

Development of concrete pavements of short slabs with fiber incorporated

Desarrollo de pavimentos de hormigón de losas cortas con fibra incorporada

KELLY CONDORI RIVERA

Máster en Planificación y Gestión de Infraestructuras, Universidad Politécnica de Madrid. k_condori@outlook.es

The paper describes the development and construction for concrete pavements of short slabs with fiber incorporated in roads at international level, from its origins as a reinforcement layer and the new slab design methodology with optimized geometry as an innovation for the construction of new pavements. Its technical-economic advantages, durability and performance make it competitive against asphalt pavements. It also includes, the latest studies on their performance and suggestions that could improve the application of the methodology. The advantages of the pavements of short slabs with fiber incorporated make it an innovative type of pavement for roads, being able to generate savings during its construction, low maintenance requirements and a longer useful life to the infrastructure.

Concrete pavements; FRC; Short slabs; Reinforced concrete; Optimized joints.

El documento describe el desarrollo de la construcción de pavimentos de concreto de losas cortas con fibra incorporada en carreteras a nivel internacional, desde sus orígenes como una capa de refuerzo a la nueva metodología de diseño de losas con geometría optimizada, como una innovación para la construcción de nuevos pavimentos. Sus ventajas técnico-económicas, durabilidad y rendimiento lo hacen competitivo frente a los pavimentos de asfalto. También incluye los últimos estudios sobre su desempeño y sugerencias que podrían mejorar la aplicación de la metodología. Las ventajas de los pavimentos de losas cortas con fibra incorporada lo convierten en un tipo innovador de pavimento para carreteras, ya que pueden generar ahorros durante su construcción, bajos requisitos de mantenimiento y una vida útil más larga para la infraestructura.

Pavimentos de hormigón; Losas cortas; Hormigón reforzado; Juntas optimizadas; Hormigón reforzado con fibras.

1. INTRODUCCIÓN

Las longitudes estándares de las losas de pavimentos de hormigón oscilan entre 3.5m a 6m [1], el empleo de losas de dimensiones menores a las estándar en pavimentos, se ha aplicado desde el año 1901, como parte de la rehabilitación de pavimentos existentes, hacia la mitad de 1980 se construyeron varias superficies de hormigón adheridas (whitetopping) y no adheridas sobre pavimentos asfálticos y de hormigón, dicha tecnología fue madurando hacia una práctica estándar de rehabilitación. Investigaciones sobre revestimientos ultra delgados de hormigón para pavimentos asfálticos (UTW) demostraron que los tamaños de losas más pequeños de entre 1.8m x 1.8m o 1.2m x 1.2m mejoraban la performance del hormigón como propuesta para la rehabilitación [2]. La guía para capas de refuerzo con hormigón, clasificó a las losas cortas como refuerzo no adherido para pavimentos existentes [3].

Los pavimentos de hormigón de losas cortas con fibra incorporada surgen como innovación del tradicional

pavimento de hormigón liso articulado (JPCPs). La metodología de diseño de pavimentos con geometría optimizada ha permitido el desarrollo de este tipo de pavimentos contribuyendo a su aplicación como pavimentos nuevos construidos sobre bases granulares bien compactados ($CBR \geq 50\%$). Sus principales características son las dimensiones cortas de sus losas que reducen las tensiones de flexión y curvatura, y la ausencia de sello en sus juntas.

La metodología de diseño de los Pavimentos de losa corta con fibra incorporada o pavimento delgado de hormigón (TCP), optimiza el tamaño las losas considerando que no más de un set de ruedas caiga sobre una determinada losa, logrando de esta forma reducir la tensión de tracción sobre la superficie, utiliza un método de diseño mecánico –empírico. La reducción de la longitud de losa permite la reducción de su espesor debido a la diferente configuración de transferencia de carga y la reducción del efecto de alabeo [1, 4].

Ensayos a gran escala realizados en la Universidad de Illinois, demostraron que losas de 9 centímetros de espesor colocadas

en superficies de base granular, sometidas a la acción de cargas aceleradas, pueden soportar una cantidad de hasta 75.000 ejes equivalentes antes de agrietarse, asimismo se demostró que la aplicación de fibra permite que las losas soporten hasta 20 veces más tráfico, brindando mayor vida útil de servicio al pavimento una vez agrietado.

Los pavimentos de hormigón de losa corta son muy susceptibles a sufrir fisuración a edad temprana o durante su puesta en servicio, debido a su gran superficie expuesta a las cargas de tránsito, la acción climática y la reducción del espesor de hormigón. El uso de fibras controla la apertura de grietas, manteniendo la performance de los pavimentos de hormigón de losa corta.

El uso de pavimentos de losas cortas con fibra incorporada, reduce costos de construcción y mantenimiento, generando mayor viabilidad económica al proyecto, debido a que no requiere de refuerzo estructural adicional a las fibras, el proceso constructivo se realiza en menor tiempo, asimismo sus características ofrecen mayor resistencia a la fisuración, durabilidad y mayor reflectancia de la superficie en comparación a los pavimentos asfálticos.

Investigaciones recientes que han analizado la condición funcional de los pavimentos construidos bajo la metodología de losa corta con fibras a través de mediciones del índice de rugosidad internacional (IRI) con el perfilómetro láser walking profiler, demuestran la estabilidad proporcionada por los pavimentos de losas cortas frente al alabeo producto de la variación de temperatura horaria.

La tecnología de pavimentos de losa corta con fibras se ha

aplicado en varios tramos de carreteras en países como Chile, Guatemala y Perú. La experiencia durante su puesta en marcha y su desempeño indica que los pavimentos de losa corta con fibras son una alternativa viable para la construcción de pavimentos en caminos y carreteras a nivel internacional, además sus características de resistencia a derrames de diésel y materiales agresivos lo hacen considerablemente adecuado para pavimentos cercanos a zonas industriales.

2. METODOLOGÍA

En la actualidad la metodología más empleada para la construcción de pavimentos nuevos de losa corta con fibra incorporada es la de pavimento de geometría optimizada o pavimento de hormigón delgado (TCP), desarrollada por la empresa TCPavements® en Chile bajo patente mundial PCT N°EP2006 / 064732.

Lo patentado son las losas cortas para pavimentos nuevos de hormigón, que pueden ser construidos sobre bases granulares tratadas con cemento, asfalto o sobre terrenos naturales que tengan un buen grado de compactación.

La optimización del dimensionamiento de las losas se realiza teniendo en cuenta que exista siempre como máximo un set de ruedas por losa, para de esa forma disminuir la tensión por flexión.

En los pavimentos según la localización de las cargas se producen mayores esfuerzos de tensión como se observa en la figura 1, si la sección fuese cortada, la nueva longitud de losa logra prevenir que las cargas actúen simultáneamente en la

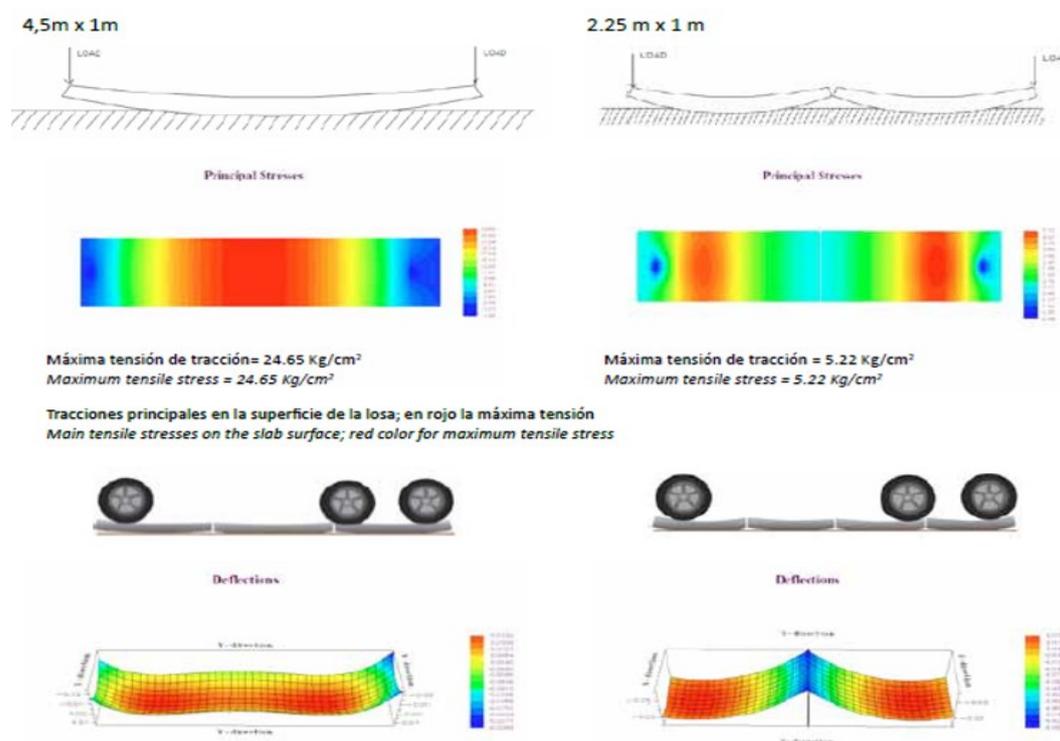


Fig. 1. Comparación entre esfuerzos tensión de tracción considerando 4.5m y 2.25m de longitud de losa. Fuente: [1].

misma sección de losa, de esa forma los esfuerzos de tensión son reducidos de forma significativa.

La Figura 1 muestra las tensiones y deflexiones calculadas en base a una losa de hormigón de 20 cm de espesor, cargada con 1500 kg, bajo una temperatura diferencial de -15°C.

Para evitar que dos cargas actúen simultáneamente la metodología del pavimento de hormigón delgado (TCP) permite dimensionar las losas en función a cada rueda, o set de ruedas. La geometría de la losa se diseña en función al tipo de camión que tenga la carga axial más crítica para carreteras. Las posiciones de cargas consideradas, se evalúan de tal forma, que ningún par de set de ruedas caiga sobre una misma losa.

El método de diseño mecánico- empírico empleado en esta metodología está basado en las ecuaciones de daño por fatiga del proyecto NCHRP 1-37ª (ME-PDG, AASHTO, EEUU) y en simulaciones realizadas con el programa de elementos finitos ISLAB 2000.

2.1. ECUACIONES DE DISEÑO

Las ecuaciones básicas de diseño de la tecnología son las siguientes:

2.1.1 NÚMERO DE PASADAS ADMISIBLES

$$\text{Log}(N_{ijkl}) = 2 * \left(\frac{C_2 * \sigma_{ijkl}}{MOR * C_1 * C_2} \right)^{-1.22} \quad (1)$$

Donde:

N_{ijkl} = Número de pasadas admisibles para posición del eje k, condición de alabeo i y condiciones de carga j, superior o inferior (I).

σ_{ijkl} = Tensión principal máxima calculada en ISLAB 2000 para posición del eje k, condición de alabeo i, condiciones de carga j, superior o inferior (I).

MOR = Resistencia a la flexo tracción media a los 90 días

C1 = Factor de calibración por geometría y espesor de la losa

C2 = Factor de calibración por uso de fibras estructurales en el hormigón

C3 = Factor por perímetro de carga.

2.1.2 DAÑO POR FATIGA EN UN PUNTO DETERMINADO

$$FD_k = \sum_i \frac{n_{ijk}}{N_{ijk}} \quad (2)$$

Donde:

FD_k = Daño por fatiga para una posición particular en el eje k.

n_{ijk} = Número de pasadas reales para la tensión local (I),

condiciones i, j, k.

N_{ijk} = Número de pasadas permitidas tensión local (I), condiciones i, j, k.

i = condición de alabeo.

j = condición de carga.

k = posición eje.

2.1.3 PORCENTAJE DE LOSAS AGRIETADAS PARA UN 50% DE CONFIABILIDAD

$$\%Crack_{kl} = \frac{1}{1 + FD_{kl}^{-1.98}} \quad (3)$$

Donde:

$\%Crack_{kl}$ = Porcentaje de losas agrietadas con falla ocasionada por posición del eje k.

FD_{kl} = Daño por fatiga en posición eje k, superior e inferior.

2.1.4 CÁLCULO DEL PORCENTAJE DE LOSAS AGRIETADAS TOTALES.

$$\%Tcracks_i = \text{MAX}(\%Cracks_{kl}) \quad (4)$$

2.1.5 CÁLCULO DEL PORCENTAJE DE LOSAS AGRIETADAS TOTALES

$$\%TTcracks_{50} = \%Tcracks_i + \%Tcrackss - \%Tcracksi * \%Tcrackss \quad (5)$$

Donde:

$\%TTcracks_{50}$ = Porcentaje de losas agrietadas totales, 50% confiabilidad.

$\%Tcracksi$ = Porcentaje de losas agrietadas de la superficie.

$\%Tcrackss$ = Porcentaje de losas agrietadas del área interna.

2.1.6 CÁLCULO DE CONFIABILIDAD

$$Se = (5,3116 * TTcracks_{50}^{0.3903}) + 2,99 \quad (6)$$

Donde:

Z_r = Coeficiente estadístico, asociado al nivel de confianza (1 - R) en una curva de distribución normal.

$TTcracks_{50}$ = Porcentaje de losas agrietadas total, 50% de confiabilidad

$TTcracks_m$ = Porcentaje de losas agrietadas totales con m% de confiabilidad

S_e = Desviación normal del error combinado.

El método utiliza la propiedad de resistencia residual que le aporta la fibra al hormigón según la norma ASTM C1609-11, así como también recomienda el uso de fibras sintéticas.

La característica de los pavimentos de hormigón de losa corta, consiste en que el agregado de la base sirva como capa de drenaje con el fin de minimizar el efecto de bombeo, el agregado debe contener menos del 6% de finos que pasen por la malla #200, lo que permite que ante cualquier fenómeno de erosión producto de la presencia de agua, el volumen de la base, no se reduzca y mantenga su capacidad portante.

El pavimento de hormigón de losas cortas requiere de un mayor número de juntas, la metodología indica que no requieren ser selladas, por dicha razón el aserrado de losas se debe realizar en el menor tiempo posible con una hoja de sierra de corte fino y las juntas deben tener un ancho menor a 2.5mm. [1].

La figura 2, muestra la sección construida sin fibras (49-55) y con fibras de refuerzo (56-62) para un espesor de losa de 9 cm sobre una base granular de 15 cm. conformada por arcillas marrones con limo, cuyas características y contenido de humedad fueron de 1 962 kg/m³ y 10.7% respectivamente.

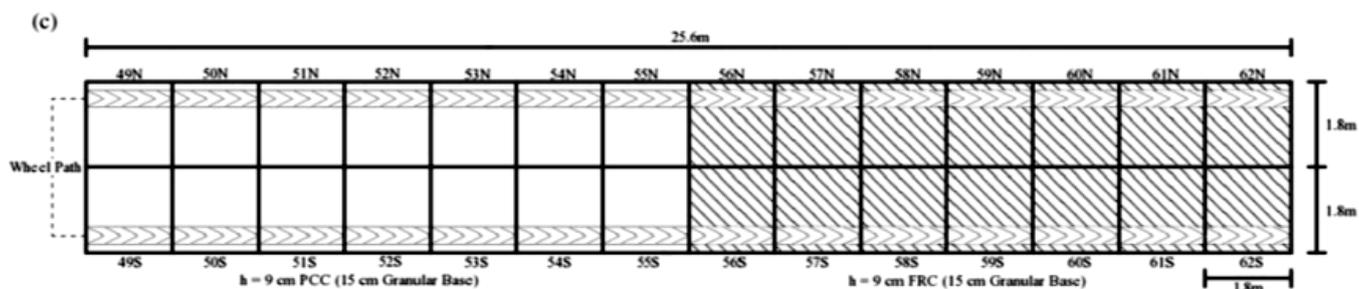


Fig. 2. Sección de ensayo de Pavimento delgado de 9 cm sobre base granular con y sin fibras de refuerzo. Fuente: [4].

En la Figura 3 se observa la sección de las losas, se colocó geotextil no tejido entre la base granular y la subrasante, las losas se construyeron sin barras de transferencia de carga y con juntas sin sello.

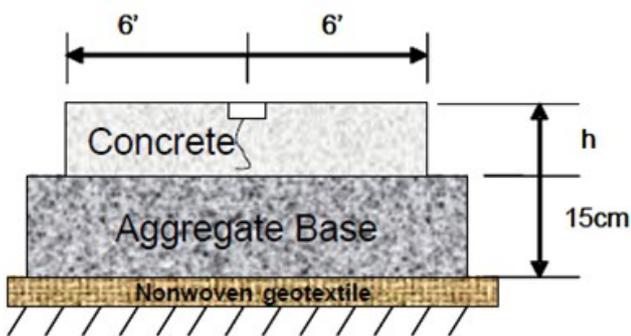


Fig. 3. Sección con espesor variable (h) sobre base granular, separado del terreno natural con geotextil. Fuente: Cervantes & Roesler [7].

El pavimento de hormigón fue diseñado para esfuerzos mínimos de flexión de 6.7 Mpa a los 90 días, la relación agua cemento fue de 0.42, el tamaño máximo de agregado fue de 25 mm. El diseño de mezcla se muestra en la Tabla 1, se adicionó superplastificantes para promover una adecuada mezcla con las fibras sintéticas. El contenido de fibras sintéticas fue de 3.6 kg/m³, que fue calculado en base a la medición del esfuerzo residual de la ASTM C1609-07 [6] y el esfuerzo de flexión del hormigón.

2.2. CALIBRACIÓN DE LA METODOLOGÍA A TRAVÉS DE ENSAYOS A GRAN ESCALA

Para calibrar el diseño de pavimentos de losas cortas o pavimentos de hormigón delgado (TCP) se realizaron pruebas a gran escala por el Departamento de Transporte Avanzado de la Universidad de Illinois y el Laboratorio de Investigación e Ingeniería (ATREL) en Rantoul, Illinois [7], en las que se construyeron 03 secciones de 40 metros de longitud con el fin de evaluar los efectos de espesor, modos de falla y la resistencia a la fatiga de los pavimentos construidos bajo este sistema [5], solo una de estas secciones incorporaba fibras como refuerzo del pavimento.

Material	Cantidad	Ud
Agregado grueso	1128	kg/m ³
Agregado fino	720	kg/m ³
Cemento	250	kg/m ³
Cenizas volantes (Tipo C)	83	kg/m ³
Agua	140	kg/m ³
Fibras STRUX 90/40	3.56	kg/m ³
Superfluidificante Daracem 19 (solo si es necesario)	1006	ml/m ³
Aire incorporado	5 to 8	%

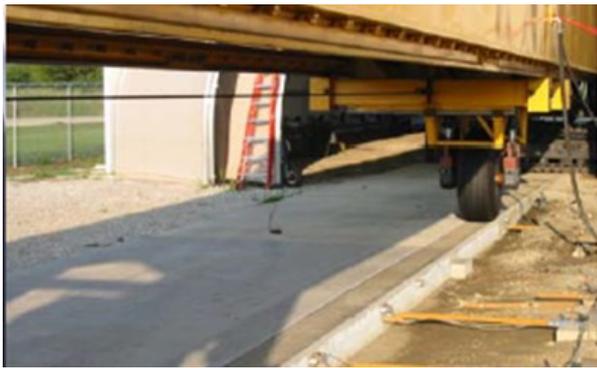
Tabla 1. Diseño de mezcla de pavimento de hormigón.

Para determinar la fatiga y eficiencia de transferencia de carga de las juntas en el pavimento de hormigón de losas cortas, se realizó el ensayo de aceleración de pavimentos (APT), cuyo objetivo era el de sobrecargar la sección de prueba hasta producir la falla de la losa en el menor tiempo posible, para luego equiparar los resultados con los niveles de carga estándar y repeticiones esperadas en pavimentos en servicio.

Fue utilizado el equipo ATLAS como equipo de medición, programado de forma unidireccional, la carga que transmite este equipo es de 36 287 kg al pavimento a través de un ariete hidráulico unido a un carro de ruedas.



(a)



(b)

Fig. 4. (a) y (b) Dispositivo de montaje de carga de transporte acelerado (ATLAS). Fuente: [7].

2.3. RESULTADOS OBTENIDOS

Los resultados obtenidos durante los ensayos realizados se observan en la Tabla 2.

Ejes Equivalentes Acumulados (ESALs)	Grietas en pavimento sin fibra (esquina)	Grietas en pavimento con fibra (esquina)
75,363	0%	0%
192,863	57%	14%
233,923	57%	28%
234,592	100%	

Tabla 2. Resultados de los ensayos.

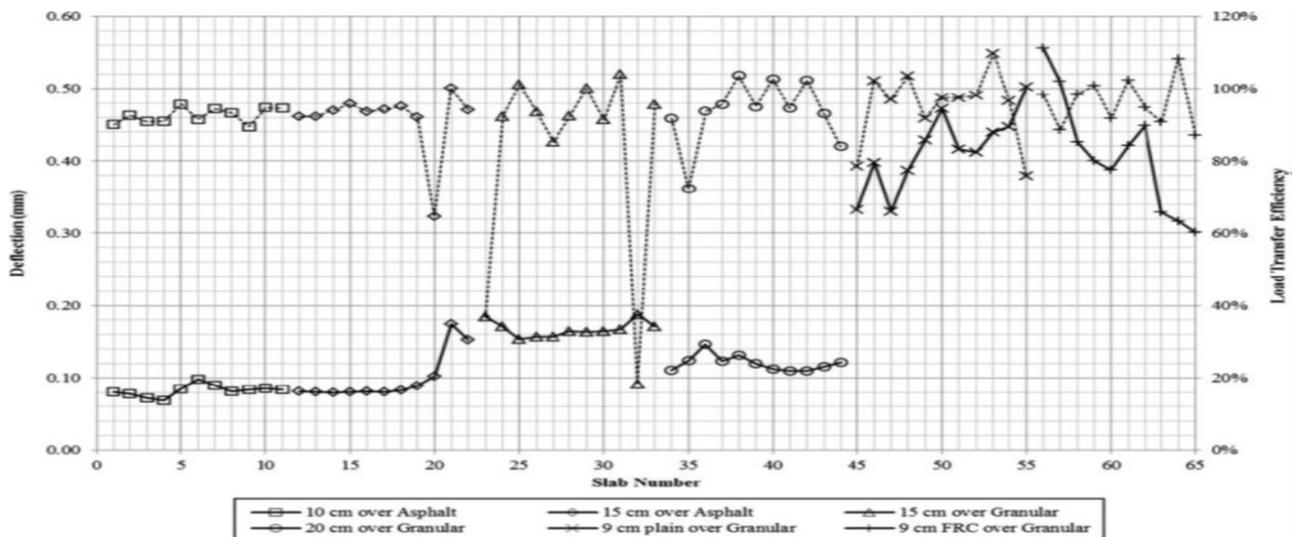


Fig. 6. Deflexiones normalizadas con carga de 40kN en el centro de la losa (línea continua) y eficiencia de transferencia de carga (línea discontinua). Fuente: [4].

Tras la culminación del ensayo, la figura 5 muestra el agrietamiento producto de una carga de tránsito de 234,592 ejes equivalentes, la mayoría de grietas se produjeron en las esquinas de las losas.

Slab 49	50	51	52	53	54	55
Slab 56	57	58	59	60	61	62

Fig. 5. Sección Sur, agrietamiento final después de 234,000.0 ESALs, losas 49—55 de hormigón liso y 56-62 losas de hormigón reforzado con fibras de 9 cm de espesor. Fuente: [4].

Roesler, Cervantes, & Amirkhanian concluyeron que losas de 9 cm. de espesor colocadas en superficies de base granular, sometidas a la acción de cargas aceleradas, pueden soportar una cantidad de hasta 75.000 ejes equivalentes antes de agrietarse, asimismo se demostró que la aplicación de fibra permite que las losas soporten hasta 20 veces más tráfico, brindando mayor vida útil de servicio al pavimento una vez agrietado.

3. EFECTIVIDAD DE LAS JUNTAS EN PAVIMENTOS DE LOSA CORTA

Los agrietamientos en losas cortas con fibra incorporada se deben a los siguientes factores principales:

- ◆ La flexo tracción producida por las acción de las cargas.
- ◆ El alabeo producto de la acción climática.
- ◆ La retracción producto de las variaciones climáticas.

Por tal razón, las juntas son un importante sistema de control del agrietamiento. Las losas a ambos lados de la junta deben trabajar lo más conjuntamente posible para transferir las cargas, eso evita tensiones excesivas en las losas, deflexiones, escalonamientos y asientos diferenciales.

Luego de un mes de la construcción de las losas a gran escala, se midió la deflexión con el deflectómetro de impacto en los tramos de prueba construidos, se comprobó que las deflexiones son menores en las losas con espesores más gruesos (15 - 20 cm) y en las que fueron construidas sobre base tratada con asfalto. Debido a la geometría corta de las losas solo el 52% de juntas presentaban agrietamientos al final del primer mes, así como también se observa que en las juntas de las losas cortas de 9cm (45 y 55) la eficiencia de transferencia de carga (LTE) es mayor al 80%. [4]

Los datos obtenidos del ensayo APT sugieren que las juntas de los pavimentos de losas cortas pueden tener un buen comportamiento sin barras de refuerzo para bajos a medios volúmenes de tráfico. [4]

Salsilli (2015) por su parte reconoce la necesidad de concretar estudios de eficiencia de transferencia de carga (LTE) en juntas de pavimentos de losas cortas, en este tipo de pavimentos la transferencia de carga es influenciada principalmente por la trabazón de los agregados [8].

Se realizaron ensayos en secciones de losas cortas construidas en el Laboratorio Nacional de Carreteras (NHL) de Chile para comprobar la eficiencia de transferencia de carga en pavimento de losas cortas, cuyas características fueron: secciones de losas de 1.8 m, espesor 14 cm, tamaño máximo de agregado 38 mm, base granular (CBR 40%) ensayadas bajo la acción de esfuerzos de tensión de 5MPa. Las deflexiones fueron medidas con deflectómetro (FWD), y las grietas inducidas con fisurómetro y microscopio, posteriormente con la medida de las deflexiones, se realizó el cálculo de la eficiencia de transferencia de carga (LTE).



Fig. 7. Medición del ancho de grieta con microscopio. Fuente: [8].

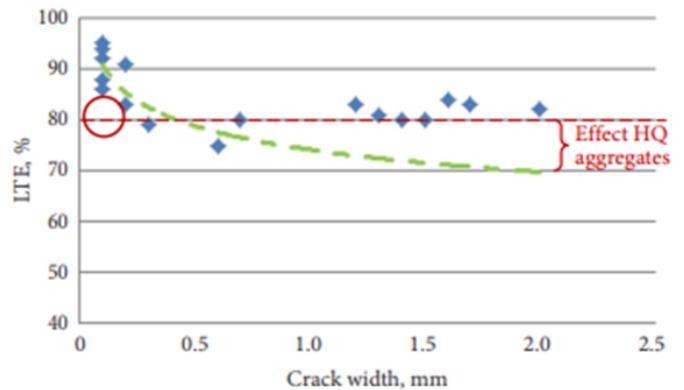


Fig. 8. Resultados de LTE-Ancho de grieta obtenidos de la medición en campo y Efecto de la alta calidad de agregados en la LTE Fuente: [8].

Tras los resultados obtenidos, Pradena & Houben (2018) recomiendan incorporar como input la relación de transferencia de carga y el ancho de grieta por trabazón de agregados al método de diseño mecánico-empírico de pavimentos de losas cortas. Asimismo, concluyen que debido a los pequeños anchos de grieta obtenidos en las juntas, los pavimentos de losas cortas pueden proporcionar una adecuada transferencia de cargas ($\geq 70\%$). La alta calidad de los agregados tiene un papel fundamental en la limitación a nuevas reducciones de LTE cuando el ancho de la grieta aumenta.

4. ESTABILIDAD DEL IRI EN PAVIMENTOS DE LOSA CORTA CON FIBRA INCORPORADA

Debido al alabeo que se produce en las losas producto de la variación climática, muchos investigadores han evaluado los efectos en la comodidad de conducción en relación que produce la curvatura que se genera en el pavimento.

El parámetro utilizado para la medición de la regularidad y comodidad de conducción es el IRI. Si las curvaturas que se generan son muy grandes podrían afectar a la medición del IRI, haciendo que los valores medidos difieran en relación a la hora del día en que fueron medidos.

Los cambios de IRI durante el día afectan a los usuarios de la carretera y producen cambios y confusiones a las agencias encargadas de las mediciones representativas de la rugosidad de la superficie que pueden generar confusiones al tomar decisiones en relación a los trabajos de mantenimiento que requiere la vía.

Mediante el uso del perfilómetro walking profiler, se realizaron mediciones del IRI cada 10m en pavimentos de Chile en diferentes tiempos del día entre la 1:00 pm a 7:00 am y de 4:00 am a 1:00 pm. El diferencial de temperatura durante las mediciones en las losas fue de 30 °C.

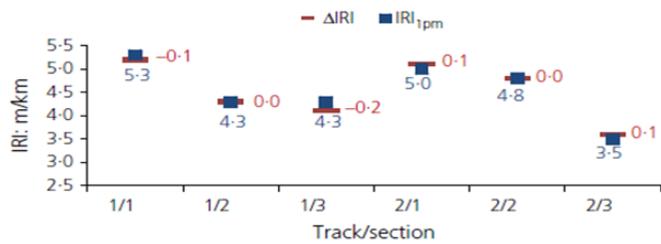


Fig. 9. Medición del IRI en pavimentos de losas cortas con fibras de la Ruta 60-CH, $\Delta IRI_{7am-1pm}$ con fibras. Fuente: [9].

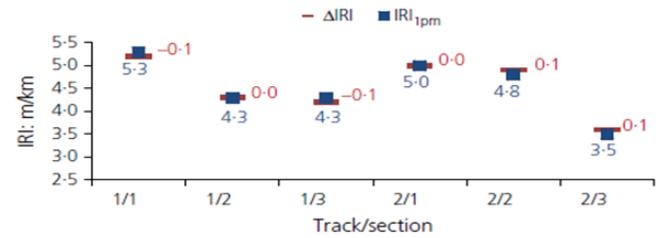


Fig. 10. Medición del IRI en pavimentos de losas cortas con fibras de la Ruta 60-CH, $\Delta IRI_{4am-1pm}$ con fibras. Fuente: [9].

Según los resultados obtenidos, el IRI en pavimentos de losas cortas con fibra incorporada, se mantiene durante todo el día, y su medición en cualquier horario es el IRI representativo. Esta estabilidad provista por las losas cortas probablemente se debe a la reducción de la longitud de la losa que restringe los cambios de curvatura de la losa y al efectivo trabazón de agregados que reduce del ancho de grieta debajo de las juntas [9].

5. APLICACIÓN DE PAVIMENTOS DE HORMIGÓN DE LOSA CORTA

Más de 3, 00, 000.00 m² han sido pavimentados usando la metodología de pavimento de losas cortas en Chile, Perú y Guatemala [1]. La metodología fue aplicada en carreteras, caminos, calles, exteriores de centros de distribución y aparcamientos. Los pavimentos de losa corta con fibra incorporada fueron construidos sobre bases granulares o pavimentos muy deteriorados.

A continuación se muestran algunos ejemplos de vías que fueron pavimentadas bajo la metodología de losa corta con fibra incorporada.

5.1. CAMINOS DE ALTO VOLUMEN DE TRÁNSITO

5.1.1. RUTA CH 60 CAMINO LA PÓLVORA

Como reposición del Pavimento de la Ruta 60-CH, Sector Camino La Pólvora, de 16,420 km de longitud, se consideró la construcción de pavimento de hormigón de losas cortas con fibra incorporada de 23cm de espesor, colocado sobre pavimento asfáltico existente previo un fresado de 1 a 5 cm de espesor de dicho pavimento.

Este tramo posee un alto volumen de tráfico pesado debido a que da acceso directo al Puerto de Valparaíso. El diseño se realizó para una vida útil de 20 años, considerando 189, 000,000 ejes equivalentes. El resultado concluyó en losas de 1.75 m de largo y 1.75 m de ancho con sobre ancho de 20 cm y espesor de 22 cm de hormigón de resistencia. Fecha de construcción año 2016.



Fig. 11. Ruta CH 60 Camino La Pólvora. Fuente: <http://www.tcpavements.cl>.

5.2. CAMINOS DE ALTA MONTAÑA

5.2.1. RUTA N°60. CORDILLERA DE LOS ANDES

En la ruta N°60 que conecta los andes de Chile con Mendoza (Argentina), se observa el estado de la sección (500 m) de pavimento de hormigón de losa corta con fibra incorporada, que fue diseñado para un tráfico de 20, 000,000 ejes equivalentes sobre una base con menos del 5% de agregados finos, se aprecia su buen estado luego de 2 años de servicio. Este tramo se encuentra a alturas cercanas a los 3500 msnm.



Fig. 12. Fotografía de Pavimento de losa corta de 15 cm de espesor con fibra incorporada. Ruta N°60 que conecta los Andes de Chile con Mendoza, Argentina. Fuente: [1].

5.2.2 RUTA 11CH, CHUNGARÁ, CHILE

El proyecto posee la particularidad de que la penetración de la helada es cercana a 1 m de profundidad en el suelo. Por ese motivo, el diseño considera un espesor de pavimento de 19 cm de HRF y una base considerablemente más delgada que la alternativa en asfalto.

5.3. CAMINOS DE BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO

5.3.1 MAHUIDANCHE MISIÓN INGLESA, CHILE

Proyecto ejecutado el año 2012, en la región de Araucanía, como primer pavimento de losa corta ultra delgada (U-TCP) de 9cm de espesor, colocado directamente sobre material granular de 40cm de espesor. La Figura N°13 muestra su estado a los 2 años de servicio.



Fig. 13. Aplicación de la tecnología de Pavimento de Hormigón de losa corta con Fibras. Espesor 8cm, colocado directamente sobre el terreno natural nivelado. Fuente: <http://vialidadytransporte.com>.

5.3.2 RUTA G-84 (CHILE)

En la Ruta G-84 Chile se aplicó el pavimento de losa corta con fibra incorporada con espesor de 10cm, que fue colocado directamente sobre el camino existente que se encontraba compactado por el tráfico que había circulado históricamente.



(a)



(b)

Fig. 14. (a) Estado inicial de la carretera y (b) estado final de la carretera.

6. CONCLUSIONES

Las distintas metodologías de refuerzo para pavimentos existentes, se desarrollaron como capas para la rehabilitación de pavimentos existentes en malas condiciones, hasta ahora solo los pavimentos de losas cortas o pavimentos de hormigón delgado (TCP) pasaron de ser ejecutados como capas de refuerzo, a ser construidos como pavimentos nuevos, colocados directamente sobre bases granulares compactadas con $CBR \geq 50$.

La nueva metodología de construcción de pavimentos de losas cortas con fibra incorporada reduce los costos de construcción debido a su reducido espesor. Además se comprobó que la disminución de la geometría de la losa reduce los efectos de alabeo producto de las condiciones climáticas y la transferencia de carga a través de sus juntas es mayor en comparación con los pavimentos articulados convencionales (JPCPs).

En caso de ser deteriorados son fácil y económicamente fresados y reemplazados por una nueva superficie de hormigón. Este tipo de pavimentos tienen las siguientes ventajas: mayor reflectancia, seguridad ante incendios, reducen el impacto ambiental tras su construcción y poseen una mayor longevidad estructural.

Los pavimentos de losa corta con fibra incorporada mantienen la calidad de rodadura por muchos más años. Tienen para una vida de diseño equivalente, un costo por ciclo de vida más bajo que los pavimentos de asfalto. El beneficio-costado comparado con un pavimento asfáltico es mayor y sus características lo hacen aplicable a vías a nivel internacional.

7. REFERENCIAS

[1] J. P. Covarrubias, "Design of concrete pavement with optimized slab geometry", *Revista Ingeniería de Construcción*, vol. 27(3), pp. 181-197, September 2012.

- [2] J. Vandenbosshe, and A. Fagerness, "Performance, analysis and repair of ultrathin and thin whitetopping at Minnesota Road Research Facility", *Transportation Research Record*, vol. 1809, pp. 191-198, 2002.
- [3] D. Harrington, and G. Fick, "Guide to concrete overlays (third edition)", Iowa National Concrete Pavement Technology Center, pp. 1-145, 2014.
- [4] J. R. Roesler, V. G. Cervantes, and A. N. Amirkhanian, "Accelerated performance testing of concrete pavement with short slabs", *International Journal of Pavement Engineering*, vol. 13(6), pp. 494-507, 2012.
- [5] J. P. Covarrubias, "Procedimiento para la producción de losas de hormigón para la pavimentación de calles urbanas, carreteras o autopistas", *Patente Mundial PCT N°EP2006/064732*, 2012.
- [6] ASTM C1609 / C1609M-12, *Standard test method for flexural performance of fiber-reinforced concrete (using beam with third-point loading)*, ASTM.
- [7] V. Cervantes, J. R. Roesler, "Performance of concrete pavements with optimized slab geometry", University of Illinois, Illinois, Estados Unidos, *Research Report ICT-09-053*, 2009.
- [8] M. Pradena, and L. Houben, "Load transfer-crack width relation of non-dowelled jointed plain concrete short slabs", *Baltic Journal of Road and Bridge Engineering*, vol. 10(1), pp. 40-45, 2018.
- [9] M. Pradena, and L. Houben, "Ride quality stability of jointed plain-concrete road pavements with short slabs", *Proceedings of the Institution of Civil Engineers – Transport*, vol. 171(3), pp. 166-173, 2018.

WHAT DO YOU THINK?

To discuss this paper, please submit up to 500 words to the editor at bm.edificacion@upm.es. Your contribution will be forwarded to the author(s) for a reply and, if considered appropriate by the editorial panel, will be published as a discussion in a future issue of the journal.