

# 12<sup>o</sup> 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<sup>o</sup> Congreso Iberoamericano de Pavimentos de Concreto

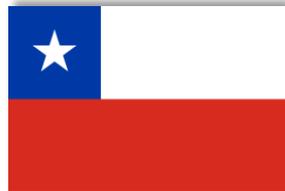
MAYO 10 Al 13 DE 2023 - Barranquilla, Colombia  
Centro de Convenciones Blue Gardens

## LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO



### REFUERZO NO ADHERIDO CON LOSAS DE GEOMETRÍA OPTIMIZADA AUTOPISTA LA PÓLVORA EN CHILE

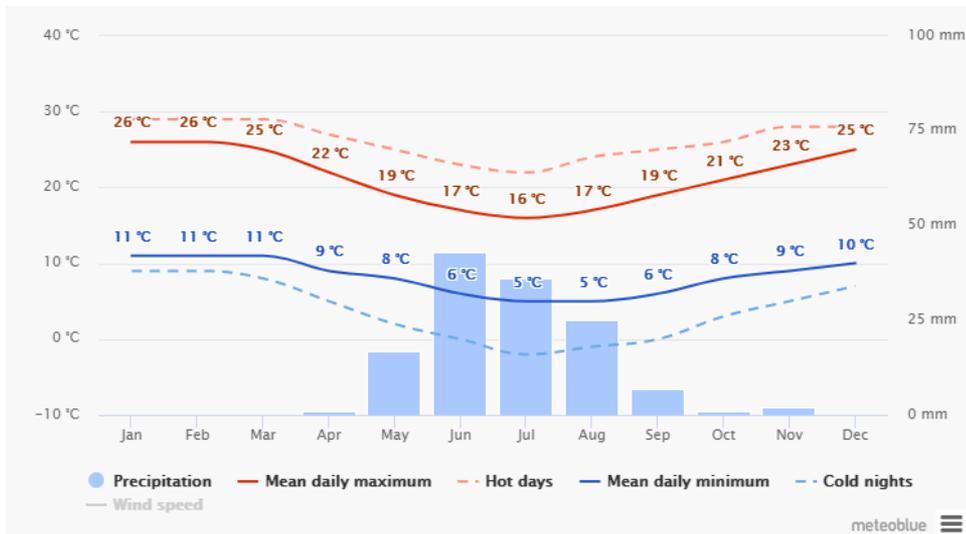
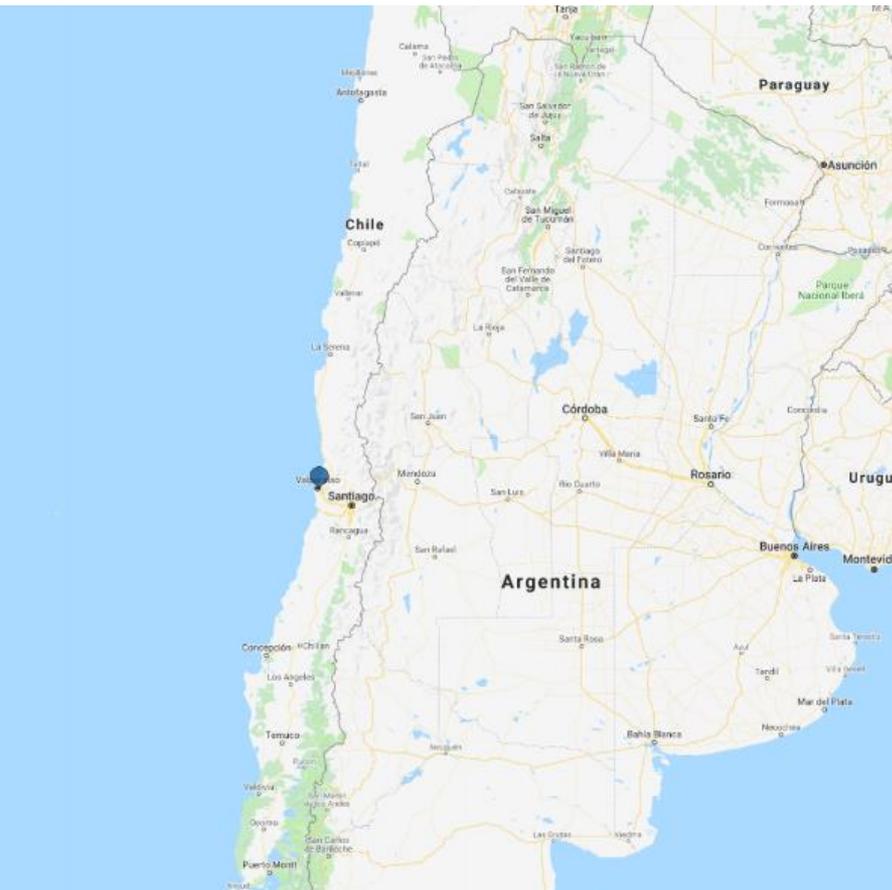
PELAYO DEL RIO BAEZA  
TCPAVEMETNS FORTA  
CHILE





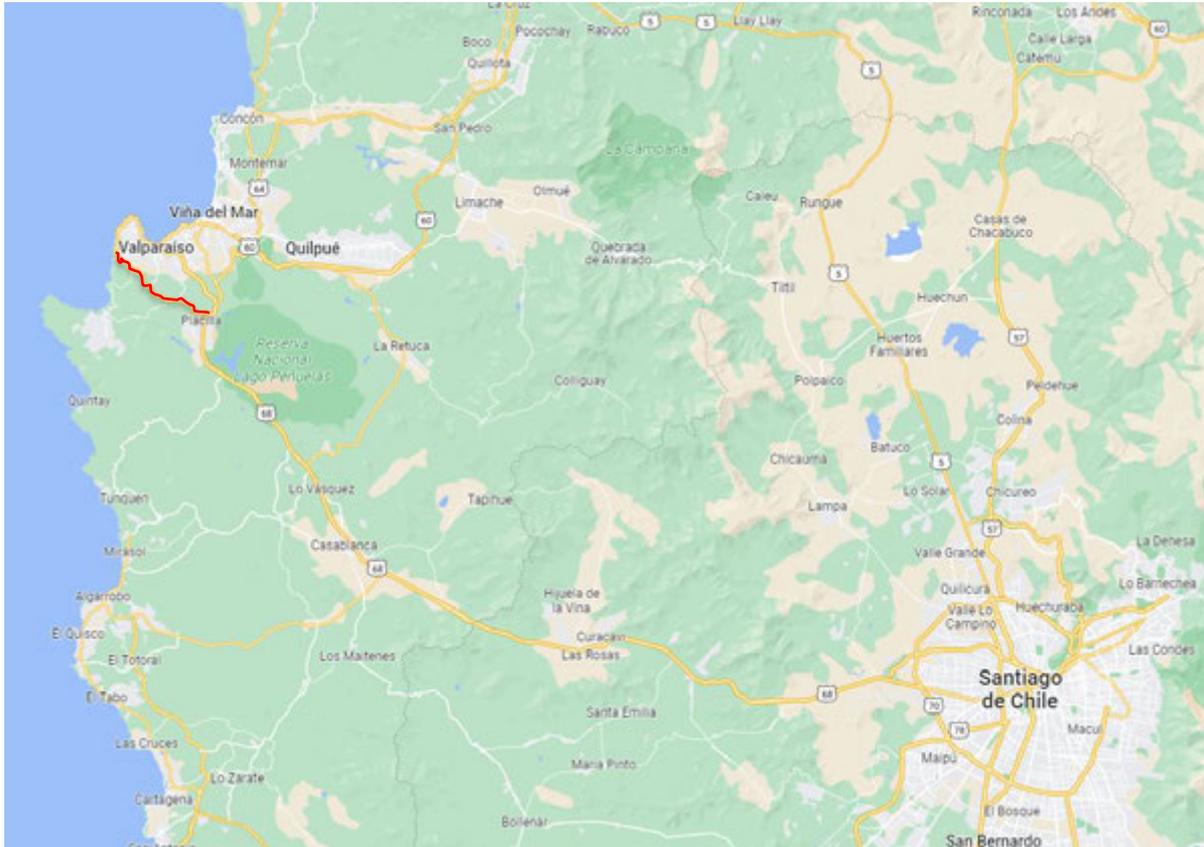
# Ruta 60 Ch Camino La Pólvara, Chile

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO





## LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO



- 14 km de largo
- Acceso a Puerto de Valparaíso
- Ruta 60 Ch:
  - Puerto Valparaíso
  - Paso Fronterizo con Argentina



## Estado previo

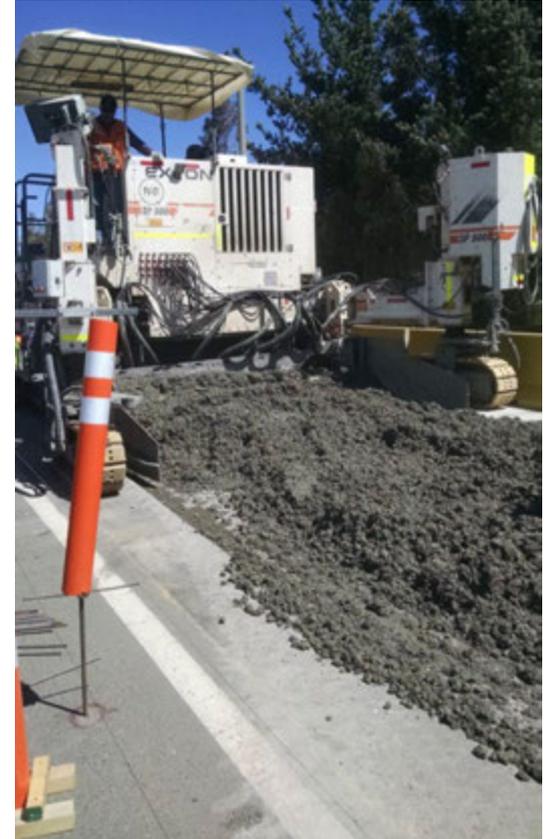






### LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

- Tráfico: 189.000.000 EE
- MOR concreto: 5 MPa
- Resistencia residual: 1 MPa (fibras sintéticas)
- Espaciamiento entre juntas de 175 cm (5.7 ft)
- Módulo Concreto: 29.000 MPa
- Subrasante:
  - Principalmente pavimento de asfalto sin intervención, salvo ahuellamiento sobre 3 cm
  - Base Tratada con Cemento con geotextil en terceras pistas, para simular rigidez del Asfalto
- Espesor de asfalto remanente mínimo: 6 cm (2.3 in)





## Ruta 60 Ch Camino La Pólvora, Chile

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO



### Thickness

23 cm con Fibra

### Traffic

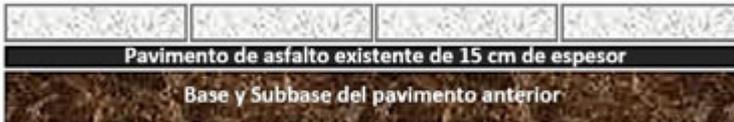
189.000.000 EE

### Year built

2016

Proyecto MOP, que da ingreso directo al puerto de Valparaíso

TCP® de 23 cm con Fibra



Subrasante



- Diseño de puertos:



35 cm



10 cm



- Dimensionar las losas de tal forma que cada una sea cargada por una rueda o set de ruedas a la vez.

### Diseño AASHTO

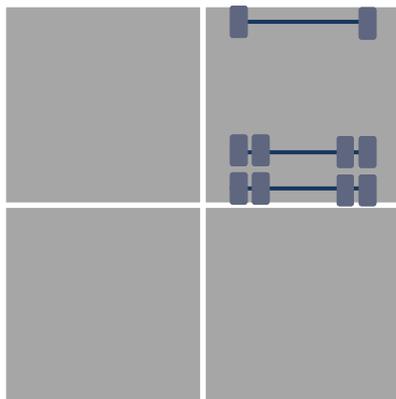


### Sistema OptiPave®





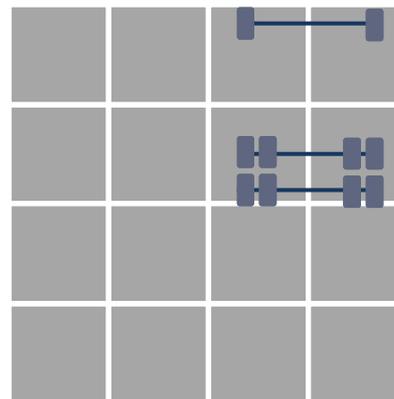
## Diseño Tradicional



### Paquete Estructural típico



## Sistema OptiPave®



### Paquete Estructural típico

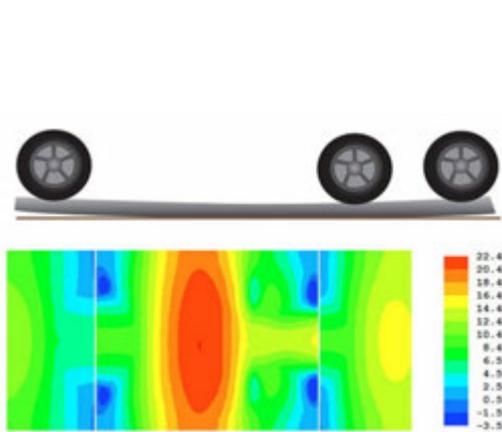




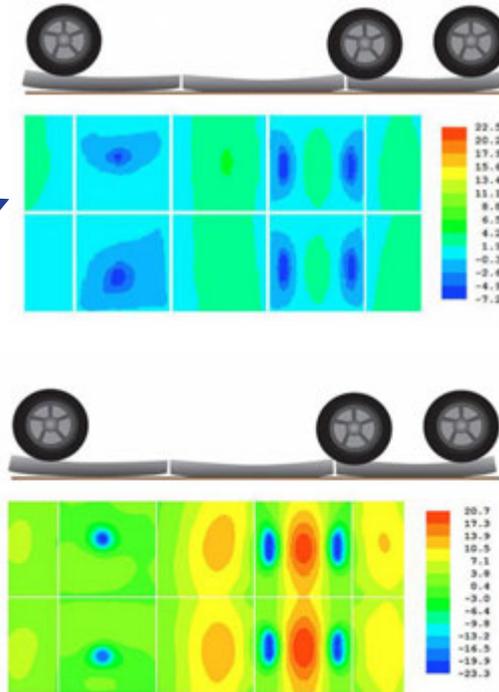
## Análisis comparación entre losa larga y losa corta

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

- Cargadas por un mismo camión, tensiones desde arriba



AASHTO  
4,5m x 3,5m  
25 cm espesor  
Máx. tensión: 22,4 kg/cm<sup>2</sup>



OptiPave®  
1,75m x 1,75m  
25 cm espesor  
Máx. tensión: 4,36 kg/cm<sup>2</sup>

OptiPave®  
1,75m x 1,75m  
15 cm espesor  
Máx. tensión: 20,7 kg/cm<sup>2</sup>



## *Ejemplo Pavimento con losas de geometría optimizada*

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

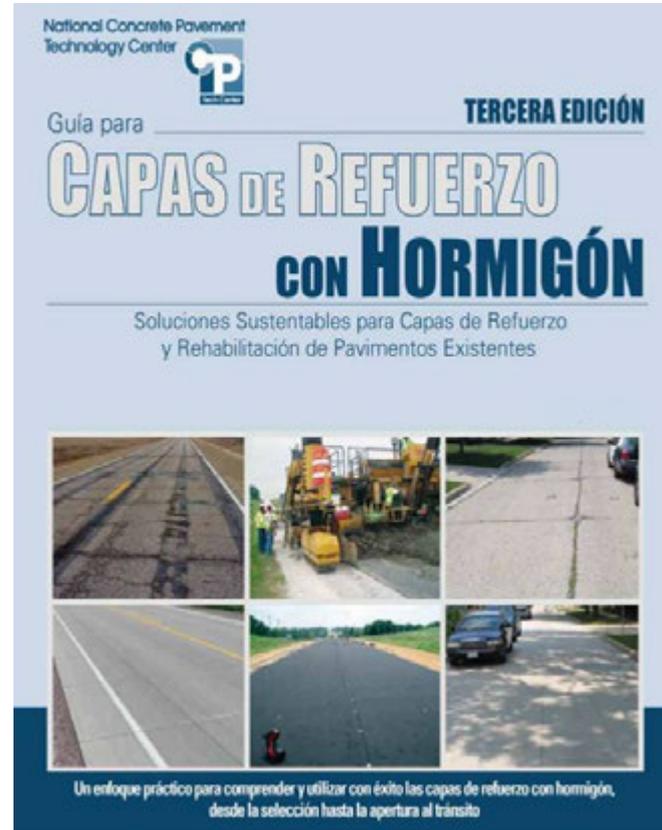




## Guía de Capas de Refuerzo con Hormigón

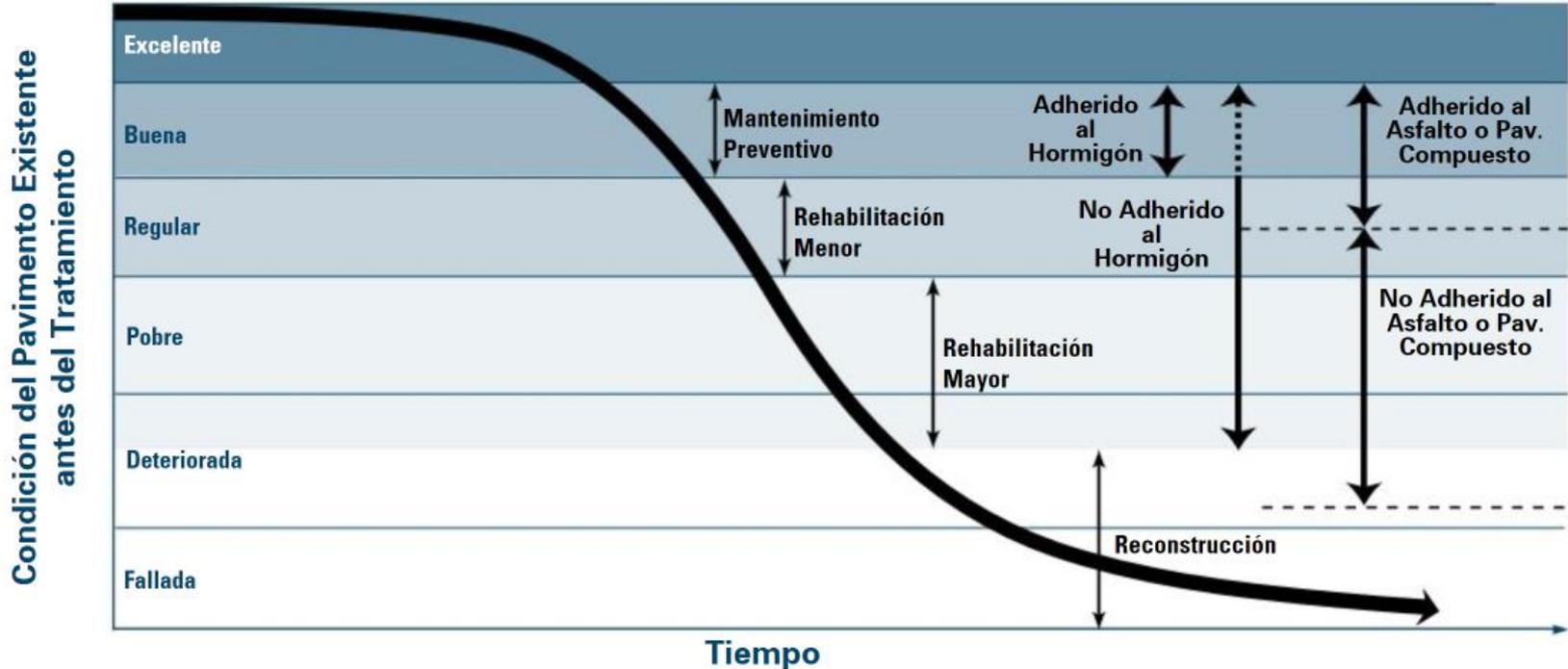
LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

- Desarrollado por la NCPTC
- Traducido al español por Roberto Alvarez (LEN) e ICH





- Según estado Actual del Pavimento





## Refuerzos adheridos y no adheridos

### 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.

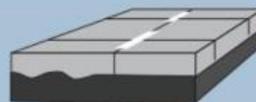
### Opción de Capa de Refuerzo no Adherida

(Rehabilitación Mayor/Menor)

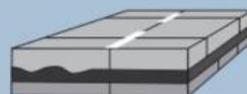
En general, las capas no adheridas son altamente confiables, proporcionando vidas de diseño mayores que una rehabilitación con asfalto.

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

#### SOBRE ASFALTO



#### SOBRE PAVIMENTO COMPUESTO



#### SOBRE HORMIGÓN





## Soluciones Adheridas

Tipo de refuerzo	Parámetros Típicos para Diseño y Programas Computacionales							
	Tránsito (Millones de EE)	Espesor Típico de la Losa de Hormigón	Espaciamiento Máximo de las Juntas (m)	Rango de la Condición del Pavimento Existente	Opción de Micro Fibras (en el software)	Barras Traspaso Cargas; Juntas Transversales	*Barras de Amarre en Junta Longitudinal más Importante	Procedimiento de Diseño Recomendado
Capa de Refuerzo con Hormigón Adherido al Pavimento Asfáltico	Hasta 15	75–150 mm (3-6 in.)	18 veces el espesor (m)	Regular a bueno	Si	No	No	1, 2, 8
Capa de Refuerzo con Hormigón Adherido al Pavimento Hormigón	Hasta 15	75–150 mm (3-6 in.)	Deben coincidir con grietas y juntas existentes y cortar juntas intermedias	Regular a bueno	Si	No	No	3, 4, 5
Capa de Refuerzo con Hormigón Adherido al Pavimento Compuesto	Hasta 15	75–150 mm (3-6 in.)	18 veces el espesor (m)	Regular a bueno	Si	No	No	1, 2, 8
Capas de Refuerzo Delgadas con Fibras al Pavimento Asfáltico	Hasta 15	50-75 mm (2-3 in.)	1,2- 1,8 m	Regular a bueno	Si	No	No	7

- Bonded Concrete Pavement on Asphalt (BCOA) Thickness Designer (ACPA 2012)
- BCOA ME (Vandenbossche 2013)
- Guide for Design of Pavement Structures. 4th ed. (AASHTO 1993)
- Mechanistic - Empirical Design Guide – A Manual of Practice (no year)
- StreetPave (ACPA 2012)
- Optipave V2.0. (TCPavements 2010)
- Flowable Fibrous Concrete for Thin Pavement Inlays (Bordelon and Roesler 2011) (see Appendix C)
- Illinois DOT's spreadsheet for bonded concrete inlay/overlay of asphalt design (Roesler et al. 2008)



# Criterios para Definir el Tipo de Capa de Refuerzo

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

## Soluciones No Adheridas

Tipo de refuerzo	Parámetros Típicos para Diseño y Programas Computacionales							
	Tránsito (Millones de EE)	Espesor Típico de la Losa de Hormigón	Espaciamiento Máximo de las Juntas (m)	Rango de la Condición del Pavimento Existente	Opción de Micro Fibras (en el software)	Barras Traspaso Cargas; Juntas Transversales	*Barras de Amarre en Junta Longitudinal más Importante	Procedimiento de Diseño Recomendado
Capa de refuerzo con hormigón no adherido al pavimento asfáltico	Hasta 100	100-280 mm (4-11 in.)	Losas < 150 mm (6 in.)-use 18 veces el espesor (m) Losas ≥ 150 mm (6 in.)-use 24 veces el espesor (m) Losas > 170 mm (7 in.)-use 4,5 m (15 ft)	Deteriorado a regular	Si	Para losas > 170 mm (7 in.)	H ≥ 150 mm (6 in.) use normas estándar	3, 4, 5
Capa de Refuerzo con Hormigón no Adherido al Pavimento Hormigón	Hasta 100	100-280 mm (4-11 in.)	Losas < 127 mm (5 in.)-use losas 1,8 x 1,8 m (6 ft x 6ft) Losas 127-170 mm (5-7 in.) use 24 veces el espesor (m) Losas > 170 mm (7 in.)-use 4,5 m (15 ft)	Deteriorado a regular	Si	Para losas > 170 mm (7 in.)	H ≥ 150 mm (6 in.) use normas estándar	3, 4, 5
Capa de Refuerzo con Hormigón no Adherido al Pavimento Compuesto	Hasta 100	100-280 mm (4-11 in.)	Losas < 150 mm (6 in.)-use 18 veces el espesor (m) Losas ≥ 150 mm (6 in.)-use 24 veces el espesor (m) Losas > 170 mm (7 in.)-use 4,5 m (15 ft)	Deteriorado a regular	Si	Para losas > 170 mm (7 in.)	H ≥ 150 mm (6 in.) use normas estándar	3, 4, 5
Losas Cortas de Hormigón No Adherido	Hasta 100	> 75 mm (> 3 in.)	1,2 – 2,4 m (4 – 8 ft)	Mala a regular	Si	Para losas > 170 mm (7 in.)	Para losas ≥ 90 mm (3,5 in.) con bermas de hormigón amarradas o para H ≥ 150 mm (6 in.)-use normas estándar	6

- Bonded Concrete Pavement on Asphalt (BCOA) Thickness Designer (ACPA 2012)
- BCOA ME (Vandenbossche 2013)
- Guide for Design of Pavement Structures. 4th ed. (AASHTO 1993)
- Mechanistic - Empirical Design Guide – A Manual of Practice (no year)
- StreetPave (ACPA 2012)
- Optipave V2.0. (TCPavements 2010)**
- Flowable Fibrous Concrete for Thin Pavement Inlays (Bordelon and Roesler 2011) (see Appendix C)
- Illinois DOT's spreadsheet for bonded concrete inlay/overlay of asphalt design (Roesler et al. 2008)



- Permite Diseñar Capas de refuerzo con Hormigón No Adheridos
  - No adheridos Sobre Hormigón (Colocando Geotextil entremedio)
  - No Adheridos Sobre Asfalto Existente

**Nº de Capas:** 2

Tipo de Suelo	Módulo Resiliente Invierno (MPa)	Módulo Resiliente Verano (MPa)	Módulo de Poisson	Espesor (mm)
Base: Geotextil	100	100	0.5	5
2ª Capa: Pavimento de Horr	29000	29000	0.15	200
Subrasante: A-1-a	60	72	0.35	

**Propiedades de la base**

Resistencia a la erosión (Capa Bajo el Pavimento): 3

Coefficiente de Fricción Pavimento-Base: 0.65

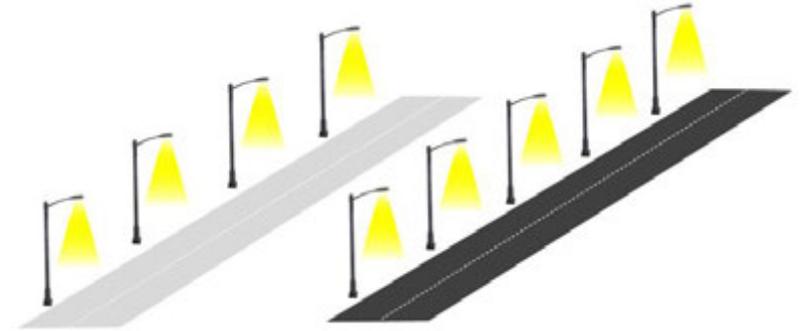
Material Fino Bajo Malla N° 200 (Capa Bajo el Pavimento): 8 (%)

Tipo de Suelo	Módulo Resiliente Invierno (MPa)	Módulo Resiliente Verano (MPa)
Base: Geotextil	100	100
2ª Capa: Pavimento de Horr	29000	29000



## ***Con respecto a soluciones tradicionales en Asfalto***

- Pavimentos sustentables
- Pavimentos competitivos en Costo Directo
- Pavimentos mas Durables
- Pavimentos con muy Bajo Costo de Mantención
- Ventajas del Material
  - Mayor Luminosidad
  - Menor Efecto Isla-Calor



## ***Con respecto a soluciones tradicionales en Concreto***

- Pavimentos sustentables
- Pavimentos mas económicos (20-30% de Ahorro)
- Mas Rápidos de Construir
  - Menos Juntas de Construcción



# Ruta 60 Ch Camino La Pólvara, Chile

## LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

		Longitud (Km)	30				
		Ancho Calzada (m)	14				
			420.000 m2				
		<b>Proyecto Asfalto</b>		<b>Hormigón Tradicional</b>		<b>Hormigon TCP</b>	
	Unidad	Espesor	TOTAL	Espesor	TOTAL	Espesor	TOTAL
HCV con Fibra	m3		USD -		USD -	0,21	USD 11.459.418
HCV	m3		USD -	0,33	USD 15.928.657		USD 0
Asfalto Carpeta de rodado	m <sup>3</sup>	0,07	USD 4.704.000		USD -		USD 0
Asfalto 2 Categoría (2 capas)	m <sup>3</sup>	0,14	USD 8.232.000		USD -		USD 0
Remoción material	m <sup>3</sup>	0,81	USD 3.300.448	0,15	USD 611.194		USD 0
Sub-Base estabilizada CBR 40%	m <sup>3</sup>	0,45	USD 3.969.000		USD -		USD 0
Base estabilizada CBR 60%	m <sup>3</sup>		USD -	0,15	USD 1.638.000		USD 0
Base estabilizada CBR 80%	m <sup>3</sup>	0,15	USD 1.827.000		USD -		USD 0
Imprimacion	m <sup>2</sup>	1	USD 420.000		USD -		USD 0
Riego Liga	m <sup>2</sup>	2	USD 840.000		USD -		USD 0
Colocacion H°	m2		USD -	1	USD 3.360.000	1	USD 3.360.000
Membrana de curado	m <sup>2</sup>		USD -	1	USD 336.000	1	USD 336.000
Geotextil	m <sup>2</sup>		USD -	1	USD 336.000	1	USD 336.000
Corte Hormigon	m		USD -	0,28	USD 70.560	0,85	USD 214.200
Royalty TCP Patente	m <sup>2</sup>		USD -			1	USD 756.000
		Total solucion en Asfalto	USD 23.292.448	Total Hormigón Tradicional	USD 22.280.411	Total TCP	USD 16.461.618
		Costo KM	USD 776.415	Costo KM	USD 742.680	Costo KM	USD 548.721

	Costs	Savings
Savings (compared with Asphalt)	USD 6.830.830	41%
Savings (compared with traditional concrete pavement)	USD 5.818.793	35%



- Cualquier pavimento apoyado en el suelo en que circulen vehículos

Carreteras



Bajo tránsito



Industriales



Urbanizaciones

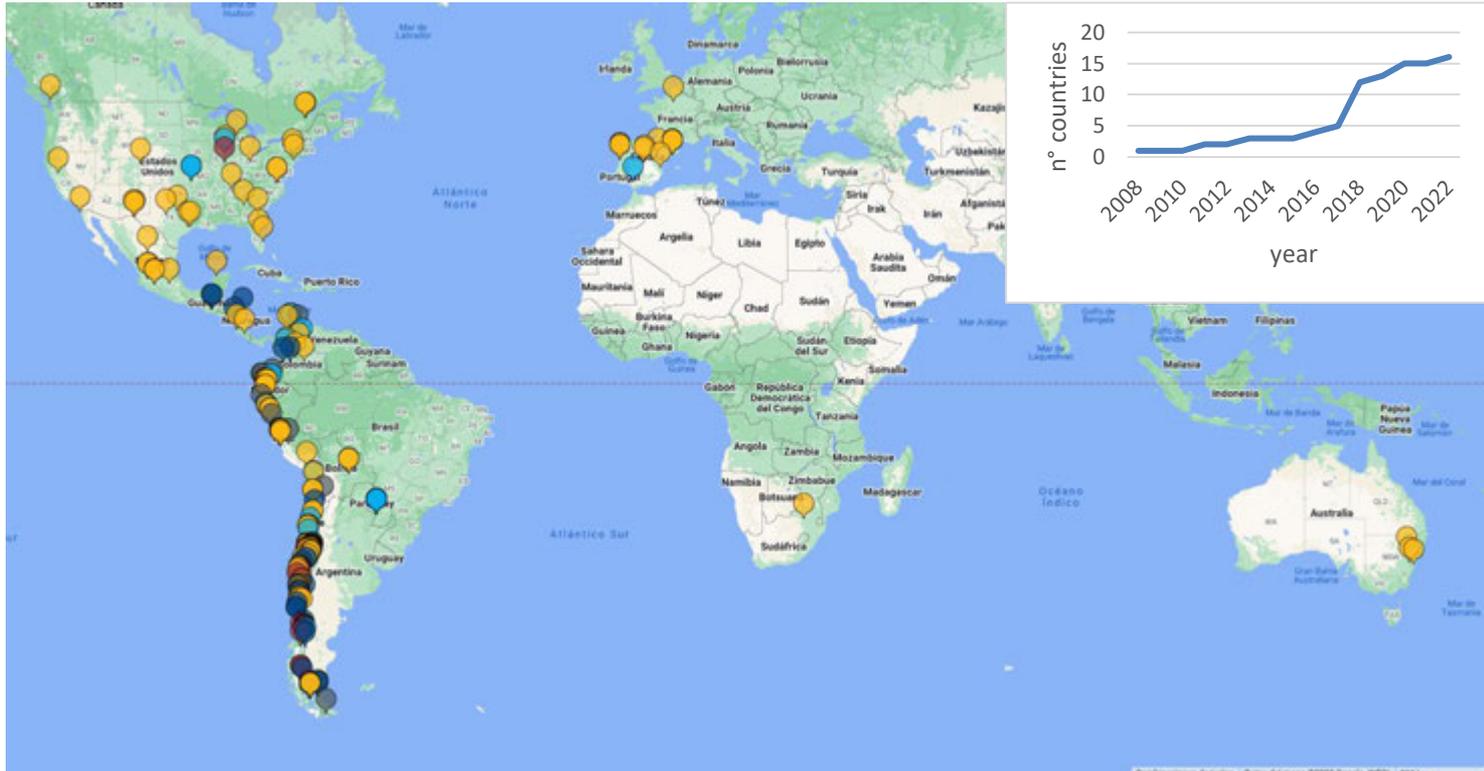


Estacionamientos





## LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO



### Tipo de proyecto

- Carretera
- Bajo Tránsito
- Industriales
- Urbanizaciones
- Estacionamientos

### Seguimiento con

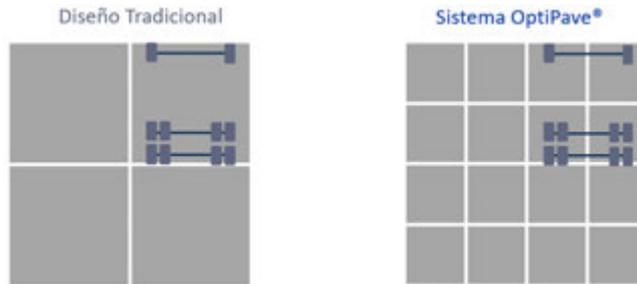




LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

### *En el diseño y construcción para Sistema OptiPave®*

- Losas de menor dimensión (media pista x 1,20 a 2,5 m)



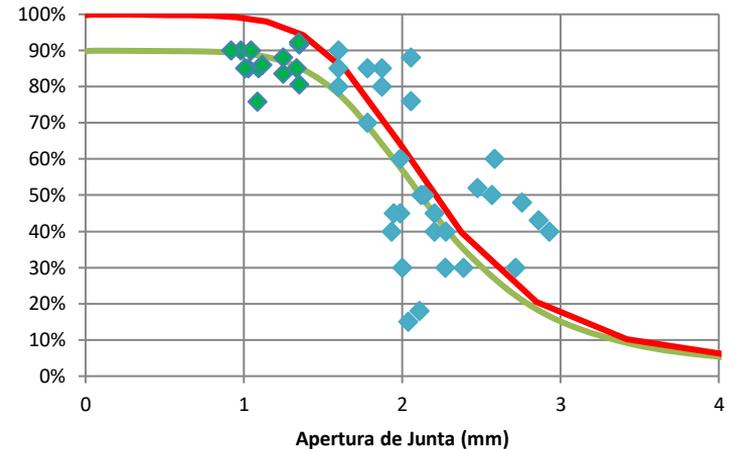
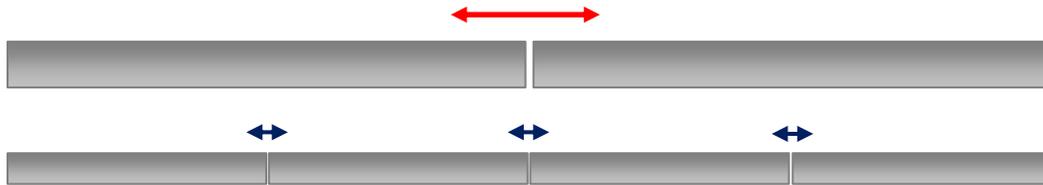
- No requiere sello de juntas (limitando erosión y desportillamiento)
  - Base granular (con limitación de finos), base asfáltica o BTC
  - Corte de juntas delgado (1,9mm- 2,5mm)
  - Geotextil entre sub rasante y base (evita migración de finos)



LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

## En el diseño y construcción para Sistema OptiPave®

- Normalmente no requiere barras de transferencia de cargas en las juntas aserradas
  - Mayor transferencia de carga debido al tamaño reducido de las losas



- Las juntas de construcción se tratan como cualquier pavimento
- Se construyen de manera similar a un pavimento tradicional



# ¿Cómo se llegó a participar de un proyecto tan importante?

Desarrollo OptiPave



- ATLAS (Advanced Transportation Loading ASsembly)



Tramos	Losa Sur	CBR	Losa Norte	CBR
8 cm	120.000 EE	4%	3.000 EE	< 2%
8cm Fibra	234.000 EE*	4%	65.000 EE	< 2%
15 cm	22.000.000 EE	6%	14.000.000 EE	2%
20 cm	20.000.000 EE*	6%	50.000.000 EE *	2-3%
10 cm sobre 21 cm Asfalto	10.000.000 EE	5%	2.000.000 EE	2-3%
15 cm sobre 14 cm Asfalto	57.000.000 EE*	5%	69.000.000 EE	2-3%

Se considera como vida útil un daño de 30% de losas agrietadas

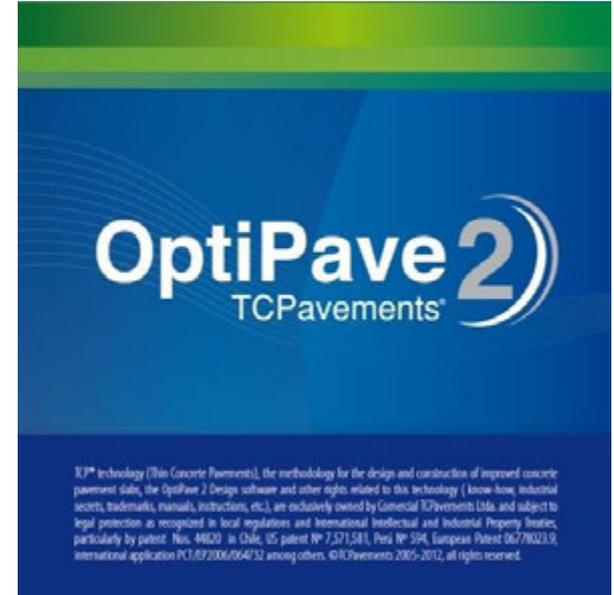
\* 0% losas agrietadas



LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

## Características Principales:

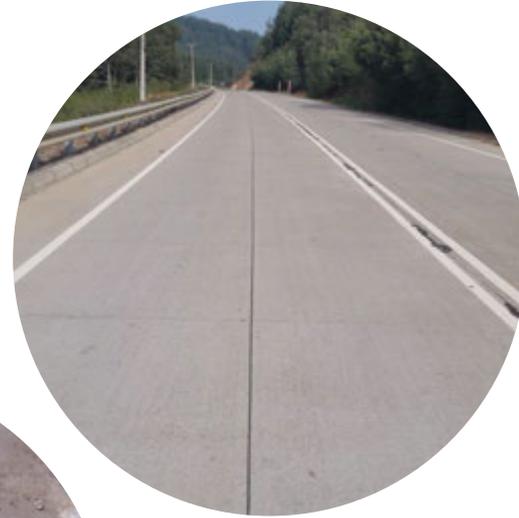
- Ingreso de información de tráfico
  - ESALS
  - Espectro de carga
- Calculo de coeficiente de balasto ( $K_c$ ) a partir de sistema multicapa
- Características de los materiales
  - Características del concreto
  - concreto reforzado con fibra
- Información de Construcción
  - Gradiente de construcción
  - Temperatura de construcción
- Divide el año en dos períodos por cambio de propiedades:
  - Transferencia de carga
  - $K_c$  del suelo
  - Tráfico





### *Se debía Buscar una metodología para eliminarlas:*

- Primera Iteración (2007):
  - Bases con 5 % de finos
  - Sierra Corte de 1,9mm ( sierra delgada)
- Segunda Iteración (2012)
  - Bases con 8% de finos
  - Sierra de Corte de 2,5mm
- Tercera Iteración:
  - Bases hasta 12 % de finos en climas secos

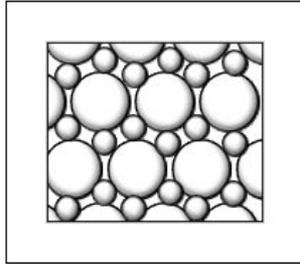




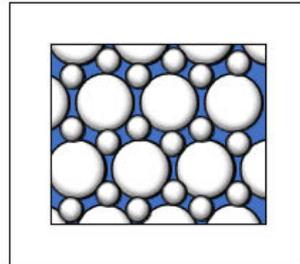
# Diferencias entre bases con alto y bajo contenido de fino

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

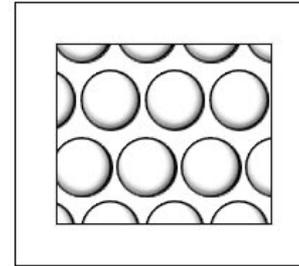
## Base Granular **con alto** contenido de finos



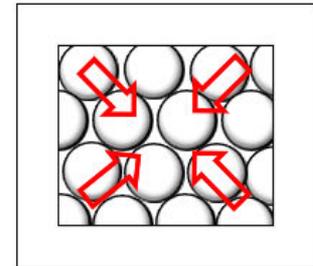
Material fino separa a material grueso



En presencia de agua y tráfico, se puede producir el lavado de finos

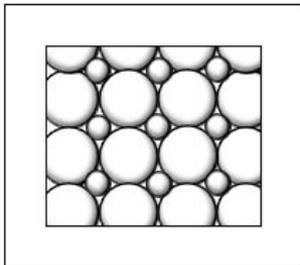


Material grueso queda separado entre sí

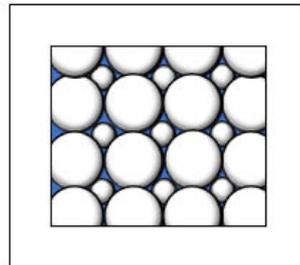


Debido a la pérdida de material, se pierde compactación de la base

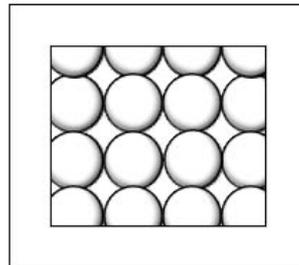
## Base Granular **con bajo** contenido de finos



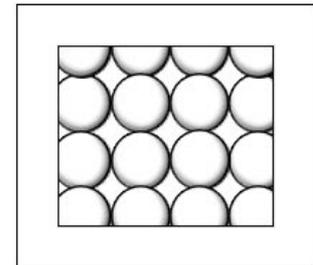
Material grueso está de tope, no hay material fino que lo separe



En presencia de agua y tráfico, se puede producir lavado de finos



Material grueso sigue de tope, sin espacio entre sí



No se genera pérdida de compactación de la base



## Resultados tramos 8 cm con y sin fibra estructural

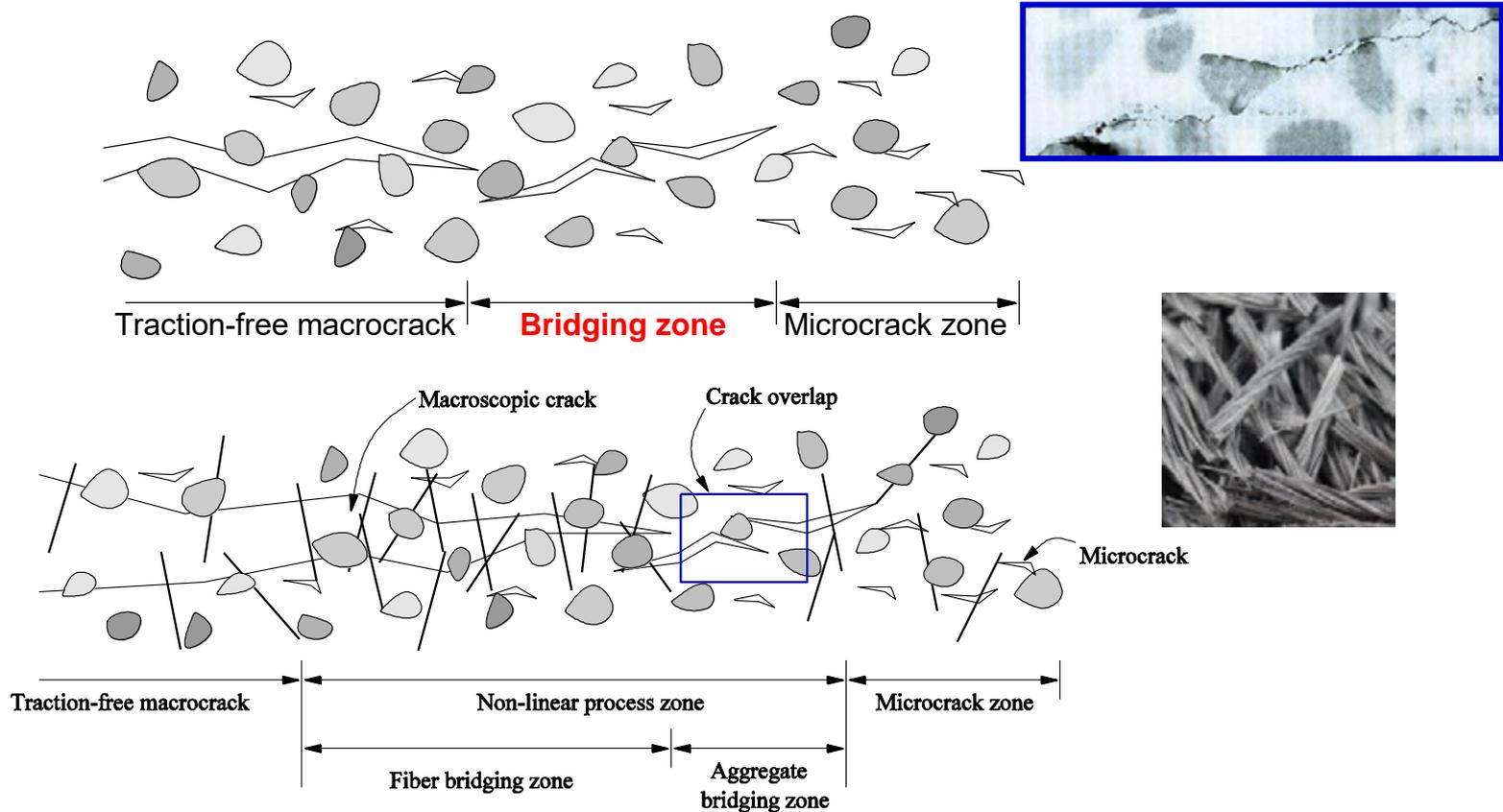
LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO





# Mecanismo de falla del Concreto

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO





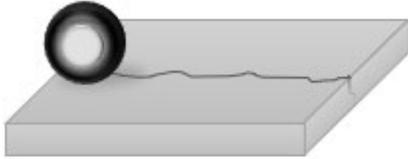
## Posibles modos de falla en una losa



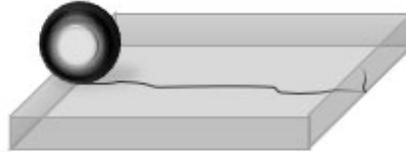
Grieta Transversal desde Arriba



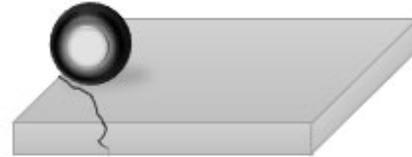
Grieta Transversal desde Abajo



Grieta Longitudinal desde Arriba



Grieta Longitudinal desde Abajo



Grieta de Esquina



Escalonamiento



# Cómo funcionan los sistemas

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

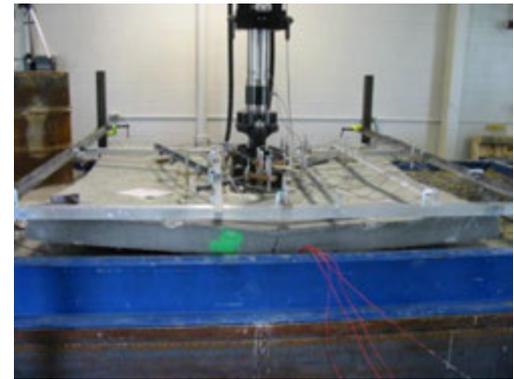
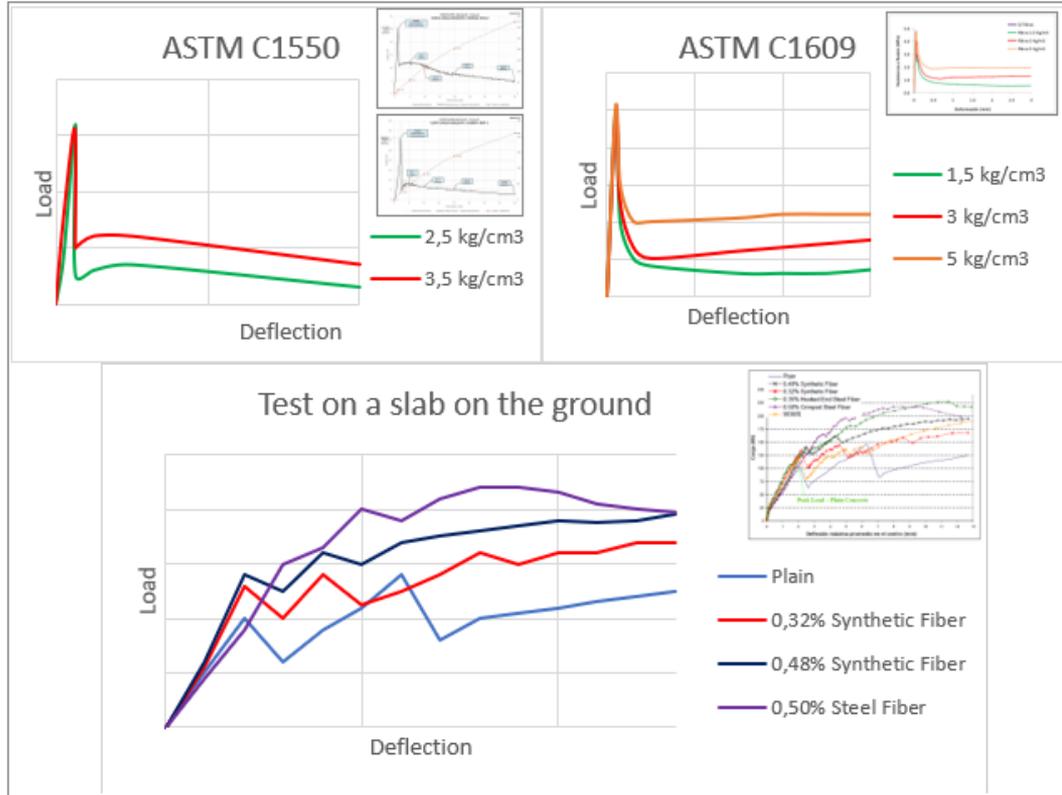
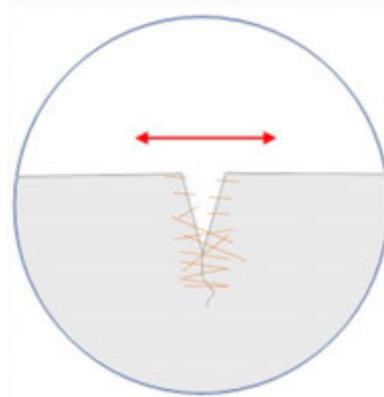
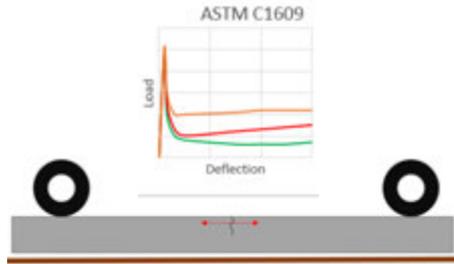


Figure 2, Schematic differences between test methods for flexural performance of FRC



## Grietas de arriba-abajo vs abajo-arriba

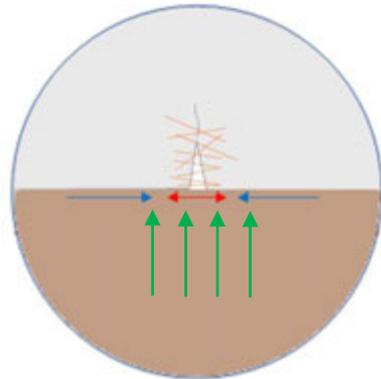
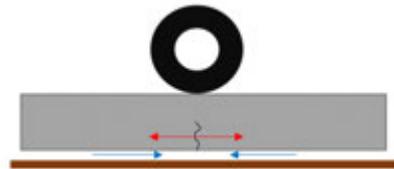
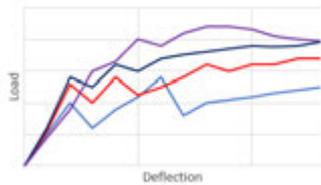
LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO



- Grietas de arriba-abajo

- Borde libre, sin restricción (base) que impida el desplazamiento
- La fibra no es capaz de soportar grandes desplazamientos (salvo dosis Grandes)

Test on a slab on the ground



- Grietas de abajo-arriba

- Debido a la geometría, las grietas no se pueden abrir como en el caso de grietas desde arriba hacia abajo
- El soporte bajo la losa induce tensión contraria al desplazamiento aumenta el confinamiento del concreto
- Se produce fricción que restringe la apertura de la grieta
- Se redistribuyen esfuerzos



## ¿Qué hemos aprendido del CRF para pavimentos?

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

### **Concreto reforzado con Fibra, en dosis bajas (<3,5kg o símil en metálicas)**

- Aumenta la capacidad de carga de la losa (Falla de abajo hacia arriba)
- Aumenta la capacidad de fatiga de las losa (Falla de abajo hacia arriba)
- No aumenta considerablemente la capacidad de flexión superior de la losa (falla Arriba hacia abajo)
- Evitan migración de losas
- Aumenta resiliencia de las losas
- La fibra NO aumenta la resistencia del concreto ensayado por viga en los tercios
- La fibra Metálica sin recubrimiento se puede oxidar en las juntas
- La fibra en estas dosis es difícil de medir, es muy sensible al ensayo (ASTM 1609)
- La fibra no se puede diseñar con métodos que no distingan modo de Falla (ej, AASHTO 93, PCA 84, etc)



# Construcción

Ruta 60 Ch Camino La Pólvara con  
OptiPave®



## Exigencias técnicas Proyecto

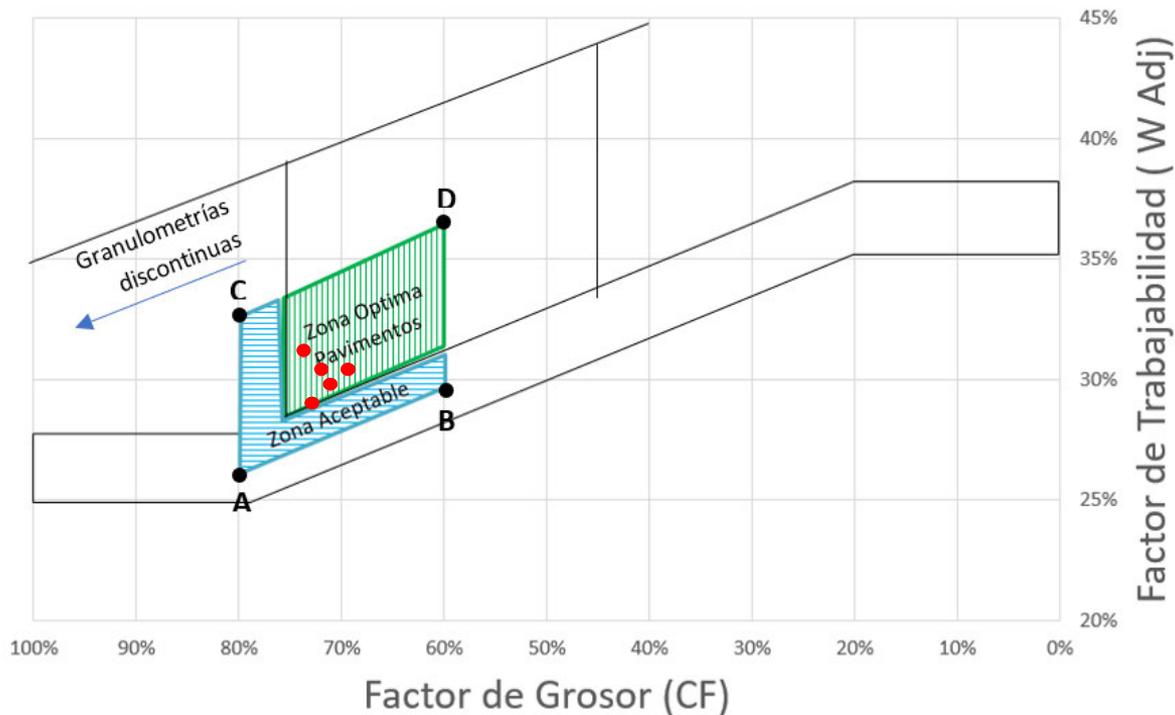
LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

- El hormigón deberá ser confeccionado con cemento hidráulico de alta resistencia y con una dosis de cemento mínimo de 300 kg/m<sup>3</sup> y máximo de 380 kg/m<sup>3</sup>.
- El hormigón deberá ser dosificado por métodos tradicionales y optimizar su granulometría mediante el método de Shilstone. El resultado deberá estar dentro de la zona achurada descrita como “Zona para pavimentos”

Requisito	Exigencia	Método
Porcentaje de chancado	Entre 60% y 90%	8.202.6 del MC-V8
Porcentaje de lajas	Máximo 2%	8.202.6 del MC-V8



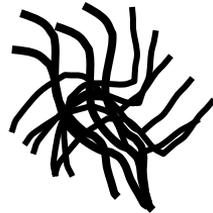
## Gráfico de Trabajabilidad





### Pruebas pre-pavimentación

- Confección de 30 concretos distintos
  - Áridos
  - Cementos
  - Aditivos
  - Fibras



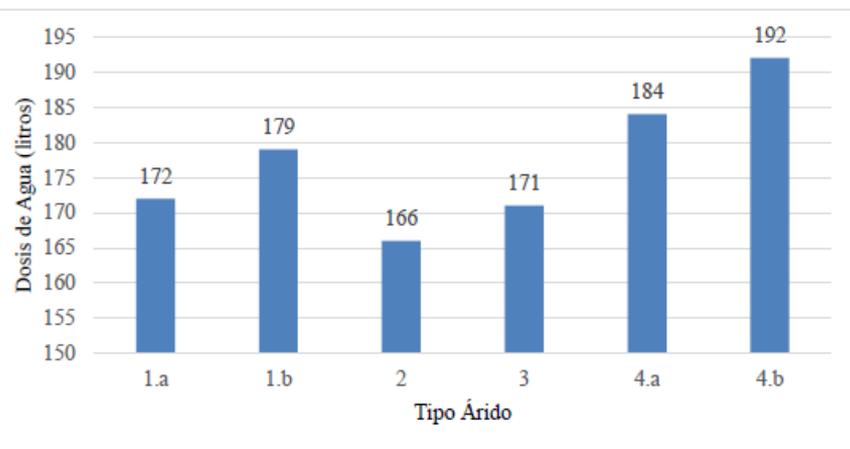
Concreto Óptimo



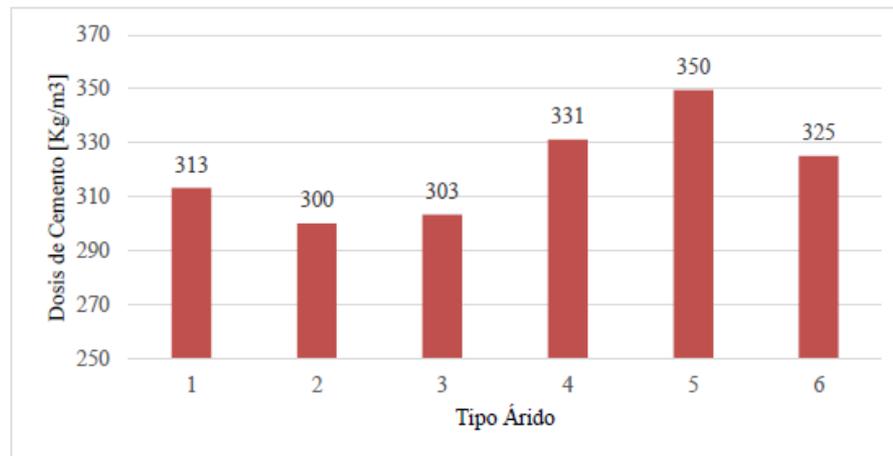
LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

## Pruebas pre-pavimentación

Dosis de agua vs tipo de árido



Dosis de Cemento vs tipo de Árido

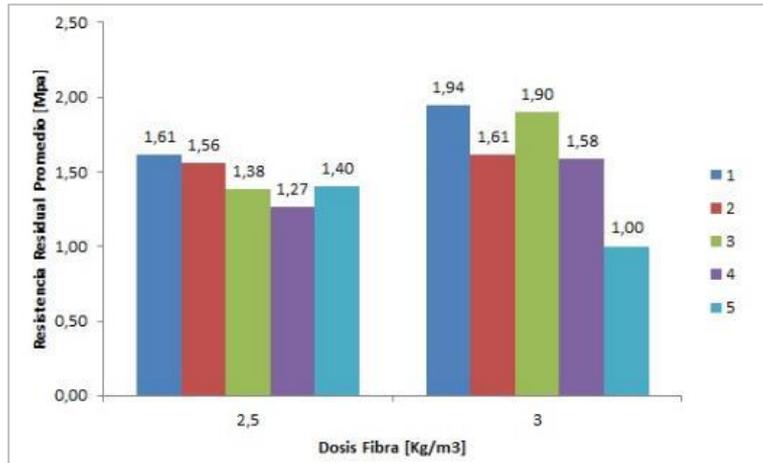




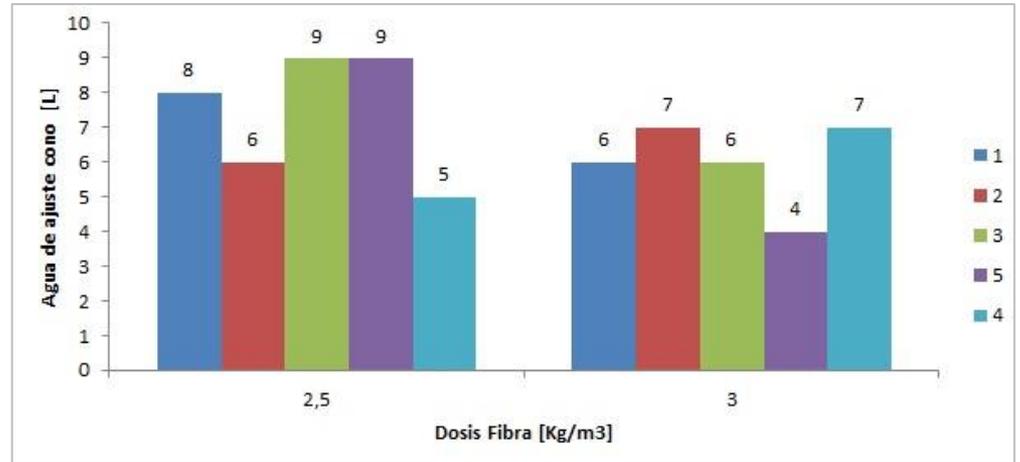
LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

## Pruebas pre-pavimentación

Resistencia residual para tipo y dosis de fibra



Agua de ajuste de cono para tipo y dosis de fibra

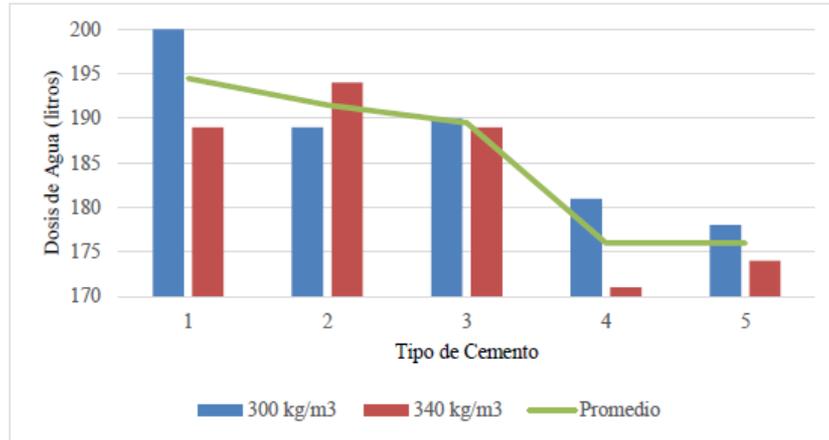




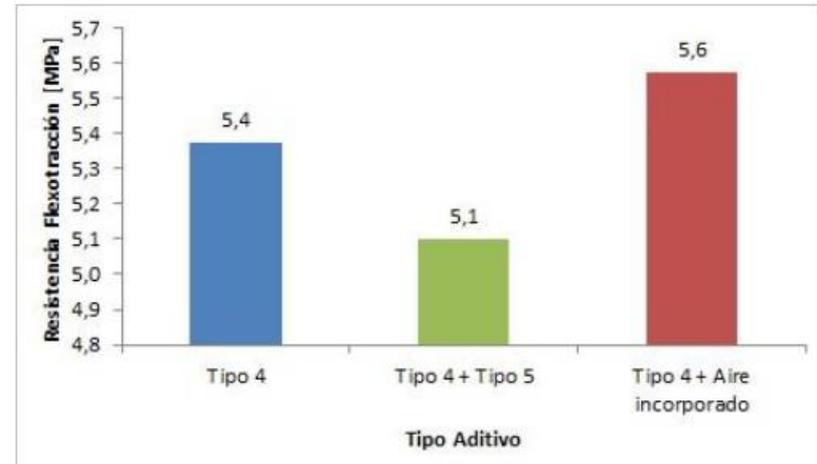
LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

## Pruebas pre-pavimentación

Dosis real de agua vs tipo y dosis de cemento



Resistencia a la Flexotracción según tipo de aditivo





### Pruebas pre-pavimentación

Hormigón HF 5,0 (80) 40 6		
Material	Tipo o Procedencia	Dosificación
Cemento (kg/m <sup>3</sup> )	Cemento formulado a base de clinker, puzolana y yeso	340
Agua Libre(kg/m <sup>3</sup> )	-	168
Grava <sup>7</sup> (kg/m <sup>3</sup> )	Río Aconcagua, Chile	698
Gravilla(kg/m <sup>3</sup> )	Río Aconcagua, Chile	132
Arena (kg/m <sup>3</sup> )	Río Aconcagua, Chile	1057
Aditivo(kg/m <sup>3</sup> )	Aditivo reductor de agua - Retardador	2,04
Fibra Sintética (kg/m <sup>3</sup> )	Fibra a base de Olefina Modificada, de 550 – 640 MPa de Resistencia a la Tracción	2,5
Relación Agua/Cemento	-	0,49



# Construcción

## LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO





# Construcción

## LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

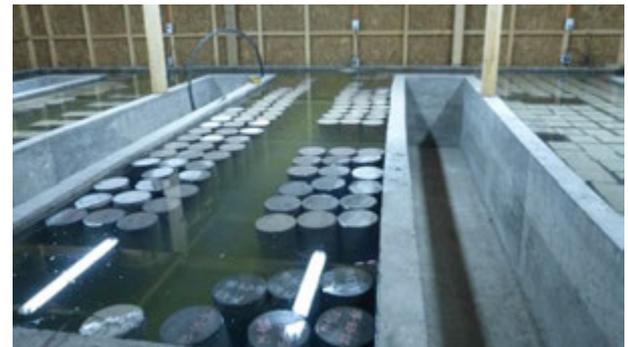
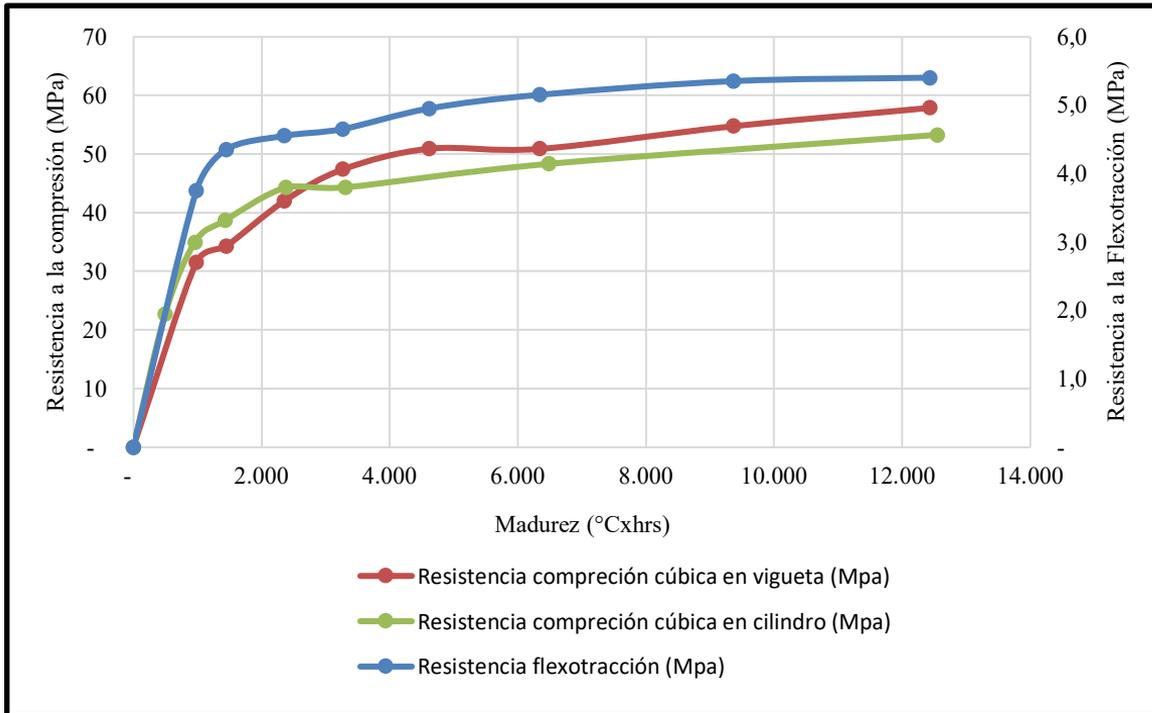




## Método de la madurez

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

- Permitió abrir a tránsito en hasta en 18 horas (con manta térmica), 36 horas normal





## Ruta 60 Ch Camino La Pólvora, Chile

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO



### Thickness

23 cm (9 in) con fibra

### Traffic

189.000.000 EE

### Year built

2016

Fibras sintéticas  
1 MPa Resistencia  
Residual

2 años después



<https://www.youtube.com/watch?v=It-2vbBQokQ&t=19s>



## Ruta 60 Ch Camino La Pólvora, Chile

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO



2 años después

### Thickness

23 cm (9 in) con fibra

### Traffic

189.000.000 EE

### Year built

2016

Fibras sintéticas  
1 MPa Resistencia  
Residual



<https://www.youtube.com/watch?v=It-2vbBQokQ&t=19s>



## Ruta 60 Ch Camino La Pólvara, Chile

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO



### Thickness

23 cm (9 in) con fibra

### Traffic

189.000.000 EE

### Year built

2016

Fibras sintéticas  
1 MPa Resistencia  
Residual

3 años después



<https://www.youtube.com/watch?v=It-2vbBQokQ&t=19s>





**TCP Pavements videos**  
113 subscribers

[CUSTOMIZE CHANNEL](#) [MANAGE VIDEOS](#)

HOME

**VIDEOS**

PLAYLISTS

CHANNELS

ABOUT

Uploads ≡ SORT BY

5:23	30:40	48:41	25:53	1:01	6:38
U-TCP: Calles Cerro Sombrero, Chile (2021) 164 views · 6 months ago	TCP: Ruta 60 Ch, Camino La Pólvara, Chile 149 views · 8 months ago	TCP: Ruta 5 Tara - Compu (2021) 36 views · 9 months ago	TCP: Ruta 5 Quellon - Colonia Yungay (2021) 24 views · 9 months ago	TCP: Ruta 201-Ch, Pellaifa - Liqueñe (2021) 120 views · 1 year ago	TCP: Ruta 201-Ch, Coñaripe - Pellaifa (2021) 137 views · 1 year ago
8:05	2:06	2:12	28:30	33:31	2:17
TCP: Parque Tricao (2021) 87 views · 1 year ago	U-TCP: Ruta G-84 (2021) 40 views · 1 year ago	TCP: Intercambio Vial de Mansiche, Perú (+7 años) 62 views · 1 year ago	TCP Ruta 257-CH Cerro Sombrero - Onaissin, Sector... 38 views · 1 year ago	TCP Ruta 257-CH Cerro Sombrero - Onaissin, Sector... 19 views · 1 year ago	TCP: Av. Sanchez Cerro, Perú 133 views · 1 year ago
10:59	11:17	7:51	1:22	4:43	1:10
TCP Ruta 257-CH Cerro Sombrero - Onaissin, Sector... 24 views · 1 year ago	TCP Ruta 257-CH Cerro Sombrero - Onaissin, Sector... 16 views · 1 year ago	TCP: Av. Jose Aguilar Santiesteban, Perú (2020) 187 views · 1 year ago	TCP: Av. Los Álamos, Perú (2020) 65 views · 1 year ago	TCP: Av. Juan Velasco Alvarado, Perú (2020) 53 views · 1 year ago	U-TCP: Ruta O-298, Tomé 121 views · 1 year ago



## Mediciones empíricas en Chile - Proyectos en estudio

### LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

Nombre proyecto	Año	Espesor de Losas (cm)	Fibra (R3e, L/150))	Largo losas (cm)	Tramo dm (km)	Tránsito de diseño (EE)
Ruta M50 Cauquenes-Chanco I	2012	17	no	220	15,220-28,600	8.000.000
Ruta 5 Quellón-Yungay	2014	17	no	175	1.272.474,5-1.257.385,0	20.000.000
Ruta 5 Tara-Compu	2014	17	no	175	1.214.237,5-1.239.365,0	20.000.000
Ruta 60 Ch Camino La Pólvara	2016	23*	1 MPa	175	0,260-16.680	189.000.000
Ruta 257 Ch Cerro Sombrero-Onaissin I	2012	14*	1 MPa	175	0,000-15,300	15.000.000
Ruta 257 Ch Cerro Sombrero-Onaissin III	2015	14*	1 MPa	175	15,300-58,800	15.000.000
Ruta G84	2013	10*	1 MPa	175	22.750-23.250	1.000.000
Ruta P46 Sara de Lebu-Pangue	2016	8*	1 MPa	175	0,000-9,000	200.000
Ruta 9 Cerro Castillo	2009	12	1 MPa	220	304.723-203.233	500.000



#### ESTADO DE PAVIMENTOS CONSTRUIDOS CON LOSAS DE GEOMETRÍA OPTIMIZADA PROYECTOS PÚBLICOS MOP CHILE

**Elaborado Por:**  
Juan Pablo Covarrubias  
Carlos Binder  
Pelayo del Río  
Matías Fernández

**En revisión:**  
Mauricio Salgado  
Victor Rocco  
Dr. Erwin Kohler  
Dr. Jeffrey Roesler

**Preparado Para:**  
SEGÚN DISTRIBUCIÓN



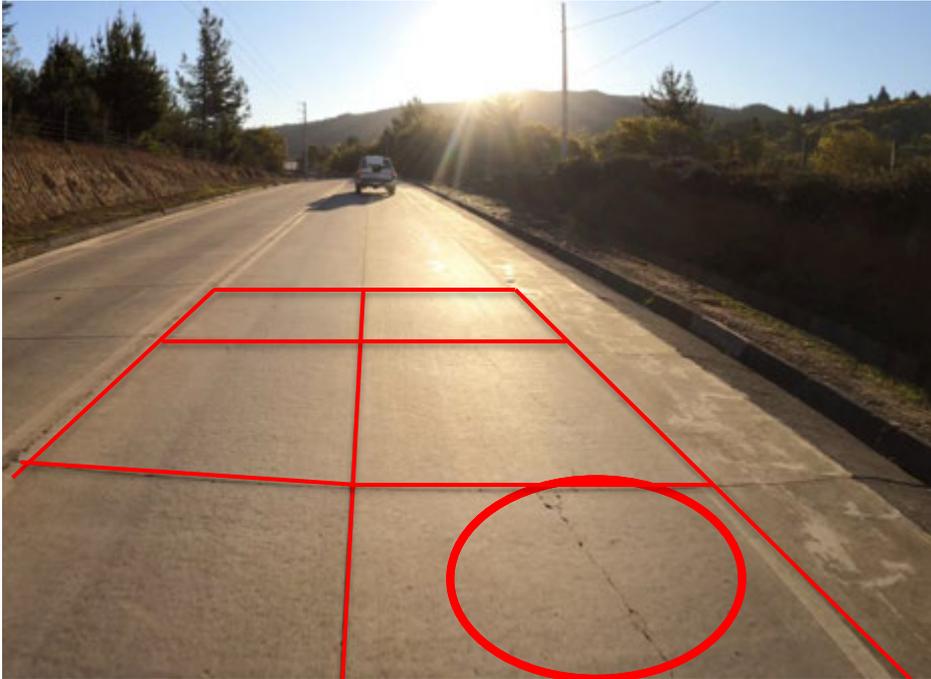
REV	FECHA	ELABORADO	REVISADO	CONTROL DE CAMBIOS
A	2021	TC Pavements		
Código Documento:				
Área:			Número de Páginas:	



# Cálculo de losas agrietadas

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

- Ejemplo:



	mm:ss	Losas con grietas	Obs	%
<b>Promedio -</b>		<b>0,131736527</b>		<b>2,2%</b>
<b>sumas</b>		<b>22</b>	<b>0</b>	
	00:02	0		0%
	00:07	0		0%
	00:12	0		0%
	00:17	1		17%
	00:22	0		0%
	00:27	0		0%
	00:32	0		0%
	00:37	0		0%
	00:42	0		0%
	00:47	0		0%
	00:52	0		0%
	00:57	0		0%
	01:02	0		0%
	01:07	0		0%
	01:12	0		0%
	01:17	0		0%
	01:22	0		0%



- Resumen mediciones Camino La Pólvara

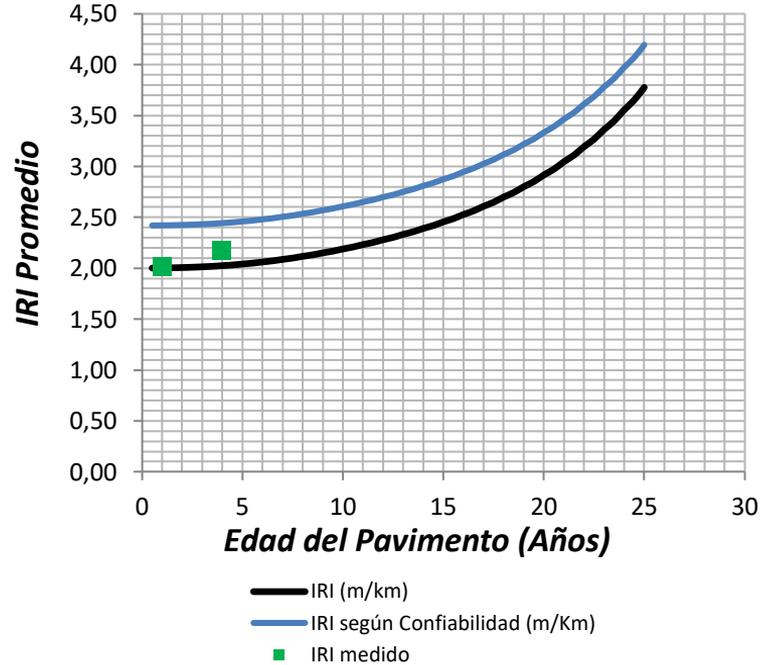
Parámetro	Evaluación	2017	2020	2021
IRI (m/km)	Medido	2,02	2,18	Sin datos
	Diseño a 80% N.C.	2,42	2,44	2,46
Agrietamiento (%)	Medido	< 0,5%	Sin datos	< 0,5%
	Diseño a 80% N.C.	3,94%	3,95%	3,96%
Escalonamiento (mm)	Medido	< 2*	< 2*	Sin datos
	Diseño a 80% N.C.	0,01	0,07	0,133

## IRI por pista

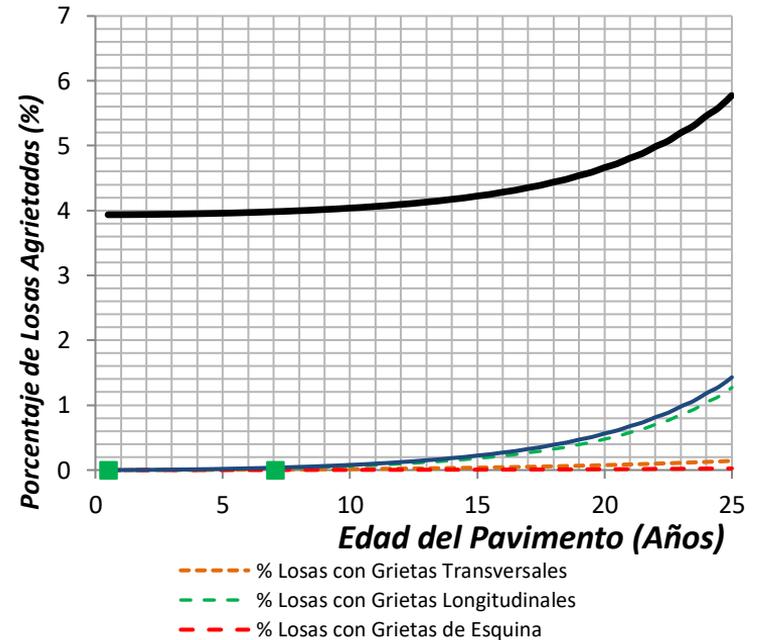
Pista	2017	2020
P1	1,83	2,04
P2	2,1	2,31
P3	1,98	2,07
P4	2,18	2,28
Promedio	2,02	2,18



## IRI Promedio



## Agrietamiento





## Otras mediciones

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

### Ruta M-50 Cauquenes – Chanco, Chile *(vida útil de diseño cumplida)*

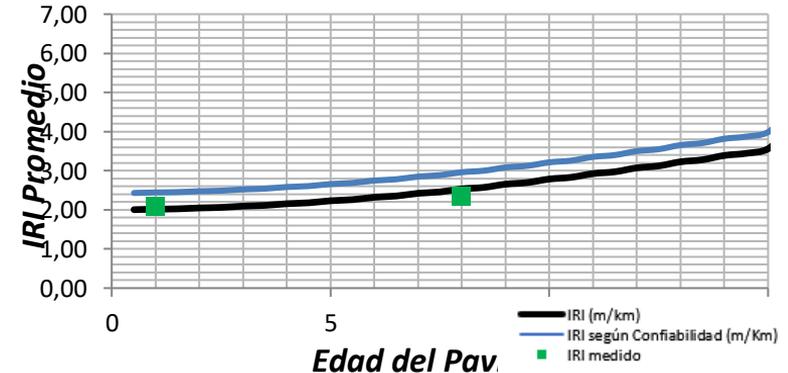
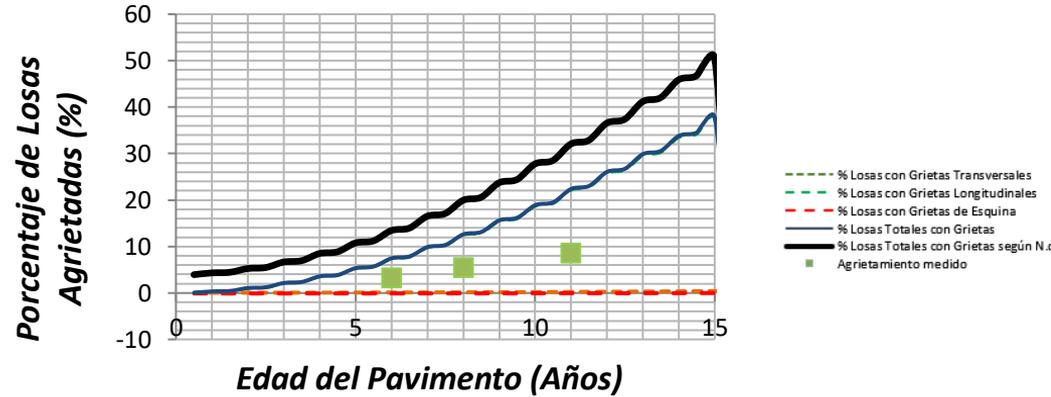




## Ruta M-50 Cauquenes – Chanco I

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO

- Año de construcción: 2012
- Espesor de losas: 17 cm
- Longitud: 13 km
- Apoyo Losas: Base granular 15 cm
- Tránsito de diseño: 8.000.000 EE
- **Vida útil de diseño: 10 años**





## Ruta 257 Ch Cerro Sombrero – Onaissin, Chile

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO



- Tramo I 
  - Losas de Geometría Optimizada
  - Espesor: 14 cm con fibra
  - Año: 2012
- Tramo II 
  - Losas tradicionales
  - Espesor: 20 cm
  - Año: 2014
- Tramo III 
  - Losas de Geometría Optimizada
  - Espesor: 14 cm con fibra
  - Año: 2015



## Ruta 257 Ch Cerro Sombrero – Onaissin, Chile

LA NUEVA REALIDAD DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO



**Thickness**

14 cm (5,5 in)

**Traffic**

15.000.000 EE

**Year built**

2012

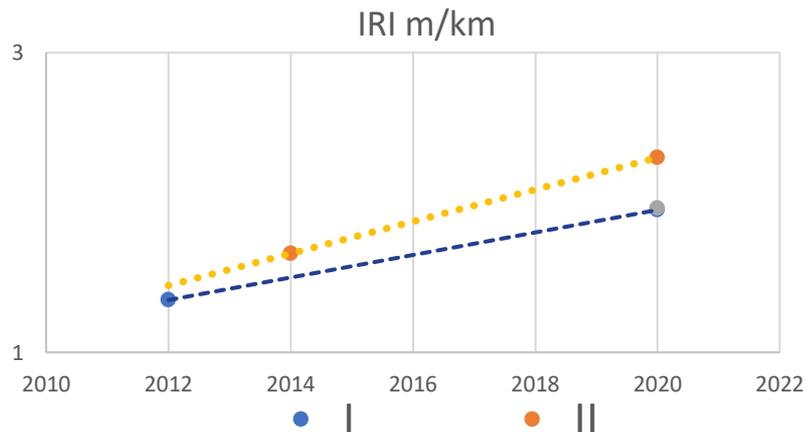


<https://www.youtube.com/watch?v=yXCNSHyI3VQ&t=5s>



## Cerro Sombrero – Onaissin I, II y III

Cerro sombrero - Onaissin	Fecha Construcción	Agrietamiento (%) 2021	Agrietamiento (%) 2022	IRI 2020
I (TCP)	2011	9,80	12,46	1,95
II ( JPCP)	2014	8,69	18,49	2,30
III (TCP)	2015	1,44	4,88	1,96





- Comportamiento Carreteras (IRI)

Proyecto	IRI Inicial (m/km)	IRI Medido		Proyección OptiPave
		año	IRI (m/km)	IRI (m/km)
Ruta M-50, Cauquenes – Chanco I	2,1	8	2,35	2,88
Ruta 5, Quellón-Colonia Yungay	1,88	6	2,27	2,5
Ruta 5, Tara – Compu	1,89	5	2,18	2,45
Ruta 60 Ch, Camino La Pólvara	1,9	4	2,18	2,44
Ruta 257 Ch, Cerro Sombrero – Onaissin 1	1,35	9	1,95	2,51
Ruta 257 Ch, Cerro Sombrero – Onaissin 3	??	5	1,96	2,46



- Comportamiento Carreteras (Agrietamiento)

Proyecto	Agrietamiento medido		Proyección OptiPave
	año	Agrietamiento (% de losas)	Agrietamiento (% de losas)
Ruta M-50, Cauquenes – Chanco I	11	8,6	28,51
Ruta 5, Quellón-Colonia Yungay	7	2,38	5,18
Ruta 5, Tara – Compu	7	3,81	5,44
Ruta 60 Ch, Camino La Pólvara	5	< 0,5	3,96
Ruta 257 Ch, Cerro Sombrero – Onaissin 1	9	9,80	6,15
Ruta 257 Ch, Cerro Sombrero – Onaissin 3	6	1,44	6,15

# 12<sup>o</sup> 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

[pelayo@tcp.cl](mailto:pelayo@tcp.cl)

