

Texturas superficiales para pavimentos de hormigón de próxima generación con baja sonoridad (NGCS)



Surface Textures for Next Generation Low Noise Concrete Pavements (NGCS)

César Bartolomé Muñoz
Sergio Carrascón Ortiz
Jesús Díaz Minguela
Ricardo López Perona
Rafael Rueda Arriete

Instituto del Cemento y sus Aplicaciones (IECA)
Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos

Este artículo es un compendio de dos ponencias presentadas en Simposio Internacional de Carreteras de Hormigón, celebrado en Berlín en junio del 2018. Las dos ponencias en que se basa este artículo son:

- "GRINDING: THE NEW TECHNIQUE FOR LOW-NOISE AND EVEN CONCRETE SURFACES" de los autores R. Alte-Teigeler y T. Alte-Teigeler.

- "NEXT GENERATION CONCRETE SURFACE (NGCS). FINALLY A QUIET AND SUSTAINABLE ROAD PAVEMENT?". De los autores B. Vanhooreweder, P. De Winne, A. Scheers, L. Rens y A. Beeldens.

y se presenta como un estado del arte sobre las técnicas de reducción de ruido en pavimentos de hormigón.

Varias son las técnicas de acabado de superficies en los firmes rígidos o pavimentos de hormigón, como el hormigón cepillado y la textura de árido visto. La superficie de hormigón de próxima generación (NGCS) es una nueva técnica nacida en los Estados Unidos y desarrollada para reducir el ruido de rodadura, utilizando un microfresado con disco de diamante, que permite, además, mejorar la regularidad y la resistencia al deslizamiento de las superficies. Otra técnica utilizada es el ranurado, que mejora la evacuación del agua de la superficie del pavimento de hormigón.

Varios proyectos de investigación han estudiado la capacidad para reducir la emisión de ruido de estas superficies producidas por el microfresado con

disco de diamantes, incluyendo todo tipo de simulaciones por ordenador, de pruebas de laboratorio y tramos experimentales a escala real. Así, en el laboratorio se han microfresado probetas con diferentes grosores y espaciado de las cuchillas y con diferentes composiciones del hormigón con el objetivo de generar distintas superficies de hormigón texturizado. Todos estos parámetros afectan considerablemente a la reducción de la emisión de ruido.

Se han construido tramos experimentales donde se ha analizado la emisión de ruido de numerosas secciones de carreteras microfresadas con disco de diamante. Así pues, se han estudiado varias secciones de nueva construcción, donde se ha variado el grosor y la separación de las cuchillas del disco de acuerdo con los resultados obtenidos en el laboratorio y con el fin de optimizar la reducción de la emisión de ruido. Las conclusiones muestran que esta técnica no solo reduce el ruido, sino que además proporciona buena durabilidad en lo que a esta reducción concierne. Según estudios recientes, el microfresado puede, además, reducir la resistencia a la rodadura y, por tanto, el consumo de combustible y las emisiones de CO₂. Gracias a la movilidad de las cuchillas, es posible generar una textura negativa con una ranura más profunda entre las que se insertan cuatro ranuras menos profundas en la dirección longitudinal. Esta técnica se puede aplicar tanto en pavimentos de nueva generación o nueva construcción, como en pavimentos existentes.

This article is a compendium of two papers presented at the International Symposium on Concrete Roads, held in Berlin in June 2018. The two papers on which this article is based are:

- "GRINDING: THE NEW TECHNIQUE FOR LOW-NOISE AND EVEN CONCRETE SURFACES" by the authors R. Alte-Teigeler and T. Alte-Teigeler.

- "NEXT GENERATION CONCRETE SURFACE (NGCS). FINALLY A QUIET AND SUSTAINABLE ROAD PAVEMENT?" by the authors B. Vanhooreweder, P. De Winne, A. Scheers, L. Rens and A. Beeldens.

and it is presented as a state of the art on noise reduction techniques in concrete pavements.

There are several techniques for surface finishing on concrete pavements, such as brushed concrete and exposed aggregate texture. The Next Generation Concrete Surface (NGCS) is a new technique born in the United States and developed to reduce rolling noise, using a diamond disc for grinding, which also improves the uniformity and skid resistance of the surfaces. Another technique used is surface grooving that improves the evacuation of water from the surface of the concrete pavement.

Several research projects have studied the ability to reduce the noise emission of these surfaces produced by diamond disc grinding, including all types

of computer simulations, laboratory tests and experimental sections on a full scale. Thus, it has been grinded in the laboratory with a machine to produce textured concrete surfaces in which it was allowed to change the thickness and spacing of the diamond blades and to which another condition is added, such as the composition of the concrete. All these parameters greatly affect the reduction of noise emission.

The noise emission behaviour of several grinding road sections with diamond discs have been carried out and examined in experimental sections. Thus, several sections of new construction have been studied, where the thickness and separation of the diamond blades has been varied according to the results obtained in the laboratory in order to optimize the reduction of noise emission. The conclusions show that this method, called grinding, reduces not only this noise, but provides good durability as far as this reduction be concerned. According to recent studies, the grinding can also improve the resistance to the rolling and, therefore, the consumption of fuel and the CO2 emissions. Thanks to the mobility of these diamond blades, the negative texture has been rectified with 1 deeper groove and 4 shallow grooves in the longitudinal direction, a technique that can be applied both in new generation/new construction concrete pavement, as in existing concrete pavement.

1. Introducción

La textura superficial de los firmes afecta significativamente la emisión de ruido derivada de la interacción neumáticos/pavimento, debido tanto a las vibraciones de los neumáticos, como a los procesos aerodinámicos que se producen entre los neumáticos y la superficie del pavimento que conducen a la emisión de ruido. En Alemania, el microfresado con discos de diamante se ha utilizado con éxito durante muchos años para mejorar la resistencia al deslizamiento y la regularidad del pavimento de hormigón, pero se ha observado que este fresado también tiene un efecto favorable sobre la emisión de ruido. Sin embargo, hasta ahora no se sabía qué texturas generadas por el microfresado son las más adecuadas para la reducción de ruido. En diferentes proyectos de investigación se ha estudiado el efecto sobre los niveles de ruido de varios de los parámetros de diseño del microfresado (por ejemplo, VILLARET 2013).

Existen diferentes técnicas de acabados superficiales para pavimentos de hormigón, tales como el cepillado o la textura de árido visto (TAV). El acabado superficial de última generación (NGCS por sus siglas en inglés) es una nueva técnica que nació en los EE. UU para reducir el ruido de rodadura, consistente en una combinación de ranurado longitudinal y un rectificado obtenido mediante el microfresado con disco de diamante. De esta forma se logra que los discos de diamante generen una textura negativa en la dirección longitudinal obteniéndose una ranura profunda (ranurado) cada cuatro ranuras poco profundas (rectificado). Esta técnica que se puede utilizar tanto en nuevas superficies de hormigón, como en pavimentos existentes.



Figura 0. Aspecto de una sección de una realización en Bélgica [2]

2. Microfresado y ranurado

La textura del microfresado con disco de diamante se genera al realizar un corte sobre la superficie de hormigón de profundidad variable entre 3 y 5 mm, con un tambor en el que se montan una serie de discos.

Los segmentos con punta de diamante y ancho variable, están situados en el borde de los discos. La separación de los discos se establece mediante espaciadores como muestra la figura 1 y es normalmente de 3 mm.

La textura del microfresado consiste en ranuras y áreas que sobresalen, es decir, las zonas entre ranuras consecutivas. El ancho de las ranuras está de-

terminado por el ancho de los segmentos y el ancho de las áreas que sobresalen por la separación de los segmentos determinada por el grosor del espaciador. La Figura 2 muestra un cabezal de corte o tambor de microfresado y una textura superficial típica.

El ranurado se genera al hacer rotar los discos de diamante en un tambor de accionamiento giratorio sobre la superficie del pavimento, en cuyo caso, y en contraste con el microfresado, los discos están separados más de 10 mm con una profundidad de las ranuras de entre 3 y 6 mm. Este método se usa principalmente para mejorar el drenaje del agua superficial (ver figura 3).

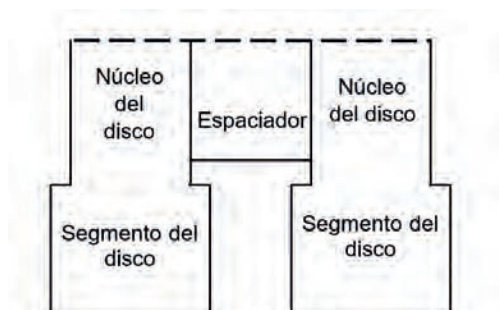


Figura 1. Configuración típica para el microfresado [1]



Figura 2. izquierda: tambor de microfresado y derecha: textura típica de microfresado con discos de diamante [1]

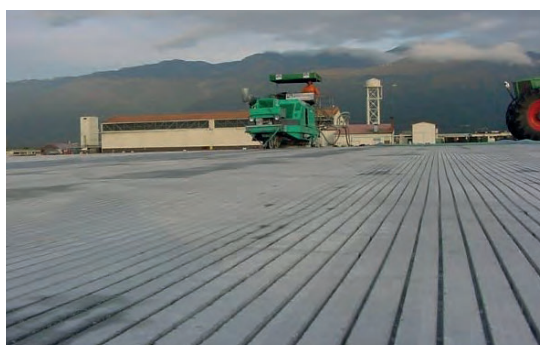


Figura 3. Textura de ranurado por disco de diamante [1]

3. El microfresado en Alemania

En Alemania, tradicionalmente se usaban tambores de 80 a 100 cm de ancho para microfresar el pavimento, siendo los más modernos de 140 cm, ya que, a mayor anchura, se aumenta el rendimiento y se reducen las áreas superpuestas al reducir las bandas de fresado, que a menudo producían una apariencia superficial diferente y, por lo tanto, características superficiales diferentes. Mientras se realiza este fresado, varios sensores controlan continuamente la altura del

tambor para garantizar la regularidad deseada de la superficie, por lo que la máquina debe transferir suficiente peso al cabezal de corte para evitar la flotación a altas velocidades de avance.

El material fresado se retira por succión al vacío en la zona del cabezal de corte directamente hasta un camión para su transporte, por lo que no es necesaria una limpieza adicional y la carretera puede abrirse al tráfico inmediatamente después del microfresado.

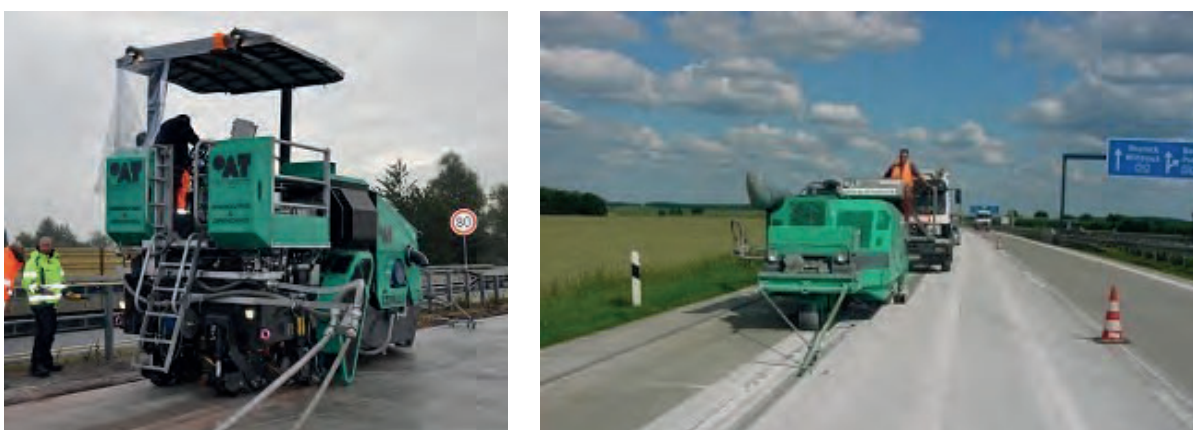


Figura 4. izquierda: tambor de microfresado y derecha: textura típica de microfresado con discos de diamante [1]

3.1. Investigaciones sobre las características de las diferentes superficies existentes micro-fresadas

En 2010 y 2011, el Instituto Federal de Investigación de Carreteras (BAST) estudió diferentes secciones de carreteras con pavimento de hormigón que habían sido microfresadas con disco de diamante como actividad regular de mantenimiento, debido fundamentalmente a la falta de regularidad y de resistencia al deslizamiento de las superficies del pavimento de estas secciones específicas. Para investigar el po-

tencial de reducción de ruido, los niveles de ruido se midieron con los métodos normalizados SPB y CPX. En la Figura 5 se muestra el nivel de ruido SPB medido para un vehículo a una velocidad de 120 km/h. En comparación con el valor de referencia de 85,2 dB(A) según (RLS-90), las secciones de carretera medidas muestran una reducción de ruido de 2,4 a 3,0 dB(A).

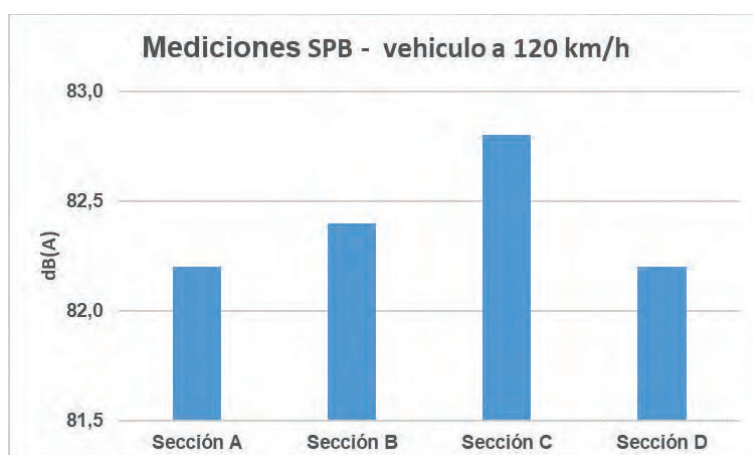


Figura 5 – Mediciones SPB de las superficies generadas mediante microfresado (BAST) [1]

Además de sus características superficiales, se investigaron otras secciones de microfresado a diferentes edades (Villaret 2011). La siguiente tabla (Tabla 1) muestra los resultados de las mediciones de resistencia al deslizamiento con el método SKM realizándose las mediciones a 80 km/h y con una antigüedad del microfresado variable de entre uno y diez años.

Para un pavimento de nueva construcción, el nivel mínimo requerido de resistencia al deslizamiento es 0,46 medido a una velocidad de 80 km/h, siendo al final del período de garantía, el mínimo requerido de 0,40. En general, las secciones estudiadas presentan un alto nivel de resistencia al deslizamiento (ver tabla 1).

Tabla 1. Medidas de adherencia de superficies microfresadas (BASt) [1]

Carretera	Año de microfresado	Edad en años	μ SKM (80 km/h)
1	2010	1	0,84
3	2009	2	0,71
7	2005	6	0,63
24	2001	10	0,66
115	2004	7	0,55

3.2. Ensayos de laboratorio

Para los ensayos de laboratorio, se diseñó una microfresadora que utilizaba los discos y los espaciadores comunes y se texturizó la superficie de varias probetas de hormigón, modificando numerosos parámetros, como la distancia entre los discos.

Al principio, con la idea de excluir el efecto del árido grueso sobre la textura y lograr una superficie uniforme, las pruebas de laboratorio se fabricaron con mortero. En la primera parte de los ensayos de laboratorio, se varió el grosor de los espaciadores para determinar su efecto sobre la geometría de la textura y, por lo tanto, la emisión de ruido. Los espaciadores tenían entre 1,0 y 20,0 mm de espesor. El ancho de los segmentos de fresado se mantuvo en 3,2 mm y la profundidad de la ranura fue de 3 mm. La Figura 6 muestra la textura de las probetas de mortero.

Para evaluar la reducción de ruido de las superficies, se determinó la textura de la superficie utilizando un perfilómetro láser según DIN EN 29053, midiéndose también la resistencia al flujo de aire de las superficies inducida por la textura.

En base a los resultados de estas mediciones, el ruido esperado producido por las superficies se predijo con el modelo SPERoN® (explicación física estadística del ruido de rodadura), que consiste en un método de modelado del ruido producido por la interacción neumático/pavimento desarrollado durante la última década con el propósito de predecir el efecto de las propiedades del pavimento sobre el ruido neumático/pavimento.

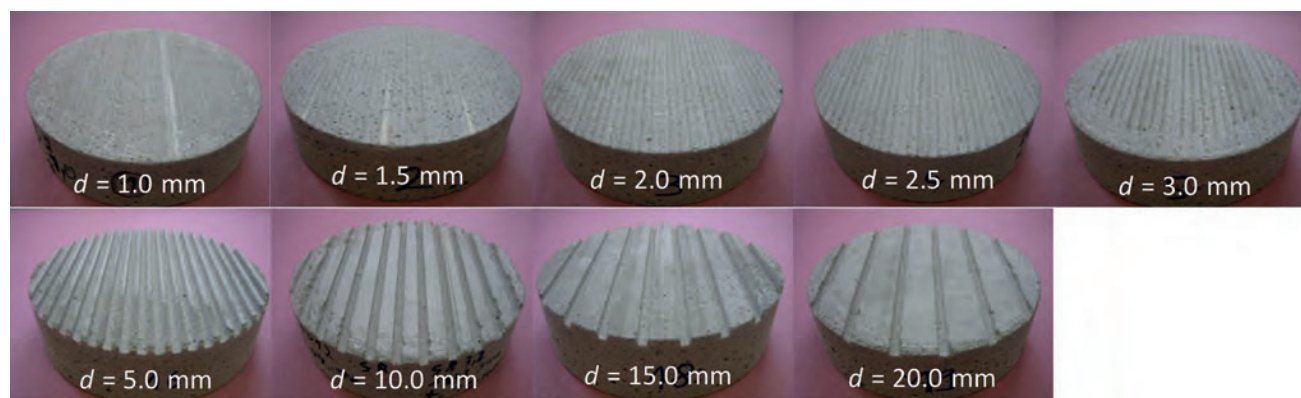


Figura 6. Ranuras en las probetas de mortero, espesor variable de los espaciadores [1]

El nivel de presión acústica $L_{CPB,calc}$ se calcula a partir de la textura de la superficie y la resistencia al flujo inducida por la textura. $L_{CPB,calc}$ es el nivel esperado de ruido en un punto receptor a una distancia de 7,5 m del centro del carril en estudio y una altura de 1,2 m sobre el suelo. Los niveles calculados son similares a los resultados de las mediciones de SPB, pero debe tenerse en cuenta que el ruido del motor no se consi-

dera en el modelo SPERoN y que el modelo no ha sido validado para superficies anisotrópicas (diferentes en las direcciones longitudinal y transversal). La Figura 7 muestra la resistencia al flujo inducida por la textura y el nivel de presión acústica calculado $L_{CPB,calc}$ para diferentes espesores de los espaciadores, para el neumático Michelin Energy 3A con un ancho de 195 mm y a una velocidad de 120 km/h.

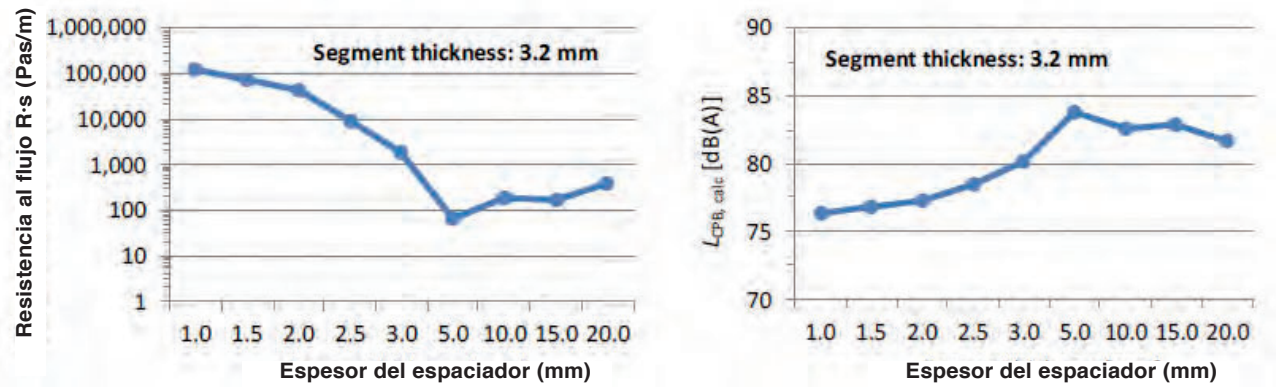


Figura 7. Resistencias de flujo y niveles de presión acústica calculados para las muestras [1]

3.3. Secciones de ensayo

En base a los resultados del ensayo en laboratorio, se construyeron diferentes secciones de prueba como parte de un proyecto de investigación y, entre ellas, la autopista A13 cerca de Mittenwalde. Debido a una baja resistencia al deslizamiento, la superficie de un pavimento de hormigón de 12 años de edad se microfresó y se ranuró en un carril, variando la distancia entre ranuras (Tabla 2), consiguiendo así una textura

de microfresado constante sobre una textura ranurada con una distancia entre ranuras que variaba entre los 10 y los 20 mm. De esta manera, fue posible determinar el efecto estos parámetros sobre la resistencia al deslizamiento superficial. Según Figura 8, se puede observar que la resistencia al deslizamiento es mucho mayor que la requerida para los pavimentos de nueva construcción (0,46 μ SKM).

Tabla 2. Texturas en la autopista A13 [1]				
Textura	Microfresado		Ranurado	
	Ancho del segmento (mm)	Distancia entre segmentos (mm)	Ancho del segmento (mm)	Distancia entre segmentos (mm)
1	2,8	1,8	2,8	10
2				15
3				20

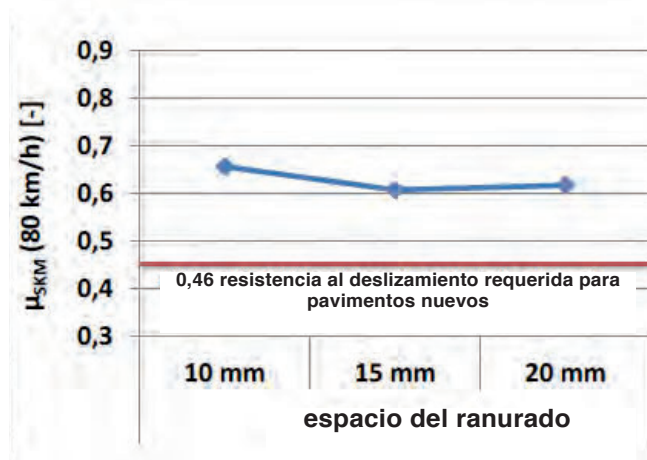


Figura 8. Microfresado y ranurado con distancia de ranuras 20 mm (fuente VKI) y Resistencia al deslizamiento (valor SKM) según la distancia de las ranuras [1]

Las características de ruido se midieron mediante el método de paso controlado (CPB). Aunque los resultados no son extrapolables al método del paso estadístico (SPB), dan una pista sobre el rango donde se pueden ubicar los resultados de SPB.

La figura 9 muestra que la emisión de ruido disminuye al aumentar el espacio entre ranuras. Se reduce la parte aerodinámica del ruido debido a la mayor distancia entre los canales, puesto que el aire tiene

menos posibilidades de fluir. Con una distancia de 20 mm, el nivel de ruido es de 80,9 dB(A), que comparado con el valor de referencia de 85,2 dB(A) (para SPB), significa una reducción de ruido de 4,3 dB(A).

Como las mediciones de CPB se realizaron con neumáticos representativos utilizados habitualmente, se supone que la textura investigada puede proporcionar una reducción de ruido de 4 dB(A).

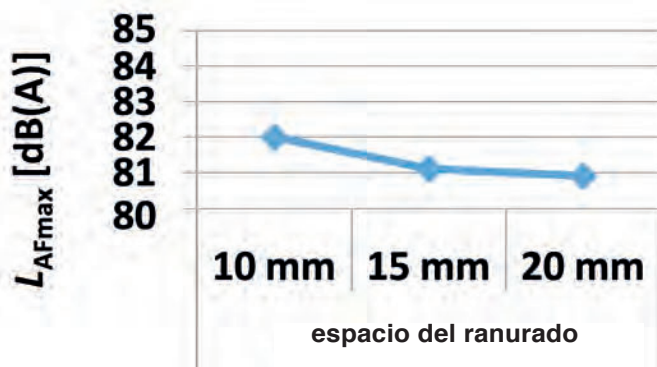


Figura 9. Efecto del espacio entre surcos en el nivel de ruido (CPB) [1]

4. Ejemplo de aplicación en Bélgica

La primera experiencia en Bélgica se realizó en octubre de 2015 en la carretera nacional N44 en Maldegem y consistió en dos perfiles diferentes, ejecutados sobre un pavimento de hormigón con juntas existente con textura de árido visto construido en 1958 (con espesor entre 23 y 25 cm).

El grosor y el diámetro de los discos de diamante son iguales para ambos perfiles, con la única diferencia de los espaciadores (ver tabla 3 y figuras 10 y 11), que resultan mucho más estrechos para el primer perfil con un ancho de 1,5 mm frente a los 3 mm del se-

gundo. Teniendo en cuenta el sobreancho de 0,4 mm del segmento en relación con la cuchilla, se forman crestas en la superficie superior de 1,1 mm de ancho, que en el caso del perfil 2, con espaciadores mucho más anchos (de 3,0 mm), forma crestas con un ancho de 2,6 mm.

Para determinar el efecto de esta nueva textura superficial en el nivel de ruido, antes y después del trabajo, se efectuaron mediciones del ruido de rodadura mediante los métodos de proximidad cercana (CPX) y las mediciones de paso estadístico (SPB).

Tabla 1. Medidas de adherencia de superficies microfresadas (BASt) [1]

Perfil	Ranurado longitudinal: cuchilla del segmento	Microfresado: cuchilla del segmento	Espaciador
1	Espesor: 2,8 mm Diámetro: 363 mm Prof. ranura: ± 4 mm	Espesor: 2,8 mm Diámetro: 356 mm Prof. ranura: ± 1 mm	1,5 mm
2	Espesor: 2,8 mm Diámetro: 363 mm Prof. ranura: ± 4 mm	Espesor: 2,8 mm Diámetro: 356 mm Prof. ranura: ± 1 mm	3,0 mm

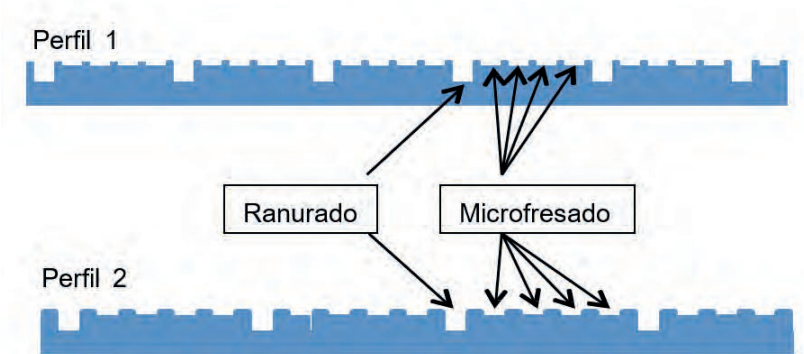


Figura 10. Detalle de los 2 perfiles usados [2]



Figura 11. Detalle de la sección de prueba de NGCS en Bélgica. [2]

4.1. Mediciones CPX (método de proximidad cercana)

4.1.1. Método de medida

El método de proximidad cercana (CPX) es un método de medición acústica mediante el cual el ruido producido por el contacto entre el neumático y la superficie de la carretera se mide con un remolque de medición (ver figura 12). El propósito del método CPX es evaluar tanto la producción de ruido como la regularidad del pavimento de la carretera. El ruido de rodadura de los neumáticos de referencia se mide con 2 x 2 micrófonos montados cerca de la superficie de contacto del neumático con el pavimento de la carretera en dos cajas acústicamente aisladas instaladas en el chasis del remolque (figura 13). Este remolque de medición se conduce sobre la superficie de la carretera a una velocidad de referencia de 50 u 80 km/h y las mediciones se realizan en clima seco.

Como resultado, se obtiene el nivel de ruido en tramos de 20 metros y el espectro de la carretera completa. La estandarización de este método de medición se establece en la norma ISO 11819-2 [3].



Figura 12. Remolque CPX [2]

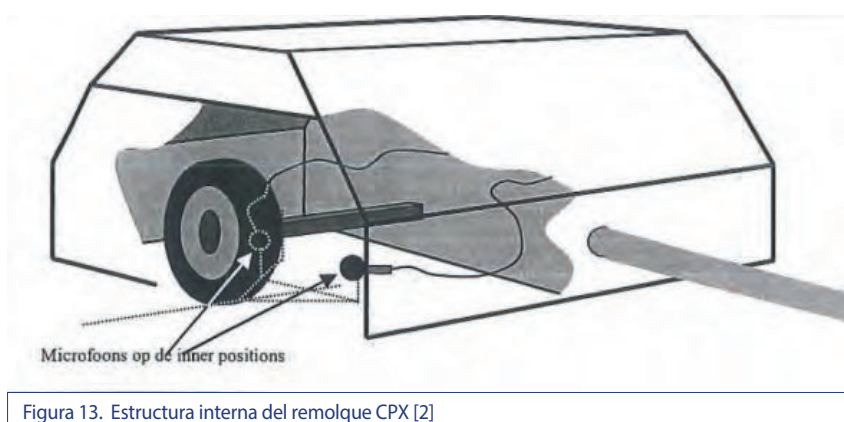


Figura 13. Estructura interna del remolque CPX [2]

4.1.2. Resultados de las mediciones

En ambas secciones de prueba se realizaron mediciones previas con el remolque CPX a 80 km/h con los neumáticos de referencia, SRTT y AVON AV4. Los neumáticos SRTT simulan el comportamiento de un neumático de automóvil mientras que el neumático AVON AV4 simula el de un vehículo pesado. Las mediciones

muestran que con el neumático SRTT el nivel de ruido CPXP de la textura de árido visto original está entre 101,1 y 101,4 dB (A), es decir entre 2,1 y 2,4 db (A) más alto que la referencia belga SMA-C (SMA de 10 mm). Con el neumático del camión, el nivel de CPXH está entre 99,6 y 100,0 dB (A).

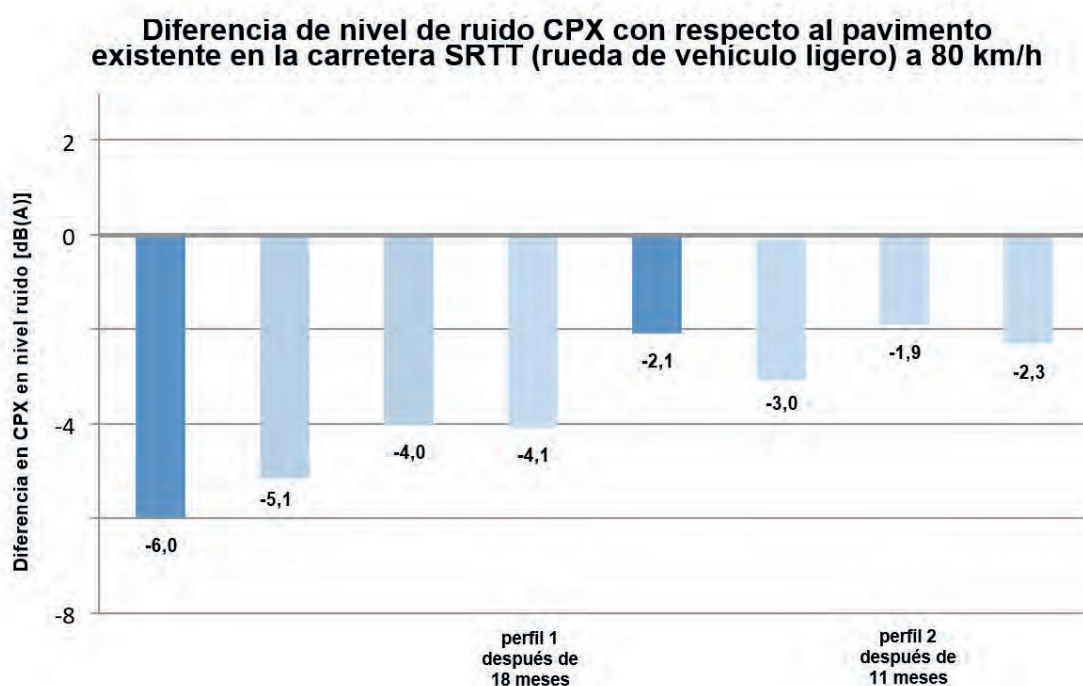


Figura 14. Diferencia entre el nivel de ruido CPX con respecto al pavimento existente en la carretera a 80 km/h para vehículos ligeros [2]

Las mediciones de CPX se repitieron 1, 5, 11 y 18 meses después de ejecutar un acabado superficial de última generación (NGCS). Las Figuras 14 y 15 muestran la diferencia en el nivel de CPX en comparación con el pavimento existente.

Para el primer perfil, inmediatamente después del tratamiento, se determinó un nivel de ruido CPX para un neumático de referencia SRTT de 95,2 dB (A). Es decir, 6 dB (A) más silencioso que la textura existen-

te y 4.1 dB (A) más silencioso que el pavimento de referencia belga SMA-C. El nivel de ruido alcanzado es comparable al de un pavimento AGT (capa de rodadura asfáltica silenciosa) tipo I [4]. Seis meses y un año después, el nivel de ruido había aumentado aproximadamente 1 dB (A) para después permanecer estable. Para las mediciones con el neumático de camión AVON AV4, el nivel de CPX permanece prácticamente igual a lo largo del tiempo:

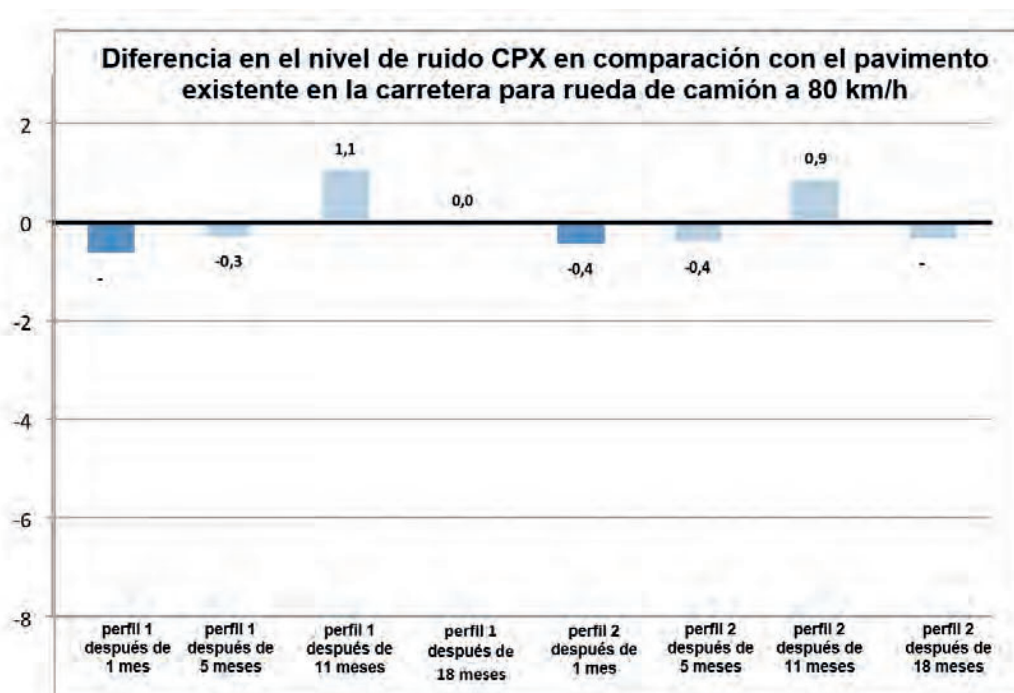


Figura 15. Diferencia en el nivel de ruido CPX con respecto al pavimento existente en la carretera a 80 km/h para camiones [2]

Para el segundo perfil, después de la ejecución de la textura NGCS, se midió un CPXP de 99.3 dB (A), permaneciendo estable a lo largo del tiempo. Este nivel de ruido es similar al de pavimento de referencia SMA-C, y en comparación con la textura existente, la reducción es de 2.1 dB (A). Con el neumático de camión AVON AV4, el nivel de CPX es similar al del pavimento existente.

Las figuras 16 y 17 muestran el espectro de ambos perfiles antes y justo después de la ejecución NGCS. Está claro que, para el primer perfil, con los espacia-

dores más estrechos, hay una gran reducción del nivel de ruido en todas las bandas de frecuencia, tanto en las frecuencias altas como en las bajas. La textura mucho más fina y negativa asegura que los neumáticos vibren mucho menos y emitan menos ruido a bajas frecuencias. Por otro lado, la presencia de las ranuras permite que el aire escape mucho más fácilmente que en un pavimento denso y da lugar a una reducción en las frecuencias altas. Un fenómeno similar se observa para el neumático de camión (AVON-AV4). Para el perfil 2, sin embargo, solo es visible una reducción constante del nivel de ruido.

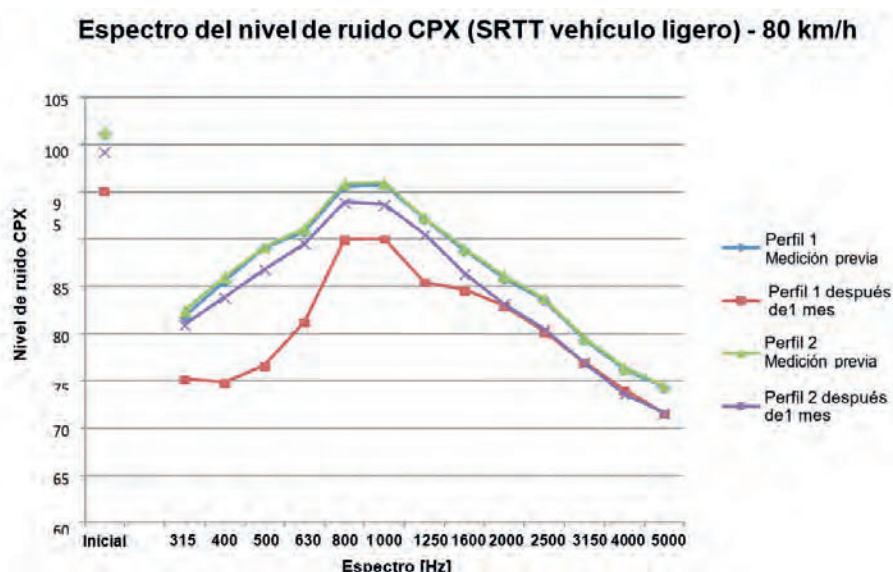


Figura 16. Espectro del CPX a 80 km/h antes y justo después de la ejecución de NGCS para los 2 perfiles y vehículo ligero [2]

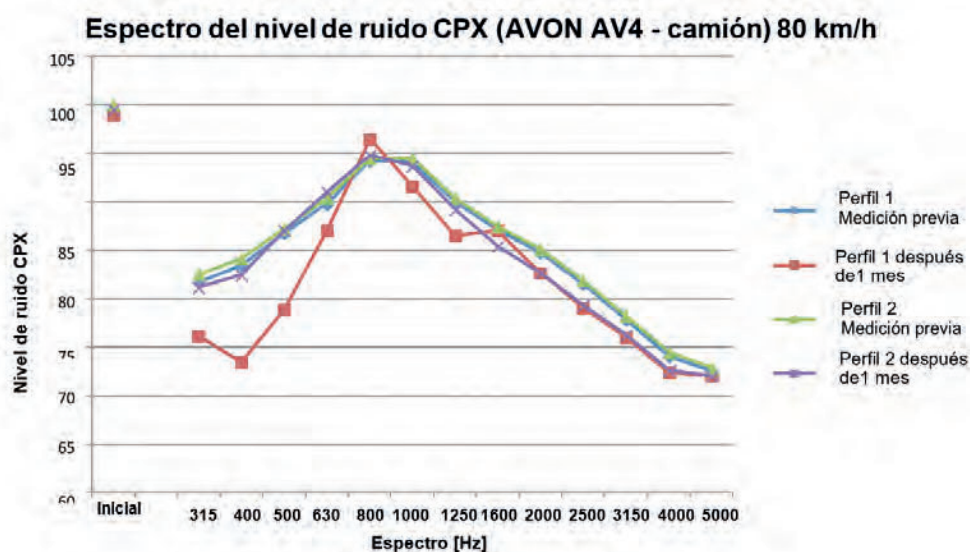


Figura 17. Espectro del CPX a 80 km/h antes y justo después de la ejecución de NGCS para los 2 perfiles y para camión [2]

Estas figuras (18, 19, 20 y 21) muestran los espectros directamente después de la construcción y también seis meses, un año y año y medio después. Estas cifras muestran que los niveles de ruido después de

11 y 18 meses aumentan en las frecuencias más altas, lo que probablemente se deba a que las ranuras se colmatan.

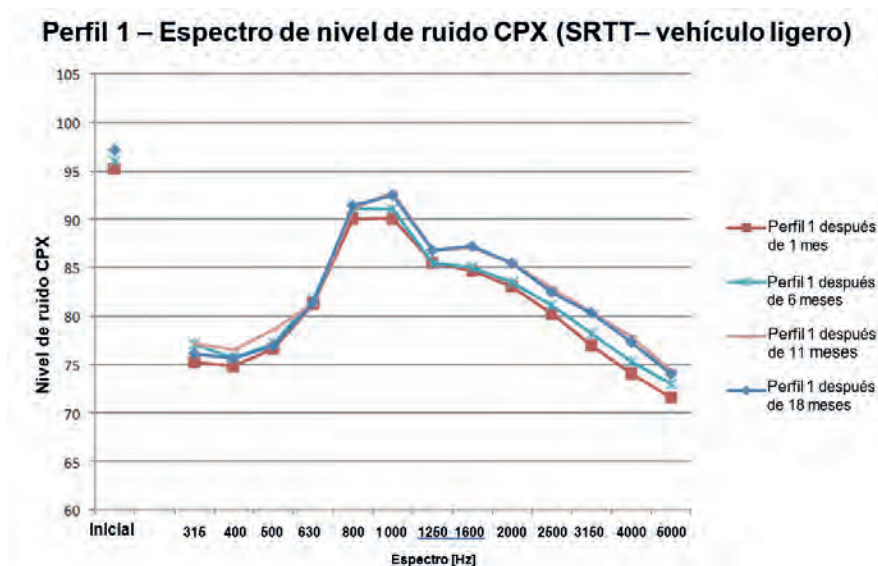


Figura 18. Espectro del CPX a 80 km/h antes del NGCS y al cabo de 1, 6, 11 y 18 meses para el perfil 1 para vehículo ligero [2]

Perfil 1 – Espectro de nivel de ruido CPX (AVON – camión) 80 km/h

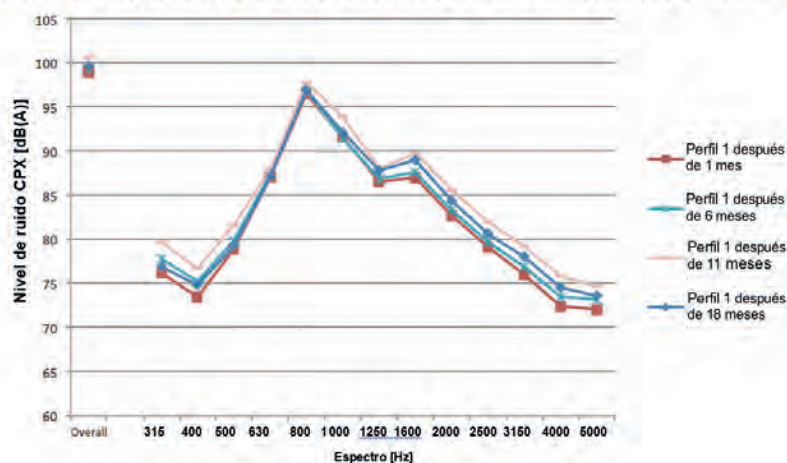


Figura 19. Espectro del CPX a 80 km/h antes del NGCS y al cabo de 1, 6, 11 y 18 meses para el perfil 1 para camión [2]

Perfil 2 – Espectro de nivel de ruido CPX (SRTT – vehículo ligero) 80 km/h

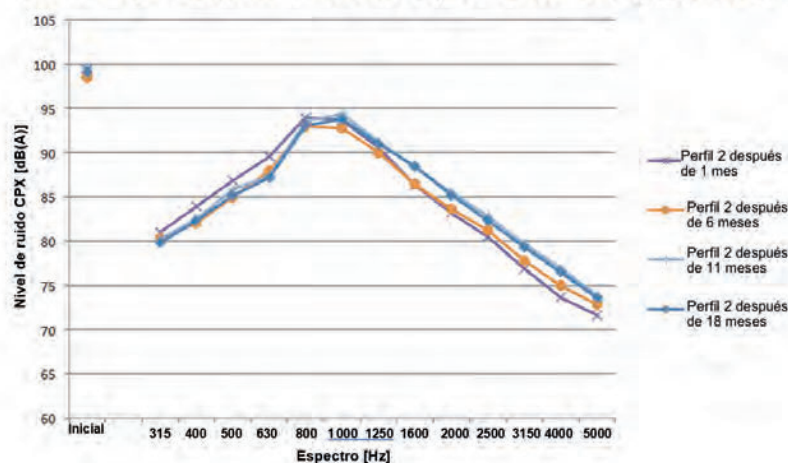


Figura 20. Espectro del CPX a 80 km/h antes y justo después del NGCS, al cabo de 1, 6, 11 y 18 meses para el perfil 2 y vehículo ligero [2]

Perfil 2 – Espectro de nivel de ruido CPX (AVON – camión) 80 km/h

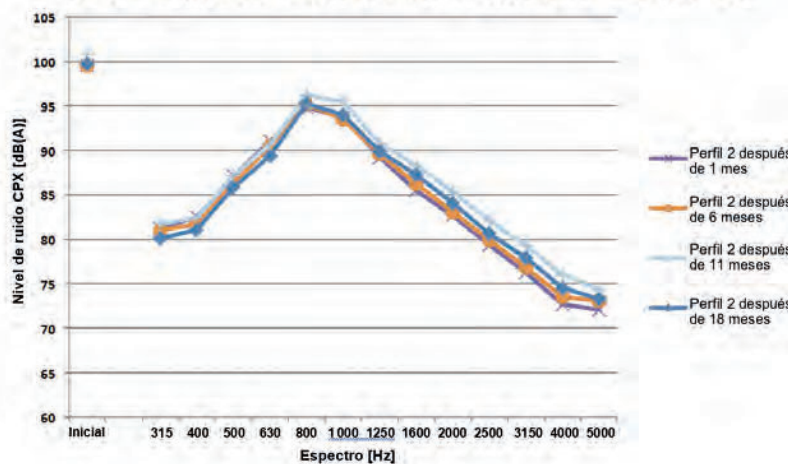


Figura 21. Espectro del CPX a 80 km/h antes y justo después del NGCS, al cabo de 1, 6, 11 y 18 meses para el perfil 2 y camión [2]

4.2. Metodo de medida SPB (Statistical Pass-By/ Paso Estadístico)

4.2.1. Método de medida

El método de paso estadístico (SPB) es una medida del ruido a una velocidad determinada de turismos y vehículos pesados, realizándose el registro del ruido en una posición situada en el lateral de la calzada para un número elevado de vehículos. El propósito del método SPB es establecer con precisión las propiedades acústicas de ciertas texturas superficiales para vehículos ligeros, medianos y pesados y para diferentes velocidades.

El método SPB está definido en la norma ISO 11819-1 [5]. En él se coloca un micrófono a 7,5 m del eje de la calzada y a una altura de 1,2 m (ver figura 22), midiendo el nivel de ruido máximo LA_{max} para

cada vehículo y registrando la velocidad de paso.

Para cada categoría de vehículo, los resultados se procesan en un diagrama de dispersión en el que se muestra el nivel de ruido máximo LA_{max} en función del logaritmo de la velocidad. A partir de este diagrama, se determina la regresión lineal por lo que el valor SPB obtenido es solo representativo del nivel medio de ruido de una categoría de vehículo, para una textura superficial concreta y para una determinada velocidad estándar. Durante el procesamiento de resultados, el espectro también se analiza en bandas de octava.



Figura 22. Método del paso estadístico (SPB) [2]

4.2.2. Resultados de las mediciones

Los niveles de ruido SPB medidos se muestran en la figura 23. Para el perfil 1 que es más fino, la reducción de ruido alcanza aproximadamente los 6 dB(A) para vehículos ligeros y los 4 dB(A) para vehículos pesados, manteniéndose bastante estable en el tiempo.

Para el perfil 2, el nivel de ruido sigue siendo aproximadamente el mismo para los automóviles, mientras que para tráfico pesado se mide una reducción de casi 4 dB(A) que asciende a aproximadamente 2 dB(A) un año después del tratamiento.

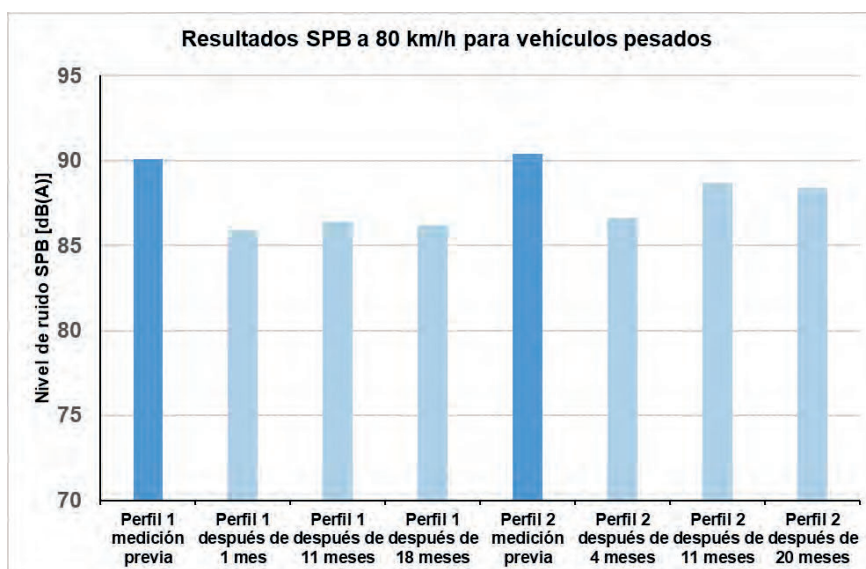
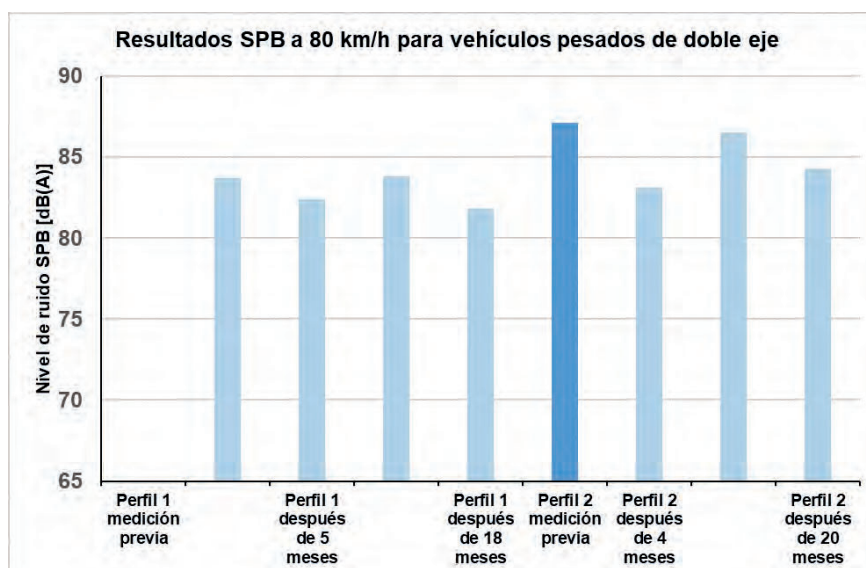
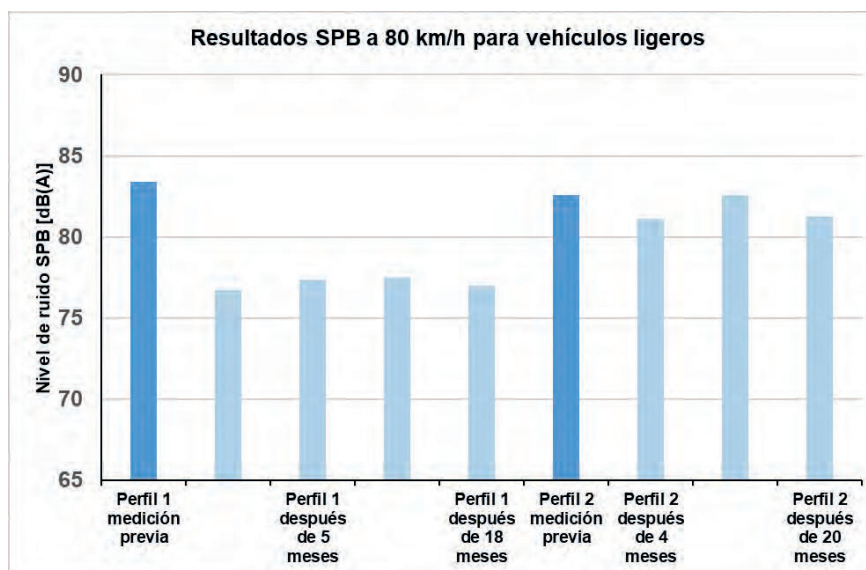


Figura 23. Resultados de SPB a 80 km / hora para vehículos ligeros (arriba), vehículos semipesados (medio) y vehículos pesados (abajo) antes y 1, 5, 11 y 18/20 meses después de la construcción [2]

Los análisis de frecuencia para el primer y segundo perfil muestran que para los vehículos pesados hay una reducción constante en el nivel de ruido en cada

banda de octava (ver figuras 24 y 25). Para vehículos ligeros, la reducción para el primer perfil es mayor en la banda de frecuencia de 500 Hz.

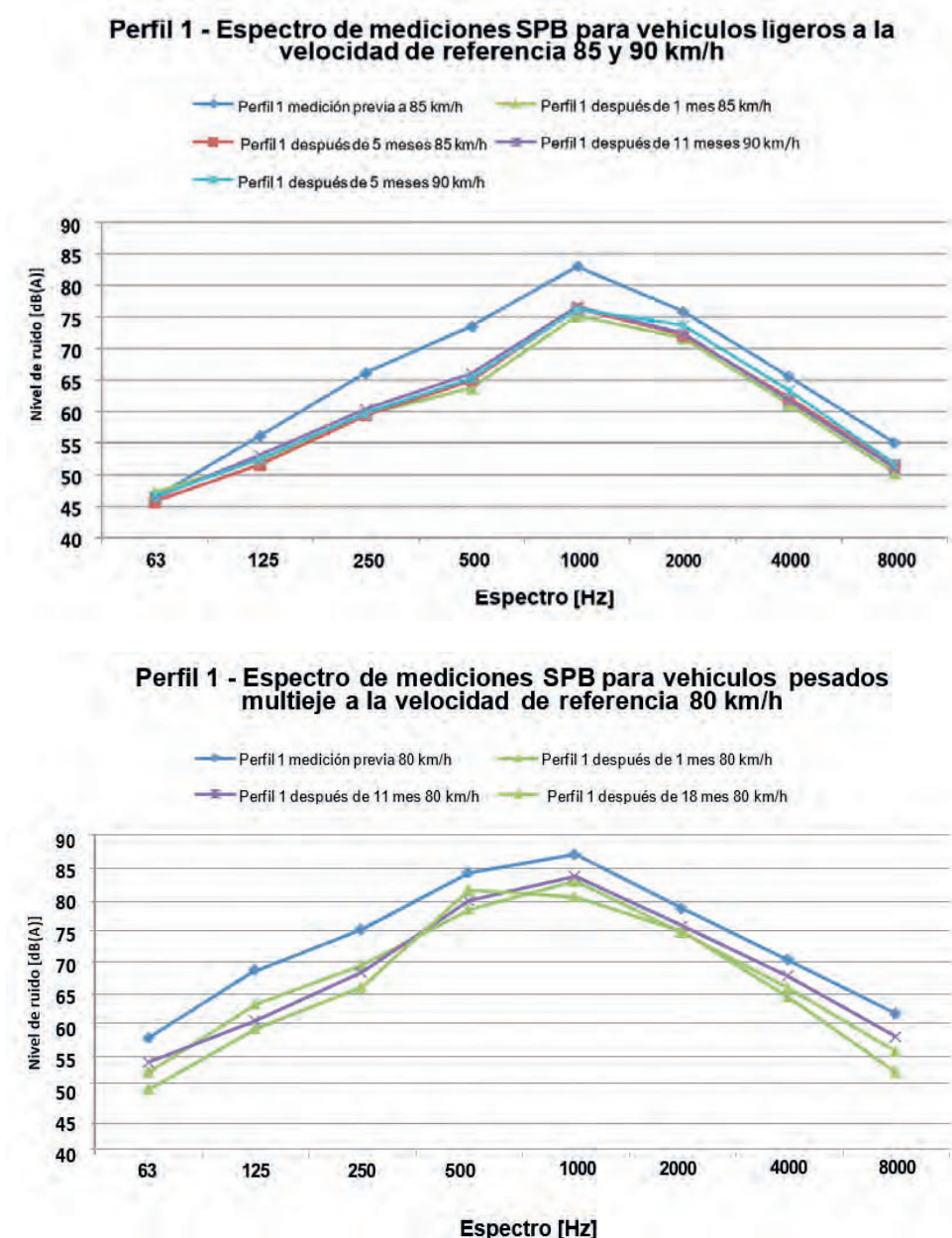


Figura 24. Espectro de resultados SPB para vehículos ligeros y pesados antes y después del tratamiento con NGCS para el perfil 1[2]

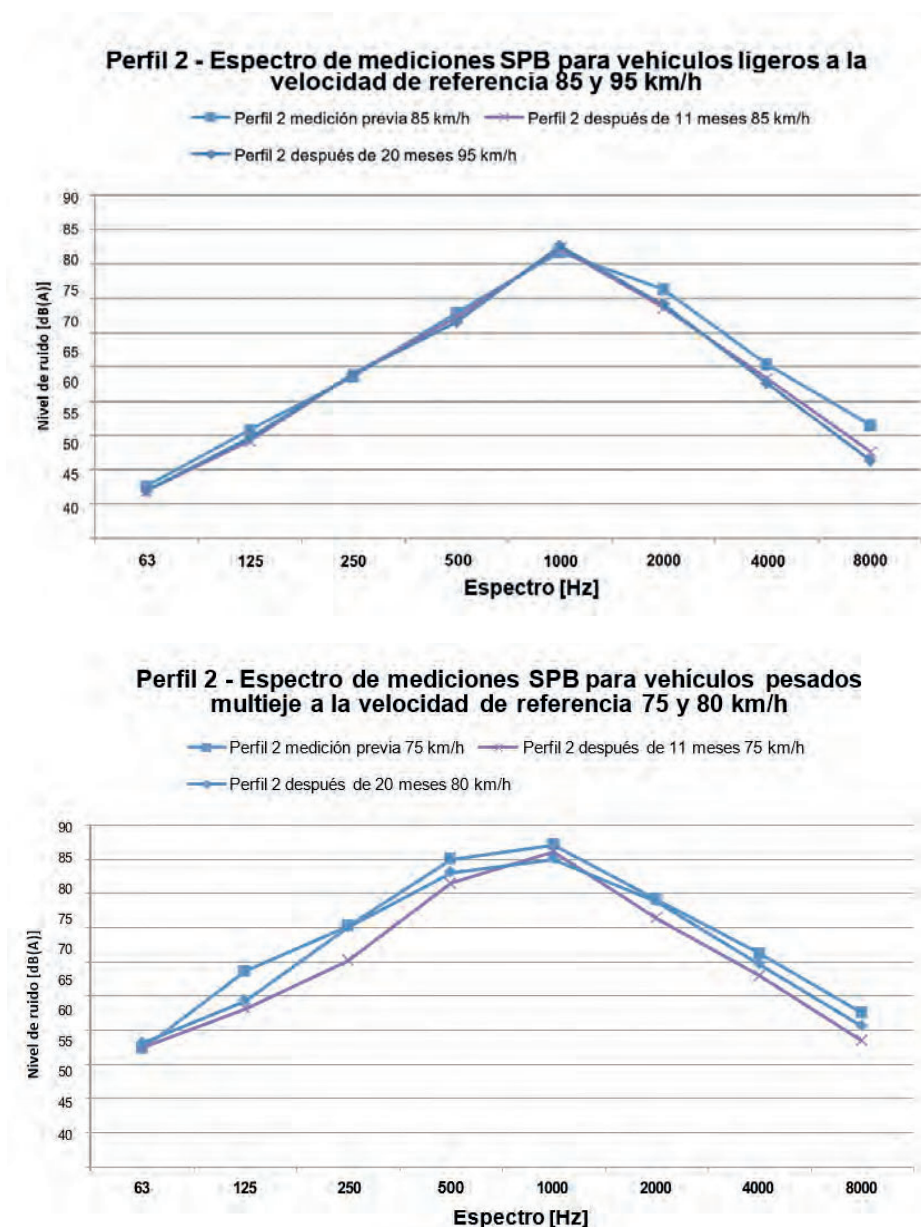


Figura 25. Espectro de resultados SPB para vehículos ligeros y pesados antes y después de la ejecución de NGCS para el perfil 2 [2]

5. Resistencia al deslizamiento y macrotextura

Analizando las mediciones de textura con SeitenKraftMessverfahren (SKM), se observa que la macrotextura en el proyecto piloto disminuyó considerablemente. Sin embargo, las mediciones de resistencia al deslizamiento con el SKM muestran que el coeficiente de rozamiento transversal de ambos perfiles es suficiente (coeficiente de rozamiento transversal $\geq 0,45$ cada 10 m [7]).

El método de medición SKM se establece en la especificación técnica CEN/TS 15901-8 [6]. Los resultados de la medición de resistencia al deslizamiento y macrotextura se pueden ver en la figura 26.

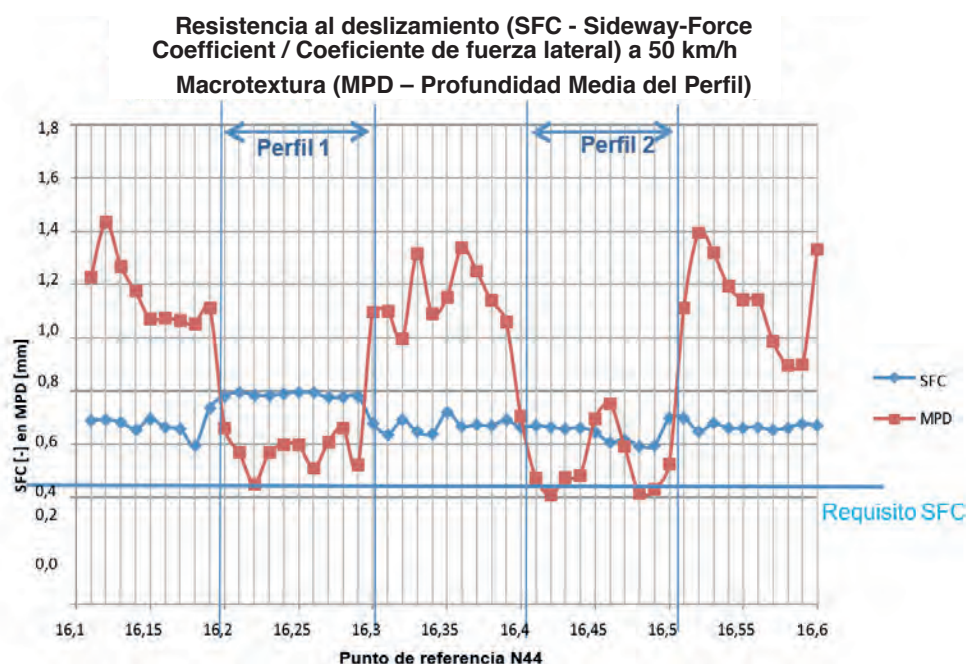


Figura 26. Resistencia al deslizamiento y macrotextura [2]

6. Conclusiones

Hasta ahora, el microfresado se usaba principalmente para mejorar la resistencia al deslizamiento y la regularidad de los firmes, pero las investigaciones, especialmente los tramos de prueba han demostrado que el rectificado con discos de diamantes a distancias variables es una buena alternativa a la textura de árido visto en pavimentos de hormigón para la obtención de superficies duraderas y de bajo nivel ruido. Varios proyectos de investigación han estudiado la influencia de la separación de los discos y de los segmentos en el nivel de ruido, así como en la resistencia al deslizamiento.

Las pruebas de laboratorio demostraron que la reducción del nivel de ruido es mayor en las texturas microfresadas con disco de diamante y con anchos de separación muy bajos. Por otro lado, para lograr una resistencia al deslizamiento suficiente, se necesita alcanzar un nivel mínimo de rugosidad, lo que se puede lograr mediante ranuras adicionales más anchas y más espaciadas en las superficies del pavimento. A partir de los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio, se han construido, a escala real, algunos tramos de prueba.

Los primeros resultados muestran que las superficies microfresadas pueden proporcionar una buena

resistencia al deslizamiento y una reducción del nivel de ruido de hasta 4 dB (A). En base a estos resultados, se considera recomendable que, en la próxima versión de la normativa española, el microfresado se implemente como un tratamiento superficial óptimo en pavimentos de hormigón de nueva construcción (al menos consideramos oportuno que se incluya en el mantenimiento).

En el futuro se deben estudiar texturas diferentes para obtener mejoras adicionales en los niveles de ruido y en la resistencia al deslizamiento.

Por otro lado, los efectos del microfresado sobre la resistencia a la rodadura son interesantes, ya que una disminución de este parámetro, aunque sea leve, supone un ahorro significativo en el consumo de combustible y, por lo tanto, unas menores emisiones de CO₂ (básicamente por menor rozamiento y mejor regularidad).

Las mediciones del ruido de rodadura por el Método de Proximidad Cercana (CPX) realizadas inmediatamente después de la ejecución de una textura NGCS, muestran que el nivel de ruido de los automóviles disminuyó en 6 dB (A) en comparación con la textura de árido visto existente y en comparación con el pavimento de referencia SMA-C, el nivel de ruido fue de hasta 4 dB (A) menor.

Un año después, la diferencia con la textura existente para el primer perfil asciende hasta los 4 dB (A), para permanecer estable durante los siguientes seis meses, constituyendo una solución durable incluso para el caso de camiones, en los que el ruido de rodadura se mantiene prácticamente igual.

Con las mediciones de Pase Estadístico (SPB), que son más relevantes para el tráfico pesado que las mediciones de CPX, se mide una reducción de ruido de

varios dBs (A) para estos vehículos pesados. Con los espaciadores más anchos (perfil 2), la reducción de ruido es mucho menor.

De esto podemos concluir que el NGCS es una textura silenciosa, especialmente para automóviles. Pero además se trata también de una técnica duradera, cuya comprobación lleva a un seguimiento acústico del tramo de prueba durante los próximos años.

Referencias bibliográficas

- [1] R. Alte-Teigeler y T. Alte-Teigeler, Otto Alte-Teigeler GmbH, Bietigheim, Baden-Württemberg, Alemania. "GRINDING: THE NEW TECHNIQUE FOR LOW-NOISE AND EVEN CONCRETE SURFACES". Artículo publicado en el ISCR de 2018 en Berlín.
- [2] B. Vanhooreweder, P. De Winne, A. Scheers, Gobierno Flamenco – Agencia de Carreteras y Tráfico de Bélgica, L. Rens, Febelcem, Bélgica, A. Beeldens, AB-Roads, Bélgica. "NEXT GENERATION CONCRETE SURFACE (NGCS). FINALLY A QUIET AND SUSTAINABLE ROAD PAVEMENT?". Artículo publicado en el ISCR de 2018 en Berlín.
- [3] DIN EN 29053: Acoustics; materials for acoustical applications; determination of airflow resistance (ISO 9053:1991); Versión alemana de la EN 29053:1993.
- [4] RLS-90: Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen – RLS 90: Ausgabe 1990. Der Bundesminister für Verkehr. Bonn, Mayo de 1990. (Pautas alemanas para la reducción del ruido en las carreteras públicas 1992).
- [5] SPERoN: <http://www.speron.net/>
- [6] VILLARET, S.; BECKENBAUER, Th.; SCHMIDT, J.; PICHOTTKA, S.; ALTE-TEIGELER, R.; FROHBÖSE, B.; ALBER, S. (2011): Forschungsbericht zu FE 08.0210/2010/ORB: „Untersuchung der lärmtechnischen Eigenschaften von Betonfahrbahndecken mit Grinding-Oberflächen“. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, vertreten durch die Bundesanstalt für Straßenwesen, Hoppegarten, Alemania, Noviembre 2011.
- [7] VILLARET, S.; ALTREUTHER, B.; BECKENBAUER, Th.; FROHBÖSE, B.; SKARABIS, J. (2013): Forschungsbericht zu FE 08.0211/2011/OGB "Akustische Optimierung von Betonoberflächen durch Texturierung des Festbetons mit verbesserten Grinding-Verfahren". Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, vertreten durch die Bundesanstalt für Straßenwesen, Hoppegarten, Alemania, Abril 2013.
- [8] RENS, Luc, "Durable low-noise concrete pavements". 2015.
- [9] NGCS en EE.UU.: SCOFIELD, L. (2016) "Development and implementation of the Next Generation Concrete Surface", 2016 Report – Living Document. See: <http://www.acpa.org/development-and-implementation-of-the-next-generation-concrete-surface/>
- [10] SCOFIELD, L. (2010) "Safe, Smooth and Quiet Concrete Pavement", Paper 78 First International Conference on Pavement Preservation, EE.UU.
- [11] ISO 11819-2 "Acoustics - Measurement of the influence of road surfaces on traffic noise - Part 2: The close-proximity method".
- [12] SB250 versión 3.1, sección 6, párrafo 2.5.2.6 D ROLLING NOISE (ROLGELUID).
- [13] ISO 11819-1 "Acoustics -- Measurement of the influence of road surfaces on traffic noise - Part 1: Statistical Pass-By method".
- [14] SB250 version 3.1, Section 6, paragraph 1.6.3.10.B.1 Sideway-force coefficient (Dwarswrijvingscoëfficiënt)
- [15] CEN/TS 15901-8 "Road and airfield surface characteristics - Part 8: Procedure for determining the skid resistance of a pavement surface by measurement of the sideway-force coefficient (SFCD)