

## UTILIZACIÓN DE CAPAS DELGADAS DE HRF PARA MANTENIMIENTO DE RUTINA DE AUTOPISTAS

Monetti Diego H.

Departamento de Construcciones, Facultad de Ingeniería, U.N.L.P., calle 115 e/47 y 48, (CP1900) La Plata, Argentina, [dmonetti@ing.unlp.edu.ar](mailto:dmonetti@ing.unlp.edu.ar)

**Palabras Claves:** HRF, pavimentos, overlays.

### Resumen

Los costos de reparación y mantenimiento de los pavimentos pueden ser muy importantes. El empleo de HRF en capas de refuerzo representa una solución competitiva. Continuando con la línea de investigación desarrollada en los últimos años en el marco del Proyecto de incentivos a la investigación “Empleo de fibras en hormigones y otros compuestos para construcción y reparación de obras de infraestructura sustentables” Código I244, en este trabajo se analizan las posibilidades de empleo de capas delgadas de HRF en el mantenimiento de autopistas en nuestro país. Luego de brindar un marco de referencia del tema vinculado a la degradación de las calzadas de rodamiento de pavimentos flexibles, se presentan sintéticamente los principales aspectos del comportamiento mecánico y algunos antecedentes en el empleo de HRF para la realización de capas de refuerzo, para finalmente analizar el caso particular de la AU Riccheri, AU Jorge Newbery y AU Ezeiza-Cañuelas. En base al tránsito circulante y los antecedentes de reparaciones efectuadas, se plantean las ventajas que derivarían de la aplicación de la tecnología Whitetopping con HRF para esta y otras condiciones similares.

### Introducción

Más allá de la metodología de diseño elegida, la calzada de rodamiento de rutas y autopistas se define considerando: las características del material a utilizar, las repeticiones de cargas por eje previstas a circular en su vida útil y las características de las capas subyacentes.

Una de las primeras y mayores experiencias desarrolladas para el estudio del comportamiento de los pavimentos bajo cargas de tránsito fue el AASHO Road test [1]. En el mismo se adoptó el término de Serviciabilidad Presente para indicar la capacidad de un pavimento en un determinado momento, para servir al tránsito. El desempeño de dicho pavimento fue representado por su historia de serviciabilidad junto con la de aplicación de cargas. La serviciabilidad de cada sección fue determinada en base a la rugosidad longitudinal y transversal, así como la extensión de las fisuras y baches. Estos parámetros han sido adoptados por la gran mayoría de los métodos de evaluación del deterioro, sumándose posteriormente las cuestiones correspondientes a la pérdida de fricción superficial, y para la definición de intervenciones mayores, se incorporaron metodologías tendientes a determinar la vida útil remanente de la estructura de pavimento, que para los pavimentos flexibles consisten mayormente en estudios de fatiga sobre testigos (en laboratorio), y la medición de deflexiones tanto en forma estática como dinámica [2].

Considerando los pavimentos flexibles actuales, los aspectos que determinan el mantenimiento de rutina siguen siendo los mismos: deterioros de la superficie (desprendimientos, exudación de ligante, pérdida de rugosidad) y deterioros de la estructura (ahuellamiento, deformaciones longitudinales, hundimientos, fisuración, desprendimientos y baches) [3-5]. En el caso particular de los pavimentos construidos en base a mezclas asfálticas, es de particular importancia la velocidad de circulación y las variaciones de la misma, siendo el caso más desfavorable el correspondiente a velocidades muy bajas o nulas

como sería un estacionamiento, y potenciándose también las deformaciones en sectores de cambio brusco de velocidad frecuente (frenado y aceleración).

Como contrapartida, el pavimento flexible brinda mayor confort para circular, permite una rápida liberación al tránsito luego de su ejecución y/o reparación, y permite reparaciones puntuales de escasa extensión sin mayores perjuicios.

Algunos de los factores mencionados, sumados a condicionantes económicos que se han dado en determinados momentos históricos en los cuales los costos de implementación de pavimentos flexibles eran menores a los del hormigón, así como la mayor especialización de algunas empresas constructoras en este tipo de pavimentos, favorecieron el desarrollo masivo de los pavimentos flexibles en la Argentina.

La evolución tecnológica de los materiales por un lado y el crecimiento poblacional, industrial y del parque automotor por otro, generaron cambios significativos en la dinámica de uso de las carreteras con los consiguientes efectos sobre sus capas de rodamiento. Tal es el caso de las autopistas de acceso a la ciudad de Buenos Aires, que progresivamente han ido incrementando su tránsito, y al mismo tiempo han aumentado las cargas por eje de los camiones circulantes y se han reducido en muchos casos las velocidades a causa de la congestión producto del incremento del volumen de vehículos circulantes.

Estos factores han cambiado en muchos lugares el comportamiento y la vida útil esperable de la carpeta de rodamiento, a raíz de una más rápida generación de ahuellamiento, fisuras y exudación con la consiguiente pérdida de rugosidad friccional de suma importancia para la seguridad vial. En este punto es donde la evaluación de la utilización de un material diferente para la reparación o recuperación de las condiciones de circulación de la calzada de rodamiento, se vuelve un punto de interés y digno al menos de un análisis particular.

Las experiencias de empleo de overlays de hormigón demuestran que se logra mantener un buen nivel de servicio durante un tiempo muy superior, lo cual conlleva a que puedan reducirse los costos totales (construcción + conservación) al alargarse hasta el doble y el triple los ciclos inter reparatorios [15].

### **Antecedentes en caracterización y comportamiento de capas de refuerzo de hormigón**

La tecnología de overlays (sobre capas) de hormigón o Whitetopping (WT) consiste en la aplicación de una losa de hormigón de cemento portland, superpuesta en la parte superior del pavimento asfáltico existente. Se distinguen tres tipos de Whitetopping, el convencional, el delgado y el ultra delgado que se diferencian por sus espesores, pudiendo ser superior a 15 cm, de 10 a 15 cm y de 5 a 10 cm respectivamente para cada clase. En la actualidad se recomienda el uso de hormigón reforzado con fibras (HRF) [6]. Bordelon y Roesler [7] desarrollaron un método de diseño para Ultra Thin Whitetopping (UTW) donde se aprecia significativamente la contribución de las fibras.

De una experiencia realizada en Argentina en el 2002 [8], en el cual se utilizó la técnica del UTW, se concluyó que el costo de ejecución de un UTW es similar al costo de un trabajo de fresado y reposición de carpeta asfáltica en igual espesor de trabajo. Es decir que el costo de ejecución de un UTW de 10 cm se equipara al costo de 2 reparaciones de fresado y restitución de carpeta asfáltica de 5 cm de espesor.

El espesor de la capa de hormigón está fuertemente ligado a la previsión o no de adherencia con el asfalto subyacente, ya que si existe completa adherencia el hormigón trabaja mayormente a compresión y en caso de no haberla lo hace a flexión. Por ende, si hay adherencia disminuyen significativamente las tensiones de tracción que se generan en la parte inferior de la losa, incrementando la capacidad estructural del pavimento.

Según Turatsinze et al. [9], las principales causas que producen pérdida de adherencia son: cargas mecánicas externas y los cambios de longitud entre el sustrato y la capa de refuerzo superior. En ambos mecanismos, la pérdida de adherencia comienza en las discontinuidades del refuerzo, los bordes, fisuras y juntas. Bajo el paso de las cargas existe un momento en el cual el refuerzo de hormigón se ve sometido a esfuerzos de tracción en la parte superior, los cuales, en coincidencia con una fisura o junta y debido a la diferente respuesta que ofrecen el overlay de hormigón y el sustrato de concreto asfáltico, favorecen el despegue entre capas y, debido al efecto cíclico de las cargas, dicha fisura en la interfaz progresa en el tiempo [6].



Figura 1 – Principales causas de pérdida de adherencia

Las fisuras en la interfaz se distinguen como el punto de mayor vulnerabilidad para el desempeño de los overlays diseñados como adheridos y, según los estudios efectuados en overlays de hormigón sobre hormigón por Makara et al. [10], se ven condicionados por el tipo de mezcla utilizada (contracción y rigidez) y por el estado del sustrato.

Turatsinze y Tran [11-12], por su parte, analizaron el uso de overlay de HRF sobre sustratos de hormigón simple y vigas de acero con similares conclusiones: (a) los mecanismos de intertrabado gobiernan la fisuración de la capa superior de refuerzo y la propagación de fisuras en la interfaz, (b) la contracción por secado afecta el inicio de la fisuración y el rango de propagación en la capa de refuerzo que reduce su durabilidad y (c) una menor rigidez y mayor resistencia de la sobrecapa mejora la adherencia y durabilidad de la interfaz.

Tayeh et al. [13] muestran la importancia de una preparación óptima de la interfaz para obtener un mejor trabajo conjunto del paquete estructural. No obstante, Perez et al. [14] indican que una mejora en la rugosidad y adherencia entre la sobrecapa y el sustrato no siempre garantizan una repuesta monolítica del compuesto.

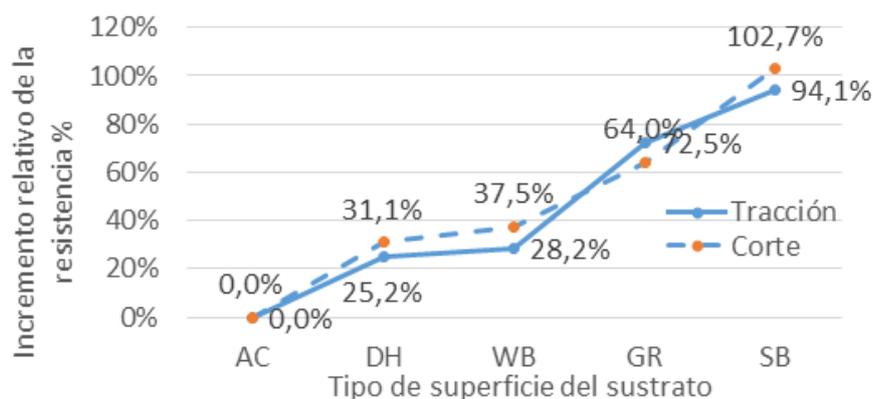


Figura 2 – Incremento relativo de las resistencias de la interfaz al cizallamiento y a la tracción según la preparación de la superficie: sin rugosidad (AC), arenado (SB), cepillado con alambre (WB), taladrado (DH) y con ranuras (GR) [13]

Para que sea viable la rehabilitación de una vía mediante la técnica de Whitetopping, ésta debe cumplir con ciertas condiciones [15]: a) el deterioro de la carpeta asfáltica existente debe

ser superficial, esto quiere decir, que no tenga una afectación evidente en el resto de su estructura, b) el espesor del asfalto existente después del fresado debe ser superior a 7,5 cm.

### Análisis de caso local

Buscando demostrar la viabilidad de uso de las capas de refuerzo de HRF en la Argentina y la conveniencia de evaluación de su uso, se presenta un análisis efectuado sobre un tramo de autopista representativo de los sectores de alto tránsito de la red vial argentina. El tramo elegido corresponde al acceso desde la zona sur a la Ciudad de Buenos Aires: AU Ezeiza-Cañuelas, Au Jorge Newbery y Au Riccheri. En la Tabla 1 se indican las toneladas de concreto asfáltico colocadas en las AU Riccheri, J. Newbery y Ezeiza Cañuelas en los años 2018 a 2020, en carácter de repavimentaciones principalmente del carril lento a fin de corregir el deterioro provocado por el tránsito (ahuellamiento y fisuración en mayor medida).

Tabla 1 – Toneladas de mezcla asfáltica colocadas por año (conservación)

Año	Tn
2018	8207
2019	21797
2020	5162
Total	35166

Considerando una densidad del concreto asfáltico de aproximadamente 2,4 tn/m<sup>3</sup>, el ancho medio de reemplazo fue de 4 m y el espesor promedio de 0,05 m, se desprende que el promedio de reemplazo anual es de 73,3 km de calzada. Este valor analizado sobre la longitud total del carril lento de este corredor (100,6 km) implica la repavimentación de un 73% al año. Asumiendo que en realidad un 20% se utiliza en la reparación de otros carriles, el análisis anterior daría como resultado un 58% anual, o lo que es equivalente, una vida útil de la calzada con este tipo de intervenciones menor a dos años para el carril sometido a las cargas pesadas. En este esquema, la alternativa de overlay a plantear debería ser tal que la vida útil superara holgadamente los dos años.

Aplicando el software propuesto por la American Concrete Pavements Association [16] para el cálculo de ejes máximos que podría resistir un UTW, se obtuvo un total de 3. 914.000 camiones en el carril de diseño.

Analizando el tránsito circulante por la AU Riccheri, AU Jorge Newbery y la AU Ezeiza – Cañuelas presentado en la Tabla 2 y aplicando los factores de carril (0,6 o 0,8) adoptados en estudios de repavimentación de la zona acorde a los recomendados por el método AASHTO 93 [17] para calzadas de dos y tres carriles por sentido, se obtiene un volumen diario máximo de camiones a prever en el carril de diseño inferior a los 2.900, lo cual implicaría una vida útil de la intervención mediante UTW que superaría holgadamente los 3 años.

Tabla 2 – Datos de tránsito año 2019 [18]

	TMDA (año 2019)	Autos, camionetas, combis, ómnibus de corta distancia y camiones sin acoplado	Ómnibus -camiones con acoplado y semi remolque	Distribución por sentido
AU Riccheri	140.886	93,9	6,1	56/44
AU Jorge Newbery	65.736	91,9	8,1	34/64
AU Ezeiza-Cañuelas	36.600	92,6	7,4	

## Discusión

A partir del análisis conjunto de los antecedentes recopilados y los resultados obtenidos en la evaluación del caso local, se observa la viabilidad de aplicación de capas de HRF como refuerzo de pavimentos en reemplazo de las intervenciones mediante concreto asfáltico que se aplican habitualmente en la Argentina, habilitando esta técnica como una opción más a tener en cuenta al evaluar el reacondicionamiento de calzadas. Esto cobra particular importancia en aquellos sectores en los que se detectan deterioros más frecuentes que la media a causa, entre otras tantas circunstancias posibles, de derrames de combustible (zonas de curvas sobre todo en sectores de colectoras o calles urbanas con circulación de ómnibus), mayor incidencia del ahuellamiento por reducción de velocidades y cuestiones similares en las cuales el HRF presente mejor comportamiento que las mezclas asfálticas.

Algunas de las principales ventajas de la tecnología Whitetopping se centran en la mayor rigidez del hormigón [15], la cual permite mejor distribución de las cargas de tránsito y evita el ahuellamiento y las ondulaciones más allá del tiempo de permanencia de la carga, lo cual además deriva en un mejor drenaje y reducción de espray. Por otro lado, su inalterabilidad ante combustibles y lubricantes los hace especialmente confiables en zonas con derrames frecuentes (curvas, zonas de detención o estacionamientos). Finalmente, la utilización de HRF en vez de hormigón convencional aporta una mucho mayor tenacidad y resistencia al impacto.

## Conclusiones

La utilización de capas de refuerzo de HRF se presenta como una alternativa competitiva desde el punto de vista técnico y económico, respecto a las tareas de repavimentación parcial y bacheos extendidos con concreto asfáltico utilizados habitualmente para la conservación de las condiciones de servicio de rutas y autopistas en la Argentina y gran parte del mundo.

Las capas de refuerzo de HRF presentan particular ventaja en los sectores en los cuales el ahuellamiento es el principal factor de deterioro, ya que la rigidez propia del material elimina las deformaciones permanentes localizadas tanto en la misma capa como en las capas subyacentes por una mayor distribución de los esfuerzos. Esta problemática se ajusta fuertemente al caso local analizado y se ve reproducida en gran parte de la Red Vial Nacional, por lo cual sería recomendable el análisis del eventual uso de capas de refuerzo de HRF al evaluar las tareas de mantenimiento en sectores de deterioro frecuente donde la principal causa sea el ahuellamiento y la intervención se prevea en un sector extenso.

## Referencias

- [1] The AASHO Road Test Report 7, Summary Report, HIGHWAY RESEARCH BOARD of the NAS-NRC Division of Engineering and Industrial Research, Special Report 61G, Publication No. 1061, National Academy of Sciences-National Research Council, Washington, D.C., (1962).
- [2] Pengfei Liu, Frédéric Otto, Dawei Wang, Markus Oeser, Henning Balck, Measurement and evaluation on deterioration of asphalt pavements by geophones, Measurement, Volume 109, 2017, Pages 223-232, ISSN 0263-2241, <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2017.05.066>.  
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0263224117303743>)
- [3] M5.1. Catálogo de deterioros de pavimentos flexibles, Consejo de Directores de Carreteras de Iberia e Iberoamérica, Colección de Documentos, Volumen nº 11, 2002
- [4] Pliego de Especificaciones Técnicas Generales - Corredores Viales S.A. - Tramos VII, VIII, IX y X, [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/petg\\_cvsa\\_tramos\\_vii\\_viii\\_ix\\_x.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/petg_cvsa_tramos_vii_viii_ix_x.pdf)

[5] Sharad.S.Adlinge, Prof.A.K.Gupta, Pavement Deterioration and its Causes, IOSR Journal of Mechanical & Civil Engineering (IOSR-JMCE) ISSN: 2278-1684, PP: 09-15 [www.iosrjournals.org](http://www.iosrjournals.org)

[6] Evaluación de la respuesta mecánica de overlays de Hormigón con fibras sobre sustrato de concreto Asfáltico, F. Morea, M.C. Torrijos, G. Giaccio, R. Zerbino, Ciencia y Tecnología de los Materiales, Revista N° 3, 2013, pp 19 -31.

[7] Bordelon, A. C., Roesler, J. R., Design with Fiber-Reinforcement for Thin Concrete Overlays Bonded to Asphalt, (2011), ASCE Journal of Transportation Engineering, 2012, 138:430-435.

[8] Fava C., Fornasier G., Schvartzer F.y Zitzer L., Recubrimientos Ultradelgados de Hormigón: Aplicación en Pavimentación Urbana, Revista Hormigonar de la Asociación Argentina de Hormigón Elaborado, Edición N°1, Buenos Aires, 2003, 12-17.

[9] Turatsinze et al., Bonded cement-based material overlays for the repair, the lining or the strengthening of slabs pavements, Chapter 6 Debonding, RILEM State of the Art Reports, 2011

[10] Makara Rith, Young Kyu Kim, Seung Woo Lee, Jun Young Park b, Seung Hwan Han, Analysis of in situ bond strength of bonded concrete overlay, Construction and Building Materials 111 (2016) 111–118

[11] Turatsinze, A., Granju, J.L., Sabathier, V. et al., Durability of bonded cement-based overlays: effect of metal fibre reinforcement, Mat. Struct. 38, 321–327 (2005). <https://doi.org/10.1007/BF02479297>

[12] Tran QT, Toumi A, Turatsinze A. Mater Struct, Modelling of debonding between old concrete and overlay: fatigue loading and delayed effects, 2007;40:1045–59.

[13] Tayeh BA, Abu Bakar BH, Megat Johari MA, Characterization of the interfacial bond between old concrete substrate and ultra high performance fiber concrete repair composite, Materials and Structures DOI 10.1617/s11527-012-9931-1, 2013;46(5):743–53.

[14] Perez F., Bissonnette B. y Gagne R., Parameters affecting the debonding risk of bonded overlays used on reinforced concrete slab subjected to flexural loading, Materials and Structures 42, (2009),645–662.

[15] Luna Castro M., García Depestre R., Orta Amaro P., Aplicación de la tecnología whitetopping en un tramo de la carretera: circuito sur - Topes de Collantes, Revista de Arquitectura e Ingeniería, vol. 13, núm. 3, Empresa de Proyectos de Arquitectura e Ingeniería de Matanzas, 2019

[16] ACPA, “Load - Carrying Capacity Calculator of UTW”, <http://www.pavement.com/>,2003

[17] AASHTO Guide for Design of Pavement Structures, American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington, D.C., 1993

[18] <https://www.argentina.gob.ar/obras-publicas/vialidad-nacional/institucional/informacion-publica/tmda>