

Diseño del *whitetopping* de Ruta 5 en Uruguay

Ingeniero Edgardo Becker
Gerente de Desarrollo y Servicios Técnicos, Loma Negra



↑ El *whitetopping* (WT) es una técnica de refuerzo estructural de pavimentos asfálticos existentes mediante la construcción de una capa de concreto por encima.
CORTESÍA EDGARDO BECKER

Introducción

Se conoce como *whitetopping* (WT) una técnica de refuerzo estructural de pavimentos asfálticos existentes mediante la construcción de una capa de concreto por encima. Si bien existen varias alternativas de *whitetopping* en función del estado del pavimento existente y, además, de los requerimientos estructurales y expectativas de vida útil de la solución, en mi experiencia la técnica resulta especialmente eficiente cuando el pavimento asfáltico y su estructura presentan adecuadas condiciones para que la capa de concreto de refuerzo trabaje de forma adherida, permitiendo aprovechar el trabajo conjunto de las capas de ambos materiales.

En particular, cuanto mayor sea el espesor remanente de la capa asfáltica existente y en mejor estado se encuentre, más eficiente resultará la solución, ya que al ser sometido a flexión ante la carga de rueda de los vehículos –aun con espesores relativamente delgados de capa de concreto– el eje neutro tenderá a una posición

en que las tensiones de tracción en la losa de concreto resulten relativamente bajas y, en consecuencia, la vida del pavimento en buen estado de servicio tenderá a prolongarse en forma considerable.

Este concepto viene siendo aprovechado de una manera muy eficiente en algunos tramos de rutas en Uruguay donde, por razones de considerable incremento del tránsito a partir de la implantación de algunas industrias, resultó necesario reforzar los pavimentos. En particular, hace ya más de una década fueron reforzados un par de tramos de la Ruta 24 y hace unos 4 o 5 años se reforzó un tramo de la Ruta 3.

En la actualidad, ante la inminente puesta en marcha de la planta de celulosa UPM en Paso de los Toros, se está realizando una duplicación de la Ruta 5 que implica la construcción de una nueva calzada de concreto que llevará el tránsito en un sentido. La ruta actual, que llevará el tránsito en sentido contrario, será reforzada con una capa adherida de concreto (*whitetopping*) de manera conceptualmente similar a los refuerzos realizados hace unos años sobre las rutas 24 y 3.

↓ Ubicación del proyecto de duplicación de calzada de ruta 5 que incluye el WT sobre la calzada asfáltica existente entre los km 100+500 a 133+300.
CORTESÍA EDGARDO BECKER



¿Por qué usar *whitetopping*?

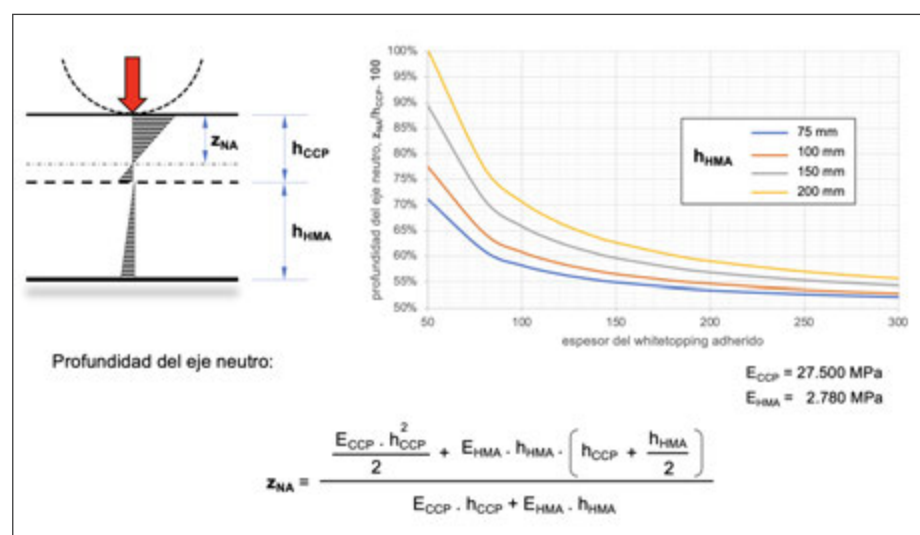
Entendiendo que cada proyecto merece ser estudiado y evaluado de forma profesional ya que, más allá de conceptos generales, cada ruta y, en particular, cada tramo de ruta presenta singularidades, por lo cual la decisión final de lo más conveniente dependerá del estado del pavimento existente, las expectativas de crecimiento del tránsito, la influencia del clima y, por supuesto, las condiciones de contexto. Estas se relacionan básicamente con la disponibilidad de materiales y su competitividad, la infraestructura disponible, el contexto socio-económico del país, la capacidad técnica de los contratistas y la expectativa frente al nivel de servicio del pavimento y su mantenimiento en el tiempo.

Desde mi humilde visión como diseñador de la solución técnica, opino que en el proyecto de la Ruta 5 se dan las condiciones para que se imponga la solución de *whitetopping* como la más adecuada ya que, por el lado de competitividad de materiales, el cemento Portland es de producción totalmente nacional, mientras que el asfalto requiere la importación de petróleo. Además, el diseño de la solución de *whitetopping* prevé el mantenimiento de un adecuado nivel de servicio del pavimento durante mayor tiempo y a un costo relativamente bajo, respecto de otras alternativas.

Por otro lado, a diferencia de otros países latinoamericanos, en Uruguay existe experiencia de más de una década en esta técnica de reforzamiento de pavimentos, por lo cual se considera que la solución es confiable y, consecuentemente, se quita el riesgo de la ecuación a la hora de decidir.

↓ Determinación de la profundidad del eje neutro en función de los espesores y módulo de elasticidad de las capas de concreto y asfalto.

CÁLCULO REALIZADO A PARTIR DE LA ECUACIÓN TOMADA DE LI, Z., DUFALLA, N., MU, F. & VANDENBOSSCHE, J., 2013. "BCOA-ME. BONDED CONCRETE OVERLAY OF ASPHALT PAVEMENTS MECHANISTIC-EMPIRICAL DESIGN GUIDE". FHWA POOLED FUND PROJECT: TPF-5-165.



En ese sentido, resulta interesante tener esta experiencia en la región ya que, por un lado, fue desarrollada en un contexto tecnológico similar al de otros países y, por el otro, hay un medio accesible de intercomunicación entre personas e instituciones que, de alguna manera, permite aprovechar la experiencia como propia aun fuera de Uruguay.

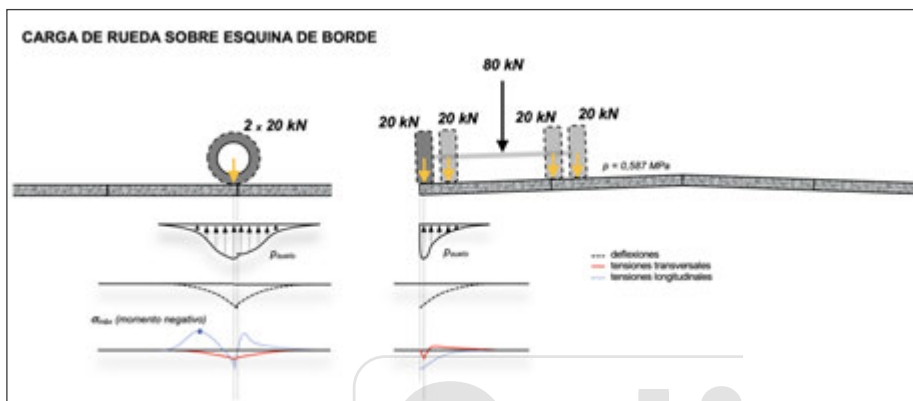
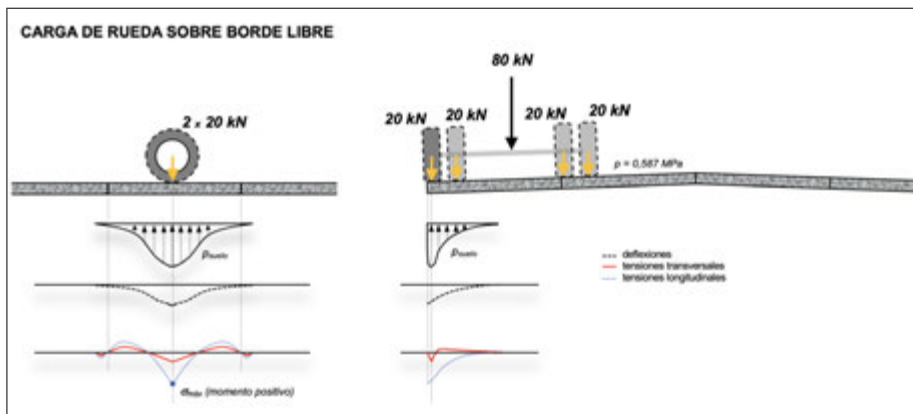
Algunos aspectos técnicos relativos al diseño

La técnica de refuerzo con *whitetopping* no es nueva y sabemos que en EE. UU. hay experiencia suficientemente documentada en casi todos los Estados, por lo que existe evidencia de comportamiento de los pavimentos en una muy amplia variedad de climas, como también de materiales (sobre todo de los distintos tipos de agregados disponibles en cada región) que ayudan a los diseñadores a dimensionar las soluciones.

En este aspecto, actualmente se dispone de una serie de softwares y herramientas de cálculo que permiten a un ingeniero especializado realizar los diseños. En particular, hay métodos empíricos, mecanicistas y empírico-mecanicistas que permiten dimensionar los espesores de las capas de refuerzo y los patrones de juntas en función de las características del pavimento asfáltico existente, del tránsito previsto, de la vida útil deseada y las condiciones de exposición relacionadas con el clima. No obstante, estas herramientas no reemplazan el criterio del ingeniero: son, más bien, una ayuda que le permite hacer un análisis de tipo iterativo para determinar la influencia de las distintas variables en el resultado, a fin de evaluar los riesgos y optimizar las especificaciones considerando el uso de los materiales disponibles localmente. Por otro lado, también es necesario entender que los softwares tienen limitaciones y, por lo tanto, entenderlas es parte del trabajo del especialista a fin de evitar resultados incoherentes y/o inconsistentes.

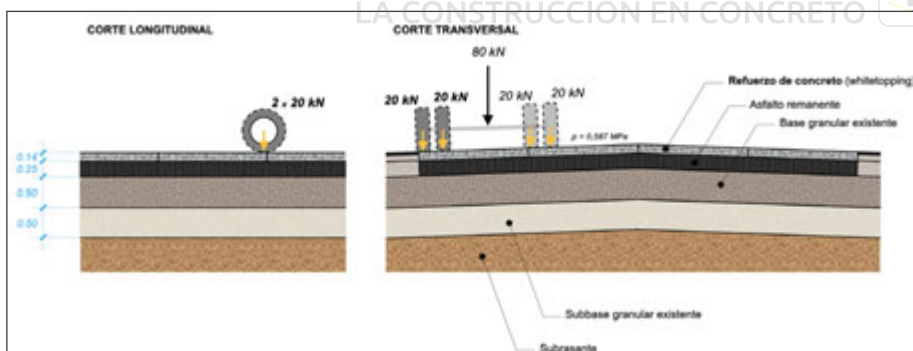
Respecto al criterio profesional, por poner un ejemplo, es importante entender que, si no se dispone de cierto espesor útil de pavimento asfáltico, de nada servirán nuestros esfuerzos por lograr una buena adherencia entre materiales, ya que el eje neutro bajará muy poco haciendo que la capa de concreto trabaje prácticamente de manera independiente, es decir, como un pavimento "no adherido". También resulta válido el caso contrario: si el pavimento asfáltico existente presenta un interesante espesor y, además, está en buen estado solo trabajará como un *whitetopping* "adherido" si se ejecuta un buen trabajo en obra que asegure esta condición.

En cuanto a las cargas de tránsito, es habitual establecerlas en términos de ESALs (*equivalent single axle load*) o, para que se entienda mejor, ejes simples



↑ Influencia de la ubicación de la carga sobre las tensiones y deformaciones de una losa de pavimento de concreto convencional. En este caso, habitualmente las mayores tensiones se producen a partir del momento flector positivo que produce la carga de borde.

CORTESÍA EDGARDO BECKER



↑ En el caso del WT adherido, habitualmente las mayores tensiones de tracción se producen por efecto del momento negativo cuando la carga de rueda está aplicada sobre una esquina de borde.

CORTESÍA EDGARDO BECKER

equivalentes de 80 kN acumulados en determinado periodo de tiempo, pero difícilmente se disponga de información respecto de la distribución horaria del lapso. Esto parece a primera vista un detalle menor, pero en realidad no lo es, ya que resulta fundamental establecer las tensiones máximas que se producen en la losa por efecto combinado de carga y alabeo, siendo estas últimas, en algunos casos, de magnitud considerable por lo que terminan definiendo gran parte del dimensionado.

En particular, es habitual considerar que las mayores tensiones en las losas de pavimentos de concreto se producen en los bordes libres, pero, para el caso del *whitetopping*, suelen producirse en las esquinas de borde libre, por lo cual los efectos del alabeo cóncavo tienden a maximizarse al amanecer cuando la temperatura ambiente suele ser la mínima del día. Por lo mismo, el tránsito pesado que circula sobre el carril “pesado” de una ruta o autopista provoca las mayores tensiones y, consecuentemente, los máximos consumos de fatiga en la losa de pavimento de concreto. Por el contrario, alrededor del mediodía las tensiones de alabeo se minimizan y por la tarde, ante el efecto acumulado de temperatura ambiente y el asoleamiento, se producen alabeos convexos que, en términos de tensiones, generan efecto contrario al de la mañana, por lo cual tienden a minimizar las tensiones compuestas (carga + alabeo).

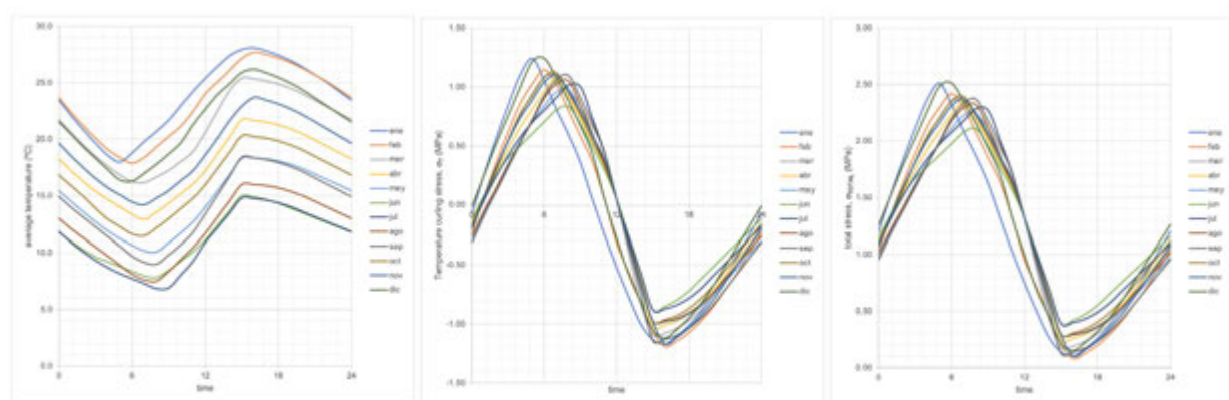
En cuanto a la vida útil de este tipo de opciones, originalmente los diseños limitaban la solución de WT adherido a unos pocos millones de ESALs, por lo cual se preveía que esta técnica sólo aplicaba a tránsitos diarios relativamente bajos o vidas en servicio relativamente cortas (generalmente menores a 10 años). Sin embargo, el estado actual del conocimiento hace posible diseñar recapados de WT adherido con vidas útiles mayores de 20 años para tránsitos acumulados mayores de 50 millones de ESALs, manteniendo un muy buen nivel de servicio.

Consideraciones finales

Como ya mencioné, cada proyecto merece ser estudiado en profundidad a fin de establecer la mejor solución a la necesidad técnica del pavimento propiamente dicho y considerando el contexto que rodea al caso, de manera que la solución debe considerar todos los condicionantes para tomar la mejor decisión.

↓ Colocación de *whitetopping* en la Ruta 3 en Uruguay.
CORTESÍA EDGARDO BECKER





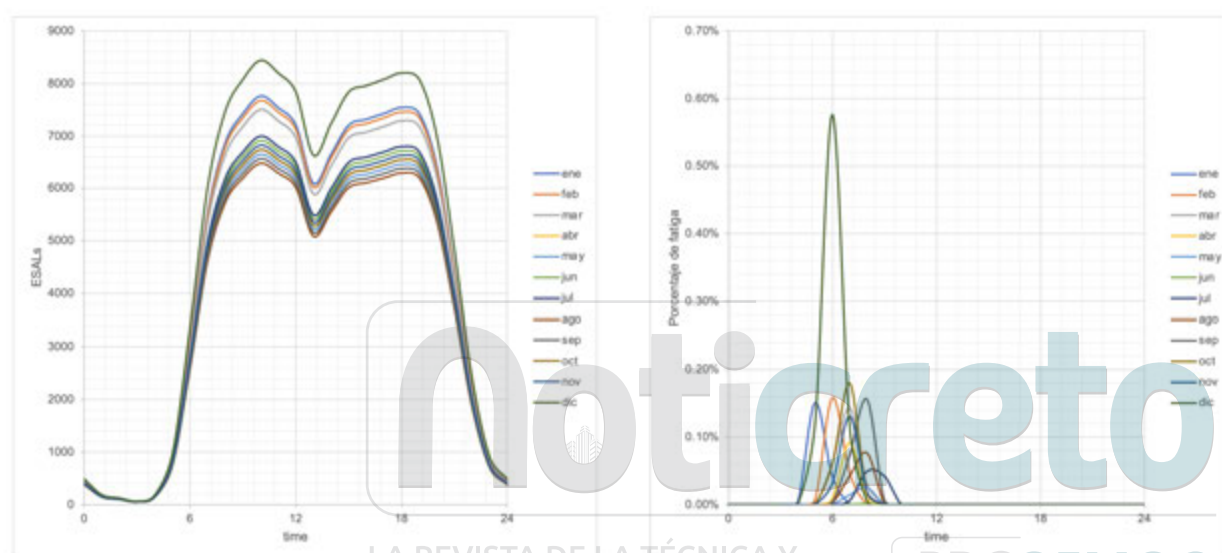
a) Evolución diaria de temperatura promedio mensual

b) Evolución diaria de tensiones de alabeo

c) Evolución diaria de tensiones totales (carga de rueda + alabeo)

◀ Influencia de la variación diaria de temperatura sobre la evolución de las tensiones de alabeo. Nótese que las máximas tensiones de tracción se producen al amanecer cuando la temperatura diaria es mínima.

CORTESÍA EDGARDO BECKER

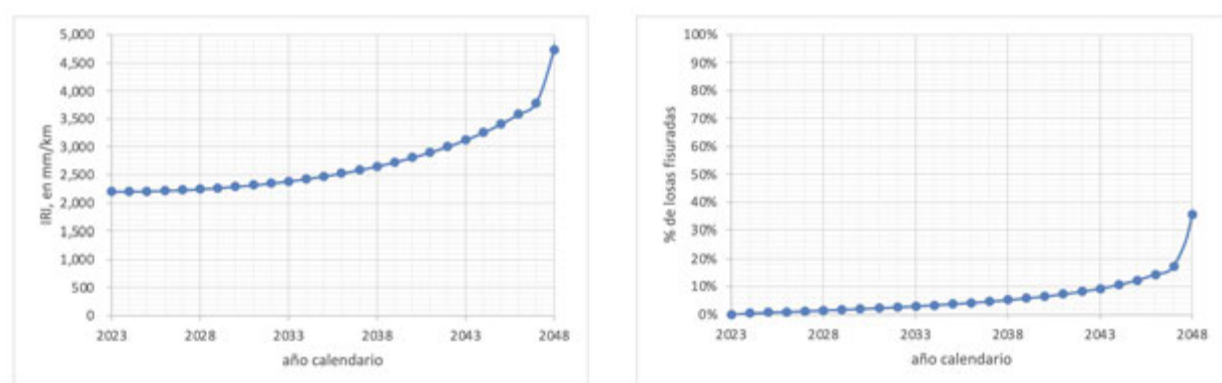


a) Evolución diaria del tránsito como promedio mensual

b) Evolución diaria del consumo de fatiga como promedio mensual

◀ Ejemplo de evolución diaria de tránsito mensual. La misma resulta especialmente influyente sobre el deterioro del pavimento ya que los mayores consumos de fatiga se producen por la mañana mientras la losa se mantiene con un cierto alabeo cóncavo.

CORTESÍA EDGARDO BECKER



a) Evolución en el tiempo del IRI prevista para un tramo de ruta 5

b) Evolución en el tiempo del % de losas fisuradas para un tramo de ruta 5

◀ Evolución en el tiempo del IRI (International Roughness Index) que brinda información respecto del nivel de servicio del pavimento y del porcentaje de losas fisuradas que permite evaluar el grado de deterioro del pavimento. En este caso, el modelo prevé que el pavimento se mantendrá en excelente estado durante los primeros 15 años y, luego, tenderá a disminuir progresivamente su nivel de servicio hasta los 24 años desde la puesta en marcha. Por otro lado, el aumento exponencial del deterioro previsto luego de los 24 años sugiere la necesidad de realizar una intervención mayor antes de ese momento a fin de restituir el nivel de servicio del pavimento a los niveles originales.

CORTESÍA EDGARDO BECKER

Considerando las condiciones de borde mencionadas, ante una situación de aumento de tránsito pesado o, en ocasiones, sobre rutas de alto tránsito pesado con necesidad de duplicar una calzada para mejorar el nivel de servicio de una ruta que se convertirá en una autovía como el caso de la Ruta 5, la opción de utilizar WT adherido como refuerzo de la calzada existente es una alternativa muy competitiva, sobre todo pensando en la necesidad de tener buenos niveles de servicio durante tiempos prolongados sin mayor necesidad de mantenimiento más allá del mínimo rutinario.

Por otro lado, la experiencia de Uruguay en la construcción de WT adherido sobre rutas nacionales con casos considerados exitosos –ya que el desempeño obtenido en los proyectos construidos hace algunos años cumplió las expectativas de nivel de servicio– confirman que la técnica está disponible para las condiciones de contexto reinantes en la región.

Sólo hace falta animarnos. ¡Vamos, Latinoamérica! 🇵🇷