

OptiPave[®]



TCPavements[®]

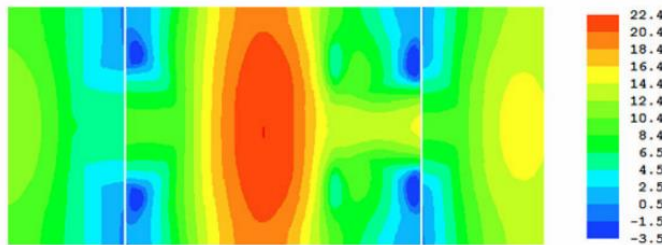
Pelayo Del Rio Baeza

Gerente Regional

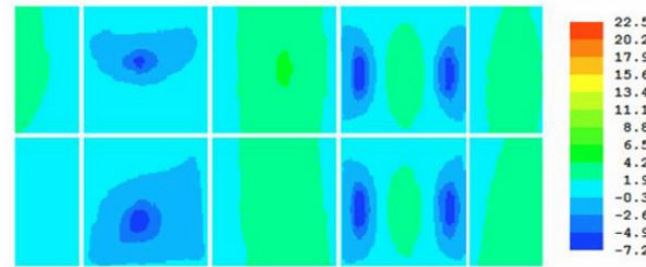
TCPavements FORTA SpA - Chile

Concepto de Diseño Sistema OptiPave®

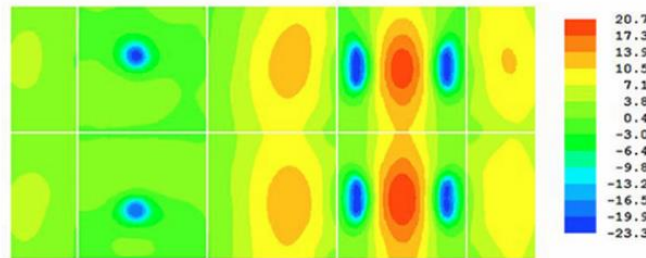
- Dimensionar las losas de tal forma que cada una sea cargada por una rueda o set de ruedas a la vez.



AASHTO
4,5m x 3,5m
25 cm espesor
Máx. tensión: 22,4 kg/cm²



OptiPave®
1,75m x 1,75m
25 cm espesor
Máx. tensión: 4,36 kg/cm²



OptiPave®
1,75m x 1,75m
15 cm espesor
Máx. tensión: 20,7 kg/cm²

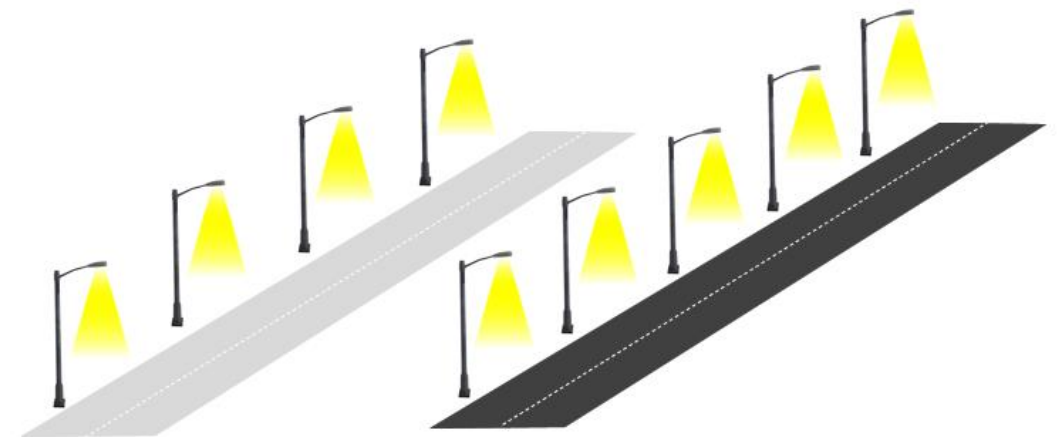
Beneficios de la Tecnología

Con Respecto al Asfalto

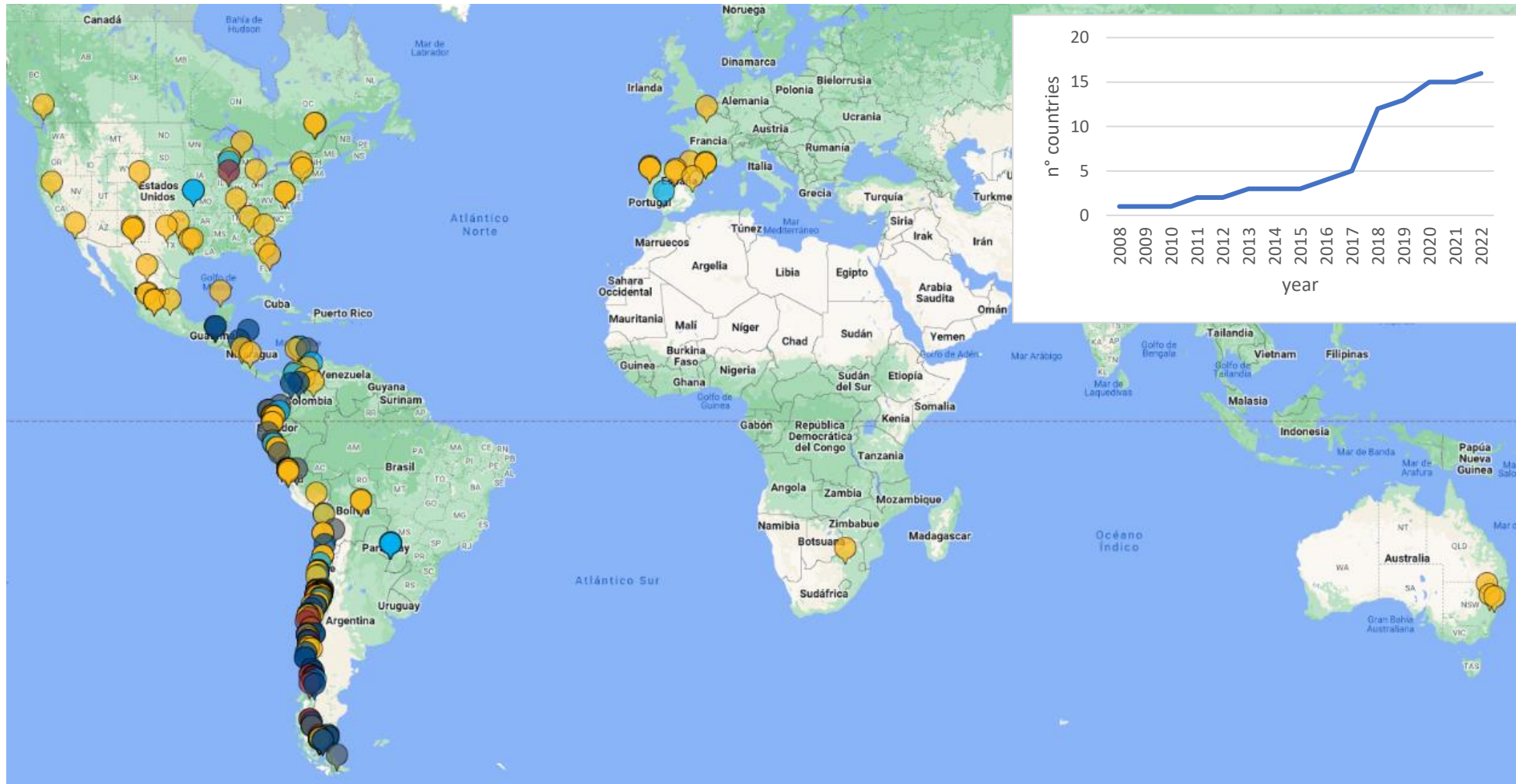
- Pavimentos sustentables
- Pavimentos competitivos en Costo Directo
- Pavimentos más Durables
- Pavimentos con muy Bajo Costo de Mantención
- Ventajas del Material
 - Mayor Luminosidad
 - Menor Efecto Isla-Calor

Con Respecto a Soluciones Tradicionales de concreto

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



Proyectos OptiPave® (>400 proyectos, >8.000.000 m2)



Tipo de proyecto

-  Carretera
-  Bajo Tránsito
-  Industriales
-  Urbanizaciones
-  Estacionamientos

Seguimiento con



www.tcpavements.cl/esp/proyectos



Entidades que aprueban el uso de Sistema OptiPave



MOP

Instructivo Vialidad

2012



CPTech Center

Capas de Refuerzo con Hormigón

2014



MINVU

Código de normas y EETT de Obras de Pavimentación

2016



ACI 330

CI 330.2R-17 Diseño y construcción de pavimentos industriales

2017

Ensayo acelerado Illinois, EEUU

- ATLAS (Advanced Transportation Loading ASsembly)



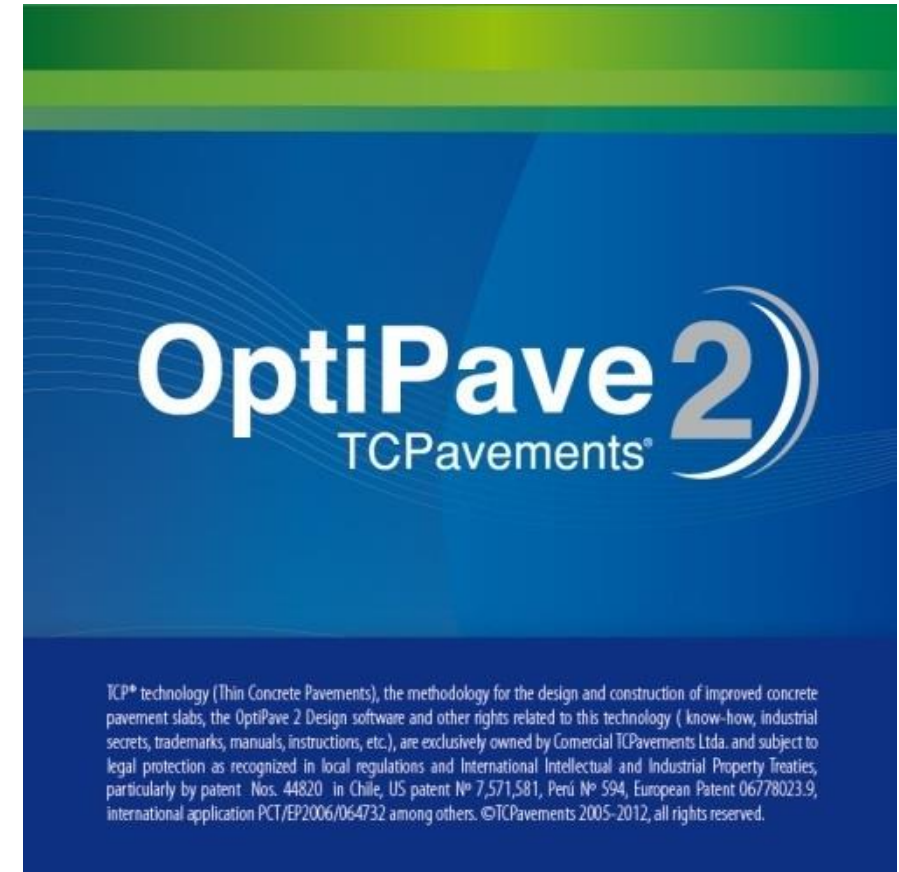
Tramos	Losa Sur	CBR	Losa Norte	CBR
8 cm	120.000 EE	4%	3.000 EE	< 2%
8 cm Fibra	234.000 EE*	4%	65.000 EE	< 2%
15 cm	22.000.000 EE	6%	14.000.000 EE	2%
20 cm	20.000.000 EE*	6%	50.000.000 EE *	2-3%
10 cm sobre 21 cm Asfalto	10.000.000 EE	5%	2.000.000 EE	2-3%
15 cm sobre 14 cm Asfalto	57.000.000 EE*	5%	69.000.000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

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

* 0% losas agrietadas

Método de Diseño OptiPave2®

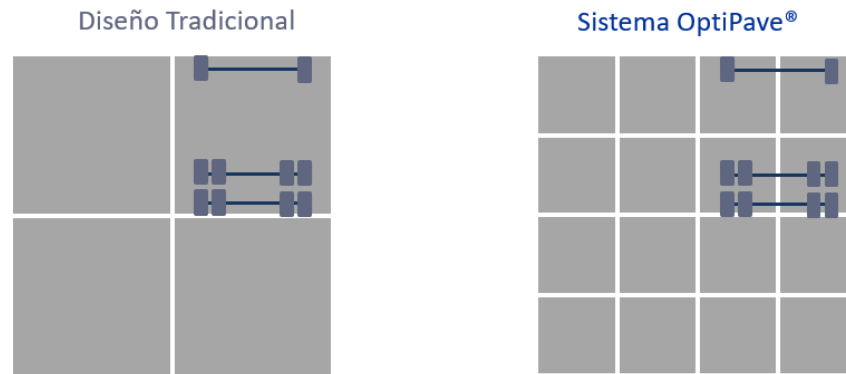
- Características Principales:
 - Ingreso de información de tráfico
 - ESALS
 - Espectro de carga
 - Cálculo de coeficiente de balasto (K_c) a partir de sistema multicapa
 - Características de los materiales
 - Características del concreto
 - Hormigón reforzado con fibra
 - Información de Construcción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



Características principales y recomendaciones especiales

En el diseño y construcción para Sistema OptiPave®

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

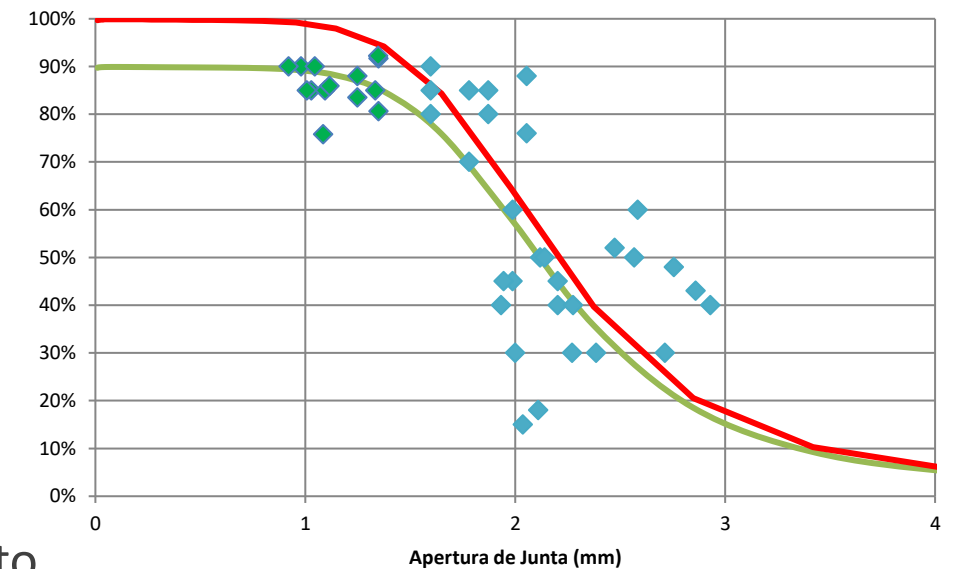
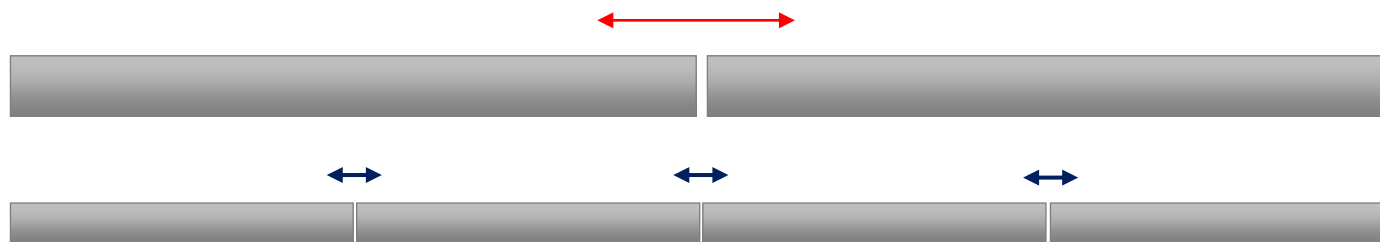


- No requiere sello de juntas (limitando erosión y desportillamiento)
 - Base granular (con limitación de finos), base asfáltica o Base Tratada con Cemento
 - Corte de juntas delgado (1,9mm- 2,5mm)
 - Geotextil entre sub rasante y base (evita migración de finos)

Características principales y recomendaciones especiales

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

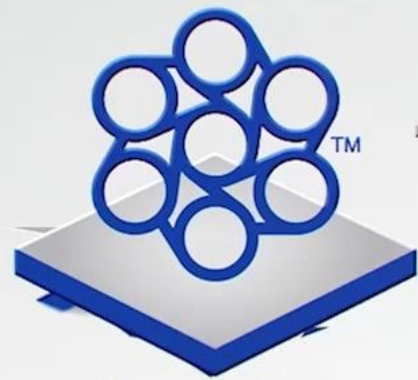


- Las juntas de construcción se tratan como cualquier pavimento
- Se construyen de manera similar a un pavimento tradicional

Seguimiento de Pavimentos de Losas de Geometría Optimizada en YouTube

The image shows a YouTube channel page for 'TCPavements videos', which has 113 subscribers. The channel is categorized under 'HOME', 'VIDEOS', 'PLAYLISTS', 'CHANNELS', and 'ABOUT'. The 'VIDEOS' tab is selected, displaying a grid of 18 video uploads. Each video thumbnail includes a duration timer in the bottom right corner. The videos are organized into three rows of six. The first row shows videos for Ruta 60 Ch, Ruta 5 Tara, Ruta 5 Quellon, Ruta 201-Ch (Pellaifa), and Ruta 201-Ch (Coñaripe). The second row includes Parque Tricao, Ruta G-84, Intercambio Vial de Mansiche, Ruta 257-CH Cerro Sombrero, and Av. Sanchez Cerro. The third row features Ruta 257-CH Cerro Sombrero, Av. Jose Aguilar, Av. Los Álamos, Av. Juan Velasco, and Ruta O-298. Each video title includes the location and year, and the view count and upload date are listed below each thumbnail.

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



TC PavementsTM
PAVEMENT INNOVATION



PAVEMENT INNOVATION
TC PavementsTM



34 **OBRAS PÚBLICAS**
Revista de difusión de los profesionales del Ministerio de Obras Públicas

RESULTADOS OBSERVADOS EN NUEVAS TECNOLOGÍAS DE PAVIMENTOS DE HORMIGÓN


Desde hace algunos años se está promoviendo nuevas tecnologías para optimizar la durabilidad de los hormigones empleados en pavimentaciones de obras viales, tal como son los pavimentos de hormigón con losas de geometría optimizada y los pavimentos ultra delgados con fibra.



...la aparición de grietas post construcción de diferentes tipos, antes de su puesta en servicio, y que posteriormente se incrementan. Además, existe un patrón de grietas tipo esquina y en forma de cruz, que se repite en las obras ejecutadas por los contratos específicos.

Mediciones empíricas en Chile

MOP Estudio de desempeño de pavimentos



 **TCPavements**
PAVEMENT INNOVATION

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

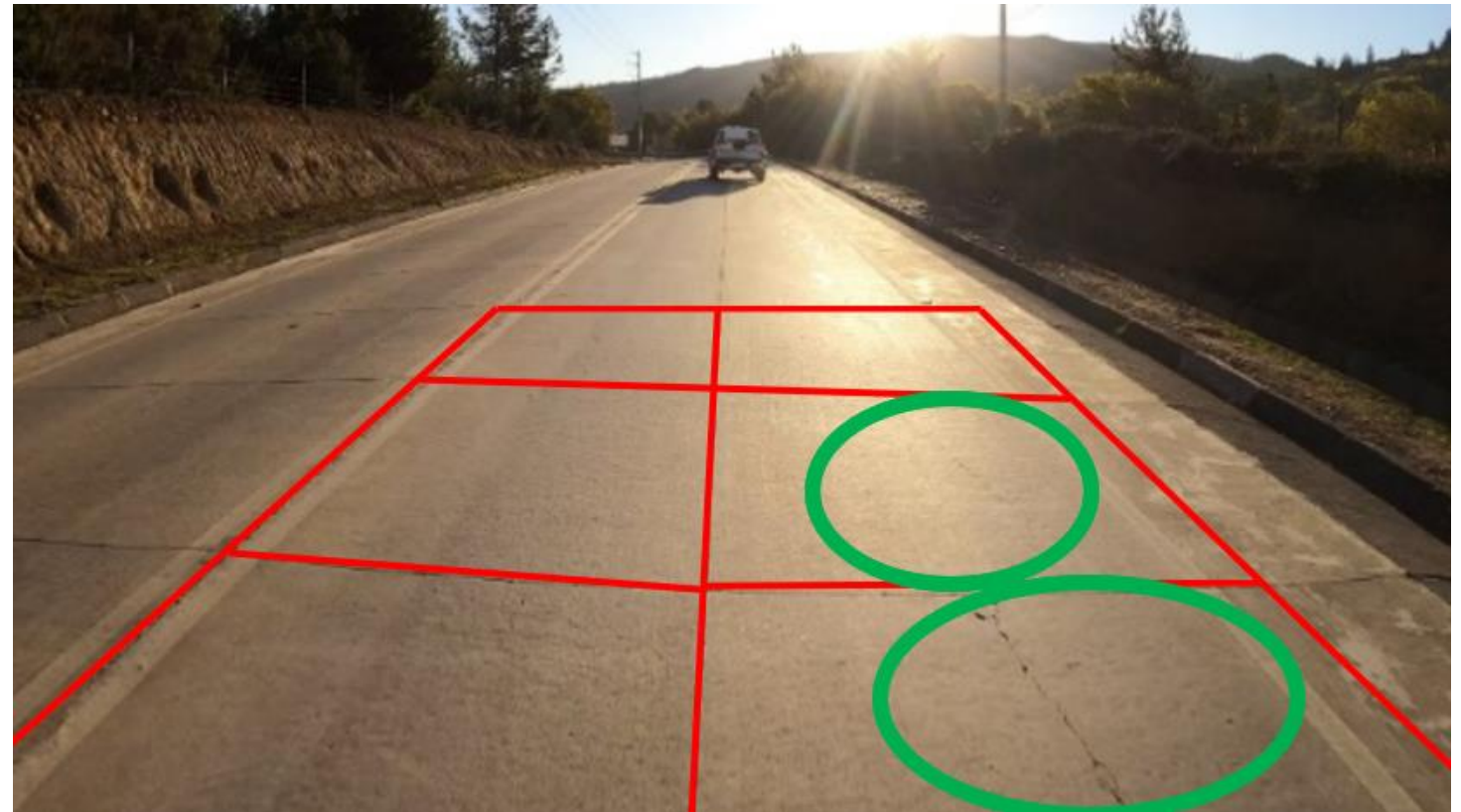
En revisión:
Mauricio Salgado
Victor Rocco
Dr. Erwin Kohler
Dr. Jeffrey Roesler

Preparado Para:
SEGÚN DISTRIBUCIÓN

REV	FECHA	ELABORADO	REVISADO	CONTROL DE CAMBIOS
A	2021	TCPavements		

Código Documento: _____
Área: _____ Número de Páginas: _____



Ruta M-50, Cauquenes – Chanco I

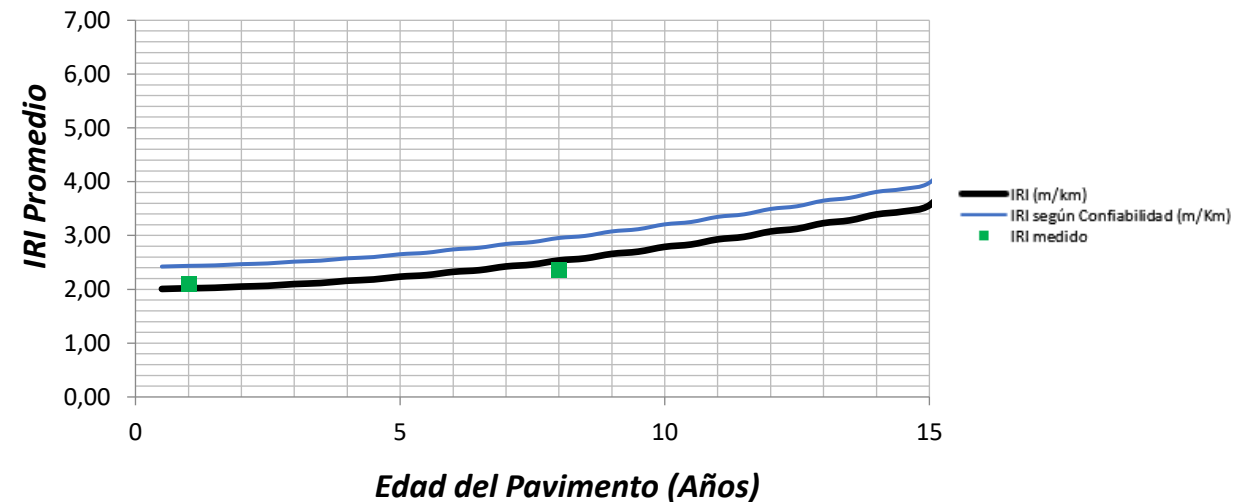
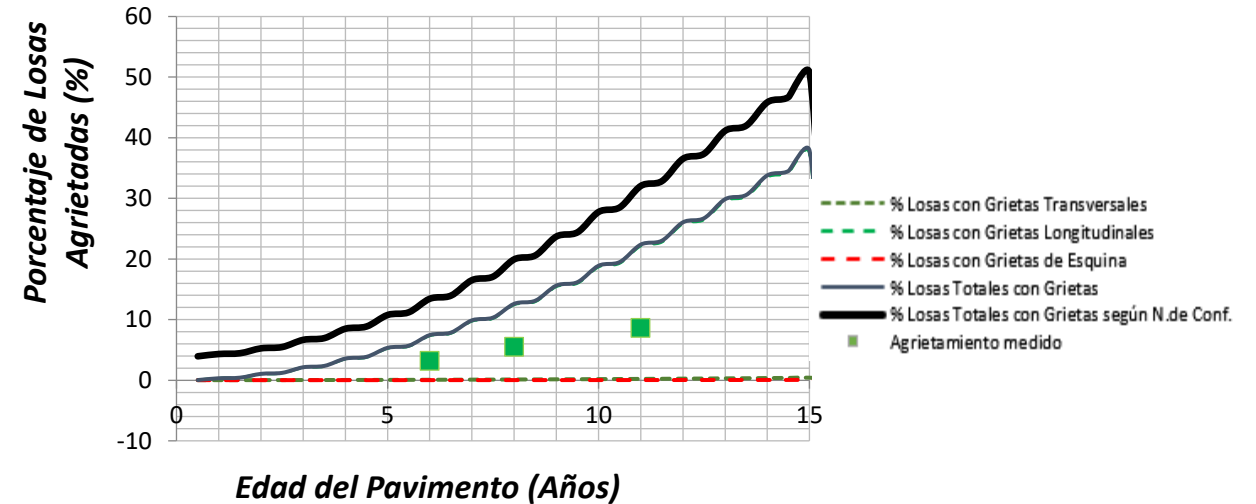
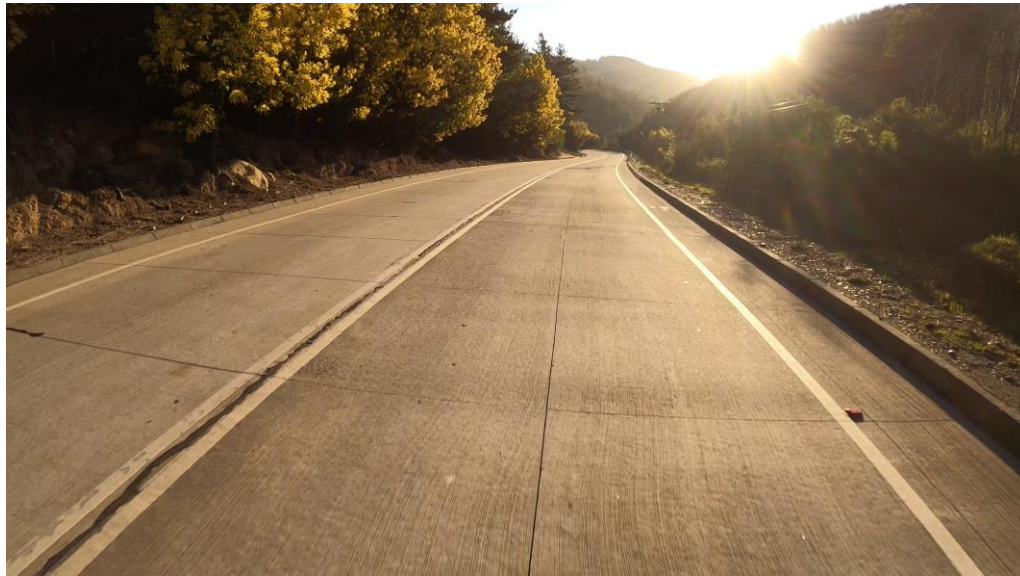
Comentario Revista Obras Públicas



...17 cm de espesor de losa, construido el año 2012, para una vida útil de 10 años. A la fecha se observa el deterioro acelerado de las losas en un gran porcentaje, presentando grietas transversales, longitudinales y de esquina.

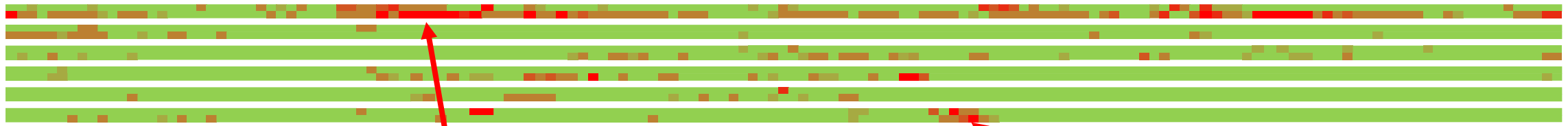
Ruta M-50, Cauquenes – Chanco I

- 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**



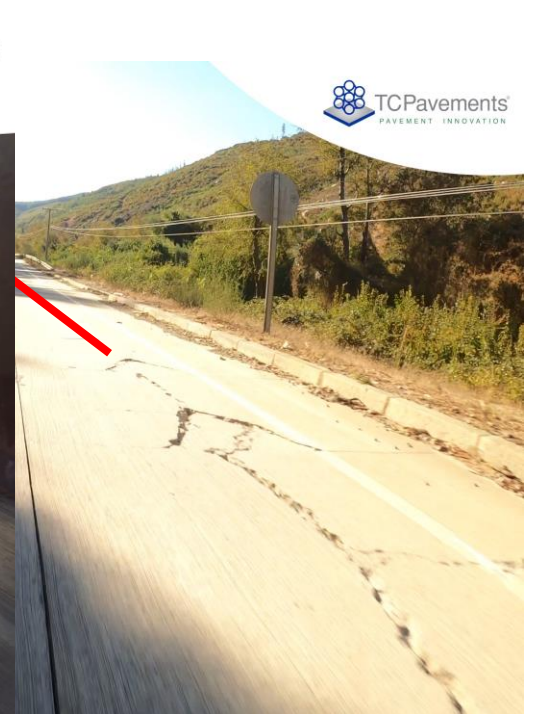
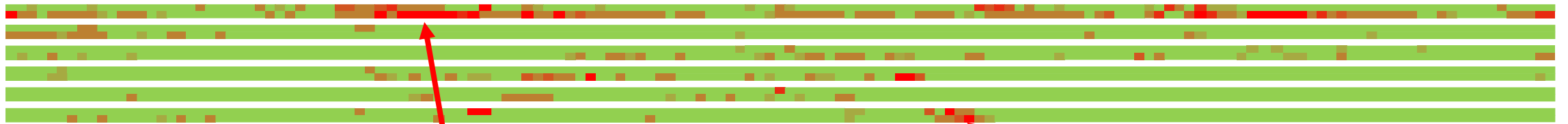
Ruta M-50, Cauquenes – Chanco I

Zonas agrietadas por pista



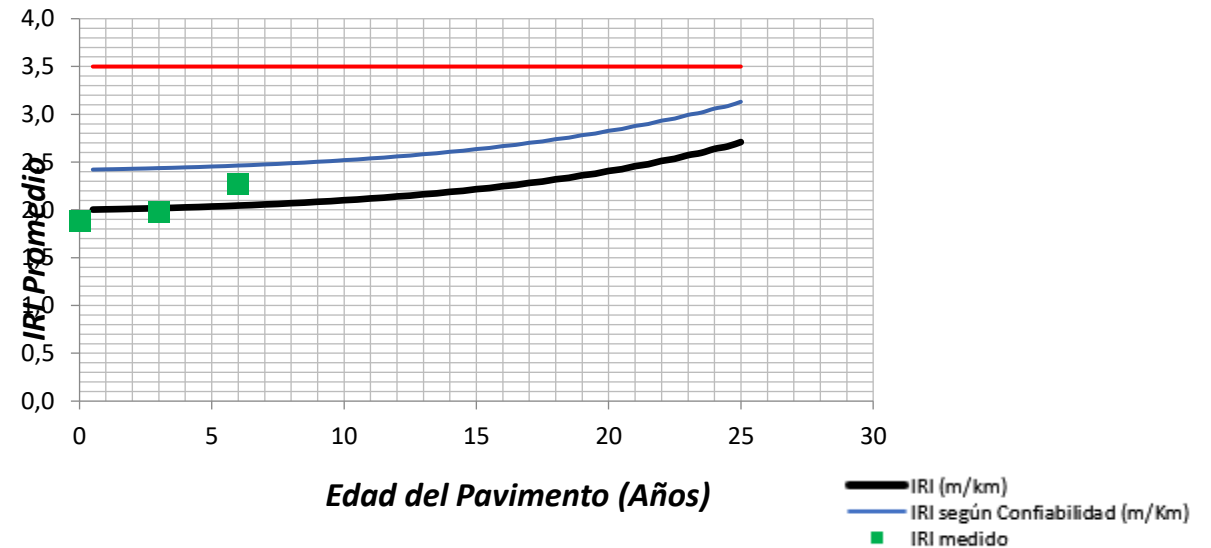
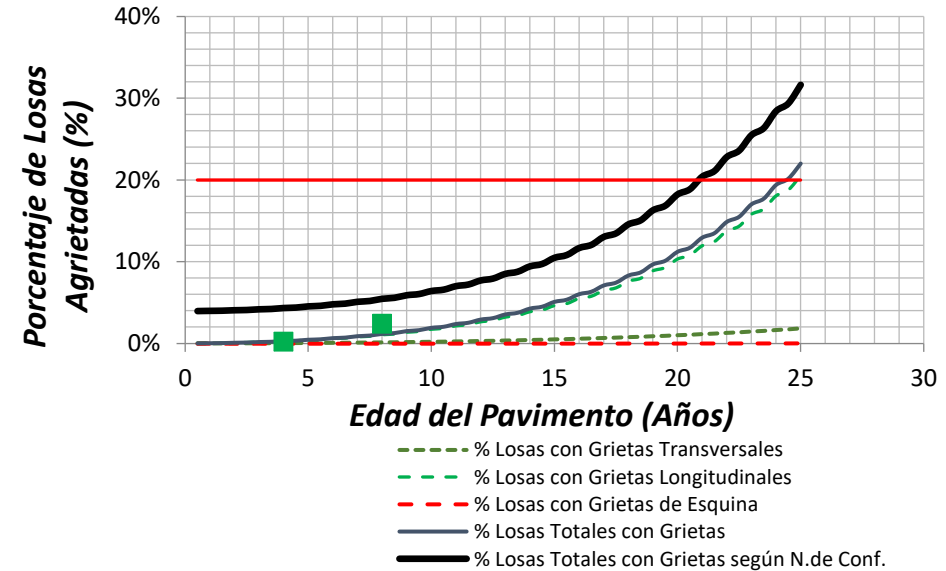
Ruta M-50, Cauquenes – Chanco I

Zonas agrietadas por pista



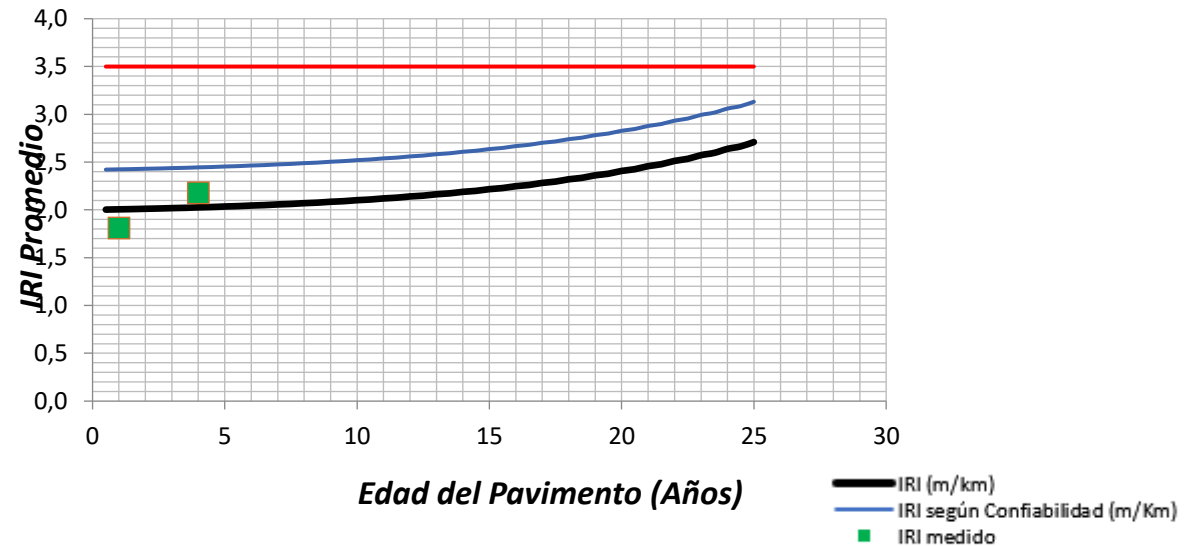
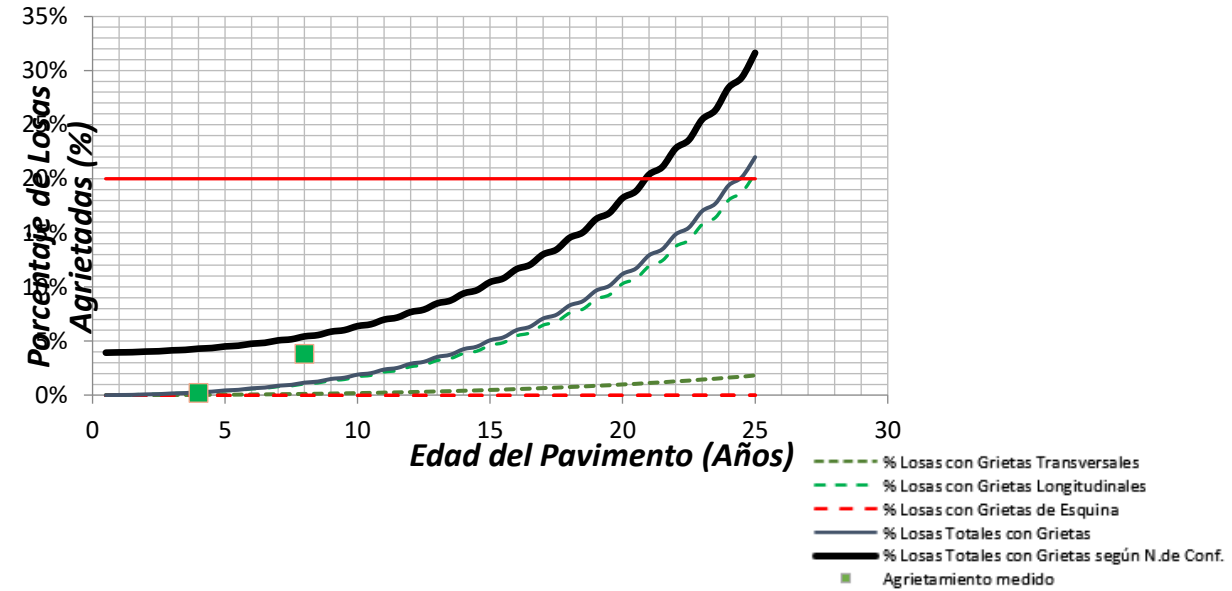
Ruta 5, Quellón-Colonia Yungay

- Año de construcción: 2014
- Espesor de losas: 17 cm
- Longitud: 15 km
- Apoyo de losas: Base granular 15 cm
- Tránsito de diseño: 20.000.000 EE
- Vida útil: 20 años



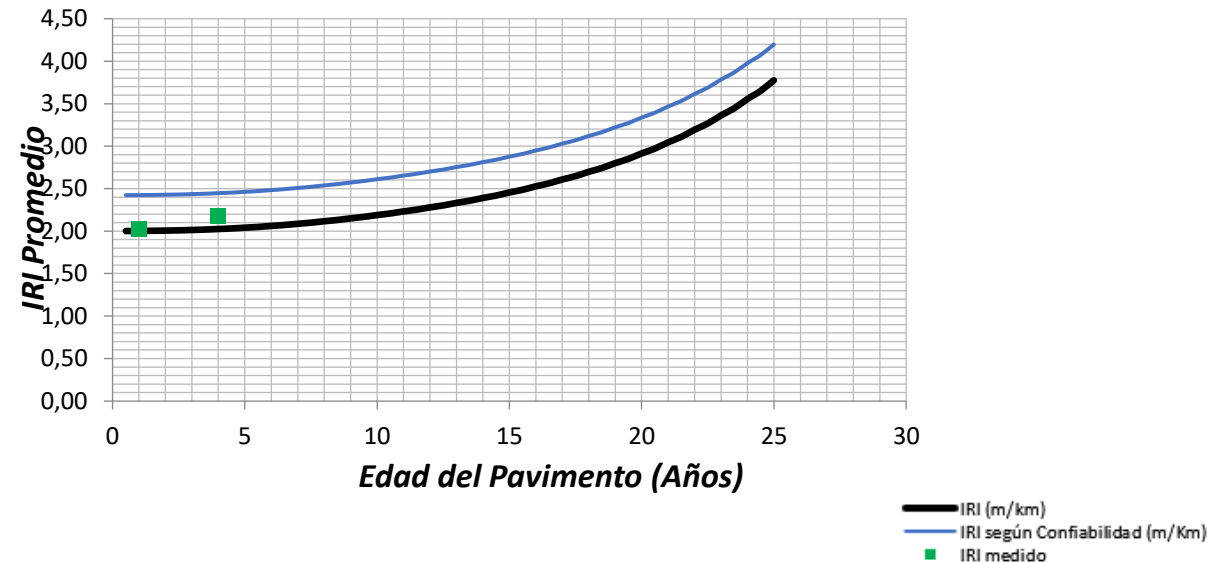
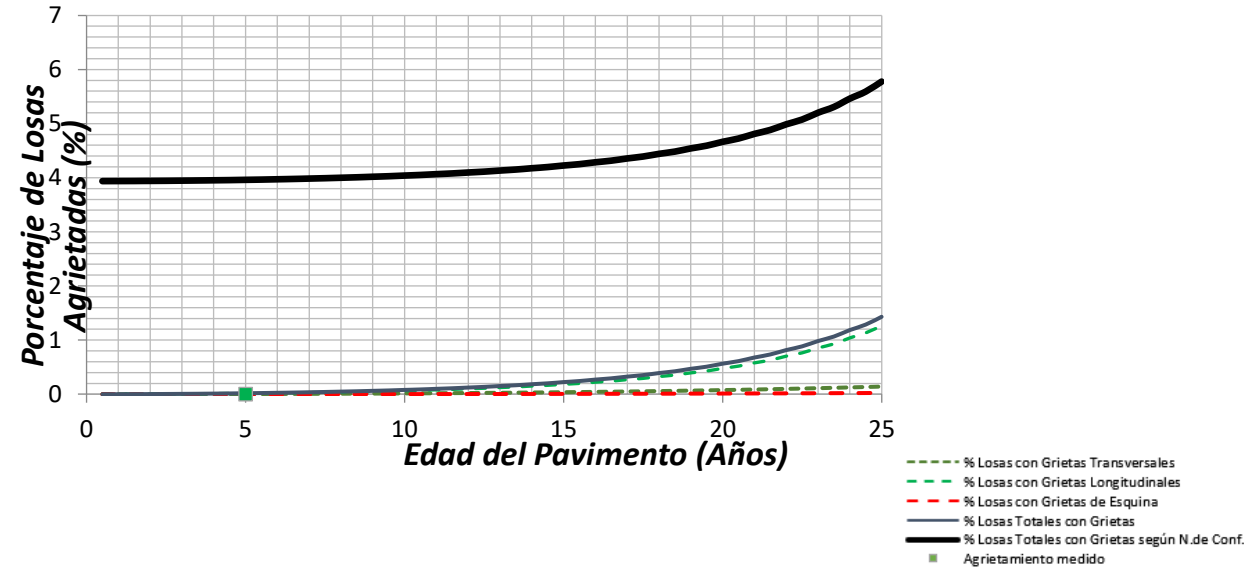
Ruta 5, Tara – Compu

- Año de construcción: 2014
- Espesor de losas: 17 cm
- Longitud: 25 km
- Apoyo de losas: Base granular 15 cm
- Tránsito de diseño: 20.000.000 EE
- Vida útil: 20 años



Ruta 60 Ch, Camino La Pólvara

- Año de construcción: 2016
- Espesor de losas: 23 cm con fibra
- Longitud: 10 km
- Apoyo de losas: Pavimento de asfalto
- Tránsito de diseño: 189.000.000 EE



Ruta 9, Tramo de seguimiento Cerro Castillo

- Espesor de losas: 12 cm
- Longitud: 0,3 km
- Apoyo de losas: Base granular 15 cm
- Año de construcción: 2009
- Tránsito de diseño: 500.000 EE
- Vida útil: 5 años






Año 2022:

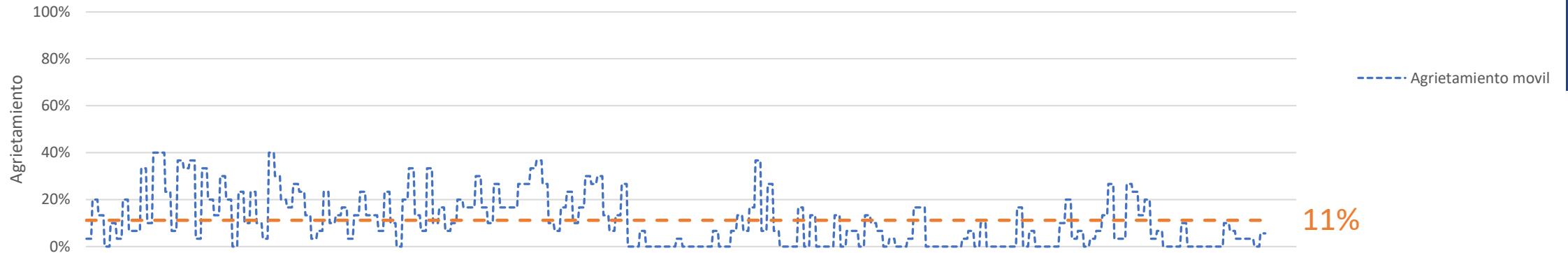
- Revisión de 270 losas
- Agrietamiento: 0,5%

Ruta 257 Ch Cerro Sombrero – Onaissin, Chile

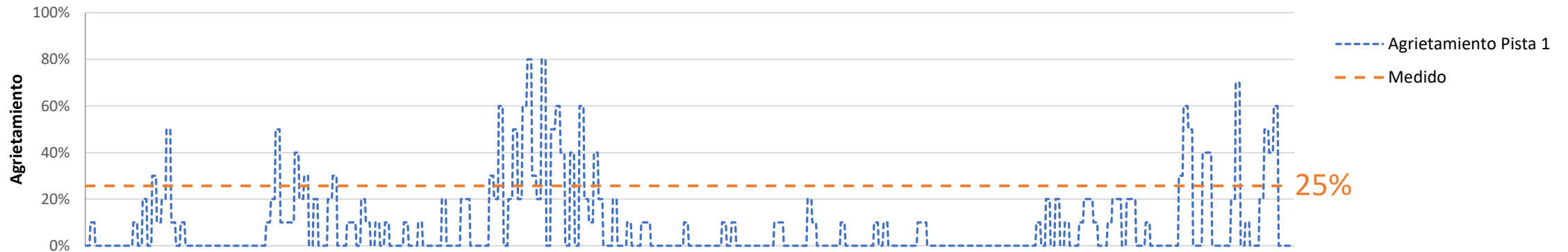


- Tramo I (Losas 175 cm) 
 - Losas de Geometría Optimizada
 - Espesor: 14 cm con fibra
 - Año: 2012
- Tramo II (Losas 400 cm) 
 - Losas tradicionales
 - Espesor: 20 cm
 - Año: 2014
- Tramo III (Losas 175 cm) 
 - Losas de Geometría Optimizada
 - Espesor: 14 cm con fibra
 - Año: 2015

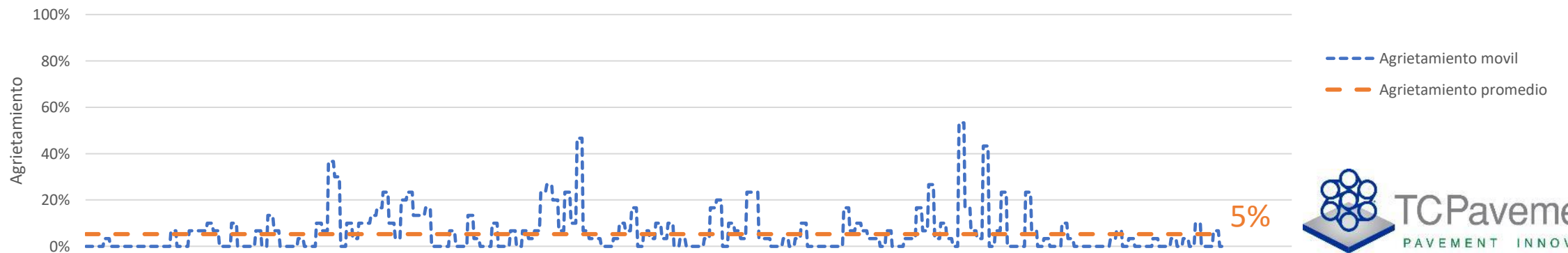
Agrietamiento Pista 1 (Losas optimizadas) - Sector I



Agrietamiento Pista 1 (Losas tradicionales) - Sector II



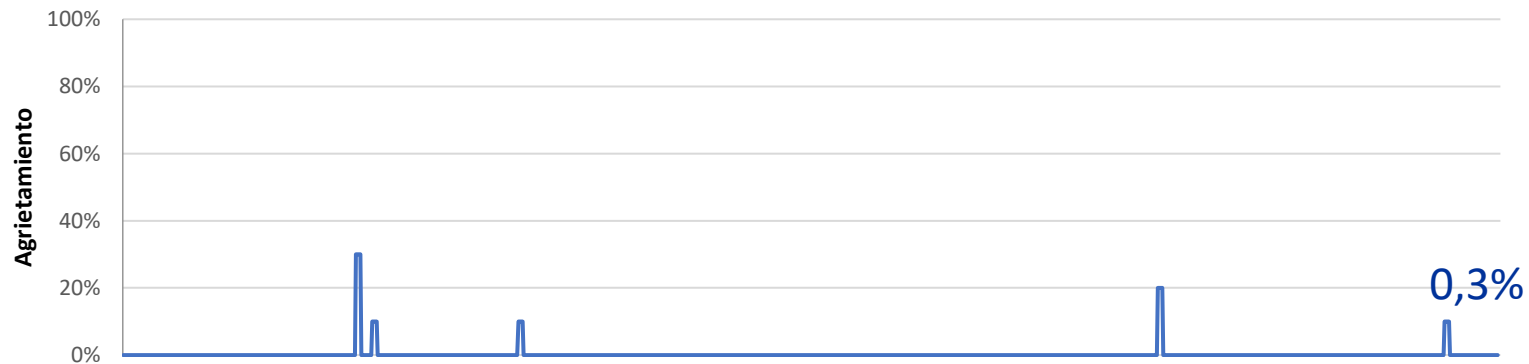
Agrietamiento Pista 1 (Losas optimizadas) - Sector III



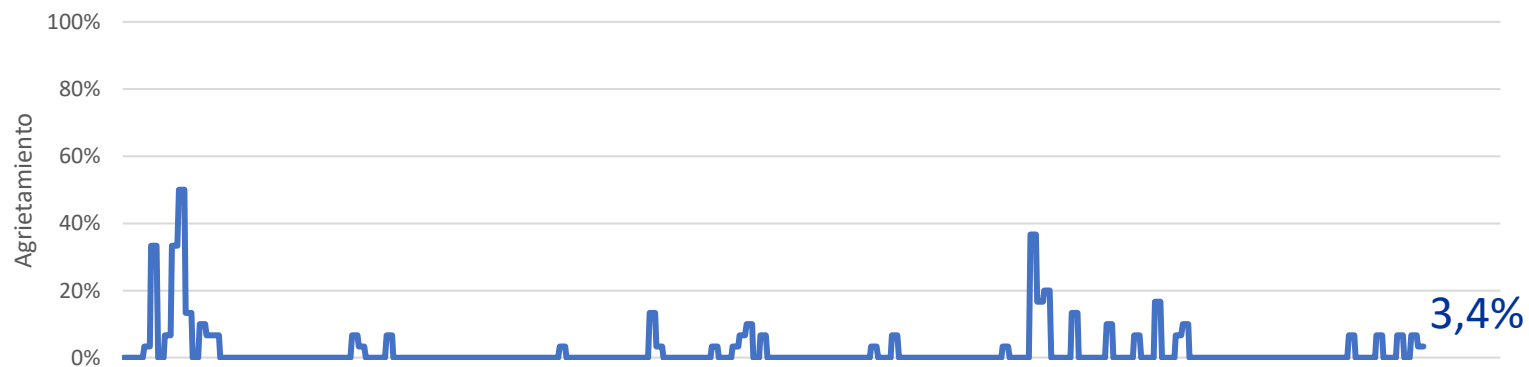
Desprendimiento Pista 1 (Losas optimizadas) - Sector I



Desprendimiento Pista 1 (Losas tradicionales) - Sector II



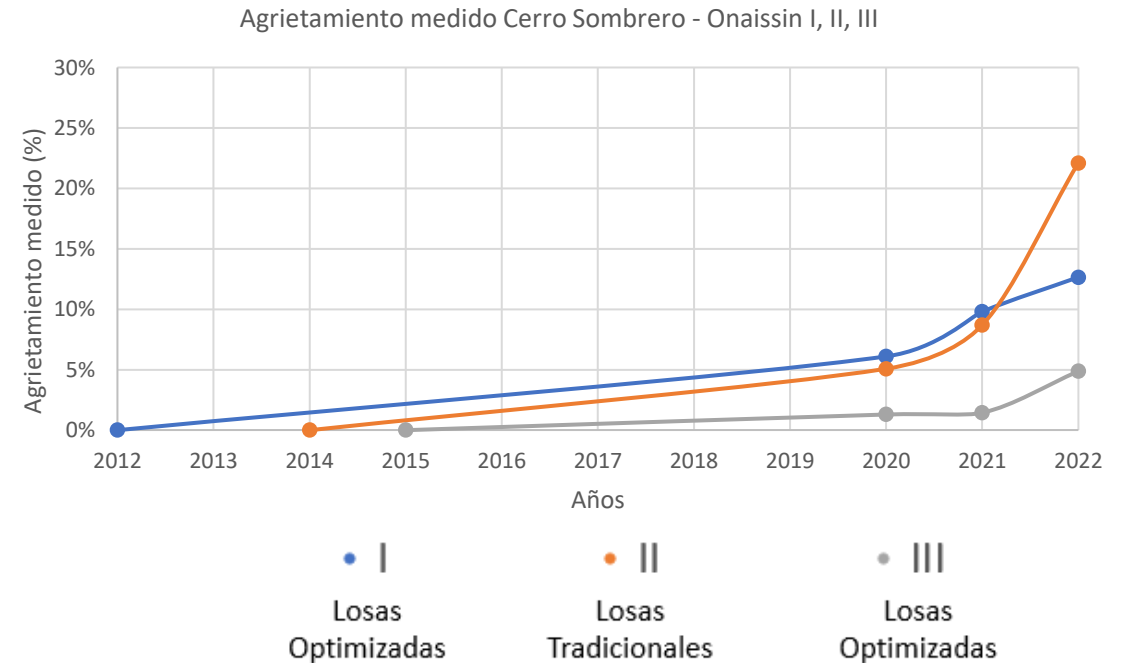
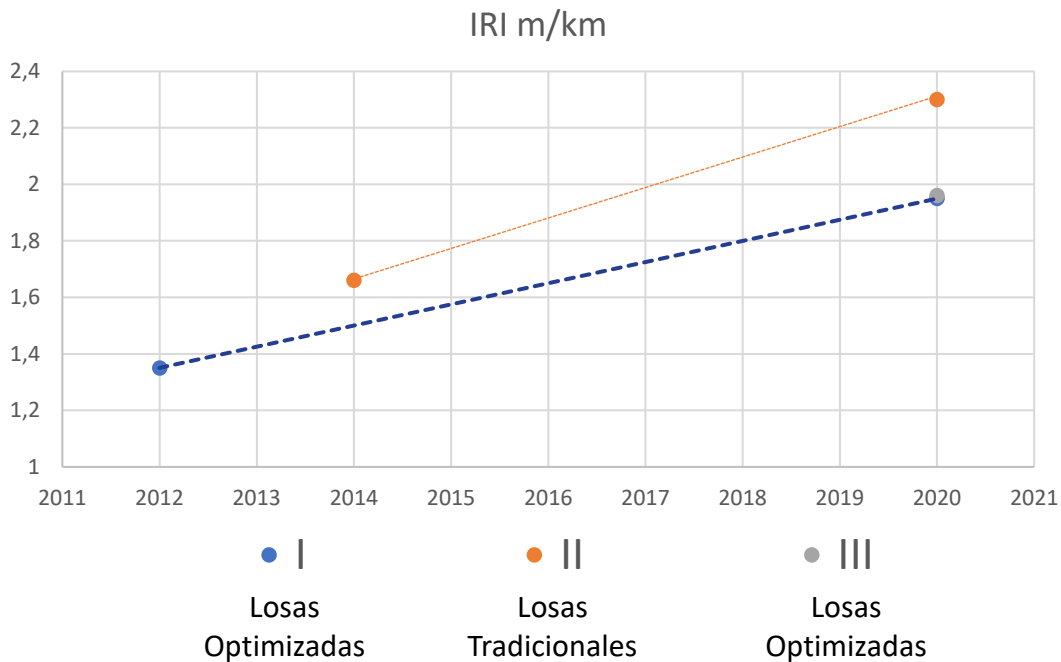
Desprendimiento Pista 1 (Losas optimizadas) - Sector III



Comparativo Ruta 257-Ch

Cerro Sombrero – Onaissin I, II y III

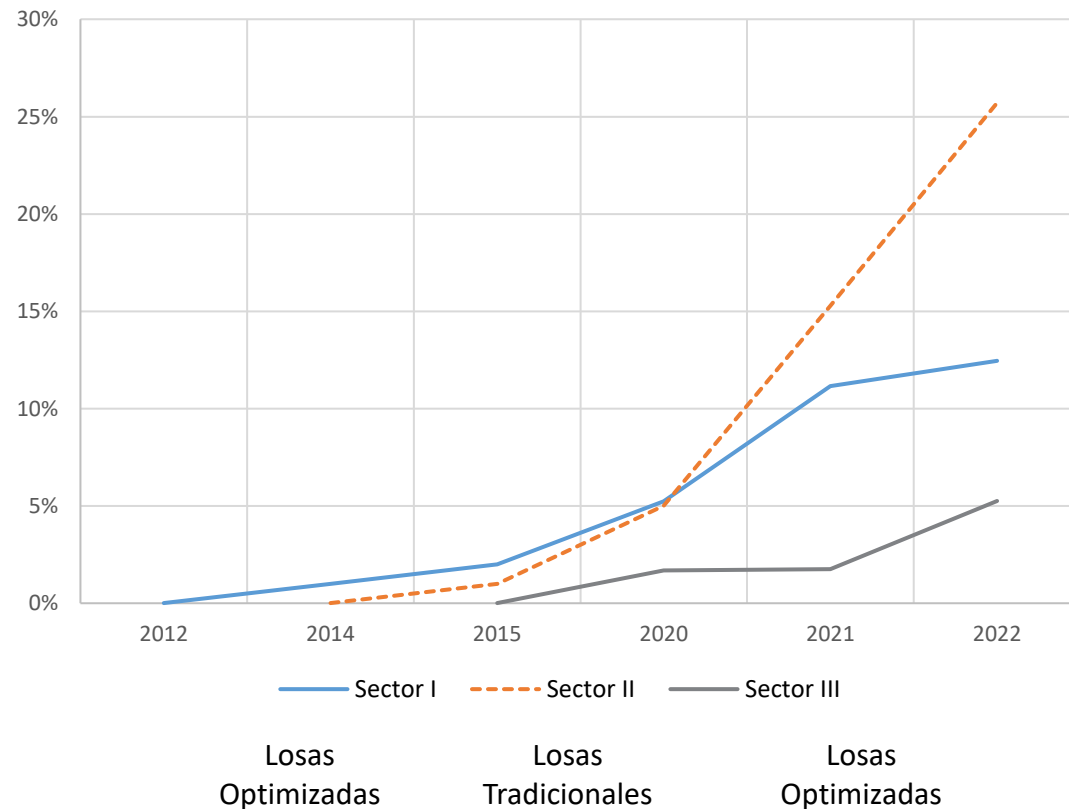
Cerro sombrero - Onaissin	Fecha Construcción	Agrietamiento (%) 2021	Agrietamiento (%) 2022	IRI 2020
I (TCP)	2011	9,80	12,46	1,95
II (JPCP)	2014	8,69	18,49	2,30
III (TCP)	2015	1,44	4,88	1,96



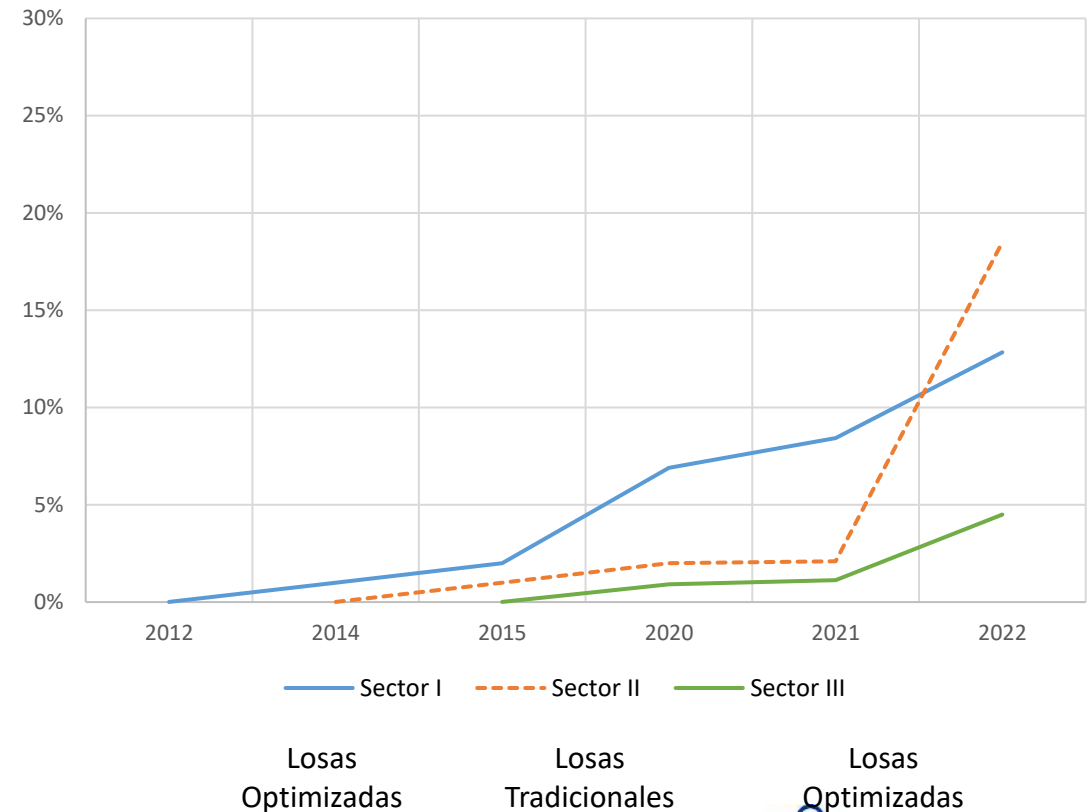
Comparativo Ruta 257-Ch

Agrietamiento por pistas

Pista 1



Pista 2



Resumen proyectos presentados

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

Resumen proyectos presentados

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

Proyectos en Licitación

Mejoramiento Ruta Y-71, Porvenir Onaissin, Km 59.320 – 77.600

CÓDIGO : ONA1559-77-F2

PRECIOS UNITARIOS DETALLADOS

PROYECTO : Mejoramiento Ruta Y-71, Porvenir Onaissin, Km 59.320 al Km 77.600, Region de Magallanes
UBICACION : Provincia de Tierra del Fuego, XIª Region
MANDANTE : MOP, Dirección de Vialidad XIª Region

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	P.UNITARIO \$	TOTAL \$
410-1	<u>Pavimento de Hormigón de Cemento Hidráulico</u>	21.392,000	m3	276.592	5.914.856.064

Precio Unitario Pavimento Tradicional de Hormigón:
276.592 CLP/m3

Espesor: 20 cm

Precio Unitario Pav por m2: 55.318 CLP

Precio Base Granular (15 cm): 4.466 CLP/m2

Precio Unitario Pav+Base: 59.784 CLP/m2

INFORME
CÓDIGO : ONA1559-77-F2

PRECIOS UNITARIOS DETALLADOS

PROYECTO : Mejoramiento Ruta Y-71, Porvenir Onaissin, Km 59.320 al Km 77.600, Region de Magallanes
UBICACION : Provincia de Tierra del Fuego, XIª Region
MANDANTE : MOP, Dirección de Vialidad XIª Region

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	P.UNITARIO \$	TOTAL \$
410-1.8	<u>Pavimento de Optimizado de Hormigón con Fibra Estructural</u>	2.864,0000	m3	344.528	994.307.808

Precio Unitario Pavimento Optimizado de Hormigón
con fibra: 344.528 CLP/m3

Espesor: 13 cm

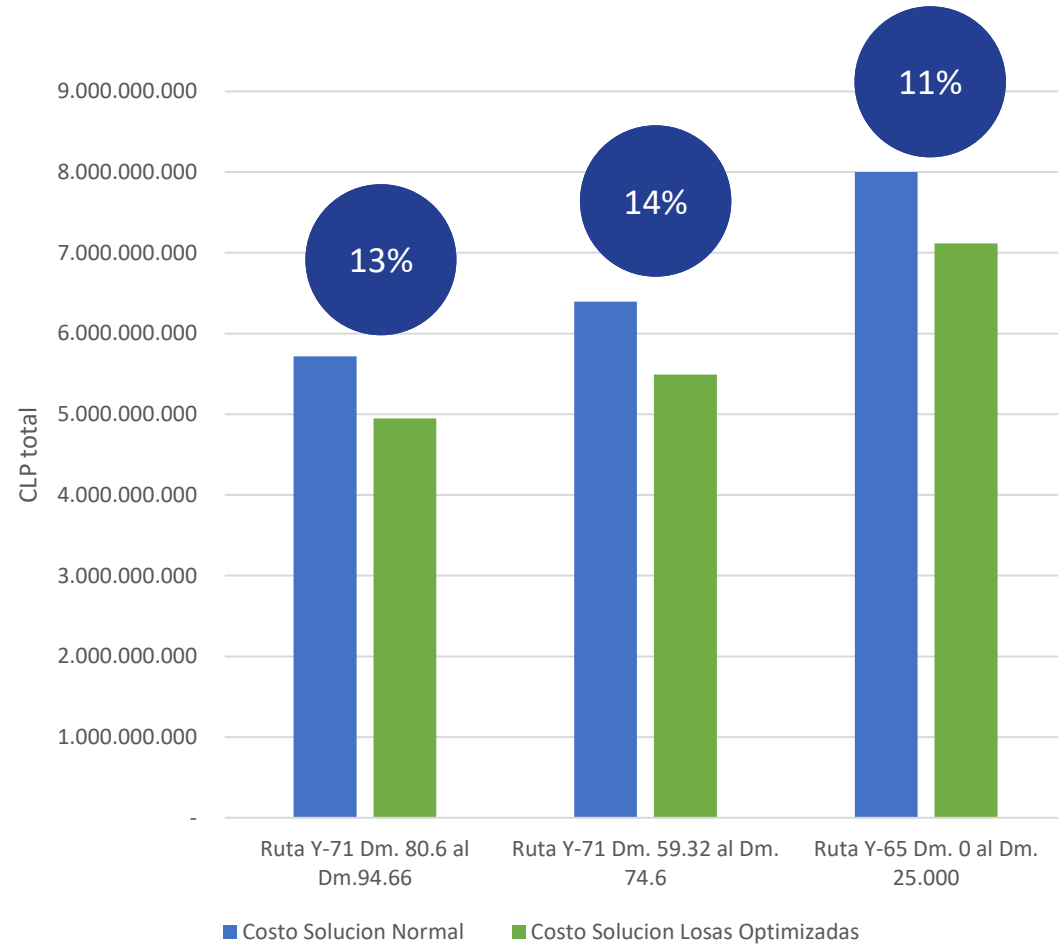
Precio Unitario Pav por m2: 44.788 CLP

Precio Base Granular (22 cm): 6.550 CLP/m2

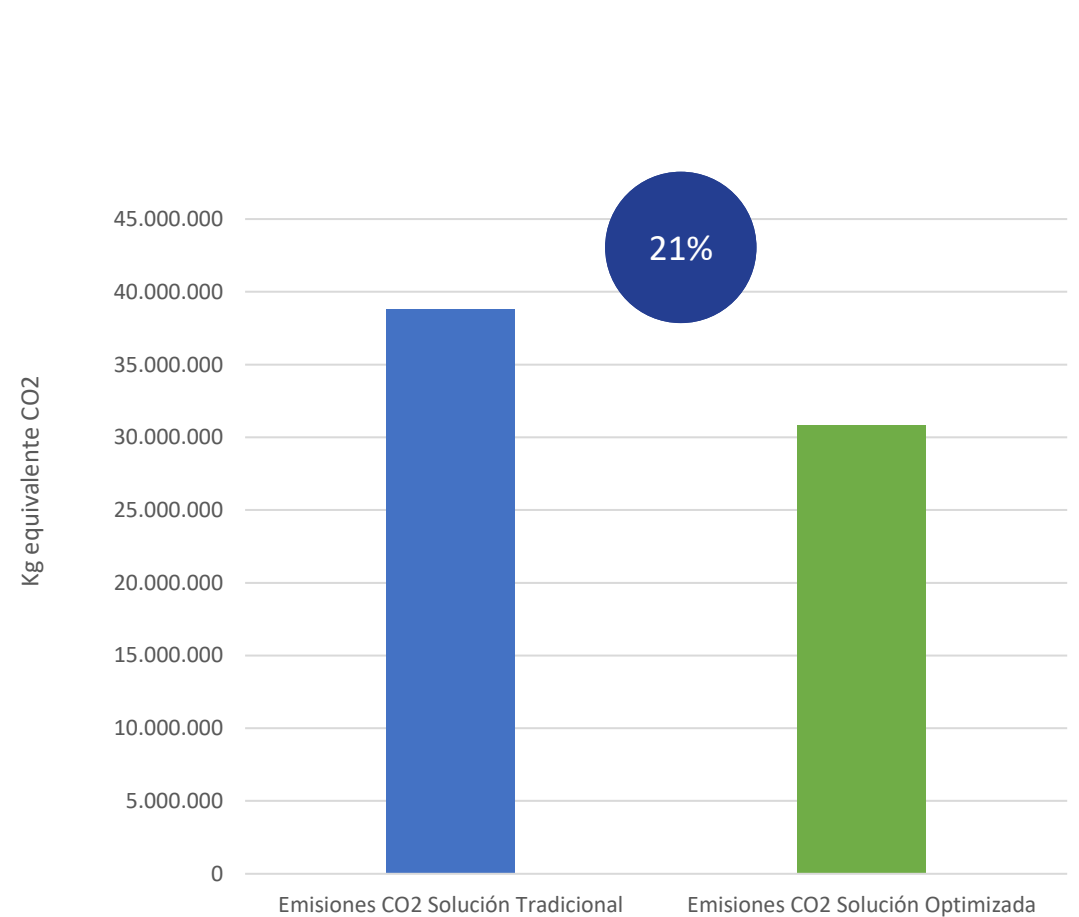
Precio Unitario Pav+Base: 51.347 CLP/m2

Comparativo de Proyectos en Licitación (Precios y CO2)

Costos de soluciones por Contrato



Emisiones Equivalentes CO2



Informe Especificaciones de hormigón por Durabilidad

1. Introducción

- Daños por congelación-descongelación
- Ataque químicos por sales
- Delaminación por sales
- Agrietamiento-D
- Desprendimiento

2. Factores que afectan la resistencia a la congelación y descongelación

- Sistema aire-vacío
- Materiales Cementicios
- Acabado
- Curado

3. Especificaciones para materiales y mezclas

4. Ensayos

Especificaciones de hormigón por Ciclo Hielo-Deshielo

1. Introducción

La durabilidad del hormigón es el aspecto más crítico del desempeño del pavimento a largo plazo. Sin embargo, la durabilidad no es una propiedad medible del hormigón, no se puede caracterizar por la resistencia del hormigón y no es una entrada directa en los procedimientos de diseño. La durabilidad se asume en el diseño y se garantiza mediante la selección de materiales de calidad y el cumplimiento de las especificaciones de construcción. Por ejemplo, la durabilidad de hielo-deshielo de la pasta de cemento hidratada se ve afectada principalmente por el medio ambiente y el sistema de aire incorporado en el hormigón.

La resistencia a la congelación-descongelación es la capacidad de un hormigón para resistir daños durante el clima invernal. El hormigón que está expuesto a la congelación y descongelación puede experimentar varios tipos de daños: daños por congelación-descongelación, ataque químico por sales, incrustaciones de sal, desagrietamiento en D y popouts.

1.1 Daños por congelación-descongelación

La exposición a ciclos de congelación y descongelación (F-T) es una causa importante de deterioro del hormigón cuando el hormigón in situ no tiene las características requeridas para esta condición de servicio. El agua se expande alrededor del 9 por ciento cuando se congela, lo que podría establecer tensiones de tracción en la pasta a menos que haya

espacios abiertos para que el agua se mueva. La congelación también produce cambios en la química de la solución de poros que pueden resultar en la generación de estrés dentro del hormigón debido a las fuerzas osmóticas. Si más del 85 por ciento de los huecos (incluidos los huecos de aire) se llenan de agua, se produce un daño rápidamente.

Algunos descongelantes químicos son higroscópicos, lo que significa que absorberán agua de la atmósfera a temperatura ambiente. Por lo tanto, nunca se secarán y aumentarán la saturación de hormigón en contacto con ellos. Esto es particularmente notable en las articulaciones en las que tales soluciones tienden a acumularse y no se lavan fácilmente.

1.2 Ataque químico por sales

Algunos descongelantes químicos a base de cloruro de magnesio (MgCl₂) o cloruro de calcio (CaCl₂), pueden afectar negativamente la durabilidad del hormigón. El cloruro de calcio reaccionará con el producto de reacción de hidróxido de calcio de la hidratación del cemento para formar oxiclорuro de calcio expansivo. La angustia resultante del pavimento puede aparecer primero como "sombra" en las juntas del pavimento, que progresa a la formación de escamas o grietas alrededor de partículas agregadas y, finalmente, a la desintegración del hormigón.

1.3 Escalado de sal

La incrustación es un mecanismo de deterioro físico agravado mediante sales de deshielo y congelación y descongelación. Las sales utilizadas para derretir la nieve y el hielo entran en solución y penetran en la

Informe Especificaciones de hormigón por Durabilidad

3. Especificaciones

Para mejores prácticas en climas fríos, que son más propensos a daños por congelación-descongelación, se han seleccionado los siguientes estados en relación con las especificaciones de mezcla y materiales.

- **Mezcla**

Estado	Relación máxima A/C	Contenido de aire (%)	Mín. Contenido de cemento (kg/m ³)	Máx. Temperatura del hormigón (°C)
Illinois	0.42	6.5 ± 1.5	335	32
Iowa	0.45	6,0 ± 1,5	332	-
Míchigan	0.50	6.5 ± 1.5	308	32
Quebec	0.45	6.5 ± 1.5	311	-
Wisconsin	0.42	7.0 ± 1,5	335	32



Conclusiones

Generales

- Los Pavimentos de hormigón con losas de geometría optimizada están cumpliendo estructuralmente con lo diseñado de acuerdo a niveles de confianza

XII Región

- Para el caso de la Ruta 257 Ch, los pavimentos tradicionales de 20 cm y los optimizados de 14 cm de espesor parecen ser estructuralmente equivalentes
 - Se aprecia un aumento en el agrietamiento y desprendimiento de hormigón desde el año 2022, especialmente en dirección norte – sur
- Existen pavimentos optimizados más antiguos que la Ruta 257 Ch en la Región (entre 10-12 cm, sin fibra), sin ningún tipo de problema (MOP y SERVIU)
- Expertos mencionan que problemas se atribuyen a:
 - Razón A/C, estructura de poros, forma y distribución de burbujas de aire
- Proyectos hoy en licitación son un 12,6% más económicos con Pavimentos con losas de geometría optimizada
 - ¿Posibilidad de usar parte del ahorro en mejoras en el hormigón?