOBRE NEUMATICO	HYMAC	W-121	89	77 HP
12. BARRENIEVE 6x6	WAUSAU(SCHMIDT)	DF-3000	98	330 HP
13. BARRENIEVE 6x6	OSHKOSH	H 2727-B	99	500 HP
14. SNOW-CAT	BOMBARDIER	BR-180	98	130 HP
15. CAMION SALERO C/PALA FRONTAL	MERCEDES BENZ	2638A-4100	98	280 KW
16. CAMION SALERO C/PALA FRONTAL	MERCEDES BENZ	2638A-4100	98	280 KW
17. SOPLADOR(P/CARGADOR FRONTAL)	RPM TECH	6CTAA8.3-300	99	300 HP
VEHICULOS DE TRANSPORTE Y DE CARGA				
1. CAMIONETA D/CABINA 4x4	NISSAN	02ZUNLMS21F20	90	101 PS
2. CAMIONETA D/CABINA 4x4	CHEVROLET	LUV 2.3 D/C 4x4	94	89 CV
3. MINIBUS CARGO VAN 4x4, 12 ASI	FORD	ECONOLINE-150	86	
4. BUS 25 ASIENTOS	MERCEDES BENZ	LO-812/42	90	122 CV
5. CAMION 4x4, DOBLE CABINA	MERCEDES BENZ	416-125	74	90 CV
6. CAMION PLANO MANTENCION	CHEVROLET	683 NGA	81	149 HP
EQUIPOS ESTACIONARIOS				
1. HIDROLAVADORA	HIDROLASSER	C-170	97	170 BAR
2. HIDROLAVADORA	HIDROLASSER	C-170		
3. HIDROLAVADORA	HIDROLASSER	C-170		
4. SOLDADORA ROTATIVA	HOBART			
5. GENERADOR	CATERPILLAR	D-343		262 KVA
6. GENERADOR	CATERPILLAR			
7. GENERADOR	STANFORD			
MAQ. PES. UNID. EMERG. STGO.				
1. BULLDOZER ORUGA	CATERPILLAR			
2. BULLDOZER ORUGA	CATERPILLAR			
3. BULLDOZER NEUMATICO	CATERPILLAR			
3. BULLDOZER NEUMATICO	CATERPILLAR			

Tabla 1.2. Maquinaria del Camino Internacional con sus respectivos operadores.

MAQUINARIA CAMINO INTERNACIONAL Y OPERADORES		
UBICACIÓN	Sigla	OPERADOR
GUARDIA VIEJA		
Maquinaria Pesada		
1. MOTONIVELADORA ANELING BARTFORD	ST-MPAD-061	ROLANDO GARCÍA M.
2. MOTONIVELADORA ANELING BARTFORD	ST-MPAD-062	MELSON AGUILERA P., MARIO ORTEGA G.
3. MOTONIVELADORA ANELING BARTFORD	ST-MPAD-297	CHRISTIAN GUERRA I., DANIEL ROZAS F.
4. BULLDOZER ORUGA FIAT ALLIS	ST-TOPI-006	ANDRES PAEZ M.
5. CARGADOR FRONTAL SAMSUNG C/PALA FRONTAL	ST-TEFA-105	RAUL PEREZ A.
6. RETROEXCAVADOR HYMAT	ST-PENY-002	MARIO LUCERO M.
7. CAMION SALADOR C/PALA FRONTAL	ST-CUMH-591	JULIO SMITH G., ELISEO VETUBIA C.
8. BARRENIEVE GSKNOIN	ST-CUOK-590	ELISEO VETUBIA C.
Vehículos de Transporte y de Carga		
1. FURGON VAN FORD	ST-MTFO-304	MARIO ORTEGA M.
2. CAMIONETA CHEVROLET DOBLE CABINA	ST-MDCN-490	NO DEFINIDO
3. TAXI BUS MERCEDES BENZ	ST-MHMB-490	IVAN PEREZ A.
4. CAMION PLANO CHEVROLET	ST-CPCH-019	JORGA OLIVARES P.
PORTILLO		
Maquinaria Pesada		
1. MOTONIVELADORA ANELING BARTFORD	ST-MPAD-290	PEDRO RIVERA P.
2. MOTONIVELADORA CHAMPION	ST-MUCH-179	JORGE CANALES C.
3. MOTONIVELADORA CHAMPION	ST-MUCH-202	LUIS ALLENDE T.
4. BULLDOZER ORUGA LIEBHERR	ST-TOLI-100	JOSE TIEJO P.
5. CARGADOR FRONTAL SAMSUNG C/SOPLADOR ISH	ST-TEFA-104	NANI CANALES C.
6. BARRENIEVE MAUSAU	ST-CUMA-597	HUGO MAUNA O.
7. 3MOG-CAT BOMBAERDIER	ST-CUBO-012	JORGE CANALES C.
8. CAMION SALADOR C/PALA FRONTAL	ST-CUMH-592	LUIS SANCHEZ E.
Vehículos de Transporte y de Carga		
1. CAMIONETA NISSAN DOBLE CABINA	ST-MDNI-366	HUGO MAUNA M.
2. CAMION MERCEDES BENZ DOBLE CABINA	ST-CPMB-135	HUGO MAUNA O.

Figura 1.2. Motoniveladora con pala frontal para despeje de nieve.



1.4.3. Camión salero c/pala frontal.

Se utiliza par salar la carpeta de rodado con cloruro de sodio(sal). Su pala frontal se utiliza para el despeje la nieve hasta 50 centímetros y retiro de material hasta piedras de 50 kilogramos de peso.

Figura 1.3. Vista posterior sistema de esparcido camión salero.



1.4.4. Cargador Frontal c/pala frontal.

Se utiliza para el despeje de la nieve, avalanchas menores, desprendimiento de material. En época veraniega, se utiliza el cargador con su cuchara original, en el descargue de muros y en defensas fluviales y encauces de ríos.

Figura 1.4. Cargador frontal con pala para despeje de nieve.



1.4.5. Bulldozer.

Estas maquinarias con las que cuenta Camino Internacional, son sobre orugas y sobre neumáticos. Estos se utilizan en la remoción de la nieve hasta 5 metros de altura o más; y el despeje de avalanchas y desprendimientos de material pétreo. En verano se utiliza en la limpieza de faja del camino.

1.4.6. Barrenieve.

De las dos unidades barrenieve con que cuenta Camino Internacional, una de ellas cuenta con un escobillón para el barrido y desalojo de material en verano. Esta maquinaria tiene la función específica de barrer la nieve recién caída, nieve pura, desde una altura de 50 centímetros hacia arriba, volviéndose ineficaz con alturas mayores a los 2 metros.

Figura 1.5. Bulldozer con neumáticos, con pala para nieve.



Figura 1.6. Bulldozer oruga con pala para despeje de nieve.



Figura 1.7. Barrenieve OSHKOSH, 4000 Toneladas/hora.



1.4.7 Snow-cat.

Esta máquina fue adquirida para la tarea específica de rescatar personas atrapadas en la ruta, durante un temporal o para rescatar personas atrapadas por avalanchas. Además, cuenta con un sistema de posicionamiento satelital(GPS), el cual permite a través de la interconexión de a lo menos 4 satélites en el espacio, ubicar con gran exactitud la ubicación precisa de este vehículo en la superficie de la tierra. En este caso, la ruta 60-CH. Con este mecanismo se logra ubicar el trazado del camino, para la posterior entrada de la maquinaria pesada, durante grandes temporales, en los cuales hay grandes alturas de nieve, durante los desprendimientos de avalanchas y cuando hay viento blanco, situación que imposibilita el trabajo de todas las otras maquinarias.

1.4.8. Camión c/pala frontal.

Este se utiliza para el traslado de materiales, personal y combustible. La pala le permite despejar nieve recién caída, así como despejar desprendimientos de materiales. También provee de combustible a las máquinas en su lugar de trabajo, ya que estas demoran mayor cantidad de tiempo en trasladarse al complejo de Portillo debido a su envergadura y lentitud.

1.4.9. Camión mantención.

Efectúa la mantención y la lubricación de toda la maquinaria de ambos campamentos.

Figura 1.8. Vista camión salero con pala frontal.



Figura 1.9. Bulldozer oruga LIEBHER, destinado a Portillo.



1.5. INFRAESTRUCTURA DE CAMINO INTERNACIONAL.

Como se ha mencionado en anteriores oportunidades, Camino Internacional cuenta con cuatro instalaciones, de las cuales dos de estas se encuentran con personal durante las horas de trabajo y personal de turno.

Nombrándolas de menor a mayor altura de ubicación tenemos.

Guardia Vieja, kilometraje 177,60; altura 1610 m.s.n.m.

Juncal, kilometraje 190,50; altura 2200 m.s.n.m.

Juncalillo, kilometraje 195,00; altura 2300 m.s.n.m.

Portillo, kilometraje 201,10; altura 3000 m.s.n.m.

De las anteriores, Guardia Vieja Y Portillo son las que tienen personal permanente en ambos campamentos y son las instalaciones más grandes. En ellas permanece la mayor cantidad de maquinaria.

A continuación, se hará una breve reseña de las instalaciones con que cuenta cada uno de estos campamentos.

1.5.1. Guardia Vieja.

Este campamento, debido a su altura es el menos afectado por las nevadas. Estas son frecuentes sobre los 2000 metros de altura, encontrándose este a los 1610 metros de altura sobre el nivel del mar.

Este campamento cuenta con una casa la cual consta de 4 habitaciones con 2 literas por pieza para operadores, casino para el personal, cocina, 2 baños y 2 duchas, sala de estar con televisión satelital, vídeo pasapelículas y equipo de audio. En esta misma instalación se encuentra la sala de comunicaciones, oficina del jefe de maquinaria de Vialidad Los Andes y la oficina del jefe del campamento Guardia Vieja. Esta instalación cuenta con los servicios básicos de agua potable, luz, gas y un sistema de calefacción termoeléctrica por radiadores, el cual está en funcionamiento las 24 horas del día en invierno, debido a las bajas temperaturas.

Figura 1.10. Vista del Campamento, taller, bodega y boxer maquinaria.



Esto permite mantener una temperatura agradable para el personal diario y también para aquellos que realizan el turno hasta el día siguiente.

Cuenta además con una casa habitación para Jefe Provincial, con 2 habitaciones con 2 camas por pieza, baño, cocina, living comedor y calefacción termoeléctrica.

Casa para Director regional, con 3 habitaciones con 2 camas por pieza, consta de 2 baños incluida ducha, living comedor, cocina y calefacción termoeléctrica.

Figura 1.11. Casa Jefe Provincial y Director Regional en Campamento Guardia Vieja.



Casa oficina Jefatura (tipo A), consta de una habitación con 2 camas, living comedor, cocina, baño y calefacción termoeléctrica.

Un galpón de taller y bodega, que consta de 2 pozos para mecánicos, equipos de tornos, soldadoras, vulcanización y bodegas para repuestos y equipamiento de invierno del personal. Tiene además un baño.

Una bodega anexa, en la cual se guardan repuestos de neumáticos para la maquinaria, aceites y repuestos en general. Esta permanece cerrada.

Figura 1.12. Vista boxer de maquinaria.



Un boxer de maquinaria, donde se estaciona la maquinaria fuera de las horas de trabajo. Consta de 5 habitáculos.

Una casa destinada a oficinas de Vialidad, en la entrada del campamento. Consta de 4 oficinas mas 2 baños con duchas y una cocina.

Es importante mencionar que el generador de electricidad, se encuentra fuera del campamento, en dependencias antiguas de Vialidad.

Figura 1.13. Fotografía tomada desde abastecimiento de combustibles y de fondo parte del casino y casa Director de Vialidad.



1.5.2. Juncal.

Este campamento no se encuentra actualmente habitado, pero sí está habilitado para que el personal de Vialidad, pueda pernoctar. Se utiliza en casos de avalanchas en que la maquinaria no pueda volver a su lugar de destinación debido a cortes de camino o viento blanco.

El campamento consta de una casa habitación, con 4 dormitorios con 2 literas por pieza. Una de las habitaciones se destino a bodega para insumos. Cuenta con una sala de radio HF de comunicaciones, cocina, living comedor, 2 baños, 2 duchas y calefacción termoeléctrica.

Un galpón de maquinaria, donde se encuentra actualmente el acopio de la sal, permaneciendo en este lugar la retroexcavadora, que es la encargada de abastecer a los camiones saleros. Consta de un generador eléctrico para emergencias y espacio suficiente para estacionar 2 máquinas.

1.5.3. Juncalillo.

Este no es un campamento, solo cuenta de un galpón para el resguardo de maquinaria en casos de avalanchas o viento blanco que imposibiliten a la maquinaria llegar a Portillo por corte de caminos. Tiene un dormitorio, un baño, living comedor, pero no se encuentra habilitado ya que el lugar en el cual está emplazado es propenso a desprendimientos de avalanchas.

1.5.4. Portillo.

El campamento de Portillo cuenta con excelentes instalaciones para proteger al personal de las exigencias del clima. El campamento consta de 6 habitaciones, con un total de 19 camas, las cuales son ocupadas por personal de Vialidad. Tiene 5 baños, duchas, un casino para 15 personas con su respectiva cocina. Hay además una sala de estar y juegos, también con televisión satelital, vídeo pasapelículas, equipo de audio, etc.

Tiene un hall de entrada, la que conecta las 2 oficinas, una para el jefe de campamento y otra para el administrativo. Sala de radio y comunicaciones y calefacción termoeléctrica.

Figura 1.14. Vista interior galpón maquinaria Portillo.



Unida a las instalaciones del Campamento se encuentra el galpón para el resguardo de la maquinaria, donde estacionan al menos 10 máquinas. El generador de corriente se encuentra en una sala anexa al galpón de maquinarias. Inmediatamente después, se ubica el pañol de herramientas y repuestos. Hay una sala de soldaduras y fragua para la reparación de cadenas que utiliza la maquinaria que debe estar siempre en excelentes condiciones para el trabajo en alta montaña. En el galpón hay conexiones eléctricas para calentar los motores de la maquinaria debido a las bajas temperaturas. Frente a estas

instalaciones, a unos 50 metros de distancia, se ubica un galpón destinado solamente al resguardo de maquinaria.

2. AVALANCHAS.

2.1. DEFINICION.

En la actualidad, países europeos, como Francia, Suiza, Italia, Alemania, etc y otros de América del Norte, como Estados Unidos y Canadá, han avanzado bastante en el campo de las avalanchas. Muchos de ellos cuentan con centros de estudios especializados, que mantienen una constante investigación de estos fenómenos. También, cuentan con grupos de aficionados a los deportes de montaña e invierno, que debido, al carácter de su disciplina, han estudiado e investigado las avalanchas y los peligros para el hombre.

Hay variada bibliografía sobre el tema de avalanchas. Nosotros, tomaremos solo parte de ella, que contenga los conocimientos necesarios para comprender estos fenómenos. Sin embargo, el tema de ésta investigación es, la operación invernal, específicamente en la Ruta 60-CH, para lo cual, definiremos las avalanchas y se describirán las clasificaciones más relevantes de éstas.

Se entiende por avalancha, el escurrimiento de nieve que desciende por la ladera de una montaña y que en la medida que avanza va aumentando progresivamente su velocidad.

Según Pedrero, Víctor; Marquez, Roberto, definen las avalanchas como el deslizamiento de una masa de nieve de importancia variable, sobre la pendiente de una senda cualquiera. Definiendo además senda, como una zona de una ladera en la cual se desliza la avalancha. Esta a medida que desciende aumenta de volumen, generando una gran energía cinética durante su recorrido.

En algunos casos se han observado velocidades superiores a 360 km./hr. Las mayores velocidades han sido máximas en aquellas avalanchas de nieve polvo, las cuales producen una gran turbulencia. El efecto destructor de las grandes masas de nieve que pueden arrastrar piedras y otros materiales, es muy grande. Ocurren en aquellos lugares de la montaña que reúnen condiciones favorables para que se produzcan.

Las nevadas más intensas son las que producen las avalanchas más destructivas. En nuestro país, la intensa radiación solar después de una nevada estabiliza el manto nivoso, siendo crucial el papel que juega el metamorfismo destructivo (ET).

La nieve una vez depositada sobre el terreno, por efectos de pendiente en la cual se ubica, ejerce una fuerza de empuje hacia abajo. Esta deformación de la nieve es plástica. Podemos desglosarlas en 2 tipos de movimientos.

2.1.1. Reptación.

Reptación se entiende por la deformación plástica del manto de nieve. Es un movimiento de la nieve paralelo a la pendiente, producido en forma lenta, variando de milímetros hasta centímetros por día. Este movimiento dependerá de la gradiente térmica, naturaleza de la nieve y de la pendiente. Importante es diferenciar que cuando es un movimiento por plasticidad, el manto se adhiere a la superficie, impidiendo el deslizamiento.

Figura 2.1. Vista de deslizamientos de nieve en la ruta, denominados comúnmente Chorreos, sector Puntilla del Viento.



2.1.2. Deslizamiento.

Este movimiento es tal cual, un deslizamiento del manto en un plano inclinado, el cual sumado a la reptación, nos permite entender de mejor manera las propiedades del fenómeno de la nieve.

Para una mejor comprensión de estos fenómenos asociados, ver figuras 2.1., fig.4.2. y fig.4.4.

2.2. PARAMETROS EN LA GENERACION DE AVALANCHAS.

Los mecanismos de generación de avalanchas o parámetros se pueden subdividir en dos tipos, parámetros fijos y parámetros variables.

2.2.1. Parámetros fijos.

Son aquellos que resultan de la configuración física o topográfica del lugar. Estos podemos definirlos en los siguientes puntos.

- **Pendiente de la ladera.** Es fundamental porque determina la estabilidad básica del manto de nieve. Si es menor de 15° es poco probable que haya riesgo de avalancha. La nieve se acumula y permanece en su sitio generalmente. Si la pendiente está comprendida entre 15° y 27° , la nieve acumulada puede ser puesta en movimiento por la acción de otros agentes y, una vez en movimiento, ya no se detiene. Entre 27° y 50° la nieve se acumula inicialmente, pero una vez que los cristales cambian de forma, debido a cambios en las condiciones atmosféricas, la nieve se pone en movimiento espontáneamente, sin requerir estímulo exterior. Si es mayor a 50° no puede acumularse y cae al valle a medida que se deposita. Bajo un ángulo de 20° , el riesgo de avalanchas desaparece, pero jamás hay que dejar de considerar que sobre una pendiente inferior a 17° , una avalancha de nieve seca purulenta, puede todavía proseguir su camino sin disminuir su velocidad. Por lo tanto, la inclinación de la pendiente en la zona de inicio es el factor más determinante en la generación de avalanchas. Estos valores de ángulos pueden variar en algunos grados según la referencia del cual sean obtenidos. Para los valores antes mencionados, ver “Los riesgos del trabajo en la alta montaña”, ACHS.

A continuación se presenta una tabla con los taludes generadores de avalanchas, confeccionada por René León G., quien tiene gran experiencia y dominio sobre el tema, prestando sus servicios en el cajón adjunto, Río Blanco, en División Andina.

Figura 2.2. Taludes generadores de avalanchas.

PENDIENTE	AVALANCHAS
15° a 25°	Son raras
25° a 35°	Ocasionales
35° a 60°	Frecuentes
60° a 90°	Constantes

Fuente. León G.,René, 1985.

- **Rugosidad del terreno.** La aspereza del terreno crea obstáculos naturales, al formar cavidades de retención o anclaje que aumentan el coeficiente de rozamiento entre la nieve y el terreno, permitiendo mayores alturas de acumulación siempre que la capa de nieve sea homogénea y cohesionada.

- **Perfil del terreno.** Las laderas generalmente no son continuas o de pendiente uniforme, frecuentemente tienen quiebres o aún, áreas cóncavas o convexas que tienen importancia, pues influyen en las mayores o menores cantidades de nieve acumulada.

- **Altitud.** La altitud de las zonas de acumulación es importante, especialmente por razones de la temperatura imperante. Esta es variable según las condiciones meteorológicas. La posición de la isoterma cero influye fuertemente en la estructura de la nieve y de la mayor o menor probabilidad de que se ponga en movimiento.

- **Ubicación geográfica.** El asoleamiento y la exposición a los vientos dominantes influyen fuertemente en el comportamiento de la nieve ya depositada.

2.2.2. Parámetros variables.

Los parámetros variables son los que afectan la estructura y la cohesión de la nieve modificando su estabilidad.

- **Estructura.** La nieve recién caída tiene el conocido aspecto de cristales de hielo en forma de laminillas hexagonales de formas caprichosas, por lo que, una capa de nieve recién caída, es una masa muy porosa en estado de inestabilidad termodinámica. En ella, el agua se encuentra en sus tres estados: sólido o hielo, líquido y gaseoso o vapor de agua. Al existir

diferencias de temperatura en las distintas capas de la nieve, causadas por el ciclo día/noche y acentuadas en los días de sol; el vapor de agua existentes entre cristales, condensa en aquellos más fríos y se evapora de los más templados. Este proceso hace que desaparezcan los cristales laminares entrelazados y se transforman en gránulos de hielo redondeados e independientes, mucho más fáciles de poner en movimiento.

- **Temperatura.** La temperatura es importante en el proceso de metamorfización ya descrito, debido a su influencia en la tensión de vapor del hielo. También, especialmente cuando se acerca o sobrepasa el punto de fusión del hielo, determina la presencia de una mayor o menor cantidad de agua líquida en la nieve, que influye en sus posibilidades de ponerse en movimiento.

- **Viento.** Altera la ubicación de los depósitos iniciales de la nieve al transportarla y redepositarla en otros lugares. Durante este proceso se altera la calidad del grano caído, ya que al transportarlo y hacerlo rodar, el grano es redondeado y endurecido.

- **Lluvia.** Se infiltra a través de los espacios de aire de las capas de nieve, acelerando su metamorfismo. Este constituye un considerable aumento de peso y forma una película entre las capas o sobre el suelo que favorece el deslizamiento.

Otros parámetros son los nivológicos, como es el espesor de la nieve, densidad de esta, contenido de agua libre, porosidad, tipo de cristal, metamorfismo, etc. Hay otros parámetros, como los mecánicos, por nombrar algunos, resistencia al corte, ángulo de roce, resistencia a la tracción y a la compresión, viscosidad, etc. Estos últimos actúan sobre el manto en forma esporádica, produciendo también desequilibrio, como por ejemplo, el paso de un esquiador, caídas de rocas, y de cornisas y estampidos sónicos. La disminución de la resistencia al corte ocurre cuando la rugosidad del terreno es baja, es decir, aquellas superficies lisas como son las rocas planas y los terrenos con pastos largos. En consecuencia un terreno altamente rugoso y firme proporciona una mayor estabilidad. Por último, el metamorfismo de fusión congelamiento crea planos deslizantes que disminuyen el roce estático. Respecto de los parámetros nivológicos, se presenta la siguiente tabla para mayor información.

Figura 2.3. Riesgos de avalanchas según nieve caída.

PENDIENTE	AVALANCHAS	ALTURA DE NIEVE	RIESGO
15° a 25°	Son raras	0 a 20 cm.	Poco peligro
25° a 35°	Ocasionales	20 a 50 cm.	Riesgo de deslizamiento y avalanchas pequeñas
35° a 60°	Frecuentes	50 a 100 cm.	Riesgo de avalanchas medianas y grandes
60° a 90°	Constantes	150 cm. Y más	Riesgo de avalanchas mayores o climax

Fuente. León, René, 1985.

2.3. TIPOS DE AVALANCHAS.

Al hablar de avalanchas, debemos distinguir dos tipos, las cuales dependerán del inicio o generación de estas.

2.3.1. Avalanchas de nieve suelta.

Estas se desarrollan desde un punto en la superficie del manto. Luego esta adquiere una forma de V invertida, a medida que se desliza hacia abajo. Es originada por nieve de poca cohesión, con lo cual con poca masa inicial, se transforma en una de mayor tamaño, aumentando su recorrido. La energía potencial liberada por el deslizamiento, suelta partículas adicionales y sirve para sobrepasar las fricciones, así la energía en exceso se transforma en energía en movimiento.

- **Avalancha de nieve suelta y fresca.** En un comienzo, cuando la nieve está recién depositada y han transcurrido solo algunas horas, su estructura es dentada, haciéndola estable frente a esfuerzos mínimos. Una vez que comienza el metamorfismo(E.T.), la estructura dendrítica de los cristales se pierde parcialmente para que se forme una estructura granular. En este estado, la nieve es denominada fresca y suelta. Es sabido que la cohesión de la nieve se alcanza al cabo del segundo día de depositación.

- **Avalancha en Suspensión o nieve polvo.** Estas se producen en ambientes secos y fríos. Se caracterizan por producir un efecto similar al de una onda explosiva, debido a la gran velocidad que llevan y la turbulencia de los desplazamientos de grandes masas de aire. Estas avalanchas pueden ser de cualquier tipo, pero al chocar con una barrera, ya sea natural o artificial, se pueden transformar en avalanchas de nieve polvo. Estas, aunque nadie ha

podido confirmar sus velocidades, se sabe a través de registros visuales que son las que han alcanzado los mayores valores. Del orden de los 400 Km./Hr e incluso mayores.

- **Avalanchas de nieve suelta de flujo.** Se refiere a la nieve vieja, que está granulada por efecto del metamorfismo, produciendo avalanchas de nieve suelta. El humedecimiento de primavera descompone la estructura o ligazón granular, antes de formar el hielo glaciario verdadero. Cuando la temperatura de la nieve llega a cero, se produce agua de fusión, la nieve se transforma en pegajosa, aumentando su resistencia. Pero el primer humedecimiento de las capas adyacentes al suelo, produce las avalanchas de fondo o aquella que desliza sobre el suelo. En conclusión, podemos decir, que un aumento de la temperatura, conlleva mayores riesgos de avalanchas.

- **Avalancha de nieve suelta mixta.** Esta constituye una mezcla de una avalancha de nieve polvo con componente de flujo o viceversa. Es por lo general, el tipo más común de encontrar.

2.3.2. Avalanchas de placa.

Este tipo de avalancha es un movimiento de grandes masas de nieve que deslizan hacia el valle en forma de bloques. Es una gran placa que se va fragmentando según los factores de densidad de la nieve, inclinación de la pendiente, obstáculos en la senda, nivel de deslizamiento en el manto, etc.

Este tipo de avalancha se genera a lo largo de una línea de una superficie, pudiendo penetrar el manto hasta el fondo o no. Este es el más peligroso de ambos tipos de avalanchas. Si los factores permanecen iguales, el manto se mantendrá estable, produciendo la densificación. Existe una relación exponencial entre la densidad y la resistencia de la nieve.

Las superficies de deslizamiento son por lo general planas, el radio mínimo de curvatura es del orden de los 1000 metros y rara vez menor a 100 metros. Se presenta en sendas con superficies cóncavas.

Las avalanchas de placa son difíciles de ver en densidades mayores a los 500(Kg./m³). Por lo general, sus densidades van del orden de los 100 a 400 (Kg/m³).

El espesor de la corona en las avalanchas de placa es del orden de 1 metro, para las más grandes.

Una medición subjetiva de la dureza de las avalanchas de placa, puede ser efectuada por un esquiador. En una placa dura, los esquíes dejan una línea débil, no penetrando la placa. Si la placa es blanda, la huella será marcadamente visible.

2.4. VELOCIDAD DE LAS AVALANCHAS.

Es poca la información que se tiene en cuanto a la velocidad de las avalanchas, pero existen mediciones. En avalanchas de gran magnitud o del tipo catastrófico no existe registro, siendo los informes de testigos muy divergentes entre sí. Para avalanchas producidas en sendas con pendientes de 38° a 40°, las velocidades medias se presentan en la siguiente tabla. Más adelante se muestra una tabla de las presiones de impacto.

Figura 2.4. Velocidades de avalanchas según tipo.

TIPO DE AVALANCHA	VELOCIDAD (m/s)
De flujo húmeda	12 a 30
De flujo seca	30 a 60
De nieve polvo	50 a 115

Fuente. Silva, Siña, 1988.

Figura 2.5. Presiones de impacto según tipo de avalanchas.

TIPO DE AVALANCHA	PRESION DE IMPACTO (Kg/m2)
De flujo húmeda	5.872 a 55.046
De flujo seca	18.349 a 183.486
De nieve polvo	510 a 40.444

Fuente. Silva, Siña, 1988.

2.5. CLASIFICACIÓN DE LAS AVALANCHAS.

A través del tiempo se han realizado numerosas clasificaciones de las avalanchas. Se puede decir que los europeos son los que llevan mayor trayectoria en la concreción de

clasificaciones de avalanchas. Estas mismas clasificaciones Suizas han sido reestudiadas, pero todavía no son de la aprobación internacional. En Estados Unidos, el servicio forestal, realizó modificaciones a la clasificación Suiza, acompañándola de notas descriptivas. Pero la más completa es la de Losev (Unión Soviética).

Las avalanchas han sido clasificadas según tres criterios.

2.5.1. Según la magnitud del daño.

Es una clasificación subjetiva, ya que se realiza sobre la base de la estimación que realiza un observador de los riesgos que amenazan las vidas y las propiedades. Esta clasificación nace en Estados Unidos. El tamaño de la avalancha será:

- **Grandes o mayores.** Altamente peligrosas para seres humanos y propiedades. Una persona atrapada sería muerta o seriamente lesionada. Estos deslizamientos destruyen árboles, obras estructurales, etc.
- **Medias.** Peligroso para seres humanos, pero no es probable que cause daños a propiedades.
- **Pequeñas.** Sin peligro para seres humanos y propiedades.

2.5.2. Según energía disipada.

Se dice que la magnitud de una avalancha se define por la energía disipada por la masa de nieve. Shoda intentó establecer una escala numérica de magnitud basada en la energía potencial disipada por la avalancha. Dice que la energía total disipada es la sumatoria de todas las partículas del peso de la nieve multiplicada por su deslizamiento vertical. Clasificó la magnitud de una avalancha en una escala que va desde 2 a 10.

$$\text{Log}(m' * g * H) \approx 1 + \text{Log}(m') + \text{Log}(H_0)$$

Donde:

m' = masa total de la avalancha en ton.

H_0 = altura de caída en metros.

g = aceleración de gravedad.

Figura 2.6. Escala de magnitud de avalancha, Según Shoda.

Altura de caída	Masa total de la avalancha m^3 (ton)			
vertical H(m)	1	10^2	10^4	10^6
10	2	4	6	8
10^2	3	5	7	9
10^3	4	6	8	10

Fuente. Márquez, Pedrero,1985.

2.5.3. Clasificación morfológica y genética de avalanchas.

Estas clasificaciones están basadas en el tipo de nieve involucrada y el tipo de movimiento que prevalece durante el descenso de la avalancha, aunque no se ha comprobado si es totalmente adecuada. El diagrama usado corrientemente en Suiza fue confeccionado en 1955 por De Quervain y Haefeli(figura 2.7.), el cual incluye consideraciones del tipo de ruptura que inicia la avalancha, posición de la superficie de deslizamiento y forma de la senda de la avalancha, tipo de nieve y forma del movimiento. Esta clasificación sería mas tarde modificada, (figura 2.9.)

El esquema propuesto por Estados Unidos(figura 2.8.), por el Servicio Forestal es una modificación de la clasificación Suiza. Ellos hacen la distinción entre avalanchas de acción directa, que ocurren durante o inmediatamente después de la tormenta y acción retardada a la de clímax, que ocurren en la culminación de una construcción lenta o metamorfismo gradual de la nieve. Siendo esta la antecesora de una clasificación genética, dado que las avalanchas de acción directa son consecuencia de la situación meteorológica, mientras que la de acción retardada es respuesta a los cambios de la cubierta de la nieve.





Losev(Unión Soviética), creó un esquema de clasificación muy completo, el cual también será presentado en esta tesis. Véase la figura 2.10.

Figura 2.7. Sistema Suizo de clasificación de avalanchas, realizado por De Quervain y Haefeli, 1955.

CRITERIO	ALTERNATIVAS, CARACTERISTICAS Y DENOMINACIONES		
a) Tipo de ruptura	<u>Empezando de una línea</u> Avalancha de placa	<u>Empezando de un punto</u> Avalancha de nieve suelta	
b) Posición de la superficie de deslizamiento	<u>Sobre el suelo dentro del manto de nieve</u> Avalancha de capa superficial.	<u>Sobre el suelo</u> Avalancha de fondo	
c) Estado de Humedad.	<u>Nieve seca</u> Avalancha de nieve seca	<u>Nieve húmeda</u> Avalancha de nieve húmeda	
d) Forma de la Senda	<u>Senda abierta y pareja</u> Avalancha no confinada	<u>Senda canalizada</u> Avalancha confinada o canalizada	
e) Forma del movimiento	<u>Torbellino a través del aire</u> Avalancha en suspensión	<u>Fluyendo a lo largo del suelo</u> Avalancha de flujo	

Fuente. Martinells, M. JR., 1975.

Figura 2.8. Sistema clasificación avalanchas por Servicio Forestal de Estados Unidos.

CRITERIO	ALTERNATIVAS, CARACTERISTICAS Y DENOMINACIONES	
A) Tipo de fractura	Empezando de una linea  Avalancha de placa	Empezando desde un punto  Avalancha de nieve suelta
B) Posicion de la superficie de deslizamiento	Sobre el suelo  Avalancha de profundidad	Dentro del manto nivoso  Avalancha de superficie
C) Estado de humedad	Nieve seca Avalancha de nieve seca	Nieve Humeda Avalancha de nieve humeda
D) Forma de la senda	Senda abierta y pareja  Avalancha no confinada	Senda confinada  Avalancha confinada
E) Forma del movimiento	A traves del aire  Avalancha en suspension	Flujo sobre el suelo  Avalancha de flujo

Fuente. Martinells, M. JR., 1975.

Figura 2.9. Modificación al sistema de clasificación Suiza de avalanchas.

CRITERIO	ALTERNATIVAS, CARACTERISTICAS Y DENOMINACIONES	
a) Tipo de ruptura	<u>Empezando desde una línea</u> Avalancha de placa * placa suelta y * placa dura	<u>empezando desde un punto</u> Avalancha de nieve suelta
b) Posición de la superficie de deslizamiento	<u>Dentro del manto de nieve</u> Avalancha de capa superficial: *fractura *fractura nieve nueva nieve vieja	<u>Sobre el suelo</u> Avalancha que toma todo el manto de nieve
c) Estado de humedad	<u>Nieve seca</u> Avalancha de nieve seca	<u>Nieve húmeda</u> Avalancha de nieve húmeda
d) Forma de la senda	<u>Senda abierta y pareja</u> Avalancha no confinada	<u>Senda confinada</u> Avalancha confinada
e) Forma del movimiento	<u>En remolino de aire</u> Avalancha de nieve polvo en suspensión	<u>Fluyendo a lo largo del suelo:</u> Deslizándose Flujo avalancha avalancha deslizante de flujo
f) *Factor de desprendimiento	<u>Mecanismo de ruptura interna</u> * Avalancha espontanea	<u>Iniciador externo</u> * Avalancha iniciada: natural artificial
g) Características adicionales importantes de una avalancha son:		
- Dimensiones(\$), volúmenes de la masa de nieve disgregada, profundidad del depósito		
- Altitud, exposición y pendiente del área de una avalancha		
- Calidad de la capa de deslizamiento		
- tiempo del descenso, velocidad del movimiento.		
(\$) Discriminación: <u>Avalancha</u> : se considera avalancha si la nieve recorre mas de 50(m) de senda		
<u>Deslizamiento</u> : se denomina deslizamiento si la nieve recorre menos de 50 (m) de senda.		
h) Los factores genéticos mas importantes de una formación de avalancha son:		
- Caída de nieve (cantidad e intensidad)		
- Viento (sentido y magnitud)		
- Variación de temperatura (calor convectivo y radiación)		
- Estratificación del depósito de nieve vieja		

Fuente. Martinells, M. JR., 1975.

Figura 2.10. Sistema de clasificación propuesto por Losev.

CLASES DE AVALANCHAS	TIPOS DE AVALANCHAS	ESTACION EN QUE OCURRIO	TIPO DE NIEVE EN
		LA AVALANCHA	LA CAIDA DE LA AVALANCHA
1) Avalancha ocurriendo directamente debido a factores metereologicos	1.1 Avalanchas relacionadas con la caída de nieve	Otoño, invierno y primavera	Húmeda, seca floculenta, finamente granulosa
	1.2 Avalanchas relacionadas	Otoño, invierno	Seca, floculenta y

	con la acumulación de viento		granulosa
	1.3 Avalancha producida por una baja notoria de la temperatura acuosferica	Invierno	Seca
2) Avalancha ocurriendo directamente debido a factores metereologicos y procesos ocurridos durante el derretimiento	2.1 Avalanchas relacionadas con fusión por radiación	Invierno, principio de Primavera	Húmeda floculenta granulosa
	2.2 Avalanchas relacionadas con calentamiento de primavera	Primavera	Húmeda y granulosa
	2.3 Avalanchas relacionadas con caídas de precipitación liquida en el manto de nieve	Primavera	Húmeda y granulosa
	2.4 Avalanchas relacionadas con fusión	Otoño, Invierno, principio de primavera	Húmeda, granulosa y floculenta
3) Avalancha ocurriendo directamente debido a procesos que ocurren dentro del manto de nieve	3.1 Avalancha ocurriendo como resultado de la cristalización de la nieve con formación de escarcha de profundidad	Invierno	Seca, floculenta
	3.2 Avalancha ocurriendo como resultado del debilitamiento de la nieve bajo la prolongada acción de la tensión	Invierno, primavera	Seca, Húmeda floculenta y granulosa
4) Avalancha ocurriendo debido a varios fenómenos al azar		Otoño, invierno y primavera	Todos los tipos de nieve

Fuente. Márquez, Pedrero, 1985.

3. DESLIZAMIENTOS DE TALUDES.

3.1. INTRODUCCION.

Dada la configuración geográfica de nuestro país, formada por la Cordillera de los Andes, la Cordillera de la Costa, los valles, planicies, etc. dejando en claro el evidente desnivel topográfico existente, sumada la diversidad climática, hace que el relieve de nuestro territorio esté en constante evolución. Los deslizamientos de taludes se hacen perceptibles cuando comprometen gran cantidad de material y en un período corto de tiempo. Estos movimientos son los que afectan a obras realizadas por el hombre y a quienes hacen uso de éstas.

En esta investigación no se tratará con profundidad este tema, ya que está orientada al despeje de nieve, avalanchas y deslizamientos de nieve, desarrollando la respectiva metodología de operación. En este sentido, los deslizamientos de nieve y las avalanchas muchas veces arrastran rocas y material pétreo de las laderas de los cerros, así como la vegetación existente. También se producen pequeños deslizamientos y corrimientos locales de material pétreo, interfiriendo la funcionalidad de las cunetas y produciendo daños en la carpeta de rodado de la ruta, transformándose en un riesgo de accidentes para los usuarios de la Ruta 60-CH.

Con respecto a los deslizamientos de taludes se han hecho estudios en nuestro país, realizando recopilaciones histórico- estadísticas, así como investigaciones para la zonificación de estos movimientos, basándose en información de prensa e instituciones fiscales, etc.

Por consiguiente, se presentará a continuación una clasificación de los movimientos obtenida de una tesis confeccionada por alumnos de la Universidad Católica de Valparaíso. Ver “Estudio y zonificación de los movimientos gravitacionales de los terrenos naturales de la V Región”, Arriagada, F.; Parada, C., 1984.

3.2. TIPOS DE MOVIMENTOS.

3.2.1. Métodos de clasificación.

Al igual que en las avalanchas, en la generación de estos fenómenos, se conjugan diferentes factores, que han interactuado durante un período de tiempo prolongado. Estos factores generalmente son la erosión de los taludes por agentes atmosféricos, características geológicas, factores geomorfológicos, sismicidad, intervención humana, etc.

A este respecto se han desarrollado muchas clasificaciones, cada una de las cuales agrupa los diferentes tipos de movimientos, basándose en una propiedad determinada. A continuación, se entrega una clasificación realizada por especialistas norteamericanos de la comisión de investigación de corrimientos, la cual es adaptable a nuestra realidad y que ha sido bastante utilizada.

Esta clasificación se subdivide en 5 grandes grupos de acuerdo con las características del movimiento producido.

3.2.2. Movimiento de suelos que caen.

En el primer grupo, que incluye las caídas libres de materiales, se pueden considerar.

- **Desprendimientos por caídas de bloques** al separarse un bloque respecto de la masa rocosa por efecto del agua o hielo actuando en las grietas o diaclasas.
- **Desprendimientos por deslizamientos en cabeza** al desplazarse masas rocosas de la parte alta del acantilado según planos de estratificación.
- **Derrumbamiento con basculamiento** producido a su vez por las capas blandas subyacentes.
- **Colapsamiento de zonas voladas** cuando desaparecen por erosión las capas subyacentes en las que se apoyaban, anteriormente dichas zonas.
- **Desmoronamientos** al producirse la caída de trozos pequeños meteorizados que se acumulan al pie del talud o acantilado.

Figura 3.1. Vista de desplazamiento de suelos que caen en sector de Vizcachas en Ruta 60-CH.



3.2.3. Desplazamiento de suelos en bloques.

Los suelos se desplazan en bloques, quedando separados del resto del terreno, por superficies de deslizamiento visibles y deducibles. Se subdividen en dos grupos según los bloques que se desplazan, pudiendo ser ambos movimientos planos, traslacionales, rotacionales, en escalera, etc. Según sea la forma de la superficie.

- **Deslizamientos:** Los bloques son grandes respecto al desplazamiento de los mismos, se conserva la denominación de deslizamiento para movimientos rápidos y se llama desplazamiento a los lentos.
- **Corrimientos.** Los bloques muy deformados son pequeños respecto al deslizamiento de los mismos. El movimiento está condicionado por superficies tales como fallas, juntas, lechos de estratificación y capas intercaladas más débiles.

Figura 3.2. Vista de deslizamientos en sector de Chacayes.



3.2.4. Suelos que fluyen del estado seco a saturado. En este grupo se incluyen desde corrimientos en chorro de materiales secos hasta flujos saturados de materiales muy plásticos. Las distancias recorridas por el flujo suelen ser mayores que las dimensiones ocupadas inicialmente por los materiales aportados.

- Irrupciones. Son corrientes muy rápidas de piedra que tienen su origen en un corrimiento de rocas.
- Golpes o derrames. Vaciado rápido en forma de embudo y en seco, producidos en suelos finos incoherentes por una escotadura abierta en una capa coherente subyacente.
- Flujos de detritos. Corriente de materiales menudos vacíos que fluyen con contenido de humedad variable según la pendiente.
- Mantos de fango. Capas de arcilla muy plastificadas que fluyen en forma de glaciar sobre terrenos más duros, y que en general, están alimentadas en cabeza por un corrimiento rotacional.

- Corrimientos de barro o torrentera. Encauzamiento de agua y barro líquido que se comportan como un torrente con velocidad reducida.
- Solifluxiones. Flujos superficiales en las zonas periglaciares como consecuencia del incremento del contenido en agua líquida durante época de deshielo.

Figura 3.3. Vista de rocas en estado de fracturación en sector de Los Azules.



3.2.5. Formas complejas de movimiento con masa variable.

Estos movimientos complejos son resultado de la superposición de varios de los grupos segundo y/o tercero. Entre ellos se incluyen los corrimientos progresivos escalonados de hundimientos originados por desplazamientos traslacionales previos a la parte baja del talud, etc.

Figura 3.4. Vista de un tipo de solución empleado en la ruta, muro hormigón armado siguiendo la formaron del terreno.



3.2.6. Suelos de fluencia viscoelástica sin superficie de rotura.

En este último grupo se incluyen las deformaciones de los taludes, que algunas veces afectan al perfil geométrico, tales como las panzas, bombeos, etc., que pueden indicar una proximidad del equilibrio estricto. Otras veces no aparecen deformaciones del perfil, pero se infieren por los testigos vegetales, fenómenos de deformación superficial denominados reptación.

Figura 3.5. Vista de otro tipo de solución, Malla de alambre con pernos de anclaje en roca.



4. CARACTERIZACION DE LA RUTA.

La ruta 60-CH, también denominada Carretera General San Martín, es la ruta más importante que une la zona central chilena, con sus ciudades más pobladas, Santiago y Valparaíso, con Mendoza, la ciudad más grande de la región andina argentina y que posee las mejores vías de comunicación con la Capital Federal Buenos Aires. En el lado chileno, conecta las ciudades de Viña del Mar, Quillota, San Felipe, Los Andes.

Esta ruta enlaza a nuestro país con el sur de Brasil, Paraguay, Uruguay y Argentina, potenciando el intercambio económico rodoviario con estos países. Además de unir a estos países con nuestros puertos que le dan el paso hacia el Pacífico; es una ruta para el tránsito hacia los balnearios costeros de la zona central de nuestro país. Sin embargo en el periodo invernal, con las fuertes nevadas y las tormentas de viento, la ruta se hace intransitable, debiendo cerrar por períodos de varios días. Este cierre dependerá de la intensidad, magnitud y duración de la nevada, así como de la generación de deslizamientos de nieve y avalanchas, que corten la ruta depositando sobre la calzada cientos, hasta miles de metros cúbicos de nieve, que muchas veces arrastran consigo material pétreo y vegetación existente en la zona afectada.

Ahora bien, debido al trazado de la ruta, el viento al momento de la nevada y de las variables antes mencionadas, se depositará la nieve de distinta manera sobre la calzada. Por todo lo anterior, se ha visto la necesidad de abordar esta caracterización como una diferenciación de sectores de caída de nieve, a partir de Guardia Vieja hasta el límite en el túnel Cristo Redentor. Esta sectorización también contempla la caída de nieve por avalancha o deslizamientos de éstas, así como la depositación por efecto del viento. También se dejará sectorizado los lugares de mayor frecuencia de avalanchas. Esta sectorización de la ruta, revelará a cualquier persona que aborde esta tesis, como es la distribución de la nieve sobre la calzada en las zonas más afectadas por las nevadas en invierno. También, podrá ubicarse sin mayores dificultades, las áreas del trazado que se ven interceptadas por las avalanchas, apoyadas en las fotografías aéreas entregadas.

Esta zonificación, tiene por objetivo, permitir en un capítulo posterior, determinar la maquinaria adecuada para la remoción de nieve en cada sector en particular, así como la metodología adecuada de despeje.

4.1. DESCRIPCION DE LA RUTA.

La ruta 60-CH comienza en la Plaza Victoria de Valparaíso(kilometraje 0,00), pasando por Viña del Mar, Quillota, San Felipe, Los Andes, para llegar al límite internacional, en el sector de Caracoles, totalizando un kilometraje de 205,70 Km. de distancia.

La ruta 60-CH fue puesta en servicio en el verano de 1970, iniciando los estudios acerca de la factibilidad en diciembre de 1964. Algunas de las especificaciones generales en el estudio del trazado son radio mínimo de curvatura, 100 m, gradientes máximos 8% y normales 6%, ancho de plataforma en terraplenes, 10 m, ancho de plataforma en cortes, 12 m, ancho de carpeta de rodado, 7 m. El tramo Juncal-Portillo en éste sector tiene un desnivel de 580 m. El camino en ésta parte está trazado en continuo zig-zag, que sube de frente de la ladera con 30 curvas de radios reducidos. La ruta está construida en pavimento de hormigón de cemento Portland de 18 cm de espesor y 250 Kg/cm² de resistencia a la compresión, éste tiene aire incorporado, para contrarrestar los efectos del hielo. La sub-base está formada por terreno natural, tamaño máximo de 150 mm en 50 cm de espesor. Base estabilizada hidráulica de 15 cm de espesor.

El interés en el área de estudio, motivo de la presente memoria, está focalizada en el tramo de la ruta comprendido en el sector delimitado por el Puente Las Vizcachas, kilometro 151,30, hasta el límite con Argentina en el Túnel Cristo Redentor,(cuya longitud es 3080 m, de los cuales 1562 m corresponden al lado chileno), en el kilometro 205,70.

El año de desarrollo de esta tesis, 1999, la empresa de Ing. En construcción NEUT LATOUR Ltda, constructora Inela, realizó la reposición el pavimento de la ruta entre el sector de Guardia Vieja y Juncal, entre los kilómetros 177,60 y 190,50 respectivamente. El pavimento es de hormigón H-25, con malla, con 25 cm de espesor y una base granular de 40 cm, sumando 12 Km aprox. El año anterior, se colocó una carpeta sobre la existente, en pavimento asfáltico en el sector de Juncal hasta el puente de ferrocarriles

de Portillo, en el kilómetro 199,80. La empresa encargada de dicha obra fue Figueroa Vial Ltda. Consta de un sellado de grietas del pavimento, para posteriormente colocar 2 capas de concreto asfáltico, la primera en 6 cm de espesor en mezcla de graduación abierta(open grade) y la segunda en 4 cm de espesor y 6 cm en algunas curvas. El resto del trazado es pavimento de hormigón que aún se encuentra en condiciones de ser usado.

Figura 4.1. Vista de la Ruta 60-CH, sector Salto Del Soldado.



El principal problema que presenta la Ruta 60-CH, es la pendiente, la cual sube 2.500 metros en tan solo 67 kilómetros de extensión. El área más conflictiva es el tramo de Juncal hasta Caracoles, donde se encuentra la zona de curvas, subiendo 935 metros en solo 16 kilómetros de recorrido. En este tramo es donde se presentan las avalanchas más importantes. Estas provocan obstrucciones de la ruta, entorpeciendo el tránsito, roturas del pavimento y roturas de las bermas, al estar contaminadas con rocas de tamaño variable.

Desde la zona de Guardia Vieja (kilómetro 177,6; cota 1610 m.s.n.m.), hasta el túnel Caracoles (kilómetro 205,7; cota 3185 m.s.n.m.) se construyeron 5 cobertizos de hormigón armado, para proteger, la vía y a los usuarios, de las avalanchas de nieve. De los cinco, tres se encuentran entre Guardia Vieja y Juncal. Los otros dos se encuentran entre Juncalillo y Portillo en el kilómetro 197,50 aproximadamente, separados solamente por una curva. Este tramo es afectado por las avalanchas denominadas Jack y

El Japonés. Estas pasan sobre los cobertizos, en algunos casos llegan incluso a cubrir los accesos a éstos. Estos cobertizos tienen longitudes diferentes, las que han ido variando con el tiempo debido a la envergadura de los deslizamientos y avalanchas que se van produciendo año en año.

En la zona donde comienza el camino de montaña, desde el puente Las Vizcachas, kilómetro 151,3; el trazado pasa a través de cortes en los cerros produciendo riesgos de deslizamientos de material pétreo, rocas o flujos de barro como se produjo al término del invierno de 1999 debido a las lluvias producidas al final de la estación, que saturando los terrenos de falda con agua, generaron destrucciones de la vía.

En el sector de Juncal hasta Portillo, donde se colocó una carpeta de asfalto sobre la existente, no hay una berma bien determinada, lo cual dificulta la evacuación de agua producto de los deshielos y de las lluvias, atravesando muchas veces el ancho de la carpeta. El hecho de que no existan bermas en un 30% del trazado, se debe a que el sector especificado es el sector de curvas de la Ruta 60-CH, que no posee la sección suficiente para contener la carpeta de rodado, la berma y cuneta.

4.1.1. Efectos climáticos sobre la ruta.

El tránsito vehicular se mantiene generalmente expedito hasta el sector de Guardia Vieja durante todo el año. El resto del trazado hasta el túnel Caracoles, tiene períodos de interrupciones frecuentes durante los meses de Junio a Septiembre, dependiendo de la nieve caída y de la formación de hielo sobre la carpeta, las avalanchas producidas, aluviones o la interrupción de la vía por las crecidas de caudales. Estos últimos se presentan generalmente durante los meses de Diciembre a Enero, en casi todo su trazado, ya que los deshielos transportan gran cantidad de rocas, que obstruyen o destruyen las alcantarillas y erosionan la sub-base. En el invierno de 1999, se realizaron trabajos de defensas fluviales para proteger el borde del camino con enrocados ante eventuales deshielos y crecidas del río en el sector de Río Blanco y la planta Los Kilos.

4.1.2. Avalanchas identificadas.

Como ya se ha mencionado en diferentes oportunidades, las avalanchas e incluso los deslizamientos de nieve pueden ser fatales para el ser humano y para las estructuras edificadas por él. Debido al constante peligro en invierno de este tipo de fenómeno, es que se hace necesario ser poseedor de la información sobre la ubicación, frecuencia o severidad de la actividad de avalanchas y registros de precipitación. Estos deben ser considerados siempre que se contemplen nuevos espacios para la construcción de carreteras, instalaciones mineras, centros deportivos invernales o urbanizaciones en la zona de montaña; así como para una adecuada operación de la ruta. Lamentablemente contar con esta información es muchas veces difícil, debido a la falta de estaciones meteorológicas de montaña o de registros nivometeorológicos, lo que imposibilita obtener datos confiables.

Por lo tanto, la mejor alternativa, es conocer la información disponible en el lugar, como por ejemplo los registros verbales de los residentes del lugar, los operarios de Vialidad del Camino Internacional, registros obtenidos de la prensa local sobre accidentes respecto al tema y ocurrencia de los fenómenos para formarse una idea.

En esta tesis, nos hemos centrado en la experiencia de los operarios de mayor antigüedad en la Unidad Camino Internacional, quienes han podido a través del tiempo, conocer las dimensiones y frecuencias de las avalanchas, así como enfrentar dichos fenómenos. Se ha utilizado la información propia obtenida de examinar las áreas de interés y obtener un registro fotográfico, etc. Todo esto, bajo la tutela de los expertos acerca del tema de División Andina de Codelco Chile. Más adelante, se presenta la tabla 4.1. de avalanchas y desplazamientos de nieve más frecuentes en los últimos 20 años y los más recientes, al igual que los producidos en el invierno de 1999.

De las entrevistas y algunos croquis confeccionados por personal de Vialidad Camino Internacional, y lo observado en el invierno de 1999, en la ruta con respecto a avalanchas, deslizamientos de terreno y nieve, se tienen identificadas unas 23 sendas aproximadamente. En 1999, cayeron algunos de ellos. La magnitud y frecuencia de estas avalanchas dependerá del tipo de nieve caída, de la acumulación de nieve caída y cantidad de capas, de las temperaturas predominantes y del metamorfismo de la nieve misma, así como de los factores topográficos. Tales son, la pendiente, forma del terreno,

vegetación existente, etc. Todos estos factores fueron tratados en el segundo capítulo de esta tesis.

Es necesario aclarar, que las dimensiones de estas avalanchas identificadas no siempre serán las especificadas en esta tabla.

Figura 4.2. Vista del depósito de nieve de una avalancha en la ruta.



4.2. DESCRIPCION GEOLOGICA DE LA ZONA ESTUDIADA.

En este subcapítulo nos referiremos a un extracto, que será resumido en su contenido más relevante para esta memoria. Según A. Hauser, 1987. Las rocas de la ruta corresponden a bancos alternantes de brechas aglomerádicas y lavas andesíticas y andesito-basálticas con potencias individuales de 3 a 5 m. Englobado en la formación abanico, dispuesta con rumbo 35°-40° O e inclinaciones de 15°-20° O.

Las brechas o fracciones volcanoclásticas presentan menor resistencia a la acción intemperizante superficial, respecto de las volcánicas o andesitas; comportamiento similar en cuanto a fracturamiento: las fracciones volcanoclásticas se observan recorridas por densos sistemas de fracturas, de acuerdo con actitudes muy heterogéneas. Esto se traduce en acciones erosivas diferenciales que incluyen el desarrollo tanto de morfologías abarrancadas como extensos mantos de escombreras de laderas de cerros.

En el segmento de flanco de valle que interesa, las rocas de la formación abanico se observan enmantadas por una potente cobertura de escombrera de ladera de cerro. Están

integradas por material fragmentario (trozos de rocas de diversos tamaños, forma y composición) liberados por acción gravitacional a partir de sectores rocosos que conforman la parte alta del relieve local en torno al eje de incipientes quebradas, con escurrimiento efímero. Los materiales incorporan estructuras propias de sedimentación por efectos de agua.

Los clastos, normalmente, presentan contornos subangulosos propios de un precario transporte; Hacia el pie de las laderas tienden a concentrarse las fracciones de menor tamaño. Los clastos se observan inmersos en una abundante matriz fina constituida por una mezcla de arenas, limos y arcillas; éstas se hacen abundantes en las porciones basales de los depósitos de escombreras (en cortes del camino). Poseen tonalidades ocre, alta resistencia seca, muy plásticas con suficiente contenido de humedad. Son sensibles al agua, y en ocasiones bastante expansivas; situación que desarrolla flujos en condiciones favorables de saturación, o sea, precipitaciones intensas en zonas desconfinadas, con cierta pendiente.

4.3. ZONIFICACION DEL TRAZADO.

La zonificación del trazado, se refiere a una diferenciación en los sectores del camino en función a la cantidad de nieve caída y la forma en que ésta cae sobre la calzada. Para una mayor simplicidad, dividiremos la nieve caída en dos términos: Simple Acumulación de Nieve Caída y Caída de Nieve por Avalanchas. La división hecha, será a su vez subdividida para determinar cada sector específico sobre la ruta. Esto nos permitirá una vez confeccionada esta diferenciación de sectores, implementar un método de despeje para cada uno de ellos, con la maquinaria y personal adecuada en forma eficiente en un capítulo posterior.

Tabla 4.1. Sendas identificadas de avalanchas en Ruta 60-CH.

SENDAS DE AVALANCHAS RUTA 60-CH. SECTOR MONTAÑA				
N°	Nombre	Tipo de material	Km.	Largo cubierto(m)
1		nieve y rocas	83,2	100
2	Rodado del 180	nieve	83,8	100
3	Cobertizo n°1(Lo Peralillo)	nieve y rocas	86,2	300
4	Cobertizo n°2	nieve y rocas	87,6	200
5	Cobertizo n°3(Piedra Rajada)	nieve y rocas	90,4	200
6	Rodado de Tapia	nieve	91,4	100
7	Puntilla del Viento	nieve	93,6	100
8	Curvas 6,8 y 10(nueva)	nieve		50
9	Juncalillo 3	nieve	99	400
10	Juncalillo 2	nieve	99,6	100
11	Juncalillo 1	nieve	99,9	150
12	Japones	nieve	102	50
13	El Jack	nieve	102,4	50
14	El Indio	nieve	107,4	400
15	La Calavera	nieve	108,3	300
16	El Mecha	nieve	108,8	300
17	El Bermejo	nieve	109,3	100
18	Tunel 27	nieve	109,5	200
19	Tunel 28	nieve	109,7	300
20	La Cuchilla	nieve	110	300
21	La Escalera	nieve		300
22	Santa Elena	nieve		300
23	El Cristo	nieve		200

Debe enfatizarse en este punto, que el problema de la formación de hielo sobre la ruta será descrito en otro capítulo, ya que éste puede ser abordado de una manera diferente y en forma adecuada con otros métodos, los cuales nada tiene que ver con el uso de la maquinaria utilizada en la remoción de nieve caída.

Otro punto necesario de aclarar, es el de los cobertizos, los cuales no son soluciones mixtas para el problema de avalanchas y de desprendimiento de material pétreo y rocas. Estos fueron diseñados para soportar los esfuerzos producidos por impactos de avalanchas de nieve, no para resistir solicitaciones por impactos de rocas, los cuales, han deteriorado los cobertizos, en sus vigas y techos, así como en los accesos a éstos y la calzada. Ellos se han visto sobrepasados en su función, por las avalanchas contaminadas con grandes rocas. La situación anterior, aumenta el riesgo de daño a las estructuras, a raíz de la acción de salar la carpeta de rodado de los cobertizos. Estos, seriamente agrietados, pueden verse afectados por corrosión en las armaduras de la estructura interna de dichos cobertizos.

Para hacer más simple esta diferenciación, identificaremos con una letra cada sector. Esto nos permitirá bosquejar una clasificación en un posterior plano de la ruta, el cual

podrá ser utilizado para tener una visión global de la situación de la ruta. Casos como, nevadas y eventuales avalanchas, deslizamientos de material pétreo, accidentes en la ruta, formación de hielo, etc. En él, el administrador de la ruta podrá posicionar sus recursos de una manera adecuada sobre ésta, optimizándolos frente a estos eventos. Ya sea, antes de presentarse el fenómeno, durante y después de éste. Sirve además como una forma de autocontrol y de ubicación del personal distribuido en la ruta, para la seguridad de los mismos en caso de que alguno se vea atrapado por una avalancha y pueda ser convenientemente rescatado, aumentando las posibilidades de ser evacuado con vida.

4.3.1. Zona A(Simple acumulación de nieve caída).

Esta zona es aquella en que la nieve caída simplemente se acumula. Esta no está afectada a deslizamientos de nieve, material pétreo o avalanchas sobre la calzada del camino, etc. Esta deja fuera toda el área comprendida por los cobertizos.

Esta zona a su vez la podemos subdividir en 2 zonas más, para simplificar la manera en que será atacada posteriormente con la maquinaria, o sea, la forma de remoción de ésta. Luego tenemos;

- **Zona A1.** O *zona para despeje simple*, refiriéndonos con esto a la zona más recta del trazado del camino, dejando de lado la zona de curvas. Esta zona es la que tiene botada más cerca de la calzada, a un borde del camino por el terraplén.

- **Zona A2.** O *zona de curvas sucesivas* donde el despeje de la nieve ya no es tan simple debido a que al arrojar la nieve ladera abajo del terraplén, esta cae sobre la calzada de la curva sucesiva inferior.

4.3.2. Zona B(Acumulación por Avalanchas).

Esta zona es la que se ve enfrentada a los deslizamientos de nieve y las avalanchas. Serán aquellas áreas donde coincida con las sendas de avalanchas mencionadas en el punto 4.3. que interceptan el trazado de la ruta.

También podemos subdividir estas áreas en zonas más específicas, en función de la nevada sobre la ruta. Esta subdivisión aunque es similar a la anterior, se deberá abordar en una forma diferente en cuanto a maquinaria y metodología de trabajo . De lo mencionado anteriormente tenemos la siguiente clasificación que se propone a continuación:

- **Zona B1.** O *zona de despeje simple*, refiriéndonos en este punto a las zonas en que el trazado acepta una botada de nieve en el lugar mismo, con la maquinaria adecuada para tal tarea. Esta abarca las zonas de mayor facilidad de despeje.

- **Zona B2.** O *zona de curvas sucesivas*, donde el despeje de la nieve debe adoptar una metodología adecuada a la situación, ya que no hay un despeje inmediato, debido al insuficiente espacio lateral, el cual impide arrojar la nieve acumulada talud abajo, porque el trazado escogido dispuso las curvas en un zigzag ascendente. Por lo tanto, la nieve deberá ser trasladada hasta un lugar donde no estorbe el trabajo de las maquinas, ni interrumpa el tránsito.

Figura 4.3. Vista de avalancha generada en este invierno en la curva 6, sector de Juncal. La avalancha cubrió mas de una curva generando en algunos casos alturas de nieve sobre los 15 metros de altura.



Figura 4.4. Vista lateral de avalancha que provocó atascamiento de vehículos, sector de Juncal, Puntilla del Viento. La nieve depositada producto de la avalancha queda muy comprimida.



- **Zona B3.** O *zona de caída a ambos lados del camino*. Esta subdivisión corresponde a aquellas zonas donde las sendas de avalanchas caen por lado y lado de la ruta, imposibilitando la botada lateral, debiendo utilizar una metodología de despeje diferente de las dos anteriores para la entrega de la ruta al usuario. Sin adelantarnos demasiado, podemos agregar que el despeje de nieve producto de la avalancha, obligara a quien este a cargo de la ruta a determinar el sector mas adecuado para mover la cantidad de nieve necesaria hasta la botada mas próxima y segura.

Posteriormente, en el anexo A de esta memoria se adjuntarán unas aerofotogrametrias de la ruta con la zonificación realizada en este capítulo para un mejor entendimiento. La zonificación será distinguida por medio de diferentes colores que determinarán una zona u otra.

Figura 4.5. Vista de bulldozer oruga trabajando montado sobre la avalancha producida en la curva 6.



5. METODOLOGIA DE DESPEJE DE NIEVE.

Gracias al avance y la tecnología de las comunicaciones, hoy en día estamos al tanto de lo que sucede en Chile y en el exterior en cosa de minutos. Por esto la prensa, debido a la importancia estratégica de la Ruta 60-CH para la economía del país, ha mantenido en los últimos años y con mayor constancia un interés acerca de cada acontecimiento que sucede en la ruta, como los días de cierre del camino, accidentes en la ruta, avalanchas producidas, etc. Esto repercute directamente en la imagen de Vialidad, disminuyéndola ante la opinión pública.

Además, puedo dar una opinión con propiedad acerca del trabajo realizado por esta institución pública, debido a que permanecí todo el periodo invernal en sus instalaciones, observando las tareas realizadas. Debo decir que el trabajo se ha realizado, logrando el fin, que es abrir al tránsito de vehículos. Pero este trabajo puede ser mejorado instaurando una metodología de trabajo. Entendiendo esta metodología como una definición de las situaciones ocurridas y la consecuente acción a determinar para dar una solución eficiente y definitiva para acortar los tiempos empleados en el despeje de la calzada. Ahora, para que esta metodología de operación sea eficiente y exitosa deberá actuar interrelacionada con otros aspectos relevantes como la cantidad adecuada de refugios, apoyo logístico necesario, personal capacitado y en número suficiente.

Para lograr una utilización adecuada y eficiente de la maquinaria asignada a las operaciones de mantención y despeje de la ruta 60-CH, se deberá contar con una planta de personal totalmente calificada y sistemáticamente capacitado en la operación del equipamiento disponible. El alto costo, la sofisticada y avanzada tecnología del parque de equipos actualmente en uso así lo amerita. La experiencia del último invierno y la observación constructivamente crítica de las operaciones invernales, hacen inferir la necesidad imperiosa de la implantación de un plan intensivo de capacitación de personal con un nivel educacional adecuado al conocimiento de tecnologías modernas con que están dotados equipos tales como barrenieves y snowcat cuyo alto costo así lo justifica y demanda. Debe hacerse notar que el 90% del personal de Vialidad destinado a la ruta 60-CH, está constituido por gente joven sin experiencia en maquinaria especializada en

trabajos de despeje de nieve lo que redundará en bajos rendimientos, daños a los equipos y riesgos adicionales por nieve y hielo. No siempre, por otra parte, de acuerdo a nuestra observación, la experiencia de las personas asignadas a esta repartición, está ligada a una operación de limpieza correcta y eficiente. Por el contrario, a veces ello sólo se traduce en una repetición sucesiva de errores o malos procedimientos de despeje que conduce a bajos niveles de eficiencia. Lo expresado, no pretende descalificar a la totalidad del personal experimentado de Vialidad, sin duda, existe personal también, cuya experiencia y calificación constituyen un aporte a las relevantes funciones que esa entidad cumple en la ruta. Sin embargo, estos aspectos no deben, a nuestro juicio, desmotivar el trabajo realizado, ya que junto a una adecuada planificación de un método correcto de operación se constituirán en un magnífico aporte que traerá grandes beneficios a Vialidad, al usuario de la ruta y a la economía del país.

5.1. SITUACION PROPUESTA.

Para realizar la proposición de una metodología de operación, debemos distinguir diferentes situaciones que son producto del clima imperante, el cual define el método de remoción a seguir para una eficiente operación. Antes de definir estas situaciones, se presenta la maquinaria propuesta a cada refugio propuesto, para entender la operación que deberá realizar cada equipo y la tarea a la cual será destinado dependiendo de su ubicación en la ruta.

La proposición de destinación y reubicación de la maquinaria existente a lo largo de la ruta se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 5.1. Destinación Maquinaria Camino Internacional.

DESTINACION	CANTIDAD	TIPO DE MAQUINARIA	OBSERVACIONES
Tunel Cristo	2	Bulldozer oruga 305 HP	zapatras de 28" de ancho.
redentor	1	Motoniveladora 125 HP	c/pala angulable.
	1	Barrenieves 500HP	
	1	Camioneta 4x4	Doble cabina.
Portillo	2	Bulldozer oruga 305 HP	Zapatras de 28".
	1	Bulldozer neumático 315 HP	c/pala angulable.
	1	Snowcat 130 HP	Zapatras de 28".
	1	Camión c/unidad antihielo	c/pala frontal.
	1	Cargador Samsung 215 HP	c/unidad barreniieve RPM.
	1	Camión mantención	
	1	Camioneta 4x4	Doble cabina.
Juncal	1	Bulldozer oruga 190 HP	c/pala angulable.
	1	Motoniveladora 125 HP	c/pala angulable.
	1	Camión c/unidad salera	c/pala frontal.
	1	Retroexcavadora 77 HP	
	1	Barrenieves 330 HP	
	1	Camioneta 4x4	Doble cabina.
Guardia Vieja	1	Bulldozer neumático 315 HP	c/pala angulable.
	1	motoniveladora 125 HP	c/pala angulable.
	1	Cargador Samsung 215 HP	c/pala angulable.
	1	Minibus Van Ford	4x4

5.2. DETERMINACION DE LA METODOLOGIA DE DESPEJE.

Para establecer el método de operación de despeje de nieve sobre la ruta, nos centraremos en la sectorización de ésta, contenida en el capítulo anterior, determinando la metodología más recomendable de acuerdo a cada sector propuesto. Recordemos que esta fue realizada sobre la base de la depositación de la nieve sobre la calzada y al posterior despeje de la vía como, por ejemplo, la zona de curvas, las zonas rectas de la ruta y los lugares de mayor incidencia de avalanchas.

Por otro lado, tenemos la variable tiempo en el desarrollo de un frente con precipitación nival. Se distinguen tres tiempos en un frente: *Antes*, *Durante* y *Después*. En este capítulo sólo se analizarán los dos últimos. El primero será abordado en un posterior capítulo relativo al apoyo necesario para que esta metodología sea exitosa.

Por lo tanto, pensando en la variable tiempo, en el desarrollo de un frente haremos una distinción de metodologías que se presenta a continuación.

5.3. OPERACIÓN DURANTE UN FRENTE CON PRECIPITACION NIVAL.

Cuando hablamos de operación durante un temporal nos referimos a todas aquellas maniobras que debe realizar la maquinaria en forma constante e ininterrumpida de modo de mantener la carpeta de rodado en condiciones de transitabilidad, entendiéndose esto por una carpeta con no más de 10 cm de altura de nieve. La forma de lograr este objetivo será la presentada, en orden de operación, a continuación.

5.3.1. 1º Maniobra(Motoniveladora).

Esta máquina, con su respectiva pala frontal angulable será la primera en entrar en operación al momento de desencadenarse un frente. Esta trabajará desde su lugar de refugio partiendo de una cota superior a una menor en la ruta. Comenzará desde el corte del talud interior del cerro hasta el borde del terraplén del camino. Desplazando la nieve lateralmente hasta el fondo del terraplén en aquellos lugares donde sea posible su depósito o sino, será trasladada hasta el área destinada más probable de acumulación o ladera factible de ser arrojada la nieve. Este trabajo se hará en pasadas sucesivas, de modo de mantener no más de 10 cm de altura de nieve, como se mencionó anteriormente, mientras la nevada lo permita. También se pueden emplear en este proceso los camiones con unidad de pala frontal, los cuales tienen gran rapidez de operación y movimiento con nieve recién depositada sobre la calzada.

5.3.2. 2º Maniobra(Bulldozer).

(Ya sea de oruga o neumático, según el refugio donde se posicione). Esta máquina entrará en servicio apoyando la operación de la motoniveladora solo cuando los cordones laterales ya no puedan ser removidos por esta última. Su trabajo será despejar los cordones, botándolos por el talud del terraplén cuando se permita la botada, o trasladando la nieve removida hasta un lugar permitido.

Cuando la actividad del frente sea intensa, con precipitación nival y grandes vientos que impidan la visibilidad adecuada del camino, y esté próximo el riesgo de avalanchas, los trabajos de operación de despeje de la ruta serán interrumpidos, dirigiéndose toda maquinaria en operación a su refugio hasta disiparse el frente. Los únicos trabajos programados que se efectuarán durante este periodo de tiempo, será despejar las vías de acceso a los refugios, para el traslado de la maquinaria a la ruta al momento del término del frente. Este trabajo será ejecutado por Bulldozers y podrá ser apoyado por los cargadores frontales con palas especiales para el despeje de nieve, siempre que el espacio de maniobrabilidad lo permita.

Figura 5.1. Vista del despeje del cordón lateral con bulldozer, después de un sistema frontal.



5.4. OPERACIÓN DESPUES DE UN FRENTE CON PRECIPITACION NIVAL.

La operación después de un frente es más complicada, debido a que en el transcurso de éste se pueden producir deslizamientos de nieve, avalanchas y simples caídas de nieve sobre la calzada, etc., determinando una operación distinta en cada caso o sector en que se dividió la Ruta 60-CH en el capítulo anterior.

Como sabemos, la ruta se dividió en dos zonas, las cuales a su vez fueron subdivididas, basándonos en éstas para definir la metodología de operación para cada una de ellas. Estas se presentan a continuación.

5.4.1. Operación para zona A1.

Como se dijo anteriormente la *zona A* es aquel sector de la calzada que acumula nieve caída o transportada por el viento con la particularidad de que tiene botada ladera abajo del terraplén del camino. El sector A1 entonces es el sector A con el trazado más recto y con menor dificultad de despeje.

Por otro lado, la operación dependerá además de la altura de nieve acumulada en la calzada para escoger el equipo adecuado. Según la altura de nieve caída distinguiremos en esta subdivisión dos métodos de despeje.

- Operación para nevadas menores de 50 cm. La operación en este caso será similar a la ejecutada durante un frente con precipitación nival, utilizando maquinaria liviana en la remoción de nieve como por ejemplo la motoniveladora, camión con unidad de pala frontal y cargadores frontales con palas especiales para el retiro de nieve. Esta operación se iniciará con el retiro de nieve desde el corte del cerro hacia el borde exterior de la calzada en sucesivas pasadas hasta arrojar la nieve removida por el terraplén hacia abajo. Se privilegiará la pasada inicial desde arriba hacia abajo, para aprovechar al máximo la potencia del equipo y siguiendo una misma senda, sin cambiar del sendero izquierdo al derecho de la ruta por ejemplo. Es importante recordar que todos estos equipos cuentan con palas angulables, es decir, cuando estén despejando nieve, su pala irá angulada siempre de manera tal de ir acordonando la nieve más cerca del borde del camino hasta que éste se deslice ladera abajo del terraplén.

Cuando se forme un cordón lateral tal que estas máquinas livianas no sean capaces de despejarlas se usará un bulldozer, de preferencia neumático, ya que es más rápido que una oruga en su desplazamiento.

- Operación para nevadas sobre los 50 cm. La operación se llevará a cabo de la misma forma, solo que utilizando maquinaria de mayor tamaño y potencia capaz de remover la nieve acumulada, pero con una rapidez menor.

En esta operación se utilizarán bulldozer, tanto sobre oruga como sobre neumáticos, barrenieves, cargador frontal con unidad barrenieves, etc. Se inicia el despeje con el paso del bulldozer oruga removiendo la nieve acumulada desde el corte del cerro, movilizándose camino hacia abajo por una misma senda, seguido inmediatamente

después, pero por la senda contigua, del barrenieves o en su defecto el cargador frontal con la unidad barrenieves. La máquina que siga al bulldozer dependerá exclusivamente del refugio al que pertenezca la maquinaria.

La manera de despejar nieve es similar en todos estos casos. Todos los equipos constan de palas angulables, menos los barrenieves, aunque estos tienen la ventaja que pueden arrojar la nieve a varios metros de distancia. Entonces la operación consistirá en angular la pala de manera de ir acordonando la nieve lateralmente en sentido opuesto al corte del cerro hasta que ésta se deslice por el talud del terraplén hacia abajo.

La motoniveladora podrá ser usada para afinar el trabajo realizado por los tractores y los barrenieves, utilizando la hoja para perfilar raspando las delgadas capas que las máquinas grandes no alcanzan a remover. Además deberá dejar las bermas despejadas con esta misma hoja, antes de entregar el camino al tránsito.

5.4.2. Operación para zona A2.

La zona A2 es aquella que acumula nieve caída y comprende todas aquellas curvas del trazado de la ruta, que por esta misma razón no tienen botada lateral.

En este sector, independiente de la altura de nieve acumulada, tendremos una operación distinta debido a que no hay botada lateral. La nieve deberá ser transportada de una cota superior a una inferior; en otras palabras de una curva hasta la curva inferior siguiente, arrojando la nieve removida al fondo del terraplén en este sector. Para transportar la nieve se usarán bulldozer sobre orugas y sobre neumáticos para despejar con la pala frontal sin angular. Una vez despejado el sector de curvas de la ruta, la motoniveladora dará la terminación requerida a la carpeta de rodado y a las bermas con su hoja de perfilado.

Figura 5.2. Despeje en curva, en forma ineficiente por el cargador frontal.



Solo en nevadas de escasa acumulación, inferiores a los 50 cm. , se utilizarán equipos de menor potencia y mayor rapidez como la motoniveladora, cargadores frontales con palas para remoción de nieve, camiones con unidades de pala frontal, etc., para el despeje en la misma forma señalada anteriormente. Se hará uso de bulldozer para remover la nieve solo en los extremos de cada curva para arrojarla al fondo del terraplén, cuando la acumulación en estos extremos sobrepase la capacidad de estos equipos livianos.

No es recomendable el uso de barrenieves en el sector de curvas, por el insuficiente espacio de maniobrabilidad, demorando la operación y provocando que el trabajo sea ineficiente, al arrojar la nieve hacia las curvas inferiores.

5.4.3. Operación para zona B1.

La zona B1 es aquel sector donde se producen deslizamientos de nieve y avalanchas que interceptan el camino en la parte recta del trazado que acepta botada lateral.

Todas las operaciones de las zonas B se llevarán a cabo cuando se produzcan deslizamientos de nieve o avalanchas. En caso contrario serán atacadas como zonas A.

La operación para la zona B1 será ejecutada por bulldozer sobre orugas de zapata de 28" de ancho, para mantener la flotabilidad sobre la nieve sin perder equilibrio y sin hundirse. Ningún otro tipo de maquinaria sirve en estos casos, ya que hablamos de alturas considerables de nieve, sobre los 5 metros. Primero, la máquina debe construir

una rampa de acceso a la avalancha, montándose poco a poco sobre ella, de modo de permanecer en equilibrio sobre la avalancha mientras opera. Con la pala angulada deberá acordonar el material comenzando por el corte del cerro hasta que el cordón caiga ladera abajo por el terraplén. Esta operación deberá repetirse numerosas veces de modo de disminuir la altura de nieve depositada hasta llegar al piso.

Una vez terminado el corte de la avalancha, la motoniveladora será la encargada de afinar el trabajo repasando la carpeta de rodado, despejando la capa de hielo sobre la calzada. Esta se forma al estar en la parte más comprimida de la nieve, provocando su densificación. También deberá despejar bermas.

5.4.4. Operación para zona B2.

La zona B2 es aquel sector de curvas del trazado que se ve interceptado en su curso por desplazamientos de nieve y avalanchas, y que a diferencia de la zona B1, no tiene botada y en algunos casos, como sucedió el invierno de 1999, la avalancha en este sector cubre 3 curvas consecutivas.

La operación en este sector se recomienda sea ejecutada también con bulldozer sobre orugas y, en algunos casos, apoyarse de bulldozer sobre neumáticos para ayudar a transportar la nieve al sector destinado de botada debido a la mayor rapidez de operación de esta máquina, siempre y cuando tenga apoyo sobre la carpeta de rodado o a lo más 20 cm de nieve. Pero el bulldozer sobre neumáticos no puede montarse sobre una avalancha ya que no posee flotabilidad suficiente.

Figura 5.3. Vista de operación de bulldozer sobre una avalancha en el sector de Juncal, curvas 6,8 y 10.



El procedimiento será muy similar al anterior, debiendo formar una rampa de acceso para subir la avalancha que le permita equilibrarse, para empujar con la pala frontal sin angular la nieve hasta el extremo de la curva arrojándola por el talud del terraplén hacia abajo. Se comenzará desde el corte del cerro hacia el borde del camino, empujando siempre hacia abajo, o sea, de una cota superior a una más baja, para trabajar la máquina al máximo de su capacidad en forma eficiente, debido a que el equipo realiza un menor esfuerzo empujando hacia abajo, que si empujara la nieve en contra pendiente.

La motoniveladora termina el trabajo repasando la carpeta de rodado, hasta que aparezca el pavimento y despeje la berma del camino.

Figura 5.4. Vista del bulldozer montado sobre una avalancha en faena de despeje en zona de curvas.



5.4.5. Operación para zona B3.

Por último, la zona B3 como se explicó, es el sector del trazado del camino que se ve interrumpido por avalanchas caídas de ambos lados de la calzada. Esto dificulta enormemente la tarea, debido a que no permite botada lateral y por lo general son las avalanchas que cubren mayor longitud del trazado, debiendo realizar sendos cortes a aquellas para descubrir la ruta.

Esta operación también será efectuada solo por bulldozer sobre orugas, debido a que deben montarse sobre la avalancha con la pala frontal sin angular y trasladar la nieve removida hasta un lugar escogido como botadero. Se debe evitar formar cordones de nieve, siempre sobre una rampa construida de la misma nieve que le permita el equilibrio deseado para operar. Se deberá sólo mover nieve hacia delante en bajada para una mayor eficiencia del equipo.

Por lo general este sector se ubica en la zona más alta de la ruta, donde las nevadas son más intensas. Destinando 3 equipos bulldozer sobre orugas para esta tarea. Dos de estos bulldozer pueden mover nieve en forma frontal hasta el sector de botadero, dejando la

tarea de despejar esta nieve al tercer bulldozer con su pala angulada para arrojar la nieve removida por el talud hacia abajo del terraplén.

Una vez terminada la tarea de los bulldozer, la motoniveladora deberá ser la encargada de despejar en un 100% la carpeta de rodado y las bermas.

A continuación, se presenta el siguiente cuadro, donde se aprecia la metodología desglosada, como aporte a esta tesis. Ver tabla 5.2. Metodología de operación en invierno para la Ruta 60-CH. Ella resume parte de este capítulo, plasmando la metodología de forma simplificada, y para la mejor comprensión del lector de esta tesis.

Tabla 5.2. Metodología de operación en invierno para la Ruta 60-CH.

Método despeje de nieve	DURANTE UN SISTEMA FRONTAL	1ª Operación	retiro de nieve acordonando desde adentro hacia fuera de la calzada.	Motoniveladora c/ pala angulable Cargador frontal c/pala para nieve Camión c/pala frontal
		2ª Operación	Retiro cordón de nieve dejado por operación anterior.	Bulldozer c/pala angulable
	DESPUES DE UN SISTEMA FRONTAL	Operación Zona A1	Nevada menor de 50 cm altura. Retiro de nieve acordonando y llevándolo a botadero.	Motoniveladora c/ pala angulable Cargador frontal c/pala para nieve Camión c/pala frontal Bulldozer c/pala angulable
			Nevada mayor de 50 cm altura. Retiro de nieve en cordones y lanzando extremo calzada hacia abajo por el talud.	Bulldozer oruga c/pala angulable. Bulldozer neumático c/pala angulable Barrenieves cargador Frontal c/unidad barrenieve
		Operación Zona A2	Transporte de nieve desde una curva a la inferior hasta el botadero sin formar cordones.	Bulldozer oruga c/pala angulable. Bulldozer neumático c/pala angulable
		Operación Zona B1	Formar rampas de acceso para bulldozer y acordonar la nieve hasta deslizarla por ladera del cerro, terraplén abajo.	Bulldozer oruga c/pala angulable.
		Operación Zona B2	Formar rampas de acceso, empujar de frente la nieve hasta botada en extremo curva.	Bulldozer oruga c/pala angulable. Bulldozer neumático c/pala angulable
		Operación Zona B3	Formar rampas de acceso y empujar nieve hasta botadero designado y otra máquina se encarga de arrojarla por el.	Bulldozer oruga c/pala angulable.
Nota: En cada una de las operaciones, la motoniveladora dará la terminación a la carpeta de rodado y las bermas, retirando el excedente de nieve sobre la calzada.				

6. RENDIMIENTO DE LOS EQUIPOS.

Es difícil cuantificar rendimientos, a causa de la diversidad de equipos y marcas utilizadas en la Ruta 60-CH para la labor de despeje de nieve. Por tal motivo, sólo analizaremos el caso del despeje de una avalancha de nieve, graficando los movimientos correctos de la maquinaria a utilizar, como los snowcats y los bulldozers, que son el equipo mayormente empleado en tal tarea y que tienen la mayor eficiencia. Se estudiará un solo caso, ya que, en general el método de despeje es muy similar para las diferentes situaciones que se puedan presentar. Con este ejemplo, podemos extrapolar el correcto uso del equipo a otras situaciones, de manera de obtener el mayor y mejor rendimiento de estos. Estos casos son avalancha en zona recta del trazado (ejemplo), avalancha en zona de curvas y avalancha en zona de caída o desprendimiento de nieve de ambos lados.

La dificultad constatada en esta tesis, al verificar el rendimiento del equipo utilizado, se presentó, es que la mayoría del personal de Vialidad es joven, sin ninguna experiencia en nieve y tampoco en maquinaria pesada. Han entrado al servicio, para formarse como operarios en las respectivas maquinarias a las que han sido designados. Además, hay equipos que ya han pasado su vida útil, como es el caso de las motoniveladoras AVELING BARFORD, pasando gran cantidad de tiempo inactiva por fallas en el equipo. Por otro lado, equipos nuevos, como los barrenieves, están muy por debajo del rendimiento especificado en los catálogos de venta proporcionados a Vialidad. El barrenieves, marca WAUSAU, pasó la mayor parte del invierno en taller, debido a problemas mecánicos, que no se ha aclarado aún, si éstos son defecto de la maquinaria o mala utilización del operador designado. El barrenieves marca OSHKOSH, el cual especifica mayores capacidades de operación, 5000 T/hr, sólo trabajó con la mitad del largo de la hoja de corte, en velocidades que no superaron los 8 Km/hr. Con este tipo de operación, en baja velocidad y trabajando sólo con la mitad del largo de las hojas de corte, necesitará de 2 horas y 40 minutos para lograr 5000 toneladas de nieve despejada de la vía. Es claro, que nunca alcanzará, ni siquiera, la mitad de la capacidad de operación, que son 5000 toneladas por hora. Es necesario aclarar, que el cálculo se hizo con 1,5 m de altura de nieve por 2 m de ancho, que introduce el operador al barrenieves.

Por otro lado, esta maquinaria, muchas veces ve interrumpida su operación por nieve atorada en el blower o en la chimenea de expulsión. Esto implica que el operador detenga el equipo, para remover la nieve atrapada en el interior, demorando varios minutos el limpiar la zona atorada, ya sea con palas u otro material, de manera de evitar el introducir las extremidades del operador en la turbina, por su seguridad. Por tal motivo, es recomendable utilizar este equipo, sólo en aquellas zonas rectas del trazado con nieve blanda, recién caída, limpia, sin material pétreo en ella, o sea, no utilizarla para despejar avalanchas o desprendimientos de nieve. Tampoco utilizarlo en la zona de curvas. Por lo tanto, este equipo está muy limitado en su trabajo en la ruta, por los inconvenientes antes descritos, dejando su utilización para las zonas menos dificultosas, mostrando la poca serviciabilidad de estos equipos adquiridos, en el trabajo en la Ruta 60-CH.

6.1. METODO DE TRABAJO DE DESPEJE PARA UNA AVALANCHA EN LA RUTA.

El despeje de avalanchas, ya fue tratado en el capítulo 5, acerca de la metodología de despeje de nieve y avalanchas, pero, en el sentido de la disposición de los recursos necesarios para tal efecto, sin entrar en profundidad en la forma adecuada de trabajo de los equipos involucrados en esta faena. Para esto, nos apoyaremos en dibujos explicativos, que ayudarán a la comprensión de lo que a continuación mencionaremos.

Nos situaremos en el caso de una avalancha de nieve, en un tramo fuera de la zona de curvas, con despeje lateral de nieve; aunque en cualquier lugar de la ruta, el método de trabajo será similar, diferenciado sólo por el despeje lateral o frontal de la nieve según corresponda o se ubique el depósito de nieve escogido por nosotros, determinando una distancia mayor o menor de transporte de la nieve. En las figuras 6.1., 6.2. y 6.3., podemos ver tres vistas de lo que sería una avalancha y lo que deberá despejarse.

Primero, como se ve en la figura 6.4. y 6.5., el snowcat, deberá construir una rampa de acceso con la propia nieve de manera tal, de disminuir la pendiente de subida para el equipo y para los bulldozers que luego entrarán en operación. La rampa de acceso debe tener entre 10 y 20 m de largo, con un ancho necesario, que le permita a las maquinas contar con el suficiente apoyo.

El snowcat, apoyado del sistema de posicionamiento satelital, GPS, deberá ubicar el camino, para poder realizar los cortes de nieve, desde el borde interior de este, hasta el borde exterior. Importantísimo, es que el snowcat, siempre trabaje horizontalmente en el sentido transversal de la máquina, como se aprecia en la figura 6.7., que le permita sustentarse sin deslizar, de modo de no arriesgar ni al operador, ni al equipo como a la faena misma.

Una vez terminada la rampa de acceso, el snowcat debe generar una plataforma horizontal, que le permita al bulldozer entrar en operación con la superficie suficiente para trabajar. Para esto, el snowcat, debe llegar a la cota más alta de la avalancha y comenzar a cortar nieve desde el borde interior con su pala angulada, para remover nieve de la forma más rápida posible. Debe cortar, sacando lonjas o capas de nieve, en forma de abanico, hasta llegar a la horizontalidad, pivoteando siempre en el mismo punto. Una vez, que se tiene una pequeña plataforma horizontal, se comienza desde un punto de cota inferior, de la misma forma señalada anteriormente, sucesivas veces, hasta que se tenga una plataforma adecuada para que el bulldozer entre en operación, (Ver figura 6.6.). Este realizará estas mismas maniobras hasta llegar casi al pavimento. Los equipos trabajarán con sus palas anguladas, arrojando el cordón de nieve al borde exterior del camino, con el propósito de abrir ambas pistas al tránsito, con bermas si es posible, (Ver figuras 6.8 y 6.9.).

Cuando el bulldozer esté próximo al pavimento, entrarán en operación, las motoniveladoras, encargadas de dar una adecuada terminación al pavimento, extrayendo las capas inmediatamente adyacentes al pavimento.

Una observación importante, es que la operación no se da por concluida, hasta que la avalancha tenga una altura no mayor a 2 m, suponiendo que hubiere más de una avalancha. El equipo no podrá pasar a la siguiente, en este caso, no podrá bajar a cortar la siguiente, debido a que en caso de cualquier eventualidad, como una nueva avalancha sobre el mismo lugar el equipo podría quedar atrapado por ella, o en el mejor de los casos, aislado sin posibilidades de espacio o de reabastecer combustible para continuar la labor. Por eso, siempre se debe tener la precaución de trabajar en una avalancha hasta despejarla por completo, asegurando la vía de escape antes de continuar con las siguientes avalanchas en la ruta, de manera de poder cargar combustible y hacer el cambio de turno.

6.2. EJEMPLO GRAFICO DE LA OPERACIÓN DE DESPEJE DE AVALANCHA.

Figura 6.1. Vista lateral de la avalancha, que intercepta en un tramo al camino, cubriendo cientos de metros con miles de metros cúbicos de nieve y material pétreo en algunos casos.

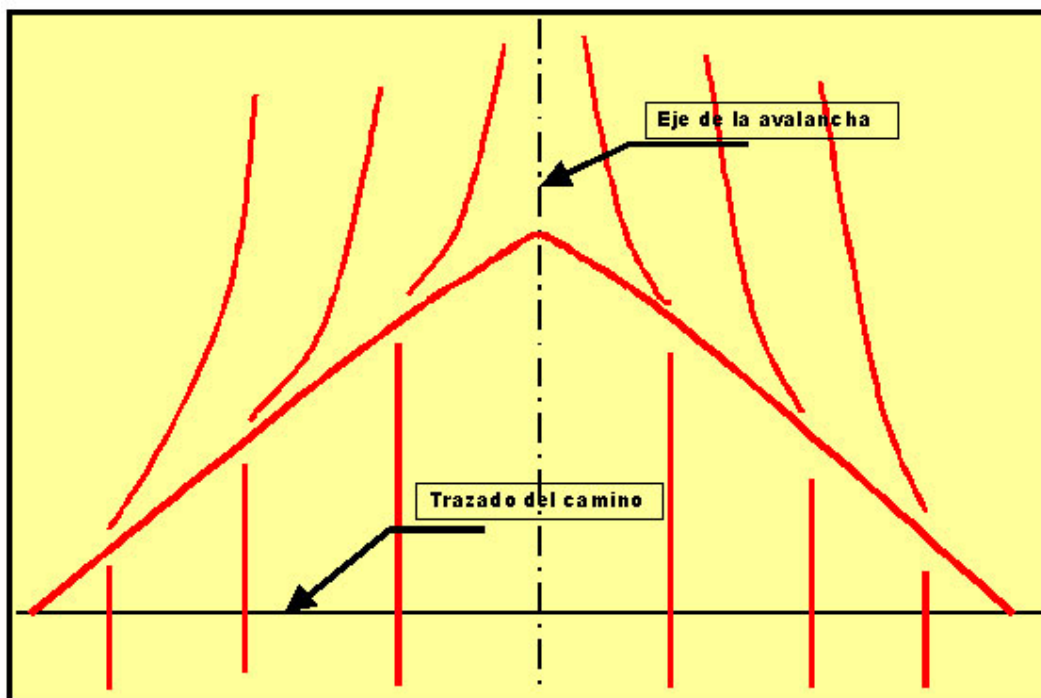


Figura 6.2. Vista en planta de senda de la avalancha, interceptando la ruta.

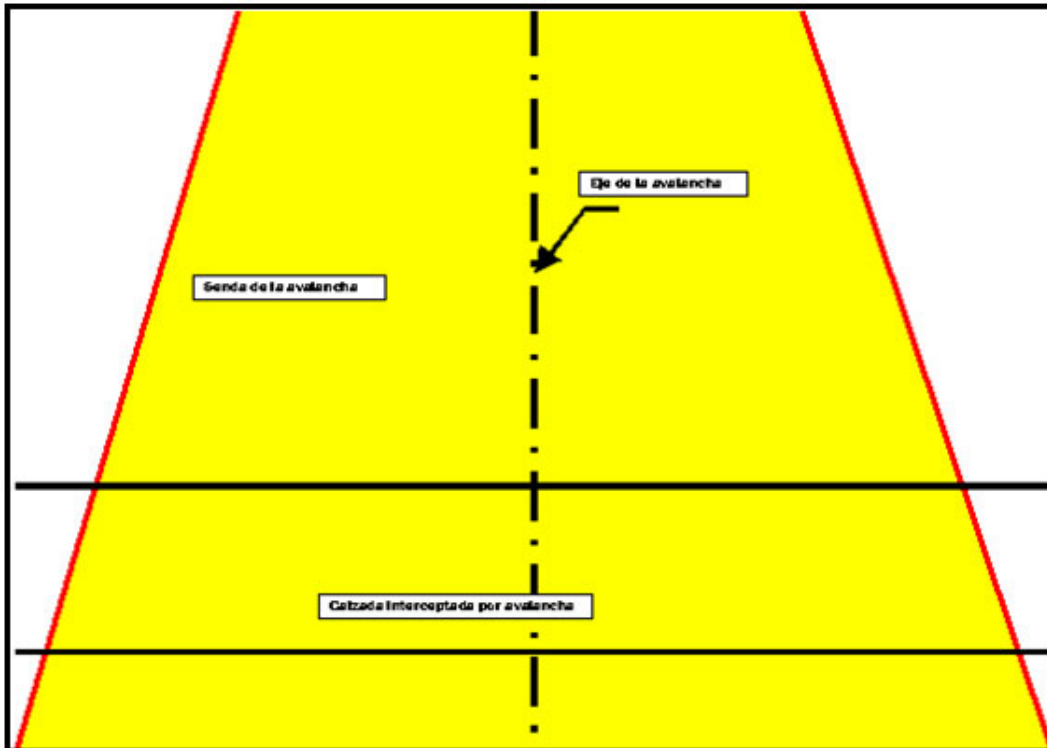


Figura 6.3. Corte transversal del camino en el punto más alto de la avalancha. Se muestra además, el punto de partida para cortar la avalancha, hasta el que debe culminar la operación de despeje. Los cortes verticales no son problema, ya que la nieve depositada por avalancha es altamente comprimida.

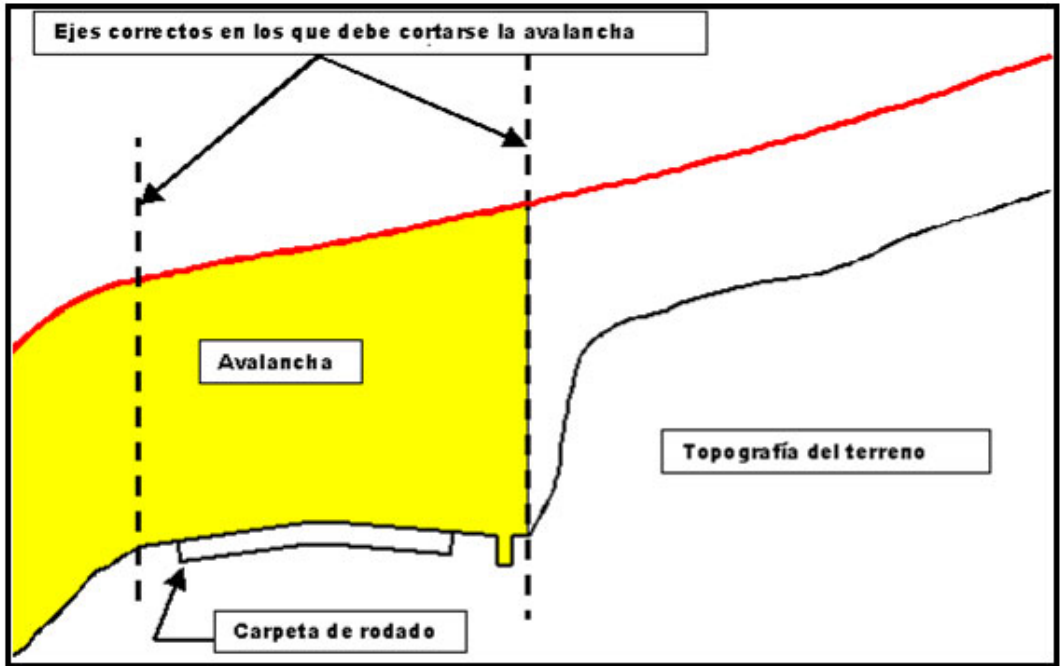


Figura 6.4. Vista lateral de la avalancha con la rampa de acceso lista, generalmente de 10 a 20 m. de largo. El snowcat sube apoyado del GPS, para encontrar el borde interior del camino y poder iniciar el despeje. Siempre deberá ser este equipo el que inicie el despeje para delimitar donde cortar la avalancha.

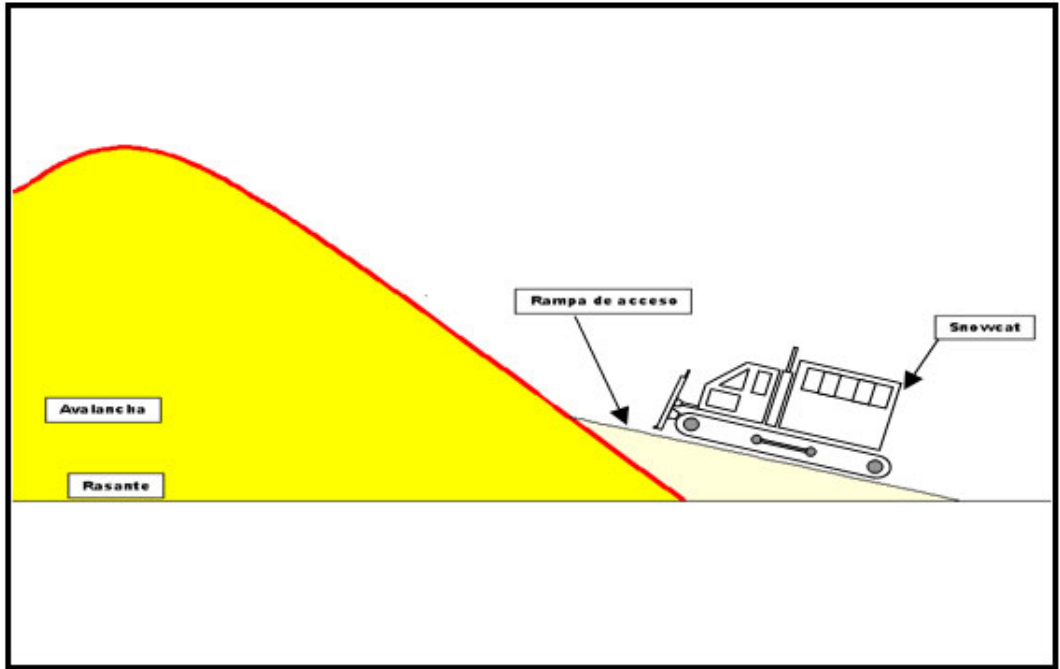


Figura 6.5. Perfil de la avalancha. El snowcat comienza la operación, cortando pequeñas lonjas o tajadas pivoteando siempre en el mismo punto, hasta conseguir la horizontalidad. Una vez que se tiene una plataforma de trabajo tal que permita el desplazamiento adecuado y trabajabilidad para el bulldozer oruga. Ahora puede entrar en operación.

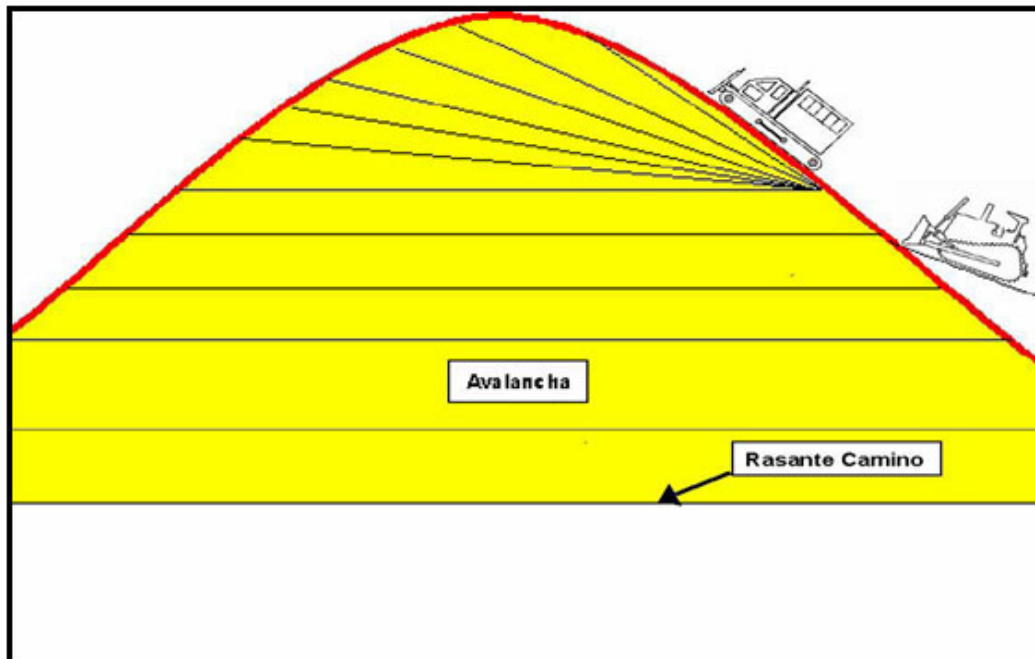


Figura 6.6. El snowcat es capaz de trepar pendientes pronunciadas, pero es importante aclarar que, es inconveniente y peligroso movilizar el equipo estando inclinado, ya que no tiene sustentación, pudiendo deslizar. Lo mismo se aplica a los bulldozers.

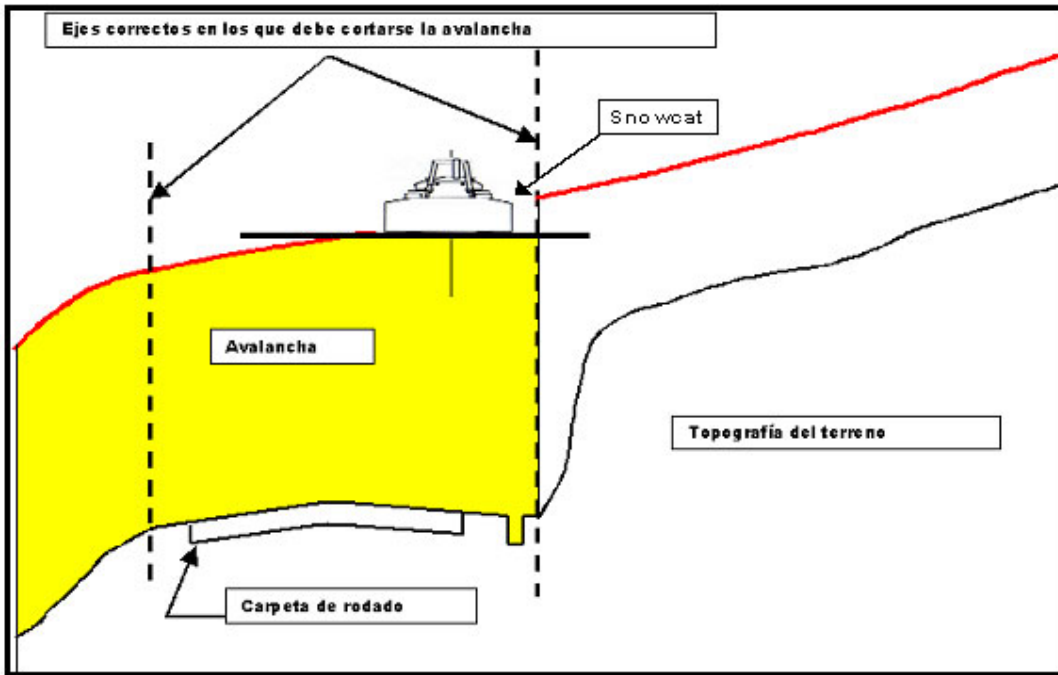


Figura 6.7. Una vez generada la plataforma horizontal por el snowcat, entra en operación el bulldozer oruga, despejando nieve con la pala frontal angulada. La faena se inicia desde el borde interior del camino hasta el lado opuesto, apoyado de la guía dejada por el snowcat con GPS.

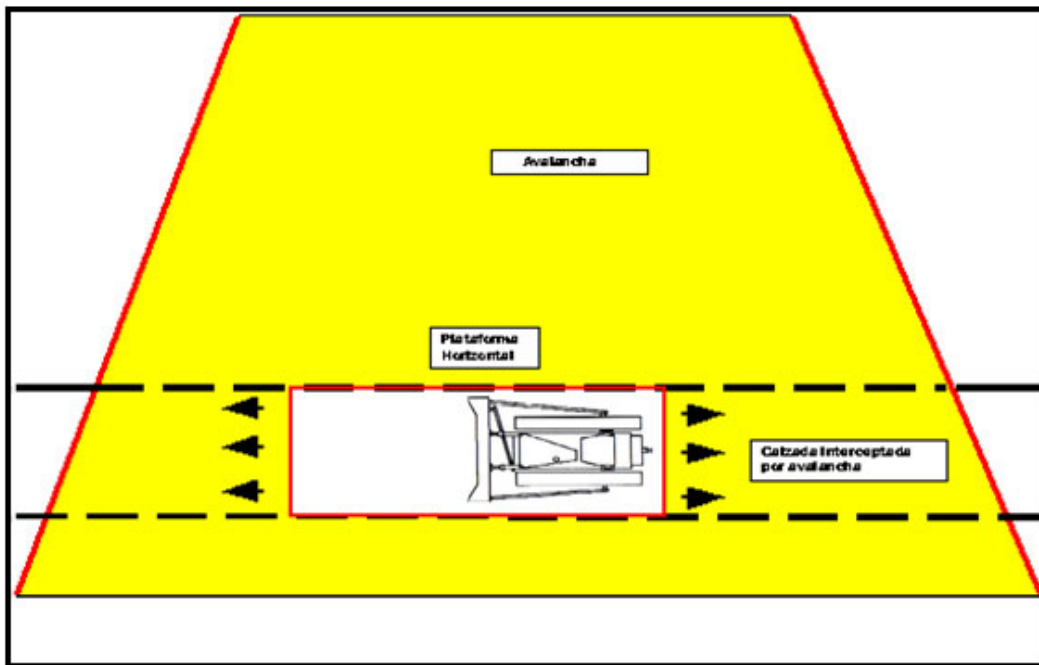
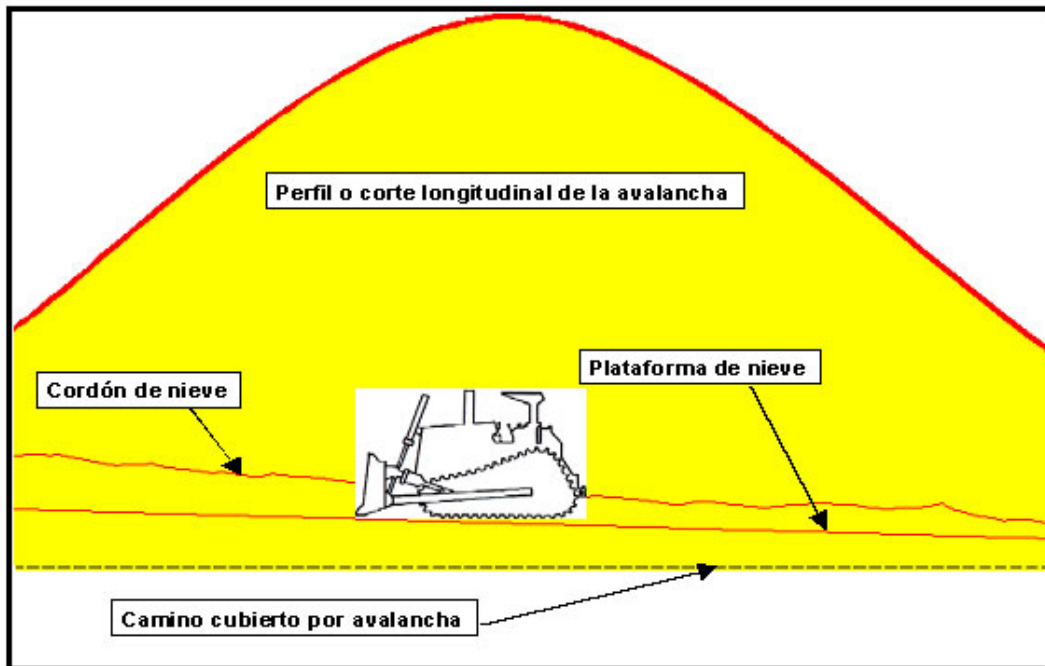


Figura 6.8. Corte vertical de nieve que queda al despejar la avalancha. Luego estos darán paso al funcionamiento de las motoniveladoras para dar una adecuada terminación al pavimento, ya sea, carpeta de rodado y bermas.



7. ESTANDARES DE ENTREGA DE LA RUTA 60-CH.

Como se ha podido ver, en los capítulos anteriores se ha tocado el tema de la maquinaria, su uso y método de operación consiguiente. En este capítulo, trataremos todos aquellos temas relacionados con una entrega óptima y adecuada del camino de montaña al tránsito. Algunos de estos temas no serán tratados en extenso debido a que hay bibliografía suficiente y hay numerosos estudios de empresas que ofrecen soluciones. Se pretende dar recomendaciones acerca de que métodos y productos son necesarios o tendrán un mejor desempeño en la ruta.

Al decir, estándares de entrega de un camino, se refiere a todas aquellas condiciones que debe cumplir la ruta en sí, para que sea segura y óptima para el tránsito reinante, sin riesgos de accidentes por pavimentos resbaladizos, accidentes en pistas de emergencia por no estar debidamente acondicionadas, accidentes por mala señalización, evitar que ante nuevos sistemas frontales haya aún vehículos en la vía, incluso evitar accidentes a consecuencia de avalanchas y deslizamientos de nieve.

7.1. ENTREGA ÓPTIMA DEL CAMINO.

A pesar de haber confeccionado una metodología de despeje de nieve, no es suficiente para decir que el trabajo será realizado en forma exitosa. Para lograr una ruta en condiciones de ser recorrida por los vehículos en ambos sentidos con el espacio suficiente y en forma segura para los usuarios de esta, el camino debe ser abierto en sus dos pistas. Aquí se presentarán ciertas recomendaciones que deberán llevarse a cabo antes de abrir la ruta a los vehículos, disminuyendo el riesgo de accidentes. Estas recomendaciones parecerán estar de más, pero, al observar las condiciones en que el camino es abierto al tráfico de vehículos, creo necesario dejar por escrito estas ideas para que sean llevadas a cabo antes de la apertura de la ruta, a objeto de eliminar riesgos adicionales a la propia nevada.

7.1.1. Calzada.

Esta deberá estar completamente limpia de nieve y hielo en todo su ancho, sin la presencia de cordones de nieve en ningún sector de la ruta, que la angoste, aumentando el riesgo de accidentes al disminuir el espacio para la movilidad de los vehículos en la ruta. Sin permitir la permanencia de vehículos atrapados o que interrumpan el trazado original de ésta.

7.1.2. Bermas.

Las bermas también deberán estar completamente despejadas de nieve y hielo, sin cordones de nieve sobre ella, para que, al igual que sobre la calzada, al comenzar el deshielo de la nieve al aumentar las temperaturas durante el día, el agua no escurra sobre la calzada o sobre la berma, ya que al atardecer, disminuye la temperatura del ambiente, transformando el agua en gruesas y resbaladizas capas de hielo que son la principal causa de accidentes en la ruta. Esto fue comprobado en el invierno de 1999, cuando al entregarse la vía a los vehículos, en los sectores donde se forma más hielo se llegaron a producir hasta tres accidentes diarios, en su mayoría camiones, los protagonistas de éstos, ya que son los usuarios más frecuentes de la ruta, durante el invierno.

7.1.3. Cunetas.

Las cunetas deben estar en buenas condiciones, libres de piedras, material pétreo o todo aquel objeto que dificulte el libre escurrimiento de la nieve derretida. El cordón de nieve en este caso podrá dejarse sobre ella, ya que la nieve escurrirá sobre ésta. Claro está que el equipo encargado de esta tarea es la motoniveladora, con su hoja, la cual puede ser dispuesta de tal forma, de despejar estas cunetas. En caso contrario, se dispondrá del cargador frontal y jornales los cuales deberán palear la nieve sobre la cuchara del cargador, para que este la bote en un lugar dispuesto para tal caso.

7.1.4. Pistas de emergencia.

Las pistas de emergencia deberán estar en condiciones de ser usadas en caso de cualquier eventualidad, en todo tiempo, estando sus accesos despejados de nieve, hielo o cualquier tipo de material que obstruya su entrada o utilización. Deberá existir la debida señalización.

7.1.5. Avalanchas.

Lo ideal es que una persona con los conocimientos necesarios y experiencia suficiente recorra la ruta antes de la apertura del camino. El objetivo es realizar una inspección antes de que se produzca una avalancha. Lamentablemente no existe ningún control de avalanchas y servicios de nivometeorología, ya que los estudios realizados han arrojados sumas demasiado altas sobrepasando incluso el presupuesto anual de Vialidad Los Andes, que es de US \$500.000 aproximadamente.

7.1.6. Cobertizos.

Estos deberán estar despejados en todo su largo y en las áreas de acceso a ellos. No debe haber nieve dentro de los cobertizos, ya que al bajar la temperatura comienzan a formar hielo, tornando peligroso el tránsito al interior de este. Solución a este problema es instalar en todos los cobertizos, sistemas autónomos de descongelamiento.

7.2. CONTROL DEL HIELO.

En la ruta, la gran preocupación fue siempre la nieve, como removerla y despejarla de la calzada. Pero el problema del hielo formado por las bajas temperaturas y los fuertes vientos producidos en algunos sectores de la ruta, fueron abordados solo con la obligación del porte y utilización de cadenas por todos los vehículos usuarios de la ruta. Lamentablemente, el grueso de los vehículos son camiones de carga, los cuales presentan gran dificultad para ascender sobre el hielo debido a la pendiente y al peso de éstos.

Por la ruta, circula el grueso del comercio internacional de nuestro país, transportando diferentes tipos de carga como granel sólido, granel líquido, carga general en contenedores, productos alimenticios, materias primas para la industria química del cuero y textil, neumáticos, caucho, buses, maquinaria, etc., y que según un informe del departamento de procesos aduaneros de la Administración de Aduanas, para el Sr. Gobernador Provincial de Loa Andes, fechada el 11 de octubre de 1999, los kilos de carga que tramitaron el paso fueron;

Tabla 7.1. Carga en kilos transportado por el paso Los Libertadores.

	ENTRADA(Kg)	SALIDA(Kg)
1° TRIMESTRE 1998	320.037.399	222.399.975
2° TRIMESTRE 1998	355.030.417	246.144.129
3° TRIMESTRE 1998	369.377.049	234.196.254
1° TRIMESTRE 1999	303.766.311	197.027.759

Debido a la importancia estratégico-económica de la Ruta 60-CH, ha obligado a incorporar tecnologías para establecer un control del hielo en la ruta. Hasta ahora, se han implementado dos sistemas para control del hielo, ambos con buenos resultados, pero con limitaciones que han repercutido en su buen funcionamiento.

En el mercado existe gran variedad de sistemas y productos utilizables para el control del hielo, como por ejemplo, cloruro de sodio, cloruro de calcio, acetato de potasio, cloruro de magnesio, acetato calcio-magnesio (CMA), etc. Creo que los sistemas elegidos para la ruta, han sido los adecuados y serían más eficientes si agregáramos algunas modificaciones.

7.2.1. Utilización de sal(NaCl) como descongelante.

Este producto fue el primero utilizado en la ruta, para el descongelamiento de las zonas más conflictivas, como son la salida del túnel Cristo Redentor, los cobertizos, la Puntilla del viento y aquellos lugares donde el viento sopla más fuerte. La sal utilizada en ese entonces y hoy día es un cristal grueso con un diámetro de 1 hasta 4 mm.

La primera modificación recomendada en esta tesis es emplear sal de granulometría inferior, de 0,2 a 1 mm de diámetro. La utilizada hasta el invierno de 1999, es de 5 mm aprox. Esta, tiene su fundamento en un fragmento acerca de los 25 años de la carretera el cobre El Teniente, en el seminario Internacional de Vialidad de Alta Montaña, efectuado en la Universidad Santa María, en enero de 1997 en Valparaíso. En el, se hace alusión a un estudio aparecido en la revista Autostrade n° 7/8 Junio-Agosto de 1977, en cuanto a experiencias realizadas en Europa en el año 1974, utilizando estos granos de menor diámetro con excelentes resultados. La razón del éxito fue la cantidad necesaria de sal para fundir la nieve, la cual fluctúa entre 10 a 15 g/m². Al tener granos gruesos debe colocarse mayor cantidad para tener un recubrimiento adecuado, dando como resultado final un gasto excesivo en fundente por m² de superficie.

Inicialmente se adquirió un buzón de 6 m³ de capacidad y un salero portátil de arrastre de 0,5 m³. Hoy En día, El camino cuenta con dos camiones 6x6 Mercedes Benz, modelo 2638A-4100 con pala frontal y montado sobre él la unidad salera, la que mediante un aspersor distribuye la sal sobre la calzada. Uno de estos camiones se ubica en Portillo, de mejor tecnología que el otro destinado a Guardia Vieja, ya que permite un dosificado automático computarizado de sal, en función a la variación de velocidad de movimiento del camión. Además le permite variar la dosificación por m² desde la cabina, verificar la cantidad de sal utilizada y el excedente en el buzón, etc. El otro buzón montado sobre un camión idéntico, es de mayor antigüedad, permitiendo solo el salado de la calzada, sin poder definir una dosificación por m² en función de la velocidad, siempre es la misma, siendo altamente ineficiente el salado, ya que a velocidades moderadas habrá un gasto excesivo de fundente y al revés, a velocidades superiores el fundente será insuficiente para producir el deshielo de la calzada. Además para verificar la cantidad de sal excedente en el buzón, el operador debe bajar de la máquina y hacer una inspección visual al interior del buzón.

Estos camiones son utilizados para salar la ruta en general y para salar los cobertizos, siendo el gasto total para la temporada de 1999 de 450000 kilos de sal. El problema es la corrosión producida por el cloruro de sodio en los metales de los vehículos y en las estructuras como las de hormigón armado y estructura metálica. Otro inconveniente en la utilización de la sal es, su capacidad como fundente, ya que es eficaz hasta los 5 grados bajo cero, disminuyendo fuertemente su acción deshielante a temperaturas más bajas, perdiendo por completo su capacidad disolutiva a los 11 grados bajo cero, cuando las temperaturas en el sector de Portillo hacia arriba en periodos invernales llega incluso a los -18°C .

7.2.2. Sistema de deshielo ODIN SENTRY.

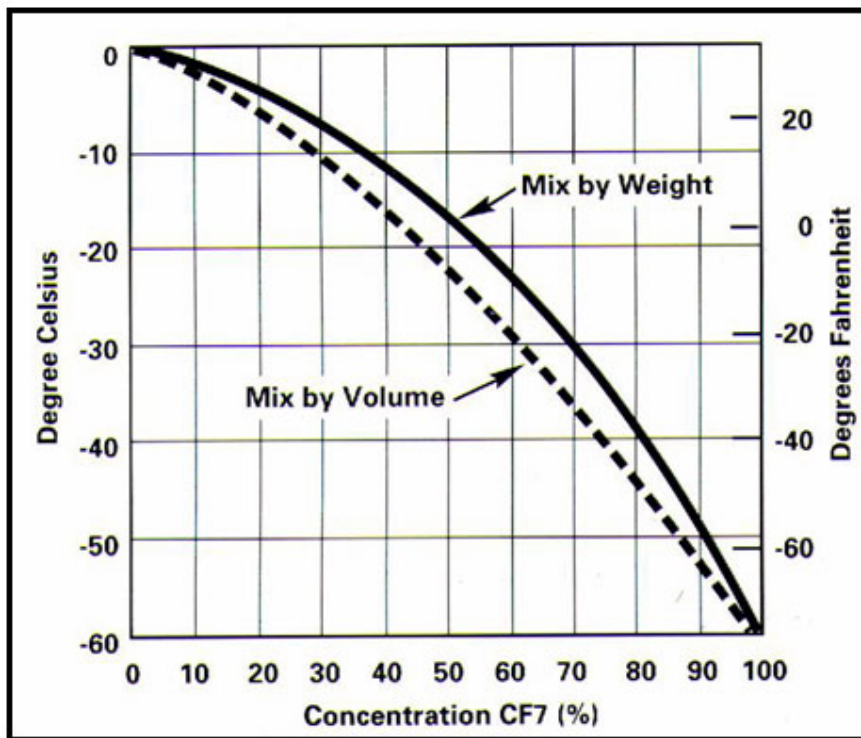
Este es uno de los sistemas existentes en el mercado para el control del hielo, que consta de un tanque de almacenamiento para el líquido anticongelante, una bomba impulsora, válvulas o solenoides, ductos, y un procesador Mitsubishi, que actúa como controlador del sistema en forma automática, que funcionando en conjunto rocían líquido anticongelante de carreteras. Este es un sistema de control de hielo pequeño, destinado a sectores conflictivos en áreas reducidas, tales como accesos a túneles y puentes, para mantención preventiva o casos de emergencia. Este puede ser transportado y utilizado como sistema móvil. Este fue diseñado para una ubicación rápida y fácil, el cual puede ser removido y reinstalado de ser necesario. Los tanques de almacenamiento son de polietileno con capacidad de 220 galones cada uno.

Odin Sentry sirve para proteger estructuras viales de no más de 200 metros de longitud, en un ancho de 7 metros o más. El sistema puede ser operado con baterías. Este sistema es operado por activación humana, basada en la presencia de hielo o nieve, o en forma preventiva de la condición meteorológica. En actividad, el controlador lógico programable enciende el generador, la bomba y comienzan a abrirse y cerrarse las válvulas y boquillas, para producir el cubrimiento deseado.

Con respecto al líquido anticongelante usado, se optó por el producto *CF7* de la empresa norteamericana *CRYOTECH*. El *CF7* es acetato de potasio, usado en este país del norte para descongelar las carreteras, pistas de aeropuertos, en vías férreas, etc. Dando excelentes resultados debido a su bajo punto de congelación, 60°C .

El CF7 tiene una composición de acetato de potasio disuelto en agua al 50%, con relación al peso. Su apariencia es incolora, libre de partículas en suspensión. Tiene una densidad de 1,28 g/cm³ a 20°C, no es inflamable, completamente diluible en agua, con un PH de 11 ± 0,5, sin requerimientos especiales de almacenamiento y como se mencionó anteriormente, su punto de congelación llega a los 60°C. A continuación se presenta un gráfico que muestra el punto de congelación del CF7.

Figura 7.1. Gráfico del punto de congelación del CF7.



Fuente. Folleto de venta del líquido descongelaante CF7. CRYOTECH.

Las ventajas del CF7 son que es un líquido de baja corrosión debido a que no contiene clorhidratos, por lo tanto no es dañino contra las estructuras metálicas y de hormigón armado como los cobertizos. Alto rendimiento, es efectivo para temperaturas de 26°C y más bajas. Seguro para el medio ambiente, es biodegradable. Doble propósito, ya sea en aplicaciones directas sobre el hielo y en prevención para la formación en estructuras. Seguro de usar, debido a su baja toxicidad para los seres humanos y organismos

acuáticos. Fácil de transportar y no requiere agitación. Larga duración, requiere pocas aplicaciones.

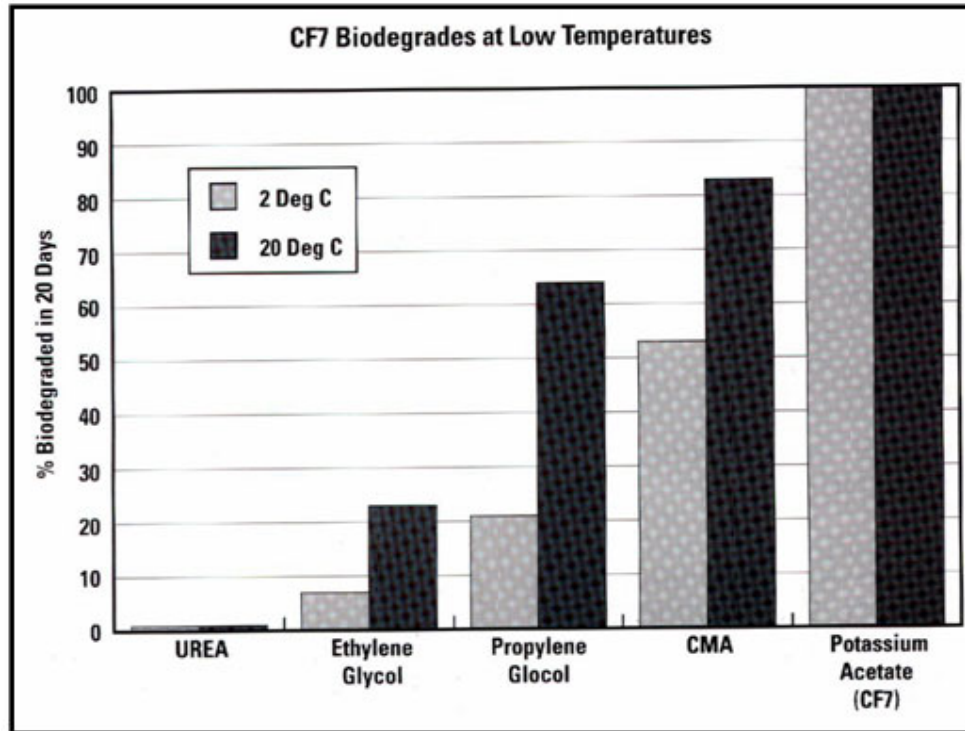
Los rangos de aplicación del producto dependerán de la función para la cual sea requerido. Este puede ser usado en conjunto con sólidos deshielantes o abrasivos, como la arena, apresurando el efecto de estos, usando el CF7 en rangos de 5% a 15% por peso de material sólido(130g/Kg de material sólido). Como anticongelante aplicado uniformemente sobre la superficie del pavimento antes de la precipitación nival, evitando que se forme hielo sobre el pavimento, lo cual ayuda a la tarea de la maquinaria en el despeje. Su rango de aplicación es de 25 g/m². Como descongelante el CF7 es muy efectivo cuando es aplicado penetrando hasta la superficie del pavimento, quebrando las capas de hielo y nieve. La cantidad necesaria de descongelante varía según la temperatura y el espesor de la capa de nieve o hielo, pero debiera ser en los siguientes rangos, 50 g/m² para capas delgadas de hielo con temperaturas cercanas a 0°C. Para capas de 2,5 cm de espesor con temperaturas de 12 °C bajo cero y menores el rango será de 150 gr/m². La desventaja comparativa con respecto a la sal utilizada en el camino es su elevado costo. Se presenta a continuación un gráfico que muestra el porcentaje de biodegradación del CF7 versus otros productos descongelantes, similares.

De lo expuesto anteriormente, se recomienda seguir utilizando el sistema de descongelamiento, sumado a este líquido descongelante, CF7, de tan variadas y beneficiosas propiedades.

En un comienzo, el primer sistema de control de hielo fue donado por ODIN SYSTEM INTERNATIONAL INC. En enero de 1997. Este fue instalado en la salida del Túnel Cristo Redentor, colocándose en funcionamiento en agosto de ese mismo año, dando excelentes resultados, obteniendo un 100% de efectividad del líquido usado(CF7). Luego fue adquirido este mismo sistema para los cobertizos 4 y 5 de la ruta. Actualmente, en el último invierno, ambos sistemas están fuera de funcionamiento. Al preguntar se argumentó que el sistema colocado en el cobertizo 4 y 5 se colocó más de la cantidad de líquido necesario, y el sistema no funcionó. Al requerir el motivo por el cual estaba fallando el equipo, se me informó que éste estaba defectuoso, que el desperfecto estaba en las mangueras, donde se produce una filtración, motivo para discontinuar su utilización. El sistema del túnel al parecer no tiene ningún desperfecto, la razón por la cual no se está usando es porque no hay líquido y comprar éste es muy

caro. Por otro lado, el sistema que opera en el túnel está a cargo de la gente de Ministerio del Interior, ya que ahí no hay personal de Vialidad, dificultando la operación y el funcionamiento de ambos al estar en manos de diferentes entidades.

Figura 7.2. Gráfico del porcentaje de biodegradación del CF7 versus otros descongelantes.



Fuente. Folleto de venta del CF7, CRYOTECH.

A pesar de que el CF7 sea de un valor elevado, las ventajas de la utilización de este líquido son mayores aún hablando incluso en términos monetarios. Se dice que el costo total por día de cierre alcanza los US \$ 2.047.600, (Según informe de Vialidad, Camino Internacional en 1994), cifra mucho mayor si analizamos el costo del líquido anticongelante para una temporada invernal que por sistema utiliza 410 litros aproximados con un costo de US \$ 2.050, o sea que en total suma US \$ 4.100, cifra total por temporada de ambos sistemas, insignificante en comparación al costo diario por cierre para el país. Por lo tanto, se estima que debe realizarse una inspección para

cerciorarse del estado de ambos sistemas, de modo de hacer una mantención para que estos puedan estar operativos en el próximo invierno. Estas cifras fueron entregadas por la empresa CRYOTECH Deicing Technology a Vialidad, Unidad Camino Internacional en ese entonces, fechada en mayo de 1997.

Otra recomendación, es cambiar el buzón salero de mayor antigüedad, de modo de instalar sobre el camión Mercedes Benz una unidad Esparcidora de líquido anticongelante, como el CF7, sobre la calzada destinado al sector comprendido entre Portillo y el Túnel Cristo Redentor, trayecto más conflictivo debido a las bajas temperaturas reinantes en el lugar, donde la operación de salado de la ruta ha sido ineficaz. Destinando el camión con unidad salera de Portillo a Juncal, para que opere desde este sector hasta Guardia Vieja y más abajo si así fuese necesario.

El ideal es establecer un programa preventivo de acción contra el hielo(anti-icing programs), o sea, aplicar el fundente antes que se produzca un frente de manera tal de evitar la adherencia de la nieve o el hielo al pavimento. Este programa de prevención, a diferencia de los programas tradicionales de despeje de nieve(de-icing programs) en los cuales se espera la acumulación de nieve y hielo para extender el fundente y la iniciación de las faenas de despeje después, presenta atractivas ventajas como la reducción de costos de fundente debido a que en estos programas preventivos se necesita una concentración menor de fundente; y además, disminuyendo los tiempos empleados en la remoción de la nieve, disminuyendo a su vez los costos de operación invernal.

7.3. MEJORAMIENTO EN SEGURIDAD VIAL.

Como se ha recalado en numerosas ocasiones, la Ruta 60-CH es un camino de montaña, un trazado con muchas particularidades que difieren a cualquier otro tipo de vía que pueda encontrarse en nuestro país. Por consiguiente, la seguridad vial en la ruta, no será la convencionalmente conocida en los caminos, carreteras o vías, etc., se deben tomar ciertas consideraciones, que dependerán de la topografía del terreno, de la ubicación del lugar en que nos encontremos, de la metodología de despeje de nieve a emplear en el camino, la maquinaria utilizada en tal faena, etc.

7.3.1. Pavimento.

El pavimento o carpeta de rodado deberá estar en excelentes condiciones para la transitabilidad de los vehículos que circulen por ambas calzadas. La razón mayor de su deterioro es el movimiento de la maquinaria pesada sobre orugas y sobre cadenas, así mismo como los vehículos que circulan por la ruta que en el periodo invernal deben utilizar cadenas. En aquellos sectores donde el pavimento es de hormigón y que muestre severos daños en sus paños como grietas visibles, baches, trozos removidos y acción del ciclo hielo-deshielo, etc., deberá ser reparado mediante reposición del paño afectado con un nuevo hormigón de la misma calidad. En el caso de los tramos de asfalto, donde se produzcan baches, erosión de la carpeta por acción del agua, pérdida del ligante por el tránsito. Este deberá ser repuesto según corresponda al tipo de problema ocurrido en la carpeta.

7.3.2. Bermas.

Las bermas deberán estar en excelentes condiciones para el tránsito de vehículos, ya que muchas veces estas reciben un gran peso de nieve densificada por la remoción. Además el desgaste sufrido por la circulación de la maquinaria pesada que utiliza orugas y aquellos con tracción neumática con porte de cadenas.

El ideal es que las bermas sean todas construidas con un mismo material, en este caso asfalto, para que este es más fácil de reparar y reponer. Deberá siempre estar en excelentes condiciones de servicio y con la debida pendiente para el escurrimiento del derretimiento de la nieve durante las alzas de temperatura en el día, de manera tal, que esta última circule hacia la cuneta o por el talud del terraplén de la calzada dependiendo el caso. Tenemos un claro ejemplo en la zona de curvas donde escasamente hay bermas y, en menor grado, cunetas.

7.3.3. Cunetas.

Al igual que las bermas, las cunetas no es posible encontrarlas a lo largo de toda la ruta. En las zonas de curvas estas desaparecen por espacio físico reducido. Pero en el sector de Guardia Vieja hasta Juncal, donde el pavimento acaba de ser repuesto completamente en hormigón en masa se colocaron cunetas prefabricadas de una profundidad aproximada de 40 cm por 20 cm de ancho en el fondo. Estas son peligrosas para los vehículos que circulan por la ruta, que frecuentemente deslizan por el hielo formado en la calzada, dirigiéndose inevitablemente hacia uno de ambos lados. En el invierno de 1999, un furgón tipo Van cayó a la cuneta prefabricada quedando atrapado inclinado unos 45° lo cual imposibilitó a sus ocupantes poder mover el vehículo hasta la calzada. Debieron esperar a que pasara el temporal para tirar con otro vehículo al que quedó atrapado. En este caso el accidente no llegó a mayores, pero si hubiera sido un camión de carga el afectado, probablemente este habría volcado. Por lo tanto en la zona de cunetas prefabricadas deberá colocarse señalización vial que advierta a los conductores del riesgo existente. En la zona de curvas debiera considerarse al menos una cuneta pequeña que pueda conducir las aguas fuera del camino, evitando la formación de hielo en la calzada y deberá estar siempre despejada de material pétreo para no obstruirla, evacuando claramente los deshielos a lugares donde no pueda erosionar el terraplén del camino, etc.

7.3.4. Pistas de emergencia.

Las pistas de emergencia de la ruta no están en condiciones de ser utilizadas por los conductores y vehículos, ya que no están debidamente señalizadas y, segundo, no cuentan con material para el frenado del vehículo, tornando una prevención de accidentes en causa de accidentes. Estas deberán estar siempre en excelentes condiciones para el usuario.

7.3.5. Cobertizos.

Estos tienen la particularidad de estar abiertos por el costado opuesto al corte del cerro, para la entrada de luz natural, debido a que en el interior de estos la temperatura es más

baja por la sombra y además para evacuar los gases emanados de los vehículos. Estas aberturas constituyen una desventaja, que al producirse deslizamientos de nieve y avalanchas estos quedan completamente cubiertos, introduciéndose la nieve por las aberturas antes nombradas. Hay que tener en cuenta que la nieve depositada por una avalancha cuadruplica la densidad de la nieve depositada por caída natural sobre la calzada. Esto dificulta la remoción en el interior de los cobertizos. A este problema, René León, Supervisor de Operaciones de Caminos y Nieve de División Andina de Codelco Chile, en numerosas conversaciones ha propuesto una solución, la cual me parece debe darse a conocer, debido a su trayectoria y experiencia en la zona. Menciona León, que las aberturas de los cobertizos pueden ser tapados con bloques de vidrio, que tiene un espacio vacío en su interior. Este se instala a modo de tabique en los vanos dejados por los pilares, dejando pasar la luz natural hacia el interior del cobertizo. Menciona además que esta experiencia fue realizada en Canadá, resistiendo los esfuerzos producidos por el empuje de la nieve de las avalanchas. Por otra parte, los aleros de los cobertizos deben impedir que la nieve de una avalancha se devuelva al interior del cobertizo.

7.3.6. Señalización vial.

Se deberá señalar todos aquellos eventos o lugares que impliquen un riesgo para el usuario. Por otro lado, nunca deberá existir letreros que nada tengan que ver con la ruta, como los letreros comerciales de propaganda, para evitar la distracción del conductor. Entonces la señalización vial existente en la ruta deberá ser.

- **Velocidad de acuerdo a la carpeta.** En la reposición terminada en el invierno de 1999, en el tramo comprendido entre Guardia Vieja y Juncal, se colocó señalización. La ruta requiere un estudio de modernización de la señalética, asistido por un profesional competente en esta área, en el sector más complejo, desde Las Vizcachas hasta el límite internacional, en el túnel Cristo Redentor, a objeto de adecuarla a satisfacer las necesidades que una ruta de esta importancia exige.

- Zonas de avalanchas. Deberán estar señalizadas todas aquellas zonas o sectores que sean intersectados por sendas de avalanchas, desplazamientos de nieve y aluviones de material pétreo. Los letreros deberán ser explícitos en que el conductor no deberá

estacionar ni detener su vehículos en dichas áreas. Por lo tanto se deberá destinar zonas que estén fuera de peligro para que el usuario pueda detener o estacionar un vehículo.

- **Zonas de formación de hielo.** Estas también deberán estar claramente señalizadas, indicando al conductor evitar frenar en estos sectores de la ruta para impedir el deslizamiento de los vehículos. Se deberá contar también, con señalización portátil.

- **Pistas de emergencia.** Deberán estar señalizadas y además deberán prevenir al conductor de estacionarse o detenerse en los accesos a estas áreas.

- **Señalización lateral caminera.** O mejor conocida como hitos para carreteras. Se han utilizado en la zona de curvas de la ruta, que debido al paso de la maquinaria al despejar nieve con la pala frontal se han visto desmontadas de sus anclajes. Estos son del tipo flexibles, perfil *teja nevada*, el cual viene de la altura que el mandante requiera. El usado en la ruta es de unos 60 a 70 cm de altura aproximadamente. Se estima que por el momento es el mejor sistema para demarcar el costado de la ruta, dado que es flexible y soporta el paso de la maquinaria aunque disminuya considerablemente su vida útil. El inconveniente que presenta es el color escogido, blanco, lo cual dificulta diferenciar los hitos con respecto a la nieve. Existe la posibilidad en el mercado de elegirlos en color amarillo, mejorando la distinción de este para el usuario de la ruta y el operario de la maquinaria cuando está despejando nieve, facilitando la tarea al ubicar los límites exterior de la calzada. Otro sistema para demarcar los límites de la calzada son los reflectantes horizontales de pavimento o comúnmente llamados *ojos de gato*. Estos lamentablemente presentan el inconveniente de ser cercenados de sus anclajes por la maquinaria, pudiendo incluso dañar la carpeta de rodado. Se estima que el mejor sistema a emplear para delimitar la calzada, es pintar los bordes de color amarillo, con una pintura reflectante, que soporte la crudeza del clima y el paso de la maquinaria pesada (tractores oruga), en conjunto con la utilización de los hitos flexibles, del tipo *teja nevada* de la empresa *Siñar* código 15.000/1 DG, pareciendo el más apropiado para la ruta. El centro de la calzada deberá ir pintada en un color diferente al amarillo para diferenciarlo de los límites y diferente al blanco para diferenciarlos de la nieve. Se puede usar un color salmón o anaranjado, de similares características que la utilizada en los exteriores.

7.4. APOYO LOGÍSTICO NECESARIO.

En este punto nos referiremos a todos los recursos, tanto materiales como humanos, necesarios para el funcionamiento normal de toda la metodología de despeje en una temporada invernal. Dentro de los recursos materiales podemos decir que serán todas aquellas maquinarias complementarias que no realizan la tarea de despeje pero que son claves para su funcionamiento. Refugios necesarios, más todas aquellas cosas imprescindibles en su funcionamiento interno. Recursos tales como comunicación interna y con el exterior, estaciones meteorológicas y por último como recursos humanos el personal necesario para el funcionamiento de toda esta estructura.

7.4.1. Recursos materiales.

Como ya se dijo anteriormente, este sub acápite tratará todo aquel material imprescindible para terminar con éxito y en el menor tiempo posible la tarea de despejar la ruta, disminuyendo al máximo los días de cierre del camino.

- **Refugios y maquinaria.** Los refugios necesarios o propuestos son cuatro: túnel Cristo Redentor, Portillo, Juncal y Guardia Vieja. Estos fueron escogidos de manera tal que, cuando las máquinas inicien la faena de despeje de nieve, lo hagan descendiendo por la ruta para sacar el mejor rendimiento de la maquinaria, aprovechando la pendiente, evitando así que el equipo pierda parte de su potencia al subir una pendiente y, a la vez, mover la nieve. Solo la maquinaria de Guardia Vieja podrá trabajar pendiente hacia arriba, únicamente en aquellas ocasiones en que la nieve haya sido despejada pendiente abajo del refugio. La maquinaria de despeje de nieve propuesta para cada refugio se dio a conocer en el capítulo 5 de esta tesis, ubicada en la tabla 5.1.

También es importante mencionar que esta división de sectores de trabajo según refugios con su respectiva maquinaria, no es rígida. Aquel sector que haya terminado el despeje en su totalidad deberá ir en apoyo de los sectores más conflictivos de la ruta, hasta que la tarea de despeje haya sido completada a lo largo de toda la ruta.

Los refugios con total disponibilidad en estos momentos son solo Portillo y Guardia Vieja, ya que Túnel Cristo Redentor y Juncal constan de instalaciones, pero no adecuadas para implementar un refugio bien dotado para enfrentar la temporada

invernal. En el Túnel se hace necesario disponer de un sector para construir un galpón donde poder ubicar la maquinaria especializada para la remoción de nieve, más todos aquellos artefactos complementarios para soportar el invierno. El refugio del personal existe, solo hace falta colocarlo en funcionamiento.

El refugio de Juncal cuenta con instalaciones para el personal y un galpón donde se almacena la sal, dificultando el estacionamiento de maquinaria por la acción de esta y además por espacio debido a la cantidad de maquinaria propuesta para este. Las instalaciones del personal son suficientes pero deben ser mejoradas ya que el lugar no está en buenas condiciones para pernoctar, menos para soportar un temporal de varios días. También deberá proveerse de un túnel que sea hermético, para el movimiento del personal desde habitaciones o salas de trabajo a galpón de maquinaria.

El equipamiento necesario para cada refugio, para el bienestar del personal será.

- *Camas*, en número suficiente para el personal, hasta 4 camas por habitación.
- *Baños*, uno por cada 5 personas en cada refugio.
- *Duchas*, una por cada 5 personas por refugio.
- *Calefacción*. Cada refugio contará con calefacción para el personal, así como para las maquinarias en los galpones.
- *Cocina*. Cada refugio deberá contar con una cocina debidamente implementada para su uso.
- *Entretenimientos*. Ya sea televisión por cable, videos pasapeliculas, equipo musical, juegos de mesa, etc.
- *Comestibles*. Cada refugio deberá contar con un stock suficiente para soportar un temporal o evento que los aisle de la ciudad, para al menos 30 días con alimentos no perecibles, de modo que al momento de ser utilizados, después del temporal será reabastecido en la misma cantidad inicial. Esto es para la supervivencia del personal mientras dure un frente, hasta la apertura del camino.

El equipamiento de apoyo para el funcionamiento de las máquinas que despejarán nieve es el siguiente.

- *Camión de mantención*, para la lubricación de las máquinas, con el equipo necesario para realizar tal función. Se recomienda tener dos unidades, uno ubicado en Portillo y el otro en Guardia Vieja. Estos se movilizarán hasta el lugar donde se encuentren las máquinas para cumplir su función.

- *Camión abastecedor de combustible*, para abastecer la maquinaria en el lugar de trabajo u operación, sin que esta debe movilizarse hasta los refugios para llenar el estanque. Habrán 2, uno en Túnel Cristo Redentor y el otro en Guardia Vieja.

- *Generadores de electricidad*, operativos ante cortes de energía de manera de proveer la electricidad necesaria para luz, calefacción, equipos, etc. Será 1 por cada refugio de la ruta.

- *Hidrolavadoras*, para limpiar la maquinaria de sal acumulada en sus carrocerías que provoca corrosión y limpieza de la nieve y barro acumulada en las palas y partes o articulaciones delicadas de cada maquinaria. Constará de 1 hidrolavadora por refugio.

- *Cadenas*. Cada máquina o equipo que trabaje en la ruta despejando nieve o no, y cuente con tracción neumática deberá tener al menos 1 juego de cadenas para la nieve.

- *Camionetas 4x4*. Serán doble cabina, para realizar los trabajos de inspección diaria de la ruta y cuando los equipos estén operando en la remoción de nieve. Habrá 1 por refugio.

- *Vehículos de transporte*. Serán los necesarios para trasladar la gente desde su lugar de trabajo, en este caso el refugio correspondiente hasta la ciudad de Los Andes.

- **Comunicaciones**. Dentro de esta subdivisión comunicaciones tenemos la comunicación interna de Vialidad, al interior de sus refugios y la comunicación con organismos exteriores.

- *Comunicación interna*. Cada refugio deberá contar con equipo de radio de comunicación truncada del tipo VHF, para emitir o recibir información con los otros refugios, con Vialidad Los Andes y con la maquinaria que esté operando en la ruta. Por lo tanto, cada maquinaria y vehículo de Vialidad que opere en la ruta deberá contar con un equipo de comunicación, permitiendo ubicar los equipos y personal distribuido en la ruta en operación.

- *Comunicación externa.* Cada refugio deberá tener línea telefónica y equipos suficientes para entablar comunicación tanto entre los propios refugios, como con estamentos de índole distinta a él. En este caso nos referimos a comunicación con Carabineros de Chile, con la cual debe existir un lazo informativo acerca de situación de la ruta en forma constante, para el cierre o apertura de la ruta.

Así mismo, debe existir un lazo de comunicación e información adecuada, constante y oportuna con Vialidad Argentina, para cerrar la ruta en ocasiones en que ellos se vean privados de una apertura por trabajos en la vía en su territorio, así como del cierre en aquel lado cuando sea el lado chileno el que no esté en condiciones de entregarse al tránsito.

También debe existir una estrecha comunicación con el representante del Ministerio del Interior en la ruta, el cual opera en el sector del Túnel Cristo Redentor, Siendo él, la persona que tiene la última palabra acerca de la apertura o cierre del camino.

- **Estaciones meteorológicas.** Para poder implementar un sistema ágil y eficaz, debemos apoyar nuestra metodología de despeje y todas las decisiones que serán tomadas en adelante, de un sistema de información meteorológica adecuada, que permita actuar con anterioridad al fenómeno a desarrollarse. Se recomienda instalar estaciones meteorológicas a lo largo de la ruta, en cada refugio de Vialidad. Esto es, en Túnel Cristo Redentor, Portillo, Juncal y Guardia Vieja. Se pretende con esta medida, tener resultados al corto y mediano plazo. Al corto plazo, se busca tener una idea del desarrollo de la situación, por ejemplo de un frente con precipitaciones nivales, líquidas, etc., obteniendo esta información constantemente a manera de saber cuanta nieve está cayendo sobre el camino, cuanto hielo se estará formando en el pavimento, en el caso de haberlo, para tomar una decisión acerca del cierre del camino, etc. Al mediano plazo, para tener un registro estadístico a medida que transcurren inviernos, para formar una base de datos, de manera tal de poder dar un pronóstico con menor probabilidad de error, acerca del desarrollo de un frente o temporal sobre la ruta.

A continuación, se presentan los componentes necesarios de las estaciones propuestas. Estas son automáticas, solo necesitan personal para despejar nieve de los sensores, que no es menester, sea, un profesional del área meteorológica. De las cuatro estaciones, el centro nivometeorológico se debe posicionar en Portillo, el cual debe contar con equipo

receptor de imágenes satelitales, como se dijo antes, una estación meteorológica automática, e instrumental auxiliar, tanto nivológico como meteorológico, como apoyo en caso de falla de los equipos por diferentes motivos. Estas deben medir velocidad y dirección del viento, temperaturas, presión atmosférica, humedad relativa del aire, radiación solar y espesor del manto de nieve.

El equipo receptor de imágenes satelitales, es la principal fuente de información. Muestra imágenes satelitales globales de alta resolución(formato GVAR), recibiendo imágenes cada media hora en la pantalla del computador , a partir de las cuales, se analizan superficialmente las características de la nubosidad de las situaciones frontales. Estas imágenes provienen de un satélite meteorológico geoestacionario y son analizados por medio de un hardware computacional, el cual cuenta con software especializado. Por otro lado, la estación meteorológica automática, permite complementar la información obtenida a través de imágenes satelitales, aportando mayor precisión a la información proporcionada por el centro nivometeorológico. Los sensores de viento, temperatura y espesor de nieve, entregarán información invaluable y única para la evaluación y pronóstico de la potencial ocurrencia de avalanchas; además, permitirán definir de mejor forma las zonas del camino que presentarán problemas de congelamiento, al definir la isoterma 0°C.

El instrumental nivológico debe constar al menos de lupas mineralógicas 10x y 20x, tarjetas para identificación de cristales de nieve, tarjetas para identificación de granos de nieve(diferencia), kit para densidad de nieve, kit para medición de esfuerzo de cizalle, penetrómetro, palas plegables para nieve, reglas plegables de 2 m. Para nieve, plataformas de medición de nieve(4 al menos), sondas colapasables para avalanchas, aparatos de rescate para personas(ARVA). El instrumental meteorológico exige un campo de mediciones de nieve, formada por una planicie de 20x20 m. Cercada, dotada de iluminación y 6 estacas de medición de nieve de 6 m. De altura, graduadas al centímetro. Deberá haber una en cada refugio.

Tabla 7.2. Cotización receptor de imágenes satelitales de empresa Inducien, Jorge Landon importadores de equipos científicos.

EMPRESA	CANT.	EQUIPO	DESCRIPCION EQUIPO	PRECIO
INDUCIEN	1	Receptor de imágenes satelitales de alta resolución.	<p>Sistema de antena satelital</p> <ul style="list-style-type: none"> •Cable coaxial con conectores RG-58/U, 200 pies •Integrados electrónicos GTI alimentados, convertidor bajo •DC block y power supply •Tarjeta receptora GVAR •Cable interconector c/conectores(DC block al receptor) •Tarjeta receptora GVAR electrónicos GTI <p>Sistema de procesamiento GVAR</p> <ul style="list-style-type: none"> •Computador Pentium III, 500 MHZ •128 megabyte 60 NS EDO RAM, expandible a 192 megabyte •Controlador SCSI Adaptec 32 bit, Rango transf. 10 Mbyte •9.0 Gbyte data drive(SCSI) •6.4 Gbyte program drive(IDE) •Sistema de operación instalado, WINDOWS NT 4.0 •6.0 Gbyte DAT drive(IDE) •Tarjeta de video gráfica Matrox millenium, SBE video RAM 24 •Tarjeta Ethernet 10/100 PCI •CD ROM 32x •Disketera 1.44 Mb •Super disk LS 120 Mb •Teclado y mouse <p>Monitor</p> <ul style="list-style-type: none"> •NEC Multisine 21" •Pantalla Opticlear <p>Software DirectMet</p> <ul style="list-style-type: none"> •Modulo de análisis •Modulo de generación del producto <p>Sistema de asesoramiento y entrenamiento (Incluido por sistema)</p> <ul style="list-style-type: none"> • 5 días de soporte técnico en Chile •Hotel 	
			TOTAL	US \$ 46.000.+IVA

7.4.2. Recursos humanos.

En cuanto a recursos humanos necesarios, para el correcto funcionamiento de toda la metodología propuesta en esta memoria, deberemos tomar en cuenta algunas consideraciones especiales. El régimen de trabajo, ya sea el horario y personal presente en el lugar, deberá ser modificado y aumentado en número. Además, se propone la instauración de la contratación de servicios de alimentación, y de ser posible, personal de meteorología para las estaciones propuestas, durante los períodos invernales.

El objetivo, es modernizar y agilizar los procesos realizados en esta unidad, para dar un servicio adecuado y eficaz como entidad pública, al usuario de la Ruta 60-CH, los conductores; y a la vez, mejorar la calidad del entorno de trabajo para los operarios de la ruta.

Para el trabajo de despeje de nieve de la ruta, contando solo operarios, en los cuatro refugios propuestos, se necesitan 19 personas, más 4 jefes por unidad o refugio y el administrador de la ruta, sumando 24 personas. En el refugio de Túnel Cristo Redentor, son 4 operarios más el jefe de unidad. En Portillo, son 7 operarios más su respectivo jefe de unidad y el administrador de la ruta. 5 operarios en Juncal con su respectivo jefe;

y en Guardia Vieja, 3 operarios más el jefe de unidad. Este es el personal para un turno de trabajo, ya que la intención es, implantar dos turnos de trabajo, para enfrentar las nevadas y avalanchas en invierno a toda hora.

Tabla 7.3. Cotización por una estación meteorológica con todos los elementos necesarios para su funcionamiento. Empresa WILKINS & CIA.

EMPRESA	CANT	EQUIP	DESCRIPCION	PRECI
Wilkins CIA	1	Estació meteorológ	<ul style="list-style-type: none"> ·Unidad básica WEATHERPAK 2000, incluye el hardware protección trans. Adicional, 256 Kb ·Sensor ·ZENOSOFT, software sistema ·NET EXPERT FIRMWARE, programación de los datos provenientes de los sensores para detectar ·Sensor de monitoreo de ·Sensor de humedad relativa y ·Sensor de presión ·Sensor ·Sensor de espesor de manto ·Radio transmisor UHF o VHF de dos vías, para enviar base, 467.8 MHZ con ·Panel solar, 50 watts con caja de ·Torre, tripode de 3 m que incluye ·Estación base UHF o VHF con ·Radio de dos vías de ·Software WINDOWS INTERCEPT- ·Pre-ensamblado e integración de 	
TOTAL			US \$	25.000.+

Por lo tanto, la Ruta 60-CH deberá contar con 48 personas, solo en operarios y jefes de unidad.

La alimentación del personal de operación, deberá ser entregado en concesión o bajo contrato a una empresa del rubro, para desligar así, al servicio y a los operarios, de esta necesidad básica. Este servicio de alimentación deberá entregar las colaciones según corresponda, a los cuatro refugios en cuestión.

El personal de meteorología para las cuatro estaciones en cada refugio, también debe ser suministrado por una empresa competente en el rubro, como ya se ha mencionado en el punto anterior, suministre los equipos y el personal necesario para entregar, la información adecuada y oportuna en los períodos invernales, al personal de todos los refugios de la ruta. Deberán ser al menos 3 meteorólogos y 2 nivólogos. Estos últimos deberán funcionar como personal móvil sobre la ruta, recorriendo la ruta entre Portillo y el Caracoles, para confeccionar perfiles estratigráficos del manto de nieve, pronósticos

de avalanchas, realizar programas de observaciones, motivo por el cual, estos deben ser buenos andinistas, que puedan escalar las cumbres en el sector.

El ideal, es que el servicio de mantener la vía en buenas condiciones de uso, despejado la mayor cantidad de días por año, en el menor tiempo posible, sea entregado a terceros o contratistas. Se hace esta recomendación, debido al entramamiento producido en Vialidad, por factores inherentes a la propia institución, que adormecen la labor y el ímpetu del personal en el trabajo en montaña. Ejemplo de lo anterior, es la inexistencia de provisiones en los refugios para enfrentar aislamientos provocados por cierres de caminos producto de nevadas intensas; no se cancelan horas extras al personal; la jornada única de trabajo, realizada en un solo turno, dificultando la antelación a nevadas desarrolladas durante el anochecer o de madrugada, etc.

7.5. RECOMENDACIONES GENERALES PARA LA APERTURA DEL CAMINO.

A continuación, se entregarán algunas recomendaciones básicas para la apertura del camino, las cuales, son acotaciones para dar un mejor nivel de seguridad al usuario de la Ruta 60-CH, de manera, que pueda recorrer la vía sin problemas, ni riesgos de protagonizar accidentes por un trabajo deficiente e incompleto, a causa de la importancia de abrir la vía en el menor tiempo posible. Esta premisa, será lograda siguiendo una metodología estudiada y asumiendo como regla de trabajo en montaña, la seguridad de los trabajadores y usuarios en primer lugar.

- La vía debe estar despejada a ancho completo, incluyendo las bermas. Las cunetas podrán tener nieve sobre ellas, ya que al aumentar la temperatura el agua escurrirá sobre esta.
- La vía debe estar despejada de hielo y nieve sobre la calzada, en todo su ancho también.
- Las pistas de emergencia deben estar debidamente habilitadas con suficiente material de frenado, y sus accesos despejados de cordones de nieve y hielo su lo hubiere.

- La señalización de la vía debe estar debidamente despejada de nieve y hielo, de modo que pueda ser correctamente visualizada por los conductores.
- No debe haber vehículos atrapados durante la nevada y todos aquellos que así lo fueren, deberán ser retirados a lugares donde no entorpezcan el tránsito, ni interrumpan la vía, escogidos por el profesional a cargo del camino, antes de la apertura del camino.

8. CONCLUSIONES.

En esta tesis, se ha pretendido entregar una base de los conocimientos con respecto a deslizamiento de taludes, deslizamientos de nieve, avalanchas, etc. Esto, más la permanencia en el lugar durante el período invernal de 1999, en instalaciones de Vialidad, en la Ruta 60-CH, permite definir y concluir una operación invierno determinada. Del estudio realizado, se pueden resumir algunos aspectos más relevantes.

- Se definió en la ruta, una sectorización de caída de nieve y avalanchas. Esto, permite determinar las operaciones correctas de trabajo para despejar la ruta. Puntos tratados en el capítulo cuarto.

- Se implementó una metodología de trabajo para la sectorización o zonificación antes mencionada. El objetivo es realizar el despeje en forma eficiente y efectuado en el menor tiempo posible.

- Reubicar maquinaria, equipos y personal en cuatro refugios propuestos a diferencia de los dos utilizados hasta el invierno de 1999. El objeto es distribuir los equipos de acuerdo con las necesidades de la ruta en estudio en el período invernal.

- Recuperar equipos y sistemas de trabajo para afrontar el invierno. Como por ejemplo, el sistema ODIN SENTRY de descongelamiento. Utilización de CF7, como descongelante para sectores más conflictivos como, cobertizos y salida del túnel.

- Cambio de buzón salero, por un buzón que distribuya CF7 sobre la calzada, para aquellas zonas de formación de hielo. Hay zonas frecuentes de formación de hielo en la ruta como el sector de la Puntilla Del Viento, en Juncal y el sector adyacente a la salida del túnel.

- Esquematación de los movimientos de la maquinaria frente a una avalancha, plasmando una correcta y segura operación.

- Se propone un mejoramiento en seguridad vial, ya sea, en la recuperación de pistas de emergencia, señalización adecuada al clima reinante en invierno. Pintado de límites en

la calzada con colores posibles de distinguir, que sea distinto del blanco. Recuperación de bermas y cunetas en mal estado.

- Dotar al servicio de un centro meteorológico, que permita anticiparse a una nevada, lluvia, etc.

- Dotar de recursos adicionales a los refugios. Estanques suficientes de combustibles, camiones con estanque destinados a abastecer de combustibles a los equipos en el lugar de trabajo. Así, los equipos están destinados exclusivamente a la faena de despeje. Se evita la demora en movimientos ineficientes para la máquina como es reabastecer combustible y lubricantes.

Adicionalmente a todas las proposiciones ya planteadas, orientadas a mejorar la metodología empleada para la operación invernal en la Ruta 60-CH, se mencionan a continuación las siguientes recomendaciones:

Dada la importancia estratégico-económica de la Ruta 60-CH, para nuestro país, es indispensable una optimización y poder dotar de nuevas tecnologías y recursos adecuados, los trabajos para mantener la vía en excelentes condiciones de tránsito. Al decir, dotar de tecnologías y recursos, nos referimos, por ejemplo, a la implementación de un centro nivometeorológico, capaz de pronosticar fenómenos meteorológicos, como precipitaciones sólidas y líquidas, tormentas eléctricas, etc., que permitan al encargado de la ruta, tomar decisiones y disponer de los recursos, con anterioridad al fenómeno. Esta observación, es la base de una administración eficiente de la Ruta 60-CH, ya que, tal como se opera actualmente el camino, es imposible anticiparse a cualquier tipo de fenómeno que se presente, debido a que el servicio de Vialidad, no cuenta con esta herramienta, movilizandando personal y maquinaria al momento de generarse el fenómeno. Solo existe una comunicación con el centro de meteorología de Minera Andina, la cual entrega la información requerida. Esta es insuficiente e incompleta, ya que este centro realiza sus mediciones para el cajón contiguo, el cual es diferente al ubicado en la Ruta 60-CH.

Por otro lado, el servicio, últimamente, dotado de maquinaria especializada, no cuenta con los recursos suficientes, para soportar un temporal de magnitud, como en elementos básicos, ya sea, comida o alimentos para un mes de aislamiento en la cordillera, combustible en lugares estratégicos como Juncal y Caracoles, estacionamientos

protegidos de la intemperie para los equipos, etc. Razón que disminuye la capacidad de acción de recursos y equipos adquiridos. En resumen, se puede concluir que no basta con adquirir tecnología, sin tener los recursos adicionales complementarios a éstos; sino que por el contrario, primero debe existir un conocimiento acabado de lo que se enfrenta, partiendo de esta base para fortalecer aquellas debilidades del servicio. Se debe complementar la adquisición de maquinaria con personal competente y que sea dirigido por personas también capacitadas tanto en la labor misma de despeje de nieve, como en lo referente a la administración eficiente de los recursos existentes. Debido a que el servicio de Vialidad no cuenta con los recursos descritos anteriormente, obliga a movilizar al personal y maquinaria solo al momento de generarse una nevada.

El sistema de trabajo utilizado, jornada única, no siempre permite ocupar a los operarios cuando se les necesita, y en las mejores condiciones para la operación. Muchos de ellos, han trabajado hasta 8 horas seguidas y más, sobre la máquina. La fatiga del operador, arriesga su salud, así como el equipo a su cargo. Además, muchos de los operadores, no cuentan con la capacitación suficiente para operar el equipo asignado y no han manejado maquinaria pesada antes. A raíz de esto, se estima necesario, instaurar un sistema de trabajo por turnos con personal calificado y un profesional a cargo de la ruta, ubicado en Portillo, como centro de operaciones. Capacitar a los operadores, por lo menos, una vez al año, acerca de seguridad, avalanchas, rescate en montaña, manejo de sustancias peligrosas como combustibles, químicos, etc.

Se propone, que el encargado de la Ruta 60-CH, en el sector de montaña, esté ubicado en Portillo, junto con el centro de nivometeorología, de modo de poder anticipar sus decisiones a la iniciación de los fenómenos y ubicar sus recursos en los lugares estratégicos escogidos por él. Este profesional, debe tener conocimientos sobre el tema avalanchas, maquinaria, caminos, etc. Este debe ser apoyado por profesionales competentes que manejen el centro nivometeorológico, que puedan interpretar los datos entregados por las estaciones y el receptor de imágenes satelitales.

Un sistema de operación eficiente tanto técnico como administrativo hablando, el accionar de éste, debe ser proactivo, o sea, conocer, decidir y actuar antes que se genere el fenómeno; en contraposición a lo que se realiza hasta el momento, operando el sistema en forma reactiva.

Aquellos que tienen mayor experiencia en el control de riesgos en operaciones de montaña, son empresas destinadas a procesos industriales, quienes, han estructurado planes que permiten regular eficazmente la integridad de las personas y su expedito desplazamiento. De sus experiencias, se pueden rescatar varios criterios y aspectos, que debieran ser implementados en todas aquellas operaciones de invierno en montaña;

- Organización para desarrollar la operación.
- Sistema de información para conductores que ingresen a la ruta, con el estado del momento.
- Sistema de alerta para evacuar áreas, estableciendo cierres de caminos y aperturas post-temporal.
- Sistema de operaciones para limpieza de caminos, optimizando el modo de operación de los equipos.
- Sistema de previsión de avalanchas para las zonas de riesgo.
- Sistema nivometeorológico para apoyar las operaciones restrictivas del tránsito, alertas, previsión de avalanchas, repliegue de equipos de limpieza de nieve y cierre de caminos.
- Sistema de control de tránsito y apoyo ante emergencias con equipos apostados en lugares críticos.
- Plan de mantención de obras civiles según estación para un eficiente funcionamiento.

Finalmente, se recomienda que para enfrentar todos aquellos problemas o dificultades que conlleva el invierno (avalanchas, formación de hielo, aluviones, etc.), de una manera eficiente y de acuerdo a los criterios administrativos que actualmente son mayoritarios en el país, se entregue el camino en concesión a una entidad o empresa privada, la cual, se aboque solamente a la tarea de despeje y mantención de la ruta, en el tramo de montaña, colocando la maquinaria suficiente y adecuada, así como, los operarios debidamente entrenados y capacitados para el trabajo en nieve y en altura. Esta deberá implementar tecnología acorde a las necesidades e importancia de esta ruta, para mantenerla la mayor cantidad de días posibles abierta al tránsito de vehículos de carga

en invierno, así como de vehículos de transporte de pasajeros que ingresan y abandonan el país en calidad de turistas.

Por otro lado, tiene mayor factibilidad, que al entregar el mantenimiento del camino en concesión a privados, éste, pueda implementar además, un sistema de control de avalanchas, cuyo costo a Vialidad, lo supera en presupuesto. En el anexo B se presenta el estudio realizado por la empresa ACUSTERMIC, para implementar en la ruta un sistema de control de desprendimientos de rocas con pantallas dinámicas, que es un problema de menor envergadura, pero siempre recurrente en la ruta. Este tiene un costo muy elevado para el presupuesto de una entidad pública como Vialidad, que se ve impedido de invertir en este tipo de tecnologías.

El desafío, para futuras tesis o memorias es, profundizar en un estudio de la zonificación de avalanchas en la Ruta 60-CH y estudiar el sistema de control de avalanchas, que de el resultado más óptimo, y que disminuya al máximo el riesgo de generación de éstas, facilitando la labor de despeje al aminorar su impacto sobre la ruta.

BIBLIOGRAFÍA.

- Aceituno Patricio; López Bernhard Manual de uso GEOCLIMA, versión 1.1., 1998.
- Administración de Aduanas de Los Andes, Informe de Aduana de Los Andes, 1999.
- Alaska Railroad Corp. Fundamentos de seguridad de la avalancha, INTERNET, 1999.
- Arriagada F., Parada C. Estudio y zonificación de los movimientos gravitacionales de los terrenos naturales de la V región, 1984.
- Asociación Chilena de Seguridad. Los riesgos del trabajo en la alta montaña, S/A.
- Caterpillar Manual de rendimiento Caterpillar. 28ª edición, 1997.
- C.E.N. Nivometeorologie et securite des pistes, 1984.
- C.E.N. Control de avalanchas, Francia. INTERNET, 1999.
- Codelco Chile División Andina Plan de invierno, 1998.
- Codelco Chile Reglamento de operación invierno, 1998.
- Comisión Nacional de seguridad de Tránsito. Guía de seguridad para Trabajos en las vías públicas de las ciudades, 1997.
- Coquand Roger. Caminos, Circulación- Trazado-Construcción. 2ª edición, 1965.

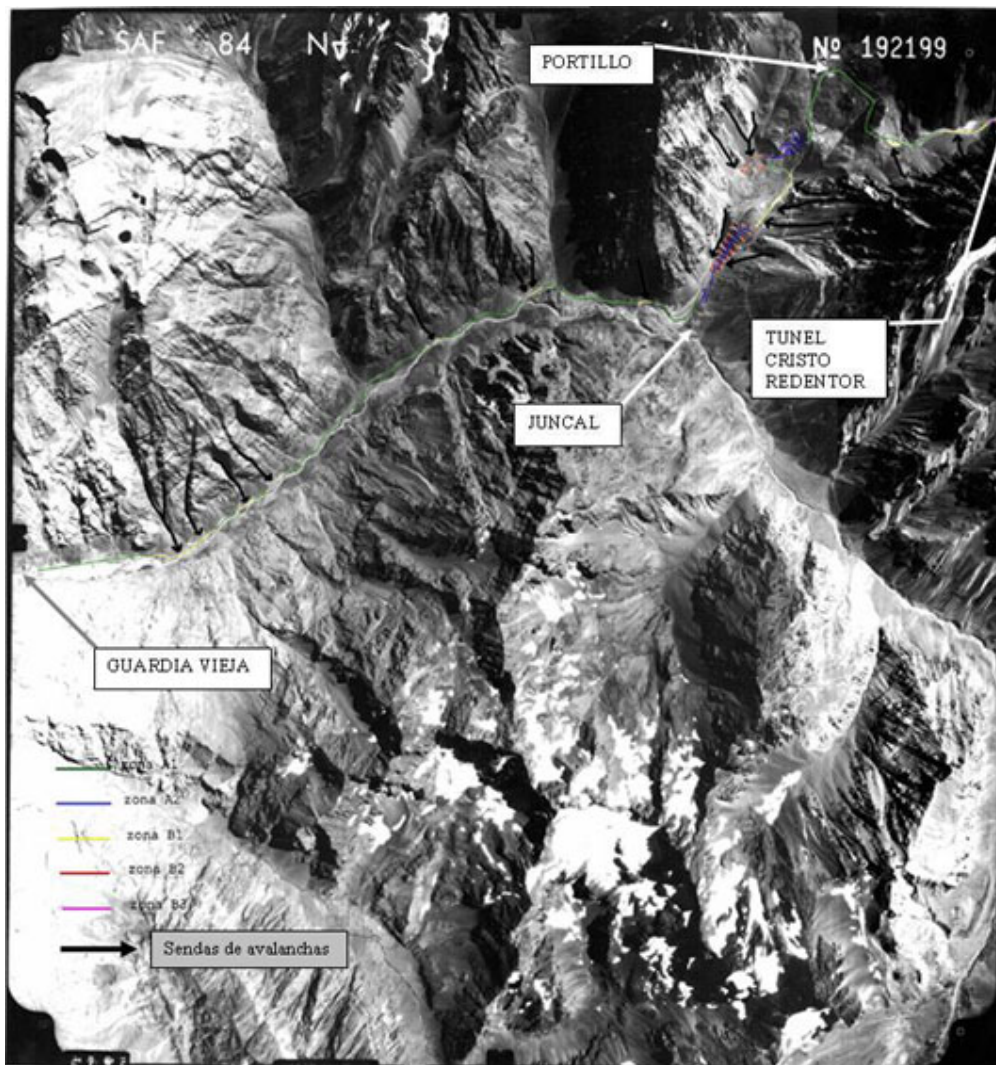
- Cryotech deicing Technology. CF7 liquid deicer, S/A.
- Dirección de Vialidad Los Andes. Gestión de mantenimiento vial, S/A.
- Dirección de Vialidad Los Andes. Metas especiales para 1999, 1999.
- Escuela de Construcción Civil PUC. Seminario Internacional Manejo de nieve y Control de Avalanchas, 1987.
- Fuchs Alfred. Avalanche conditions and avalanche research in the United States, 1955.
- Geobruigg S.A. Tecnología de protección contra la caída de rocas, S/A.
- Grupo operación Invierno, C.M. Disputada. Manual de rescate en nieve, S/A.
- Guzmán M. Alejandra. Estudio Integral de la ruta 60-CH en alta montaña, 1996.
- Legault R. Adrian. Ingeniería de Carreteras y Aeropuertos. 1ª edición, 1963.
- León René. Identificación de zonas de avalanchas, 1985.
- Lliboutry Luís. Fundamentos de Glaciología, Nieves y Glaciares de Chile. Santiago, Chile, 1956.
- Loftness. Snowblowers (Folleto), S/A.
- Márquez F. Roberto; Pedrero R. Víctor. Control de Avalanchas de Nieve. Memoria para optar al título de Constructor Civil. P.U.C. de Chile, 1985.
- Martinells, M. JR. Avalanche protection in Switzerland. USDA For Serv. Rocky Mt. For and Range Exp. Stn. General technical report, RM. 1975.
- M.O.P. Dirección de Vialidad V región, Unidad Camino Internacional. Evaluación del sistema Odin Sentry en la ruta 60-CH, S/A.
- M.O.P. V región. Informes Ruta 60-CH, 1983.
- National Research. Avalanches and avalanche defence. 1ª edición, 1969.
- Odin Sentry Internacional Inc.. Manual del sistema de deshielo Odin Sentir, 1998.
- OEA-ECHO-IPC. Proyecto de reducción de la vulnerabilidad del sistema vial de transporte a los peligros naturales, S/A.
- Ross Silcok Partnership. Hacia vías más seguras en países en desarrollo. 1ª edición, 1991.
- Silva P. Pedro; Siña M. Jaime. Control de Avalanchas aplicado al Cajón de Río Blanco. Memoria para optar al título De Constructor Civil. U.C.V. 1988.
- Siñar S.A. Folletos de venta de productos, S/A.
- Turbosider Acustermic. Sistemas de protección del medio ambiente, S/A.
- Turbosider Acustermic. Estudio de eliminación de riesgos con desprendimiento de roca, 1999.
- Universidad Católica de Valparaíso. Revista Facultad de Ingeniería, 1998.

- U.T.F.S.M. Seminario internacional, Vialidad de alta montaña. 1997.
- Vialidad Argentina, Universidad nacional de San Juan. II provial nacional, 1997.
- Voight Barry. Rockslides and avalanches. 1ª edición. 1979.
- Wilkins & CIA Ltda. Road weather information system, 1999.
- Wilson Norman. Curso de entrenamiento en nieve, 1973.
- Automóvil Club de Chile.Revista Rutas, (sistemas de información meteorológica), 1993
- Federación de Andinismo.Revista Andes y Montañas magazine, 2000.

ANEXOS

ANEXO A: ZONIFICACIÓN DE AVALANCHAS.

Fotografía A.1 :Fotografía aérea de la ruta en sector de Guardia Vieja,hasta tunel Cristo Redentor, con la zonificación y las sendas descritas en la tabla 4.1.



ANEXO B: COTIZACIONES

A continuación se presenta las cotizaciones de la empresa italiana Tubosider Acustermic, para sus productos pantallas dinámicas tipo TSB4 y TSB6. También se adjunta la cotización del líquido descongelante CF7, de la empresa norteamericana CRYOTECH Deicing Technology.



Santiago, 08 de Abril de 1999.

Señores :
DIRECCIÓN DE VIALIDAD REGIONAL V REGIÓN
Presente

At. : Sr. Richard Jimenez
Ref. : Cotización de barreras parapiedras tipo TSB 4 y TSB 6

COTIZACIÓN N°0255/99

Estimado Sr.

De acuerdo a lo conversado, tenemos el agrado de hacer llegar a Ud. nuestra propuesta por el suministro de barreras parapiedras tipo TSB 4 y TSB 6. De acuerdo a visitas de terreno efectuadas en el mes de Marzo con personal de Vialidad.

1.- Indicaciones Generales

OPCIÓN A:

La pantalla dinámica tipo TSB 4 esta diseñada para disipar una energía cinética de 400 KJ, es decir, la energía equivalente a una piedra cuyo peso es de unas 2,0 toneladas (0,83 m3) lanzada a una velocidad de 20 m/seg.

OPCIÓN B:

La pantalla dinámica tipo TSB 6 esta diseñada para disipar una energía cinética de 600 KJ, es decir, la energía equivalente a una piedra cuyo peso es de unas 2,5 toneladas (1,00 m3) lanzada a una velocidad de 22 m/seg.

Todas nuestras Pantallas Dinámicas cuentan con certificación de prueba de campo a escala real, emitido por el Politécnico de Torino.



2- Presupuesto

Punto	Modelo	Longitud Pantalla (m)	Altura Pantalla (m)	Largo Tramos (m)	Precio Unitario (U.S.\$/m)	Precio Total (U.S.\$)
(a)	TSB4	120	3,0	5,00	300	36.000
(b)	TSB6	55	3,0	5,00	350	19.250
(c)	TSB6	75	3,0	5,00	350	26.250
(d)	TSB4	50	3,0	5,00	300	15.000
(e)	TSB4	60	3,0	5,00	300	18.000
(f)	TSB4	110	3,0	5,00	300	33.000
(g)	TSB4	80	3,0	5,00	300	24.000
(h)	TSB4	100	3,0	5,00	300	30.000
(i)	TSB4	80	3,0	5,00	300	24.000
(j)	TSB4	100	3,0	5,00	300	30.000
(k)	TSB6	120	3,0	5,00	350	42.000
(l)	TSB4	80	3,0	5,00	300	24.000
(m)	TSB6	120	3,0	5,00	350	42.000

Adicionalmente a los valores indicados hay que incluir el juego de anclajes terminales a un costo de 900 USD. Los elementos terminales corresponden a los postes, disipadores de energía y anclajes necesarios para cada inicio y término de cada tramo de pantalla.

La longitud recomendada para cada tramo oscila entre 60 y 150 m dependiendo de las necesidades de contención y las facilidades para la instalación de los sectores a proteger.

3.- Indicaciones al Presupuesto

La instalación de estos elementos debe considerar la construcción de las fundaciones, armado y tensado de los elementos, no incluidos en este presupuesto.



ROBERT J. STRAWN
Marketing Director
TONY A. MYHRA
Product Manager

Date: 5/28/97 Fax Pages: 1
To: Ms. Alejandra Guzman, Direccion de Vialidad,
V Region - CHILE
Fax Phone: 563-220-2756 From: Robert Strawn
Subject: CF7

Dear Ms. Guzman:

We apologize for the delay in responding to your request for a CF7 price. This is caused by our lack of experience in dealing with Chile without assistance from a local distributor, like we have in Argentina. Here is what we can offer at this time for shipment by air:

Offer 1. For 1 metal tote

Price ex works	US\$4.95 per US gallon	US\$1.31 per liter
Air freight estimate to Santiago	US\$3776.00	
Quantity	265 US gallons	1003 liters

Offer 2. For 2 plastic drums

Price ex works	US\$5.25 per US gallon	US\$1.39 per liter
Air freight estimate to Santiago	US\$1472.00	
Quantity	110 US gallons	416 liters

Additionally, we will add the costs for any governmental taxes, fees, or handling charges. Does your organization have a means for bank transfer of the funds to our bank in the U.S. prior to shipment? This will be required for Cryotech to accept this order. We are continuing to investigate shipment by sea.

Such small quantities is not an economic method for the purchase of deicers, however for a trial at the tunnel it may be worthwhile. Please advise how you would like us to proceed.

Sincerely,



ROBERT J. STRAWN
Marketing Director
TONY A. MYHRA
Product Manager

- Fax Cover Sheet -

Date: 5/29/97
Pages: 1
To: Ms. Alejandra Guzman, Direccion de Vialidad,
V Region - CHILE
Fax Phone: 563-220-2756
From: Robert Strawn
Subject: CF7 - by sea

Dear Ms. Guzman:

Here's a third option for CF7 shipment by sea in larger quantities.

Offer 3. For 1 ISO tank container

Price ex works	US\$3.30 per US gallon	US\$0.87 per liter
Sea freight to Valparaiso, Chile	US\$8200.00	
Quantity	4200 US gallons	15,900 liters
Unloading time	7 days	
Demurrage after 7 days	US\$35 per day for first 20 days, US\$45 per day thereafter	
Approximate transit time	30 days from day of loading by Cryotech	
Carrier	Matlack International, Inc., Wilmington, DE, USA Telephone: 302/426-2700 Attn: Mr. Mike Lauser	

This option is the most economical method to purchase CF7. It dramatically reduces the cost per liter, because it is a larger volume and there are no container costs to Cryotech.

Please advise how you would like us to proceed.

Sincerely,
Robert J. Strawn