

12^o Congreso Iberoamericano de Pavimentos de Concreto

MAYO 10 AL 13 DE 2023 - Barranquilla, Colombia
Centro de Convenciones Blue Gardens

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO



Cortesía: Diego Jaramillo

Organizan:



Nota legal:

- Las informaciones y conceptos expresados en esta conferencia tienen el propósito de divulgar e informar de manera general sobre los temas relacionados con el concreto, NO son asesoría para una obra en particular.
- PROCEMCO NO es ni pretende ser asesor de proyectos específicos. Cualquier duda con relación a una obra determinada debe ser consultada por el interesado con los respectivos diseñadores e interventores de la misma.
- El uso que se haga de la información y conceptos aquí expresados no implica responsabilidad alguna para PROCEMCO ni para el conferencista; debe ser utilizada por personas idóneas bajo su responsabilidad y criterio.
- Esta información no sustituye las funciones y obligaciones de las personas contractualmente responsables de la concepción, ejecución y vigilancia de los respectivos proyectos.
- PROCEMCO no asume ningún tipo de responsabilidad por la información que divulguen los patrocinadores y por tanto cualquier reclamación relacionada con la calidad, idoneidad y seguridad de los bienes y servicios ofrecidos deben ser atendidos por cada anunciante.



12^o Congreso Iberoamericano de Pavimentos de Concreto

MAYO 10 Al 13 DE 2023 - Barranquilla, Colombia
Centro de Convenciones Blue Gardens

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

Organizan:



Diseño del WHITETOPPING de la Ruta 5 en Uruguay

Edgardo BECKER
LOMA NEGRA CIASA
Argentina





WHITETOPPING – Conceptos Básicos

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

Opción de Capa de Refuerzo Adherida (Mantenimiento preventivo/Rehabilitación menor)

En general, las capas adheridas se utilizan para eliminar deterioros superficiales cuando el pavimento existente presenta buenas condiciones estructurales.

La adherencia es esencial, de manera que es necesaria una cuidadosa preparación de la superficie antes de colocar la capa.

Opción de Capa de Refuerzo no Adherida (Rehabilitación Mayor/Menor)

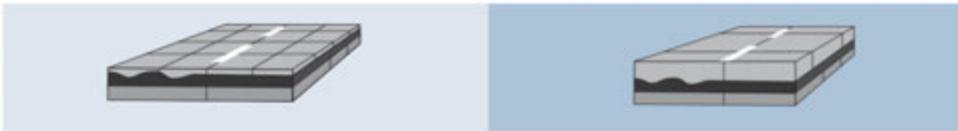
En general, las capas no adheridas son altamente confiables, proporcionando vidas de diseño mayores que una rehabilitación con asfalto.

Se necesita un mínimo de reparaciones previas a la colocación de la capa no adherida.

SOBRE ASFALTO



SOBRE PAVIMENTO COMPUESTO



SOBRE HORMIGÓN

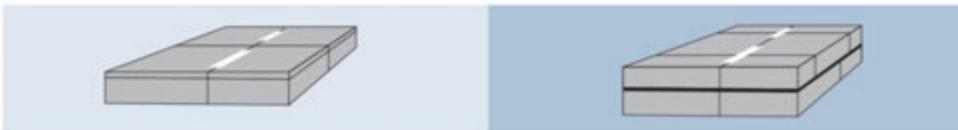
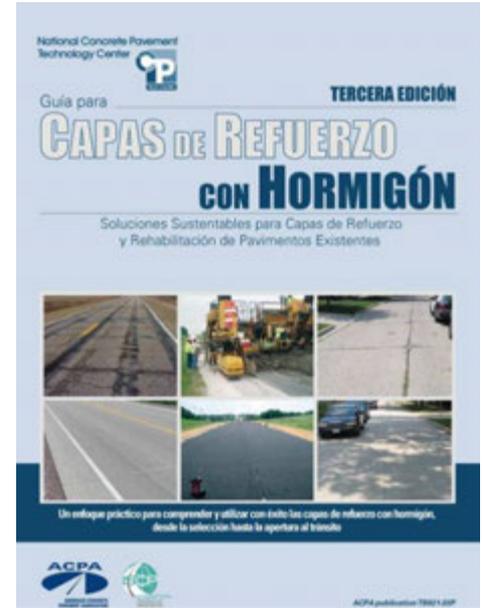


Figura 2. Tipos de capas de refuerzo con hormigón



Fuente: ACPA publication TB021.03P (2014).
Guía para CAPAS DE REFUERZO CON HORMIGÓN, 3^{era} edición. Soluciones Sustentables para Capas de Refuerzo y Rehabilitación de Pavimentos Existentes.



WHITETOPPING – Conceptos Básicos

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

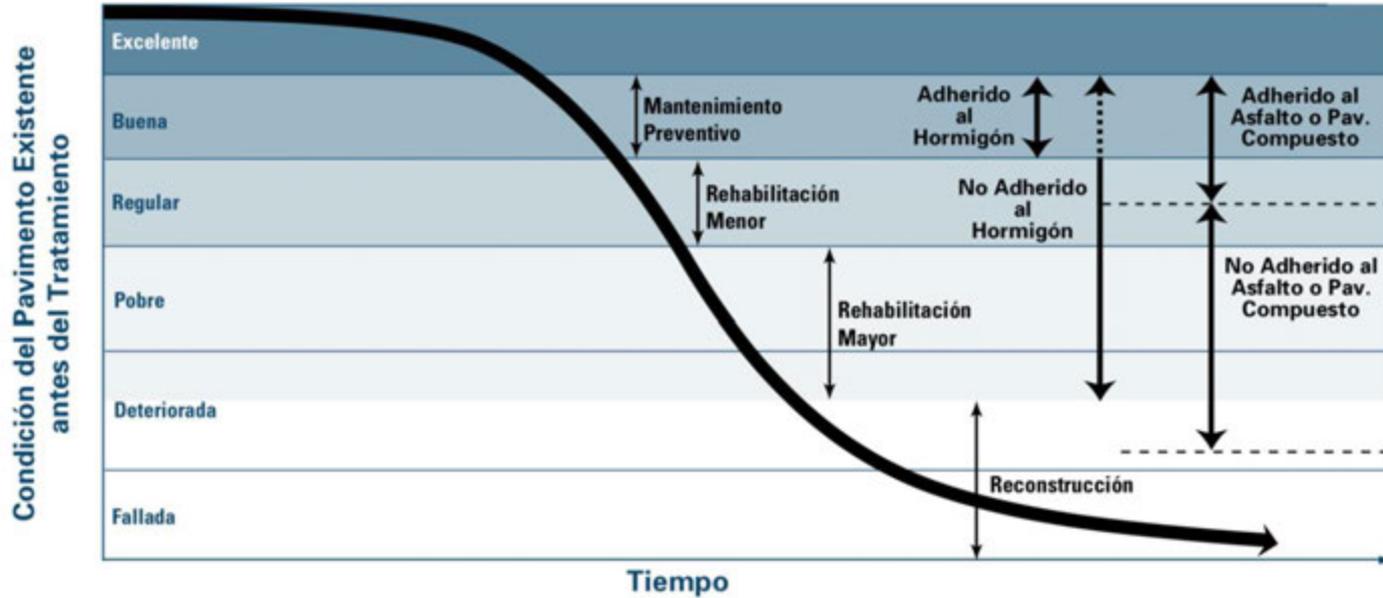


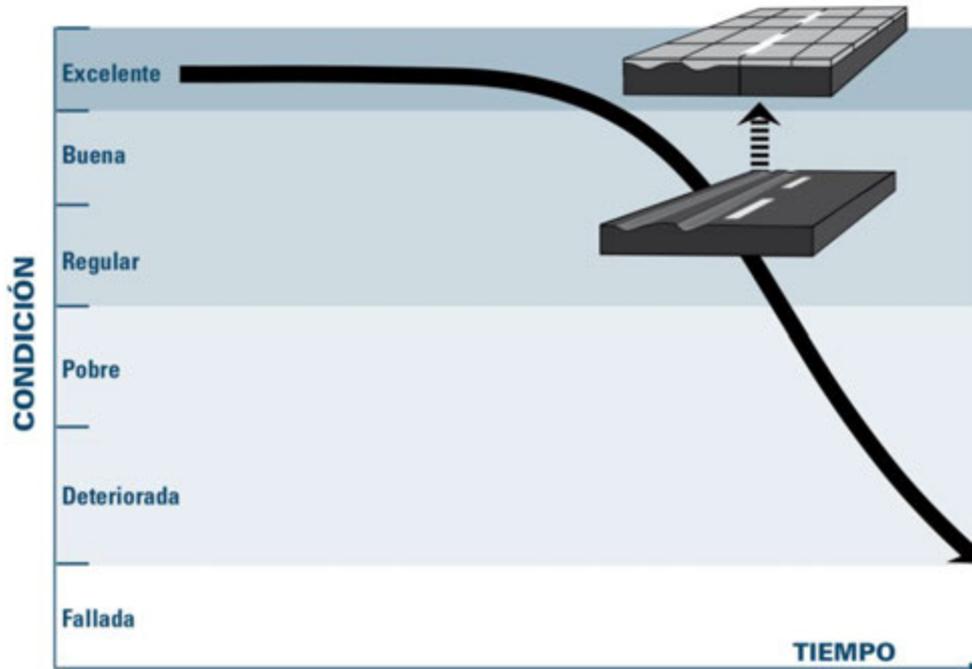
Figura 6 . Típicas soluciones con hormigón adherido y no adherido en diferentes etapas de la vida de servicio de un pavimento



WHITETOPPING – Conceptos Básicos

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

Refuerzo de hormigón sobre asfalto adherido (whitetopping adherido)

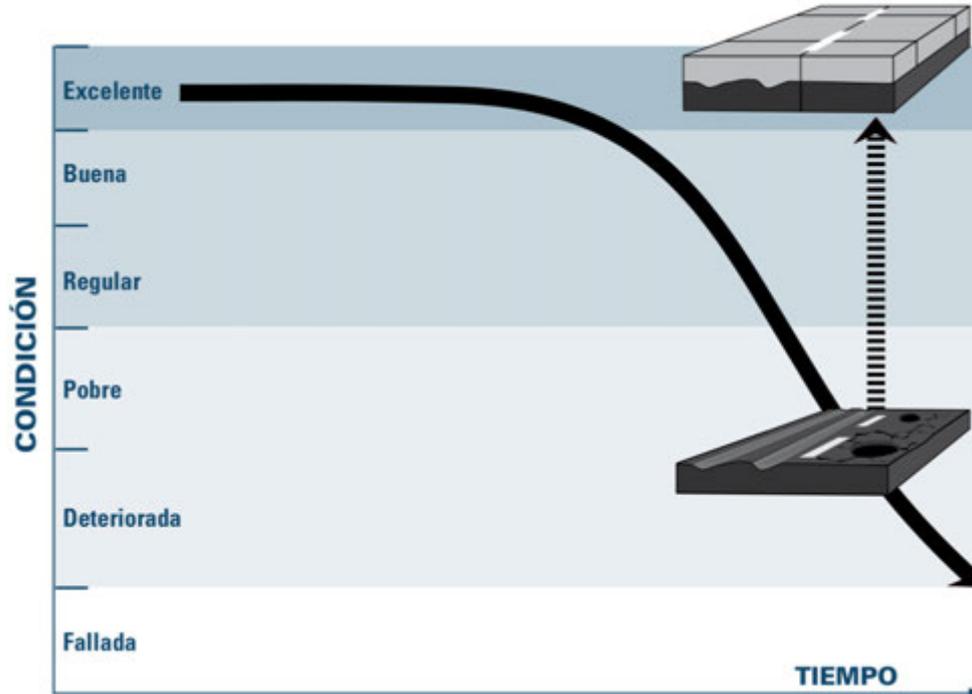




WHITETOPPING – Conceptos Básicos

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

Refuerzo de hormigón sobre asfalto no adherido (whitertopping NO adherido)

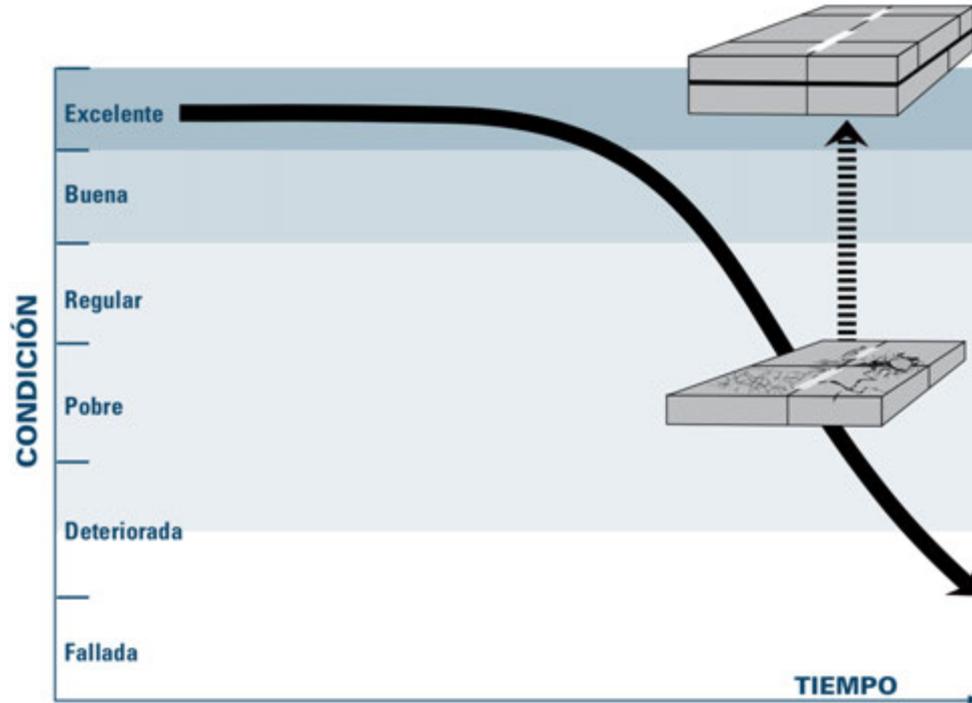




WHITETOPPING – Conceptos Básicos

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

Refuerzo de hormigón sobre hormigón NO adherido



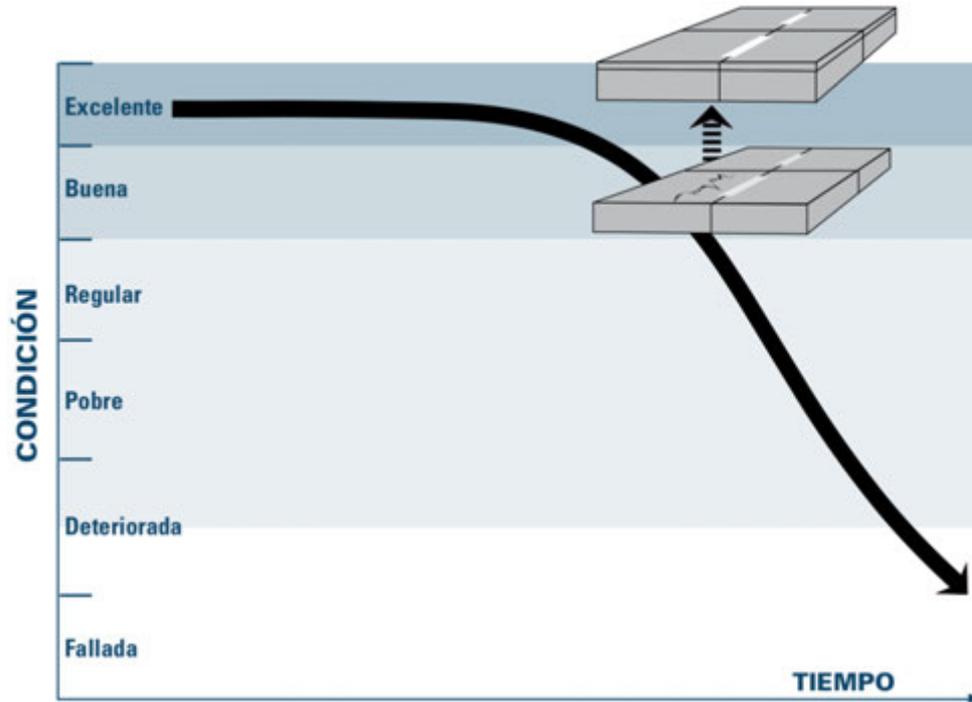
Fuente: ACPA publicación TB021.03P (2014). Guía para CAPAS DE REFUERZO CON HORMIGÓN, 3^{era} edición. Soluciones Sustentables para Capas de Refuerzo y Rehabilitación de Pavimentos Existentes.



WHITETOPPING – Conceptos Básicos

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

Refuerzo de hormigón sobre hormigón adherido



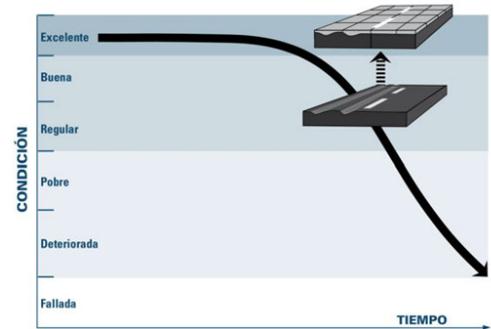
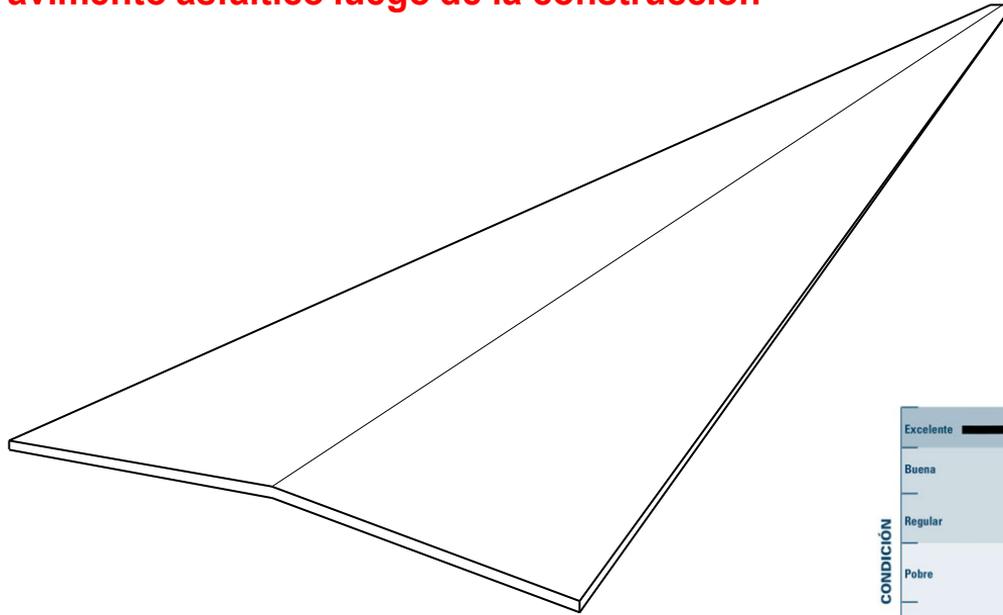
Fuente: ACPA publicación TB021.03P (2014). Guía para CAPAS DE REFUERZO CON HORMIGÓN, 3^{era} edición. Soluciones Sustentables para Capas de Refuerzo y Rehabilitación de Pavimentos Existentes.



WHITETOPPING – Conceptos Básicos

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

Pavimento asfáltico luego de la construcción

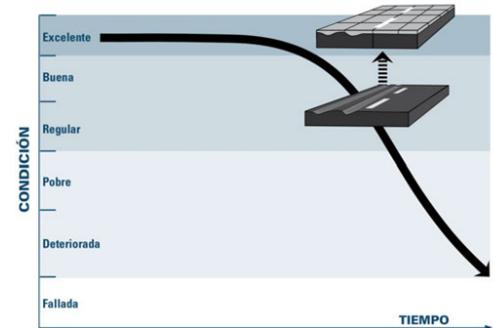
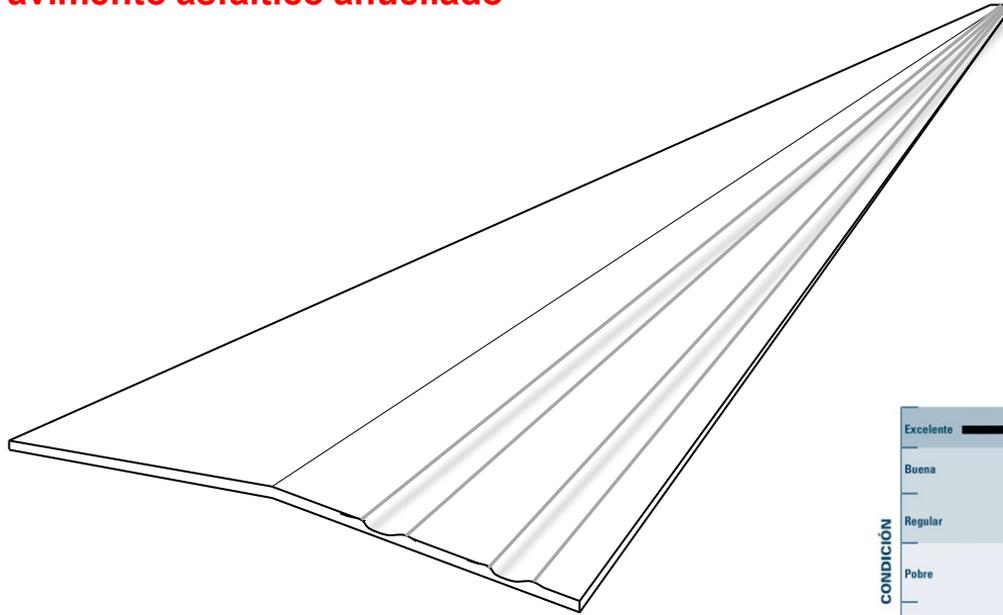




WHITETOPPING – Conceptos Básicos

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

Pavimento asfáltico ahuellado

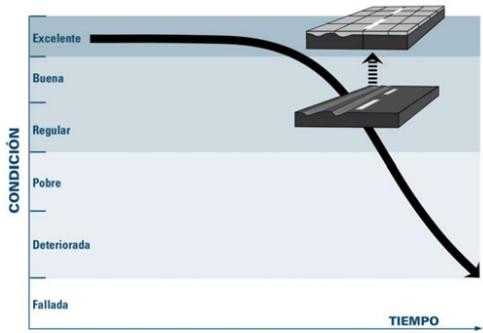
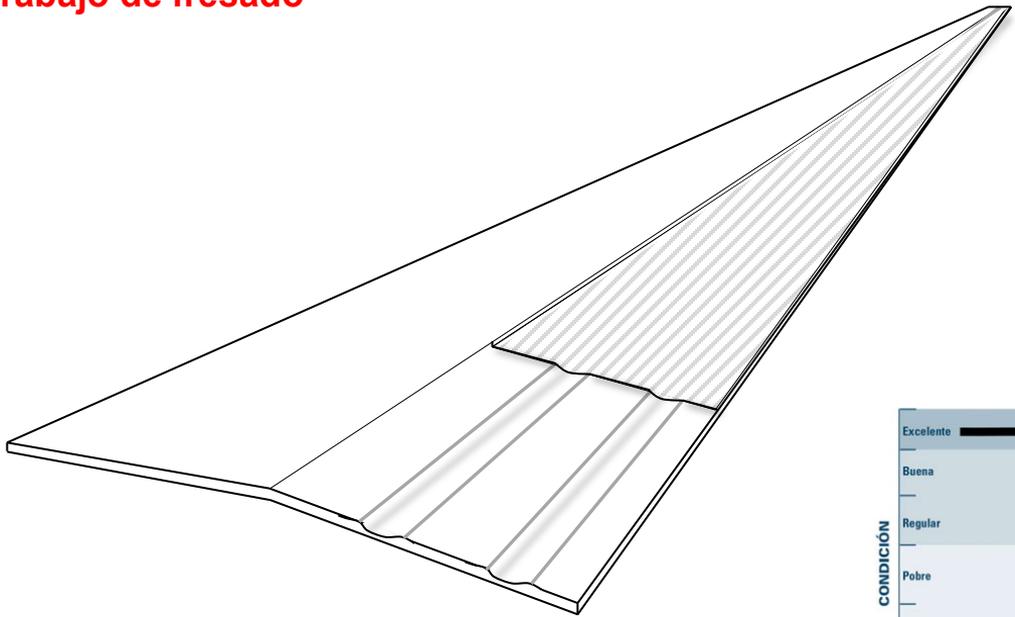




WHITETOPPING – Conceptos Básicos

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

Trabajo de fresado

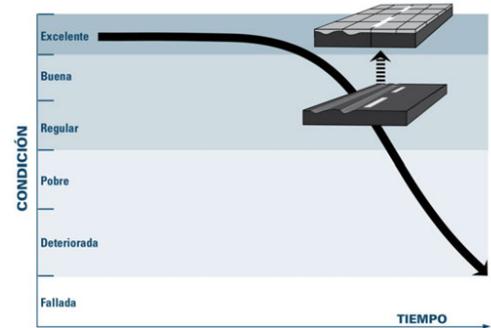
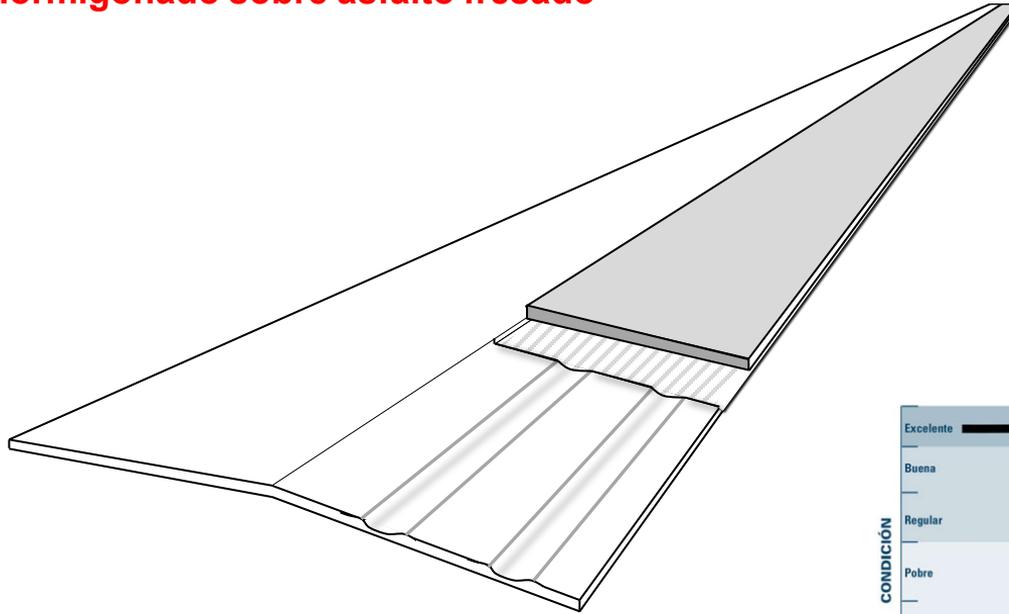




WHITETOPPING – Conceptos Básicos

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

Hormigonado sobre asfalto fresado

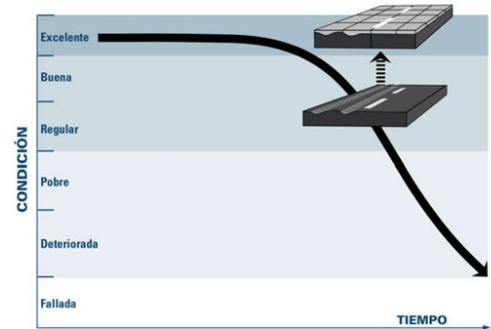
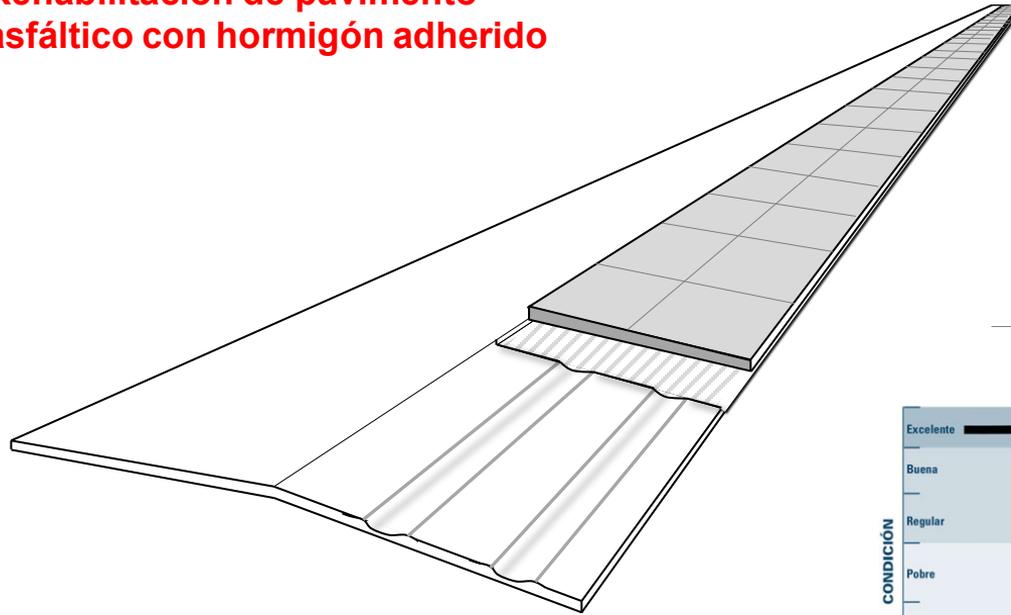




WHITETOPPING – Conceptos Básicos

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

Rehabilitación de pavimento asfáltico con hormigón adherido

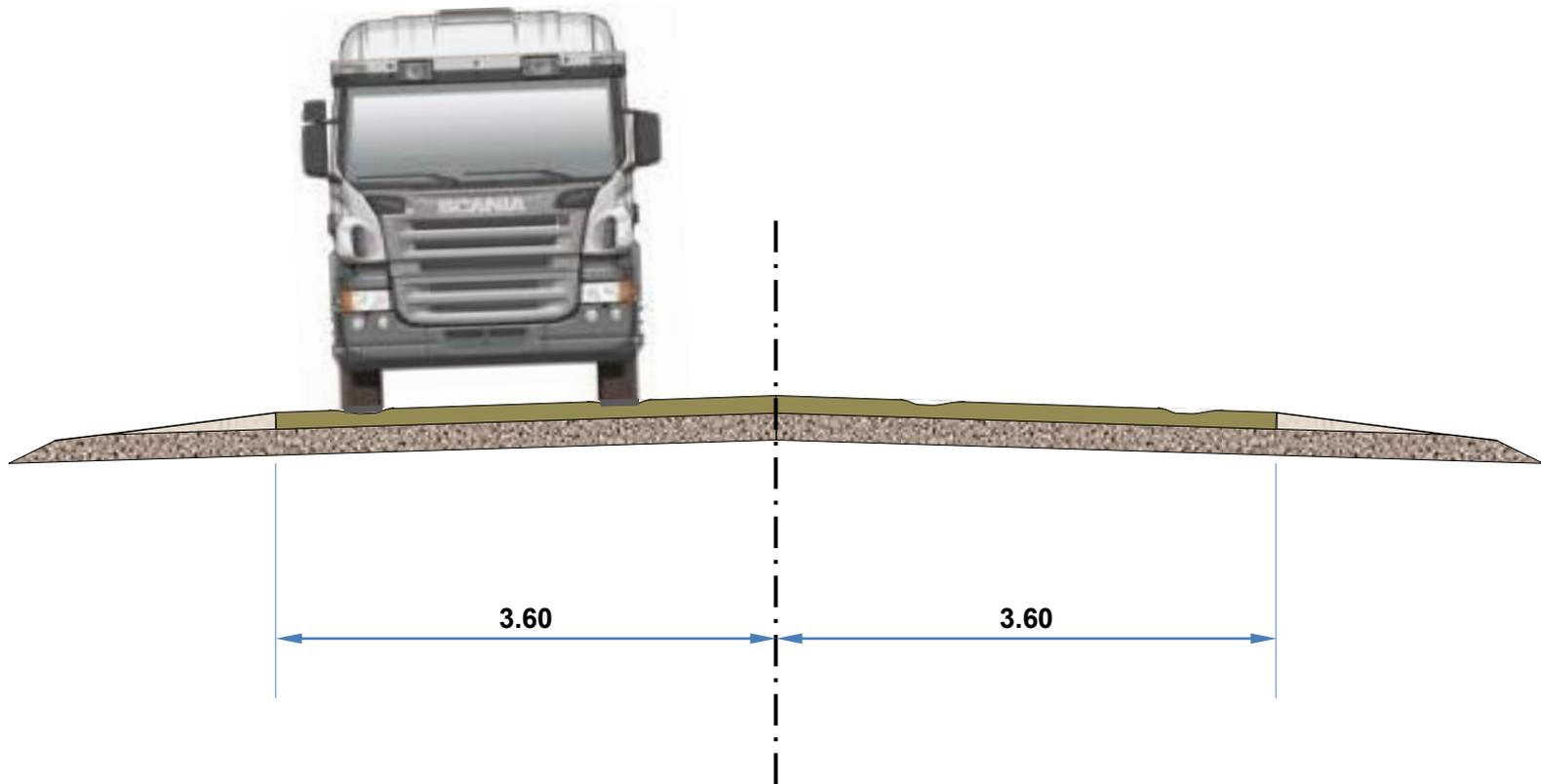




WHITETOPPING – Conceptos Básicos

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

Pavimento de asfalto ahuellado

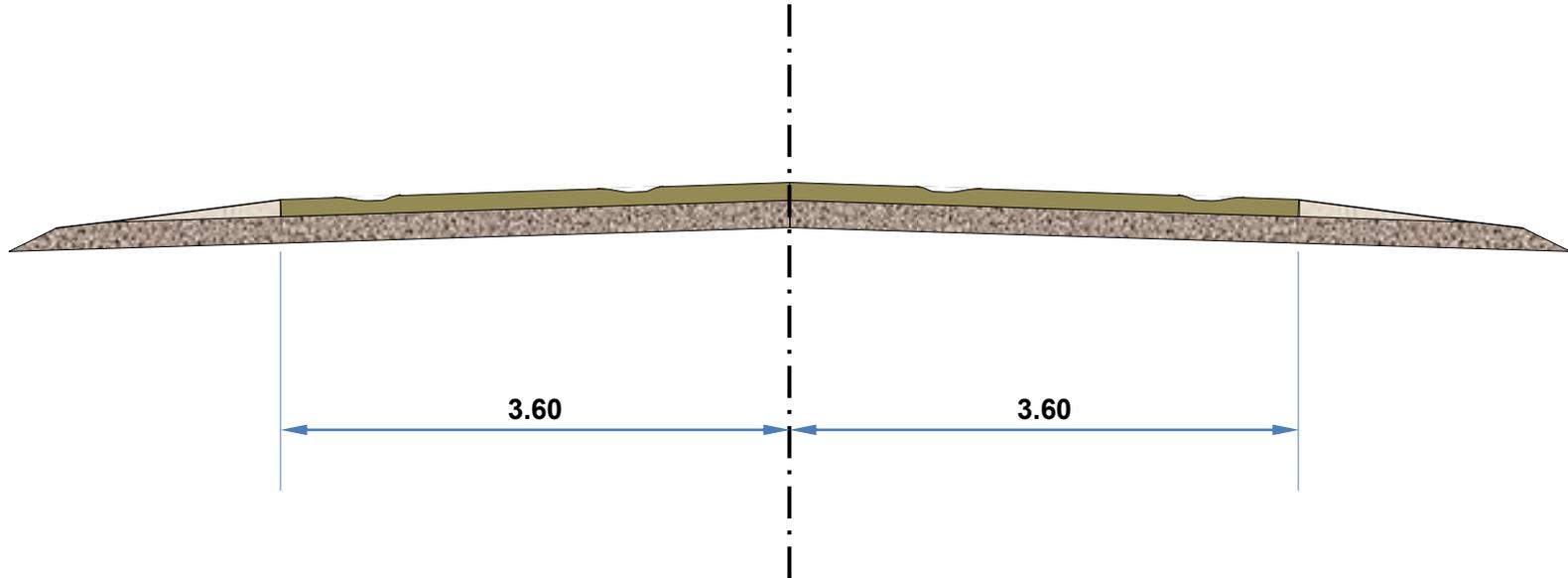




WHITETOPPING – Conceptos Básicos

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

Pavimento de asfalto ahuellado

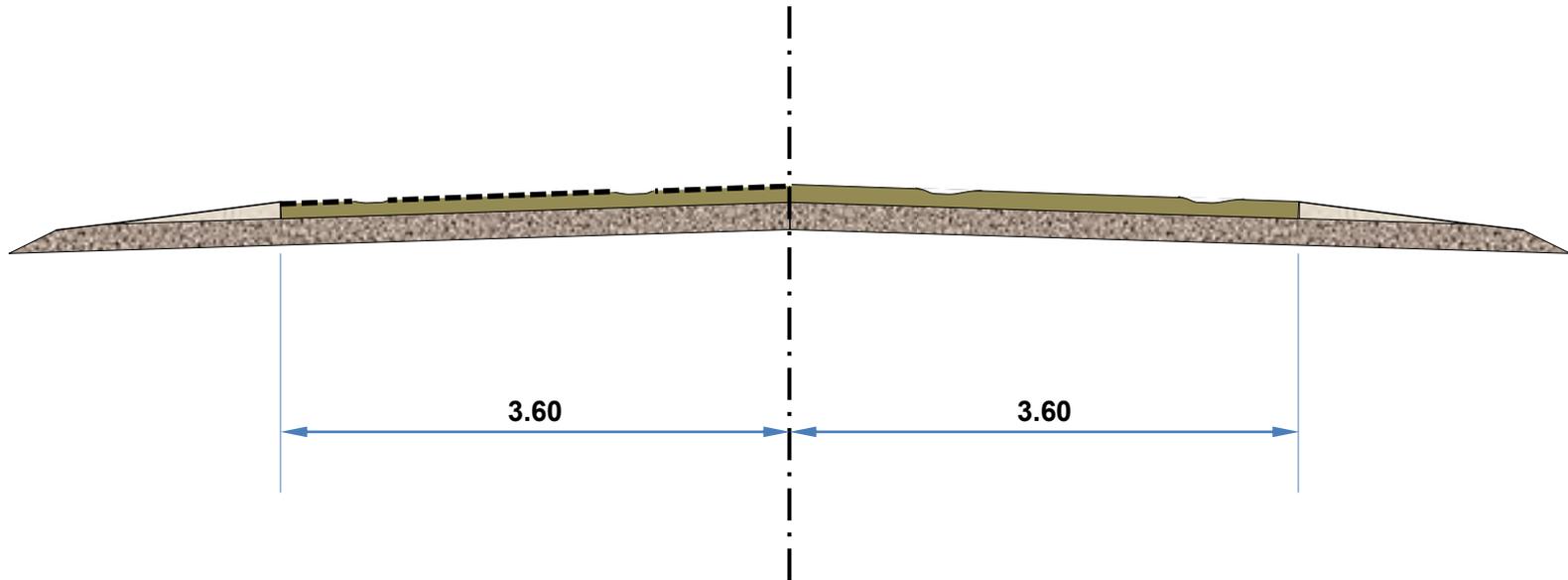




WHITETOPPING – Conceptos Básicos

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

Fresado de pavimento de asfalto ahuellado

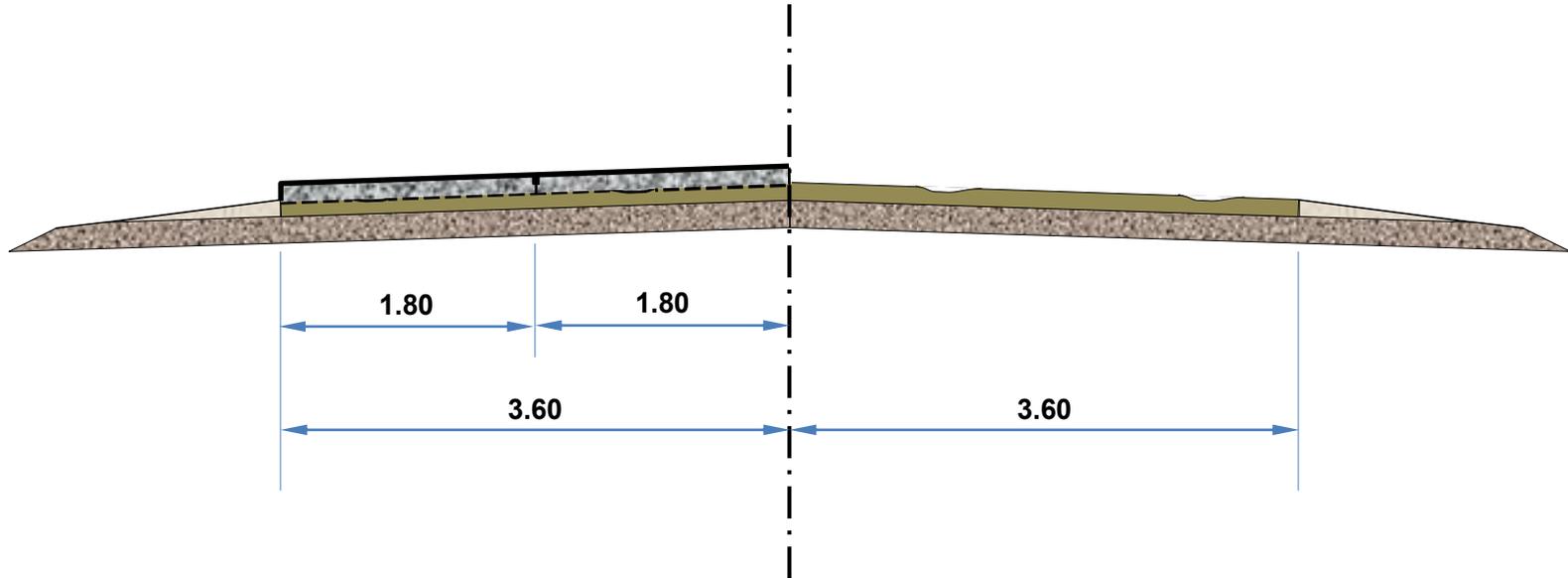




WHITETOPPING – Conceptos Básicos

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

Construcción de recubrimiento de hormigón adherido

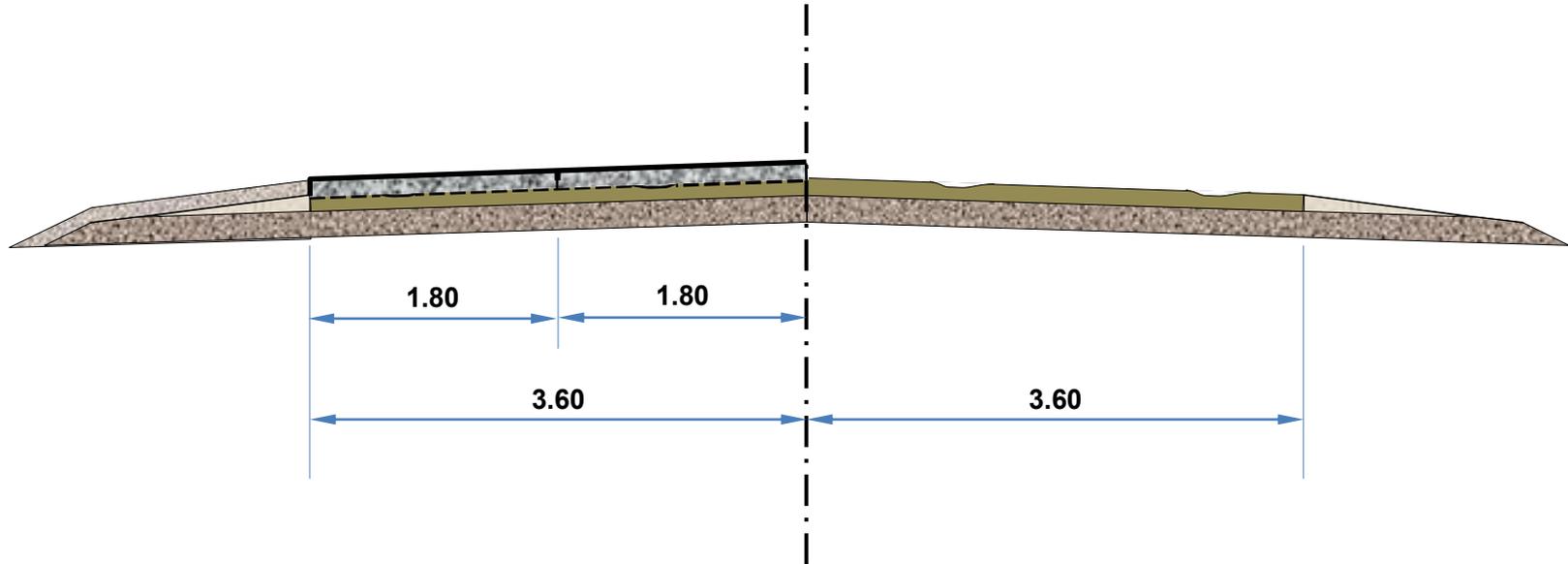




WHITETOPPING – Conceptos Básicos

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

Nivelación de la banquina

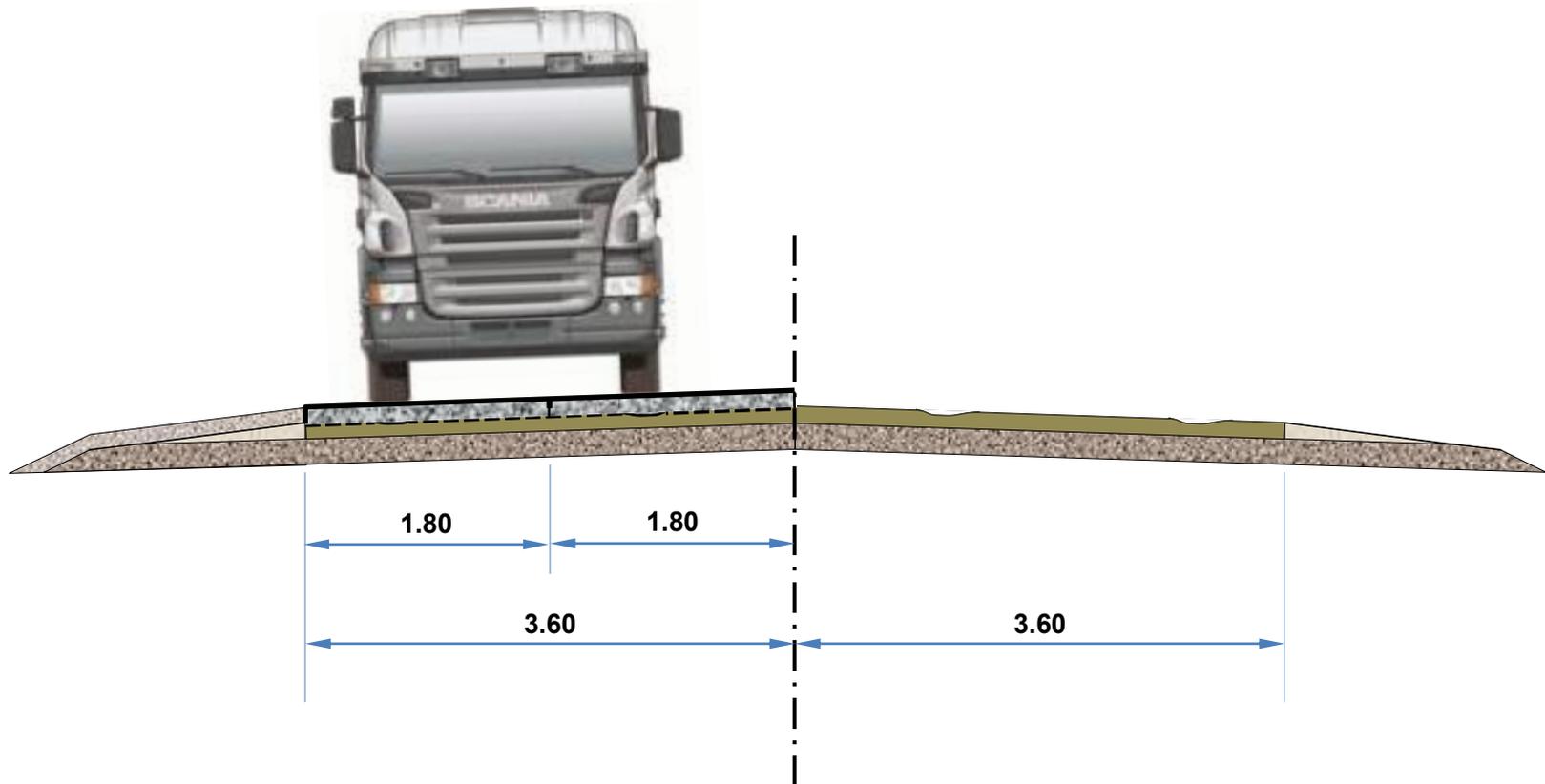




WHITETOPPING – Conceptos Básicos

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

Recubrimiento de hormigón adherido en servicio

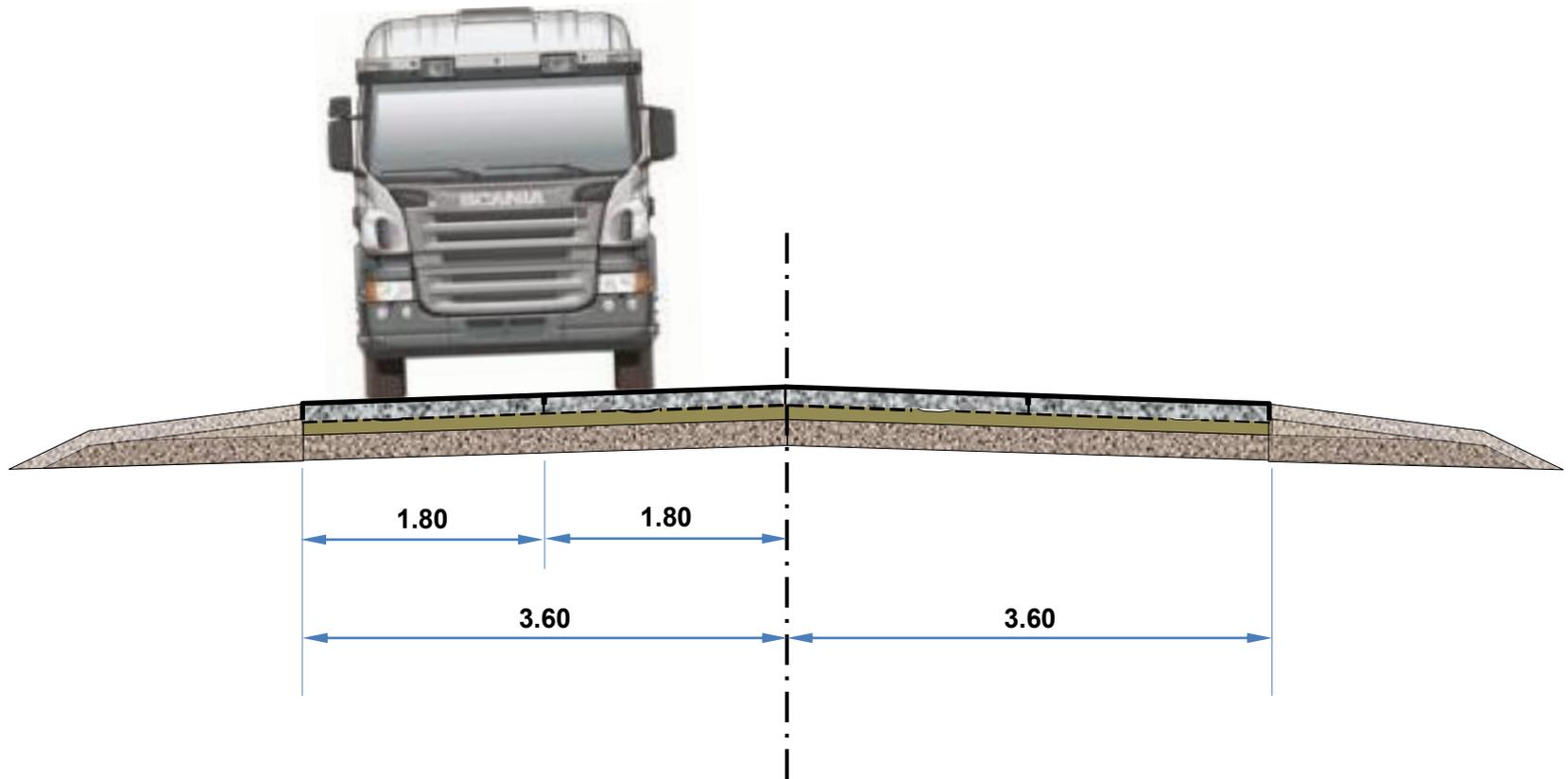




WHITETOPPING – Conceptos Básicos

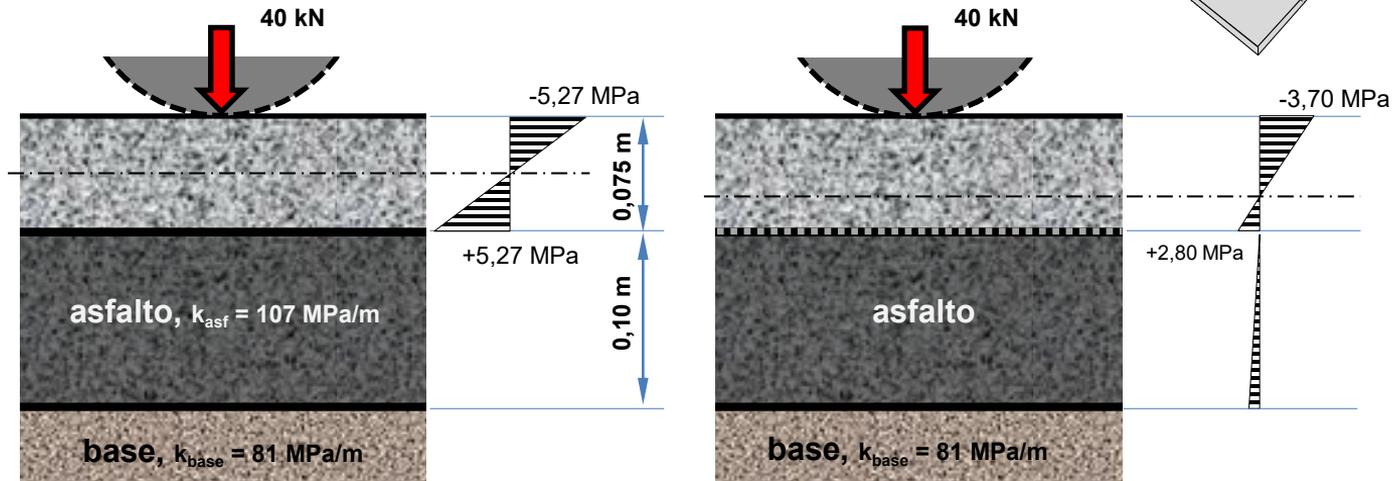
LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

Recubrimiento de hormigón adherido en servicio





Influencia de la adherencia sobre las tensiones carga dentro de la losa



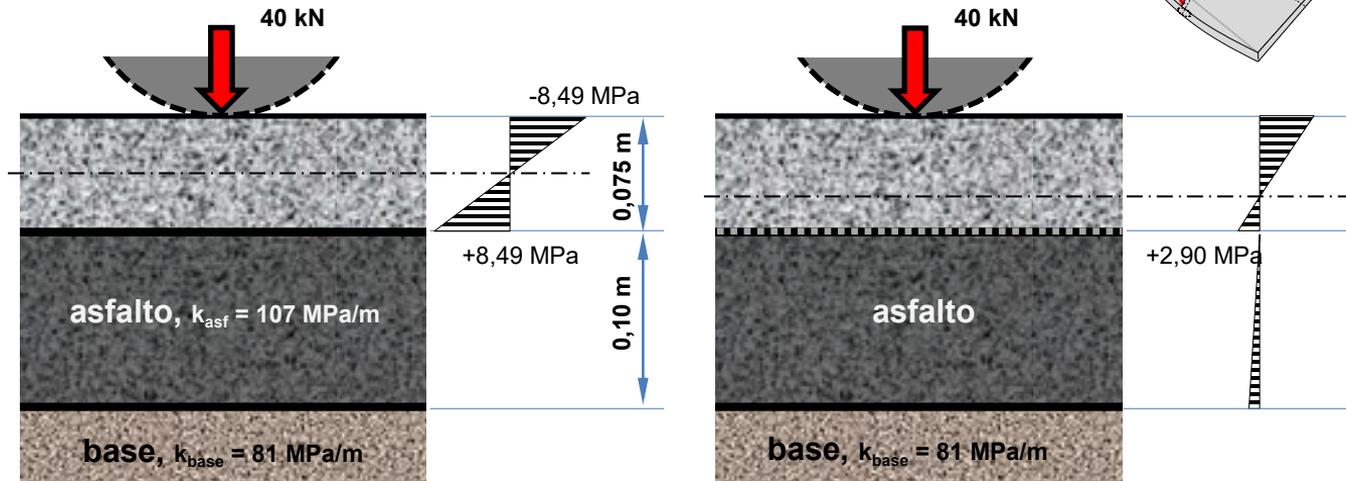
a) Capa de hormigón NO adherida

b) Capa de hormigón adherida

Fuente: adaptado de Mack, J.W, Hawbaker, L.D. & Cole, L.W. (1998). "UlthraThin Whitetopping – State-of-the-Practice for Thin Concrete Overlays of Asphalt". *Transportation Research Record* 1610, Aug., 1998. pp 39-43.



Influencia de la adherencia sobre las tensiones carga sobre borde libre



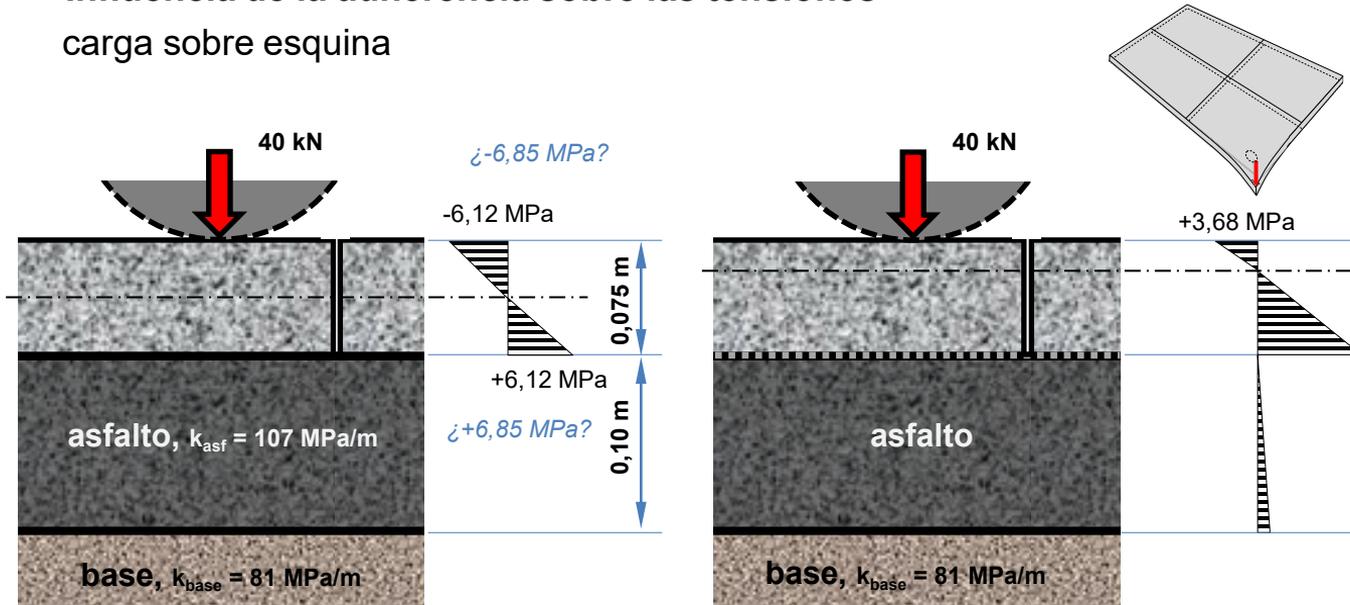
a) Capa de hormigón NO adherida

b) Capa de hormigón adherida

Fuente: adaptado de Mack, J.W, Hawbaker, L.D. & Cole, L.W. (1998). "Ulthrathin Whitetopping – State-of-the-Practice for Thin Concrete Overlays of Asphalt". *Transportation Research Record* 1610, Aug., 1998. pp 39-43.



Influencia de la adherencia sobre las tensiones carga sobre esquina



a) Capa de hormigón NO adherida

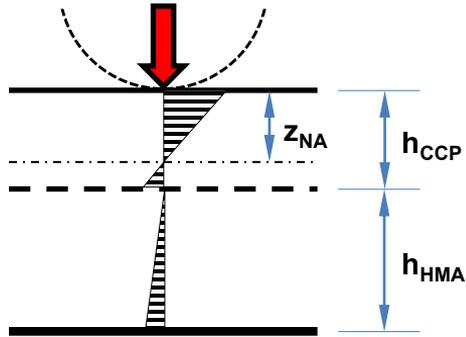
b) Capa de hormigón adherida

Fuente: adaptado de Mack, J.W, Hawbaker, L.D. & Cole, L.W. (1998). "UlthraThin Whitetopping – State-of-the-Practice for Thin Concrete Overlays of Asphalt". Transportation Research Record 1610, Aug., 1998. pp 39-43.



Ubicación del Eje Neutro

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO



Profundidad del eje neutro:

$$z_{NA} = \frac{\frac{E_{CCP} \cdot h_{CCP}^2}{2} + E_{HMA} \cdot h_{HMA} \left(h_{CCP} + \frac{h_{HMA}}{2} \right)}{E_{CCP} \cdot h_{CCP} + E_{HMA} \cdot h_{HMA}}$$

Figura 2: determinación de la profundidad del eje neutro en función de los espesores y módulo de elasticidad de las capas de hormigón y asfalto.

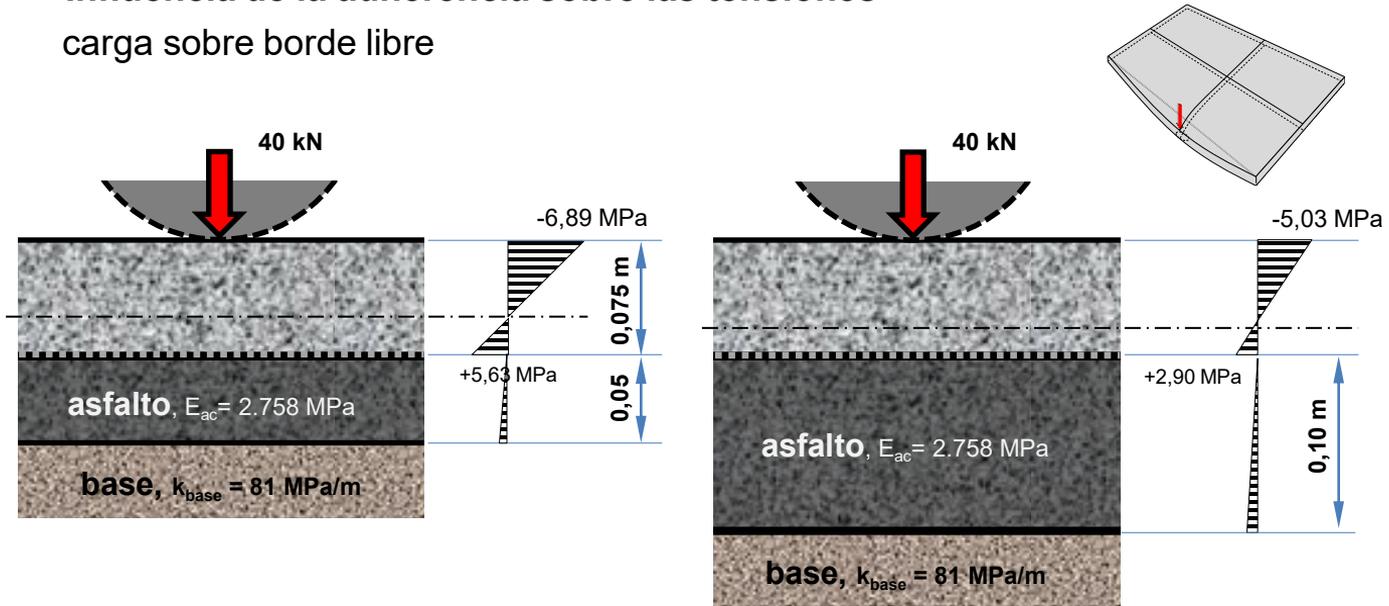
Fuente: cálculo realizado a partir de la ecuación tomada de Li, Z., Dufalla, N., Mu, F & Vandenbossche, J., 2013. "BCOA-ME. Bonded Concrete Overlay of Asphalt Pavements Mechanistic-Empirical Design Guide". FHWA Pooled Fund Project: TPF-5-165.



WHITETOPPING – Conceptos Básicos

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

Influencia de la adherencia sobre las tensiones carga sobre borde libre



a) Capa de hormigón adherida sobre asfalto de 5 cm

b) Capa de hormigón adherida sobre asfalto de 10 cm

Fuente: adaptado de Mack, J.W, Hawbaker, L.D. & Cole, L.W. (1998). "Ultrathin Whitetopping – State-of-the-Practice for Thin Concrete Overlays of Asphalt". Transportation Research Record 1610, Aug., 1998. pp 39-43.



Ubicación Geográfica del Proyecto

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

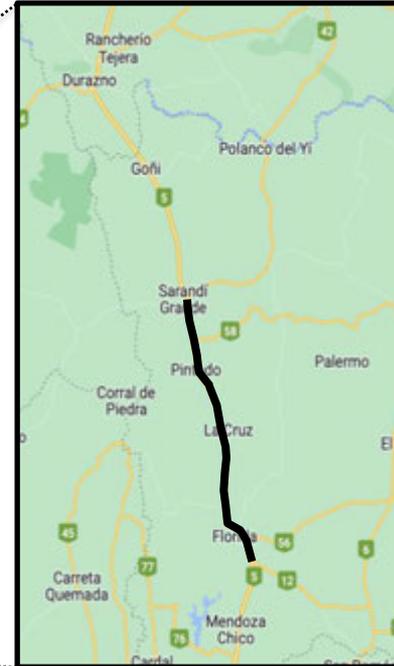


Figura 1: ubicación del proyecto de duplicación de calzada de ruta 5 que incluye el WT sobre la calzada asfáltica existente entre los km 100+500 a 133+300.

Contratista: INCOCI S.A. – Stiler S.A., UTE



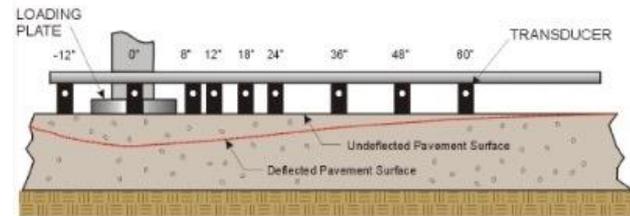
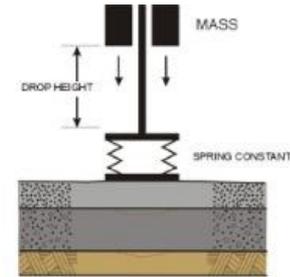
Evaluación Estructural

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

Ensayo de módulo FWD (Falling Weight Deflectometer) o deflectómetro de impacto (ASTM D4694-96)



AASHTO T256
ASTM D4694-96)



FWD Concept

Fuente: Ricardo Bardadano González (2014), artículo “El origen del deflectómetro de impacto”.



Evaluación Estructural

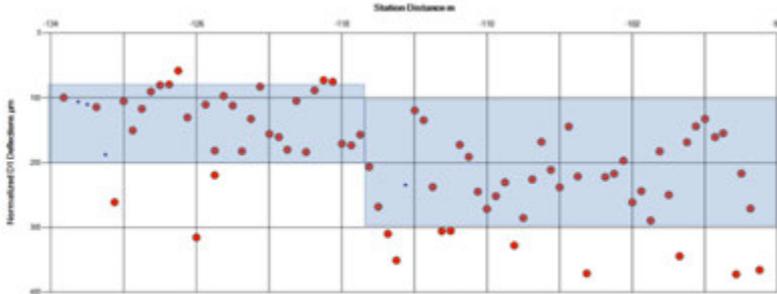


Figura 2: resultados de deflectometría informados por CDS ingenieros.
 Fuente: CRS-D-FWD-01_RETROCALCULO RUTA 5_CREMAF T2. Ing. Álvaro López – AT José Cantero, 18/01/2023.

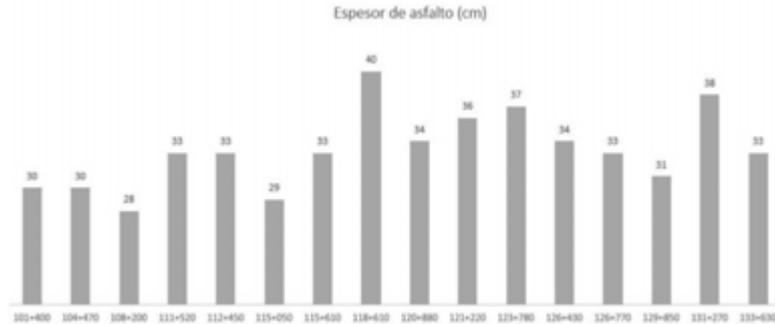


Figura 3: espesores de asfalto informados por CDS ingenieros.
 Fuente: CRS-D-FWD-01_RETROCALCULO RUTA 5_CREMAF T2. Ing. Álvaro López – AT José Cantero, 18/01/2023.

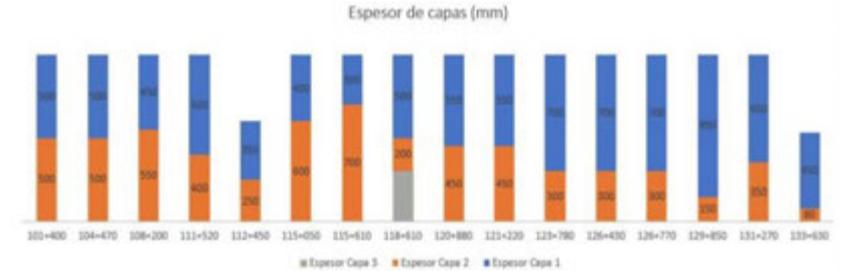


Figura 4: espesores de capa de suelo que forman parte del paquete estructural del pavimento existente informados por CDS ingenieros.
 Fuente: CRS-D-FWD-01_RETROCALCULO RUTA 5_CREMAF T2. Ing. Álvaro López – AT José Cantero, 18/01/2023.

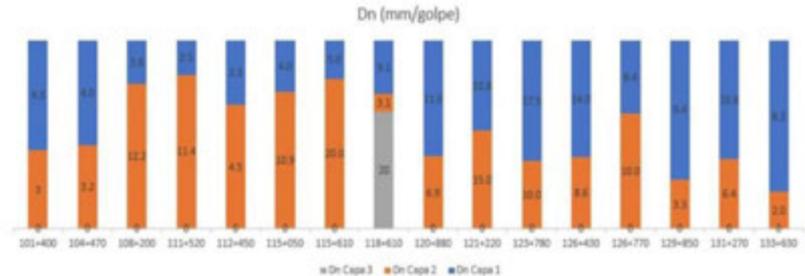


Figura 5: resultados de ensayos de DCP sobre las capas de suelo informados por CDS ingenieros.
 Fuente: CRS-D-FWD-01_RETROCALCULO RUTA 5_CREMAF T2. Ing. Álvaro López – AT José Cantero, 18/01/2023.



Determinación de Secciones Homogéneas

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

Tabla 1: secciones homogéneas definidas a partir del análisis de espesores y ensayos de DCP.

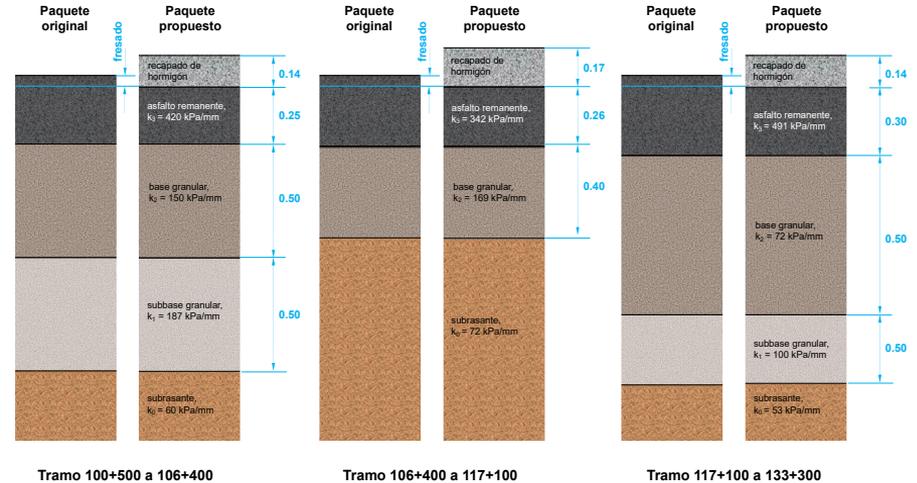
SECCIONES:	101+400 al 106+400		106+400 al 117+100		117+100 al 133.630	
CAPAS	Espesor (cm)	DN (mm/golpe)	Espesor (cm)	DN (mm/golpe)	Espesor (cm)	DN (mm/golpe)
Carpeta Asfáltica	30	-	31	-	35	-
Base Granular	50	4.2	40	3.5	70	11.1
Subbase Granular	50	3.2	-	-	30	7.3
Subrasante	∞	-	∞	11.8	∞	-

Fuente: CRS-D-FWD-01_RETROCALCULO RUTA 5_CREMAF T2. Ing. Álvaro López – AT José Cantero, 18/01/2023.

Tabla 2: valores de Mr (módulo resiliente) para las distintas capas obtenidos por retrocálculo.

SECCIONES:	95+000 al 106+400			106+400 al 117+100			117+100 al 133+500		
CAPAS	Espesor (cm)	Mr (MPa) Promedio	Mr (MPa) Percentil 15%	Espesor (cm)	Mr (MPa) Promedio	Mr (MPa) Percentil 15%	Espesor (cm)	Mr (MPa) Promedio	Mr (MPa) Percentil 15%
Carpeta Asfáltica	30	2500	1970	31	2450	1850	35	3400	2350
Base Granular	50	170	100	40	90	55	70	290	100
Subbase Granular	50	96	70	-	-	-	30	280	155
Subrasante	∞	320	230	∞	270	230	∞	300	210

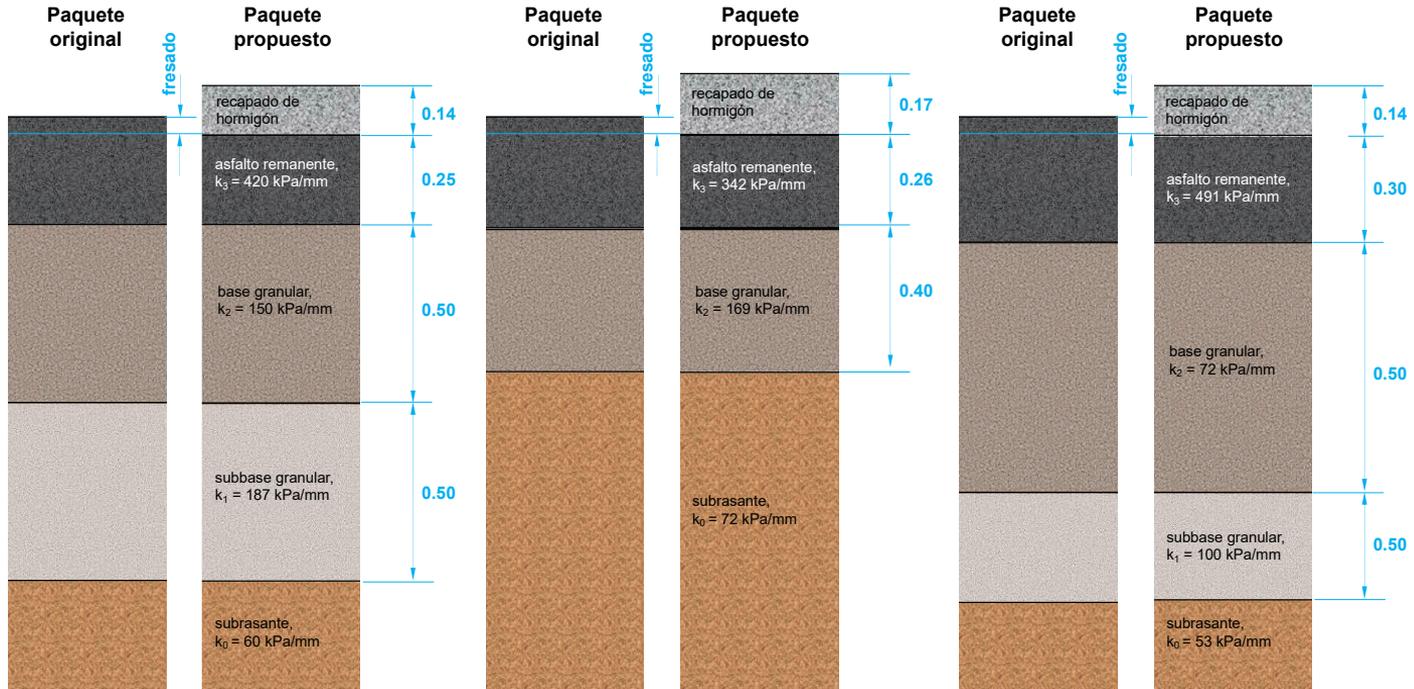
Fuente: CRS-D-FWD-01_RETROCALCULO RUTA 5_CREMAF T2. Ing. Álvaro López – AT José Cantero, 18/01/2023.





Paquetes Estructurales

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO



Tramo 100+500 a 106+400

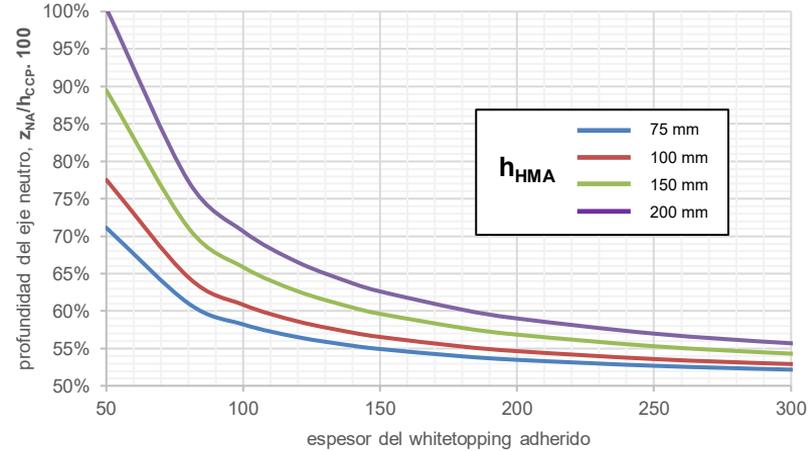
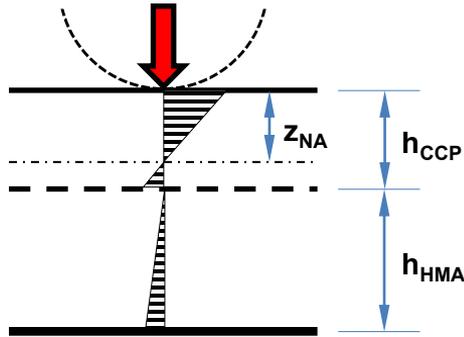
Tramo 106+400 a 117+100

Tramo 117+100 a 133+300



Ubicación del Eje Neutro

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO



Profundidad del eje neutro:

$$z_{NA} = \frac{\frac{E_{CCP} \cdot h_{CCP}^2}{2} + E_{HMA} \cdot h_{HMA} \left(h_{CCP} + \frac{h_{HMA}}{2} \right)}{E_{CCP} \cdot h_{CCP} + E_{HMA} \cdot h_{HMA}}$$

$$E_{CCP} = 27.500 \text{ MPa}$$

$$E_{HMA} = 2.780 \text{ MPa}$$

Figura 2: determinación de la profundidad del eje neutro en función de los espesores y módulo de elasticidad de las capas de hormigón y asfalto.

Fuente: 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.



CARGA DE RUEDA SOBRE BORDE LIBRE

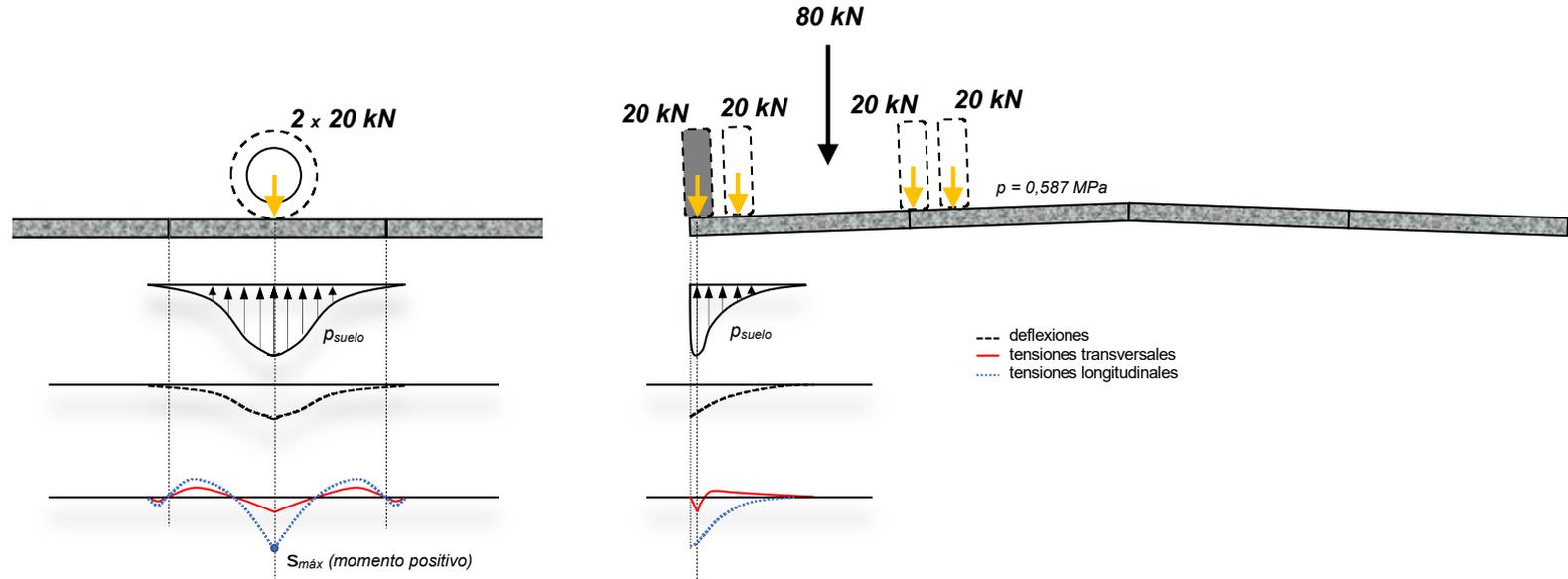


Figura 3.a: influencia de la ubicación de la carga sobre las tensiones y deformaciones de una losa de pavimento de hormigón convencional..



CARGA DE RUEDA SOBRE ESQUINA DE BORDE

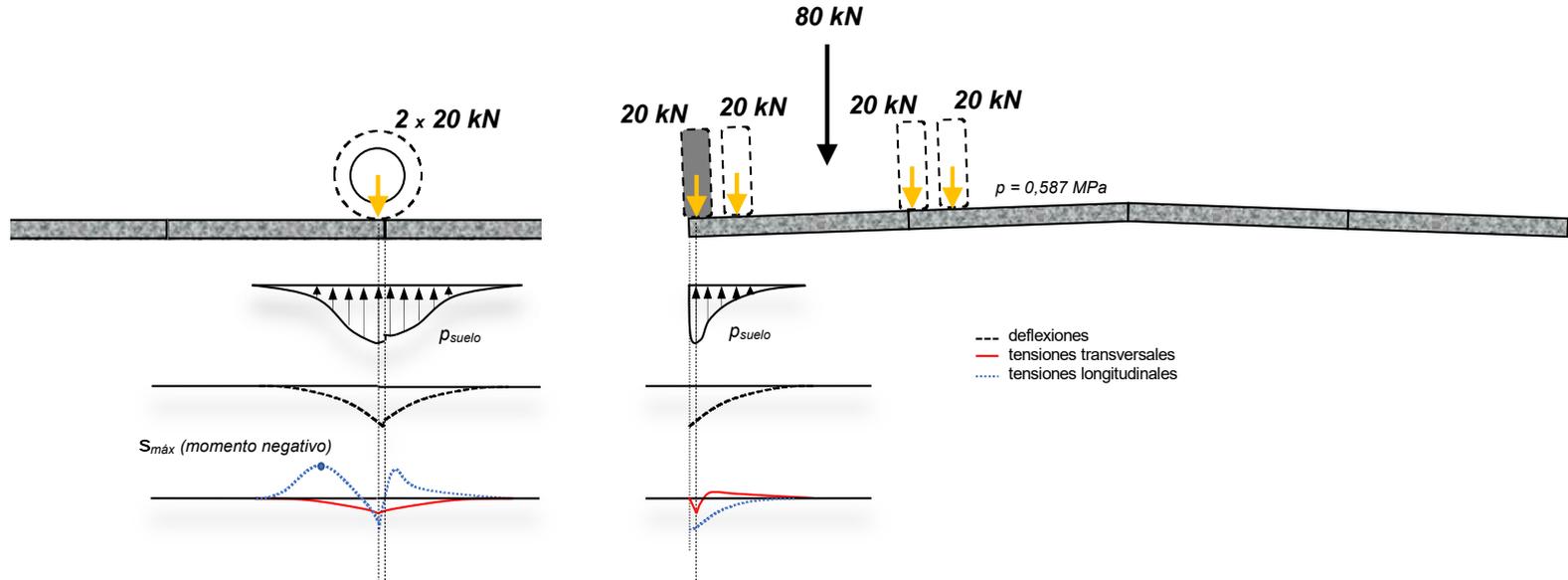


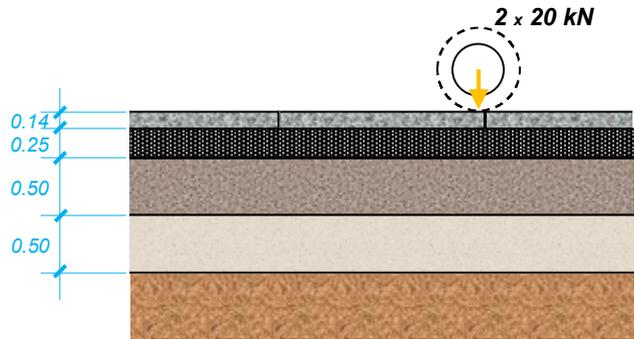
Figura 3.b: influencia de la ubicación de la carga sobre las tensiones y deformaciones de una losa de pavimento de hormigón convencional. En este caso, habitualmente las mayores tensiones se producen a partir del momento flector positivo que produce la carga de borde.



Tensiones y Deformaciones

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

CORTE LONGITUDINAL



CORTE TRANSVERSAL

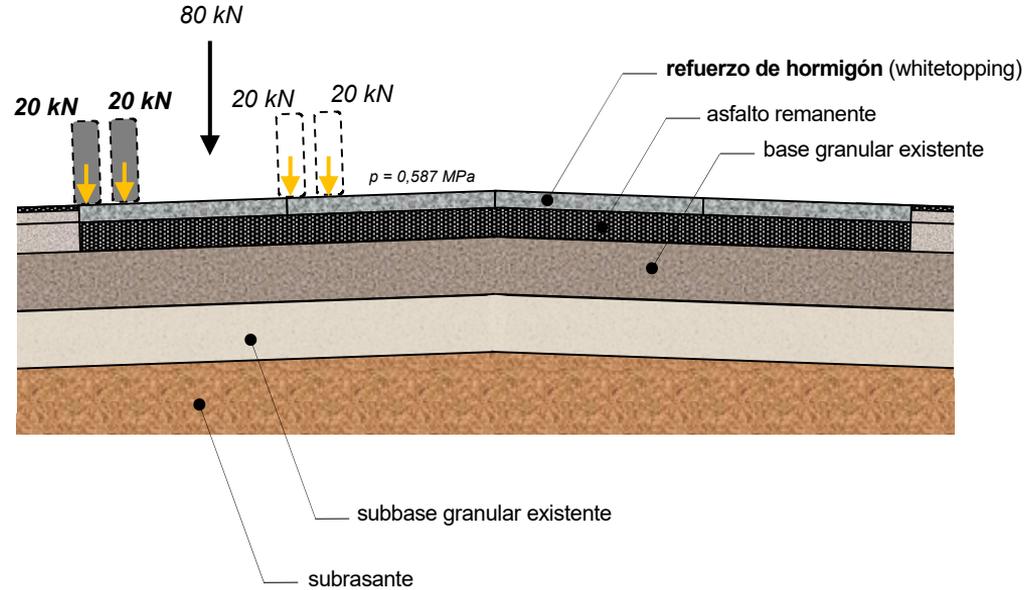


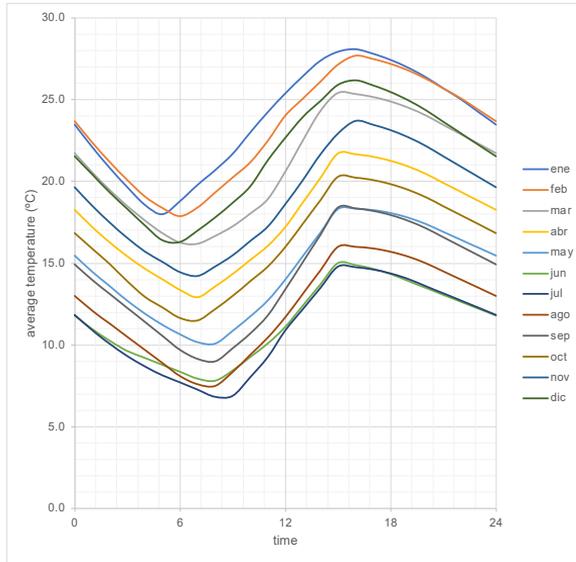
Figura 4: en el caso del WT adherido, habitualmente las mayores tensiones de tracción se producen por efecto del momento negativo cuando la carga de rueda está aplicada sobre una esquina de borde.



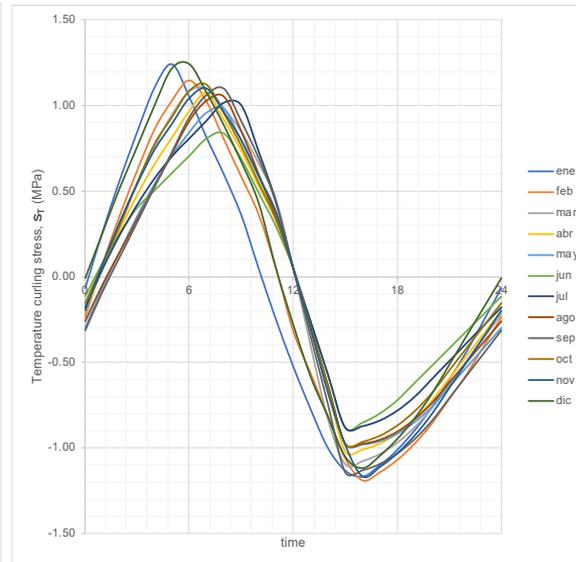


Efecto de Temperatura y Relación con Alabeo

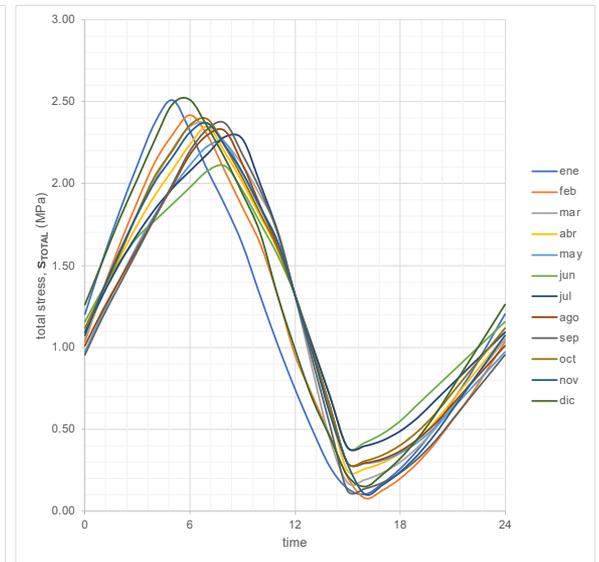
LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO



a) Evolución diaria de temperatura promedio mensual



b) Evolución diaria de tensiones de alabeo



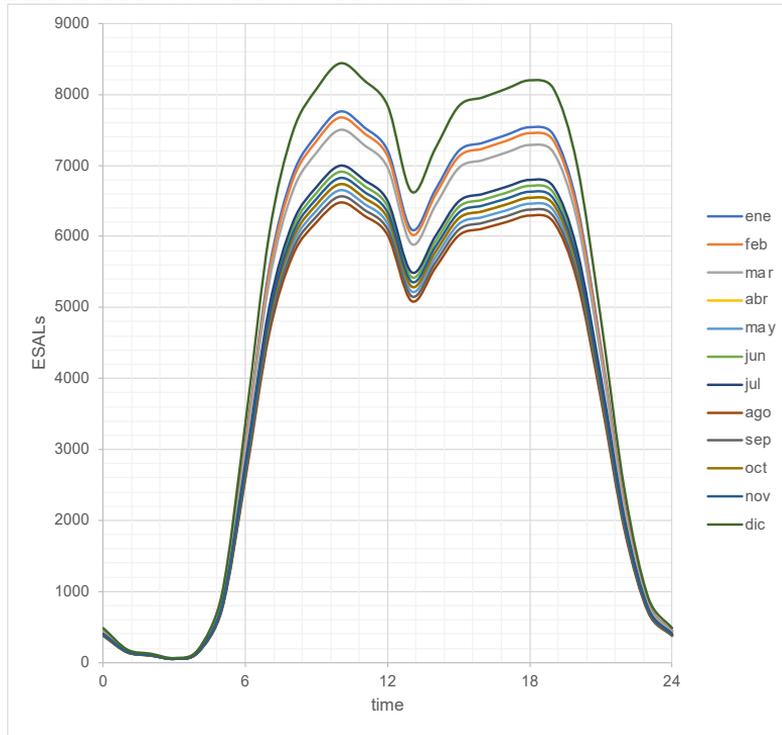
c) Evolución diaria de tensiones totales (carga de rueda + alabeo)

Figura 5: 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.

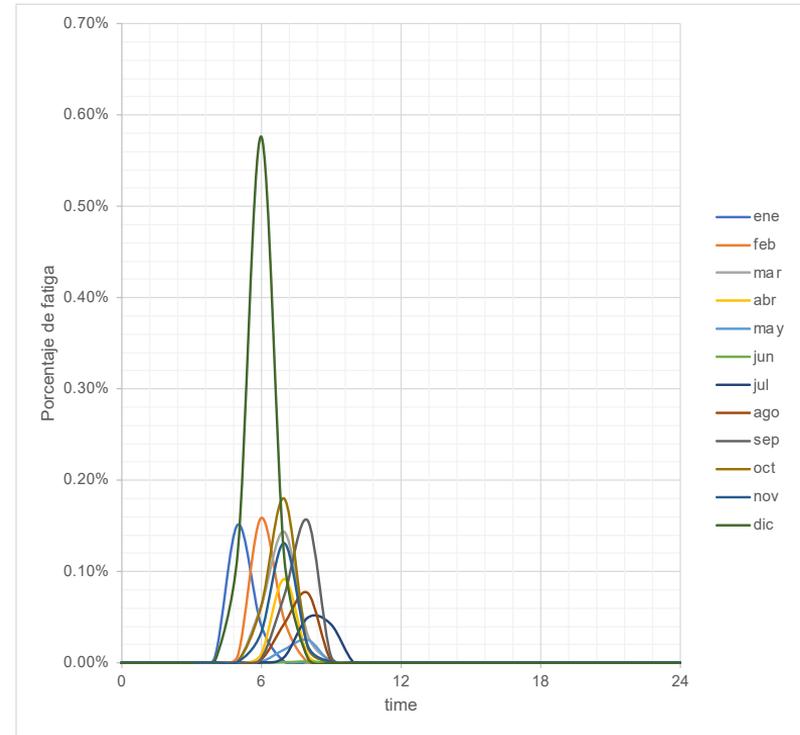


Efecto del Tránsito y su Relación con el Alabeo

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO



a) Evolución diaria del tránsito como promedio mensual



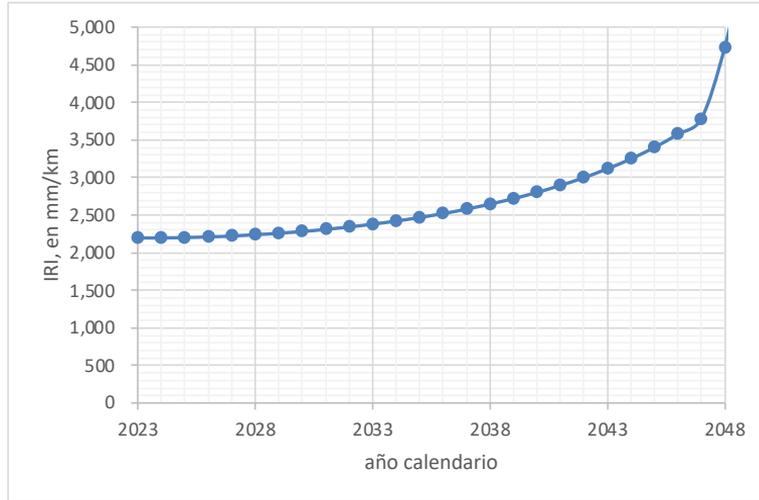
b) Evolución diaria del consumo de fatiga como promedio mensual

Figura 6: 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.

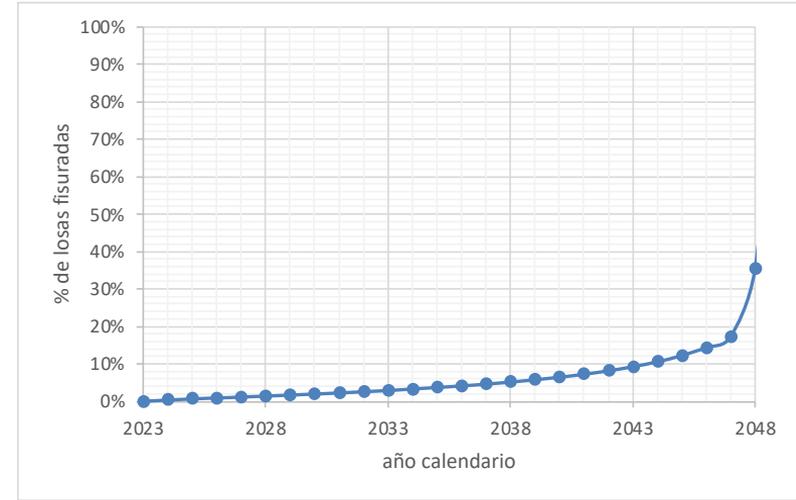


Efecto del Tránsito sobre el Deterioro

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO



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

Figura 7: 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 servicio. 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.



Algunas Fotografías de Ruta 3 (2018)

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO



Proyecto:
Contratista: INCOCI S.A. – Cujó S.A., UTE

Fotos: Ing. Jean Pierre Bidegain (Director de Obra de INCOCI S.A.)



Consideraciones Finales

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

- La técnica de WT (whitetopping) es una alternativa de refuerzo de pavimentos existentes utilizada en USA desde hace varias décadas.
- Si bien hasta hace unos años se consideraba una técnica confiable para tránsitos bajos y moderados, la experiencia nos muestra que es posible diseñar para tránsitos mayores de 50 millones de ESALs que, dependiendo del caso, permiten buenos niveles de servicio durante 15 a 25 años sin mayores intervenciones de mantenimiento.
- Actualmente, en Latinoamérica tenemos ingenieros (diseño y construcción) y empresas (construcción) con experiencia en la construcción de recapados en hormigón (concreto).
- La experiencia en las rutas nacionales N° 24 y N° 3 en Uruguay donde el comportamiento en servicio de los WTs se mantiene dentro de lo esperado por lo que se los considera casos exitosos, nos muestran que es una técnica disponible para las condiciones tecnológicas y, además, de contexto social, económico y político de Latinoamérica.
- Invito al resto de Latinoamérica a sumar esta alternativa en el análisis de soluciones para disponer de pavimentos que mantengan buenos niveles de servicio durante mayor tiempo y a menor costo.



Sólo hace falta animarnos, VAMOS LATINOAMÉRICA!!!!!!



*Fotografías del proyecto de refuerzo en WT
(whitetopping de ruta nacional N°3 en Uruguay.*

Foto: E. Becker, 2018.

12^o Congreso Iberoamericano de Pavimentos de Concreto

MAYO 10 Al 13 DE 2023 - Barranquilla, Colombia
Centro de Convenciones Blue Gardens

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

Organizan:



GRACIAS

edgardo.becker@hotmail.com
EBecker@lomanegra.com

