

MOPU

1989

VIALIDAD INVERNAL

Técnicas y medios

SUBDIRECCION GENERAL DE
EXPLOTACION Y CONSTRUCCION

AREA DE CONSERVACION
Y EXPLOTACION

... DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS ...
... DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS ...
... DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS ...

**MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y URBANISMO
DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS**

VIALIDAD INVERNAL

Técnicas y Medios

DICIEMBRE 1988

SUBDIRECCION GENERAL DE CONSTRUCCION Y EXPLOTACION

Indice

	<u>Página</u>
1.- GENERALIDADES	5
2.- FENOMENOS METEOROLOGICOS QUE AFECTAN A LA VIALIDAD INVERNAL	9
3.- TECNICAS EMPLEADAS PARA COMBATIR LOS EFECTOS DE LA NIEVE Y EL HIELO	13
4.- FUNDENTES	19
5.- ABRASIVOS	37
6.- MAQUINAS QUITANIEVES	39
7.- MEDIOS DE PREVISION Y ALERTA DE LOS FENOMENOS METEOROLOGICOS	55
8.- MEDIOS DE INFORMACION AL PUBLICO Y COMUNICACIONES	61
9.- PERSONAL	69
10.- EQUIPAMIENTOS AUXILIARES	71
11.- INSTALACIONES DE LOS CENTROS DE OPERACIONES	77
12.- EFECTOS PERJUDICIALES PRODUCIDOS POR LA REALIZACION DEL MANTENIMIENTO INVERNAL	83
13.- NUEVAS TECNICAS EN EXPERIMENTACION	89

1 Generalidades

Los fenómenos meteorológicos invernales, sobre todo la nieve y el hielo, producen perturbaciones al transporte por carretera en las zonas que se ven afectadas por los mismos.

Como es sabido, estos efectos pueden paliarse, fundamentalmente, con la realización del mantenimiento invernal, el cual tiene por objeto luchar contra las molestias causadas al tráfico por la climatología invernal.

Hay que procurar que la circulación por carretera se realice con la mayor seguridad posible, optimizando la eficacia de las intervenciones en función de criterios socioeconómicos, y minimizando los costes directos y los efectos negativos (medio ambiente, firmes, corrosión, etc.)

Para alcanzar estos objetivos, se realizan los siguientes tipos de operaciones básicas:

- Limpieza de nieve
- Eliminación del hielo y evitar su formación.
- Información al usuario
- Mejora de las características de la carretera.

Aunque las dos primeras son las que tienen una influencia más directa sobre la seguridad de la carretera, ésta no depende totalmente de ellas. Existiendo otros factores externos que no son controlables, en particular los que se refieren a los usuarios y sus vehículos y la climatología. De ahí la importancia del resto de las operaciones, ya que aportan las siguientes mejoras al mantenimiento invernal:

- Mediante la información, se actúa sobre el conductor para que conozca las condiciones de la carretera y adapte su vehículo (p. ej. colocando cadenas en los neumáticos) y su forma de conducir a las características de aquélla.
- La mejora de las características de la carretera, tanto durante la etapa de proyecto y construcción, como con la disposición de equipamientos auxiliares (pantallas paranieves, balizamientos, etc.), reducirá los efectos negativos del hielo y la nieve.

Es evidente que la realización del mantenimiento invernal permite resolver muchas de las dificultades producidas por la meteorología en esta época del año, facilitando la circulación por carretera.

Pero, el tráfico no se puede garantizar totalmente, cualesquiera que sean las circunstancias. Existen dos limitaciones:

- En primer lugar, existe una limitación técnica, producida por climatologías excepcionales, accidentes, etc., que pueden perturbar el tráfico y contra las que es difícil actuar.
- Existe también una limitación económica, ya que el coste del mantenimiento invernal crece muy rápidamente con la eficacia del servicio requerido, por lo que es necesario fijar un nivel de servicio cuyo coste sea asumido por la sociedad y esté de acuerdo con las demandas de ésta. Esta limitación condiciona de forma importante la organización que se debe establecer.

A pesar del condicionante económico que como toda actividad tiene, no hay que olvidar que la mayoría de los estudios realizados en este sentido han concluido que: "GASTAR DINERO EN MANTENIMIENTO INVERNAL ES UNA BUENA INVERSION".

Como muestra de esta afirmación, a continuación se resumen las conclusiones alcanzadas por un estudio realizado en Finlandia para carreteras pavimentadas con I.M.D. > 1.500 vehículos/día.

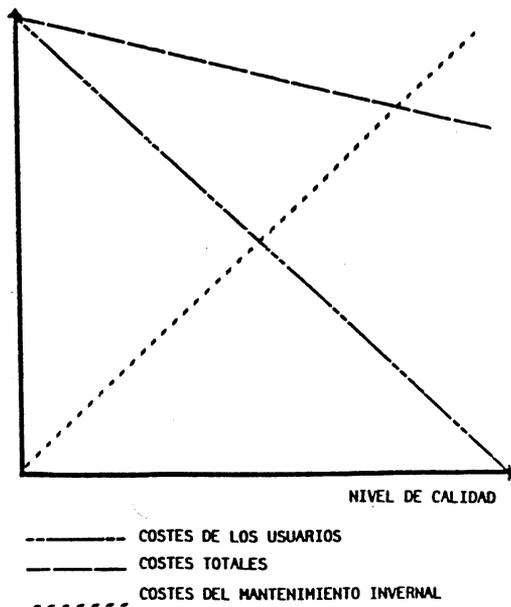


FIGURA Nº 1 - VARIACION DE LOS COSTES EN FUNCION DEL NIVEL DE CALIDAD DEL MANTENIMIENTO INVERNAL EN CARRETERAS DE FINLANDIA - CON I.M.D. > 1.500

En la figura nº 1 se puede ver la evolución de los costes de mantenimiento invernal, los costes de los usuarios y los costes totales en función del nivel de calidad exigido. Mientras los costes de mantenimiento crecen muy rápidamente, los de usuarios decrecen, dando

es total una disminución del costo a medida que mejora el nivel de servicio, viniendo a demostrar que: el coste soportado por los usuarios de carreteras importantes es superior al gasto ocasionado por la ejecución del mantenimiento invernal.

Estas consideraciones ponen de relieve la importancia del mantenimiento invernal y justifican la realización del presente estudio, el cual tiene por objeto: analizar las técnicas y los medios empleados en la ejecución del mantenimiento invernal y recomendar los que se consideren más adecuados en cada caso.

Para su realización, se ha procedido como sigue:

- En primer lugar, se han estudiado las características de los fenómenos meteorológicos que afectan a la vialidad invernal.
- A continuación, se han analizado las técnicas que se emplean actualmente en mantenimiento invernal.
- Seguidamente, se han estudiado los medios que hay que disponer y como hay que utilizarlos para la ejecución de las distintas operaciones de mantenimiento invernal.
- Posteriormente, se han visto los efectos perjudiciales producidos por la realización del mantenimiento invernal y como se pueden paliar.
- Por último, se han analizado las nuevas técnicas que aún están en fase de experimentación y sus posibilidades de empleo en el futuro.

2 Fenómenos meteorológicos que afectan a la vialidad invernal

Los fenómenos meteorológicos que, fundamentalmente, producen perturbaciones a la circulación por carretera durante la temporada invernal son el hielo y la nieve.

Existe un tercer fenómeno, la niebla, que también ocasiona molestias al tráfico durante la temporada invernal. Pero como no solo se produce en esta época, no puede considerarse estrictamente como un fenómeno meteorológico del invierno.

A continuación se describen las características de estos tres fenómenos meteorológicos.

2.1. Hielo

Existen diversos tipos de hielo en función de la naturaleza del agua que cae o está sobre la calzada y de la temperatura de la superficie de la misma.

Se puede formar por:

- Congelación de la humedad existente en la calzada.
- Condensación y enfriamiento del vapor de agua atmosférica (niebla y escarcha).
- Congelación del agua que cae sobre una calzada fría.
- Precipitación de agua en sobrefusión.
- Nieve caída y no evacuada. Nieve transformada.

Desde el punto de vista que nos ocupa, dos son las características que permiten clasificarlo:

- Su espesor
- Si aparece en zonas puntuales o de una forma generalizada que afecta a la mayor parte de la calzada.

En el cuadro siguiente puede verse como son estas dos características en función de como se haya originado el hielo.

MUCHO ESPESOR
(Varios cms.)

↑
A

ESPELOR DELGADO
(1 mm.)

- | | |
|--|---|
| . NIEVE TRANSFORMADA | . NIEVE TRANSFORMADA |
| . HIELO PRODUCIDO POR MANTENIMIENTO DEFECTUOSO | . SOBREFUSION |
| . HUMEDAD LOCAL PREEXISTENTE | . LLOVIZNA SOBRE SUELO HELADO |
| . CONDENSACION EN LA TIERRA | . LLOVIZNA SOBRE SUELO HELADO |
| . CONDENSACION DE SU PERFIIE (CIELO CLARO) | . HUMEDAD DESPUES DE LLUVIA (EVAPORACION) |

ZONAS PUNTUALES — A —> GENERALIZADO

2.2. Nieve

La nieve está formada por cristales resultantes de la condensación lenta de la humedad atmosférica a una temperatura cercana a 0° C., (aunque algunas veces se puede producir a temperaturas inferiores).

Los cristales de nieve son diferentes según las condiciones de formación. Entre los parámetros meteorológicos que afectan a la calidad de la nieve que se deposita, hay dos fundamentales: temperatura del aire y viento.

Si la temperatura del aire es $\geq 0^{\circ}$ C., se produce lo que se llama nieve húmeda, que tiene un peso de 90-180 kg./m³. Cuando la temperatura del aire en las proximidades del suelo es inferior a - 5° C., se origina nieve seca, con una densidad de 40-90 kg./m³.

El viento influye rompiendo los cristales de nieve al hacerlos rodar, lo que produce un apelmazamiento de unos contra otros ocupando menos lugar y, en consecuencia, haciendo la capa más densa (140-290 Kg/m³) que en una nevada sin viento con igual temperatura.

La nieve puede clasificarse según los siguientes criterios:

- DUREZA

Puede ser muy blanda, blanda, semidura, dura o muy dura, según pueda hundirse en la misma la mano abierta, el puño, un dedo, un lápiz de punta o la hoja de una navaja

- TIPO DE NIEVE

Puede clasificarse en nieve fresca seca, nieve fresca húmeda, nieve vieja seca y nieve vieja húmeda.

- ESPESOR

Según su altura, en el momento en que se va a proceder a su limpieza, la nieve se clasifica, generalmente, en las siguientes escalas: < 0,30 m.; < 0,60 m.; < 0,80 m.; < 1,00 m.; < 1,50 m. y > 1,50 m.

- INTENSIDAD DE PRECIPITACION

Se pueden clasificar tres categorías, según que la altura de la nieve después de tres horas de precipitación sea inferior a 0,45, 0,60 ó 0,70 metros.

2.3. Niebla

Generalmente, no se suele tener en cuenta en mantenimiento invernal, por no ser un fenómeno exclusivo de esta época y porque su principal efecto -la reducción de la visibilidad- no se puede paliar con las actividades de mantenimiento invernal propiamente dichas, aunque sí con la disposición de señalización e iluminación adecuadas.

En cuanto a la posibilidad de que se produzca hielo como consecuencia de la niebla, ya se contempla en apartados anteriores.

3 Técnicas empleadas para combatir los efectos de la nieve y el hielo

Dependiendo del momento en que se lleven a cabo, las actuaciones u operaciones se pueden englobar en dos grandes grupos: ACTUACIONES PREVIAS Y MANTENIMIENTO INVERNAL.

3.1. Actuaciones previas

La lucha contra el hielo y la nieve se puede comenzar mucho antes de que exista un riesgo inmediato de que se produzcan estos fenómenos meteorológicos.

El conjunto de medidas e infraestructuras que se pueden disponer con este objetivo es lo que se denominan "ACTUACIONES PREVIAS". Las más importantes son las siguientes:

- Muchos problemas de vialidad invernal se pueden reducir o incluso eliminar si se tienen en cuenta al redactar el proyecto de la carretera. Por ejemplo, hay que procurar: evitar las zonas de umbría, la orientación de laderas al Norte y los taludes en los desmontes que producen ventisqueros; que la calzada esté lo más soleada posible; que exista un buen drenaje subterráneo y superficial, etc.
- Hay que dotar a las carreteras de las instalaciones fijas e infraestructuras que se precisen para combatir la nieve que puede ser arrastrada por el viento. Por ejemplo, mediante la construcción de paranieves, viseras de protección contra taludes, túneles, etc.
- Eliminar, si los organismos competentes lo permiten, los árboles próximos a la carretera que produzcan sombra, ya que se puede producir hielo por baja insolación
- Eliminar las vías de agua que puedan discurrir por la calzada, canalizándolas o conduciéndolas a los drenajes. Evitar que puedan formarse acumulaciones de agua.
- Dotar de buenos drenajes a la carretera, sobre todo longitudinalmente, para evitar que el agua procedente de taludes y muros de contención circule por la calzada.
- Eliminar, siempre que sea posible, los obstáculos que existan en las márgenes de la carretera, ya que pueden provocar acumulaciones de nieve.

En esta relación de actuaciones, que no pretende ser exhaustiva, se puede observar como con la implantación de una serie de medidas sencillas y no muy costosas, es posible combatir la nieve y el hielo antes de que se produzcan.

Aunque estas actuaciones previas no están incluidas realmente en el mantenimiento invernal, no se quería dejar pasar la oportunidad sin mencionarlas, dada la importancia que pueden tener en muchas ocasiones. Además, la conservación de estas instalaciones si debe considerarse como una actividad de aquél.

Los responsables del mantenimiento invernal deben analizar las características de sus respectivos tramos y proponer las actuaciones previas que consideren que es necesario llevar a cabo.

3.2. Mantenimiento invernal

Como ya se ha dicho, el objetivo del mantenimiento invernal es eliminar o, en todo caso, paliar las molestias causadas a la circulación por la climatología invernal.

Para alcanzar este objetivo hay que llevar a cabo una serie de actuaciones, que deben desarrollarse mediante el empleo de las técnicas adecuadas. A continuación, se exponen los métodos que se recomienda emplear para la realización de cada operación.

3.2.1 Previsiones meteorológicas

Uno de los aspectos fundamentales para la eficacia del mantenimiento invernal es **ACTUAR A TIEMPO**

Esto se puede conseguir mediante el conocimiento de las previsiones meteorológicas con suficiente antelación, de forma que se puedan prever las inclemencias de hielo y nieve que se puedan presentar. En función de éstas se decidirá las operaciones de mantenimiento invernal que hay que llevar a cabo.

El clima de una zona depende tanto de la situación meteorológica general, como del microclima del lugar, por lo que es necesario realizar el seguimiento de ambos para conocer la evolución del tiempo.

Las previsiones meteorológicas generales las facilita el Instituto Nacional de Meteorología.

El seguimiento del microclima exige conocer las características climáticas de la zona: temperatura, humedad, viento, zonas húmedas, altitud, orientación, vegetación, hora, etc. Se lleva a cabo mediante la instalación de estaciones meteorológicas en puntos estratégicos.

3.2.2 Limpieza de nieve

En la lucha contra la nieve pueden emplearse dos sistemas:

- TRATAMIENTO EN NEGRO: Consiste en tratar de conseguir que la nieve no permanezca en la calzada, retirándola en cuanto empieza a caer.

- TRATAMIENTO EN BLANCO: Admite que exista una capa de nieve transitable sobre la calzada. En este caso para poder circular es necesario que los vehículos vayan equipados con cadenas o ruedas de clavos.

El tratamiento en blanco se suele utilizar en países con condiciones climatológicas duras y carreteras con I.M.D. < 250 vehículos/día. En estos casos es difícil eliminar totalmente la nieve de la calzada de forma permanente o al menos con una cierta continuidad. Los vehículos deben equiparse con cadenas o neumáticos de clavos.

En consecuencia, el sistema que debe emplearse es el TRATAMIENTO EN NEGRO, dadas las características de las carreteras de la Red de Interés General del Estado.

La lucha contra la nieve está basada en tratamientos curativos, ya que hasta que la nieve no empieza a caer no tiene sentido comenzar las actividades de mantenimiento.

La nieve caída sobre la calzada se retira mediante MAQUINAS QUITANIEVES. Pueden ser de empuje y dinámicas. En el apartado 6 se describen los tipos de máquinas existentes y cual es la utilización más adecuada de cada una de ellas.

Pero las máquinas quitanieves no limpian totalmente la nieve de la calzada, dejando una capa de pequeño espesor que es preciso eliminar. Esto se puede lograr mediante el empleo de FUNDENTES.

Aunque evidentemente la actuación básica contra la nieve no puede comenzar hasta que ésta haya empezado a caer,-

también es posible actuar preventivamente contra ella. creando unas condiciones desfavorables sobre la calzada de forma que cuando lo haga no se adhiera a la misma y sea más fácil su retirada. Esto se consigue mediante la extensión preventiva de FUNDENTES.

Tanto para poder llevar a cabo los TRATAMIENTOS PREVENTIVOS CON FUNDENTES, como para tener preparadas las máquinas quitanieves con antelación suficiente, es conveniente saber cuando existe la posibilidad de nevar. De ahí la importancia de las PREVISIONES METEOROLOGICAS, como ya se ha comentado.

Por último, señalar que hasta hace relativamente poco tiempo la extensión de ABRASIVOS (arena y grava) era el único tratamiento que se empleaba, no eliminándose la nieve de la carretera (TRATAMIENTO EN BLANCO). Actualmente la aplicación de esta técnica es muy reducida y no es recomendable para tratamientos en la R.I.G.E., salvo en ocasiones muy excepcionales.

En resumen, en la lucha contra la nieve se emplearán las siguientes técnicas:

- TRATAMIENTOS PREVENTIVOS: EXTENDIDO DE FUNDENTES.
- TRATAMIENTOS CURATIVOS: MAQUINAS QUITANIEVES MAS EXTENDIDO DE FUNDENTES

3.2.3 La lucha contra el hielo

El hielo no sólo es un fenómeno muy perjudicial para la vialidad invernal porque afecta a la seguridad vial, sino que también influye en el deterioro de los firmes por los procesos hielo-deshielo que se producen en los mismos.

Para luchar contra el hielo se puede actuar preventivamente, tratando de que no se ^{por me} produzca, y curativamente, eliminándolo una vez que haya hecho su aparición.

Dado el peligro que para la circulación representa la formación de hielo, EL OBJETIVO DEBE SER QUE NO SE PRODUZCA, por lo que se deberán utilizar los TRATAMIENTOS PREVENTIVOS. La técnica más generalizada para impedir la formación de hielo consiste en el EXTENDIDO DE FUNDENTES.-

En cuanto a los TRATAMIENTOS CURATIVOS, existen dos métodos para luchar contra el hielo: uno consiste en eliminarlo mediante el empleo de FUNDENTES; el otro, trata de paliar sus efectos extendiendo ABRASIVOS, técnica no recomendable para las carreteras de la R.I.G.E.

Tanto para tratamientos preventivos como curativos, se están ensayando actualmente nuevas técnicas que aún están en fase de experimentación (ver apartado 13)

La eficacia de la lucha contra el hielo exige conocer la evolución meteorológica, para poder prever su formación y llevar a cabo los tratamientos preventivos que se precisen.

La realización de los tratamientos curativos exigirá la vigilancia de la carretera para poder detectar cuando y donde se produce hielo y actuar rápidamente. Por tanto es conveniente disponer MEDIOS DE PREVISION Y ALERTA que permitan llevar a cabo la lucha contra el hielo eficazmente.

EN RESUMEN, LA LUCHA CONTRA EL HIELO ESTA BASADA EN EL EMPLEO DE FUNDENTES, TANTO PARA TRATAMIENTOS PREVENTIVOS COMO CURATIVOS.

3.2.4 Información de los usuarios

Se ha convertido en los últimos años en una tarea fundamental para el mantenimiento invernal.

Actualmente, se considera de suma importancia que los usuarios conozcan cual es el estado de la carreteras para que puedan adoptar la decisión que estimen más conveniente: hacer o no el viaje, utilizar itinerarios alternativos, cambiar el horario previsto, realizar el viaje en otros medios de transporte, etc. De esta forma se podrán planificar los viajes, evitándose problemas al usuario y al tráfico en general. Lo más interesante, es informar sobre cuales son los itinerarios libres de nieve y hielo.

Además hay otro aspecto fundamental de la información, y es que conociendo el estado de la carretera, el usuario puede adaptar su vehículo y su forma de conducir a las condiciones de la misma.

Para informar al usuario, se emplean dos sistemas. Uno directamente en la carretera, mediante el empleo de señalización fija o variable. El otro mediante televisión, radio, teléfono, etc.; esta información la facilita el servicio de Tele-Ruta (ver apartado 8)

4 Fundentes

Los fundentes son productos, naturales o no, que tienen la propiedad de impedir que se forme hielo, bajando el punto de congelación del agua a temperaturas inferiores a 0° C., o de fundirlo si ya se ha formado.

Por esta propiedad se emplean en tratamientos preventivos y curativos contra la nieve y el hielo.

4.1. Tipos de fundentes

Los productos que hasta hoy se han utilizado alguna vez como fundentes en mantenimiento invernal, bien de forma generalizada, bien en actuaciones puntuales, o bien en fase de experimentación, son: Cloruro Sódico, Cloruro Cálcico, Cloruro Magnésico, Urea, Alcoholes y Glicoles y C.M.A. (Acetato de Calcio Magnésico)

De todos ellos, los únicos que actualmente se emplean de forma generalizada en mantenimiento invernal son el Cloruro Sódico y el Cloruro Cálcico, por las características que a continuación se exponen de cada uno de ellos.

4.1.1. Cloruro Sódico (Na Cl):

Es el producto más utilizado. Es extraído de las minas de sal u obtenido por evaporación. Se emplea en forma sólida o como salmuera (con soluciones saturadas hechas a temperatura ambiente mediante contacto directo de agua y exceso de sal)

No existe actualmente ninguna norma que fije las características de la sal, por lo que existen diferentes tipos. A título indicativo, se recomienda que el cloruro sódico tenga las siguientes:

- . Producto activo: > 90%
- . Contenido de agua: < 3%
- . Granulometría: 0,2-5 mm.

La granulometría tiene una gran influencia en la eficacia del cloruro sódico. Los elementos finos (< 1 mm.) mejoran la permanencia de sal sobre la calzada, favoreciendo por tanto la eficacia de los tratamientos preventivos. Los elementos gruesos actúan positivamente en los tratamientos curativos. Además, esta característica también influye en la distancia de lanzamiento de los granos desde el plato del esparcidor.

Se suministra a granel, debiendo comprobarse al ser recibido que el producto está limpio y exento de elementos extraños. Debe procurarse que lleve incorporado un antiapelmazante; normalmente, se emplea ferrocianuro potásico en proporciones reducidas

El cloruro sódico es eficaz hasta -5° C. Por debajo de esta temperatura pierde capacidad de acción llegando a casi anularse a partir de -11° C. Por esta razón a partir de -5° C se suele emplear mezclado con cloruro cálcico que es eficaz hasta -35° C. La diferencia de precio entre ambos productos (el cloruro cálcico es 6 veces el del cloruro sódico) también influye en que se empleen de esta forma.

Por último, señalar que el cloruro sódico necesita siempre un aporte externo de calorías para formar la solución, ya sea del tráfico o del sol. Factores como el viento (causa evaporaciones que provocan enfriamientos), la disminución del tráfico, las temperaturas bajas o un tiempo nublado retardan considerablemente la acción fundente de esta sal.

4.1.2. Cloruro de Calcio (Ca Cl₂):

Esta sustancia es un subproducto de la fabricación de la sosa. Es higroscópico pero muy eficaz a bajas temperaturas hasta -35° C (Punto eutéctico -55° C)

Es usado en forma sólida y como salmuera. En este caso la concentración de Ca Cl₂ varía del 15% al 32%. La solución más usada es una salmuera al 26%, aunque también puede usarse con otras concentraciones.

Como se ha expuesto, también se utiliza mezclándolo con el Cloruro de Sodio, debido a su alto precio.

Se suministra en escamas o laminitas de hidróxido de calcio prácticamente puro, de 1,25 mm. de espesor, aproximadamente, y un tamaño medio de 3,0-3,5 mm. Su contenido en cloruro cálcico es del 77-80%. Se sirve en sacos de 50 Kgs., herméticamente cerrados por su gran higroscopicidad, en los cuales su conservación no ofrece problemas.

A diferencia del cloruro sódico, al disolverse es exotérmico.

co, aportando calorías que hacen fundir el hielo o la nieve

Por otra parte, su gran higroscopicidad le permite absorber la humedad del aire y del hielo, actuando rápidamente.

4.1.3. Cloruro de Magnesio (MG Cl2):

Esta sustancia es un subproducto de la fabricación de la potasa. Se utiliza en solución. Es muy higroscópico y se usa, principalmente, para tratamientos curativos. Su uso preventivo no está recomendado debido a que disminuye la adherencia de la carretera.

Se emplea por encima de -9° C (Punto eutéctico $-33,5^{\circ}$ C). Es suministrado desde factoría en forma de salmuera.

Este producto se utiliza principalmente en la República Democrática Alemana, donde su precio es más barato que el de la sal. En España no se emplea.

4.1.4. Urea (CO (NH₂)₂):

Es una sustancia cristalina, suministrada en forma de gránulos de 1 a 2 mm. de diámetro. No es corrosiva, pero sí muy ligera y fácilmente desplazable por el viento, necesitando un soporte, como agua o arena, para su aplicación. Su precio es muy elevado, ocho veces más que el de la sal, y por tanto su utilización está reservada para casos especiales, tales como aeropuertos y obras de fábrica delicadas.

4.1.5. Alcoholes y Glicoles

Son productos muy caros, que se emplean, principalmente, en aeropuertos donde son aplicados mediante equipos de extendido que alcanzan anchuras de 16m. Prácticamente no se utilizan en vialidad invernal.

4.1.6. C.M.A. (Acetato de calcio magnésico):

Los Ingenieros de carreteras han tratado durante muchos años de descubrir productos químicos que puedan reemplazar a los cloruros, que son sustancias que atacan el firme, los metales y el medio ambiente.

Esta investigación fué coronada con el descubrimiento en Estados Unidos de un producto denominado C.M.A. (Acetato de Calcio Magnesio).

Durante los últimos años se han hecho pruebas en varios países, obteniéndose las siguientes conclusiones:

- . El producto tiene una densidad baja y es muy fino, causando por tanto algunas dificultades en el manejo y extendido (formación de acumulaciones de polvo)
- . Algunos operarios sufrieron enfermedades traqueales y afecciones dermatológicas en las manos. Los trabajadores tienen que llevar guantes y máscaras, cubriendo la nariz y la boca.
- . El C.M.A. es poco duradero y no afecta, prácticamente, al suelo y a la vegetación, si se compara con el Na Cl y el Ca Cl₂. Es menos perjudicial que las sales, pero aún no se han hecho ensayos a gran escala
- . El C.M.A. no funde el hielo o la nieve compactada tan rápidamente como la sal. Para obtener un grado de eficacia comparable, se necesitan de 2 a 3 Kg. de C.M.A. por cada kilo de sal. La acción de deshielo del C.M.A. puede ser acelerada mezclándolo con arena en proporción de 2:1.
- . El precio del producto es elevado, 60.000,- Pts/Tn. En consecuencia, solo puede usarse en estructuras delicadas que no toleran los cloruros.

Por consiguiente, no puede pensarse en utilizar el C.M.A. de forma generalizada a corto plazo, pues de momento las ventajas de los cloruros son muy superiores.

4.1.7. Conclusion

Del análisis de lo expuesto, se concluye que los fundentes más aconsejables para vialidad invernal son el Cloruro de Sodio y el Cloruro de Calcio.

La Urea y los Alcoholes y Glicoles solo se pueden emplear en actuaciones especiales, pues su precio es prohibitivo. El Cloruro de Magnesio no es competitivo en nuestro país, y además no es recomendable como tratamiento preventivo

por los problemas de adherencia que tiene. Por último, el C.M.A. está en fase de experimentación.

Por tanto, a continuación el estudio se ceñirá al Cloruro Sódico y al Cloruro Cálcico.

Estos se pueden emplear en forma granular (solos o mezclados), en solución (salmuera), y como sal más salmuera (humidificados). En función de las características del hielo o de la nieve a tratar será más aconsejable emplear uno u otro sistema.

4.2. Principio de acción de los fundentes químicos

La característica física que permite a los fundentes químicos impedir la formación de hielo o fundir la nieve y el hielo es su propiedad de disminuir la tensión de vapor y la temperatura de congelación del agua, en la cual se disuelven formando una solución.

La temperatura de congelación de la solución disminuye aumentando la cantidad de sal en solución. Pero esta disminución no crece indefinidamente, sino que hay un límite a una determinada concentración, la cual corresponde a una temperatura que viene fijada por un punto del diagrama de estado de la solución, llamado "punto eutéctico". Aumentando la concentración de sal más allá de la relativa al punto eutéctico, la temperatura de solidificación de la solución sube hasta llegar a 0° C., en el caso del agua pura (ver figura nº 2).

Incrementando aún más la concentración, aparece sal sólida en la solución, si la temperatura es superior a 0° C (solución saturada).

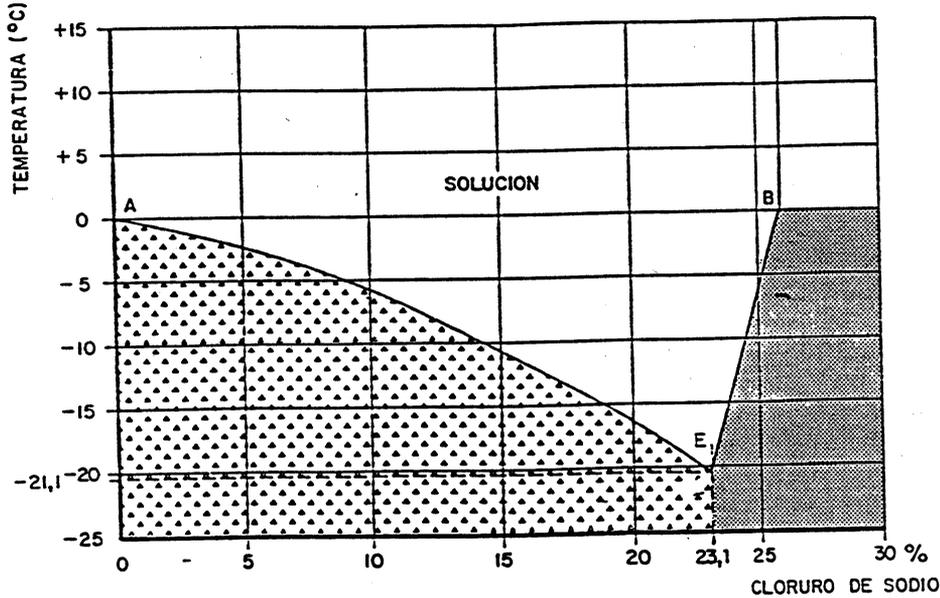
Las sales actúan como fundentes cuando dan lugar a una solución que tiene tensión de vapor menor que la del agua y el hielo, por haber absorbido vapor de agua de la atmósfera o estar disueltas en agua.

Tales soluciones puestas en contacto con nieve o hielo no pueden coexistir en equilibrio con ellos, a temperaturas ambientales superiores al punto eutéctico (-21,1° C para el Cloruro de Sodio y -52° C para el Cloruro de Calcio). Esto significa que el Cloruro de Sodio en solución acuosa con concentración del 23,1% (eutéctica) puede fundir el hielo hasta la temperatura de -21,1° C. Igualmente el Cloruro de Calcio en solución acuosa con concentra-

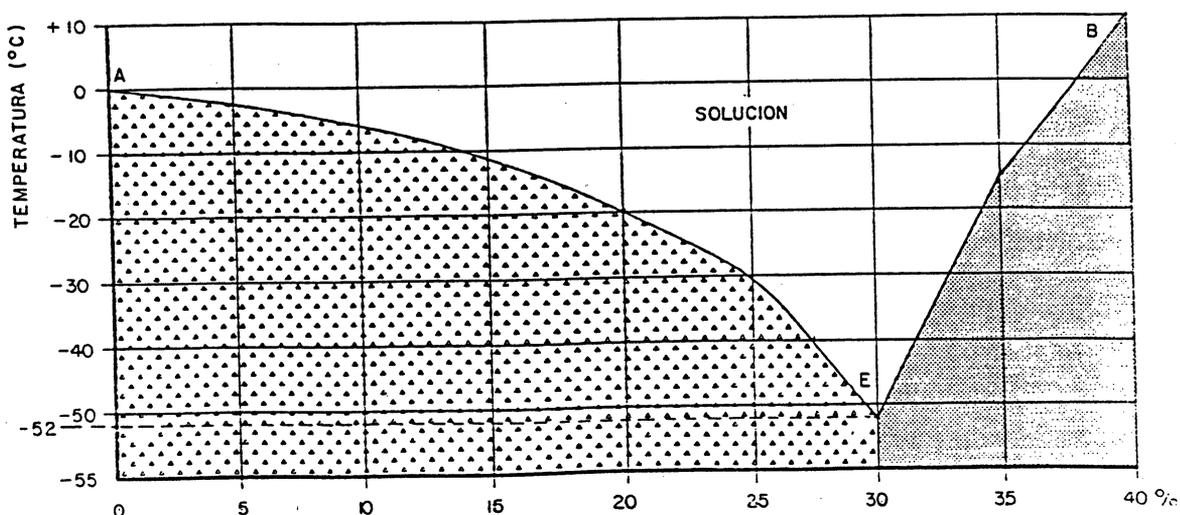
ción del 30% (eutéctica puede fundir el hielo hasta la temperatura de -52°C .

Al alcanzar tales temperaturas, la tensión de vapor del hielo y la de la solución se igualan, y entonces las dos sustancias pueden coexistir en equilibrio a la presión atmosférica, terminándose el efecto fundente.

FIGURA Nº 2 - DIAGRAMAS DE ESTADO DEL CLORURO DE SODIO Y DEL CLORURO DE CALCIO



SODIO + SOLUCION
 CRISTALES DE CLORURO DE SODIO



CALCIO + SOLUCION
 CRISTALES DE CLORURO DE CALCIO

- PUNTO E: Punto eutéctico.

- CURVA EB: Por cada valor de concentración, se obtiene la temperatura a la cual se obtiene el inicio de la formación de cristales.

- CURVA AE: Por cada valor de la concentración, se obtiene la temperatura del inicio de la congelación.

Para ilustrar lo que se ha dicho, se pueden observar los diagramas concentración - temperatura del Cloruro de Sodio-Agua y del Cloruro de Calcio-Agua (figura nº 2).

Aunque el efecto fundente se produce físicamente hasta las temperaturas del punto eutéctico ($-21,1^{\circ}$ C para el Na Cl y -52° C para el Ca Cl), realmente estas dos sales dejan de ser eficaces mucho antes (-5° C para el Na Cl y -35° C para Ca Cl), cuando el tiempo empleado en hacer efecto empieza a incrementarse de forma importante.

4.3. Utilización de los fundentes

La característica fundamental de la utilización de los fundentes es el TIEMPO DE ACTUACION, que debe ser el menor posible.

Este aspecto no solo debe tenerse en cuenta desde el punto de vista de la acción del propio fundente, sino también de la actuación de los equipos que deben llevar a cabo el extendido del mismo.

A continuación, se analiza el empleo de los fundentes.

La primera cuestión que se nos plantea es **QUE FUNDENTES EMPLEAR:** Cloruro Sódico o Cloruro Cálcico. Su comportamiento varía, fundamentalmente, en función de la temperatura.

El Cloruro Sódico tiene su mayor capacidad fundente entre -1° C y -5° C, decreciendo a partir de esta temperatura hasta -15° C en que prácticamente se anula (a $-21,1^{\circ}$ C es nula); el poder fundente del Cloruro Cálcico comienza a ser elevado a partir de -8° C., aumentando a medida que decrece la temperatura. Dos características delimitan, además, el empleo del Cloruro Cálcico:

- Una es que su empleo en tratamientos preventivos puede disminuir la adherencia de la calzada. Respecto a este tema, hay que recordar que en España existen sentencias de los Tribunales que han atribuido las causas (o concausas) de algunos accidentes de circulación a la extensión de soluciones de cloruro cálcico.
- La otra es su coste, muy superior al del Cloruro Sódico, lo que aconseja reducir su empleo siempre que sea posible en beneficio de este último.

Por tanto, se recomienda emplear los fundentes como sigue:

- TRATAMIENTOS PREVENTIVOS $\left\{ \begin{array}{l} \text{Temperatura} > -15^{\circ} \text{ C} - \text{Cloruro Sódico} \\ \text{Temperatura} \leq -15^{\circ} \text{ C} - \text{Cloruro Cálculo} \end{array} \right.$

- TRATAMIENTOS CURATIVOS $\left\{ \begin{array}{l} \text{Temperatura} > -5^{\circ} \text{ C} - \text{Cloruro Sódico} \\ -15^{\circ} \text{ C} < T < -5^{\circ} \text{ C} \left\{ \begin{array}{l} \text{Mezcla en volú} \\ \text{men } 2/3 \text{ Na Cl} + \\ \text{1/3 Ca Cl}_2 \end{array} \right. \\ \text{Temperatura} < -15^{\circ} \text{ C} - \text{Cloruro Cálculo} \end{array} \right.$

El siguiente tema que se nos plantea es COMO EMPLEAR LOS FUNDENTES: en forma sólida, en solución (salmuera) o como sal sólida humidificada (con salmuera o con agua).

Hasta hace unos años, los fundentes se utilizaban en forma sólida mayoritariamente.

Pero en los tratamientos preventivos se presentaba el problema de que el fundente era echado fuera de la calzada por efecto del tráfico y el viento.

Esto provocaba, en primer lugar, que no se alcanzara el objetivo previsto de mantener una determinada salinidad en la carretera, salvo que se realizaran tratamientos periódicamente con el consiguiente incremento de coste, y, en segundo lugar, la sal era arrojada a los alrededores de la carretera, contaminando el medio ambiente.

Esto motivó que se comenzaran estudios encaminados a paliar esta circunstancia, empezando a ensayar el empleo de las sales bajo la forma de solución y humidificadas.

La utilización de estas alternativas tiene ventajas e inconvenientes.

Entre las primeras hay que resaltar como más importante, la mayor permanencia del fundente sobre la calzada en los tratamientos preventivos. Además, es fácil de emplear; la extensión es más homogénea, existe mayor autonomía de funcionamiento y menor coste, ya que se necesitan menores dosificaciones y éstas se ajustan mejor; el servicio es más rápido por lo que se necesitan menos camiones; y no se contamina tanto.

Tienen los inconvenientes de que mantienen húmeda la carretera, transmitiendo sensación de inseguridad al usuario, y que pueden

exigir disponer equipos diferentes para tratamientos preventivos y curativos.

Hay que tener en cuenta que el empleo de soluciones requiere disponer de cisternas de fabricación y almacén y de equipos esparcidores especiales.

Si bien la utilización de soluciones, como salmueras y como sal humidificada, presentan ciertas ventajas en los tratamientos preventivos. En los curativos, las salmueras se han demostrado ineficaces mientras que la utilización de sal humidificada aumenta la rapidez de acción del fundente, salvo en los tratamientos contra la nieve cuando ésta no es seca. En este último caso se debe utilizar sal sólida.

Otro condicionante de como emplear los fundentes es la humedad del aire y de la calzada, ya que en función de que haya más o menos humedad, el empleo de soluciones será menos o más útil, ya que la humedad existente puede cubrir las funciones de éstas.

En resumen se recomienda emplear los fundentes como sigue:

- TRATAMIENTOS PREVENTIVOS: Salmueras y Sales humidificadas. Si la calzada tiene humedad, podrían utilizarse sales en estado sólido.
- TRATAMIENTOS CURATIVOS: Sales sólidas y humidificadas

Queda por analizar las DOSIFICACIONES de los fundentes. Es función del tipo de tratamiento, preventivo o curativo.

Una cosa si que está clara, y es la tendencia en los últimos años a reducir la cuantía de las dosificaciones, tratando de que sean las mínimas necesarias, por motivos económicos y de contaminación del medio ambiente.

Las dotaciones que se recomiendan para tratamientos preventivos son:

- Con sal sólida: 10-15 grs/m².
- Cuando se emplean soluciones: 5-10 grs/m². de sal efectiva sobre la calzada. (En el caso de emplear salmueras hay que extender de 12,5 - 25 cm³/m². de solución con 300 grs/litro. En el caso de utilizar sal sólida más salmuera, se emplearán 7,5 grs. de sal más 2,5 cm³ de salmuera).

Las dotaciones más elevadas deben utilizarse en zonas con fuerte humedad y con temperaturas más bajas.

En tratamientos curativos, las dosificaciones dependen del espesor de la capa a tratar y de la temperatura. En el caso de la nieve, también influye el tipo de ésta.

Las cuantías utilizadas son:

- Hielo: 10-40 grms/m²
- Nieve: 20-40 grms/m².

En los cuadros 1, 2 y 3 se resumen las utilizaciones y dosificaciones de fundentes recomendadas en cada caso.

CUADRO Nº 1 - TRATAMIENTOS PREVENTIVOS CONTRA EL HIELO Y LA NIEVE

ESTADO DE LA CALZADA		TIPO DE FUNDENTE	DOTACIONES (grms sal/m ² .)
CALZADA SECA	Humedad relativa del aire < 75%	SALMUERA DE CLOR. SODICO	5 - 10
	Humedad relativa del aire ≥ 75%	SALMUERA DE CLOR. SODICO O NACL HUMIDIFICADA	5 - 10
CALZADA LIGERAMENTE HUMEDA		NACL SOLIDA O NACL HUMIDIFICADA	5 - 10
CALZADA MUY HUMEDA		NACL SOLIDA	10 - 15

CUADRO Nº 2 - TRATAMIENTOS CURATIVOS CONTRA EL HIELO

TEMPERATURA	TIPO DE FUNDENTE	DOTACIONES (grms sal/m ² .)	
		e ≤ 2 cm	e > 2 cm
> - 5° C	NACL SOLIDA O HUMIDIFICADA	10 - 20	20 - 30
-5° C > T > -15° C	MEZCLA SOLIDA ~ 2/3 NACL+ 1/3 CACL ₂	20 - 30	30 - 40
T < -15° C	CACL ₂ SOLIDA	20 - 30	30 - 40

CUADRO Nº 3 - TRATAMIENTOS CURATIVOS CONTRA LA NIEVE

TIPO DE NIEVE	TEMPERATURA	TIPO DE FUNDENTE	DOTACIONES (grms sal/m ² .)	
			e ≤ 2 cm	e > 2 cm
NIEVE EN FUSION	T > - 5º C	CLNA SOLIDA	20 - 30	30 - 40
	-5º C > T > -15º C	2/3 CLNA+1/3 CL2CA	20 - 30	30 - 40
	T -15º C	CL2CA SOLIDA	15 - 20	20 - 30
NIEVE SECA O APELMAZADA	T > - 5º C	CLNA SOLIDA O HUMIDIFICADA	20 - 30	30 - 40
	-5º C > T > -15º C	2/3 SOLIDA+1/3 CL2CA SOLIDA + SALMUERA	20 - 30	30 - 40
	T > -15º C	CL2CA SOLIDA+SALMUERA	15 - 20	20 - 30

Es evidente que el análisis anterior como planteamiento teórico es correcto y lo ideal sería llevarlo a la práctica, utilizando en cada momento el tipo de tratamiento más adecuado

Pero este sistema complicaría extraordinariamente la ejecución del mantenimiento invernal, que es lo contrario de lo que se debe perseguir, dadas las duras condiciones en que hay que realizar el trabajo.

Además, en cada Centro de Operaciones habría que disponer las instalaciones que se precisan para cada tipo de tratamiento, con el consiguiente incremento de las inversiones.

Por tanto, en la práctica se aconseja emplear los fundentes como se expone en el cuadro nº 4. Estas recomendaciones se basan en las características de los mismos y en la climatología predominante en la zona de utilización. Las dosificaciones a utilizar son las expuestas anteriormente.

CUADRO Nº 4 - FUNDENTES RECOMENDADOS EN FUNCION DE LA CLIMATOLOGIA Y DEL TIPO DE TRATAMIENTO.

CLIMATOLOGIA	TIPO DE TRATAMIENTOS	
	PREVENTIVOS	CURATIVOS
- ZONAS CON NEVADAS DE FUERTE Y MEDIA INTENSIDAD Y FRECUENTES Y ALTO NUMERO DE DIAS AL AÑO CON $T \leq 0$	NACL HUMIDIFICADA NACL SOLIDA	NACL HUMIDIF. NACL SOLIDA $CaCl_2$ SOLIDA
- ZONAS CON NEVADAS DE INTENSIDAD DEBIL Y POCO FRECUENTES - ALTO NUMERO DE DIAS AL AÑO -- CON $T \leq 0$	NACL HUMIDIFICADA NACL SOLIDA	NACL SOLIDA
- ZONAS CON PROBLEMAS DE HIELO MUY EXCEPCIONALMENTE	-	NACL SOLIDA

4.4. Extendido de fundentes

Se realiza con equipos especialmente adaptados para este cometido dispuestos sobre camiones, que normalmente también están equipados con útil de empuje para la limpieza de nieves.

Los equipos varían en función de la forma de empleo de los fundentes: granular, en estado líquido y humidificados.

En el primer caso, se utilizan extendedores clásicos, que pueden ser manuales y automáticos y éstos últimos a su vez pueden subdividirse en transportados o remolcados. Actualmente la tendencia es emplear extendedores automáticos y transportados, que constan de una tolva especial de acero o material plástico de 3 a 5 m³. de capacidad, acoplada sobre la caja de un camión. La distribución se hace por uno o dos platos giratorios, regulables en altura, ángulo o zona a cubrir.

Cuando los fundentes se emplean en estado líquido el extendido se realiza con camiones-cisterna con un sistema de esparcido a baja presión, alimentado por una bomba.

Si los fundentes se emplean como humidificados, se precisan unos equipos especiales que generalmente constan de:

- Una extendidora clásica con su sistema de distribución.
- Uno o dos depósitos laterales o delanteros para el almacena-

je del líquido, con un sistema de humidificación, que varía dependiendo del modelo empleado.

Independientemente del modelo, estas máquinas ejecutan una mezcla homogénea y están provistas de un equipo de regulación que permite la variación automática de la dosificación.

Para la realización del extendido de fundentes deben tenerse en cuenta las siguientes consideraciones:

- En tratamientos preventivos, es recomendable no extender fundentes en las orillas para evitar las pérdidas y la contaminación de las márgenes. Procurar separarse un metro del borde.
- En tratamientos curativos, se tratará toda la anchura de la calzada
- En calzadas de dos o tres carriles los tratamientos preventivos se procurarán realizar en toda la anchura de la carretera de una sola vez, situándose el camión en el centro de la misma. En calzadas de cuatro carriles, solo se tratarán dos cada vez, por lo que la longitud de carretera que se puede recorrer con un solo viaje es menor que en el caso anterior. Es conveniente, por tanto, disponer destacamentos de carga de fundentes en los extremos del tramo para no tener que reducir la longitud del mismo, y aumentar, en consecuencia, el número de centros de operación.
- Para tratamientos curativos contra el hielo se seguirá el mismo sistema que para los tratamientos preventivos. En el caso de nieve, la anchura de extendido de fundentes debe ser la misma que la de limpieza del útil quitanieves.
- En algunos casos, puede ser interesante realizar el extendido de la dosificación prevista en varias pasadas, y no hacerlo de una sola vez. Por ejemplo: para nieve sin apelmazar, en calzadas de fuerte pendiente que pueda evacuar el tratamiento, cuando por efecto de la lluvia se tienda a eliminar el tratamiento y, en general, cuando sea preferible hacer tratamientos frecuentes para mantener la salinidad de la carretera. En estos casos, normalmente, no se incrementa la dosificación prevista, sólo varía la forma de llevarla a cabo.

- En calzadas con mucho bombeo puede ser interesante reducir la anchura de extendido, ya que la pendiente tiende a echar el fundente hacia los laterales.
- En calzadas con un sentido único o en curvas de elevado peralte, es conveniente desplazar el eje del extendido hacia la parte más alta ya que el fundente tenderá a discurrir hacia las partes bajas.
- Sobre un firme de reciente construcción, es conveniente no extender fundentes en las primeras semanas. Lo ideal es no hacerlo en dos o tres meses desde su puesta en obra.

Por último, señalar que si bien el extendido de fundentes es una actividad fundamental, ésta debe realizarse con las dosificaciones adecuadas, ya que no se mejorará su eficacia por una sobredosificación, causando, por el contrario, mayor contaminación y un incremento de costes. La tendencia es reducir las dosificaciones a lo estrictamente necesario.

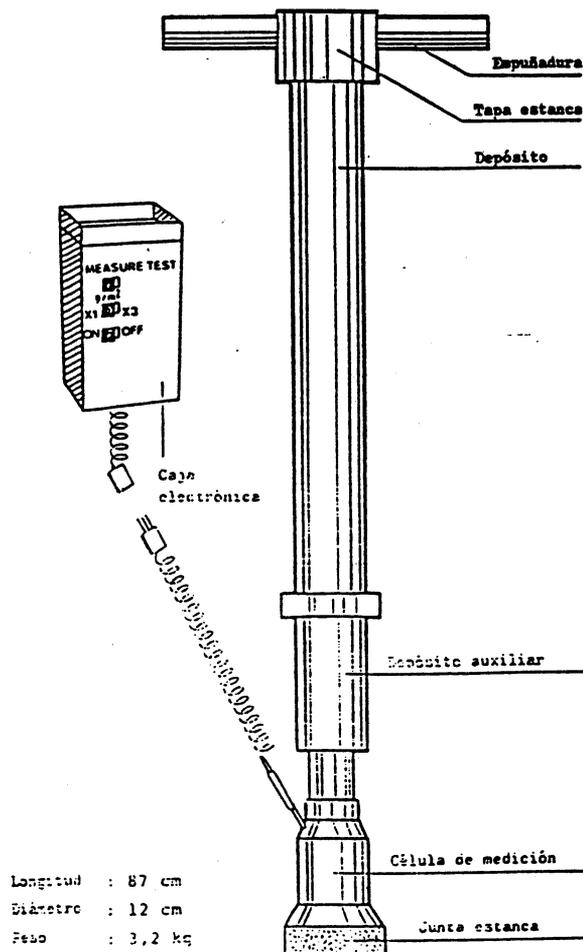


FIGURA Nº 3 - EQUIPO PARA CONTROL DE LA SALINIDAD DE LA CALZADA

Para alcanzar este objetivo, una empresa ha diseñado el equipo SOB0-20 (figura nº 3) que determina la cantidad de cloruros existente en la calzada y cuyo conocimiento nos permite saber si es necesario o no realizar nuevos tratamientos. Midiendo la resistividad eléctrica, determina los gramos/m². de cloruros existentes en el firme.

Las experiencias realizadas hasta ahora con el equipo SOB0-20 son muy positivas y su empleo se está extendiendo, ya que su manejo es sencillo y permite reducir el consumo de fundentes. Es recomendable su utilización siempre que sea posible, ya que impide que falte sal en la calzada o que se extienda innecesariamente.

4.5. Suministro y almacenamiento de fundentes. Fabricación de mezclas y soluciones

4.5.1. Suministro de fundentes

El Cloruro Sódico se puede suministrar a granel, que es el sistema generalmente empleado, o en grandes sacos de plástico herméticamente cerrados, conocidos como BIG-BAG.

Este último sistema permite el almacenaje en espacios reducidos, a la intemperie y en altura; facilita el almacenamiento de grandes cantidades; y su carga es sencilla, levantando el saco y perforando el fondo donde se quiera vaciar. Este sistema es muy útil para el almacenamiento de sal en lugares estratégicos.

Las características más importantes que deben controlarse en el suministro del Na Cl son:

- Contenido de humedad: < 3%
- Producto activo: > 90%
- Granulometría: 0,2-5 mm. con la distribución siguiente:

< 0,5 mm	————	5%
0,5 - 1,0 mm	————	20%
1,0 - 2,0 mm	————	45%
2,0 - 5,0 mm	————	30%

Conviene que el Cloruro Sódico lleve incorporado ferrocia-

nuro potásico en una cantidad de veinte partes por millón, para evitar su apelmazamiento.

El Cloruro Cálcico se suministra en sacos estancos debido a su gran higroscopicidad.

4.5.2. Almacenamiento

El Cloruro Cálcico se almacena en sacos o en silos protegidos de la humedad. Generalmente, se emplea el primer sistema.

El almacenamiento del Cloruro Sódico en sacos no plantea problemas pudiendo llevarse a cabo en lugares protegidos o a la intemperie.

El almacenamiento de Cloruro Sódico a granel debe estar protegido de la intemperie, ya que al aire libre se producen pérdidas por disolución debido a la lluvia y el contenido de humedad es superior al deseado.

A veces se emplean simples entoldados que limitan las pérdidas pero favorecen la condensación, provocando el aglutinamiento de la masa salina. Se puede endurecer a bajas temperaturas

Pero los sistemas más adecuados para el almacenaje del NaCl son en naves (que es más utilizado) y en silos de poliéster o chapa vitrificada.

Este último sistema tiene las ventajas de ser fácilmente cargables, requerir pocos operadores y conocer las cantidades utilizadas; el inconveniente es su alto coste y su aspecto antiestético.

El almacén en naves tiene la ventaja de ser relativamente barato, pero exige una pala o una cinta para la carga del fundente. Es muy importante que la sal se conserve seca. Hay que tener cuidado con la corrosión, siendo aconsejable que los materiales y equipos estén protegidos.

El almacenamiento de soluciones exige disponer de tanques para fabricación y almacenamiento de la solución. Estos tanques pueden estar hechos de acero vitrificado o de material plástico especial. Deben estar dotados de un

CUADRO Nº 5 - ALMACENAMIENTO A GRANEL DE FUNDENTES

SISTEMA DE ALMACENAMIENTO		PREPARACION	APROVISIONAMIENTO	COLOCACION DEL PRODUCTO	PROTECCION DEL PRODUCTO	CARGA DE LOS ** ESPARCIDORES
AL NIVEL DEL SUELO	AL AIRE LIBRE	Colocación al abrigo del viento, en terreno seco, con buen drenaje y ligera inclinación (del 1 a 6%)		Con palas cargadoras o con bandejas transportadas, para formar una pila regular	Cubrir las pilas con un recubrimiento protector (lámina de polietileno o de cloruro de polivinilo de 0,1 a 0,15 mm. de espesor, tela de nylon recubierta de cloruro de polivinilo) sujeto contra el producto y contra el suelo por medio de neumáticos viejos sacos de arena o de cloruro calcio	Con bandas transportadoras (4 m ³ en 15 ó 20 minutos) o palas cargadoras (4 m ³ en 5 minutos)
	BAJO COBERTIZO SENCILLO	Suelo recubierto, sea de: - una capa de grava (entre 15 y 50 cm) y un buen revestimiento asfáltico. - losas de hormigón	Con camiones volquete			
SILLOS ELEVADOS *	EN EL INTERIOR DE LOS CAJONES CUBIERTOS Y CERRADOS	Puertas anchas y altas con el fin de facilitar la carga y descarga de los camiones.		Directa si se dispone de un nivel, o con bandejas transportadas o elevadores de cangilones en caso negativo.	Ninguna precaución especial.	
	ORDINARIOS	Deben ser estancos e impermeables: paredes recubiertas interior y exteriormente por un producto a base de asfalto y cerrados en su parte superior por una lamina de polietileno, una tapa de madera	Con camiones cisterna equipados con descarga neumática.		Ninguna precaución especial, salvo el cierre de las tuberías de llenado y de descompresión cuando no se cargará el producto	Por gravedad (4 m ³ en 1 minuto)
	DE LLENADO MECANICO	Ninguna precaución especial				

* En caso de utilización de las mezclas, el cloruro de calcio y el cloruro sódico serán almacenados en silos elevados independientes y las mezclas serán realizadas en el mismo momento de la carga del esparcidor

** Los rendimientos son aproximados

sistema de bombas para el trasvase y carga de la solución.
En las fotografías de la figura nº 14, se puede ver un ejemplo de instalación.

4.5.3. Fabricación de soluciones y mezclas:

La salmuera del cloruro sódico es una solución saturada de Na Cl. Su concentración varía en función de la temperatura del 23 al 26 por ciento.

Las mezclas de Na Cl y Ca Cl₂ utilizadas son:

TEMPERATURAS ° C	PROPORCIONES EN PESO*	
	%	
	Ca Cl ₂	Na Cl
De - 5° C a 10° C	25	75
De - 10° C a -15° C	50	50
≤ -15° C	100	-

* Mezclas en peso de tres partes de NA CL y una de CA CL₂. Se corresponden con mezclas en volumen de una parte de - CA CL₂ y dos de NA CL.

La mezcla es conveniente hacerla previamente a la carga, formando una pila con una pala mecánica o en un silo que se alimenta en las proporciones fijadas. Se consigue una mayor homogeneización.

También se puede realizar directamente sobre la tolva cargando alternativamente capas de uno y otro fundente, procurando la mayor homogeneización posible.

5 Abrasivos

Como se ha señalado anteriormente, hasta hace unos años era frecuente su aplicación en nuestro país, pero se ha ido sustituyendo por el empleo de fundentes.

El método se basa en la extensión de abrasivos sobre una calzada con nieve o hielo, con el objeto de mejorar el coeficiente de rozamiento entre los neumáticos y la calzada.

Sin embargo, la experiencia ha demostrado que aún extendiendo una cantidad importante de abrasivos sólo se consigue un pequeño aumento del coeficiente de rozamiento.

Su empleo tiene los siguientes inconvenientes:

- Solo pueden utilizarse como tratamiento curativo
- El aumento del tráfico ha puesto de relieve que los abrasivos eran arrojados fuera de la calzada por los neumáticos de los vehículos, siendo, en consecuencia, muy corta la duración del tratamiento.
- Riesgo de rotura de los parabrisas de los automóviles
- Peligro de obstruir canalizaciones y alcantarillas
- Es muy costoso, pues se precisan grandes cantidades, varias aplicaciones al día y su manipulación es laboriosa
- Su eliminación, una vez finalizado su objetivo, no es sencilla.

Entre sus ventajas se encuentra que no es corrosivo.

Esto ha llevado a que actualmente su utilización esté restringida a carreteras con I.M.D. < 500 vehículos/día.

Se emplean las dosificaciones expuestas en el cuadro nº 6 en función del espesor a tratar. A veces se han utilizado mezclados con cloruros para facilitar su adhesión al hielo.

CUADRO Nº 6 - DOSIFICACIONES RECOMENDADAS DE ABRASIVOS

ESPESOR DE NIEVE O HIELO	< 2 mm.	2-10 mm.	> 10 mm.
DOSIFICACIONES	50-100 gr/m2 arena o 100-200 gr/m2 gravilla	100-200 gr/m2 gravilla o 150-300 gr/m2 gravilla	150-300 gr/m2 de grava

6 Máquinas quitanieves

El objeto de este apartado es establecer unas recomendaciones sobre la utilización más aconsejable de los diferentes tipos de máquinas quitanieves.

Las máquinas quitanieves se emplean en los tratamientos curativos con el objetivo de limpiar la nieve caída sobre la calzada. El sistema de intervención depende, fundamentalmente, del espesor de la capa y de la naturaleza y consistencia de la nieve.

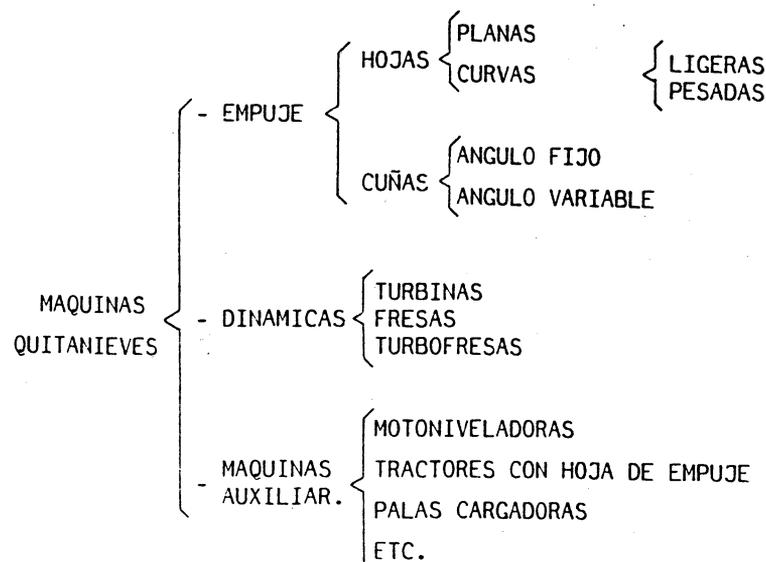
En general, están compuestas por un vehículo tractor y por útil quitanieves. Sin embargo, algunas máquinas dinámicas están construidas de forma integral.

6.1. Tipos de útiles quitanieves

En función de cual sea el método utilizado para retirar la nieve de la calzada, se dividen en útiles de empuje y dinámicos. En el primer caso, actúan empujándola fuera de la calzada. En el segundo, es evacuada por proyección. A su vez de cada uno de estos grupos existen diferentes tipos en función del útil empleado.

También puede utilizarse maquinaria de obras públicas. Aunque su eficacia suele ser menor, en algunos casos pueden ser de gran ayuda y complementar el trabajo de la maquinaria específica de vialidad invernal.

Las máquinas quitanieves pueden clasificarse en función del tipo de útil empleado, como sigue:



Veamos a continuación las ventajas e inconvenientes de cada tipo.

6.2. Máquinas de empuje

HOJAS PLANAS.- Son láminas planas de ataque frontal, con las siguientes características:

- Son elementos sencillos, con un coste y mantenimiento reducido.
- Su peso varía entre 200 y 300 Kgs.
- El accionamiento puede ser neumático, hidráulico o electrohidráulico.
- Los vehículos tractores utilizados suelen tener alrededor de 90 C.V.

Son eficaces en nieve fundida con menos de 10 cm. de espesor. Tienen los inconvenientes de que no empuja la nieve demasiado lejos y que además puede producir el alisado de la superficie sobre nieve compactable.

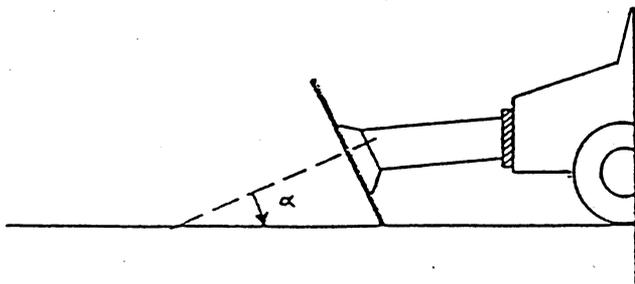


FIGURA Nº 4 - QUITANIEVES CON HOJA PLANA

HOJAS CURVAS.- Son láminas de forma curva que pueden inclinarse a derecha e izquierda. El ángulo de giro puede ser fijo o variable, y su modificación puede hacerse mecánica o hidráulicamente.

El filo puede ser de acero o material plástico. Este trabaja bien con nieve blanda y no deteriora la calzada, pero con hielo en placas o nieve compacta, resbala, no eliminándolos; por otra parte, parece que se desgastan más que las de acero.

Pueden ser ligeras (hasta 500 kgs) o pesadas (mayores de 500 Kgs). Las primeras son adecuadas para espesores de nieve hasta 20-25 cm. Las pesadas se deben emplear para espesores máximos de 40-50 cm.

En cuanto a los vehículos tractores, para hojas ligeras se deben emplear camiones de 100-150 caballos y para las pesadas, camiones entre 170 y 260 caballos. Cuanto más accidentado sea el perfil de la carretera, mayor debe ser la potencia de los vehículos tractores. En todo caso, la conducción de estos se debe realizar por especialistas.

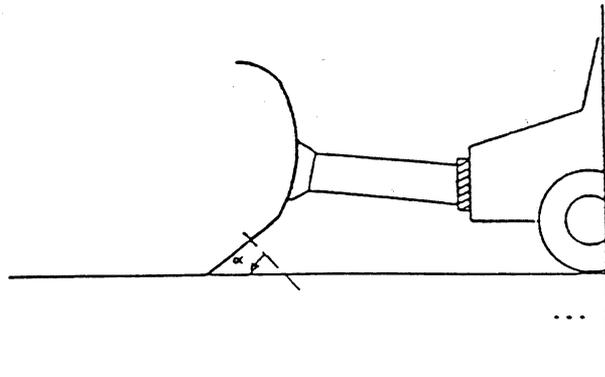


FIGURA Nº 5 - QUITANIEVES CON HOJA CURVA

CUÑAS.- Pueden ser de ángulo fijo o variable. En las primeras, es importante el ángulo de ataque (para mejorar la forma de evacuación y aumentar la distancia de lanzamiento) y la forma del espolon central (para facilitar la penetración en la nieve). El filo de ataque es de acero y recambiable.

Las cuñas de ángulo variable tienen el inconveniente de no tener espolon, ya que está sustituido por la chumbrera de giro. La ventaja de este tipo es que es transformable en hoja de gran longitud que trabaja mejor con poca altura de nieve. La transformación no debe efectuarse mientras se trabaja.

Las ventajas que tienen las cuñas son: lanzan nieve fuera de la calzada; pueden trabajar con espesores de 1,50 m.; no tienen entretenimiento; no se cargan de nieve húmeda o mojada; su empleo es simple; resisten los pequeños choques.

Su inconveniente más importante es que dejan cordones en el centro de la calzada.

Como vehículos tractores se utilizan camiones de más de 170 caballos.

6.3. Máquinas dinámicas

TURBINAS.- Trabajan penetrando en la nieve por presión, lo que exige mayor potencia del vehículo tractor. Esto se puede

paliar utilizando hélices rompedoras, que además amplían el tipo de nieve posible de tratar. Las turbinas lanzan la nieve fuera de la calzada a distancias de 15 a 50 m., pero debe regularse al mínimo necesario.

Pueden ser de simple o doble turbina. Las simples de montaje lateral son muy adecuadas para la eliminación de cordones. Las turbinas son adecuadas para nieve blanda.



FIGURA Nº 6 - MAQUINA DINAMICA - TURBINA

FRESAS.- Ataca la nieve absorbiéndola en sentido longitudinal y echándola transversalmente debido a la disposición de las toberas, lo que provoca unas pérdidas de rendimiento notables. Lanza la nieve a distancias más cortas que las turbinas, entre 5 y 25 m., en función del régimen de revoluciones del tambor.

Por la forma de atacar el frente, es la más adecuada para nieve



FIGURA Nº 7 - UTIL DINAMICO - TURBINA LATERAL



FIGURA Nº 8 - MAQUINA DINAMICA - FRESA

dura. Se ha ampliado su campo de utilización hacia nieve más blanda, aumentando la velocidad de giro, estableciendo dos o más gamas de velocidades de trabajo y ampliando las dimensiones de las toberas de lanzamiento.

La corta distancia de lanzamiento puede suponer un problema en los cortes de gran espesor al efectuar las pasadas finales y en ventisqueros, ya que puede no llegar a alcanzar la altura necesaria para hacer salir la nieve por encima.

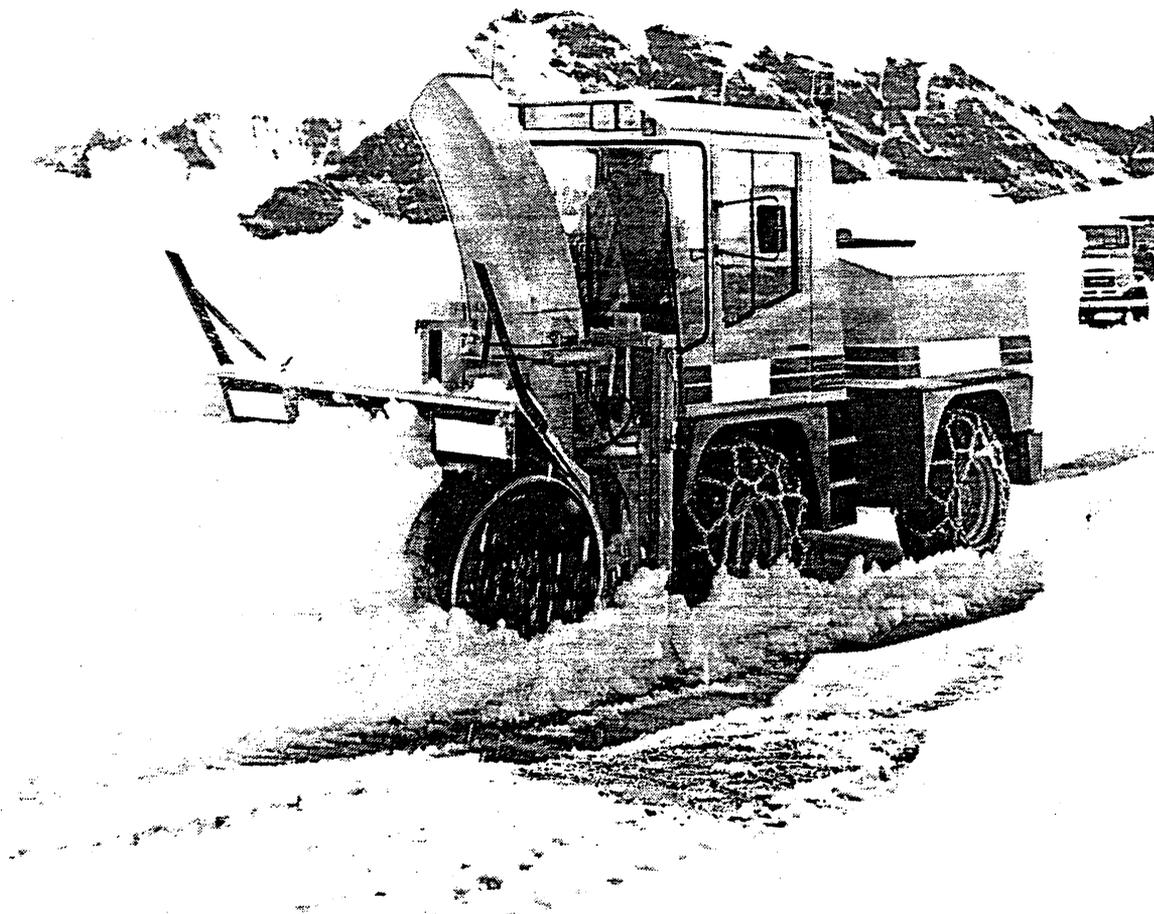


FIGURA Nº 9 - MAQUINA DINAMICA - TURBOFRESA

TURBOFRESAS.- Es una combinación de las dos anteriores, siendo su diseño el más racional para trabajar con cualquier tipo de nieve, ya que aprovecha las ventajas de la fresa para atacar el frente y de la turbina para el lanzamiento.

Tiene dos inconvenientes: su elevado precio y que su diseño reduce la visibilidad del operador y recarga el peso sobre el eje delantero, lo que obliga a montar uno supletorio, ocasionando problemas de conducción.

Como es lógico, de cada tipo de máquina dinámica existen diversos modelos y tamaños en función del campo de utilización de las mismas, yendo desde útiles que se acoplan a los camiones a máquinas completamente integradas.

6.4. Máquinas auxiliares

Dentro de este grupo se engloban aquellas máquinas que, aun no estando diseñadas específicamente para realizar trabajos de mantenimiento invernal, por sus características pueden llevar a cabo este tipo de tareas en algunas ocasiones como complemento de las máquinas quitanieves.

En general, se trata de maquinaria de obras públicas y tractores. Las más importantes son las motoniveladoras, las palas cargadoras y los tractores con hojas de empuje.

De las motoniveladoras, las más adecuadas son las de bastidor articulado (en carreteras de montaña permiten una mejor inscripción en curvas) y las de tracción total. Puede montárseles una cuña quitanieves frontal. El empleo de motoniveladoras es adecuado en zonas llanas con alturas de nieve entre 25 y 30 cms., como máximo. Con cuña pueden llegar a trabajar con alturas de 1 m., teniendo ventaja sobre los camiones de tracción total por la amplia gama de velocidades de que disponen.

En cuanto a las palas cargadoras, son preferibles las articuladas por su menor radio de giro. Son útiles para el trabajo en aludes y siempre que existan desprendimientos. Pueden atacar alturas de 3 m., eliminando la nieve con camiones o vertiéndolas en zonas de desmonte. Son muy utilizadas en zonas urbanas.

En cuanto a los tractores con hoja de empuje, pueden trabajar con hoja recta o inclinada, siendo preferibles estas últimas, ya que permiten formar cordones laterales. Pueden utilizarse en el tratamiento de aludes y para alimentar quitanieves dinámicos cuando la altura de nieve es superior a 3 m.

6.5. Vehículos tractores

Para útiles de empuje y dinámicos pequeños se suelen emplear camiones de las potencias indicadas anteriormente. Para hojas pequeñas se pueden utilizar vehículos todo terreno.

Es conveniente que los vehículos tengan distancia entre ejes reducida y tracción total con diferencial intermedio, aunque esto puede evitarse en el caso de que la topografía de la carretera no sea accidentada.

El accionamiento del útil puede ser eléctrico, hidráulico o

neumático. Este último es el más usado ya que aprovecha que la potencia del compresor de aire es superior a las necesidades de los vehículos. El acoplamiento se hace mediante a una placa fija y situada en el bastidor del camión y debe ser de enganche rápido.

Por lo que respecta a las máquinas dinámicas, el vehículo tractor debe tener las siguientes características:

- Debe ser adecuado para el transporte del útil, con potencia suficiente para moverse sobre la nieve y en pendientes fuertes.
- Debe tener las siguientes características mecánicas: Dirección servo asistida, escalonamiento de velocidades (800 m/h - 50 Km/h), tracción total, distancia entre ejes reducida, bastante altura libre sobre el suelo, elevada estabilidad transversal, ancho del vehículo reducido, neumáticos de baja presión y cajas de cambio mecánicas o hidráulicas con convertidor de par.
- El accionamiento del útil puede ser por motor independiente o por un único motor para ambos sistemas. En ambos casos, la potencia del motor viene condicionada por la capacidad de evacuación, siendo normales potencias entre 150-250 caballos, en el caso de motor independiente.
- Por lo que se refiere a las cabinas de los vehículos tractores, dado el tiempo que pasan los agentes en las máquinas y las duras condiciones climatológicas, se les debe exigir las siguientes características : disposición ergonómica de los mandos, buena visibilidad (amplias ventanas, cristales de seguridad con sistemas térmicos incorporados, limpiaparabrisas reforzados), buena calefacción, asientos cómodos, insonorización, faros halógenos que permitan trabajar con baja visibilidad, radioteléfono, deben estar pintadas exteriormente con colores que permitan distinguir los vehículos fácilmente (azul, amarillo, rojo) y señalización luminosa intermitente.

6.6. Recomendaciones para la utilización de máquinas quitanieves.

En el cuadro nº 7 se resumen las condiciones de trabajo más adecuadas para cada tipo de máquina, en función del espesor y características de la nieve. Pero hay que tener en cuenta

TIPO DE UTIL	VEHICULO TRACTOR	ANCHURA DE TRABAJO (m.)	VELOCIDAD DE TRABAJO (1) (Km./h.)	CONDICIONES DE TRABAJO
HOJA PLANA (200-300 Kg)	CAMION 4 x 2 0 VEH. TODO TERRENO	2,00 - 3,50	40 - 50 Km./h. 20 - 30 Km./h.	0,10-0,30 m. nieve fresca 0,05-0,10 m. nieve compacta
HOJA CURVA LIGERA (500 Kg)	CAMION 100-150 C.V. 4x2 ó 4x4	2,00 - 3,50	25 - 40 Km./h. 10 - 20 Km./h.	0,30-0,60 m. nieve fresca 0,15-0,30 m. nieve compacta
HOJA CURVA PESADA (500 Kg)	CAMION 170 C.V. 4x4 ó 6x4 O TRACTOR ESPECIAL	3,00 - 4,00	20 - 35 Km./h. 10 - 20 Km./h.	0,60-1,00 m. nieve fresca 0,30-0,50 m. nieve compacta
CUÑA	CAMION 170 C.V. 4x4 ó 6x4 O TRACTOR ESPECIAL	2,00 - 3,50	15 - 25 Km./h. 10 - 20 Km./h.	Hasta 1,00 m. nieve fresca Hasta 0,70 m. nieve compacta
TURBINA SIMPLE LIGERA (2)	CAMION 170 C.V. 4x4 ó 6x4	1,00 - 1,50	1 - 4 Km./h.	Nieve fresca o ligeramente apiso- nada, cordones, ensanches
TURBINA SIMPLE PESADA	TRACTOR ESPECIAL	1,20 - 2,40	1 - 6 Km./h.	Nieve fresca o ligeramente apiso- nada sin limitación de espesor
TURBINA DOBLE	TRACTOR ESPECIAL	2,00 - 2,90	2 - 8 Km./h.	Hasta 1,00 nieve fresca y 0,50 m. nieve compacta
FRESA	TRACTOR ESPECIAL	2,00 - 2,60	LENTA VARIABLE SEGUN NIEVE	Nieve fresca y dura con mucho espesor
TURBOFRESA	TRACTOR ESPECIAL	2,00 - 2,60	LENTA VARIABLE SEGUN NIEVE	Nieve fresca y dura con mucho espesor

(1) La velocidad de trabajo también depende de las características de la carretera

(2) También puede montarse sobre maquinaria de obras públicas

CUADRO Nº 7 - RECOMENDACIONES PARA LA UTILIZACION DE MAQUINAS QUITANIEVES

que la elección también depende del trazado de la carretera, de la existencia o no de ventisqueros, de la intensidad de precipitaciones, etc.

A continuación se exponen una serie de aspectos que hay que tener en cuenta en la elección del tipo de maquinaria:

- Una característica fundamental que debe exigirse a la maquinaria es su versatilidad. En este sentido, el cambio de útil debe poder hacerse en poco tiempo.
- La topografía de la carretera tiene una gran influencia sobre la elección del vehículo tractor. Se recomienda lo siguiente:
 - . En zonas relativamente llanas con buen trazado, los camiones 4 x 2 son suficientes.
 - . En zonas medianamente accidentadas con pendientes y rampas, pero con curvas poco pronunciadas, pueden emplearse camiones 4 x 2 ó 4 x 4.
 - . En zonas muy accidentadas, deben emplearse camiones 4 x 4.
- En las zonas con taludes inestables es preferible el empleo de maquinaria de obras públicas.
- Si el trazado es en desmonte, las máquinas de empuje no son muy útiles, salvo que exista suficiente explanación.
- Cuando se ataquen grandes volúmenes de nieves, se debe procurar utilizar turbinas ya que a igualdad de potencia su rendimiento es doble que el de las fresas. Si la nieve es dura es necesario emplear las fresas.
- Las cuñas solo son recomendables para carreteras donde es suficiente con la limpieza de un solo carril. Con dos carriles dejan un cordón en el centro de la calzada.
- Las hojas y cuñas de plástico exigen menor potencia (20% menos) pero tienen el inconveniente de las reparaciones y aún están en fase de experimentación.
- Las cuchillas de neopreno son útiles con nieve no adherida

al pavimento, fresca o en fusión. Las de acero se deben emplear con nieve adherida y dura.

- La existencia de ventisqueros que no se puedan evitar exigirá disponer de máquinas dinámicas.
- En calzadas con cuatro carriles hay que procurar disponer máquinas con hojas de 7 m. de anchura, para evitar tener que trabajar en tandem.

Por último, hay un condicionante que tiene una gran influencia en la elección del tipo de máquina: LA RAPIDEZ DE ACTUACION. Hay que tener en cuenta que en función de él variarán los espesores de nieve acumulados y éste es uno de los aspectos fundamentales en el empleo de la maquinaria, como se ha visto en el cuadro adjunto.

Como la tendencia actualmente es que la nieve no se acumule en la calzada para que no afecte a la circulación, se utilizarán máquinas de empuje preferentemente, quedando las dinámicas para climatologías excepcionalmente duras y como auxiliares para eliminar los cordones dejados por las de empuje. Se utilizarán, preferentemente, útiles de limpieza ligeros y rápidos, cualidad que cumplen mejor las hojas que las cuñas.

6.7. Métodos de trabajo

- CALZADAS DE DOS CARRILES

La anchura mínima que se limpie ha de ser suficiente para que se pueda circular. Si se tiene en cuenta el tráfico pesado, la anchura mínima ha de ser de 7 m. Sólo, excepcionalmente, podrá ser reducida a 5 m. con grandes nevadas.

Se limpiará en ambos sentidos simultáneamente, para que los dos carriles estén aptos para la circulación.

- CALZADAS DE DOS CARRILES MAS VIA LENTA

Igual que en el caso anterior la anchura mínima ha de ser de 7 m.

Se limpiarán los dos carriles principales en primer lugar y posteriormente la vía lenta.

Si los medios existentes lo permitieran, se actuará simultáneamente en los tres carriles. Las máquinas quitanieves que deben trabajar en el mismo sentido, lo harán de forma que el del carril lento circule ligeramente retrasado con respecto al otro, para que pueda eliminar el cordón que deja el que circula por el carril central.

- AUTOVIAS Y AUTOPISTAS

Lo ideal es limpiar los dos carriles de cada sentido simultáneamente, para lo que deben emplearse grupos de dos máquinas de empuje en cada sentido trabajando simultáneamente o máquinas con hojas de 7 m. de anchura. En el primer caso deben ir desplazadas ligeramente entre sí, yendo en primer lugar la que circula por el carril rápido.

Además, en las autovías hay áreas de servicio, aparcamientos, enlaces, etc., que también es necesario limpiar. En general el orden de limpieza que es aconsejable seguir es:

- CARRIL RAPIDO
- ACCESOS: UN CARRIL
- SEGUNDO CARRIL
- AREAS DE SERVICIO
- RESTO DE CARRILES Y ACCESOS
- ARCENES
- APARCAMIENTOS

6.8. Dimensionamiento

No puede establecerse un método general de dimensionamiento para la maquinaria empleada en mantenimiento invernal, debido a que los factores que influyen en el mismo son diversos y dependen en gran manera de las circunstancias particulares de cada zona.

Sin embargo, si pueden darse una serie de ideas generales que pueden ayudar a llevar a cabo este dimensionamiento.

En primer lugar, hay que definir cual es la unidad básica de trabajo. Por lo que se refiere a las máquinas dinámicas integradas, cada una de ellas, es una unidad de trabajo. En el caso de máquinas de empuje, éstas normalmente llevan incorporado

un extendedor de fundentes, por lo que cada unidad de trabajo realizará las dos funciones: limpieza de nieves y esparcido de fundentes; además, puede acoplarse un útil dinámico, sustituyendo al útil de empuje.

Otro aspecto importante que hay que tener en cuenta es que se trata de luchar contra fenómenos naturales, por lo que siempre es aconsejable ser generoso en el dimensionamiento. Además, hay que tener en cuenta que es relativamente normal que se produzcan averías, quedando reducida la capacidad operativa del Centro de Operaciones.

Como fórmula general puede emplearse la siguiente:

$$N = \frac{L \times C}{V \times t} \quad \text{donde}$$

L = longitud en Km. cada carril

C = número de carriles

V = velocidad media de las máquinas en Km/h

T = Plazo máximo de tiempo en horas en que debe estar tratado el tramo.

Si esta fórmula se aplica a cada uno de los tratamientos posibles, se obtendrán los medios de cada tipo que se precisan. Pero, como se ha dicho, este sistema sirve de orientación y debe corregirse en cada caso con las circunstancias particulares.

En el caso de dimensionamiento de unidades de trabajo que lleven incorporados extendedores de fundentes, hay que tener en cuenta que la capacidad de éstos impone una limitación a la longitud de los tramos a tratar. Esto se puede paliar disponiendo de puntos intermedios de carga.

6.9. Mantenimiento

No es objeto de este apartado establecer una guía del mantenimiento de la maquinaria, ya que ésta viene fijada normalmente por los fabricantes y a ella les remitimos para llevar a cabo las actividades que correspondan.

El objeto del mismo es exponer una serie de consideraciones particulares que deben tenerse en cuenta en el mantenimiento de la maquinaria invernal, por las especiales condiciones en que desarrollan su actividad: climatología dura y ambiente salino.

La primera afecta al funcionamiento de los vehículos equipados con motor diesel, no sólo por la problemática causada por el carburante, sino también por la producida por otros elementos.

El segundo produce efectos muy perjudiciales sobre todos los elementos de los vehículos, por lo que hay que realizar lavados periódicos para eliminar la sal que se puede acumular en ellos.

La realización del mantenimiento invernal exige que toda la maquinaria esté en condiciones de funcionamiento permanentemente. Es preciso, por tanto, establecer una estrategia eficaz para conservar aquella en las mejores condiciones posibles.

Esta estrategia debe estar basada en dos líneas de actuación: realizar un mantenimiento preventivo de la maquinaria eficaz y reparar las averías lo más rápidamente posible.

El plan de mantenimiento debe tener el objetivo de evitar la mayoría de las averías indeseables que se producen. Debe constar de tres fases de actuación:

- ENTRETENIMIENTO DIARIO realizado por el conductor.
- REVISIONES PERIODICAS durante la temporada, aprovechando los tiempos de inactividad.
- GRANDES REVISIONES que deben realizarse al finalizar la temporada, para que la maquinaria esté en perfectas condiciones a la temporada siguiente.

El entretenimiento diario lo debe llevar a cabo el conductor antes y después de trabajar. Es muy importante por el gran número de averías que pueden evitarse. Para que este entretenimiento se realice correctamente es necesario formar al conductor sobre las actividades que debe realizar y sobre las características básicas de los vehículos. También es conveniente que, siempre que se pueda, cada máquina sea utilizada por un único conductor.

El siguiente escalón, son las revisiones periódicas que deben llevarse a cabo durante la temporada invernal, cada cierto número de horas de trabajo o número de kilómetros recorridos. Estas revisiones se deben llevar a cabo en el mismo Centro de Operaciones por personal especializado y tienen dos objetivos: comprobar el buen estado de funcionamiento de la maquinaria, reparando lo que se precise; y controlar que el entreti-

miento que llevan a cabo los conductores se hace correctamente.

Por último, está el escalón de mantenimiento que se lleva a cabo entre temporadas y que tiene por objeto hacer una revisión profunda de la maquinaria para ponerla a punto para la temporada siguiente.

Los fabricantes y la experiencia establecen cuales son las operaciones que deben llevarse a cabo en estas dos últimas etapas, que por otra parte se realizan por especialistas que conocen su cometido.

Tanto la realización de las revisiones periódicas, como la reparación de las averías que se presenten, exigen que el Centro de Operaciones esté dotado de un pequeño taller, donde se puedan llevar a cabo pequeñas reparaciones, y de un almacén de repuestos que cubra las necesidades más urgentes que puedan presentarse.

Asimismo, para el buen funcionamiento de la maquinaria, es aconsejable que los vehículos estén guardados en garajes para no estar expuestos al tiempo frío. Si la temperatura es muy baja, es conveniente dotarlos de calefacción a una temperatura entre -3° C y $+1^{\circ}$ C.

7 Medios de previsión y alerta de los fenómenos meteorológicos

Uno de los principios básicos en que debe basarse la gestión eficaz del servicio de vialidad invernal es la previsión, con la suficiente antelación, de cuando se van a producir los fenómenos meteorológicos.

Aunque ésto no siempre es posible y a veces hay imprecisiones, las ventajas que se obtienen compensan sobradamente los posibles errores.

Esta previsión debe completarse con sistemas de alerta, que avisen de las situaciones climatológicas que se produzcan y no hayan podido ser previstas.

Utilizando los medios de previsión y alerta, se consigue:

- La posibilidad de aplicar los tratamientos preventivos.
- Alertar con antelación suficiente a todos los equipos.
- Comenzar a trabajar cuando empiezan los fenómenos meteorológicos.
- Regular la circulación impidiendo atascos.
- Informar a los usuarios que adoptarán el medio y la hora de viaje adecuados y tienen posibilidad de utilizar itinerarios alternativos.

Los métodos de previsión que se emplean son:

- Previsiones meteorológicas nacionales y regionales
- Microclimatología.
- Detectores de hielo.

Los medios de alerta que se deben utilizar son:

- Patrullas de agentes del centro de intervención.
- Observadores acreditados

7.1. Medios de Previsión

7.1.1. Previsiones meteorológicas nacionales y regionales

Los centros de operaciones deben recibir periódicamente las previsiones meteorológicas del Servicio de Predicciones del Instituto Nacional de Meteorología.

Tele-Ruta debe transmitir por telex las previsiones a los Centros de Coordinación provincial o regional y éstos, a su vez, las deben difundir a los distintos centros de operaciones por teléfono.

Esta información también se difunde a través de los medios de comunicación, por lo que sería conveniente disponer de radio y T.V. en el Centro de Operaciones. para seguir las informaciones y variaciones que se produzcan.

Las previsiones del Instituto Nacional de Meteorología tienen el inconveniente de que las redes de toma de datos utilizan cuadrículas demasiado grandes para las necesidades del mantenimiento invernal de las carreteras, ya que esta información no está enfocada a la meteorología vial.

Este origen de las previsiones es el que hace que hoy día su fiabilidad no sea todo lo alta que sería deseable. Habría que tratar de promover un servicio específico de meteorología vial más adaptado a las necesidades reales.

En esta línea, en algunos países se han instalado radares meteorológicos, que indican la aproximación del mal tiempo, representando sobre una pantalla de TV., por medio de colores, las diferentes intensidades de precipitación.

7.1.2. Microclimatología

Dada la importancia de los fenómenos de naturaleza microclimática, es necesario conocer, dentro de lo posible, las previsiones del microclima de la zona en que está situado cada tramo de carretera.

Esto se consigue mediante la instalación de estaciones meteorológicas en los Centros de Operaciones (e incluso en otros puntos del tramo de la carretera, cuando sea aconsejable), que permiten hacer un seguimiento de la evolución del clima. Los datos que se precisan son:

- Temperatura de la calzada
- Temperatura máxima y mínima
- Velocidad del viento y dirección

- Presión
- Humedad
- Pluviometría.

En el caso de varias estaciones, sería deseable comunicarl as con el centro de control y registrar los datos que se vayan produciendo en cada estación.

El seguimiento debe ser sistemático y continuo, para poder evaluar las condiciones meteorológicas que se producen en cada momento, sobre todo de las zonas más delicadas del tramo.

Para poder analizar los datos y poder prever la evolución del tiempo, se necesita experiencia y algunos conocimientos de meteorología. Es conveniente que alguna persona adscrita al Centro de Operaciones tenga la suficiente formación para llevar a cabo este trabajo (sería interesante realizar cursos de formación para el personal de vialidad invernal.

7.1.3. Detectores de hielo

Son equipos que se instalan en las carreteras con problemas de vialidad invernal con el objeto de prever y detectar la formación de hielo en las mismas. Se basan en que cuando la temperatura está entre 0° C -2° C y la humedad es del 90%, hay posibilidad de formación de hielo.

Pueden instalarse aisladamente o formando parte de una estación meteorológica que recoja además otros datos

Se han desarrollado y están en estudio diferentes sistemas de detectores de hielo. En general están compuestos por:

PUERTO DE TOMA DE DATOS, que registra la información sobre las condiciones de la calzada y las condiciones climáticas locales por medio de sensores. Se suelen recoger los siguientes datos: temperatura de la calzada, humedad, presencia de hielo y salinidad. La forma de tomarlos es distinta según el

sistema. También pueden instalarse otros sensores complementarios.

RED DE TRANSMISION DE INFORMACION, mediante la cual los datos recogidos se envían al puesto central. Puede hacerse mediante línea telefónica o mediante radio y a su vez la primera se puede hacer con línea propia o utilizar las líneas telefónicas ya instaladas. En función de cada caso será mejor un sistema u otro.

CENTRO DE CONTROL, donde se recibe y analiza la información. Normalmente, con un ordenador de pequeña capacidad y una impresora es suficiente. Se visualiza e imprime la información recibida, dando la alerta en el caso de que sea necesario actuar contra el hielo preventivamente o curativamente.

La utilización de los detectores de hielo tiene las siguientes ventajas:

- Información en tiempo real de la posibilidad de formación de hielo, alertando a los equipos para actuar preventivamente.
- Se actúa cuando hace falta realmente, por lo que se disminuyen los consumos de fundentes y el número de actuaciones preventivas, reduciéndose los costes del mantenimiento invernal.
- Se reduce la contaminación del medio ambiente ya que se emplean menos cantidades de fundentes.
- Se mejora la información al público sobre las condiciones de las carreteras.

Por otra parte, su empleo presenta tres inconvenientes:

Dan sólo informaciones puntuales del sitio donde está colocado el detector, por lo que es necesario conocer muy bien el tramo para relacionarlos con su entorno.

Por ejemplo, esta información puntual puede dar la existencia de salinidad en el detector y no haberla en el resto, porque se haya producido una

acumulación de fundentes en el mismo.

- Por otra parte, se suelen colocar fuera de la calzada de circulación, pues ésta daña los sensores, por lo que las condiciones reflejadas no son exactamente las de aquella.
- Su fiabilidad no es del 100%, presentándose con cierta frecuencia errores en la información suministrada. Esto exige realizar un seguimiento muy preciso de la misma para detectar las irregularidades que se produzcan. Deben emplearse sistemáticamente.

Estos inconvenientes no suponen un obstáculo a su instalación, sino simplemente que, como todo sistema, tiene unos condicionantes que hay que tener en cuenta para su utilización. Las localizaciones de los detectores de hielo deben ser elegidas cuidadosamente y debe realizarse un adecuado mantenimiento de los mismos

En algunos casos, se utilizan combinados con paneles de señalización variable que al detectarse hielo, se encienden avisando al usuario de tal circunstancia. Estas combinaciones hay que usarlas con mucho cuidado, pues la fiabilidad del sistema no es demasiado elevada y pueden producirse errores. Es preferible que esta señalización sea accionada desde el centro de control una vez que se ha analizado la información. Desde luego, en NINGUN CASO DEBEN SER UTILIZADOS PARA DESCONECTAR PANELES DE SEÑALIZACION DE HIELO.

7.2. Medios de alerta

Además de los medios para prever la meteorología, es necesario emplear sistemas que avisen de las situaciones que se están produciendo. Estos pueden ser: patrullas de agentes y observadores acreditados.

7.2.1. Patrullas de agentes

Es recomendable realizar una vigilancia periódica durante el día y especialmente por la noche, para observar si se forma hielo o nieve. Se deben emplear vehículos todo terreno equipados con radio-teléfono.

7.2.2.Observadores acreditados

El aviso de los fenómenos meteorológicos que se están produciendo puede también darse a través de personas de confianza como Guardia Civil, etc.

Es aconsejable disponer de observadores a lo largo del recorrido del tramo que avisen en caso de cambio del tiempo repentinamente, como por ejemplo bares, etc.

El responsable del centro debe conocer bien a sus observadores para poder evaluar sus informaciones.

8 Medios de información al público y comunicaciones

8.1. Información al público

La información al usuario de la carretera se ha convertido en una operación fundamental dentro del mantenimiento invernal.

Para que esta información sea eficaz debe reunir las siguientes características:

- Debe ser RAPIDA y PUNTUAL, para que pueda describir la situación existente en cada momento en todos los tramos de la red.
- Debe ser EXACTA, transmitiendo las condiciones reales de la carretera.
- Debe ser CLARA y CONCISA, para que su comprensión sea fácil.
- Debe tener FACIL TRANSMISIBILIDAD y COMODA RECEPCION.

Por otra parte, el usuario desea conocer de la carretera lo siguiente:

- El estado general en que se encuentra la calzada.
- Las condiciones de circulación y tráfico.

Para facilitar esta transmisión de información, en algunos países han intentado establecer un código que abarque todas las situaciones que puedan presentarse, de forma que en las comunicaciones entre el personal de mantenimiento invernal se eviten subjetivismos.

Pero la comunicación al usuario no puede realizarse de la misma forma. Las consignas admitidas por la práctica de las condiciones en que se encuentra un tramo son: ABIERTO, CERRADO o CON CADENAS. En cualquier caso, hay que procurar que la información facilitada al usuario se realice en unos términos fácilmente comprensibles para él.

Para hacer llegar la información a los usuarios pueden establecerse, en principio, los siguientes niveles de comunicación: local o directamente al usuario, provincial, regional y nacional. En cada ámbito los canales de difusión aconsejables son diferentes.

En la Red de Interés General del Estado, se establecerán dos

canales de información: directamente al usuario en la carretera y a nivel nacional, a través del Servicio "Tele-Ruta". Estos son los dos canales que se emplean dentro del ámbito de la R.I.-G.E., pero no excluyen la deseable coordinación que debe existir con las distintas Autonomías y con las cuales debe intercambiarse información para conocer el estado de las carreteras respectivas que dependen de uno u otro Organismo. También podría ser recomendable la implantación de un centro de información a nivel provincial, mediante contestador automático.

8.1.1. Información directa al usuario en la carretera

Esta información se puede realizar mediante señalización fija y variable y a través de la Radio local.

La señalización fija no es muy eficaz, ya que su información es independiente del estado real de la carretera. Sólo sirve para advertir de un potencial peligro que puede presentarse o no. Su impacto sobre el usuario es muy reducido.

La señalización variable es la que más impacto tiene sobre el usuario, ya que le está informando puntualmente de la situación en que se encuentra la carretera. Hasta hace poco tiempo, este tipo de señalización se limitaba a informar al comienzo de un tramo conflictivo si éste estaba abierto, cerrado o con cadenas, mediante el manejo manual de placas metálicas. Pero hoy día, la señalización variable ha evolucionado mucho mediante el empleo de paneles electrónicos telemandados a distancia y en los cuales se puede reflejar la situación real de la carretera.

El único inconveniente de este sistema es que la longitud de los mensajes es limitada, por lo que debe establecerse una especie de código simple para transmitir la información.

Dada la gran calidad de la información que se transmite, este sistema ha experimentado un gran auge en todos los países, tendiéndose a su empleo generalizado, sobre todo para informar de la existencia de hielo, la necesidad de usar cadenas, si está abierto o cerrado un tramo y si existen problemas de circulación.

Deben situarse en intersecciones de itinerarios alternativos, a la salida de las ciudades, en las estaciones de servicio, etc. Conviene que la señalización esté destinada sólo al servicio invernal.

Para dar esta información directa al usuario, también puede emplearse la radio local mediante comunidaciones periódicas: las estaciones de servicio: el teléfono del Centro de Operaciones del tramo, etc.

8.1.2. Servicio de información a nivel nacional: Tele-Ruta

La otra vía para difundir la información es a nivel nacional, utilizando los medios de comunicación (Televisión, radio, periódico) y el teléfono.

En España, esta tarea la viene desarrollando eficazmente el Servicio de "Tele-Ruta", el cual tiene los siguientes objetivos: que los usuarios puedan planificar adecuadamente sus viajes; que los transportes colectivos se realicen en las máximas condiciones de seguridad; y que las empresas de transporte por carretera puedan hacer llegar a su destino las mercancías que les han encomendado en el menor tiempo posible y en las mejores y más seguras condiciones.

Para alcanzar estos objetivos, el Servicio de "Tele-Ruta" realiza las siguientes funciones:

a) Recepción de la información

- . Recoge la información de los Centros de Operaciones mediante teléfono, radio, télex y telefax.
- . Recibe la información del Servicio de Predicción Meteorológica del Instituto Nacional de Meteorología, generalmente a través de télex y telefax. Esta información la difunde posteriormente a los servicios provinciales mediante télex para que la hagan llegar a los Centros de Operaciones.
- . Recibe la información de otras Instituciones.

b) Tratamiento de la información.

En el Centro de Control se realiza el tratamiento de la información recibida y se lleva a un panel visualizador que refleja la situación en cada momento.

c) Difusión de la información

Se encarga de difundir la información recibida una vez clasificada. Esta difusión la segrega en función del tipo de usuario.

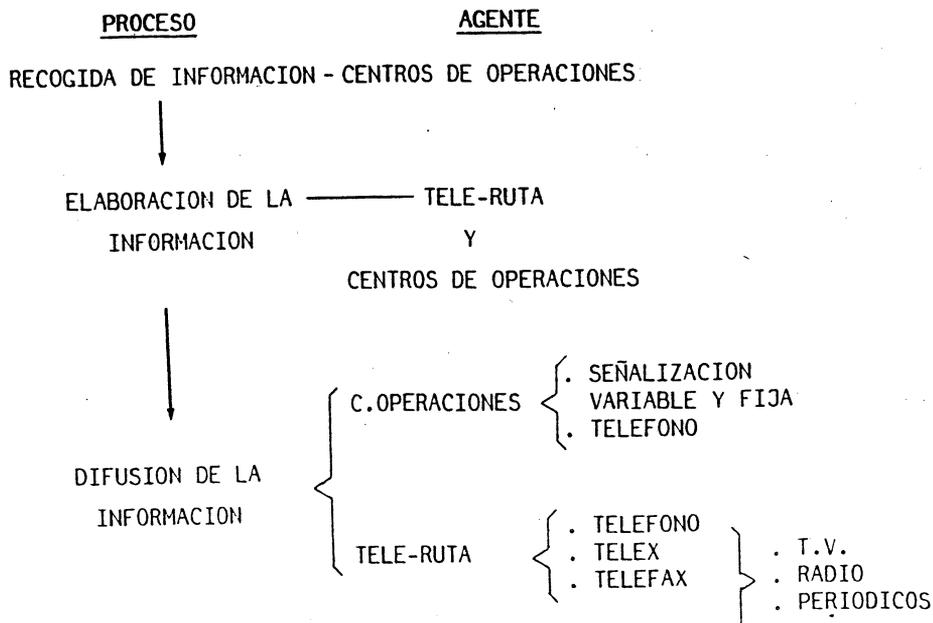
Dispone de un servicio telefónico con contestador automático para informar al usuario individualizado.

A través de télex y telefax se facilita información a los medios de comunicación (televisión, radio y periódicos) para que la difundan a través de sus servicios de información. Estos dos últimos sistemas también son los que suelen emplearse para informar a las empresas de transporte.

Un ejemplo del avance y desarrollo que está experimentando este tema, es que en Italia se está poniendo a punto un sistema de transmisión de televideo directamente en casa, para facilitar información al usuario sobre el estado de las carreteras.

En resumen, la recogida y difusión de la información constituye una tarea pesada, pero es esencial para la calidad del servicio ofrecido a los usuarios. Todo el proceso es importante, pero quizás la tarea fundamental corresponde a los Centros de Operación que son los encargados de recoger y transmitir la información sobre las condiciones en que se encuentra la carretera.

El proceso seguido y los Agentes que lo realizan son:



Por último, hay que señalar lo conveniente que sería informar al público sobre cómo debe conducir y cómo adaptar su coche durante la temporada invernal. En este sentido, sería interesante realizar campañas publicitarias de difusión.

8.2. Otras comunicaciones

Además de la información al usuario, el mantenimiento invernal debe llevar a cabo otra serie de comunicaciones internas y externas, de cuya buena ejecución puede depender la eficacia del servicio. Esto exige la dotación de los medios de comunicación adecuados. Estos tendrán por objeto cubrir las siguientes necesidades:

- Intercambio de información y órdenes entre el personal adscrito al Centro de Intervención: para su incorporación al mismo, indicar el sistema de trabajo, etc.
- Recibir información del exterior: previsiones meteorológicas, directrices del Centro de Coordinación, etc.
- Transmitir información al exterior sobre el estado de la carretera: al Centro de Coordinación, etc.

Para cubrir estas necesidades se emplean diferentes canales de comunicación que, en general, no serán exclusivos unos de otros, sino complementarios, ya que cada flujo de información se adapta mejor a uno u otro sistema.

A continuación se analiza, cuales son los medios más adecuados a emplear en cada caso.

8.2.1. Intercambio de información entre el personal de mantenimiento invernal.

La fluidez de información entre las unidades de intervención operacionales es fundamental para la gestión eficaz de los medios disponibles, ya que permite la coordinación de los mismos, de forma que su actuación sea la más adecuada en cada momento. Esta coordinación y dirección es llevada a cabo por el Jefe del Tramo.

Asimismo, es necesario asegurar la comunicación de las distintas unidades de intervención y vehículos patrulla

con el Centro, con el objeto de informar sobre las incidencias que se produzcan en la carretera.

El sistema más adecuado para cumplir esta misión es el RADIOTELEFONO, que debe instalarse en todos los vehículos adscritos al Centro de Operaciones, donde debe estar situada la central. Además, es un elemento de seguridad para las comunicaciones en caso de avería de la red telefónica por temporales u otras causas.

Es un equipo muy útil para la eficacia del servicio y la seguridad de los agentes pues la gestión es más eficaz. Además, se reducen los costes, ya que permite que, en cada vehículo, sólo se necesite un agente, evitando el acompañante, salvo causas excepcionales.

Otro intercambio de información que también se produce es entre el Centro y los observadores acreditados que facilitan información sobre el estado de la carretera. En este caso, el radio-teléfono también es el medio idóneo, pero excesivamente caro para el flujo de información que se produce, siendo sólo recomendable en casos excepcionales o cuando ya está instalado por otras causas. En consecuencia, es más aconsejable el empleo del TELEFONO.

El TELEFONO es también el sistema más adecuado para el reclutamiento del personal cuando se produce una alerta, aunque hay que recordar que éste no debe realizarse mediante el establecimiento de cadenas, ya que puede producir demoras importantes o interrupciones en los flujos de comunicación. Para este cometido también pueden emplearse BUSCAPERSONAS (la utilización de este equipo limita el lugar de residencia del personal adscrito al Centro de Operaciones).

Es obvio que estos sistemas no son exclusivos, sino complementarios.

8.2.2. Información al exterior

La comunicación con el exterior, con otros Centros de Operaciones o con el Centro de Coordinación, también tiene un papel importante. Esta comunicación se realizará normalmente mediante el teléfono.

8.2.3. Recepción de información del exterior.

La información que hay que recibir será, básicamente, las directrices del Centro de Coordinación y las previsiones meteorológicas. El medio utilizado es el teléfono. En los Centros de Coordinación también se utilizará télex o telefax. También es conveniente disponer de televisión y radio para poder llevar a cabo el seguimiento de las informaciones meteorológicas que periódicamente se facilitan a través de estos medios.

8.3. R e s u m e n

Por tanto, los medios de comunicación cuya utilización se recomienda en mantenimiento invernal son:

- Radioteléfono
- Teléfono
- Buscapersonas
- Télex
- Telefax
- T.V.
- Radio
- Señalización variable.

9 Personal

La ejecución eficaz del mantenimiento invernal exige que se disponga del personal suficiente y con la capacidad adecuada en cada Centro de Operaciones, de forma que se puedan llevar a cabo las diferentes actividades y cumplir los objetivos previstos.

Un primer aspecto hay que señalar en lo que se refiere al personal dedicado a mantenimiento invernal: dado que este tipo de trabajo tiene una serie de características muy particulares, la FORMACION Y ENTRENAMIENTO DEL PERSONAL en las técnicas empleadas en mantenimiento invernal es muy importante.

Esta necesidad se ha hecho aún más perentoria con la generalización del empleo de fundentes, ya que su aplicación exige tener una serie de conocimientos previos, con el objeto de utilizarlos adecuadamente y con las dosificaciones estrictamente necesarias por coste y contaminación ambiental. Para conseguir esta formación, se deben realizar Cursos, Seminarios, etc.

Otro aspecto que también es muy importante desde el punto de vista del rendimiento del personal es la EXPERIENCIA del mismo. Debe procurarse utilizar personal experimentado ya que, además de conocer las técnicas, conocerán las zonas peligrosas y aquéllas que requieren un seguimiento más cuidadoso. Hay que tratar de que el personal formado en vialidad invernal preste sus servicios en este campo durante varios años, para aprovechar al máximo su rendimiento.

El personal que debe estar adscrito a un Centro de Operaciones depende del tipo de éste, pero se deben cumplir una serie de requisitos mínimos:

- Cada vehículo debe ir equipado con radio, por tanto con un sólo conductor será suficiente, generalmente. Sólo cuando las condiciones de seguridad lo aconsejen también debe ir un acompañante.
- Si el vehículo no va equipado con radio, deben ir dos conductores en el mismo.
- Todo el personal del Centro debe estar capacitado para conducir toda la maquinaria adscrita al mismo.
- Todo el personal del Centro debe residir a menos de 30 minutos del mismo.

La organización varía con el tipo de Centro de Operaciones, ya que mientras para el nivel de servicio máximo se requerirá una vigilancia permanente y capacidad de intervención inmediata, para otros con mantener una vigilancia discontinua o basar su actuación en las informaciones

del Instituto Nacional de Meteorología será suficiente para alcanzar los objetivos previstos. En todos los casos, durante los períodos de alerta, todo el personal adscrito al Centro debe estar disponible.

Además de los conductores, cada Centro de Operaciones dispondrá del siguiente personal:

- 1 Jefe de tramo, encargado de la dirección y coordinación del personal y con otros servicios (Guardia Civil, etc.). También es el responsable de facilitar la información sobre el estado de la carretera. Es aconsejable que sea titulado medio.
- 1 Mecánico a disposición permanente.
- 1 Agente por tramo en el Centro de Comunicaciones e Información.
- 1 Agente para ayudar a la carga de fundentes.

El número de conductores será el necesario para cubrir todos los turnos.

10 Equipamientos auxiliares

Como ya se ha comentado, la lucha contra la nieve y el hielo también puede llevarse a cabo mediante actuaciones previas que, si bien no tienen un efecto directo e inmediato sobre los fenómenos meteorológicos, en algunos casos son fundamentales para la eficacia del mantenimiento invernal.

Bajo el epígrafe de "Equipamientos auxiliares" se engloban todas aquellas instalaciones e infraestructuras que se dispongan en un tramo de carretera con el objeto de mejorar las condiciones de vialidad durante la temporada invernal.

Estos equipamientos deben estar adscritos al Centro de Operaciones de cada tramo, el cual debe ser el responsable de su conservación y mantenimiento y buen funcionamiento.

Variarán, en cada caso, en función de las necesidades del tramo. A título orientativo, los equipamientos que se pueden disponer son:

- PANTALLAS PARANIEVES

El tratamiento óptimo contra la nieve transportada por el viento y que origina la formación de ventisqueros es la eliminación de la causa que los provoca.

Pero esto, en algunos casos, es imposible o muy costoso, por lo que hay que recurrir a pantallas paranieves, que consisten en crear una barrera artificial que frene la velocidad del viento para que se deposite la nieve y se forme el ventisquero en el punto que se quiera, naturalmente fuera de la carretera.

Pueden ser de madera, malla de plástico, etc. Su altura suele ser de 1,50-2,00 m. y se colocan perpendicularmente a la dirección del viento, a una distancia de la carretera entre 15 y 20 veces la altura de la pantalla.

En cada tramo de carretera deben estudiarse las pantallas paranieves que se precisan, definiendo su forma, situación y orientación.

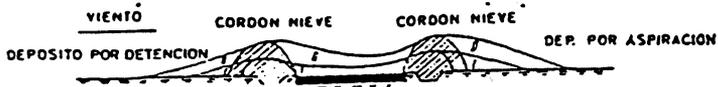
- VISERAS CONTRA ALUDES

En las zonas donde haya peligro de aludes sobre la carretera deben proyectarse viseras de protección.

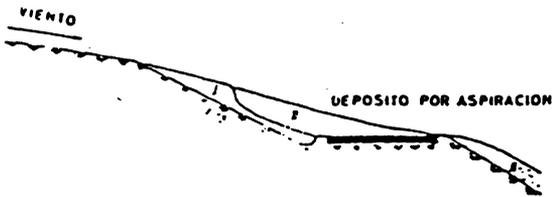
FORMACION VENTISQUERO EN TRINCHERA PEQUERA COTA



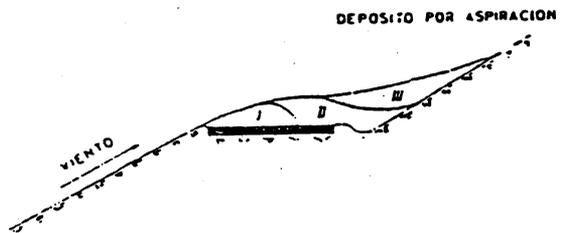
ACUMULACION POR CORDONES LATERALES



ACUMULACION EN MEDIA LADERA



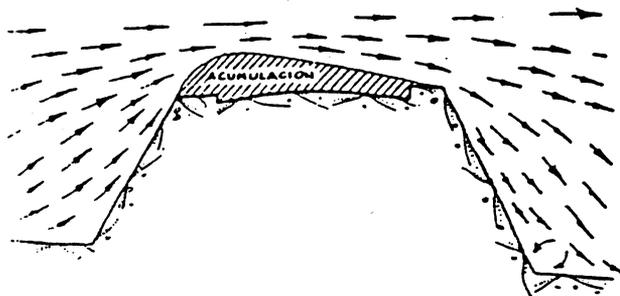
ACUMULACION EN MEDIA LADERA



ACUMULACION EN TERRAPLEN POCA COTA. CARRETERA LIBRE



FORMACION DE UN VENTISQUERO EN TERRAPLEN



FORMACION DE UN VENTISQUERO EN DESMONTE

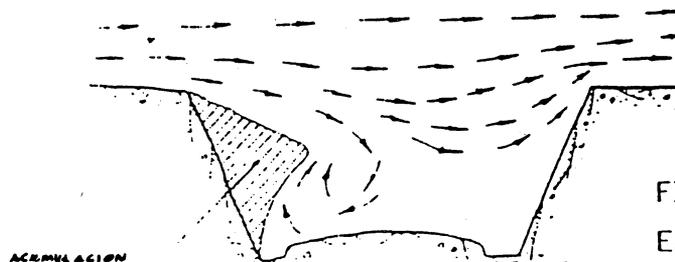
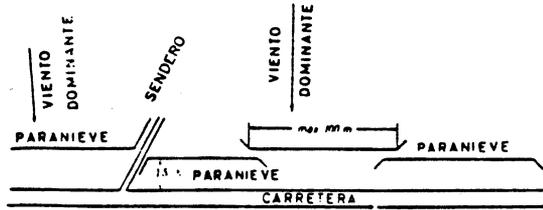
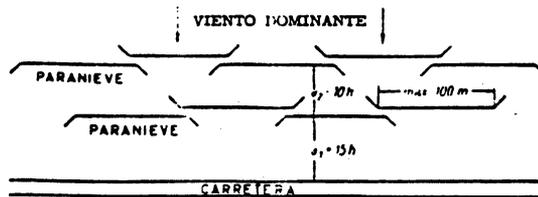


FIGURA Nº 10
EJEMPLOS DE FORMACION DE
VENTISQUEROS

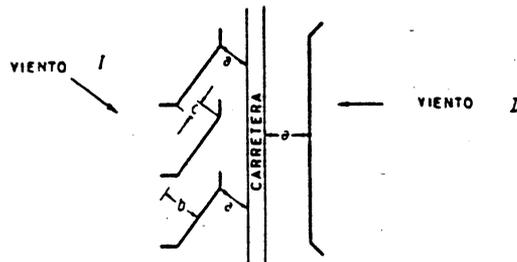
PARANIEVES EN LINEA. VIENTO PERPENDICULAR A LA CARRETERA



PARANIEVES EN DOBLE LINEA. VIENTO PERPENDICULAR A LA CARRETERA

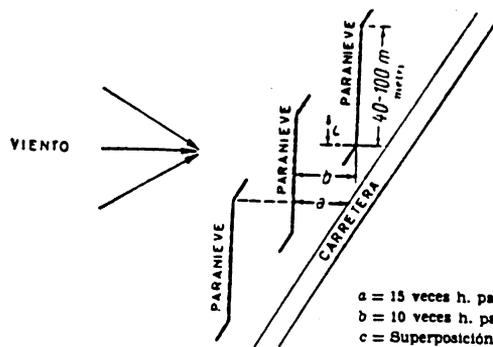


PARANIEVES PARA DOS DIRECCIONES DE VIENTO



- a = 15 veces altura paranieve.
- b = 10 veces altura paranieve.
- c = Superposición 10 m.

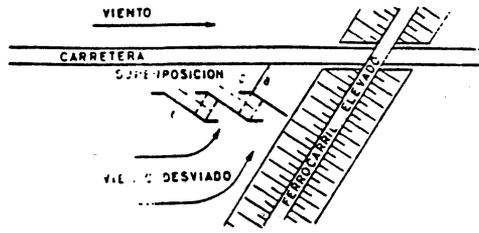
PARANIEVES CONTRA VIENTO OBLICUO



- a = 15 veces h. paranieve.
- b = 10 veces h. paranieve.
- c = Superposición 10 m.

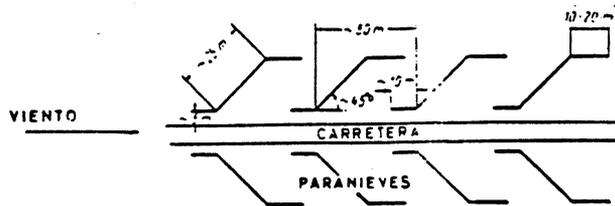
FIGURA Nº 11 - EJEMPLOS DE COLOCACION DE PARANIEVES

PARANIEVES PARA VIENTO DESVIADO POR LA EXPLANACION DEL FF. CC.

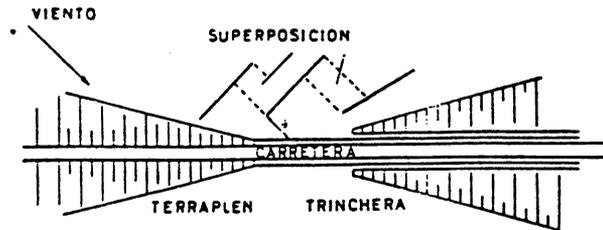


- a = 15 veces altura paranieve.
- c = Superposición 10 m.

PARANIEVES PARA VIENTOS PARALELOS A LA CARRETERA

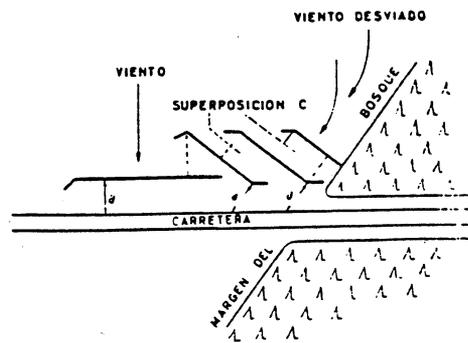


PARANIEVES PARA PROTEGER LA TRINCHERA



- a = 15 veces altura paranieve.

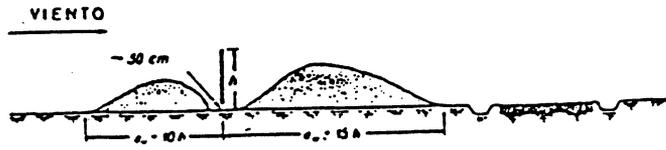
PARANIEVES PARA VIENTO DESVIADO POR EL BOSQUE



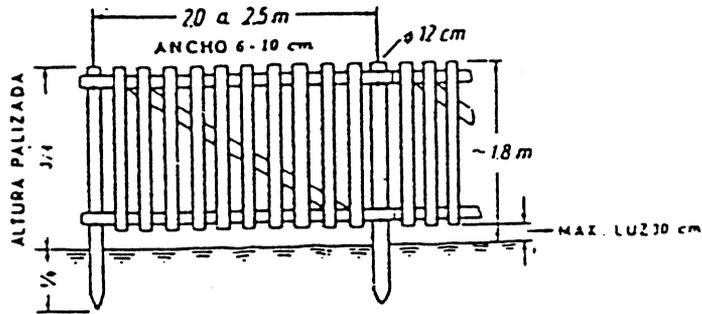
- a = 15 veces altura paranieve.
- c = Superposición 10 m.

FIGURA Nº 12 - EJEMPLOS DE COLOCACION DE PARANIEVES

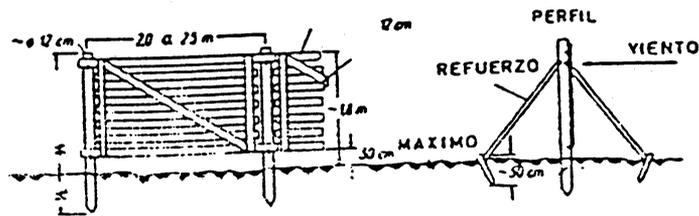
PARANIEVES BIEN COLOCADO



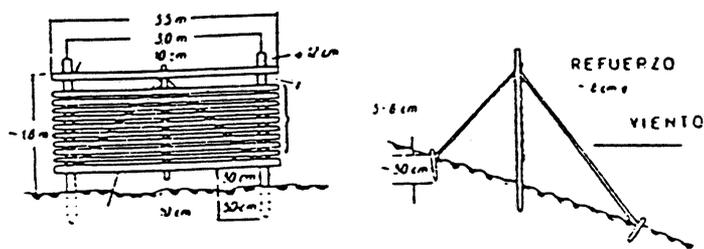
PALIZADA DE MADERA CON ELEMENTOS VERTICALES



PALIZADAS CON PANELES DE MADERA Y ELEMENTOS HORIZONTALES



PALIZADA DE ELEMENTOS HORIZONTALES



PARANIEVES DE FIBRA DE COCO

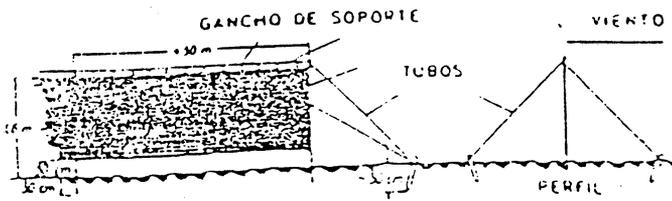


FIGURA Nº 13 -
EJEMPLOS DE PARANIEVES

- TUNELES

Puede ocurrir que algunas zonas tengan unos problemas de vialidad invernal tan graves y difíciles de solucionar normalmente que será necesario recurrir a disponer grandes infraestructuras, como túneles, para solucionar el problema.

A pesar de que pueda parecer exagerada la solución, no debe descartarse pues, en algunos casos, la realización del correspondiente análisis puede arrojar unos resultados sorprendentes.

- SEÑALIZACION Y BALIZAMIENTO

Ya hemos visto la utilidad de los paneles informativos, pero no sólo este tipo de señales son importantes para la vialidad invernal, sino que deben cuidarse todos los elementos de la misma. También es conveniente disponer señales y balizamiento, si las características del tramo de carretera así lo aconsejan, ya que son de gran ayuda para el mantenimiento invernal y la circulación.

- APARCAMIENTOS

Es recomendable disponer zonas de aparcamiento a lo largo del tramo de carretera y, sobre todo, en el comienzo de las zonas más duras, para permitir la retirada de vehículos en caso necesario, evitando el estacionamiento en la calzada.

Estos son algunos ejemplos de equipamientos auxiliares que se pueden construir. Cada Centro de Operaciones debe analizar las características de su tramo y proponer los que considere necesarios. En cualquier caso, el mantenimiento de los mismos corresponde al Centro de Operaciones.

11 Instalaciones de los centros de operaciones

Una vez que se han visto las técnicas a emplear y los medios que se precisan para su realización, nos quedan por definir las instalaciones necesarias para albergar esta organización.

Las instalaciones se pueden clasificar en los siguientes grupos:

- Instalaciones para los fundentes.
- Instalaciones para la maquinaria
- Instalaciones de oficinas
- Instalaciones para residencia-vivienda del personal
- Instalaciones generales
- Instalaciones anejas al Centro de Operaciones.

En función del tipo de Centro de Operaciones variará la entidad de cada uno de estos tipos de instalaciones. Veamos a continuación en qué consiste cada uno de los grupos.

11.1 Instalaciones para los fundentes

Los fundentes precisan un lugar para la fabricación, si procede, un sitio para el almacenaje y un sistema de carga. Estas instalaciones variarán con el tipo de fundente, pero desde el punto de vista que aquí se está analizando, estas instalaciones variarán en función de que empleemos fundentes en estado sólido o en estado líquido.

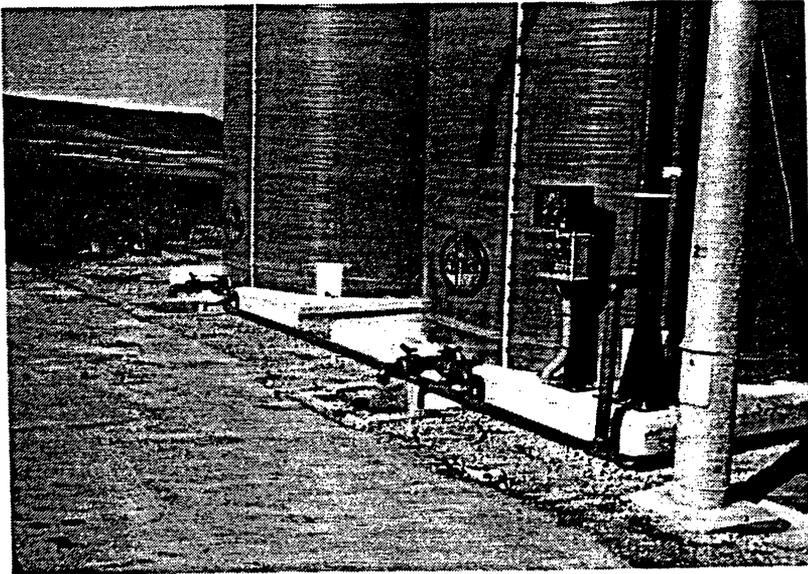
Para los fundentes en estado sólido es conveniente disponer una nave cubierta para el almacenaje del mismo, con una capacidad del 50 % del consumo de la temporada.

El cloruro sódico puede almacenarse a granel, si se emplean grandes cantidades, o en sacos, en caso contrario (en este caso no es necesaria la nave cubierta).

El cloruro cálcico debe almacenarse en sacos estancos debido a su higroscopicidad.

Para cargar el cloruro sólido a granel es conveniente utilizar una pala; las cintas transportadoras requieren mayor mano de obra y suele estropearse mucho. En la nave de almacenamiento

FIGURA Nº 14 - INSTALACION DE FABRICACION



hay que prever espacio suficiente para el movimiento de la pala mecánica.

A título de orientación, la nave debe tener las siguientes características básicas:

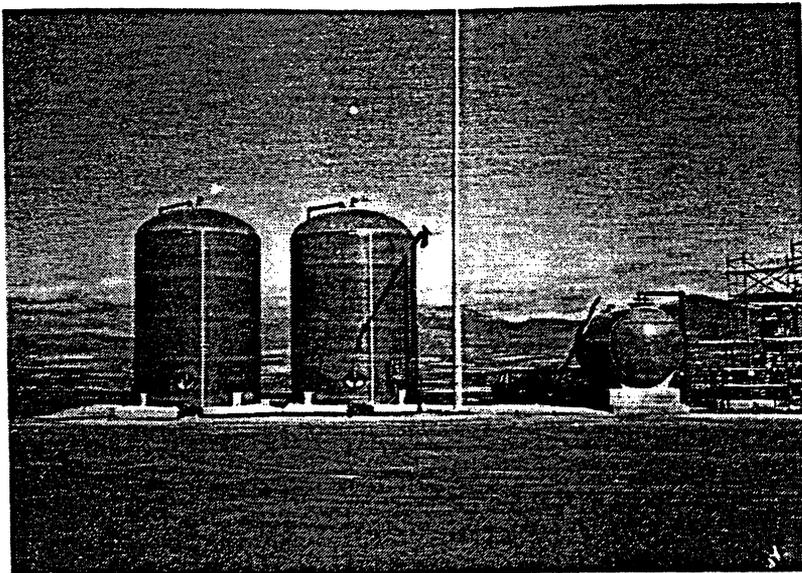
Anchura	:	10 m.
Altura libre	:	5 m.
Altura stock	:	3 m.
Puertas	:	4 x 4 m.
Acceso	:	amplio

La capacidad de almacenaje, en función de las dimensiones, es:

<u>Altura (m)</u>	<u>Anchura (m)</u>	<u>Longitud (m)</u>	<u>Capacidad (Tn)</u>
3 m.	9,50	15	400
3 m.	9,50	20	550
3 m.	9,50	25	700
3 m.	9,50	30	850
3 m.	9,50	35	1.000

Cuando se utilicen soluciones líquidas, éstas precisarán de un tanque de fabricación y varios de almacenamiento. Estos tanques pueden realizarse en poliéster y en acero vitrificado. La capaci-

Y ALMACENAMIENTO DE SALMUERA



dad de almacenamiento debe ser el consumo de tres días con condiciones climáticas duras.

En autovías, además, habrá que disponer en cada extremo del tramo un destacamento con almacén de fundentes, ya que la capacidad de un camión solo permite el tratamiento de una dirección, salvo que se reduzca mucho la longitud del tramo adscrito al Centro de Operaciones.

11.2 Instalaciones para la maquinaria

Es aconsejable que la maquinaria adscrita al Centro se guarde en Garajes cubiertos, los cuales deben estar dotados de calefacción ($+ 1^{\circ} \text{C} - + 3^{\circ} \text{C}$) cuando las condiciones climatológicas sean muy duras, ya que se reduce la corrosión de los vehículos y se mejora su puesta en funcionamiento.

Se recomienda disponer en este garaje de un pequeño taller con foso y las herramientas más imprescindibles, así como de un pequeño almacén de respuestos y accesorios (señales, cadenas, etc...) Si no existen estaciones de servicio próximas, es conveniente disponer tanques para almacenamiento de carburante.

Delante de la entrada del Garaje debe disponerse una explanada amplia para poder maniobrar fácilmente con los vehículos (longitud de garaje $\times 10$ m.)

Las superficies de garaje que se precisan por vehículo son:

- . Camiones y máquinas dinámicas : 4 x 8 m2./vehículo
- . Vehículos ligeros : 4 x 6 m2./vehículo
- . Esparcidores : 3 x 5 m2./elemento
- . Hojas, cuñas, etc. : 4 x 2 m2./útil

11.3. Instalaciones de oficinas

Estas instalaciones estarán compuestas por:

1 Oficina (15-20 m2.) para el Jefe del tramo y como Centro de Control y Comunicaciones, desde la que se coordinará toda la actividad del Centro. Dispondrá de:

- Teléfono
- Radio-teléfono
- Televisión y radio
- Télex, si es un Centro Coordinador.
- Plano del tramo de carretera o de toda la zona que se coordina, donde se refleje la situación en cada momento.
- Terminales de las estaciones meteorológicas del tramo y detectores de hielo.
- Manto a distancia de la señalización variable.

1 Dependencia para botiquín, mantas y alimentos para casos de emergencia (5 m2.).

11.4 Instalaciones para residencia-vivienda

Estas instalaciones variarán en función del tipo de Centro de Operaciones. Cuando no exista retén permanente, será suficiente con una sala de reposo amplia dotada con una pequeña cocina-despensa, chimenea y servicios y duchas. Cuando haya retén, hay que disponer, además, dormitorios para el personal: estos serán dobles y el número de camas será igual al número de camiones y máquinas que esté adscrito al Centro más dos.

En cualquier caso, las instalaciones deben cumplir la legislación laboral vigente.

11.5 Instalaciones generales

El Centro de Operaciones estará dotado de suministro de agua, electricidad, saneamiento y calefacción.

11.6 Instalaciones anejas al Centro de Operaciones

Este conjunto de instalaciones está integrado por aquellos equipamientos que, aun no estando situados en el propio Centro de Operaciones, están adscritos al mismo. Pueden ser:

- Paneles de señalización variable
- Semáforos
- Señalización fija
- Balizamientos
- Estaciones meteorológicas
- Detectores de hielo
- Pantallas paranieves
- Infraestructuras contra aludes
- Aparcamientos.

Y, en general, todas aquellas instalaciones destinadas a vialidad invernal y que están situadas en el tramo adscrito al Centro de Operaciones.

12 Efectos perjudiciales producidos por la realización del mantenimiento invernal

Pueden clasificarse en tres grupos: efectos producidos sobre la carretera, efectos producidos sobre el medio ambiente y efectos producidos sobre los vehículos.

12.1. Efectos producidos sobre la carretera

La realización de las actividades de mantenimiento invernal acelera el desgaste de las carreteras, reduciendo los períodos de reparación o refuerzo.

Principalmente esta degradación es producida por las máquinas quitanieves, el empleo de cadenas y de neumáticos con clavos y la utilización de abrasivos y fundentes.

12.1.1 Efectos producidos por las máquinas quitanieves

Las cuñas y hojas utilizadas para la limpieza de nieves producen abrasión superficial al friccionar con el pavimento. Es recomendable utilizar cuchillas elásticas (caucho sintético) o de materia plástica, siempre que sea posible.

Los producidos por máquinas dinámicas serán debidos a fallos del conductor, en la mayoría de las ocasiones. En general, los deterioros producidos por este motivo no son de gran importancia.

12.1.2 Efectos producidos por los neumáticos con cadenas.

Las cadenas tienden a arrancar y erosionar el árido grueso, por lo que el desgaste producido tiende a aumentar con el porcentaje de éste.

Por otra parte, el desgaste disminuye cuanto menor es el contenido de ligante. Por tanto, es conveniente adoptar composiciones ricas en arena y filler, con relativamente poco árido grueso y bajo contenido de ligante. Además ésto favorece la impermeabilidad de las carreteras.

12.1.3 Efectos producidos por los neumáticos con clavos.

Los neumáticos con clavos provocan el efecto contrario que las cadenas, ya que producen un impacto sobre los áridos y, sobre todo, unas presiones puntuales sobre las gravillas muy considerables, que provocan el desgaste de la calzada. Los efectos aumentan con la carga.

Para disminuir éstos deben ejecutarse pavimentos con gran contenido de ligante y áridos gruesos y duros.

La combinación de clavos y cadenas produce un desgaste muy superior al de las cadenas normales.

Afortunadamente, los neumáticos con clavos son poco usados en nuestro país.

13.1.4 Efectos producidos por el empleo de abrasivos

El empleo de abrasivos para aumentar la adherencia se ha reducido mucho, pues se ha comprobado que su eficacia es escasa.

De todas formas, éstos no producen casi ningún daño sobre los pavimentos, salvo una pequeña abrasión. También pueden producir atascos en los drenajes y peligro de deslizamiento de los vehículos, si no se barren después de que hayan cubierto su objetivo.

12.1.5 Efectos producidos por el empleo de fundentes

Los fundentes químicos son los que más degradación suelen producir en las carreteras. Para su estudio, conviene diferenciar entre la producida sobre los firmes y la producida sobre las obras de fábrica.

12.1.5.1 Efectos sobre los firmes

La degradación no se produce químicamente, como han demostrado los ensayos realizados, sino que es debida a los ciclos hielo-deshielo del agua que circula por las grietas o poros que existan en el firme. A continuación se analizan los efectos producidos para cada tipo de firme.

En cuanto a los FIRMES DE HORMIGÓN, no hay gran experiencia en España. De la existente en otros países, se ha comprobado que al no ser impermeables, el agua circula por las fisuras o huecos, helándose durante el invierno e incrementando su volumen alrededor de un 9%, lo que produce unas presiones en el hormigón que llegan a provocar su ruptura.

Este fenómeno se acelera cuando el agua es salina. Debido a la evaporación se produce una solución sobresaturada que favorece la cristalización de sal. Según investigaciones llevadas a cabo en Estados Unidos, estos cristales cuando están cautivos originan presiones superiores a 1.300 kg/cm².

Para evitar los efectos producidos por este fenómeno, o bien hay que producir burbujas de aire para que puedan crecer los cristales sin romper el hormigón, o bien hay que poner en obra un hormigón de alta resistencia.

Sería recomendable llevar a cabo una investigación profunda sobre el comportamiento de los firmes de hormigón frente a los fundentes.

Los FIRMES BITUMINOSOS son sensibles a los efectos hielodeshielo cuando son permeables o están agrietados. En estos casos, el agua penetra por las fisuras, aumenta de volumen al helarse y abre nuevas vías para la penetración. Este fenómeno se acelera con el empleo de los fundentes, provocando fisuras, grietas y baches. Además, el paso de los vehículos produce un efecto de bombeo en los poros.

Por tanto, hay que procurar proyectar firmes impermeables en los de nueva construcción y someter a los pavimentos antiguos a tratamientos superficiales de sellado de grietas y fisuras para conseguir su impermeabilización.

Otro tema que está siendo muy discutido desde el punto de vista del mantenimiento invernal es el de utilización o no de los FIRMES POROSOS.

Se ha observado que en vías que están sometidas intensamente a la extensión de fundentes y donde el tráfico no está canalizado (por ejemplo autopistas) no hay diferencia de comportamiento entre los firmes abiertos y cerrados.

Por el contrario en las carreteras con menor tráfico y canalizado, se vió que era más difícil la eliminación de la nieve situada entre las rodadas en los firmes porosos, ya que en este caso los fundentes penetran más rápidamente por los poros, disminuyendo la salinidad

del pavimento. En los firmes cerrados los fundentes permanecen más tiempo en la superficie y fluyen lentamente hacia el exterior de la calzada debido a la pendiente transversal.

Este hecho implica además, que en caso de volver a nevar, mientras en los firmes cerrados sigue habiendo sal en la calzada, en los firmes abiertos es necesario volver a realizar el tratamiento con fundentes.

12.1.5.2 Efectos sobre las obras de fábrica

Tanto sobre las obras de fábrica como bajo ellas, son los puntos de la carretera donde se produce hielo más fácilmente y donde la nieve tiende a permanecer durante más tiempo.

En consecuencia, en ellos se precisan más tratamientos y se produce más concentración de sales, empeorando la conservación de los elementos estructurales.

Los fundentes atacan al hormigón mediante ciclos hielo-deshielo y producen corrosión en las armaduras. Esta comienza para valores superiores a 0,6 de la relación ion cloruro/ion hidróxido del hormigón. El acero corroído produce herrumbre cuyo volumen es, aproximadamente, cien veces el del acero, generando tensiones de tracción en el hormigón circundante, que cuando son iguales a la resistencia a tracción del hormigón, producen agrietamientos.

Aunque éste es el proceso general, sería conveniente realizar investigaciones más profundas para conocer cual es el efecto de los cloruros sobre las obras de hormigón.

Para evitar estos fenómenos no existe una solución definitiva, sino solo un conjunto de medidas que reducen los efectos producidos por los cloruros. Estas son:

- Reparación de los desperfectos que tengan la obra de fábrica.
- Mejora de drenajes. Recogida y conducción de las aguas que penetran por las juntas y mechinales, mediante canales y tubos.

- Impermeabilización de la estructura para impedir la penetración del agua y de las soluciones salinas.

- Aplicación más eficaz de los fundentes químicos, empleando fundentes sólidos humidificados y dosificaciones ajustadas. Controlar la salinidad para no realizar tratamientos innecesarios

- Utilizar fundentes a base de alcoholes y ureas, aunque estos productos son mucho más caros y su eficacia es inferior. Además, es preciso tratar los tramos adyacentes a los extremos de la obra en una extensión de 2 km. en cada sentido, para evitar el arrastre de cloruros por el tráfico.

Las dosificaciones utilizadas de urea son de 66 grs/m² en tratamientos preventivos, y de 132 gr/m² en tratamientos curativos. La urea es eficaz hasta -11° C.

- Otra posibilidad es dotar de calefacción a los tableros, pero se precisa una inversión importante y los gastos de funcionamiento son elevados. Además las realizaciones efectuadas hasta la fecha no han dado resultados satisfactorios.

En resumen, estas medidas palián los efectos producidos sobre las obras de fábrica pero no aportan una solución definitiva. La solución del problema debería ir encaminada a encontrar un fundente efectivo y no corrosivo.

12.2. Efectos producidos sobre el medio ambiente

Ultimamente, la protección del medio ambiente está tomando más importancia y actualidad en todos los países.

En la mayoría de ellos, la protección del medio ambiente es un objetivo fundamental en la realización de cualquier actividad

El mantenimiento invernal no podía escapar a esta tendencia, habiéndose llevado a cabo investigaciones en varios países con el objeto de determinar cual es su influencia sobre el medio ambiente.

El impacto se produce, fundamentalmente, por la utilización de fundentes químicos. Las sales empleadas, una vez fundido el hielo, quedan disueltas en el agua, contaminando las aguas

superficiales y subterráneas. Pueden afectar a los cultivos y a los animales o quedar depositadas sobre los terrenos al evaporarse el agua.

Las investigaciones llevadas a cabo han demostrado que sí es cierto que se produce esta contaminación. Se han observado algunas variaciones en la concentración de sal, pero éstas no son importantes y en general están lejos de los límites permitidos en los países de la Comunidad Económica Europea: 20 mgrs/l. Na^+ , 100 mgr/l Ca^{H} , 25 mgr/l Cl^- y que el conjunto de todos ha de ser menor de 200 mgr/l.

Estos efectos son diferentes en función del grado de proximidad a la carretera. La vegetación situada en las márgenes de la misma está más afectada por las sales. También, debido al viento, pueden verse perjudicadas las plantaciones distantes de la calzada, aunque de forma menos importante.

Un hecho que sí puede aumentar la concentración salina de los suelos próximos a la carretera es la mala evacuación de las aguas de la misma. Por tanto, hay que procurar que el funcionamiento de los drenajes sea correcto para evitar que las aguas cargadas de sal se acumulen en las proximidades de las plantaciones.

En resumen, parece difícil que se den niveles de salinidad peligrosos en el medio ambiente, gracias a la excelente dilución que se produce en invierno.

Pero lo que sí está claro es que se producen variaciones de la concentración de sales en las aguas debidas al empleo de fundentes químicos y ésto produce efectos perjudiciales, aunque mínimos en la actualidad. Hay que tratar de reducir el consumo de fundentes, pero sin olvidar que son imprescindibles para la seguridad de la carretera en invierno.

12.3. Efectos producidos sobre los vehículos

La presencia de sal puede ocasionar la corrosión de los vehículos, sobre todo de las partes bajas de los mismos, aunque este efecto no es muy importante. Podría recomendarse la limpieza de aquéllos a los conductores si han circulado por una carretera en la que se haya realizado el extendido de fundentes.

Por supuesto, las máquinas empleadas en mantenimiento invernal son afectadas por los fundentes, pero esto ya se ha comentado en el apartado correspondiente.

13 Nuevas técnicas en experimentación

El objeto de este apartado es exponer muy brevemente en que dirección van las investigaciones que se están llevando a cabo en el campo del mantenimiento invernal y cuales son las nuevas técnicas que están en experimentación.

Respecto al primer punto, las líneas de trabajo que se están siguiendo son:

- Tratar de conseguir la máxima automatización posible de los equipos.
- Mejorar el empleo de fundentes, tratando de reducir las dosificaciones empleadas.
- Investigar sobre otros fundentes menos perjudiciales para la carretera (sobre todo para las obras de fábrica) y el medio ambiente.
- Buscar nuevos sistemas alternativos a los fundentes en los tratamientos contra el hielo.
- Mejorar los sistemas de gestión, empleando las técnicas de comunicaciones y previsión y alerta que existen actualmente, adaptándolas a la vialidad invernal.
- Mejorar el funcionamiento de los detectores de hielo.
- Mejorar las previsiones climatológicas mediante el empleo de estaciones meteorológicas, mapas térmicos, etc.

En cuanto a las nuevas técnicas que están en fase de experimentación, éstas son las siguientes:

- C.M.A. (Acetato de Calcio Magnesio):

Es un nuevo tipo de fundente del cual ya se han expuesto sus características en el apartado 4.

- Aditivos a los aglomerados: VERGLIMIT.

Consiste en la incorporación de un fundente químico durante la fabricación del aglomerado asfáltico de la capa de rodadura. Se están llevando a cabo ensayos con un producto formado por laminillas de cloruro de calcio

Se añade un 5-6% en peso de fundente al aglomerado, en un espesor de 3,5 cm. No se alteran las características del aglomerado si se reduce el tanto por ciento de finos en la misma proporción

El producto se mantiene disuelto en los huecos y capilares y aflora hacia la superficie o se retira en función de la humedad atmosférica. Actúa en un espesor de 5-10 mm. a partir de la superficie y es activo hasta tres grados bajo cero, impidiendo la adherencia del hielo y la nieve al firme y facilitando su fusión.

Las conclusiones obtenidas de los ensayos realizados son:

- . Las secciones tratadas con este sistema necesitan menos tratamientos con fundentes, aunque se siguen precisando.
- . La incorporación del aditivo al aglomerado debe hacerse con cuidado. Es muy importante la composición de éste y que el tanto por ciento de huecos sea bajo.
- . El coste de la capa de aglomerado es superior al doble que en condiciones normales.

En resumen, hay cierto optimismo a que este sistema pueda emplearse en el futuro en aplicaciones especiales.

Productos para fijar la sal sobre la calzada: SELFIX

El objetivo de este sistema es que la sal permanezca sobre la calzada durante meses, manteniendo una determinada salinidad en la misma. Es decir, se trata de realizar un tratamiento preventivo permanente.

El Selfix es una emulsión de agua al 50% de un fijante plastificado al que se agrega un agente tenso-activo y un agente anti-gel. Mezclado con la salmuera de cloruro sódico baja la tensión superficial de la salmuera de forma que permite, una vez extendida, una buena penetración de la mezcla en las porosidades de la calzada.

Las cantidades de sal que se pueden mantener en la calzada pueden ser importantes (100 grs/m^2).

Los resultados obtenidos hasta ahora parece que no son muy satisfactorios.

Calefacción en la calzada

Consiste en la incorporación al firme de resistencias o tuberías para la circulación de agua caliente o vapor de agua.

Este sistema no produce efectos perjudiciales sobre la carretera y el medio ambiente y es muy eficaz.

Su principal inconveniente es su coste, tanto de instalación como de funcionamiento, ya que necesita cantidades importantes de suministro de energía, cuya producción no siempre es factible.

Su aplicación por tanto está limitada a puntos muy concretos donde no es posible emplear otras técnicas, como por ejemplo, entrada y salida de pasos subterráneos, puentes, viaductos, etc.

Instalaciones fijas para extendido de salmueras

Están formadas por una serie de tuberías y esparcidores distribuidos a lo largo de la carretera, que son los que proyectan la salmuera sobre la calzada. Se pueden poner en funcionamiento manual y automáticamente (mediante el empleo de detectores de hielo)

Se han ensayado en pequeñas longitudes y en puentes, sin resultados muy satisfactorios.