

ESTRATEGIAS PREVENTIVAS EN EL MANTENIMIENTO DE LA VIALIDAD INVERNAL EN LAS CARRETERAS DE LA RED DEL ESTADO EN ESPAÑA

M.C. Sánchez Sanz & L. Azcue Rodriguez
Ministerio de Fomento – Dirección General de Carreteras, España
mdcsanchez@fomento.es
lazcue@fomento.es

RESUMEN

España se caracteriza por tener una de las mayores altitudes medias en Europa, con cerca del 50% de su superficie cubierta de cordilleras montañosas que hacen muy común la existencia de carreteras con elevadas cotas y pendientes. La mayor parte del país se caracteriza por tener un frío clima continental con más de 100 días al año por debajo de 0º centígrados.

El Ministerio de Fomento tiene a su cargo una red de 26.037 km. de carreteras (44,3% de autopistas y autovías y 55,7% de carreteras convencionales), en muchas de las cuales el tiempo máximo para restituir la carretera a sus condiciones normales de circulación es de 1 hora desde que cesa la precipitación.

Esto supone un consumo de recursos importante en el mantenimiento de la vialidad invernal, particularmente de fundentes. El Ministerio ha hecho un esfuerzo sostenido para optimizar los recursos, concentrándose sobre todo en promocionar el uso de fundentes líquidos animando a cambiar al uso de salmueras frente al uso de ClNa sólido, lo que aumenta la efectividad de los tratamientos mientras reduce la cantidad de fundente que se desperdicia así como el impacto medioambiental.

1. LA RED DE CARRETERAS DEL ESTADO

España es un país de Europa meridional que se encuentra ubicado en la península ibérica, con una extensión territorial de 505,954 km². Su población alcanzó en el año 2012, la cifra de 47 millones de habitantes, lo que representa una densidad de 93 habitantes/km².

El relieve español está estructurado alrededor de un gran macizo central que ocupa prácticamente el 50% del país, con una elevación notable que hace que sea el segundo país de Europa con una mayor altitud media (660 m.). En torno a esta meseta se alzan unos rebordes montañosos que la circundan, excepto en su vertiente oeste.

El invierno presenta algunas zonas con abundantes días de helada y nevada. Existen zonas con 40 a 50 días de nieve rodeadas por extensas zonas en las que se producen entre 20 y 40 días de nieve. En cuanto al número de días de helada, las zonas más elevadas tienen de 150 a 250 días de helada, si bien en la mayor parte del país se producen entre 100 y 50 días de helada.

Podemos decir, por tanto, que prácticamente la mitad del territorio español se ve afectado en invierno por problemas de nieve o hielo, por lo que es necesario llevar a cabo trabajos para el mantenimiento de la vialidad invernal en gran parte de las carreteras de la Red del Estado.

El país está constituido por diecisiete Comunidades Autónomas, con una organización análoga a los estados federales. Cuentan con un amplio nivel de autonomía, con poderes legislativos, presupuestarios, administrativos y ejecutivos, que el Estado Central garantiza mediante el correspondiente Estatuto de Autonomía. Cada Autonomía o región se divide en una o varias provincias, que hacen un total de cincuenta y dos.

La red española de carreteras está organizada administrativamente en tres Administraciones diferentes: la Red de Carreteras del Estado dependiente del Ministerio de Fomento, las Redes de Comunidades Autónomas y las Redes de las Diputaciones y Cabildos.

La Red de Carreteras del Estado, RCE, comprende las carreteras nacionales que forman itinerarios de largo recorrido y comunican las diferentes regiones. Las redes de las Comunidades Autónomas tienen carácter regional y las redes de las Diputaciones y Cabildos tienen carácter local. Esta red local se completa con la red de carácter municipal, que es gestionada por los Ayuntamientos.

La longitud de la Red del Estado frente a la longitud total de la red de carreteras española es la siguiente:

	RED DE CARRETERAS DEL ESTADO (RCE)		RED DE CARRETERAS ESPAÑOLA (RE)		(RCE) / (RE)
	KM	%	KM	%	%
AUTOPISTAS Y AUTOVÍAS	11.534	44,3	16.358	9,9	70,5
CARRETERAS CONVENCIONALES	14.503	55,7	149.209	90,1	9,7
TOTAL	26.037	100	165.567	100	15,7

(*) DATOS 2012

“Tabla 1-Red de Carreteras Española”

Respecto al tráfico que circula por la red de carreteras española, éste se distribuye de la siguiente manera:

	DISTRIBUCIÓN DEL TRÁFICO	
	% LIGEROS	% PESADOS
RED DE CARRETERAS DEL ESTADO (RCE)	51,9%	13,3%
RED AUTONÓMICA	42,2%	8,7%
RED DIPUTACIONES Y CABILDOS	5,9%	7,4%

(*) DATOS 2011

“Tabla 2-Distribución del tráfico en la Red de Carreteras Española”

La Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento tiene encomendada la gestión técnica y operativa de la infraestructura viaria que conforma la Red de Carreteras del Estado. Entre sus funciones se encuentra el mantenimiento de la vialidad en época invernal en las carreteras de su competencia.

2. ORGANIZACIÓN DE LOS TRABAJOS PARA EL MANTENIMIENTO DE LA VIALIDAD INVERNAL

Las actuaciones para el mantenimiento de la vialidad invernal en las carreteras de la Red del Estado, se desarrollan en base a la Nota de Servicio de octubre de 2006, de la Subdirección General de Conservación y Explotación de la Dirección General de Carreteras, sobre las actuaciones de los Servicios de Conservación en las campañas de vialidad invernal.

Estas actuaciones se enmarcan por un lado dentro de Protocolos Provinciales desarrollados a partir del “Protocolo sobre Coordinación de los Órganos de la Administración General del Estado, ante nevadas y otras situaciones meteorológicas extremas, acordado entre los responsables de las Direcciones Generales de Protección Civil y Emergencias, Tráfico, Carreteras, Política de Defensa, Transportes por Carretera y Agencia Estatal de Meteorología”, que fue actualizado en marzo de 2009, y por otro los “Planes Operativos” de Vialidad Invernal de cada sector de la Red.

Los trabajos para el mantenimiento de la vialidad invernal propiamente dichos, se venían haciendo por los servicios periféricos de la Dirección General de Carreteras, es decir con personal y medios propios de la Administración, si bien en estos últimos veinte años, se ha pasado a contratar la conservación con empresas privadas mediante contratos denominados de “Conservación Integral”. Estos contratos incluyen la conservación ordinaria y los trabajos para el mantenimiento de la vialidad, entre los que se incluyen por tanto también los trabajos relacionados con el mantenimiento de la vialidad en época invernal. Es el adjudicatario del contrato el que ejecuta los trabajos, poniendo a disposición todos los medios, tanto humanos como materiales, y la Administración dirige, comprueba, coordina y vigila su correcta ejecución. La duración máxima de los contratos al día de hoy es de 6 años, incluidas las posibles prórrogas.

Estos contratos de Conservación Integral cuentan con medios humanos dedicados a la ejecución de los trabajos y con un personal técnico dedicado a la dirección, planificación y seguimiento del contrato, al frente del cual se encuentra un Ingeniero que es el responsable por parte de la empresa de la correcta ejecución de los mismos. Es él la persona responsable inmediata de cumplir el Plan Operativo de Vialidad Invernal en las carreteras del sector, recayendo sobre la Administración la responsabilidad, entre otras, de hacer cumplir el Plan Operativo y ordenar la adopción de las medidas necesarias para conseguir los fines establecidos en el mismo. La vialidad invernal se atiende con equipos fijos que se pagan con una cantidad fija anual, que incluye su puesta a disposición y su funcionamiento. Los fundentes consumidos se pagan a precios unitarios.

La red de carreteras del Estado está dividida en sectores, con una longitud media de 100 km para autovías y 200 km para carreteras convencionales. La conservación en prácticamente la totalidad de los sectores se lleva a cabo mediante estos contratos de conservación integral.

Con el sistema implantado, se dispone a lo largo de toda la campaña de vialidad invernal, que en la mayoría de los sectores dura los seis meses comprendidos entre el 1 de

noviembre y el 30 de abril, de una estructura estable, dotada de los medios oportunos, y concedora de la sistemática de los trabajos a desarrollar para mantener en las mejores condiciones de confortabilidad y seguridad las carreteras de la Red en época invernal.

Para llevar a cabo la ejecución de los trabajos para el mantenimiento de la vialidad invernal la Dirección General de Carreteras cuenta con:

- 1.302 equipos quitanieves de empuje de los cuales 169 (13%) equipos atienden a la Red de Peaje y 1.133 (87%) el resto de carreteras de la Red explotada directamente por el Estado.
- 38 quitanieves dinámicos de los cuales 4 (10,5%) atienden a la Red de Peaje y 34 (89,5%) al resto de carreteras de la Red.

La distribución territorial de los equipos quitanieves es la siguiente:

		QUITANIEVES	
CARRETERAS EXPLOTADAS POR EL ESTADO	DEMARCACIÓN	EMPUJE	DINÁMICOS
	ANDALUCÍA OCCIDENTAL	11	
	ANDALUCÍA ORIENTAL	26	
	ARAGÓN	124	3
	ASTURIAS	34	2
	CANTABRIA	51	7
	CASTILLA LA MANCHA	151	
	CASTILLA LEÓN OCCIDENTAL	163	4
	CASTILLA LEÓN ORIENTAL	173	10
	CATALUÑA	92	6
	COMUNIDAD VALENCIANA	49	
	EXTREMADURA	25	
	GALICIA	80	
	LA RIOJA	19	
	MADRID	128	2
	MURCIA	7	
	TOTAL	1.133	34
AUTOPISTAS DE PEAJE		169	4
TOTAL RCE		1.302	38

“Tabla 3 - Distribución territorial de los equipos quitanieves en la RCE”

La capacidad de almacenamiento de fundentes se sitúa en torno a 225.412 T de Cloruro Sódico (ClNa) y 13.650 m³ de salmuera, con el siguiente reparto territorial:

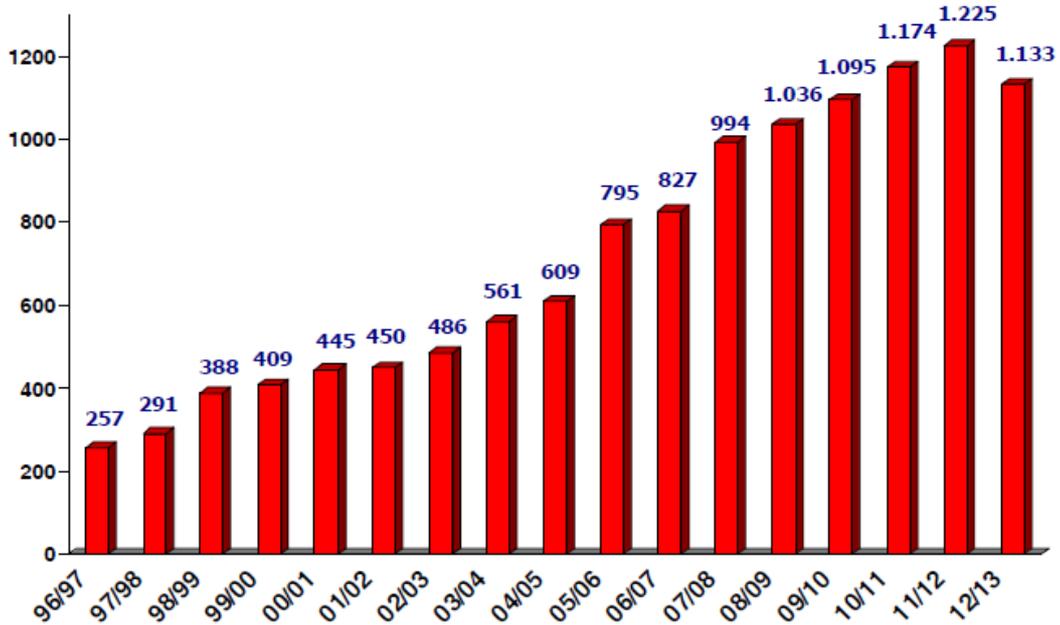
		CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO	
		NaCl	SALMUERA
CARRETERAS EXPLOTADAS POR EL ESTADO	DEMARCACIÓN	CAPACIDAD (T)	CAPACIDAD (I)
	ANDALUCÍA OCCIDENTAL	1.301	20.000
	ANDALUCÍA ORIENTAL	3.065	70.000
	ARAGÓN	20.960	669.000
	ASTURIAS	3.120	140.000
	CANTABRIA	16.010	762.000
	CASTILLA LA MANCHA	28.076	1.362.000
	CASTILLA LEÓN OCCIDENTAL	28.600	1.454.500
	CASTILLA LEÓN ORIENTAL	31.985	1.230.000
	CATALUÑA	12.990	902.000
	COMUNIDAD VALENCIANA	6.165	823.000
	EXTREMADURA	2.095	220.000
	GALICIA	15.780	1.956.000
	LA RIOJA	4.280	110.000
	MADRID	14.740	964.000
	MURCIA	1.035	200.000
TOTAL	190.202	10.882.500	
AUTOPISTAS DE PEAJE		35.210	2.767.600
TOTAL RCE		225.412	13.650.100

“Tabla 4 - Distribución territorial de la capacidad de almacenamiento de fundentes en la RCE”

El importante incremento en el volumen de tráfico, la continua puesta en servicio de nuevos tramos de autovías, y también las exigencias cada día más elevadas de los usuarios, provocó, con objeto de alcanzar los niveles de servicio establecidos, que desde la campaña 1996/1997 hasta la campaña 2011/2012 se aumentaran considerablemente los medios disponibles en las carreteras gestionadas directamente por el Estado (excluyendo las Autopistas de Peaje), multiplicándose casi por 5 los equipos quitanieves y por 7 la capacidad de almacenamiento de fundentes.

MÁQUINAS QUITANIEVES DE EMPUJE

(Carreteras explotadas por el Estado)

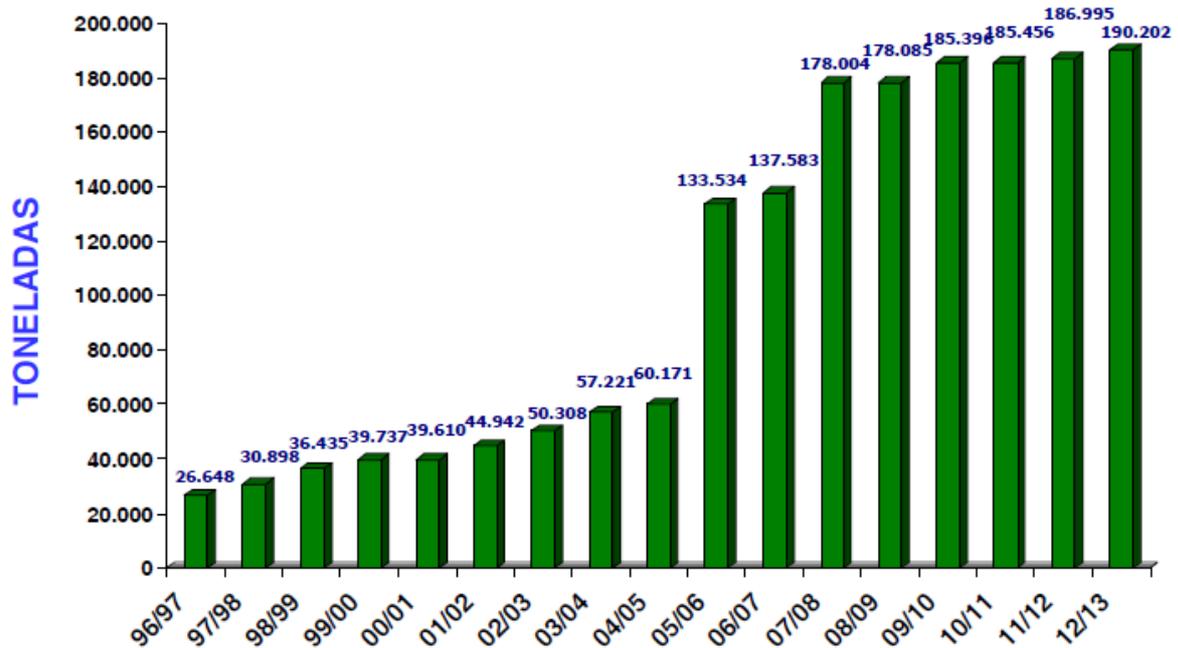


CAMPAÑA DE VIALIDAD INVERNAL

“Gráfico 1 - Evolución de los equipos quitanieves de empuje”

CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO

(Carreteras explotadas por el Estado)



CAMPAÑA DE VIALIDAD INVERNAL

“Gráfico 2 - Evolución de la capacidad de almacenamiento”

Sin embargo, en la actualidad, cuando en vialidad invernal se plantean las actuaciones a llevar a cabo de cara a las próximas campañas, éstas se orientan fundamentalmente a mejorar la eficacia del sistema, que lógicamente pasa en gran medida por mejorar su eficiencia. Evidentemente el incremento de la eficiencia conseguirá no sólo mejorar el aprovechamiento de todos los recursos disponibles sino también mejorar el grado de cumplimiento de los objetivos establecidos y por tanto, en definitiva, la eficacia del sistema. En este sentido, cabe citar las siguientes mejoras introducidas en el sistema de gestión de la vialidad invernal:

- Redacción de Protocolos de Coordinación entre Organismos
- Redacción de Planes Operativos de Vialidad Invernal para cada sector
- Construcción de aparcamientos de emergencia de vehículos pesados
- Empleo generalizado de salmueras en tratamientos preventivos
- Despliegue preventivo de equipos en tratamientos curativos
- Optimización de recorridos de los quitanieves en tratamientos curativos mediante la instalación de silos en puntos estratégicos
- Aplicación de nuevas tecnologías en puntos singulares (estaciones meteorológicas, aspersores automáticos de fundentes, etc.)
- Generalización del empleo de sistemas automáticos de localización de flotas mediante GPS en quitanieves y vehículos de vigilancia
- Reducción del gasto como consecuencia de la optimización de recursos mediante la unión de sectores de conservación

3. TRATAMIENTOS PREVENTIVOS CON SALMUERA

Un hecho que pone en valor la importancia que han adquirido en los últimos años los tratamientos preventivos es el significativo incremento de tráfico que han experimentado en general las carreteras que conforman la Red del Estado. Este hecho hace necesario aprovechar las horas de menor tráfico para llevar a cabo los trabajos de extendido de fundentes para prevenir la formación de hielo o para facilitar la retirada de nieve cuando se prevé su aparición.

En base a la experiencia adquirida, en los tratamientos preventivos el grado de eficacia se basa en el grado de eficacia alcanzado en el extendido de fundentes para lo que se pueden considerar dos casos:

- a) Extendido de fundentes sobre calzada seca, en cuyo caso el fundente debe ser extendido en forma de salmuera o prehumidificado, y en ningún caso en forma sólida.
- b) Extendido de fundentes sobre calzada húmeda, en que generalmente los tratamientos se realizan extendiendo sal sólida. Sin embargo podemos distinguir a su vez dos situaciones distintas:
 - Que la humedad de la calzada sea debida a la humedad ambiental por niebla o por una precipitación todavía en forma de lluvia muy débil, en cuyo caso se pueden realizar los tratamientos preventivos con salmuera de ClNa (aumentando la dosificación)
 - Que la humedad sea debida a una precipitación fuerte, en cuyo caso los tratamientos preventivos, iniciados cuando cesa la precipitación, serán con sal sólida

En este último caso, calzada muy húmeda, el objetivo que se persigue con el extendido de fundente es crear una “salmuera in situ”, por lo que es muy importante considerar la cantidad de ClNa a extender, de forma que la concentración conseguida de fundente sobre calzada se aproxime al punto de congelación deseado.

CONCENTRACIÓN DE LA SOLUCIÓN (%)	PUNTO DE CONGELACIÓN DE LA SOLUCIÓN (°C)
12,09%	-7,00
14,25%	-8,00
16,27%	-12,00
17,93%	-15,00
20,00%	-16,20
22,10%	-17,50
23,10%	-21,10

“Tabla 5 - Diagrama eutéctico del Cloruro Sódico”

Sin embargo, en el proceso hay que recordar que el tipo de reacción que se produce al disolverse el fundente, ClNa, en el agua es de carácter endotérmico, lo que provoca un enfriamiento inicial de la calzada. Es importante tener en cuenta este hecho ya que la temperatura de trabajo determina el tiempo de reacción y en consecuencia repercute en la concentración alcanzada en el momento en el que la precipitación (agua o nieve) comience a caer sobre la calzada.

Si la humedad en la calzada es baja y la temperatura de trabajo es buena, algunos grados por encima de los 0°C, el tratamiento preventivo con salmuera de ClNa resulta muy eficaz ya que:

- Se evita el enfriamiento inicial de la calzada que se produce con la extensión de ClNa sólido (reacción endotérmica)
- Se reduce el tiempo de reacción, ya que el fundente está activo y su acción anticongelante se pondrá de manifiesto de forma inmediata
- Se asegura la permanencia de la ClNa en la calzada

Por ello, sobre calzada seca los tratamientos preventivos siempre se realizan con salmuera de ClNa. Si la humedad en la calzada comienza a aumentar, es suficiente con la extensión de ClNa sólida para ir manteniendo la salinidad.

El extendido de salmuera garantiza, además de una adecuada homogeneidad del fundente extendido, una adecuada concentración inicial de salmuera en la calzada, además de asegurar la velocidad de actuación del fundente al estar ya disuelto en agua, y evitar así la formación de hielo.

En definitiva, el empleo de fundentes en forma de salmueras en tratamientos preventivos presenta las siguientes ventajas:

- Mayor permanencia del fundente en la calzada
- Mayor homogeneidad al extender el producto
- Disminución del tiempo de reacción del fundente
- Menor pérdida de material por la acción del viento (hasta un 30% menos)

- No se producen pérdidas de concentración en su almacenamiento
- Menor agresividad respecto al tráfico.

Respecto a la fabricación de salmuera de ClNa en planta, es importante vigilar el proceso para que la concentración resultante esté próxima a la concentración eutéctica (23,1%). Para ello hay que vigilar especialmente la temperatura del agua de fabricación, ya que con temperaturas de fabricación inferiores a 7°C, el proceso de reacción, de disolución, se ralentiza, resultando muy difícil llegar a concentraciones superiores al 14%.

Una concentración del 14%, asegura un punto de congelación de la solución de -8°C, sin embargo, si los tratamientos preventivos se realizan en unas condiciones de humedad alta y con temperaturas inferiores a -1°C, esta concentración puede verse mermada considerablemente, llegando a tener la concentración de la salmuera en calzada sólo el 2%, incluso puede llegarse a perder la salinidad.

También es cierto, que en los últimos años las plantas de fabricación de salmuera disponen de sensores que permiten conocer la concentración de la solución que se está fabricando, de forma que la solución no es lanzada hacia el depósito de almacenamiento hasta que no se consigue la concentración deseada.

4. TRATAMIENTOS CURATIVOS CON SALMUERA

Tradicionalmente los tratamientos curativos contra la nieve se han venido realizando siempre con fundente en forma sólida. No obstante en los últimos años, motivado fundamentalmente por el elevado número de vehículos quitanieves dotados exclusivamente con extendedores de salmuera, un 35% del total, se han venido realizando pruebas de extendido de fundente en forma de salmuera en tratamientos curativos contra la nieve al considerar que la eficacia de la salmuera debería ser superior a la del fundente sólido, por la misma razón que en los tratamientos preventivos: el tiempo de reacción se reduce considerablemente.

La experiencia obtenida demuestra que los tratamientos realizados con salmuera de ClNa dan excelentes resultados: cuando en el pavimento hay un espesor de nieve menor o igual a 5 cm, la extensión de salmuera de ClNa con una temperatura de trabajo entre -1°C y 1°C, hace que la nieve existente se funda inmediatamente.

Cuando los espesores de nieve superan los 5 cm, la eficacia de la salmuera de ClNa sigue estando probada, tan sólo hay que reforzar extendiendo ClNa sólido, con el fin de aumentar la dotación al menos hasta los 40 gr/m².

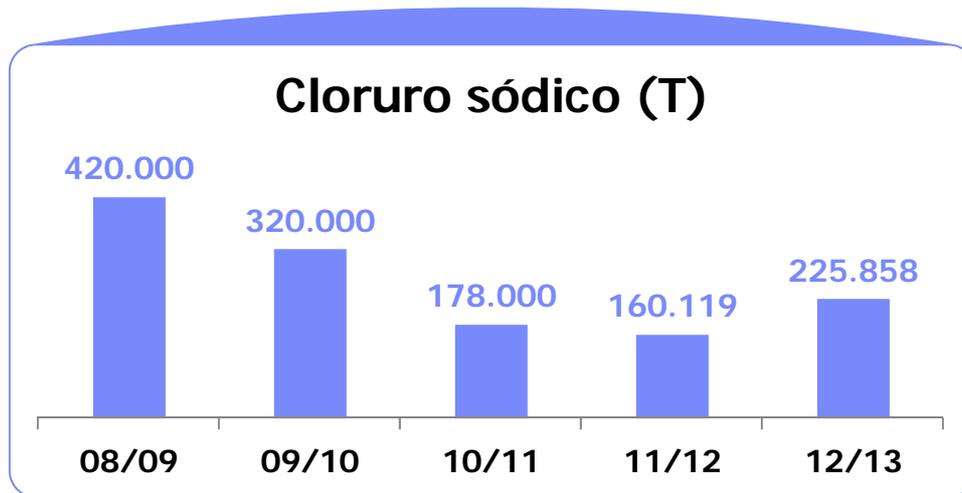
Aunque teóricamente la eficacia del ClNa con una concentración eutéctica del 23,10% se establece hasta una temperatura de -21,12°C, la experiencia demuestra que con temperaturas inferiores a -5°C se ralentiza notablemente su acción anticongelante, lo que hace necesario el empleo de Cloruro Cálcico, Cl₂Ca. En estos casos su uso es conveniente hacerlo en forma de salmuera, bien mezclado con salmuera de ClNa o, en casos extremos, en salmuera exclusivamente de Cl₂Ca.

Los tratamientos curativos realizados con salmuera mixta de ClNa y Cl₂Ca, cuando las temperaturas son inferiores a -5°C y los espesores de nieve son mayores a 5 cm, también han dado resultados óptimos, ya que la nieve caída y no retirada no se congela, pudiendo ser retirada con facilidad.

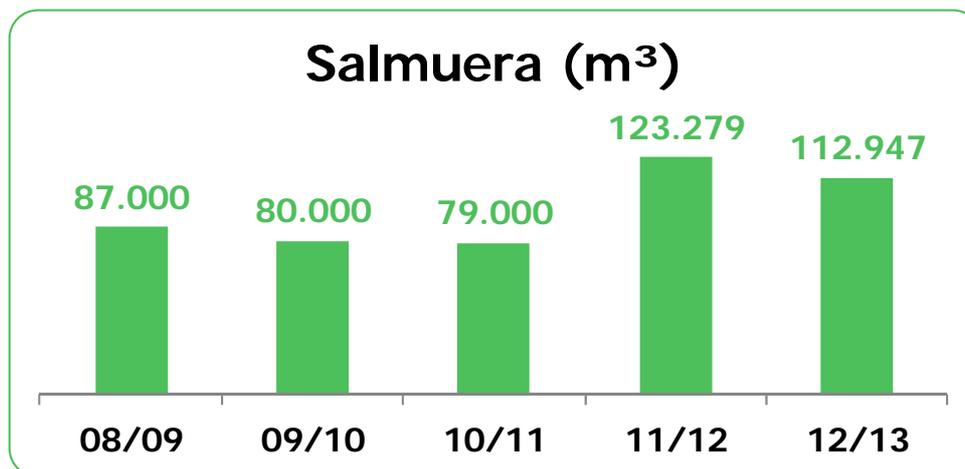
En definitiva, de acuerdo con la experiencia obtenida, el empleo de salmueras en tratamientos curativos añade a las ventajas ya mencionadas en su empleo en tratamientos preventivos, la de facilitar la limpieza de nieve sobre calzada debido fundamentalmente al menor tiempo de reacción del fundente.

5. CONSUMO DE FUNDENTES EN LA RCE

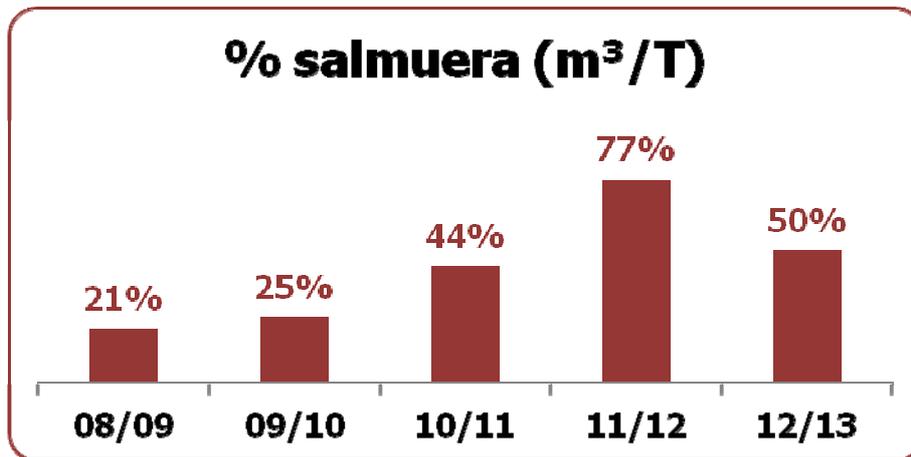
Analizando los consumos de fundentes en las carreteras de la Red del Estado de las últimas cinco campañas, incluida la campaña 2012/2013, se observan los siguientes resultados:



"Gráfico 3 - Evolución consumo total de Cloruro Sódico sólido"



"Gráfico 4 - Evolución consumo total de salmuera"

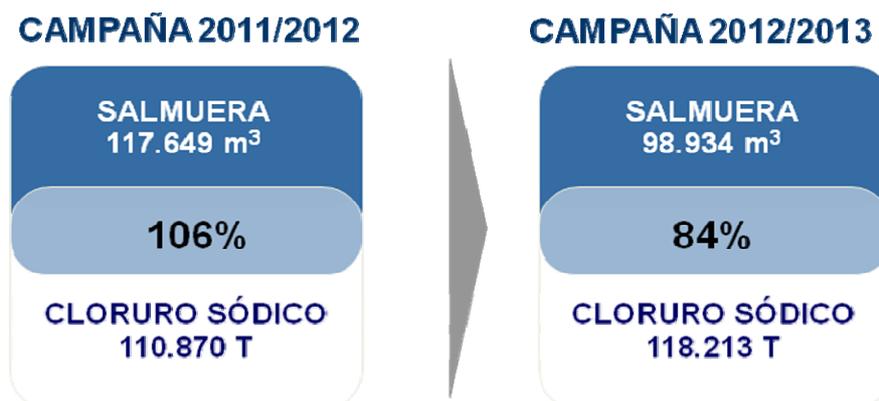


“Gráfico 5 – Evolución relación consumo total salmuera-Cloruro Sódico sólido”

El consumo total de Cloruro Sódico desde la campaña 2008/2009 a la campaña 2012/2013 ha descendido de 420.000 toneladas a 225.858 toneladas, si bien hay que tener en cuenta que el invierno 2008/2009 fue especialmente duro tanto en temperaturas como en precipitaciones y que la campaña 2012/2013 especialmente suave en cuanto a temperaturas pero muy rigurosa en cuanto a precipitaciones en forma de agua y de nieve. En cuanto al consumo de salmuera de cloruro sódico en la campaña 2008/2009 fue de 87.000 m³ y en la campaña 2012/2013 el consumo se sitúa en 112.947 m³.

Al analizar los consumos totales de salmuera de ClNa frente a los de cloruro sódico sólido, comparando metros cúbicos de salmuera con toneladas de cloruro sódico sólido (m³/t), se observa que desde la campaña 2008/2009 a la campaña 2012/2013 se ha producido un incremento significativo, pasando del 21% al 50% actual.

Analizando el consumo de salmuera frente al consumo de sal sólida en tratamientos preventivos en la campaña 2011/2012 la relación salmuera/cloruro sódico sólido fue del 106% y en la campaña 2012/2013 la relación es del 84%.



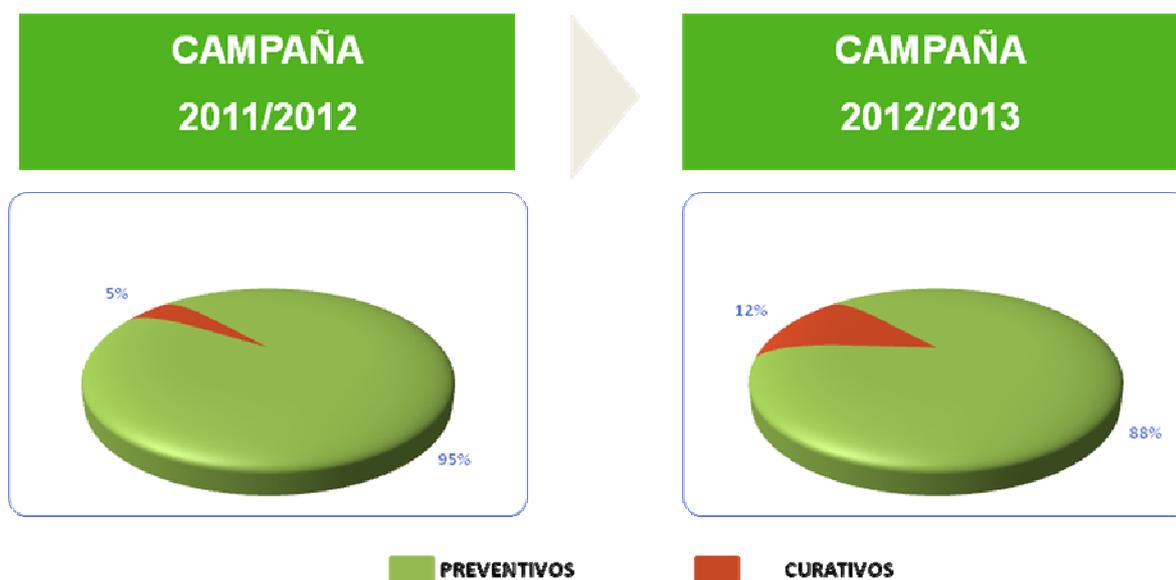
“Gráfico 6 - Consumo de salmuera en tratamientos preventivos”

Esta disminución en la relación de metros cúbicos de salmuera de ClNa frente a toneladas de ClNa sólido, en tratamientos preventivos, de la campaña 2011/2012 a la pasada campaña 2012/2013, se debe fundamentalmente a lo riguroso que fue la campaña 2012/2013 en lo que se refiere a días de precipitación, en forma de lluvia y de nieve, lo que provocó un mayor empleo de fundente en forma sólida, debido a las condiciones de humedad de la calzada.

No obstante, al analizar el consumo de salmuera de ClNa en tratamientos curativos se observa que la relación se situó en la campaña 2011/2012 en un 11% y en la campaña 2012/2013 se situó en torno al 13%.



“Gráfico 7 - Consumo de salmuera en tratamientos curativos”



“Gráfico 8 - Distribución del consumo de salmuera en preventivos y curativos”

6. CONCLUSIONES

Hasta hace unos años los fundentes se empleaban en forma sólida de un modo generalizado, aún cuando se presentaba el problema de que en los tratamientos preventivos el producto era expulsado de la calzada por efecto del tráfico y del viento. En zonas de elevada intensidad de tráfico gran parte del producto extendido acababa en las cunetas debido a estos fenómenos. Todo ello provocaba que no se alcanzase el objetivo previsto de mantener un adecuado grado de salinidad en la carretera, salvo que se repitieran periódicamente sucesivos tratamientos.

Las ventajas que presenta el extendido de salmueras, especialmente en zonas de elevada intensidad de tráfico radican en el mayor tiempo que el fundente permanece sobre la calzada y en la mayor homogeneidad que se obtiene al extender el producto.

Con el extendido preventivo de fundentes se persigue dotar a la calzada de la cantidad de fundente necesaria para que cuando se produzca alguno de los fenómenos que puedan dar lugar a la formación de hielo (congelación de la humedad existente sobre calzada, condensación del vapor de agua atmosférico, precipitación de agua o precipitación de nieve) el fundente extendido reaccione con el agua dando lugar a una solución acuosa que congela a temperaturas inferiores a 0°C, en función de la concentración alcanzada y del tipo de fundente empleado.

Por tanto, los tratamientos preventivos, tanto contra el hielo como contra la nieve, son de vital importancia para evitar la formación de hielo, y se basan en el grado de eficacia alcanzado en el extendido del fundente. En consecuencia, con calzada seca el fundente debe ser extendido pre-humidificado o en forma de salmuera. Esta última alternativa presenta además la gran ventaja de que su aplicación resulta considerablemente menos agresiva con los vehículos que en ese momento circulan por la carretera.

De acuerdo con lo anterior, se puede concluir que en lo que se refiere al tipo de fundente utilizado y especialmente a su forma de empleo no hay duda que la mejora en la eficacia alcanzada en la realización de los tratamientos preventivos viene acompañada de una mejora de la eficiencia, ya que el uso de salmueras redundaría en un mejor empleo de los recursos disponibles, y que, de acuerdo con las experiencias que se están realizando en algunos tramos de la Red, el empleo de fundentes en forma de salmueras en tratamientos curativos, al acortar el tiempo de reacción del fundente, también repercute de manera significativa en la eficacia de los tratamientos y por tanto favorece el cumplimiento de los niveles de servicio asignados a cada tramo de la red. En estos casos, el empleo de salmueras en tratamientos curativos, se hace necesaria una mayor y más estricta observancia de las condiciones del pavimento para repetir el extendido si las condiciones así lo demandan, especialmente en pavimentos de mezclas abiertas.

Madrid, julio de 2013

7. BIBLIOGRAFÍA

1. Nota de Servicio sobre actuación de los servicios de conservación en las campañas de Vialidad invernal, de octubre de 2006. Dirección General de Carreteras. Ministerio de Fomento.
2. Protocolo de Coordinación de los órganos de la Administración General del Estado ante nevadas y otras situaciones meteorológicas extremas que puedan afectar a la Red de Carreteras del Estado, de marzo de 2009.
3. Ministerio de Fomento. Vialidad Invernal, Técnicas y medios de la Dirección General de Carreteras, de 1988.
4. Informe Anual Campaña de Vialidad Invernal 2012/2013. Dirección General de Carreteras. Ministerio de Fomento.
5. Anuario Estadístico 2011 del Ministerio de Fomento.