

IMPLEMENTANDO UN SISTEMA DE CONTROL DE LA SALINIDAD EN CALZADA SECA CON EL QUE OPTIMIZAR LA APLICACIÓN DE TRATAMIENTOS PREVENTIVOS PARA LA FORMACIÓN DE HIELO, COMO MEDIDA DE REDUCCIÓN DE COSTES Y REDUCCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL DE ESTE TIPO DE TRATAMIENTOS

S. NIETO RUIZ

Jefe COEX sector L-4, UTE Conservación Lleida (Alvac, S.A.-Marcor Ebro, S.A.), España
snietorui@alvacmarcorebro.es

RESUMEN

Las condiciones climáticas en la zona en la que se ubica el sector L-4 de la provincia de Lleida, permiten que dispongamos de un número significativo de días de invierno en los que la presencia del viento del norte o noroeste, mantiene las temperaturas muy bajas pero la calzada seca.

La experiencia nos permite estimar que la permanencia del fundente en calzada es muy superior al caso de calzada húmeda, especialmente cuando se emplea salmuera en los tratamientos preventivos, pero las posibles consecuencias de un hipotético accidente en el que el conductor denuncie una supuesta presencia de hielo cuando nosotros no hayamos realizado el pertinente tratamiento preventivo, provocan que acabemos realizando este tratamiento con la finalidad de cubrirnos ante posibles reclamaciones y no porque realmente pueda resultar necesaria su aplicación para prevenir la aparición de hielo, lo que supone un sobrecoste económico para la conservación y explotación de la infraestructura y un mayor impacto sobre el medioambiente.

Mediante este documento se pretende facilitar las tendencias que manifiestan las mediciones realizadas, las cuales permiten entender la relación entre las variables que intervienen en la mayor o menor permanencia del fundente en la calzada, que se pretende concretar en próximas campañas con relación al tráfico existente.

1. LEVE DESCRIPCIÓN DEL SECTOR

El sector L-4 está situado en el noreste de la península ibérica, en la provincia de Lleida, como se puede apreciar en la figura 1. Entre las carreteras que mantiene se incluye la autovía A-2, principal vía de conexión entre las ciudades de Barcelona y Madrid y del tráfico de mercaderías entre ambas poblaciones. Genera una gran cantidad de tráfico al ser uno de los ejes de las carreteras españolas, con una I.M.D que actualmente ronda los 33.000 vehículos/día y un porcentaje de pesados del 32%. Transcurre por zonas relativamente llanas, con suaves y prolongados desniveles, excepto a la altura de la Panadella (cota más alta de la carretera, alcanzando prácticamente los 700 m) donde limita con la provincia de Barcelona.

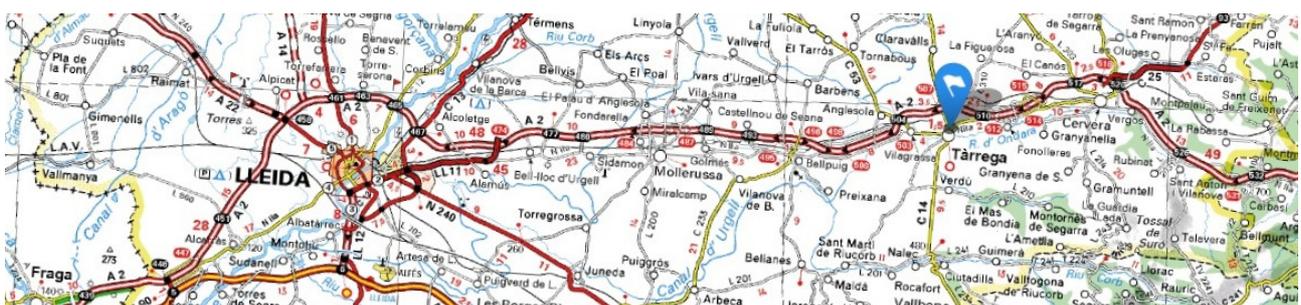


Figura 1 – Trazado y ubicación del sector

1.1. Climatología

Los valores climatológicos más relevantes del sector L-4, referidos a Lleida ciudad, son los siguientes [3]:

- Temperatura media anual: 14,7°C. Temperatura media mensual del mes de enero: 5,3°C, mientras que para el mes de agosto es de 24,7°C
- Precipitación media anual: 369 mm
- Número medio anual de días de precipitación superior o igual a 1 mm: 46. Mes más lluvioso: mayo; mes menos lluvioso: julio.
- Número medio anual de días de nieve: 1 (enero)
- Número medio anual de días de niebla: 53
- Número medio anual de días de helada: 37

Al hallarse el sector situado sobre una meseta ligeramente descendente hacia el oeste, los valores anteriores, especialmente los referidos a días de helada e innivación, aumentan hacia el este.

Además, durante el periodo de vialidad invernal, las condiciones climáticas en la zona en la que se ubica el sector L-4 de la provincia de Lleida, permiten que dispongamos de un número significativo de días en que la presencia del viento del norte o noroeste, mantiene las temperaturas muy bajas pero la calzada seca.

1.1.1 Campaña invernal 2012-13

La pasada campaña de vialidad invernal se requirió de la aplicación de tratamientos preventivos para la formación de hielo en 61 noches. El mes con mayor número de tratamientos fue enero, en el que se realizaron 22 actuaciones.

Estos tratamientos preventivos se aplicaron en 5.053 km de vías, para los cuales los camiones quitanieves, según los equipos GPS que embarcan, debieron recorrer un total de 34.621,12 km

En la ejecución de estos tratamientos preventivos, se emplearon un total de 604 t de NaCl y 1.300.836 l de salmuera de NaCl

Además, ha sido necesaria la aplicación de tratamientos curativos en tres pequeños temporales de nieve, acontecidos los días 23 de febrero, 13 de marzo y 29 de abril, en los que ha sido posible la medición de salinidad en continuo, mediante un lector equipado sobre un todo terreno, así como la toma de lecturas de temperatura ambiente y de calzada también en continuo, disponiendo de su registro a través de una aplicación web, tal y como se puede apreciar en la figura 2.

Aunque este sistema de medición se aparta del procedimiento detallado en este estudio, ha sido posible extraer una serie de tendencias que se expondrán en el apartado de conclusiones.

Inicio

Cargar Salinidad 23/02/2013

Cargar Salinidad 13/03/2013

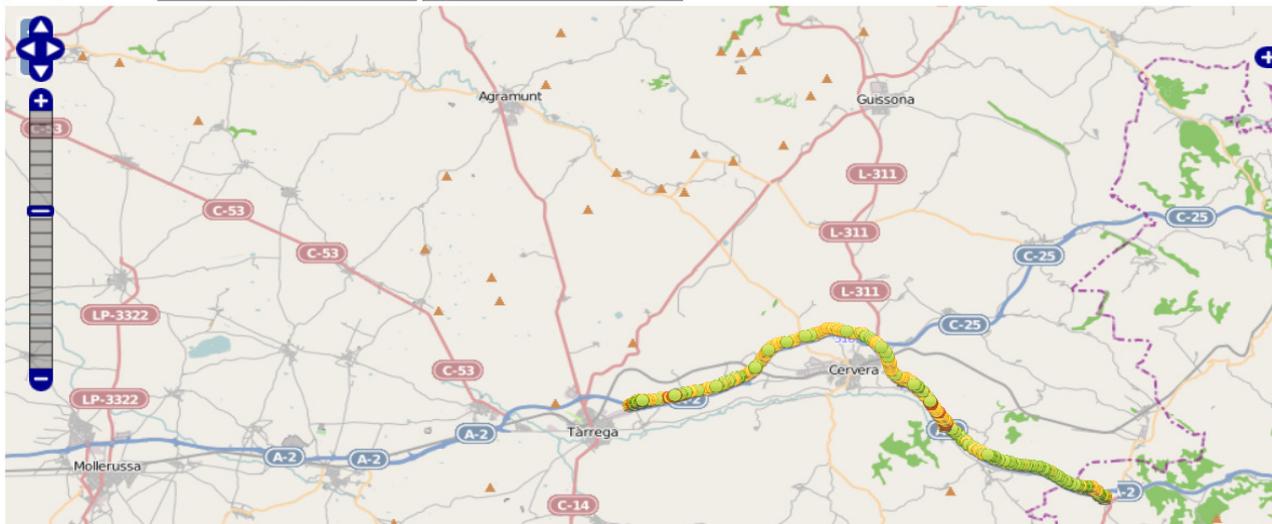


Figura 2 – Mapa de salinidad obtenido a través de aplicación web, con los datos del medidor de salinidad en continuo.

2. ANTECEDENTES RELATIVOS A LOS TRATAMIENTOS DE VIALIDAD INVERNAL.

El sector L-4 dispone de conservación integral desde año 1994. Inicialmente los trabajos relacionados con la vialidad invernal se realizaban con camiones de dos ejes equipados con esparcidor de fundentes y hoja o cuña quitanieves, dejando a la experiencia y criterio del chófer la aplicación del tratamiento preventivo, en la dosificación y zonas que este consideraba necesarias.

Estas primeras máquinas resultaban poco precisas cuanto a la dosificación y anchura de aplicación y, con alguna excepción, debían ser operadas por el chófer actuando manualmente sobre el propio esparcidor. Proporcionalmente al avance de la tecnología en la exactitud de dosificaciones y anchuras y en la gestión de las mismas desde la cabina, las intensidades de tráfico en las carreteras del sector se fueron incrementando, especialmente en lo relativo a los vehículos pesados, intensidades que llegan a su máximo exponente con la puesta en servicio del tramo de la autovía A-2 entre Cervera y Jorba, con lo que se daba continuidad al trayecto Barcelona – Madrid, en toda la provincia, en el año 2006.

Además, la normativa de aplicación de este tipo de tratamientos se fue haciendo más restrictiva y exigente, por lo que en aplicación de la Nota de Servicio sobre la Actuación de los Servicios de Conservación en las Campañas de Vialidad Invernal, de fecha 2 de Octubre de 2006 [2], las autovías con nivel de servicio 1 (NS-1) no podían sufrir ningún tipo de restricción por la presencia de hielo, lo que suponía, que a partir de ese momento, la presencia de hielo en la calzada no se pueda producir bajo ninguna circunstancia, como se puede apreciar en la tabla 1.

Tabla 1 – Perturbaciones al tráfico deseables debidas a la nieve y al hielo, para via con nivel de servicio 1 (NS-1)

NIVEL DE SERVICIO	CONCEPTO	FENOMENO METEOROLOGICO	PERTURBACIONES AL TRÁFICO DESEABLES DEBIDAS A LA NIEVE Y AL HIELO								
			CORTE DE LA CIRCULACIÓN A VEHÍCULOS PESADOS		CIRCULACIÓN CON CADENAS PARA VEHÍCULOS LIGEROS		CORTE DE LA CIRCULACIÓN A TODOS LOS VEHÍCULOS		BLOQUEO DE LA CALZADA		LIMPIEZA MARGENES
			NÚMERO	DURACIÓN	NÚMERO	DURACIÓN	NÚMERO	DURACIÓN	NÚMERO	DURACIÓN	TIEMPO MÁXIMO DESDE QUE TERMINA DE NEVAR
NS-1	En este nivel no se admitirán situaciones de bloqueo de la calzada ni corte de la circulación a todos los vehículos. Con este fin se aplicará la medida de cortar la circulación de vehículos pesados y restringir el paso a ligeros con cadenas siempre que sea preciso, procurando reducir al mínimo el tiempo de restricción.	NIEVE	INDETERMINADO	t+2 h.	INDETERMINADO	t+2 h.	0	-	0	-	6 HORAS
		HIELO	0	-	0	-	0	-	0	-	

Otro factor a tener en cuenta es el hecho que en momentos de humedad alta, con niebla y bajas temperaturas, la presencia de tratamientos preventivos sobre la calzada, facilita la acumulación de humedad sobre la misma, lo que provoca que el firme sea más deslizante. En estas circunstancias, la presencia de un accidente facilita que el usuario, con el desconocimiento por parte de la autoridad de tráfico que le asiste, puedan alegar como causa del mismo la presencia de hielo, lo cual puede comprometer el cumplimiento del contrato con la administración, en caso que la empresa contratista no pueda demostrar la realización del tratamiento preventivo necesario, en las horas previas.

Esta situación es la que provoca, a nuestro entender, que hasta la fecha no se tengan en cuenta en los planes operativos, las posibles cantidades de sal residual existentes en la calzada, a la hora de establecer el criterio para aplicar nuevos tratamientos preventivos.

También los propios tratamientos han experimentado una gran evolución. Inicialmente, los tratamientos con NaCl en seco, constituían la única tipología en nuestro país. Con el tiempo y el desarrollo de tratamientos prehumectados, se incrementó la permanencia y efectividad del fundente en la calzada. Actualmente, el empleo de salmueras en la ejecución de este tipo de tratamientos es cada vez más frecuente, puesto que resulta más efectiva y eficiente sobre calzada seca.

La experiencia nos permite estimar que la permanencia del fundente en calzada seca es muy superior al caso de calzada húmeda, especialmente cuando se emplea salmuera en la ejecución de los tratamientos preventivos, pero las posibles consecuencias de un hipotético accidente en el que el conductor denuncie una supuesta presencia de hielo cuando nosotros no hayamos realizado el pertinente tratamiento preventivo, provocan que acabemos realizando este tipo de tratamientos con la finalidad de cubrirnos ante posibles reclamaciones y no porque realmente pueda resultar necesaria su aplicación para prevenir la aparición del hielo. Además, la continua mejora en los equipos y tipos de tratamientos aplicados, contrastan con el mantenimiento de los criterios de su aplicación en los protocolos de actuación año tras año.

Estos tratamientos de cobertura suponen un sobrecoste económico para la conservación y explotación de la infraestructura y un mayor impacto sobre el medioambiente, por lo que consideramos que el poder determinar la permanencia del fundente sobre la calzada

seca, podría optimizar la aplicación de tratamientos preventivos para la formación de hielo, consiguiendo una reducción de costes y de los daños sobre el pavimento, así como del impacto ambiental que suponen los mismos.

3. PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR LA CANTIDAD DE SAL RESIDUAL EN CALZADA SECA.

Con esta finalidad, se ubicaron en la traza del sector puntos de control de salinidad, emplazados en las proximidades de estaciones meteorológicas existentes y estaciones de aforo, con las que poder determinar las condiciones meteorológicas y de tráfico. Mediante un medidor manual de salinidad se procede a realizar tres mediciones en cada punto de control: una en el carril exterior, otra en el interior y la última en la rodadura del carril exterior. Estas mediciones se iniciaron a finales de la pasada campaña invernal, pero es en la actual campaña en la que se han generalizado, obteniendo para el día 9 de enero de 2013, las datos que se acompañan en el plano adjunto (figura 3). Se debe tener presente que este día, en el sector se registró una espesa niebla en toda la traza, con temperaturas máximas de 3 °C y mínimas de -4 °C, con calzada muy húmeda y humedades próximas al 100%

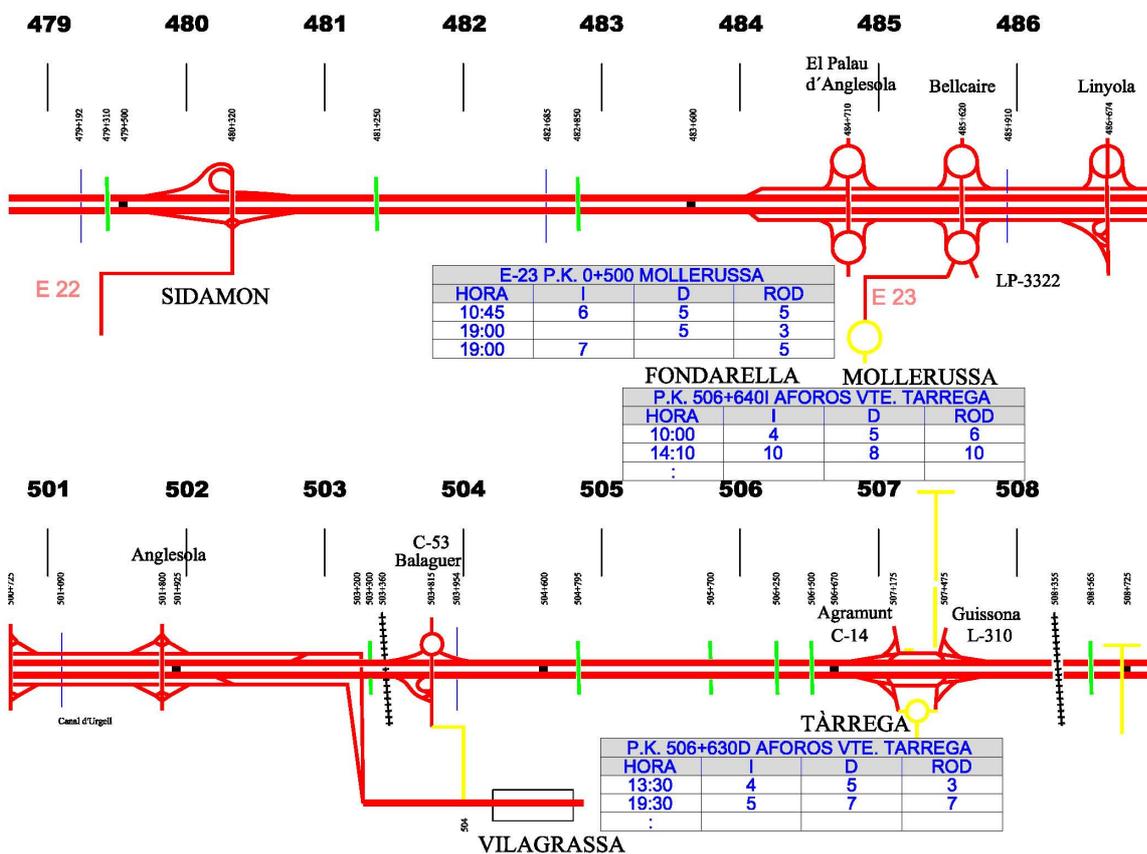


Figura 3 – Fragmento de plano con los datos registrados para el día 9 de enero de 2013

4. ANÁLISIS DE LOS DATOS EXISTENTES.

En la pasada campaña, se han realizado más de 7.000 mediciones, en tramos con diferente tipo de pavimento (mezcla abierta o mezcla cerrada), con diferente tipo de aplicación de fundente (sal sólida o salmuera), en diferentes horas del día y con diferentes tráficos existentes.

Dada la cantidad de datos tomados y la cantidad de variables que intervienen en el proceso de determinación de la cantidad de sal residual, de momento solamente se han podido establecer unas tendencias generalistas, que no por ello resultan carentes de interés.

Sería necesario disponer de más medios y tiempo para poder establecer un mayor detalle en la relación entre la sal residual, las características del tráfico y la meteorología existente en cada momento [1].

Para facilitar la visualización de los datos, se ha limitado la cantidad máxima de sal residual a 15 g/m^2 . Cabe destacar que no se dispone de datos para todos los turnos ni para todos los puntos de control, por lo que muchas de las discontinuidades existentes en los gráficos pueden ser atribuibles a esta circunstancia. Esta carencia de datos se justifica por averías en el medidor o porque los servicios de vialidad encargados de las mismas, han tenido requerimientos más urgentes que les han impedido la toma de mediciones.

En los gráficos el eje de ordenadas corresponde a la cantidad de sal residual registrada en el pavimento en g/m^2 , mientras que en el eje de abscisas se recogen las fechas de las mediciones.

4.1. Análisis de los datos para un mismo punto de control.

4.1.1. Registros de sal residual en función de los turnos de medición.

Analizando los datos obtenidos para un mismo punto de control, se observa que las mediciones varían notablemente en función de las condiciones de temperatura y humedad en el momento de la medición, registrándose los valores más altos en las mediciones realizadas en el turno de tarde (turno 3, entre las 14 y las 22 horas), cuando éstas son las más distantes en el tiempo desde que se realizara el tratamiento preventivo previo.

Esta tendencia se repite en los diferentes puntos de control, independientemente del tipo de mezcla del pavimento o del tráfico, como se puede apreciar en las figuras 4, 5 y 6.

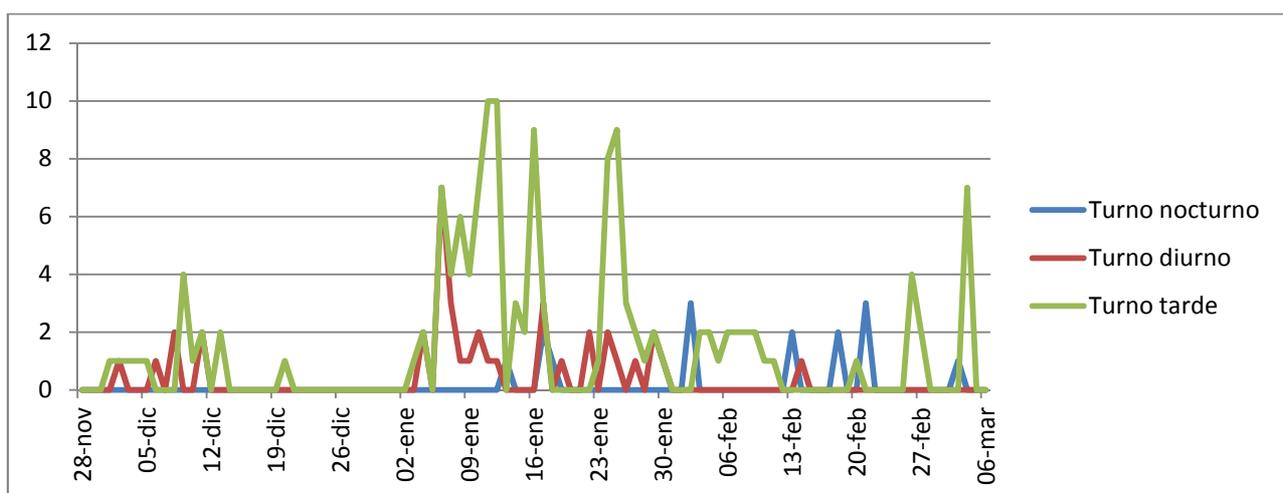


Figura 4 - Análisis de los datos por turno en mezcla abierta, con empleo de salmuera, carril izquierdo, p.k. 528+230-D

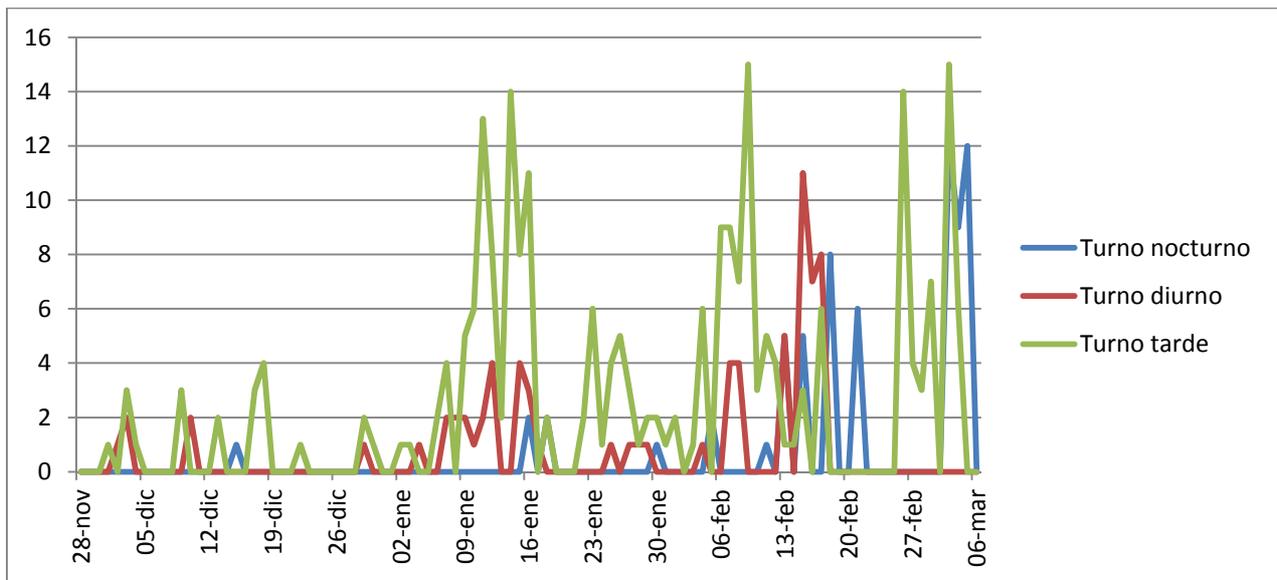


Figura 5 - Análisis de los datos por turno en mezcla abierta, con empleo de sal sólida, carril izquierdo, p.k. 466+250-I

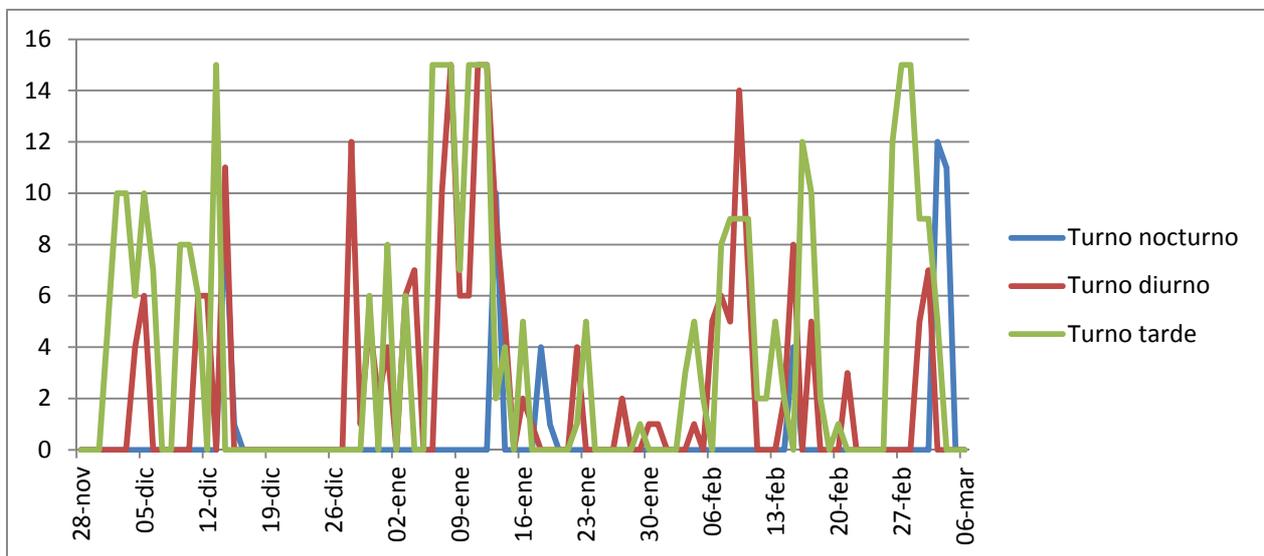


Figura 6 - Análisis de los datos por turno en mezcla cerrada, con empleo de salmuera, carril izquierdo, E-23, p.k. 0+500

4.1.2. Registros de sal residual en función de la zona del carril en que se realice la medición.

En adelante, para el análisis de los datos se emplearán los registros del turno de tarde (14 a 22 horas), por estimarse los más acordes con la realidad, ya que los ensayos de solubilidad en laboratorio suelen tabularse para temperaturas ambientales de 20°C, circunstancias que se asimilan más a las registradas en este turno que en el resto, aunque tampoco se lleguen a alcanzar estas temperaturas.

Analizando los datos registrados, la zona del carril en la que se realiza la medición no resulta tan significativa de cara a la medición, en los tramos en los que el tratamiento preventivo se realiza con salmuera, ya que la distribución del fundente resulta más uniforme. En el caso de la figura 7, se observa que en general las mediciones en rodela resultan inferiores al resto del carril, pero esta afirmación no se confirma en la figura 8.

En las zonas tratadas con sal seca, se observa una menor permanencia del fundente en la calzada y una mayor divergencia en función de la zona en la que se toma la medición,

obteniéndose mediciones inferiores en la zona con mayor tráfico (carril derecho y rodera), como se puede apreciar en la figura 9.

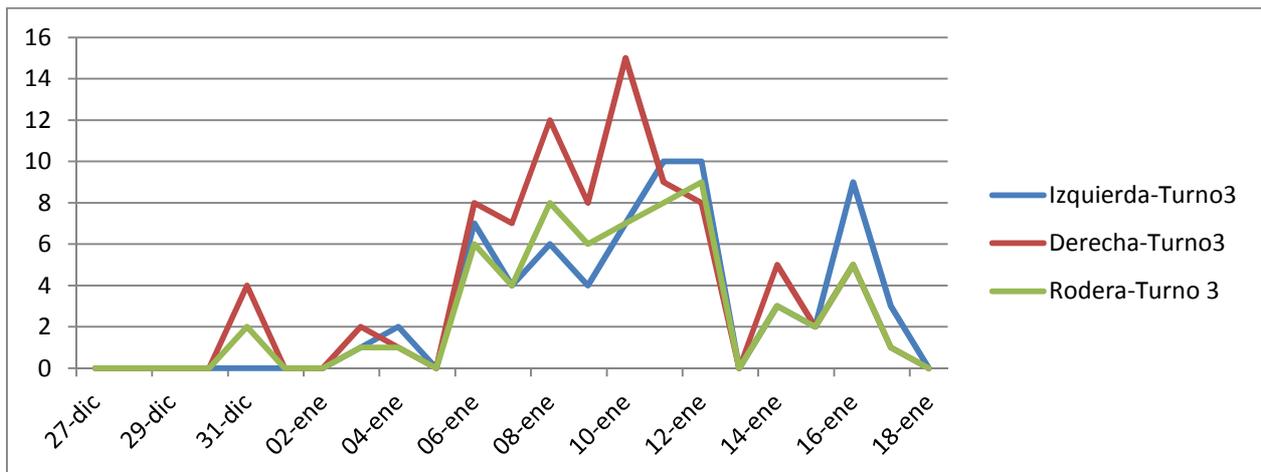


Figura 7 - Análisis de los datos por zona en carril en mezcla abierta, con empleo de salmuera, p.k. 528+230-D. En este punto de control se realizaron tratamientos preventivos diariamente, desde el día 27 de diciembre y hasta el día 16 de enero, con excepción de los días 28 de diciembre y 1 de enero. Entre los días 29 de diciembre y 1 de enero, se registraron nieblas con humedades importantes, por lo que las mediciones fueron prácticamente nulas. El día 5 de enero se registró una avería del medidor. Los días 11 y 12 de enero se produjeron nuevamente nieblas y los días 13, 18 y 19 de enero, precipitaciones intensas.

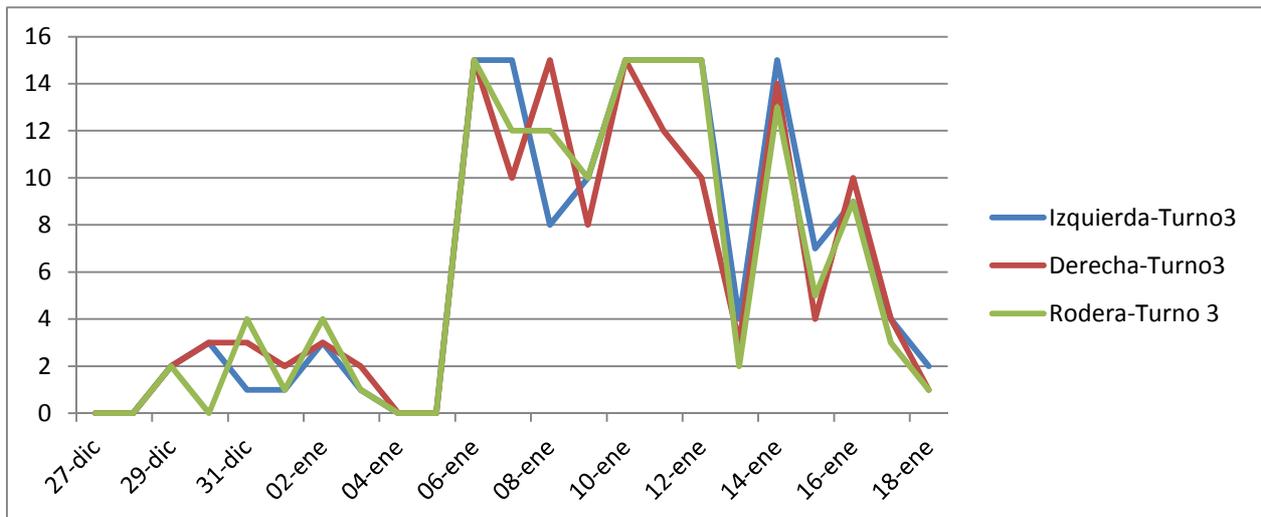


Figura 8 - Análisis de los datos por zona en carril en mezcla abierta, con empleo de salmuera, p.k. 506+640-I. En este punto de control son de aplicación los mismos datos de preventivos y meteorología.

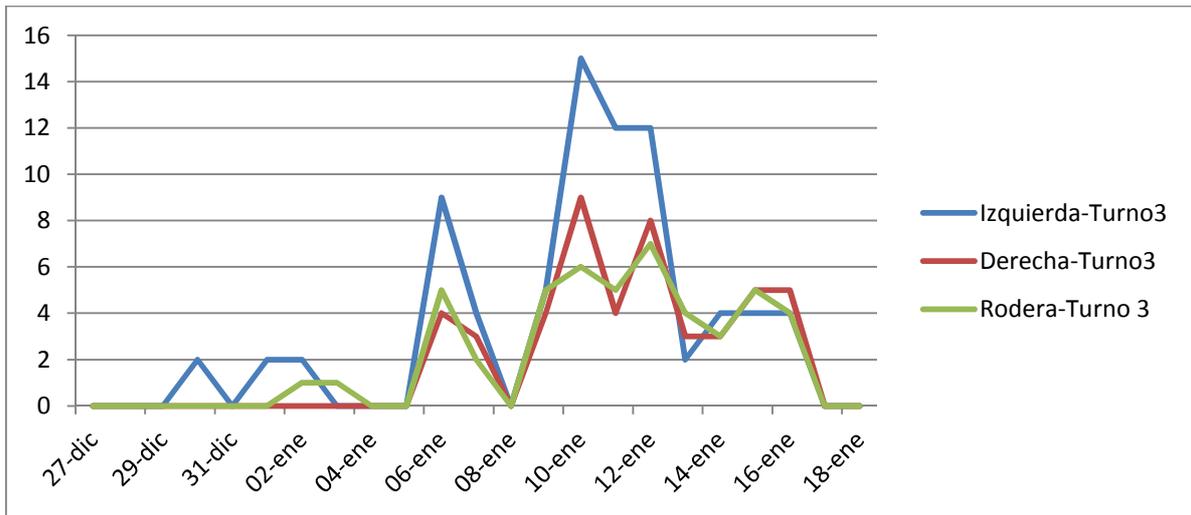


Figura 9 - Análisis de los datos por zona en carril en mezcla abierta, con empleo de sal seca, p.k. 446+100-I. En este punto de control son de aplicación los mismos datos de preventivos y meteorología, con excepción de los preventivos de las noches de los días 15 y 16 de enero.

4.2. Análisis de los datos entre distintos puntos de control.

4.2.1. Registros de sal residual en función del tipo de aglomerado

Se observa en los registros analizados que, en general, las mediciones realizadas en mezclas abiertas arrojan valores muy inferiores a los obtenidos en mezclas cerradas. Eso puede ser justificado, por el hecho que parte del fluido de solución empleado por el medidor se pierde entre la porosidad del pavimento (figuras 10 y 11).

De las mediciones realizadas en puntos próximos, en los que se puede considerar que el tráfico existente es el mismo, como se aprecia en la figura 12, se obtiene que la relación más habitual entre las mediciones realizadas en mezcla abierta, respecto de las mediciones realizadas sobre mezcla cerrada, resulta de 1:4. De todas maneras, esta relación debería ser contrastada en futuras campañas, puesto que de ser cierta, implicaría que los valores de sal residual considerados en este estudio, resultarían muy superiores en la realidad para las mezclas abiertas.

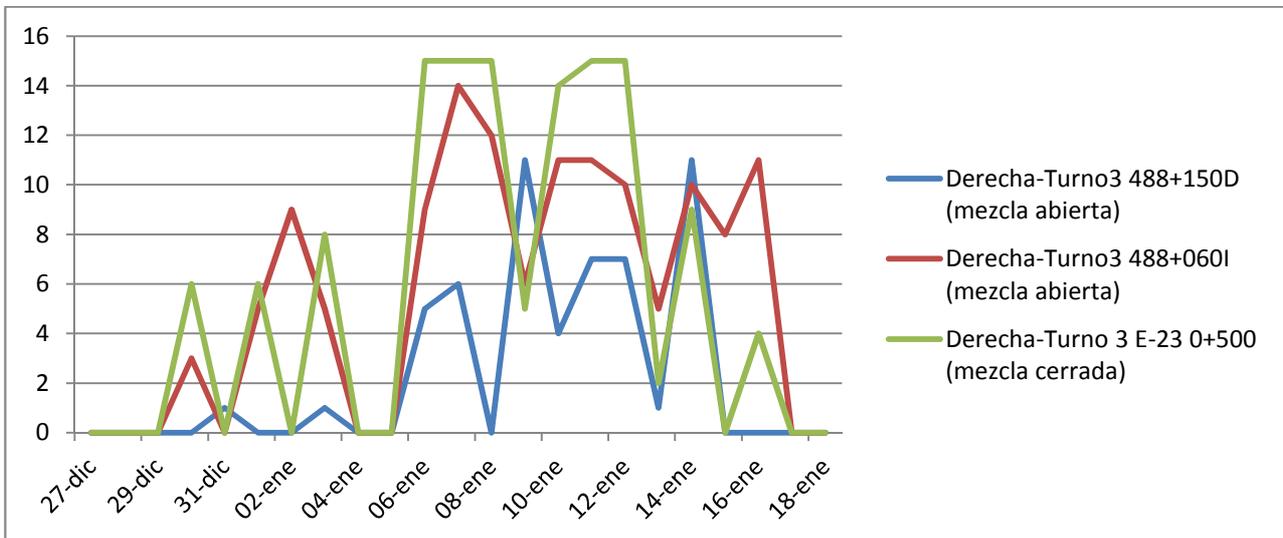


Figura 10 - Análisis de los datos por puntos de control en carril derecho en diferentes tipos de mezcla, con empleo de salmuera.

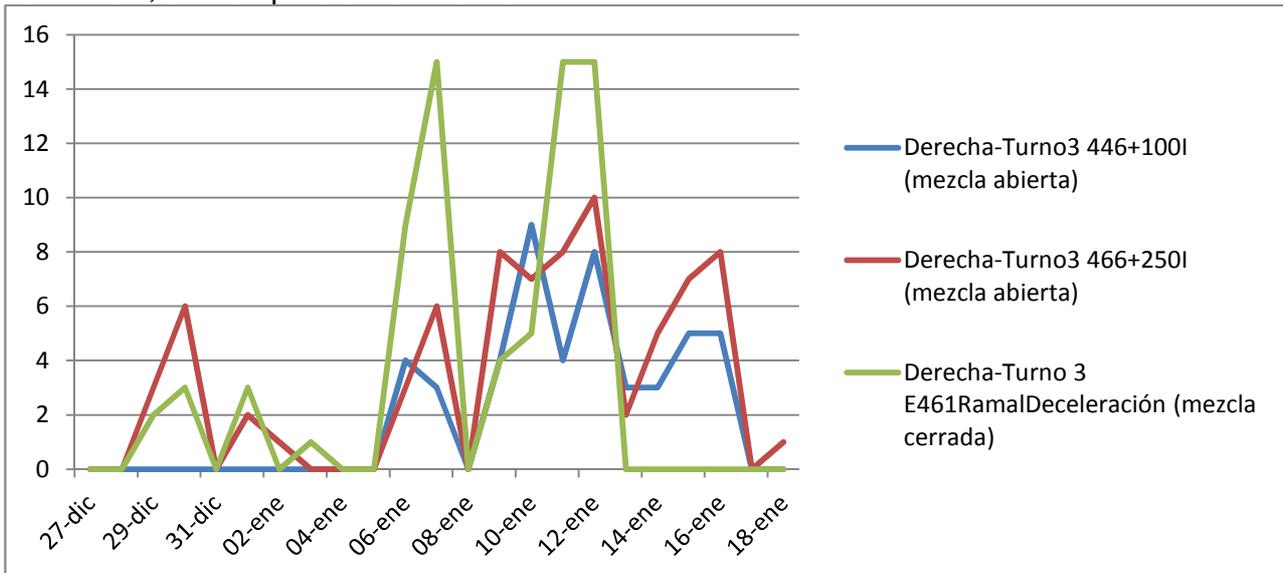


Figura 11 - Análisis de los datos por puntos de control en carril derecho en diferentes tipos de mezcla, con empleo de sal sólida.

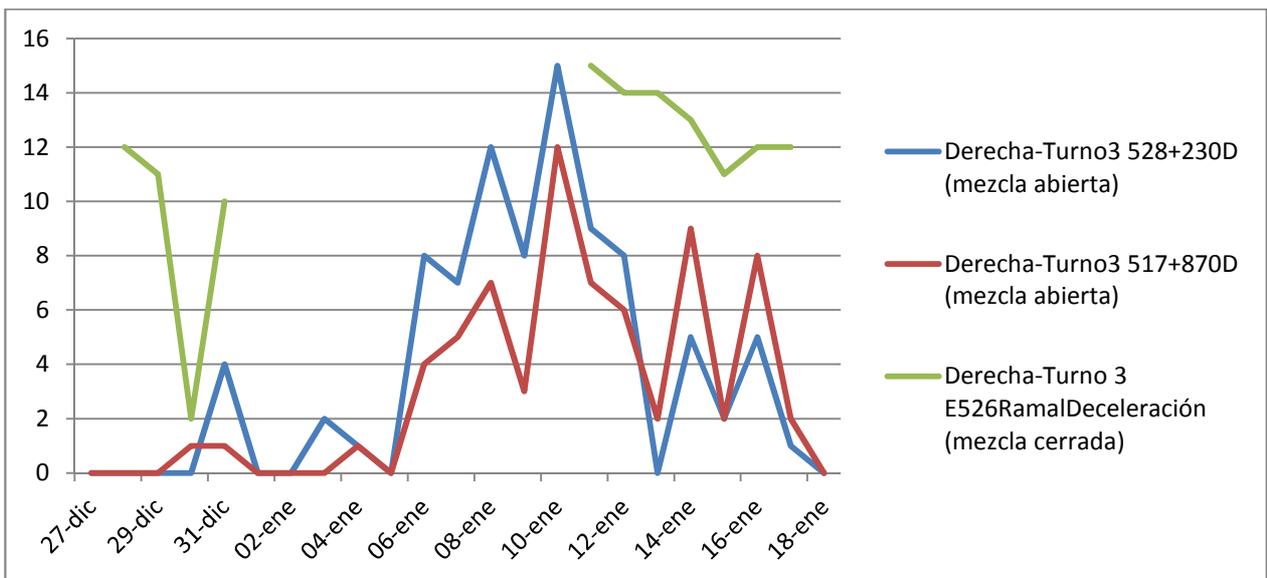


Figura 12 - Análisis de los datos por puntos de control en carril derecho en diferentes tipos de mezcla, con empleo de salmuera.

4.2.2. Registros de sal residual en función del tipo de fundente

De la observación de los datos registrados en las figuras 13, 14 y 15, se puede concluir que la permanencia de sal residual resulta superior en los tratamientos preventivos realizados con salmuera, respecto a los realizados con sal sólida, independientemente del tipo de mezcla sobre el que se apliquen.

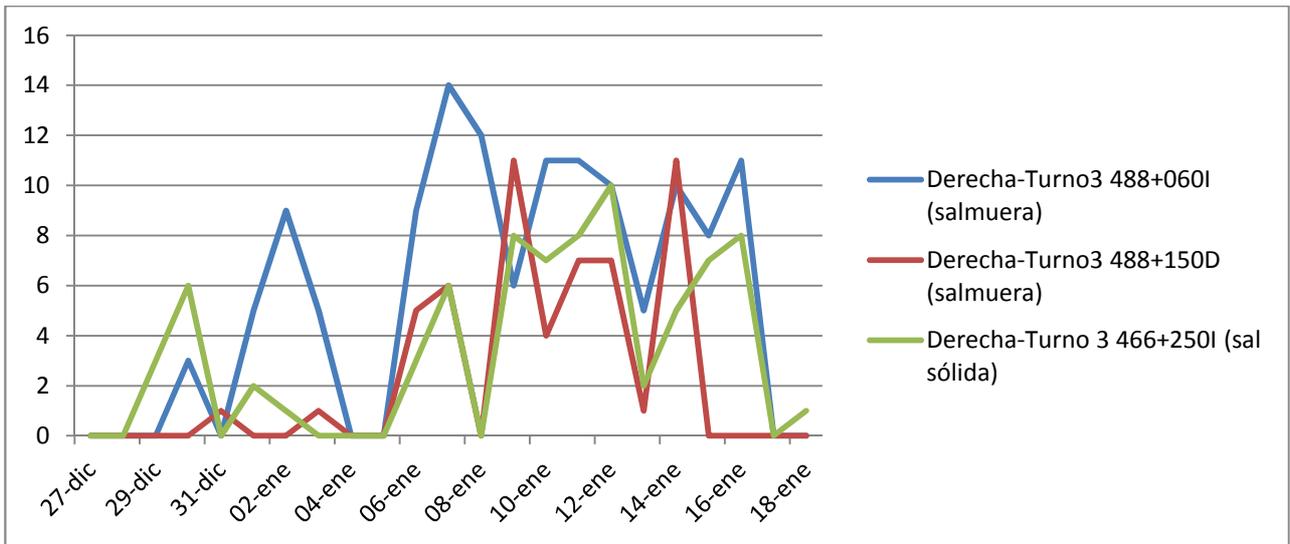


Figura 13 - Análisis de los datos por puntos de control en carril derecho con diferentes tipos de fundente, con pavimento de mezcla abierta.

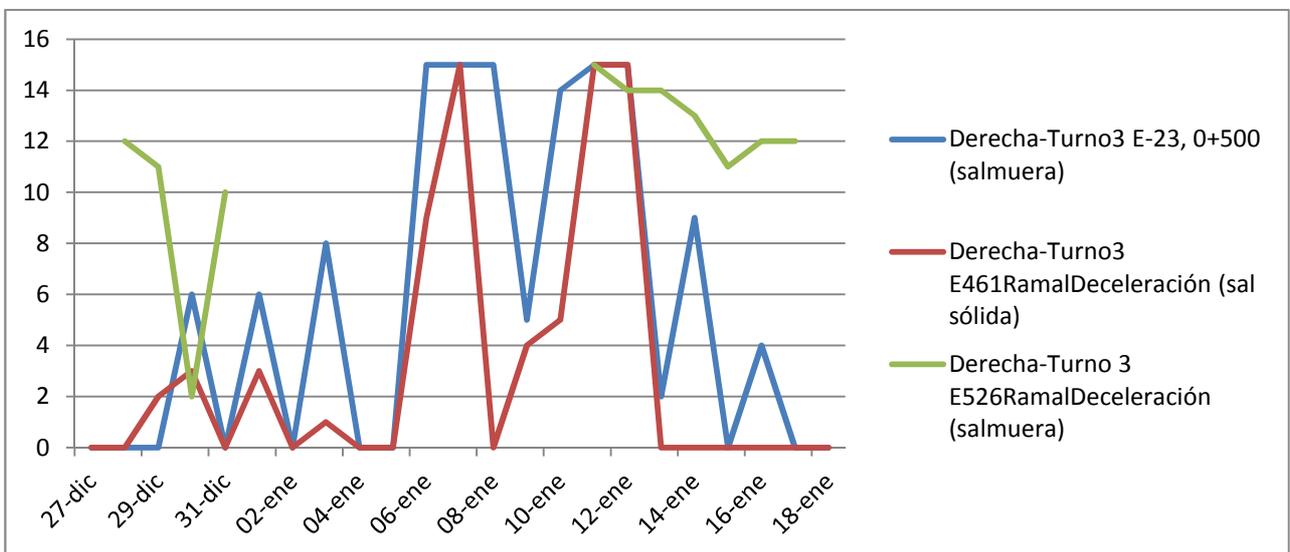


Figura 14 - Análisis de los datos por puntos de control en carril derecho con diferentes tipos de fundente, con pavimento de mezcla cerrada.

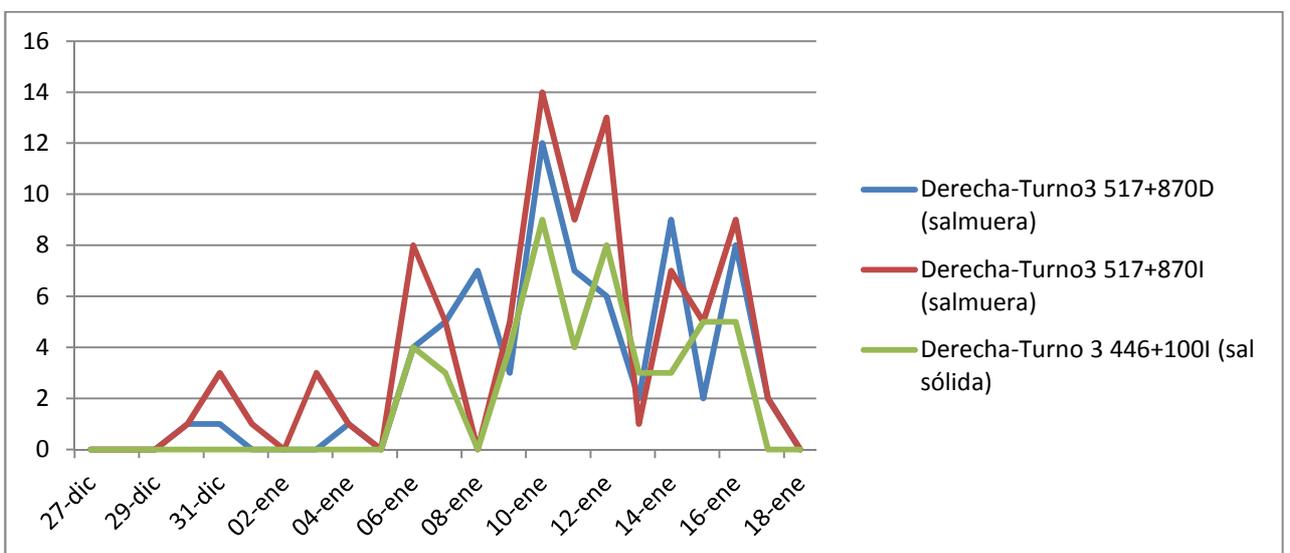


Figura 15 - Análisis de los datos por puntos de control en carril derecho con diferentes tipos de fundente, con pavimento de mezcla abierta.

5. CONCLUSIONES

Se considera que se podría conseguir una optimización en la aplicación de tratamientos preventivos, teniendo en cuenta la sal residual existente en calzada.

Mediante este estudio se ha tratado de dilucidar la relación entre la permanencia del fundente en la calzada y los factores que intervienen en la misma, como el tipo y cantidad de tráfico existente, temperatura y humedad, tipo de pavimento y tipo de fundente empleado.

Convendría continuar con el registro de estas mediciones y entrar en un análisis más detallado en el que integrar los datos de tráfico, humedad y temperatura, para poder determinar en mayor detalle su relación directa en la permanencia de la sal sobre la calzada.

Entretanto, se facilitan las tendencias analizadas en los apartados anteriores:

- Las mediciones facilitadas por el detector de salinidad tienen una gran dependencia con las condiciones ambientales de humedad y temperatura.
- Las mediciones realizadas en pavimentos con mezclas abiertas deben ser corregidas mediante un factor de conversión, puesto que parte de la solución se pierde por los intersticios de la mezcla.
- Los registros realizados en zonas tratadas con salmuera, confirman una mayor permanencia de sal remanente y homogeneidad en su distribución en el carril, que en el caso de tratamientos realizados con sal seca.
- Aunque sobre los pavimentos con mezclas cerradas, las mediciones de sal residual son mayores, se estima que su permanencia en calzada es menor.
- Según las mediciones de salinidad y temperatura en continuo realizadas durante los temporales de nieve, la presencia del tráfico pesado en el carril exterior permite disponer de temperaturas de calzada superiores en más de 1°C, a la del resto de carriles, lo que puede ser de gran ayuda en las labores de limpieza de la vía.
- Las mediciones de salinidad en continuo durante el temporal, como % de salinidad sobre la muestra, no resultan significativos, al encontrarse en esos momentos la calzada completamente mojada.

REFERENCIAS

1. Blomqvist, G; Gustafsson, M; Eram, M & Ünver, K Eram. Prediction of Salt on Road Surface. Tool to minimize use of salt. pp 131-138
2. Ministerio de Fomento. Dirección General de Carreteras (2006) Nota de Servicio sobre la Actuación de los Servicios de Conservación en las Campañas de Vialidad Invernal, de fecha 2 de Octubre de 2006
3. Romero Lacasa, J.A. & Bonet Linuesa, L. (2010) Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del contrato de servicios de asistencia técnica para la ejecución de diversas operaciones de conservación y explotación en las carreteras del sector L-4. Ministerio de Fomento