



**14^{vo} Congreso Iberoamericano
de Pavimentos de Concreto**

**2^{do} Congreso Iberoamericano de
Pisos Industriales de Concreto**



CUPO
LIMITADO



14° Congreso Iberoamericano
de Pavimentos de Concreto

2° Congreso Iberoamericano de
Pisos Industriales de Concreto

Taller Pavimentos de Concreto Más Competitivos en el Costo Inicial

IMPARTIDO POR

Mauricio Salgado Torres - Gesinfra **Chile** | Carlos Mario Gómez - Argos **Colombia**
Pelayo del Rio - TCPavements **Chile**

Taller Pavimentos de Concreto - Más Competitivos en el Costo Inicial

Bloque 1 – Análisis del contexto

MAURICIO SALGADO TORRES
GESPAP Ingeniería & Certificación – GESINFRA Consultores
CHILE / COLOMBIA



- Aspectos que determinan los costos directos de una solución en un proyecto de pavimentación.
- Consideraciones técnicas a tener presente en la estimación del costo de un pavimento de concreto.
- ¿Cuáles son los factores que hacen que un pavimento de concreto sea realmente competitivo?

Pavimentos de Concreto: Más Competitivos en el Costo Inicial

Bloque 1 – Análisis del contexto

ASPECTOS QUE DETERMINAN LOS COSTOS DIRECTOS DE UNA SOLUCIÓN EN UN PROYECTO DE PAVIMENTACIÓN.

Mito: Los pavimentos de hormigón son estructuras robustas de gran espesor y por ende caras

Comparativo de materiales

Con una similar carga vehicular por día, las dos técnicas de pavimentación dan diferente tiempo de utilidad



1,000 Autos



30 Camiones



15 Tráileres

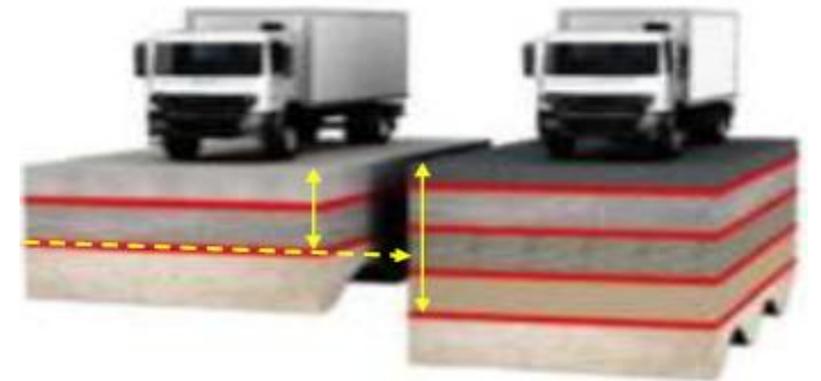
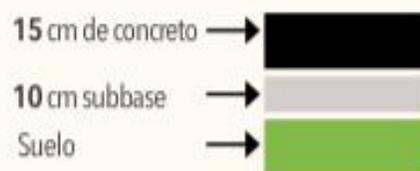
■ **ASFALTO** es un subproducto de la refinación del petróleo: es el residuo del hidrocarburo refinado

Vida útil 10 a 15 años



■ **Concreto hidráulico** es un producto fabricado mediante un proceso industrial a partir de la caliza y la arcilla

Vida útil 20 a 30 años



La resistencia y la rigidez del hormigón se traduce en **menos y más delgadas capas de los materiales necesarios sub-base**, y una menor necesidad de recursos materiales.

Un hecho cierto es que mientras los pavimentos flexibles requieren en promedio espesores más de 40 cm para bases+subbases, los pavimentos de hormigón suelen utilizar entre 15 y 20 cm máximo de subbase



Economía y Sustentabilidad

Si adicionalmente se optimizan los espesores de las losas con diseños de espesor optimizado (losas cortas) y el uso de fibras, se disminuye también la cantidad de árido necesario para el hormigón

\$/m³ de concreto hidráulico para pavimentos



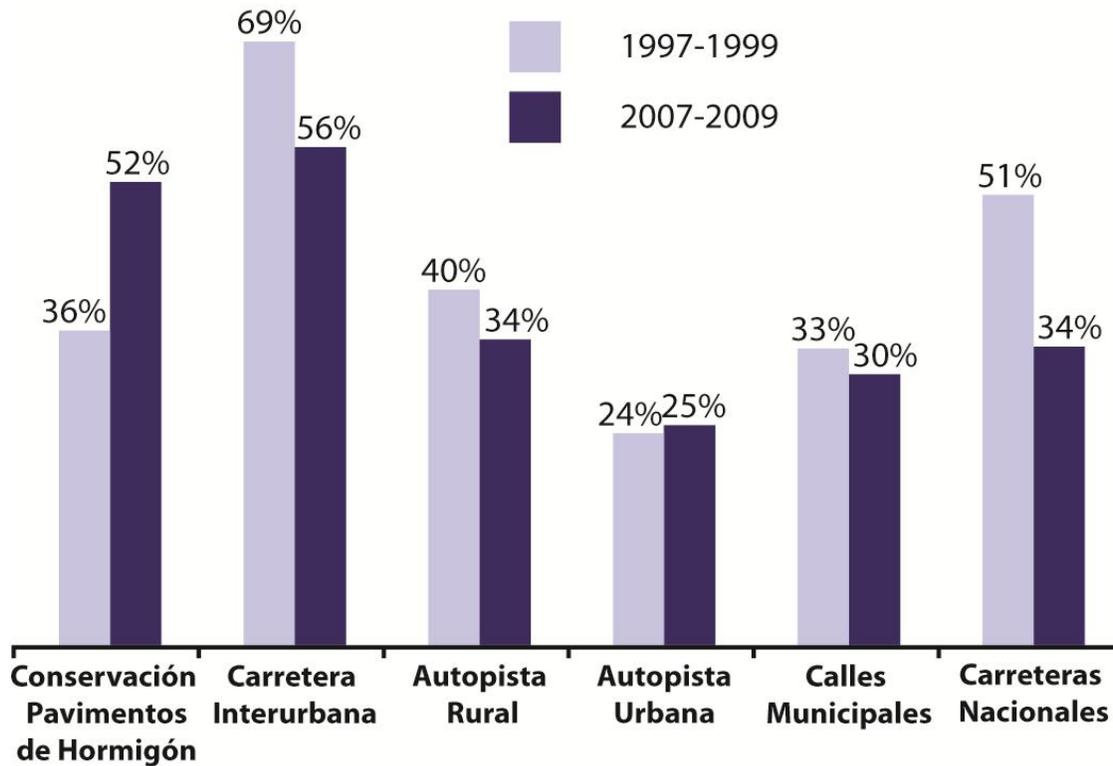
¿Cual es el porcentaje de cada componente en el precio de las mezclas (asfáltica o de concreto) para pavimentos?

% ?

\$/Ton de mezcla asfáltica en caliente



Consideraciones que condicionan el Costo Inicial de Construcción de un Pavimento



El **costo del pavimento** como un **porcentaje del costo inicial** del proyecto global, que normalmente fluctúa entre el 25% y 50%, pero puede ser mayor, dependiendo principalmente del **tipo de construcción** (sobrecarpeta versus construcción nueva), **ubicación** (urbana versus rural) y **aplicación**.

Consideraciones que condicionan el Costo Inicial de Construcción de un Pavimento

- **Contexto y Localización del Proyecto.**
 - Urbano o Interurbano.
 - Público o Privado.
 - Accesibilidad.
- **Magnitud y Dimensiones del Proyecto.**
 - Km o m².
 - Tipo de Calzada.
 - Topografía.
- **Condiciones Particulares del Proyecto**
 - Fuentes de Materiales (cercanía y accesibilidad).
 - Logística.
 - Disponibilidad de Equipos y Suministros.
- **Especificaciones técnicas y condiciones de recepción.**
- **Ambiente de Competencia.**





La localización geográfica y clima preponderante durante la construcción y la operación





14^{vo} Congreso Iberoamericano de Pavimentos de Concreto

2^{do} Congreso Iberoamericano de Pisos Industriales de Concreto

Consideraciones que condicionan el Costo Inicial de Construcción de un Pavimento

La estabilidad del terreno y capacidad de soporte del nivel de subrasante



Desprendimiento tipo Vuelco



Desprendimiento tipo Desplome



Deslizamiento Traslacional en roca



Deslizamiento Traslacional en suelo



Deslizamiento rotacional 1



Deslizamiento rotacional 2



Colada tipo Flujo de Lodo



Colada tipo Derrubio



Flujo de Suelo



Flujo de Derrubios



Colada tipo Solifusión



Colada tipo Reptación



Consideraciones que condicionan el Costo Inicial de Construcción de un Pavimento

La disponibilidad de materiales y la logística de transporte que implica la ejecución



Consideraciones que condicionan el Costo Inicial de Construcción de un Pavimento

El tipo, cantidad y magnitud de las solicitudes de carga que soportará la estructura durante su operación

La función que cumplirá el proyecto, así como el contexto y dinámica de su operación





14^{vo} Congreso Iberoamericano
de Pavimentos de Concreto

2^{do} Congreso Iberoamericano de
Pisos Industriales de Concreto



Consideraciones que condicionan el Costo Inicial de Construcción de un Pavimento



Las Especificaciones técnicas y el sistema constructivo que se emplee (o imponga) por parte del ente contratante

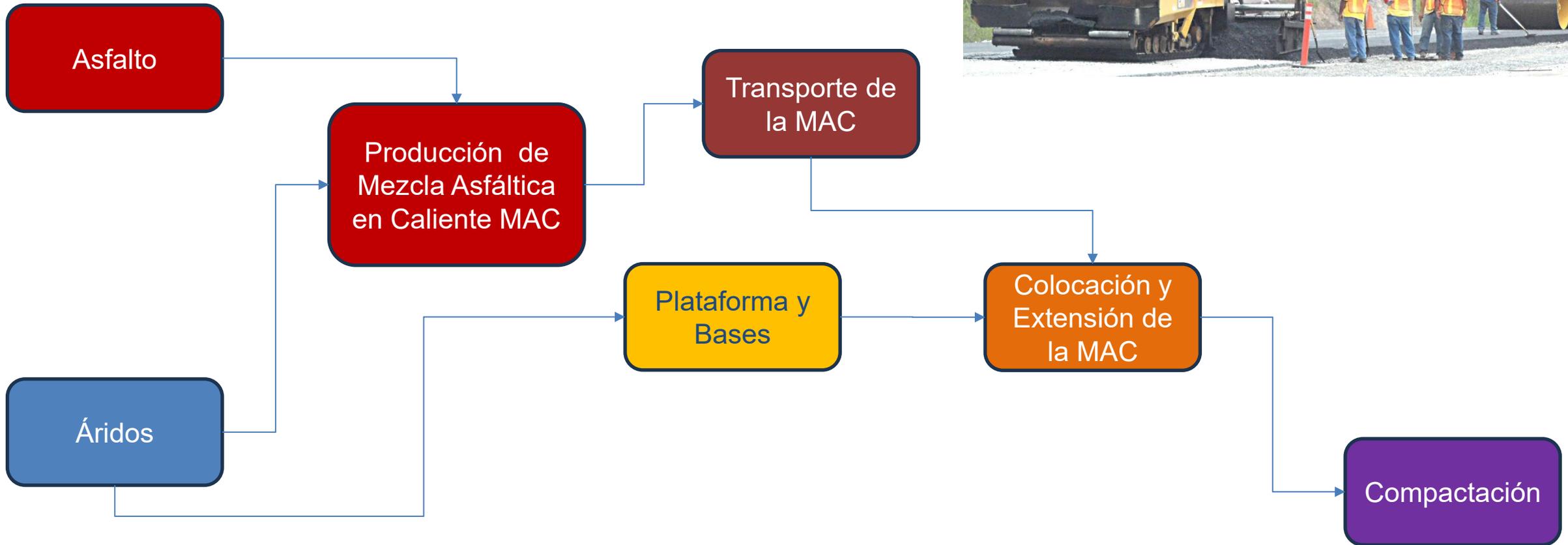
Consideraciones que condicionan el Costo Inicial de Construcción de un Pavimento

La expectativa del dueño del proyecto y los usuarios, así como los atributos con que espera contar

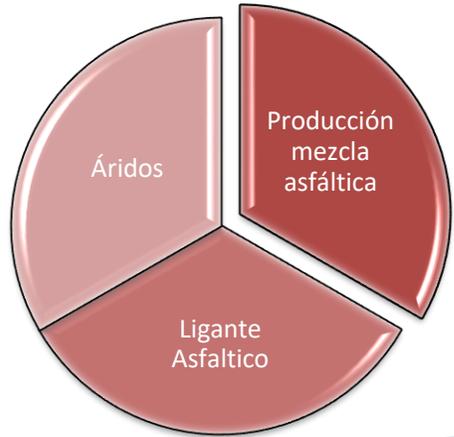
El dueño del proyecto considerando sus prioridades, políticas y disponibilidad de recursos



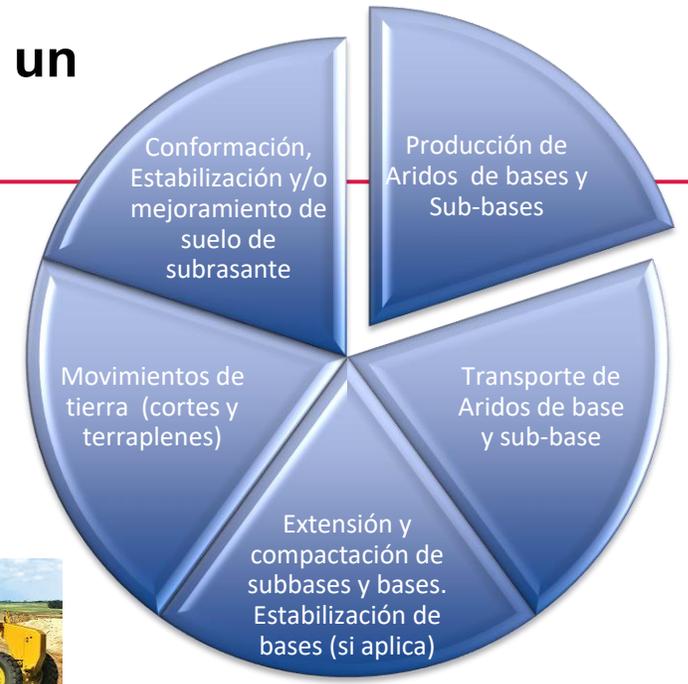
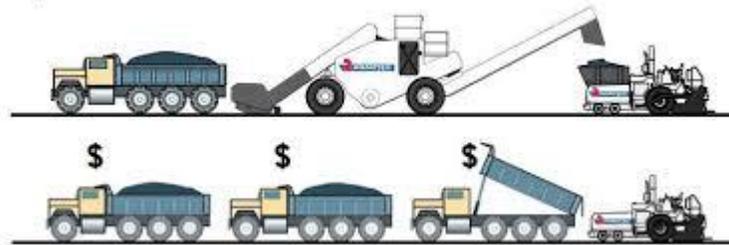
¿Cómo se Construye un Pavimento de Asfalto?



Elementos Incidentes en el Costo de un Pavimentos Flexibles



Mezcla Asfáltica



Precio en \$/Ton. de mezcla asfáltica en caliente



MOVIMIENTO DEL PETRÓLEO



Unit	Price range*
Per ton	\$40 – \$80
Delivery per ton	+ \$4 – \$9
Per cubic yard	\$80 – \$160
Per square foot (3" – 5" depth)	\$0.75 – \$2.00

Cost of asphalt by type

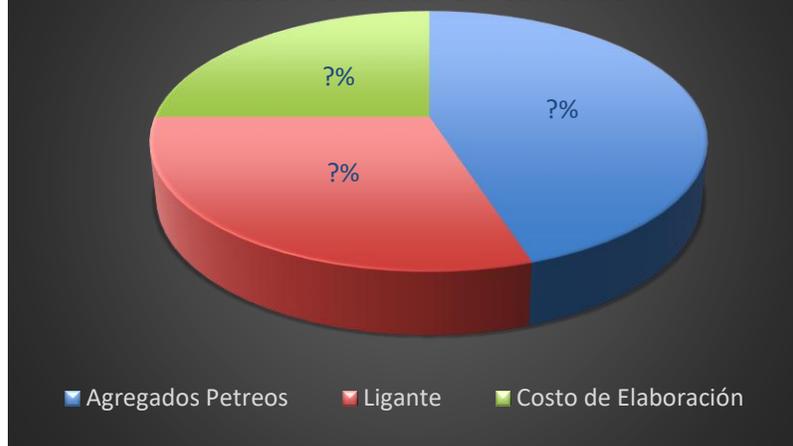
Type	Average cost per ton*
Hot-mix	\$40 – \$80
Cold-mix	\$90 – \$130
Porous	\$50 – \$95
Recycled	\$10 – \$20
Warm-mix	\$45 – \$90
Colored	\$60 – \$120
Coarse grade / basecoat / binder layer	\$40 – \$70

Diferencial WTI Brent 1990 - 2025



Incidencia del precio del petróleo en el precio del asfalto

% de participación en el costo Ton. de Mezcla Asfáltica en Caliente



$\$/m^2$ de pavimento
asfáltico



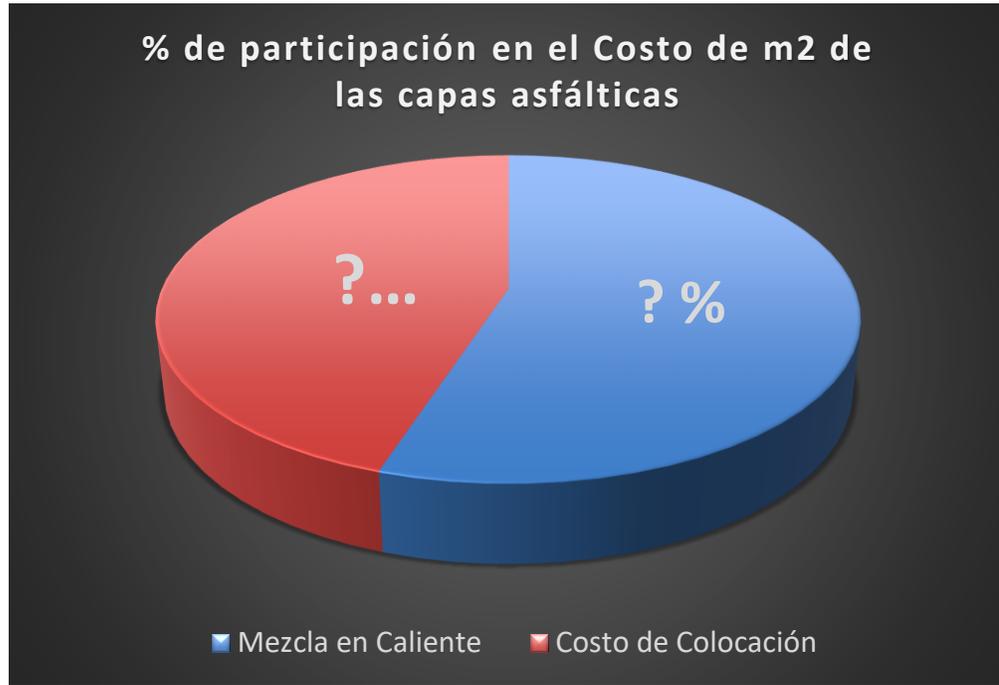
El costo de transporte debería considerarse de manera independiente?

Y si el ligante es un asfalto modificado?

Y si la mezcla asfáltica incluye adiciones como el caucho?

Y si la mezcla asfáltica incluye un porcentaje RAP?

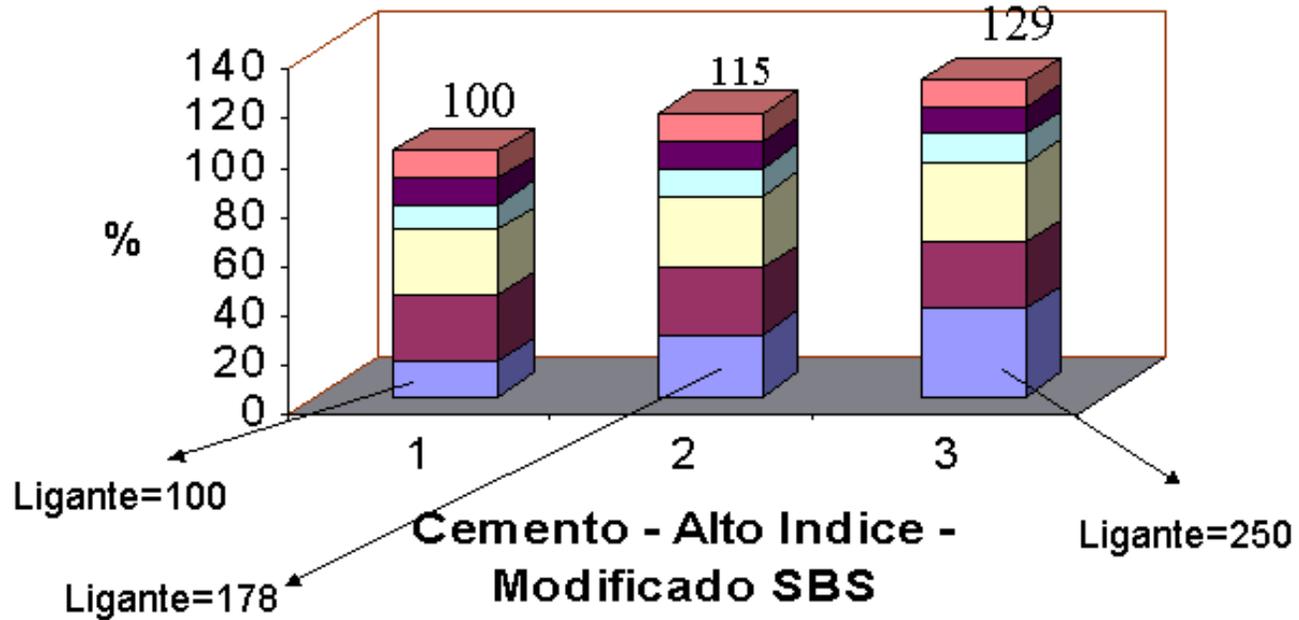
Cuanto pesa en el costo las bases y sub-bases?



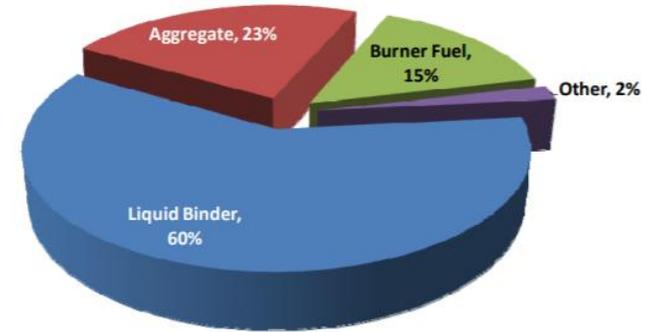
CAPA	MATERIAL	EQUIPOS RECOMENDADOS
 <p style="text-align: center;">RODAJE</p>	Entre 10 y 45% de RAP con aplicación in situ (material fresado)	 EXTENSORAS ABG5820 ABG6820  EXTENSORAS P5770C P5870C P6870C  COMPACTADOR DE DOBLE RODILLO DD100  COMPACTADOR PNEUMÁTICO PT220
 <p style="text-align: center;">BASE</p>	100% de RAP con espuma	 EXTENSORAS ABG5820 ABG6820  EXTENSORAS P5770C P5870C P6870C  COMPACTADORES DE SUELO SD105 SD160
 <p style="text-align: center;">SUB-BASE</p>	RCC (Escombros de la Construcción Civil)	 EXTENSORAS ABG5820 ABG6820  EXTENSORAS P5770C P5870C P6870C  COMPACTADORES DE SUELO SD105 SD160



Sobre base concreto asfáltico Convencional=100

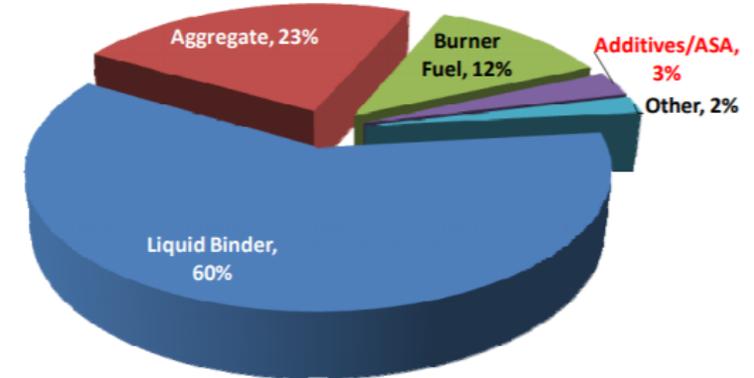


HMA Cost Composition

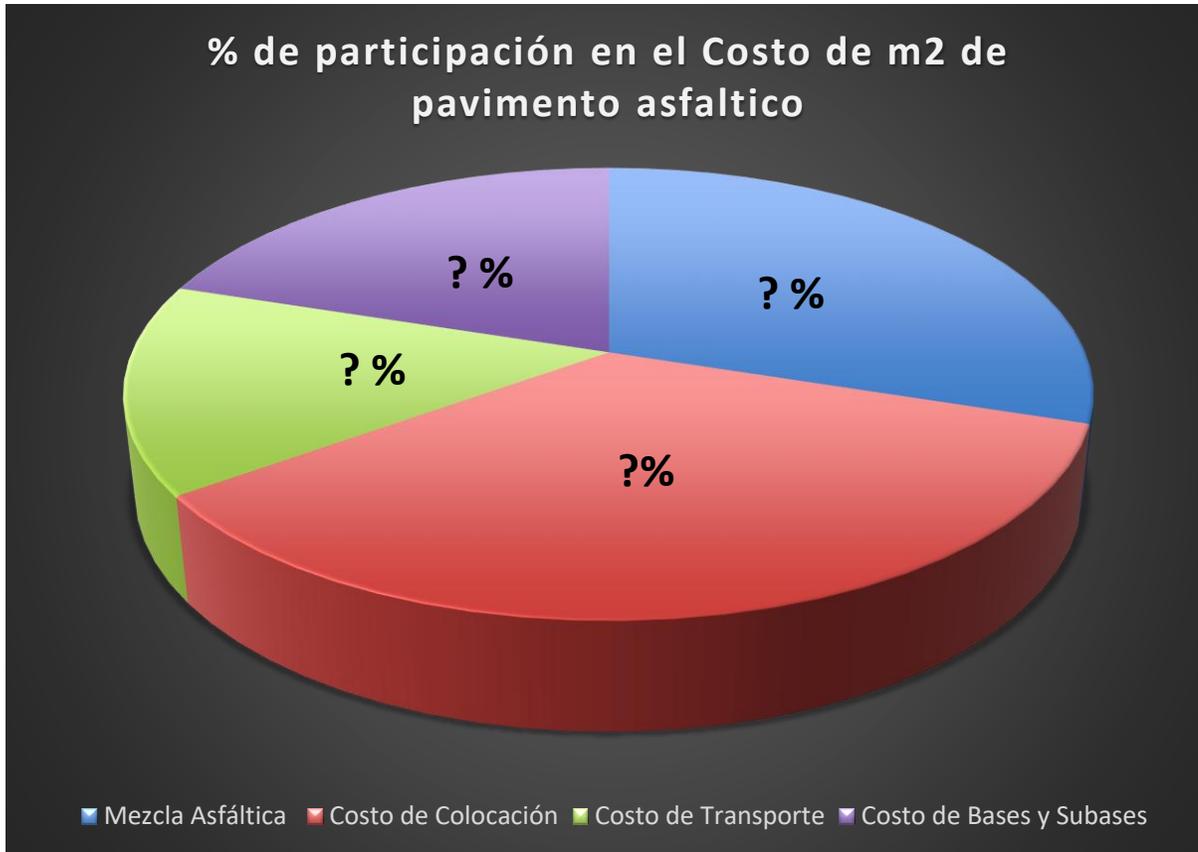


Source: PCA Analysis

WMA Cost Composition



Source: PCA Analysis

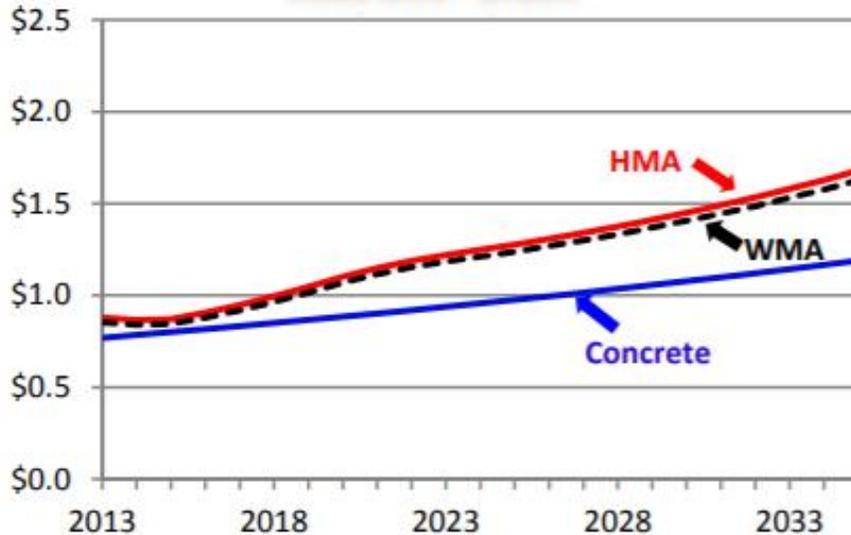


Cuanto pesa en el costo las bases y sub-bases?

The real cost saver is not warm-mix asphalt...it's concrete.

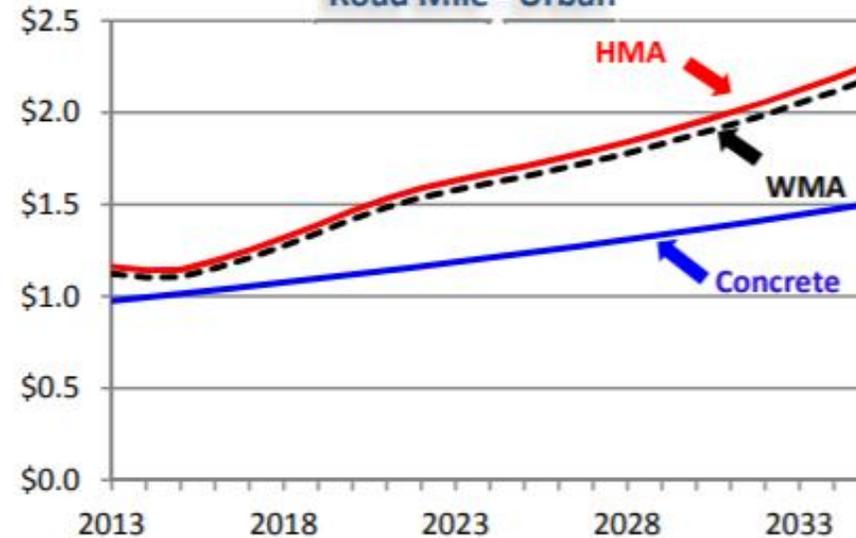
Initial Bid Paving Costs

Million Dollars Per Two Lane Road Mile - Urban



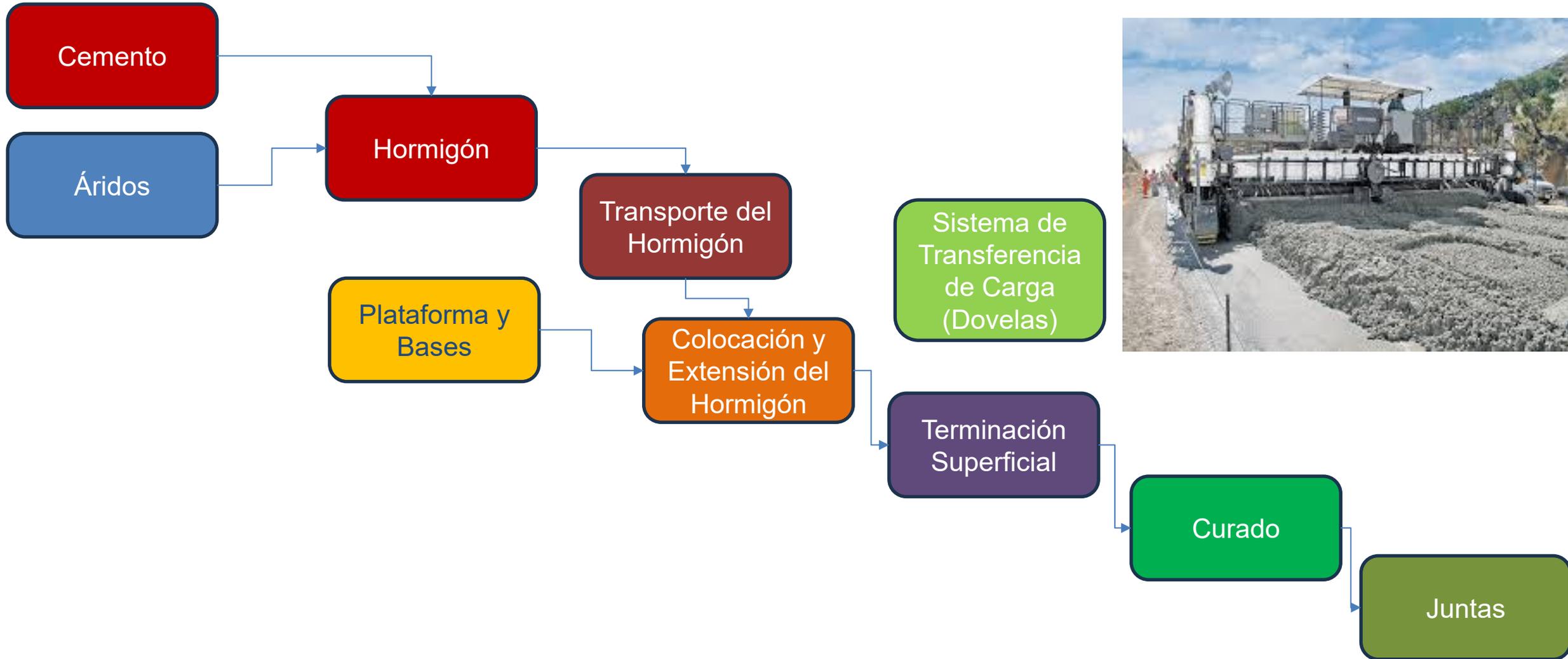
Life Cycle Paving Costs

Million Dollars Per Two Lane Road Mile - Urban



Source: WisPAVE, PCA

¿Cómo se Construye un Pavimento de Hormigón?



¿Cual es el porcentaje de cada componente en el precio \$/m3 del concreto hidráulico para pavimentos?

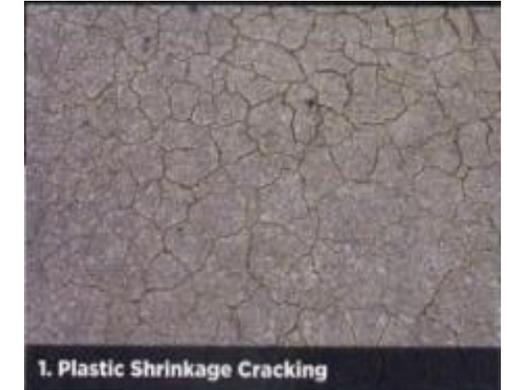
\$/m3 de concreto hidráulico para pavimentos



PORCENTAJE EN EL COSTO DEL CONCRETO DE CADA UNO DE SUS COMPONENTES DEL CONCRETO HIDRÁULICO



Especificar mayores resistencias garantiza mejores pavimentos???



Exigir más resistencia de la necesaria



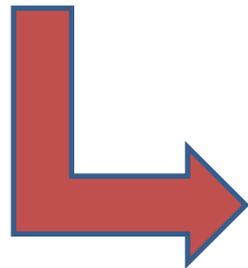
Excesiva cantidad de cemento



Excesiva rigidez del hormigón



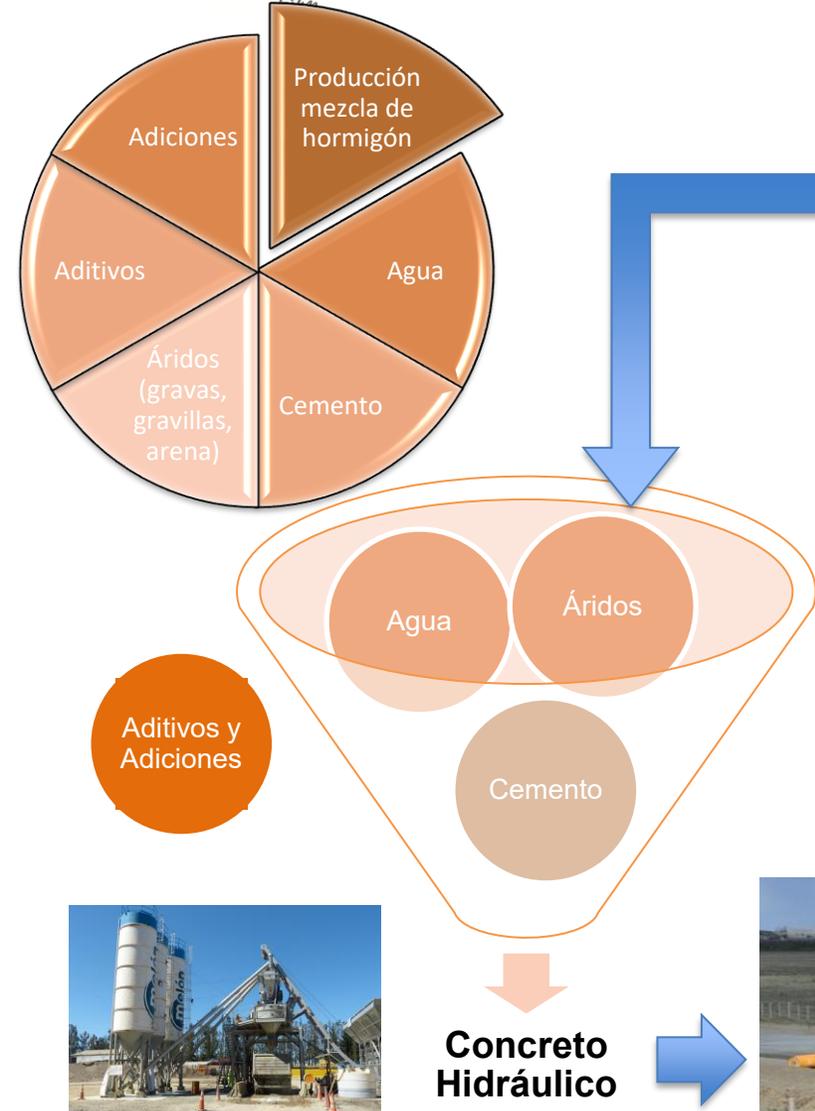
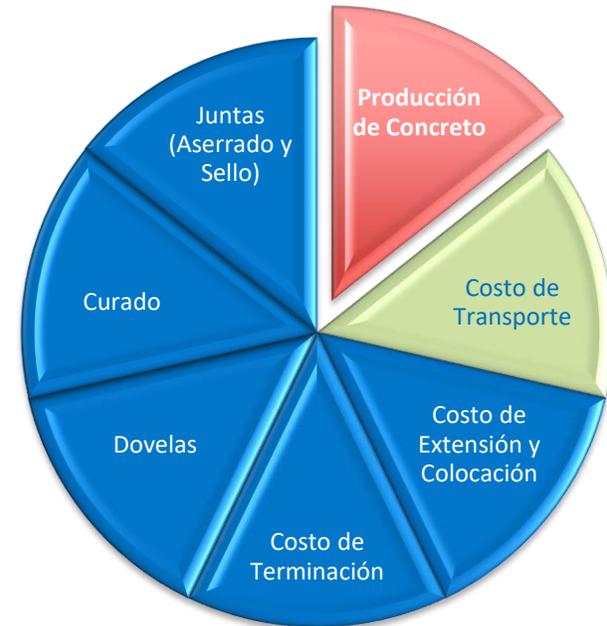
Mayor alabeo y problemas de retracción



No garantiza un comportamiento óptimo y si un mayor costo



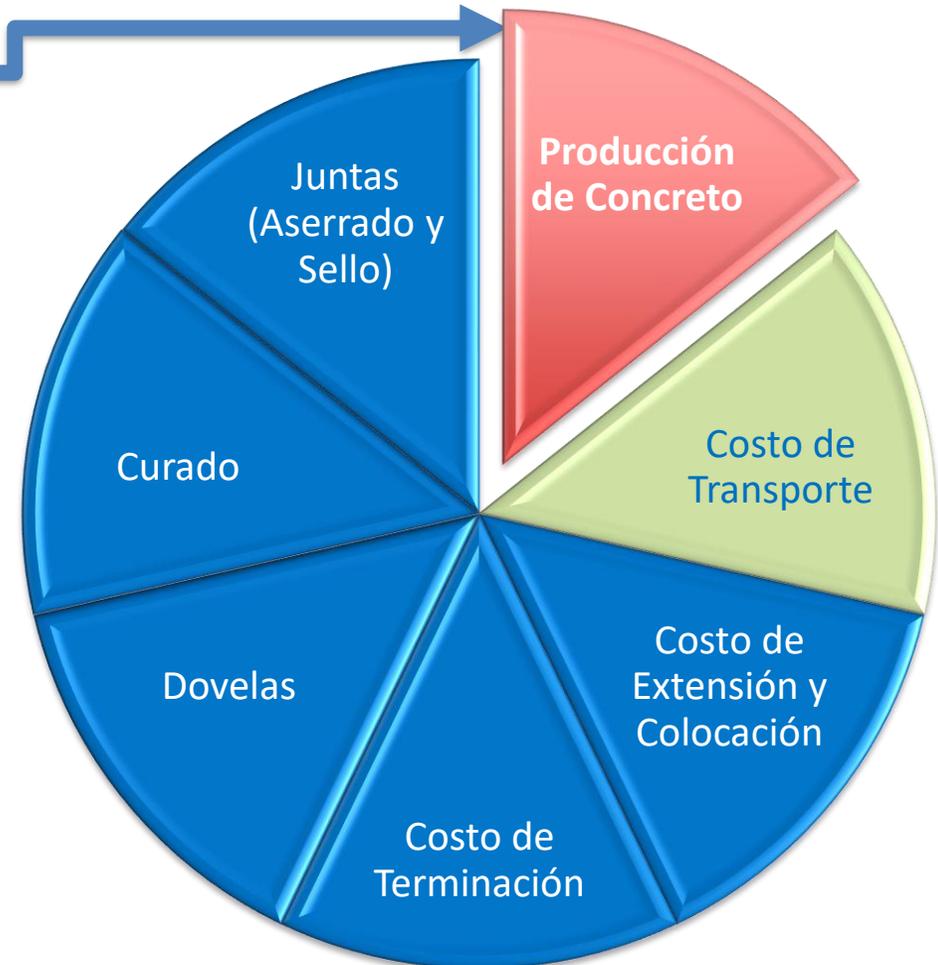
Elementos Incidentes en el Costo de un Pavimentos Rígidos



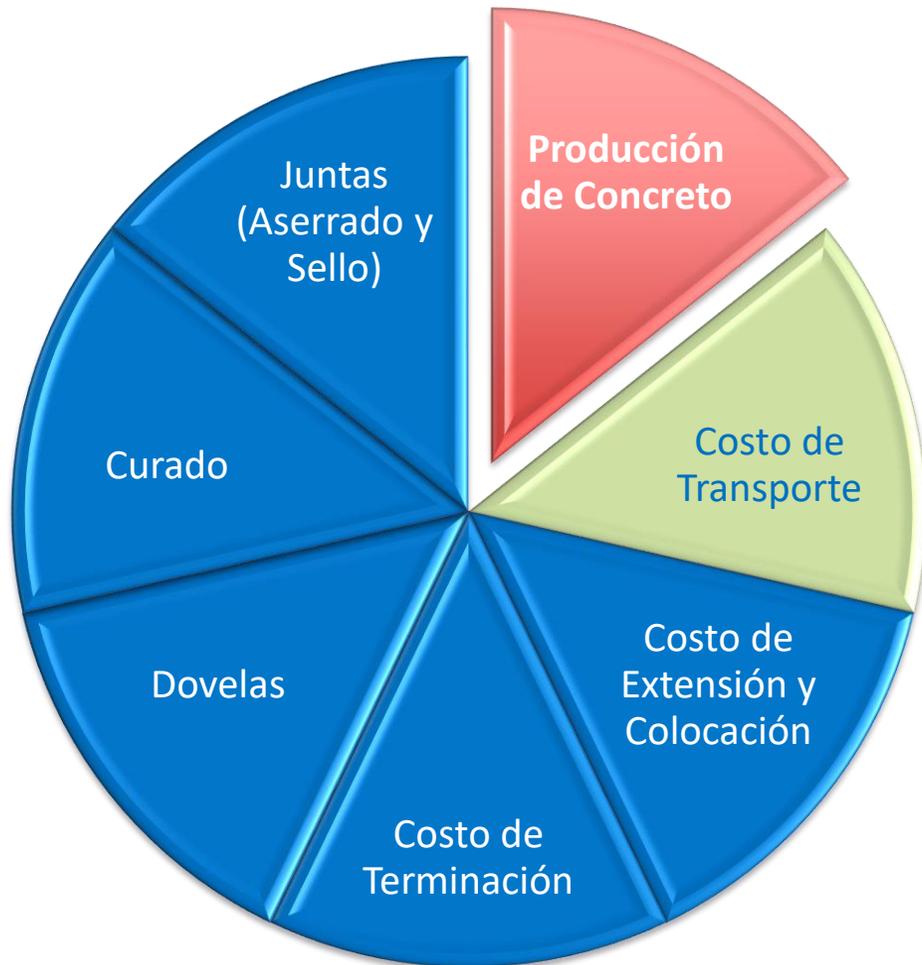

\$/m³ de concreto hidráulico para pavimentos



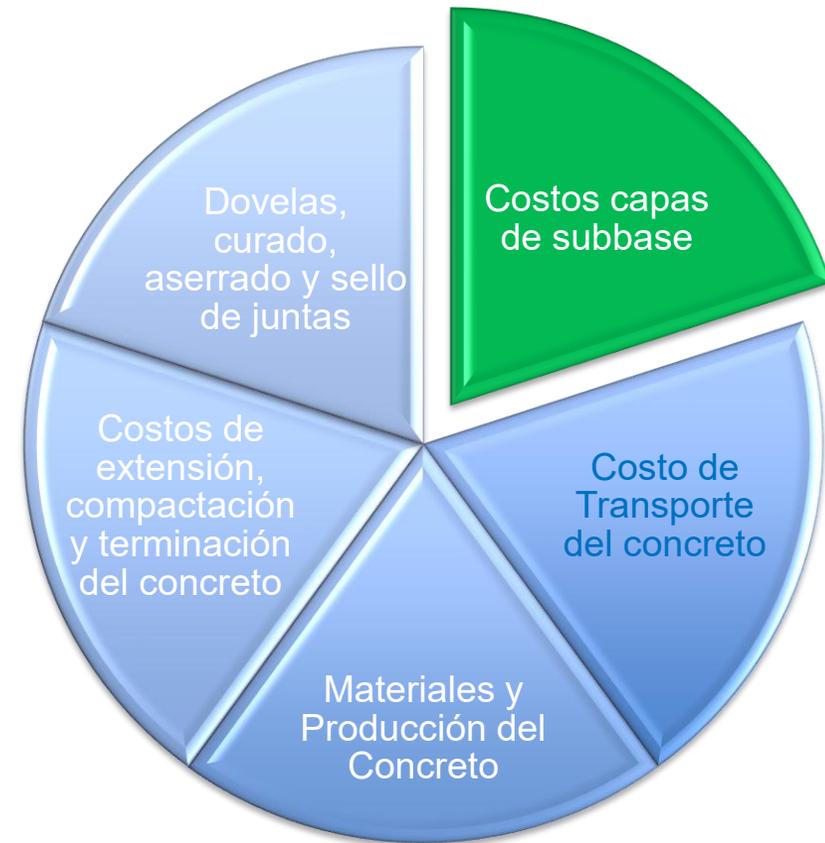
\$/m³ de concreto hidráulico colocado y terminado



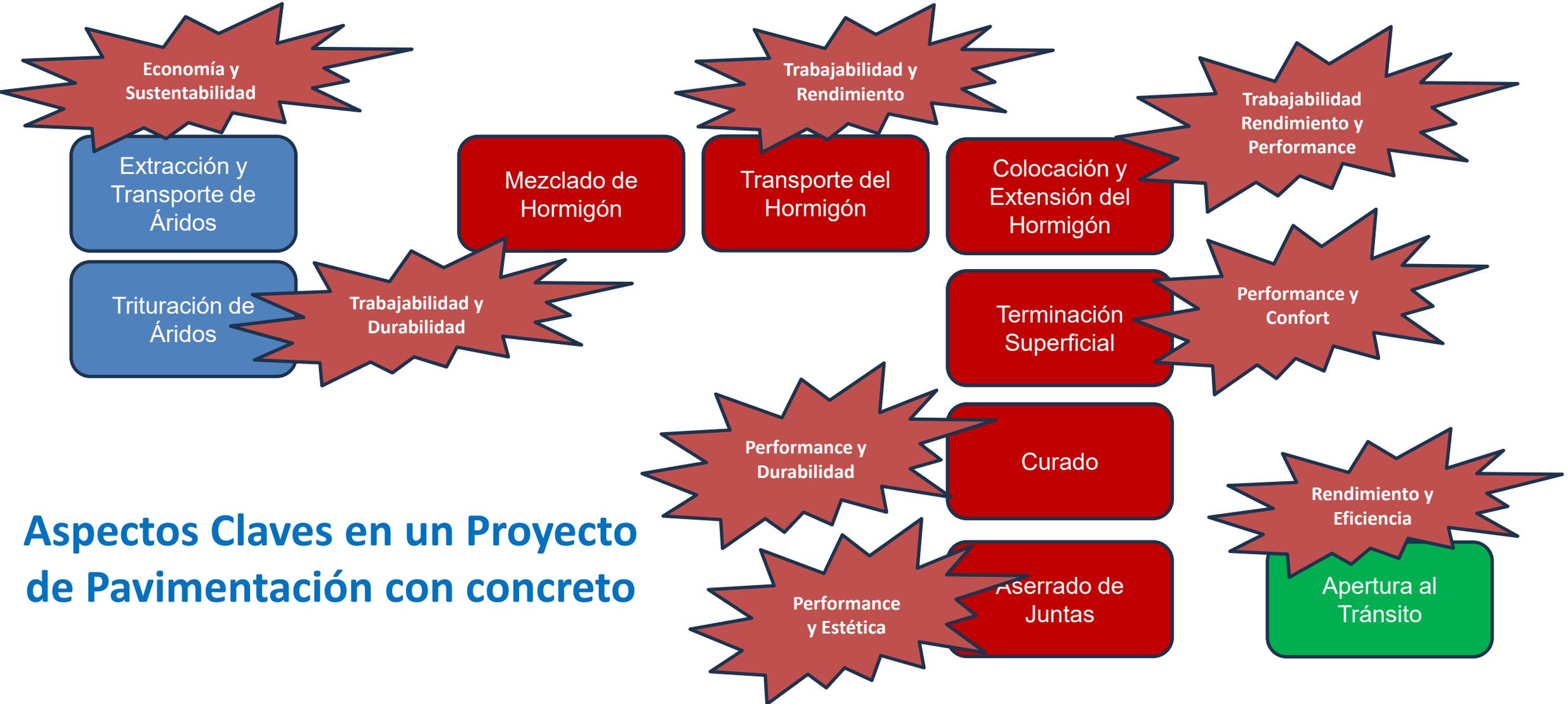
\$/m3 de concreto hidráulico colocado y terminado



\$/m3 de pavimento de concreto hidráulico



Establecer las ventajas de los **pavimentos de concreto** frente a otras materialidades, **NO se debe reducir a una mera comparación de costos directos iniciales**, lo cual dejaría de lado y sin considerar aspectos clave de **tecnología, ingeniería y sustentabilidad**, en la valoración del **desempeño y la relación beneficio/costo real en el largo plazo**.



Aspectos Claves en un Proyecto de Pavimentación con concreto

Pavimentos de Concreto: Más Competitivos en el Costo Inicial

Bloque 1 – Análisis del contexto

CONSIDERACIONES TÉCNICAS A TENER PRESENTE EN LA ESTIMACIÓN DEL COSTO DE UN PAVIMENTO.

Equipos de Pavimentación Tradicional (Manual)

Aconsejable para espesores de máximo 17 cm



Entre 100 a 150 m por jornada
(90 m³ por día en promedio dependiendo
del espesor)

Equipos Mecanizado de Pavimentación (pavimentadoras de molde deslizante)



Entre 400 a 850 m por jornada
(350 a 500 m³ por día en promedio dependiendo del espesor)

El Uso de Equipos de Molde Deslizante aseguran un mayor rendimiento y traen consigo una mayor productividad que redunda en la disminución del costo directo inicial

Pavimentación Manual

Transporte del Hormigón



Colocación de moldes y barras



Colocación y Vibrado



Terminación



Curado



Aserrado y Sello de Juntas



Apertura al tránsito



Punto de Entrega del Hormigón premezclado al contratista



Transporte del Hormigón



Colocación y Vibrado



Terminación



Curado



Aserrado y Sello de Juntas



Apertura al tránsito



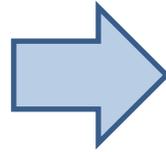
Pavimentación Mecanizada

Análisis Pavimentación Manual – Suministro con Camión Mixer

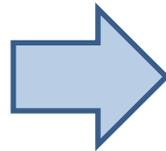
Considerando una longitud de 1 km y un ancho de carril de 3,6 m y un espesor del pavimento de concreto de 20 cm



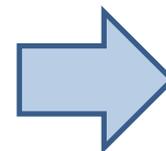
Suponiendo que despacharan desde planta camiones mezcladores cada uno cargado con 6 m³ se requerirían 120 camiones aprox.



720 m³ de concreto hidráulico por km



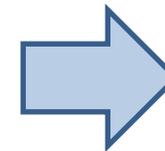
4 camiones mezcladores descargando concreto por hora



30 Horas aprox. ó Entre 4 a 6 días para descargar el concreto necesario para 1 km



24 m³/h colocados alcanzarían para pavimentar 120 m² equivalentes a 33 m de longitud aprox. (Ancho=3.6 m y Espesor=20cm)

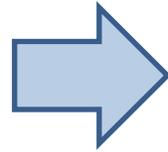


Si se trabajaran alrededor de 5 horas y mantiene un ritmo optimo y continuo se podrían hacer **150 m de longitud en un día con equipos manuales**

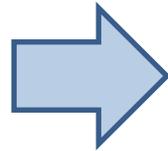
Considerando una longitud de 1 km y un ancho de carril de 3,6 m y un espesor del pavimento de concreto de 20 cm



Velocidad avance 1m/min



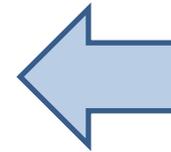
720 m³ de concreto hidráulico por km



60 m requerirían de
 43 m³/h aprox.
 (Ancho=3.6 m y Espesor=20cm)



Si se trabajaran alrededor de 8 horas y mantiene un ritmo optimo y continuo se podrían hacer 350 m de longitud en un día con equipos de molde deslizante



Planta capacidad de al menos 60 m³/h



Si se lograran colocar los 60 m³/h durante una jornada de 8 horas se podrían alcanzar alrededor de 480 m de longitud en un día con equipos de molde deslizante, prácticamente 1 km en 2 días



La terminación superficial no es igual ni comparable tampoco.

Velocidad de Suministro del hormigón



Descargar 6 m³ desde
camión mezclador tarda
entre 12 a 15 minutos
aprox.



Descargar entre 8 y 12 m³ desde volqueta
tarda entre 45 segundos y un minuto y
medio aprox. sin causar segregación



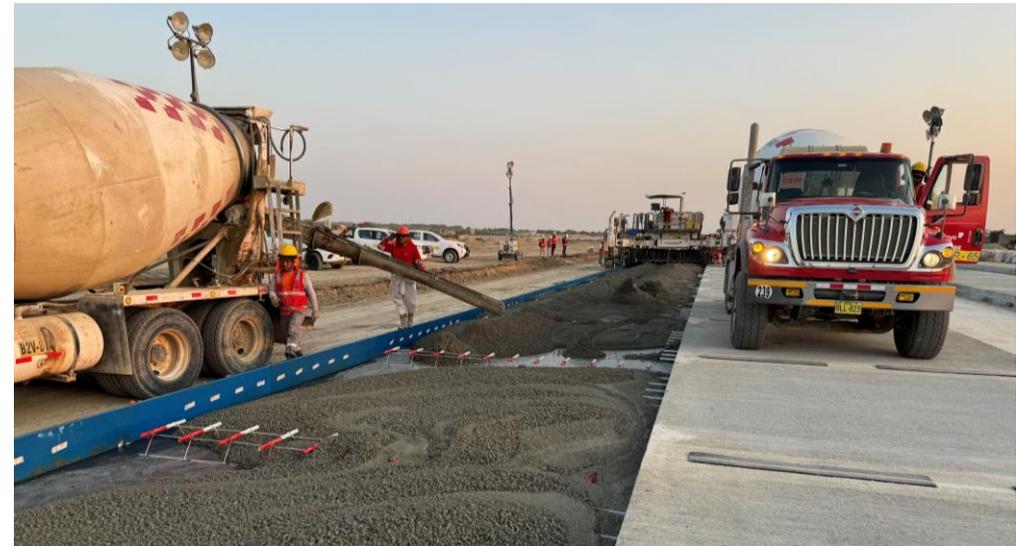
**14^{vo} Congreso Iberoamericano
de Pavimentos de Concreto**
**2^{do} Congreso Iberoamericano de
Pisos Industriales de Concreto**

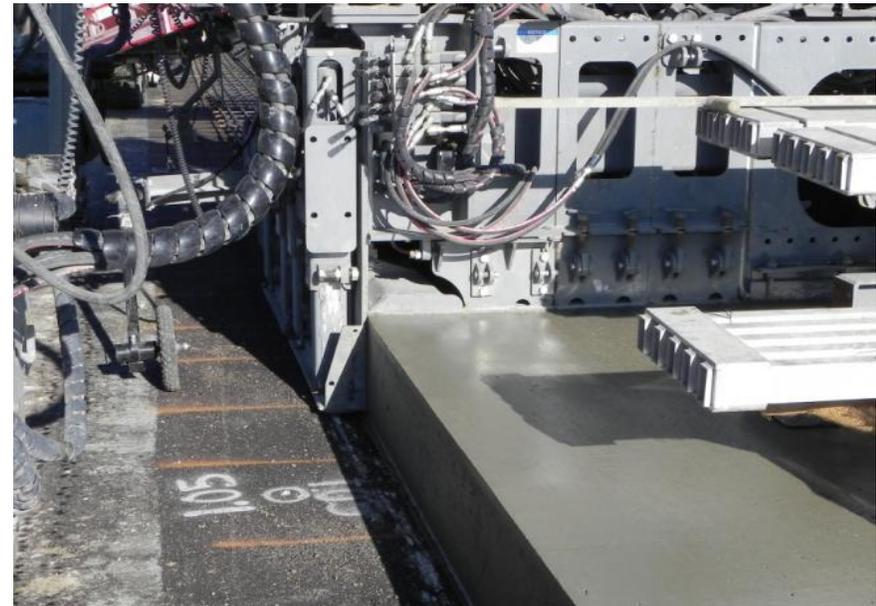
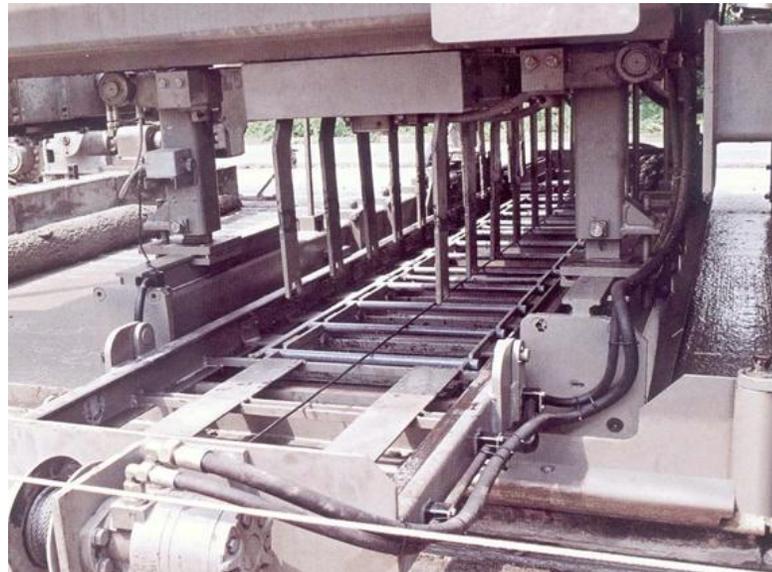
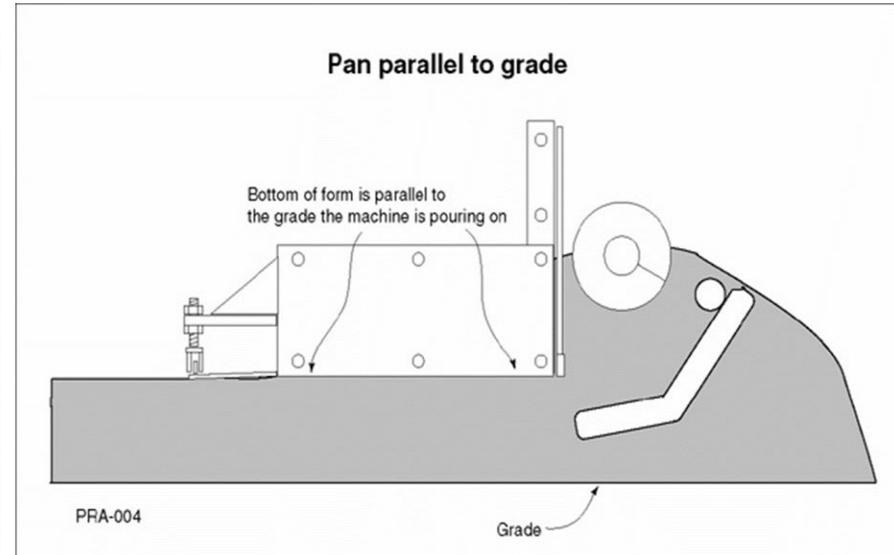




Otras posibilidades de
suministro de concreto

**14^{vo} Congreso Iberoamericano
de Pavimentos de Concreto**
**2^{do} Congreso Iberoamericano de
Pisos Industriales de Concreto**





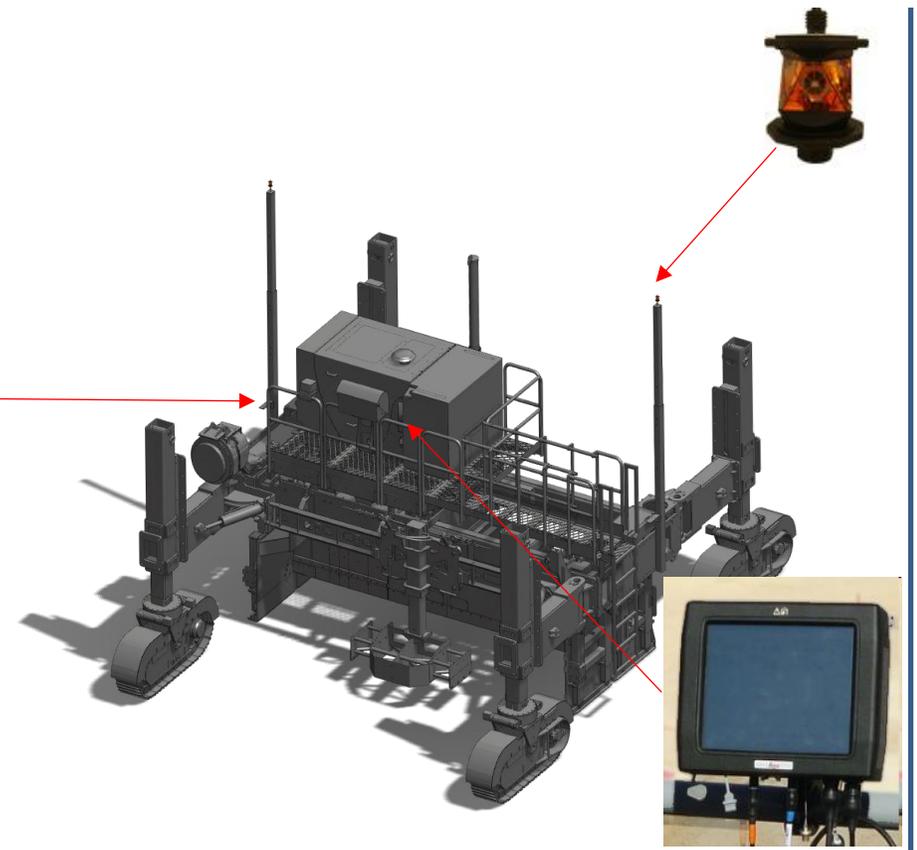
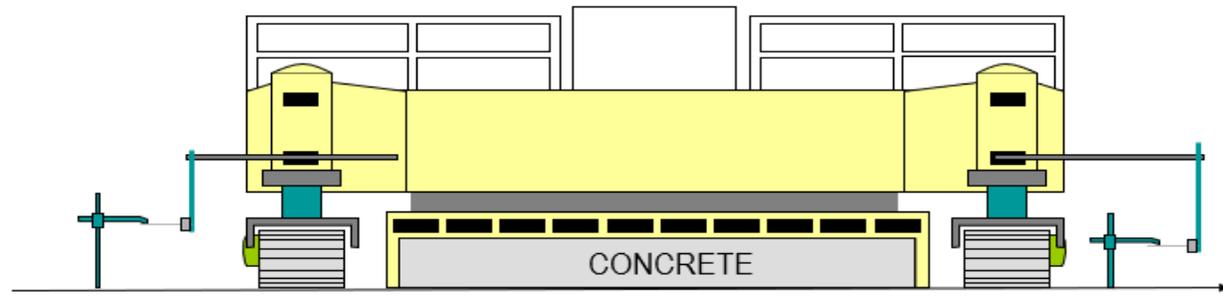
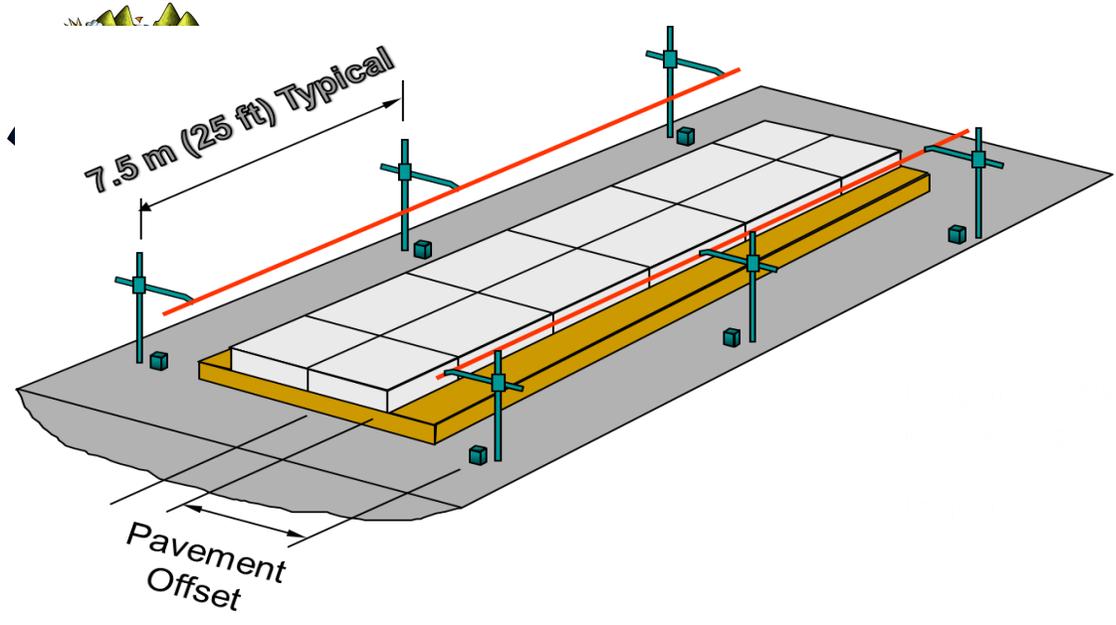
Pavimentación en ancho de calzada



**Valores de IRI entre
1,5 m/km y 2,0 m/km**

Pavimento de 18 cm de
espesor del pavimento de
concreto con macrofibra,
ancho de pavimentación 7 m.

**Mejoramiento Ruta 257CH Sector Cerro Sombrero – Onaissin.
Provincia de Tierra del Fuego, Tramo 0.000- 15,300..**



Pavimentación en ancho de carril





14^{vo} Congreso Iberoamericano
de Pavimentos de Concreto

2^{do} Congreso Iberoamericano de
Pisos Industriales de Concreto



Pavimentación con Hormigón Camino La Pólvara





Proyecto de Rehabilitación de la Ruta 24 (Uruguay) mediante el uso de un sobrecapa adherida.

Whitetopping Ruta 24 (Uruguay) Concesión Rutas del Litoral





08-07-25
-33.164036,-58.169424

133° SE

Ruta 24 Guyunusa, Uruguay



WHITETOPPING RUTA 3 TRINIDAD – A° GRANDE (URUGUAY, 2019)



Cortesía: Consorcio INCOCI - CUJO





Whitetopping Ruta 3 Trinidad – A° Grande (Uruguay)

Premio por alcanzar un mejor IRI en un pavimento de concreto (Whitetopping)

Especificación por contrato

IRI =2,4 m/km

Rango IRI	% de premio	Valor premio comparado con el contrato	Valor premio comparado con el rubro "whitetopping"
< 1,8	100%	3,13%	4,64%
1,8 - 2,0	75%	2,35%	3,48%
2,0 - 2,2	50%	1,57%	2,32%

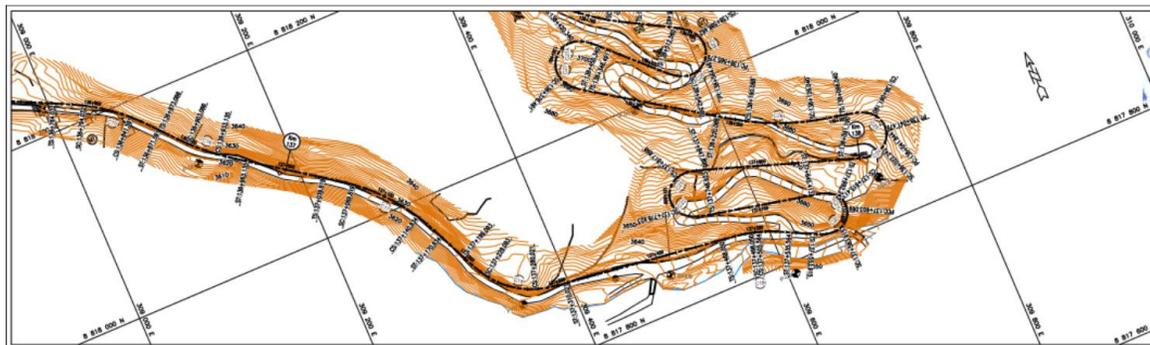
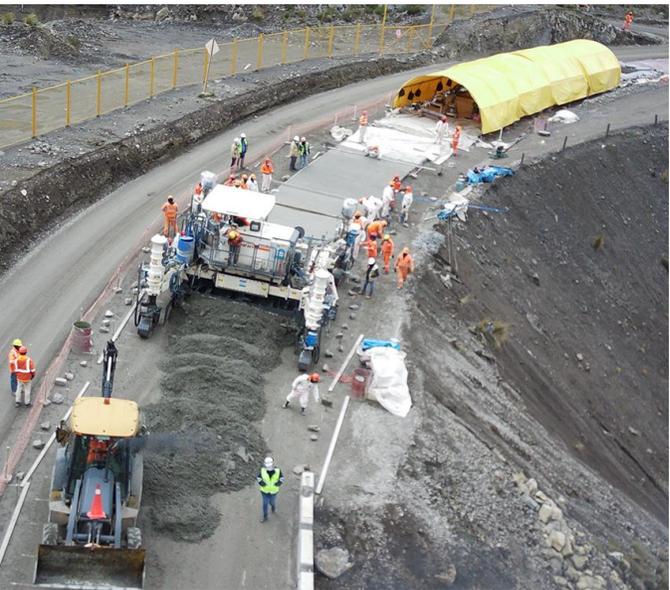
Limonal – Cañas (Costa Rica, 2021)





Proyecto Ambo – Oyon (Perú, 2021)

Proyecto Ambo – Oyon (Perú, 2021)

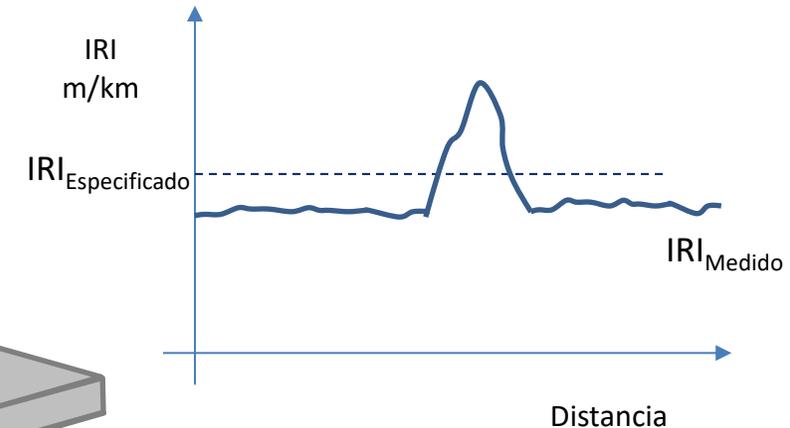
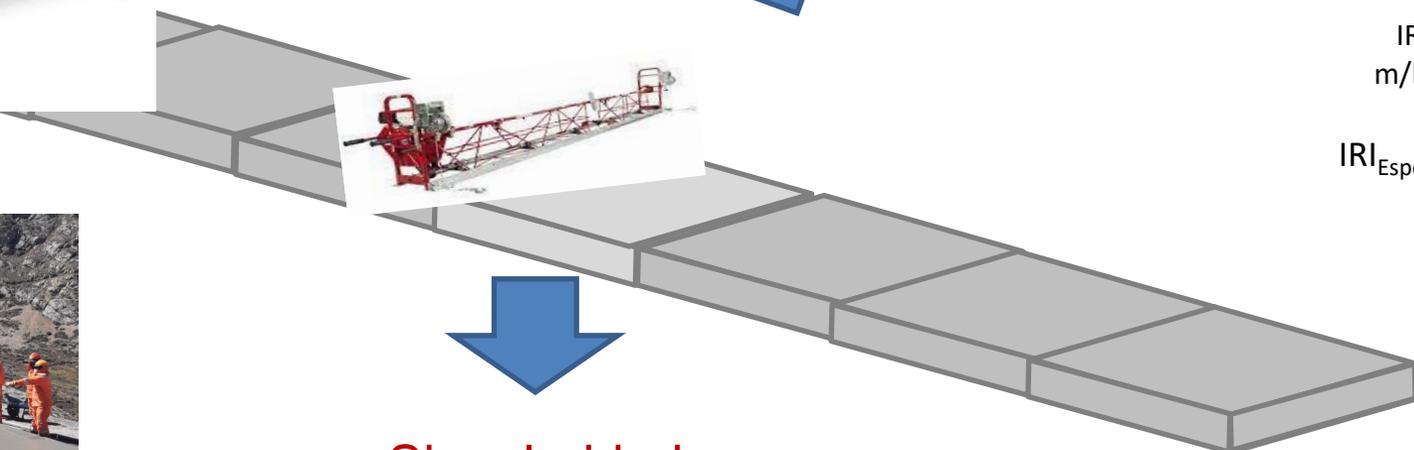
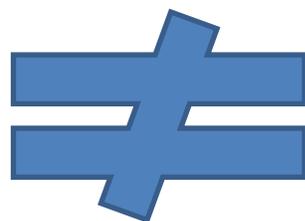
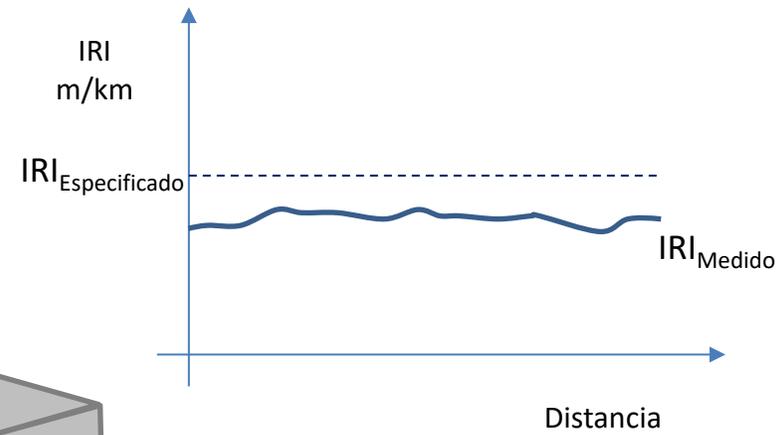
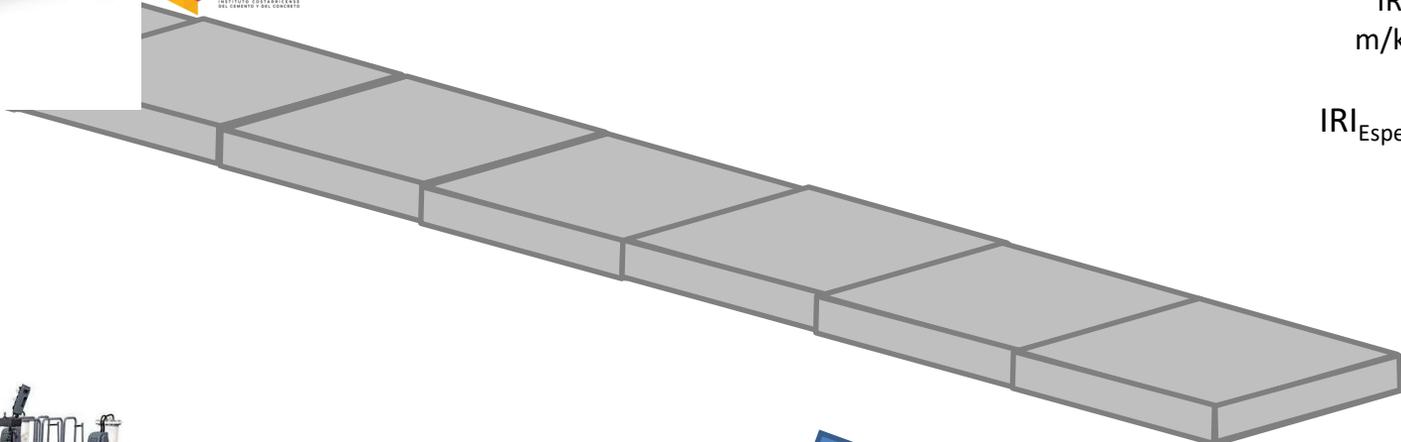


El concepto clave de una pavimentación con concreto exitosa es lograr la ejecución de los trabajos de forma continua y a un ritmo constante en la mayor extensión posible, lo cual asegurará el poder cumplir con suficiencia y mínima variabilidad los requisitos de regularidad (IRI), resistencia, espesor y homogeneidad necesarios para un óptimo performance y la construcción a precios competitivos



Efecto de la falta de continuidad en la pavimentación y la materialización de algunas losas de forma manual

americano
de Concreto
americano de
de Concreto



Singularidad

Dato Curioso:



Pavimentar una milla

1 milla = 1609 m aprox.

Sección de 7,2 m de Ancho

Espesor 24 cm

2780 m³ aprox. de concreto

- Jornada de 10 horas
- 278 m³/h – 160 m/h

Dato Curioso:

Caso en Argentina

- 700 m aprox. – 10,3 m de ancho
- (2 carriles de 7,3 m de Ancho + 2 bermas de 1,5 m)
- Espesor 24 cm

- **1730 m3 aprox. de hormigón**

- **Jornada de 8 horas**
- **216 m3/h – 87,5 m/h**



Optimización de las Dosificaciones

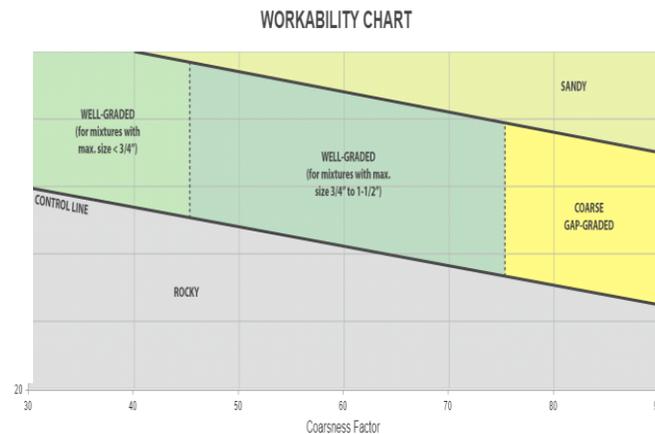
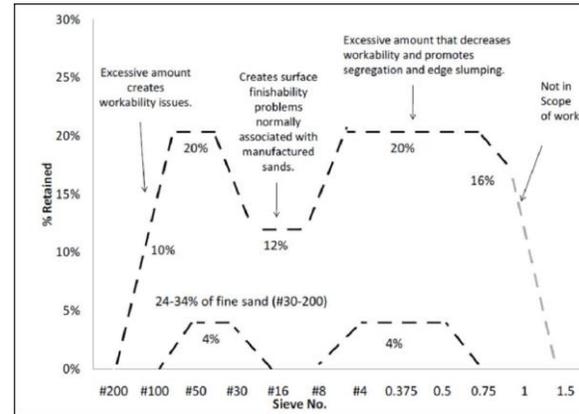
Pasta de cemento: Agua + Cemento
Calidad → Razón A/C
Cantidad:

- Cubrir superficie arenas
- Llenar espacios entre arena
- Separar las partículas de arena

Mortero: Pasta de cemento + arena
Cantidad:

- Cubrir superficie de la árido grueso
- Llenar espacios entre árido grueso
- Dar un medio fluido para que el arrido se pueda desplazar entre si con facilidad

Concreto : Mortero + Árido Grueso



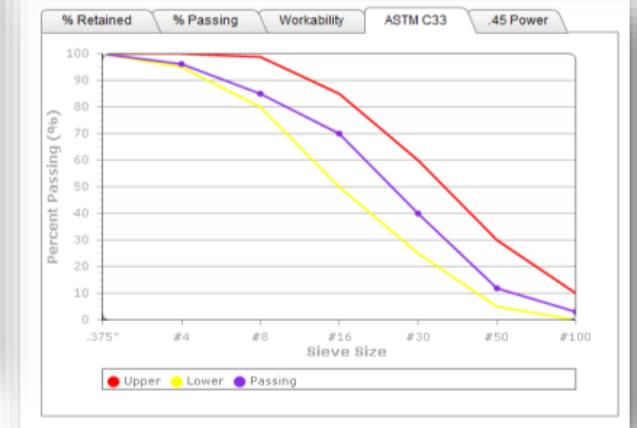
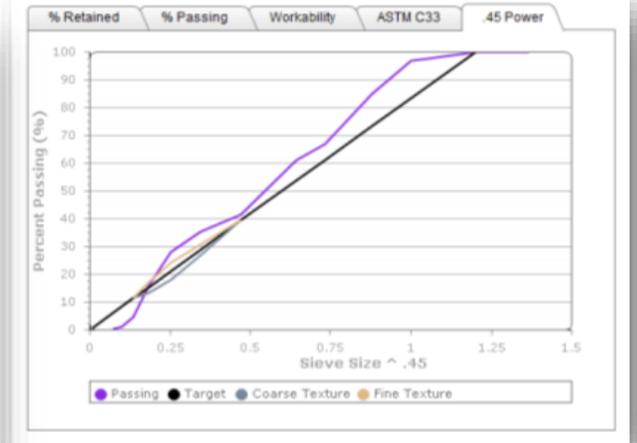
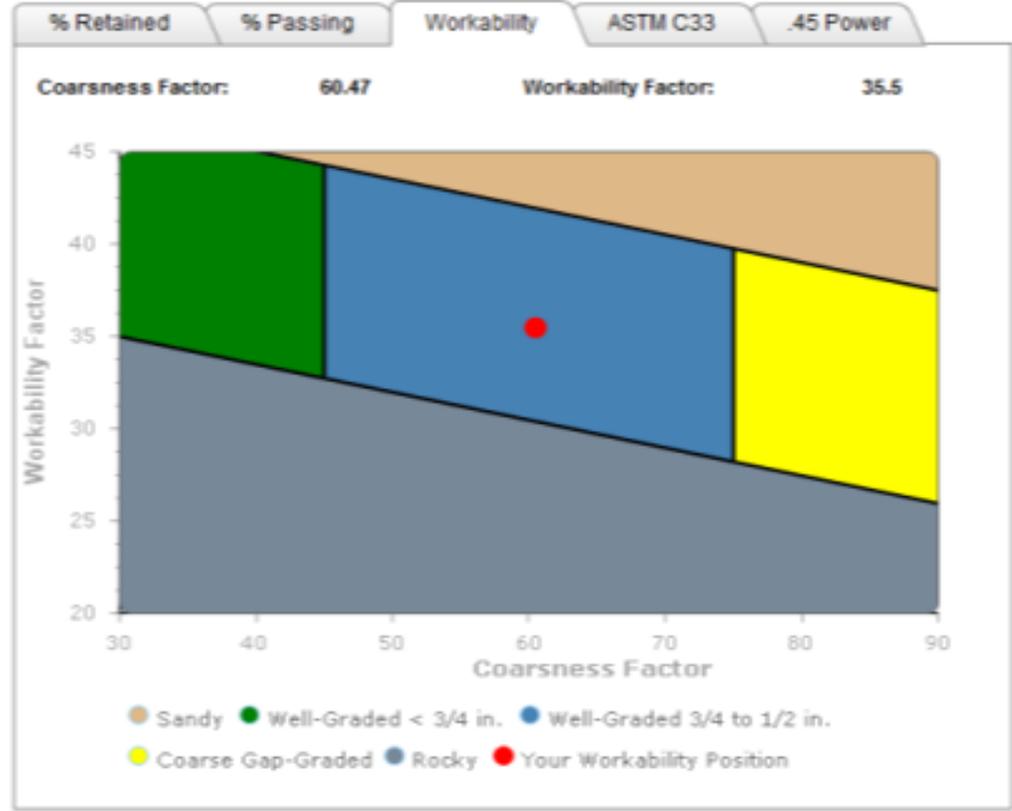
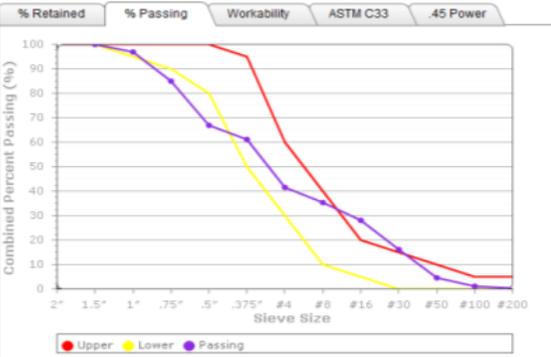
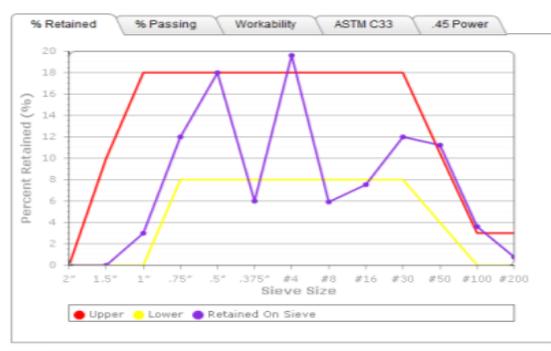
Cortesía: Consorcio INCOCI - CUJO

14^{vo} Congreso Iberoamericano de Pavimentos de Concreto

2^{do} Congreso Iberoamericano de Pisos Industriales de Concreto



Combined Gradation Plots



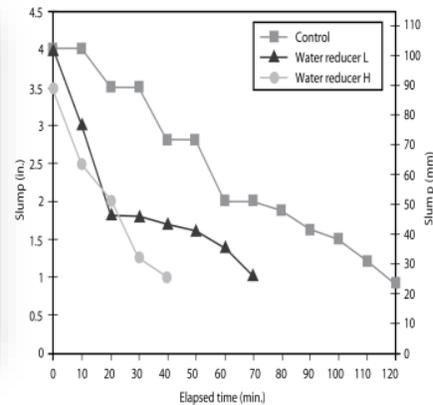


La mezcla no debe contar con la dosis de agua justa y precisa

!Ni tan Seca ni tan húmeda!!!



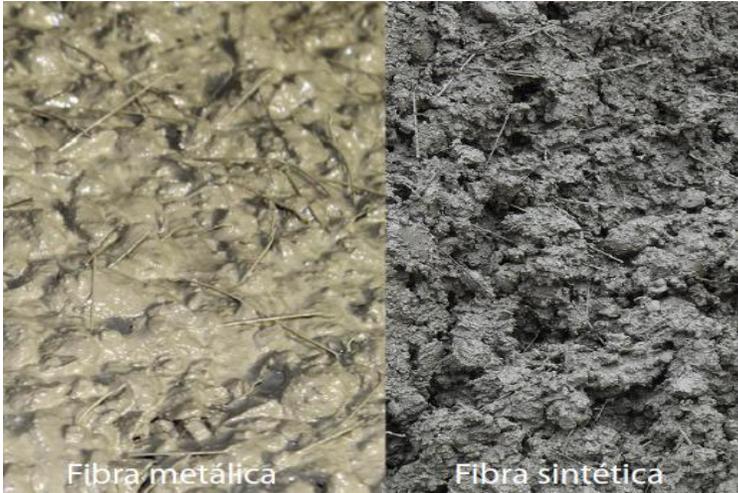
TRABAJABILIDAD



Especificar un determinado cono puede no ser suficiente!!



El uso de macrofibras además de contribuir al desempeño del pavimento mejorando sus propiedades, permite también la optimización de espesores



Fiber-Reinforced Concrete for Pavement Overlays: Technical Overview

Final Report
April 2019



Sponsored by
Federal Highway Administration
Technology Transfer Concrete Consortium (TECC) Public Fund TTT-535
Title of Research Project TTT-535

JOHN STATE UNIVERSITY
Institute for Transportation

National Concrete Pavement Technology Center

Residual Strength Estimator for Fiber-Reinforced Concrete Overlays

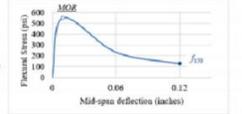
Instructions: Run an overlay design software to determine the design inputs. Select design choices from the drop-down menus below to narrow down the recommended performance requirement of FRC for the proposed overlay pavement. Determine the effective flexural strength to input into overlay design software instead of design concrete flexural strength. Prepare specifications to achieve design residual strength of FRC material.

Design Input Choices	
Type of Overlay Road	Arterial
Millions of ESALS in Design Life	0.01 to 5.0 million ESALS
Alpha ₁ Pre-Condition*	Full *refer to Tech Report for example estimates of alpha ₁ pre-condition
Desired New Concrete Thickness	4.5 to 6 inch PCC thickness
Remaining HMA Thickness after Milling	4.5 to 6 inches HMA remaining
Overlay Slab Size	6ft joint spacing
Desired Performance Enhancements	basic FRC overlay <i>(this will generate a higher residual strength, but not included in effective flexural strength)</i>
Plain Unreinforced Concrete Flexural Strength (MOR) based on 28 day Four Point Bending (ASTM C77 or ASTM C1609)	550 psi

Design Suggestions/Warnings:

Recommended Residual Strength (f_{rd})
Use value within this range for the Material Specifications: **125 to 175 psi** (target value from ASTM C1609 test results of FRC)

Effective Flexural Strength (f_{ef})
Replace the f_{RCR} from the Pavement Design Software with this value: **650 psi**



NOTE: Actual fiber dosage rates are dependent on fiber type, fiber dimensions, concrete mixing/placement technique, cement content and fiber content or volume fraction. The intended fiber and dosage rate should be verified by ASTM C1609 test methods. These recommended values are based off of previous field and laboratory testing of fibers used in concrete overlay pavements. Refer to the Tech Guide or Tech Report for more details.

Developed by Amanda Borden, Ph.D., P.E. and Jeffrey Roeder, Ph.D., P.E.
Version 1.0, January 2010

Acknowledgments:
The software was created with the funding, production, and guidance of the National Concrete Consortium (NCC), the National Concrete Pavement Technology Center (CP Tech Center), Snyder & Associates, and a state DOT pooled fund technical advisory committee.

Disclaimer:
The contents of this spreadsheet do not necessarily reflect the official views or policies of the developers' employers, funding agencies, or technical advisory committee members. The spreadsheet developers assume no responsibility, warranty, or liability for any errors, omissions, or inaccuracies of this spreadsheet. This spreadsheet does not constitute a standard, specification, or regulation.



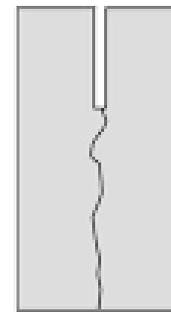



Texturado longitudinal

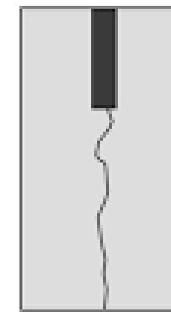
Enfrentar paradigmas



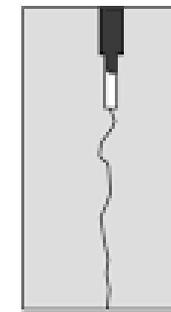
Tipos de Corte, Disponibilidad de Equipos para el aserrado (corte) de Juntas de Contracción



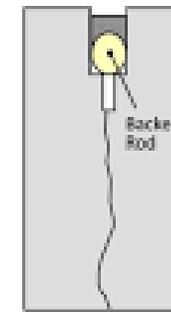
Unfilled (open)



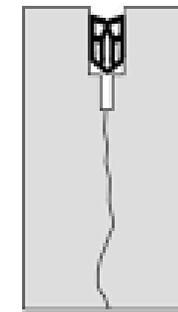
Filled (in single saw cut)



Filled (in reservoir cut)



Sealed (in reservoir cut)
Backer Rod



Compression Seal (in reservoir cut)



Aplicación de membrana de curado

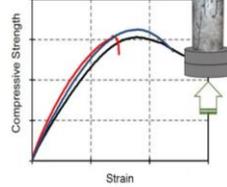
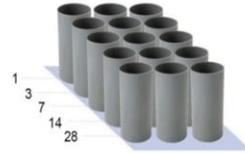




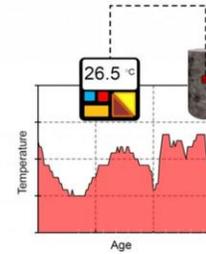
Uso del concepto de la Madurez



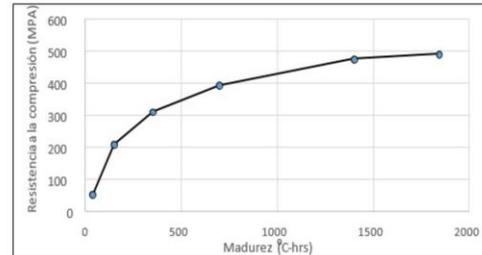
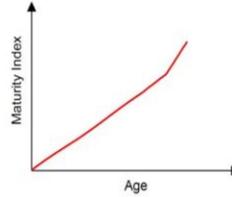
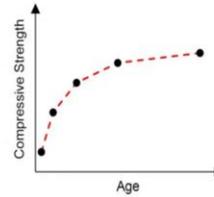
Strength Monitoring



Temperature Monitoring



Develop Maturity Curves



El uso del concepto de la madurez puede contribuir a agilizar los procesos de apertura al tránsito y a la reducción de costos

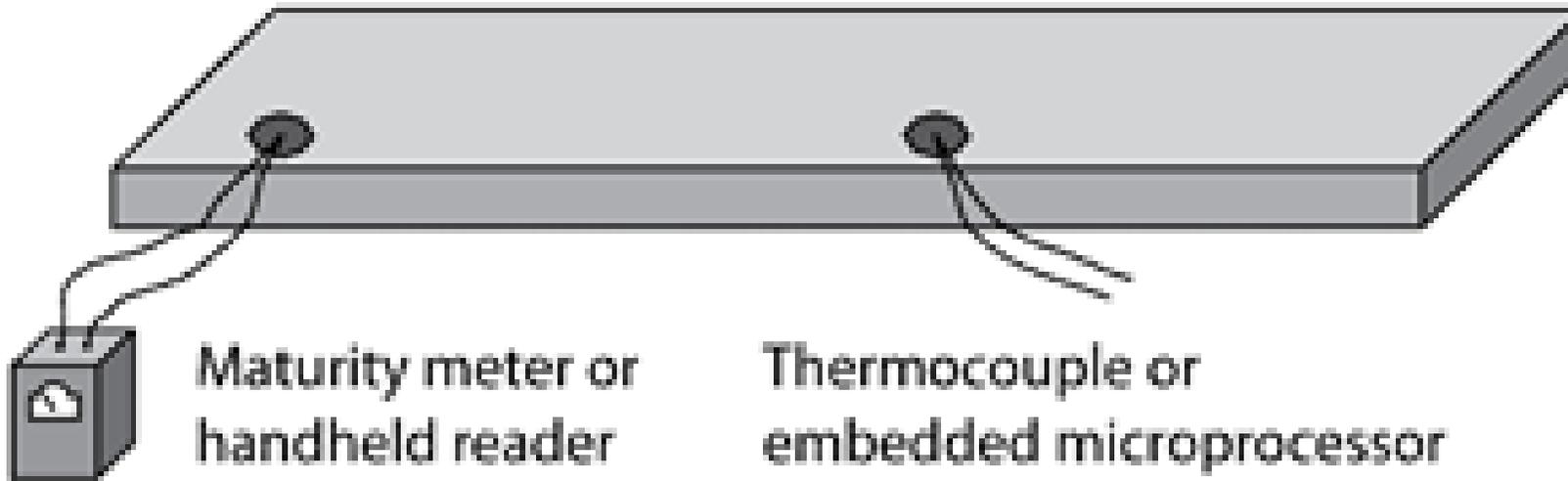
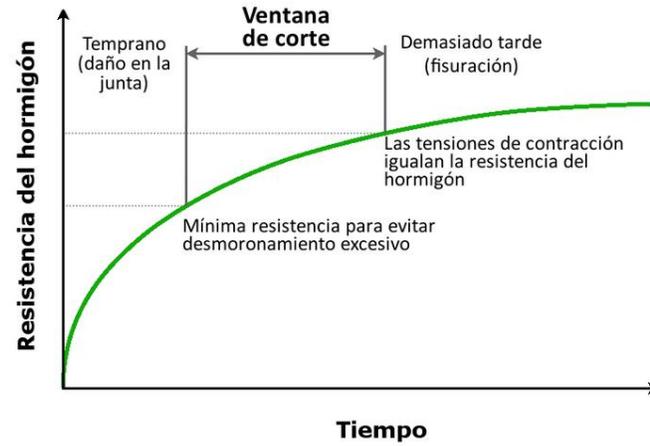


Tabla 16. Espesor de la Losa y Resistencia de Apertura al Tránsito

Espesor de la Losa	Resistencia de Apertura al Tránsito	
	Compresión	Flexotracción
150 mm (6 in.)	24 MPa (3.600 psi)	3,7 MPa (540 psi)
175 mm (7 in.)	19 MPa (2.700 psi)	2,8 MPa (410 psi)
200 mm (8 in.)	15 MPa (2.150 psi)	2,3 MPa (340 psi)
230 mm (9 in.)	14 MPa (2.000 psi)	2,0 MPa (300 psi)
250 mm (10 in) +	14 MPa (2.000 psi)	2,0 MPa (300 psi)

14^{vo} Congreso Iberoamericano de Pavimentos de Concreto
2^{do} Congreso Iberoamericano de Pisos Industriales de Concreto



Consistencia de las mediciones de madurez y el potencial para la definición de los tiempos de corte en las juntas

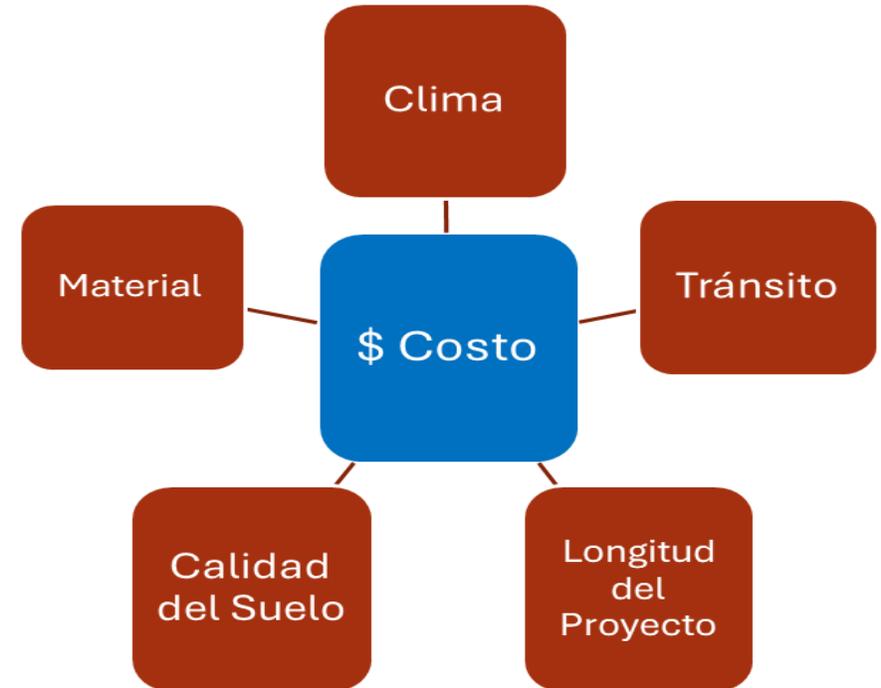
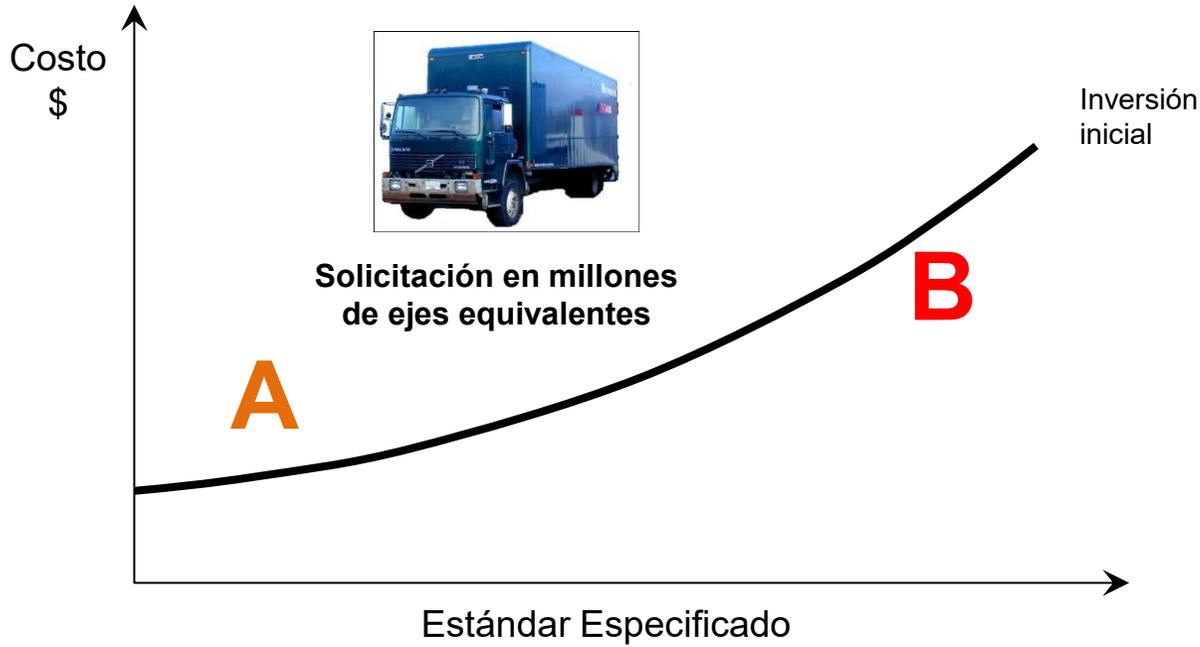


Pavimentos de Concreto: Más Competitivos en el Costo Inicial

Bloque 1 – Análisis del contexto

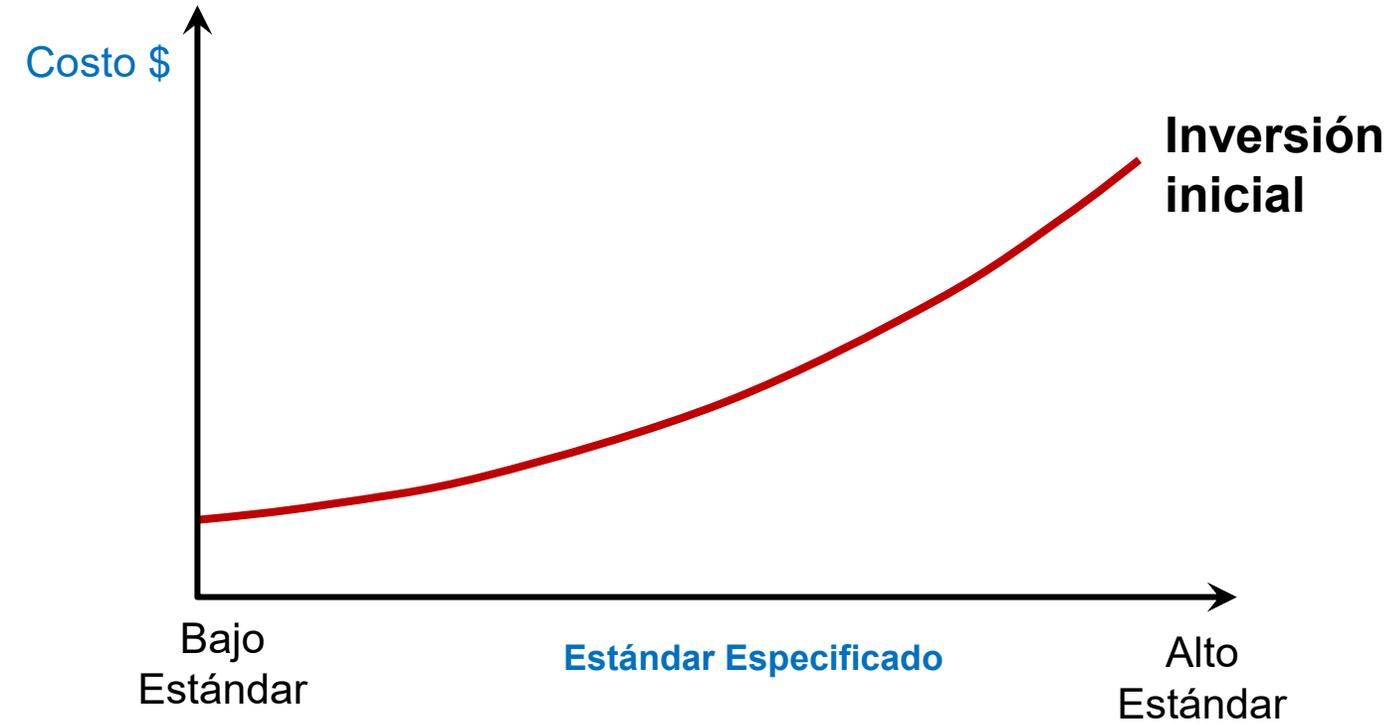
**¿CUÁLES SON LOS FACTORES QUE HACEN
QUE UN PAVIMENTO DE CONCRETO SEA
REALMENTE COMPETITIVO?**

Análisis de costos directos iniciales de un pavimento



- Calidad de Materiales
- Propiedades de Materiales
- Procesos Constructivos





Identificación del Estándar “Adecuado”

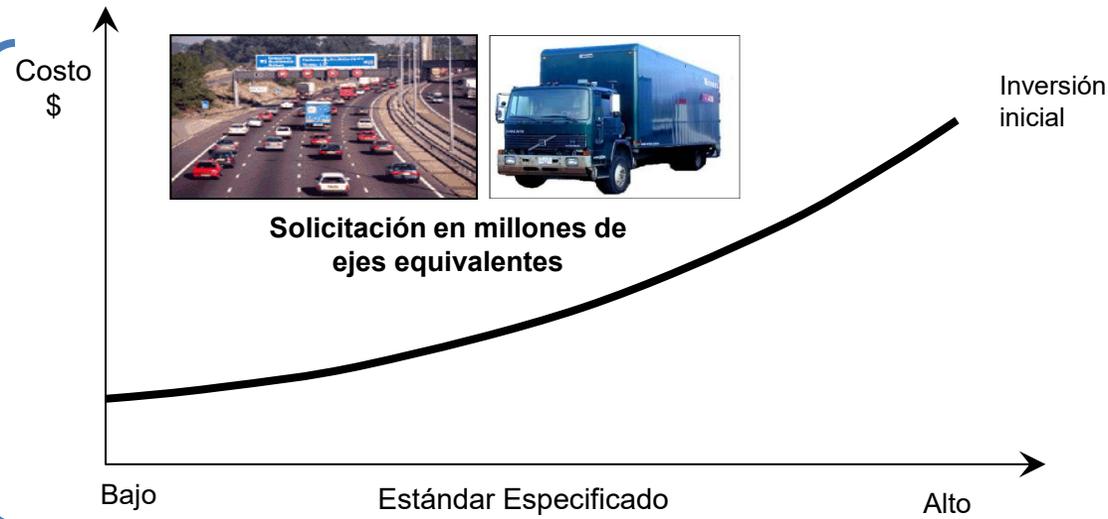


La decisión del estándar a adoptar es función de la necesidad y la disposición a pagar

Bajo Estándar \neq Mala Calidad

Costo incurrido por la administración (Agencia vial)

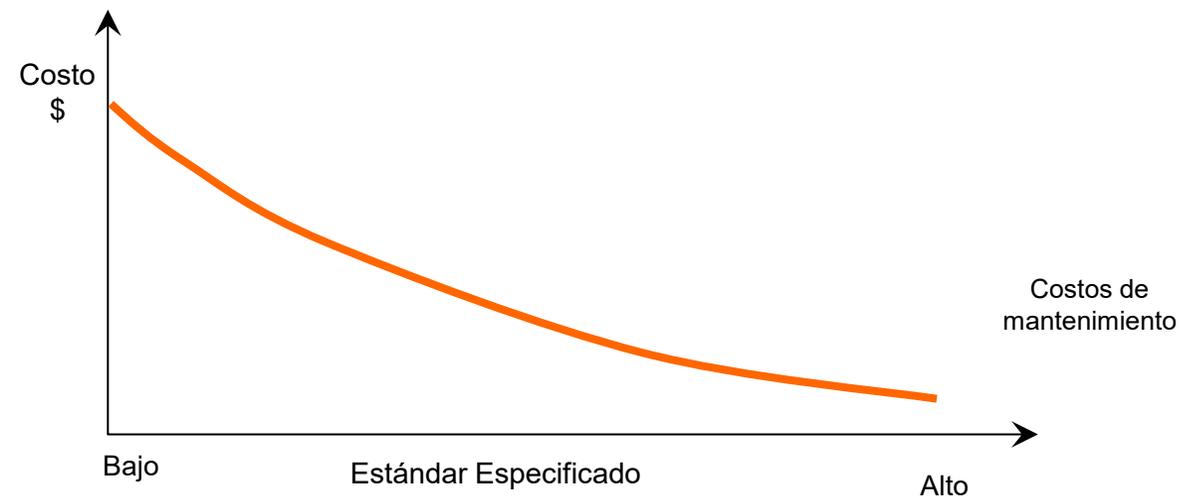
Costos de Construcción

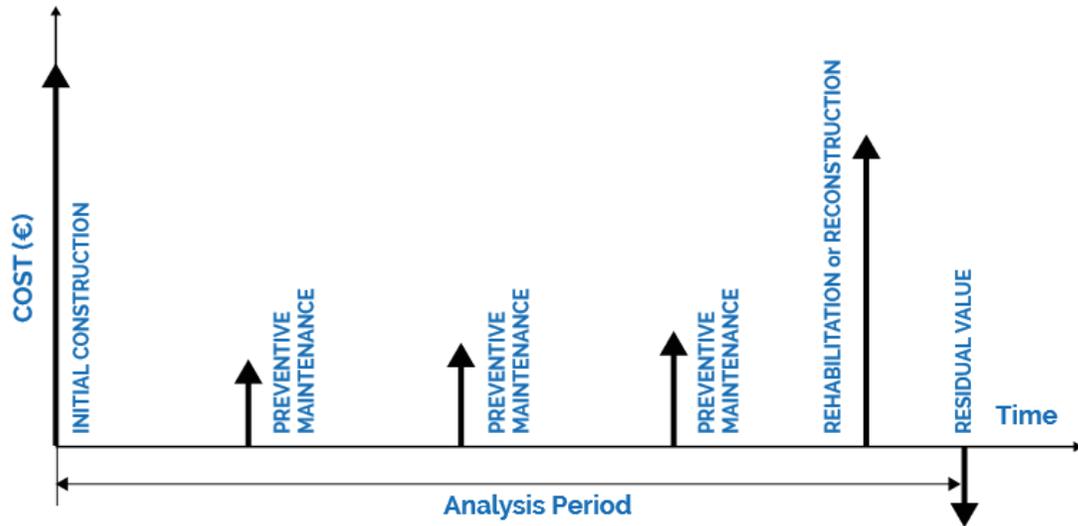


Costos de Conservación

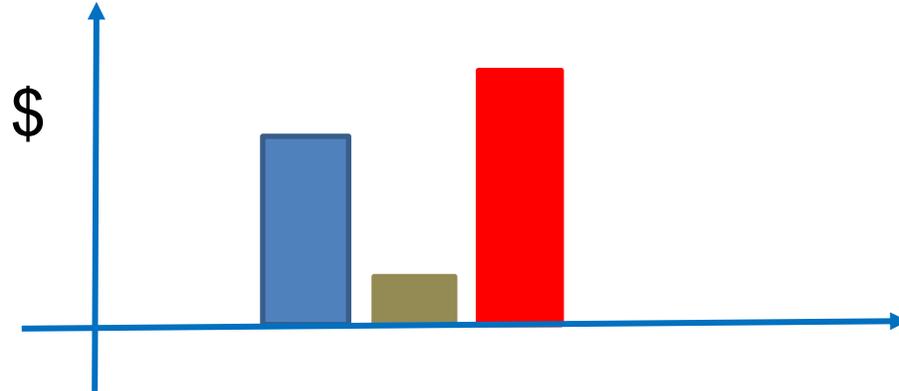
Costo de capital: son aquellos costos en que se puede incurrir debido a la materialización de una rehabilitación realizados en el momento que indica la evaluación técnica.

Costo recurrente: son aquellos en que se incurre en forma anual durante la vida del proyecto.





A guide on the basic principles of Life-Cycle Cost Analysis (LCCA) of pavements



- Costo de Construcción (Directo Inicial)
- Costo de Mantenimiento
- Costo de Construcción + Costo de Mantenimiento

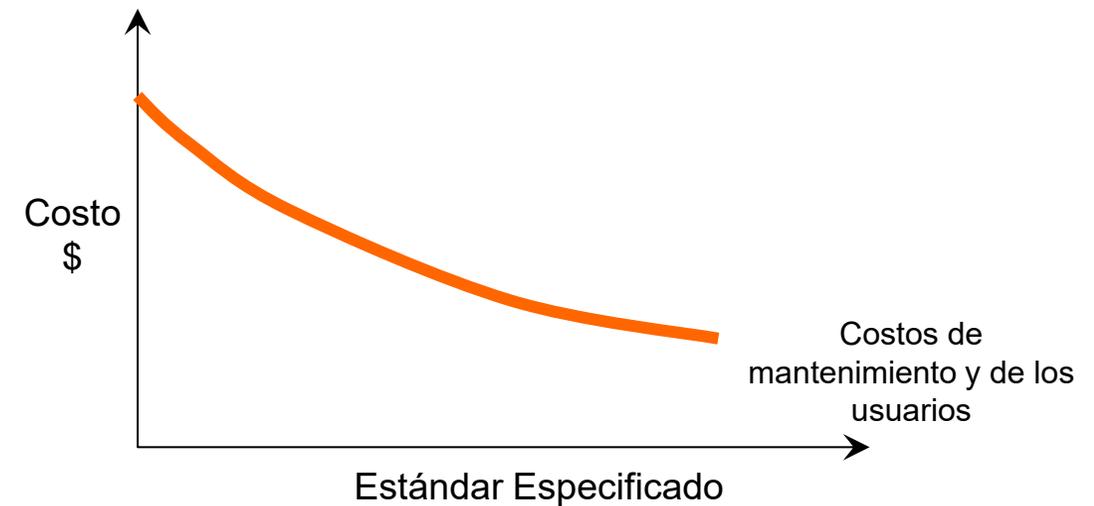
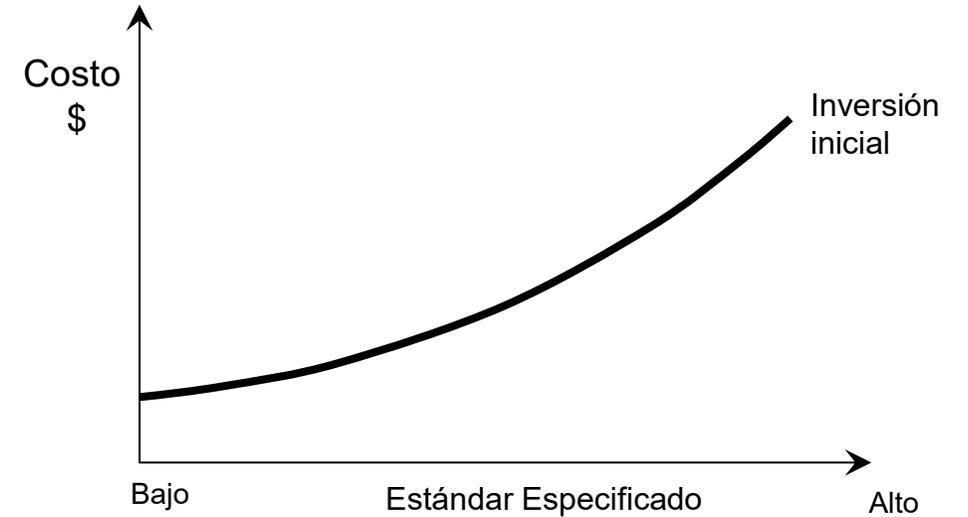
Costos considerados en la Evaluación Económica del Ciclo de Vida



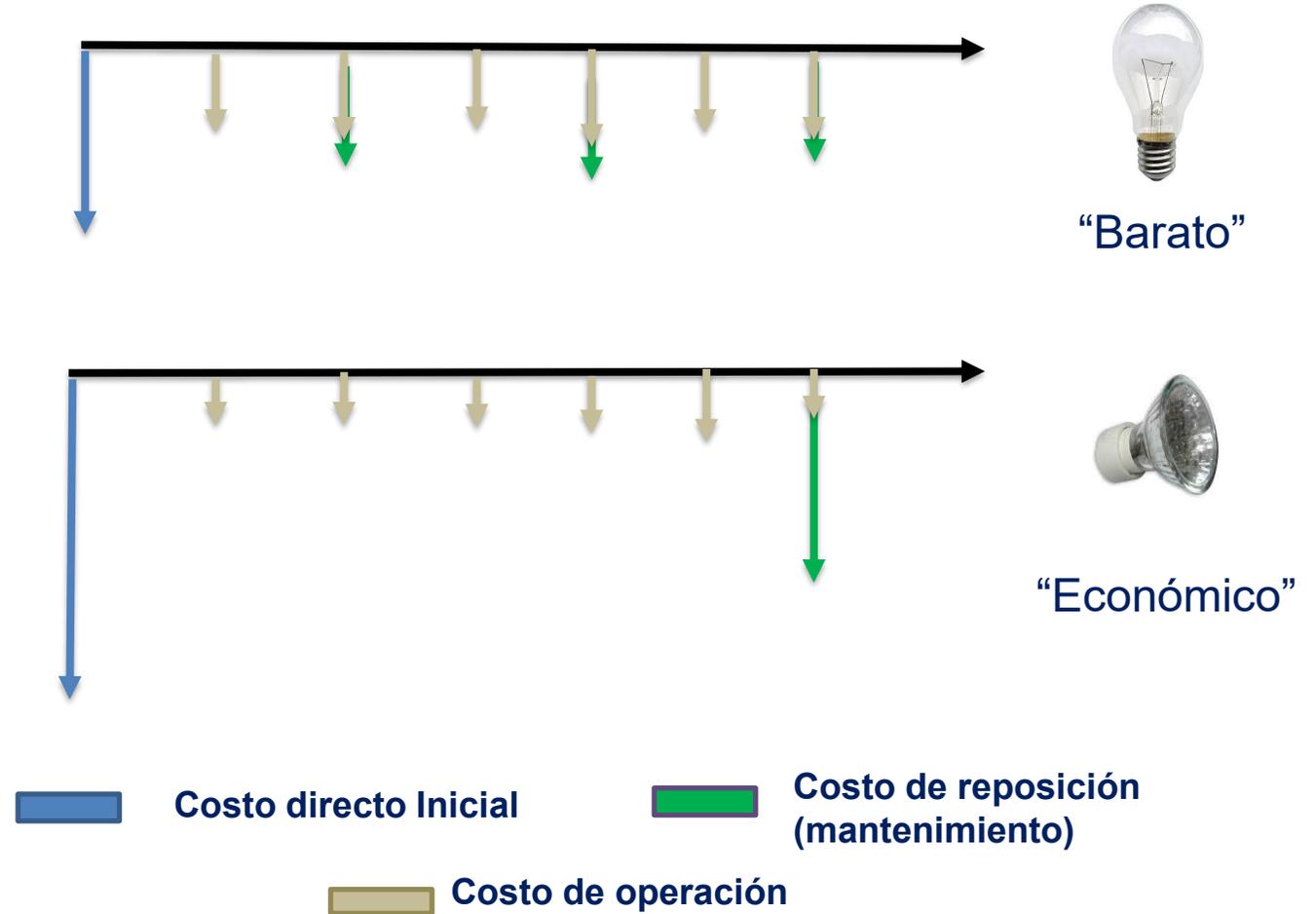
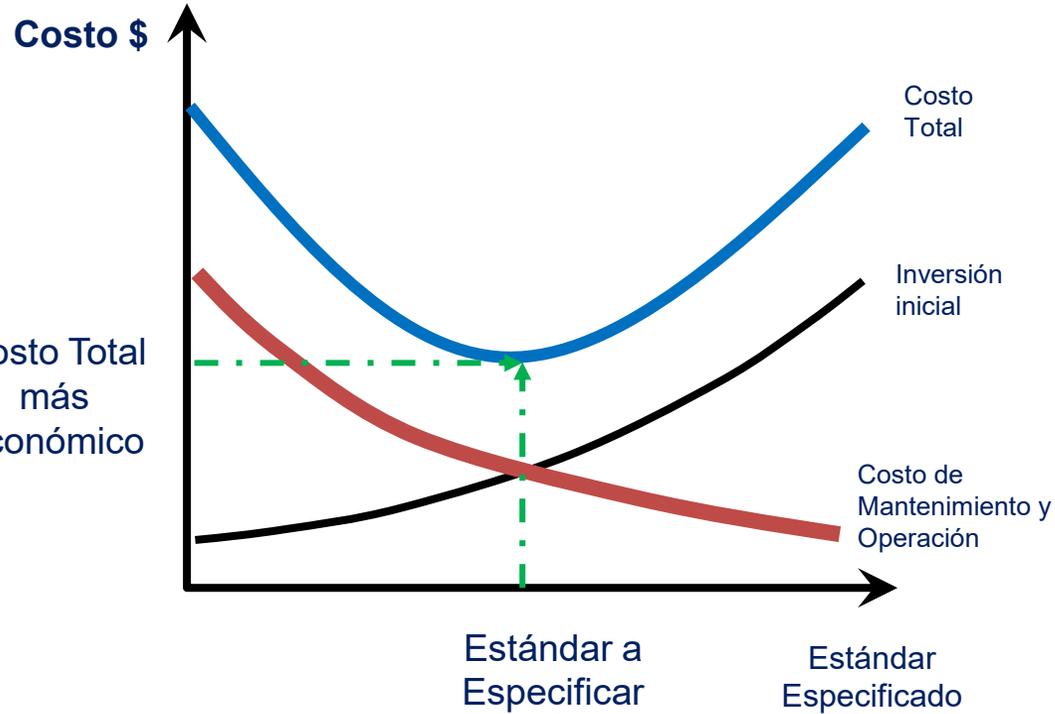
Insumos para el cálculo de los Costos de los Usuarios



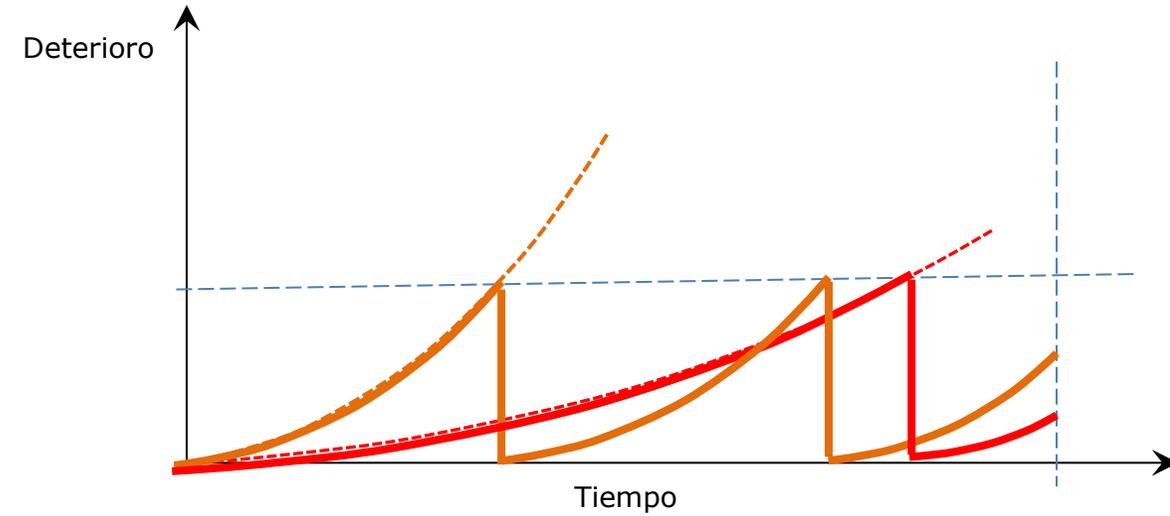
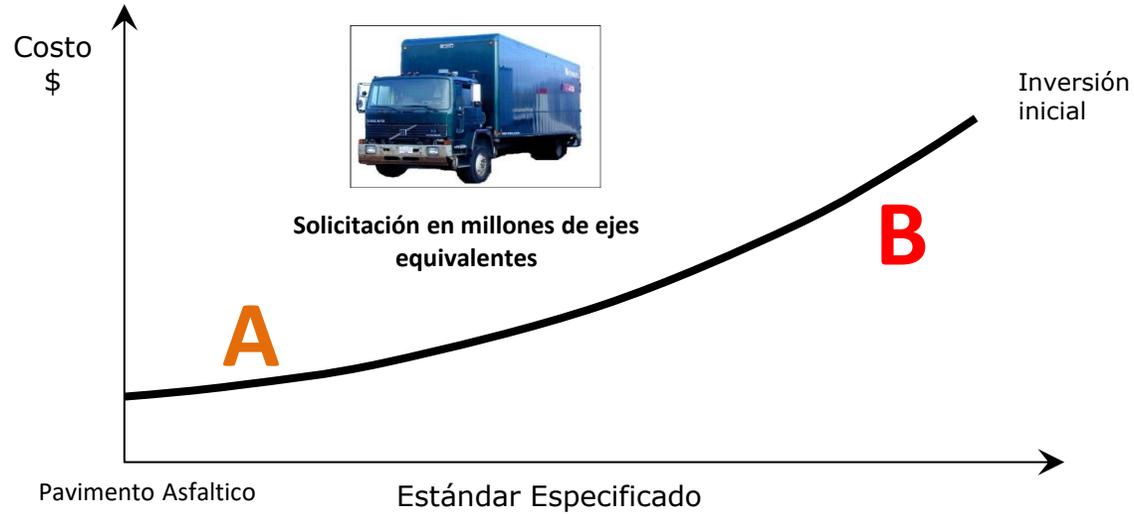
Insumos para el cálculo de los Costos de Mantenimiento



¿Cuál debería ser el Estándar a adoptar?

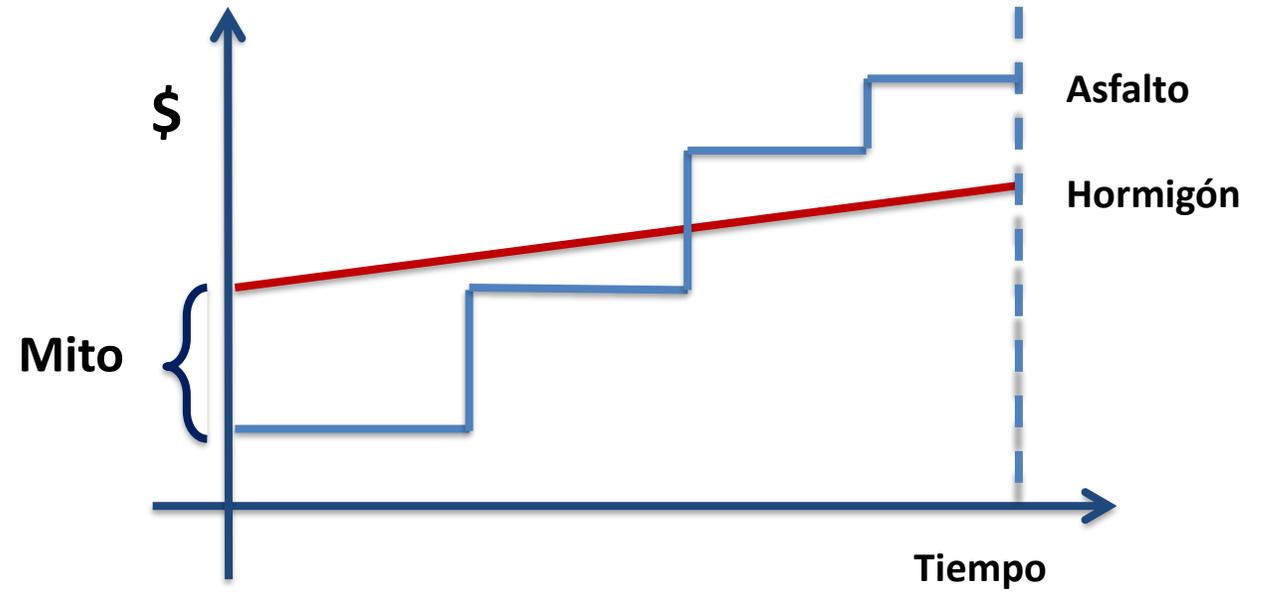


Análisis de costos directos iniciales de un pavimento



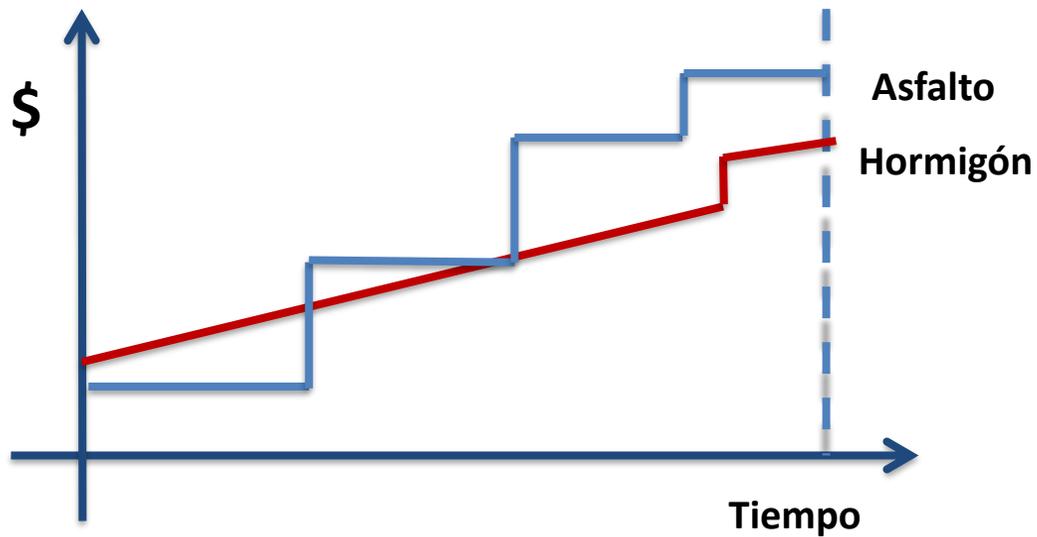
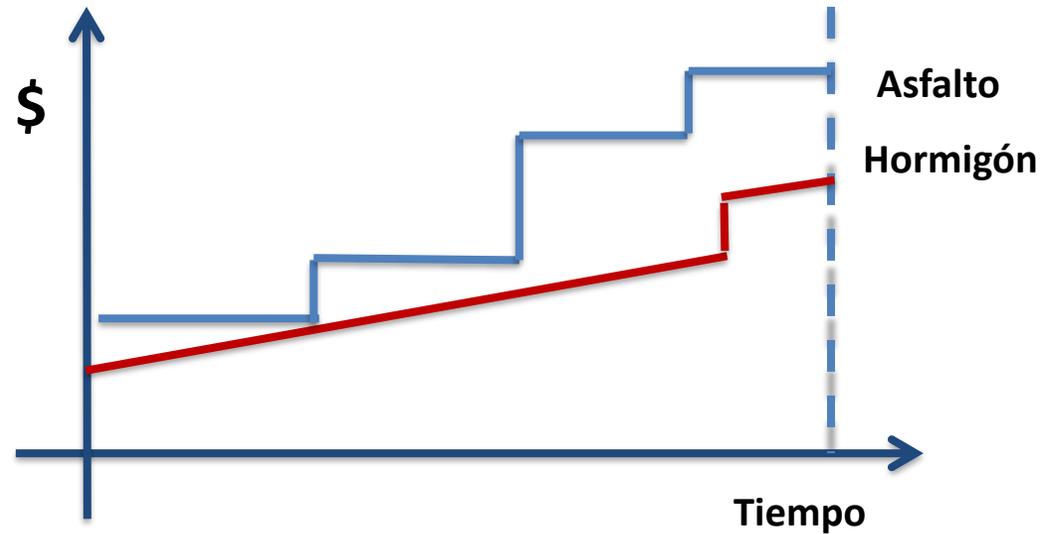
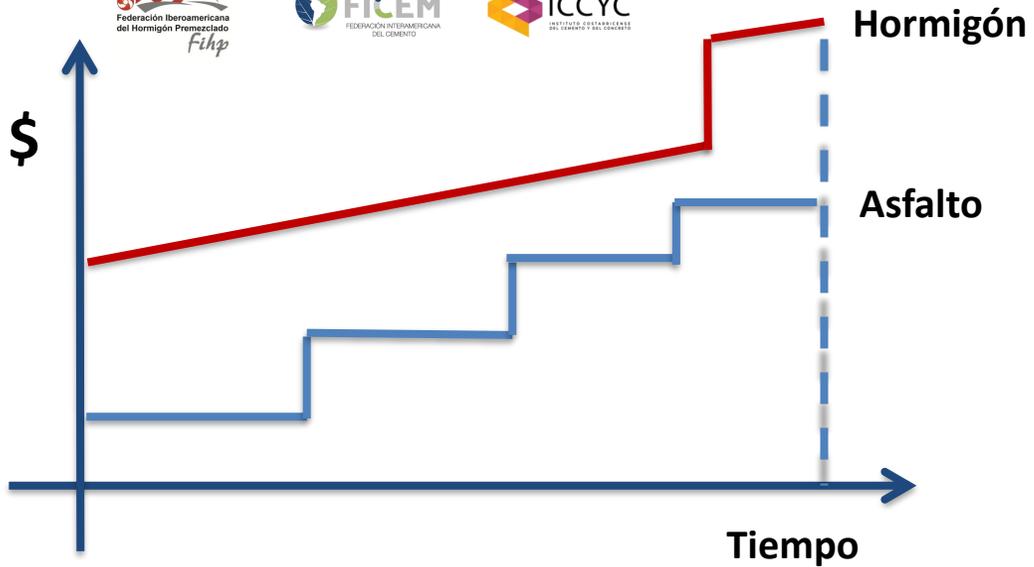
- Calidad de Materiales
- Propiedades de Materiales
- Procesos Constructivos





Ambiente de Competencia

Mitos y Paradigmas de la evaluación del costo



Comparaciones de Hormigón y Asfalto

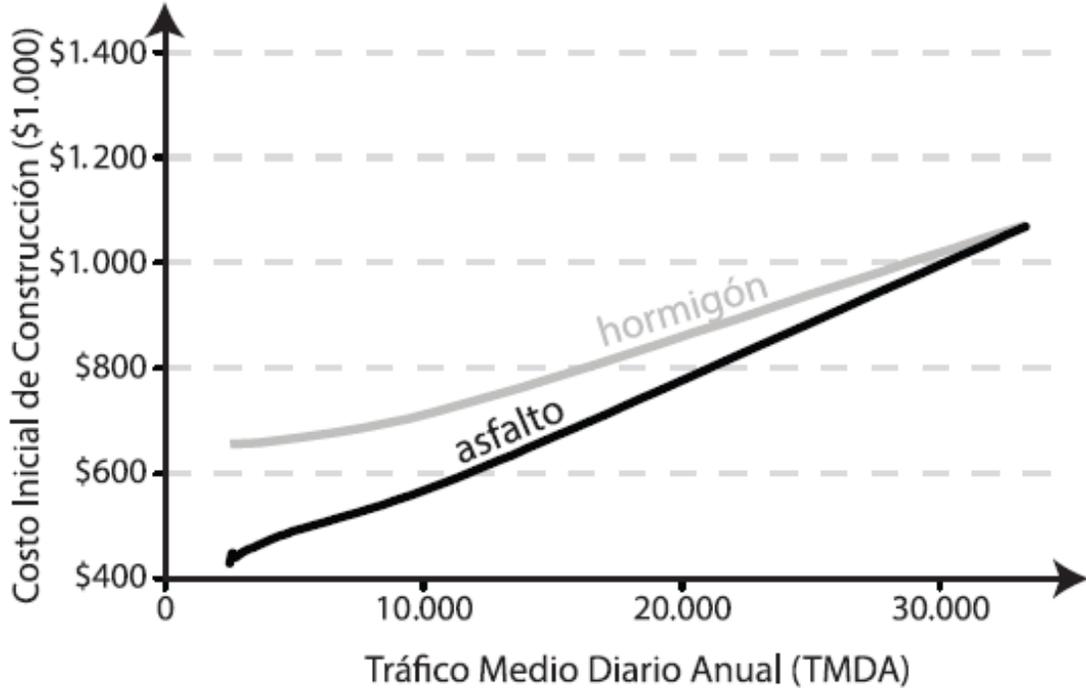


Figura 1-2. Tendencia general de los costos iniciales de construcción de pavimentos de hormigón y de asfalto según el Departamento de Transporte de Louisiana (Temple et al. 2004).

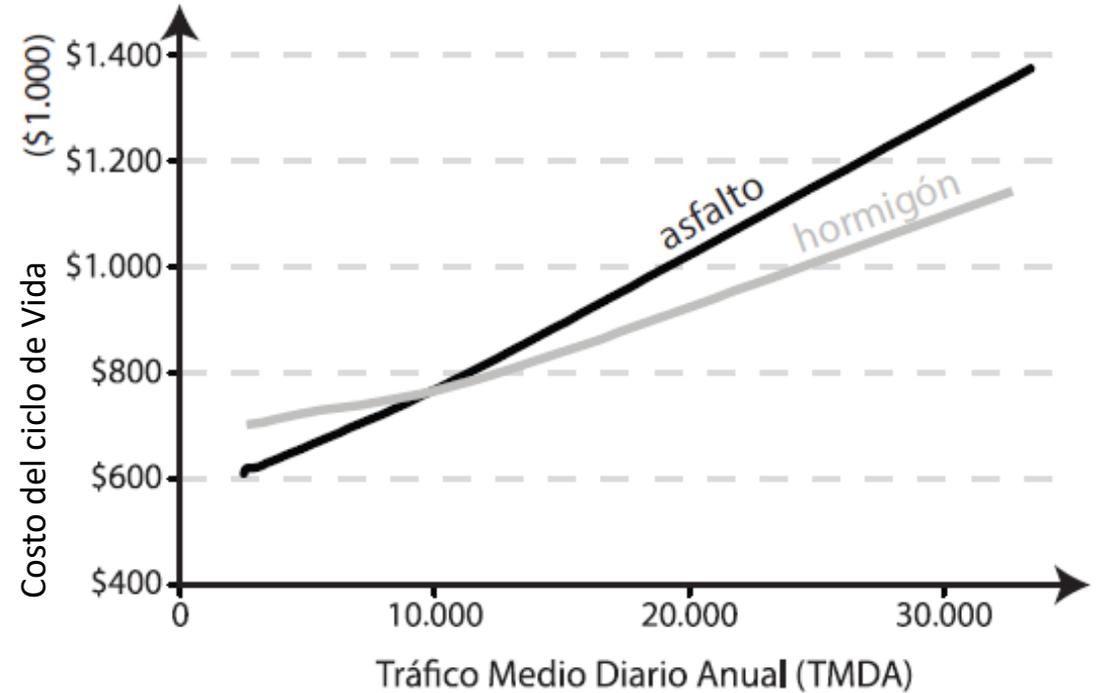


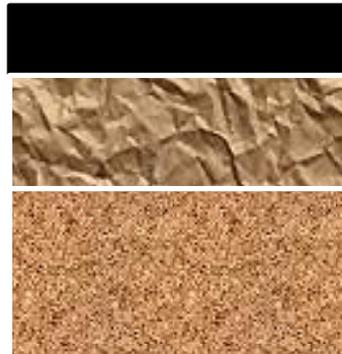
Figura 1-3. Tendencia general del costo del ciclo de vida de los pavimentos de hormigón y de asfalto según el Departamento de Transporte de Louisiana (Temple et al. 2004).

Fuente: ACPA Análisis del Costo del Ciclo de Vida

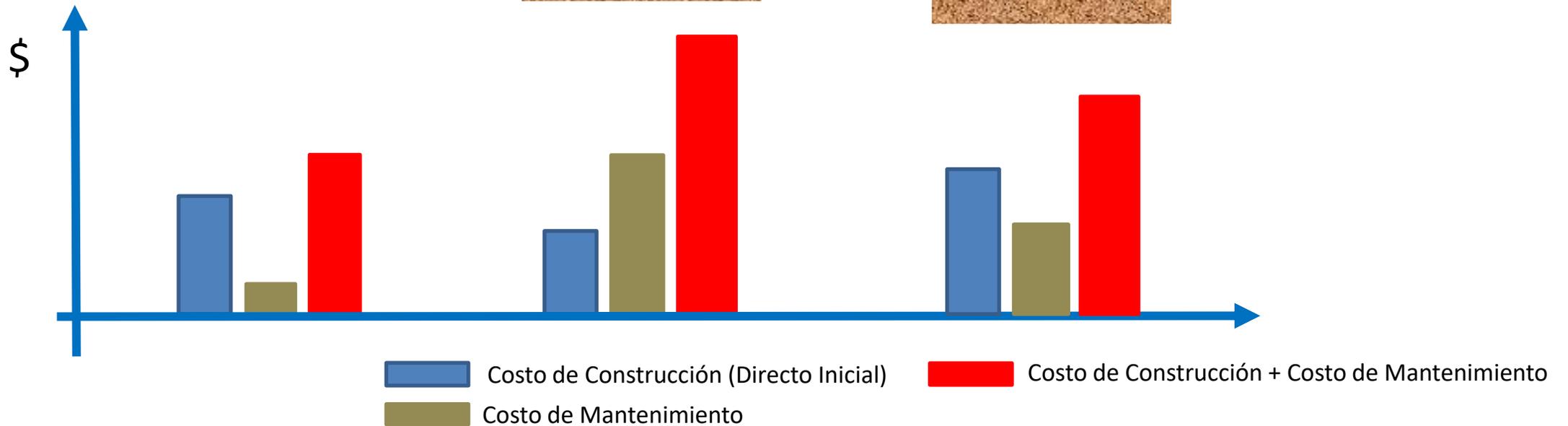
Pavimento de Hormigón



Pavimento Asfáltico

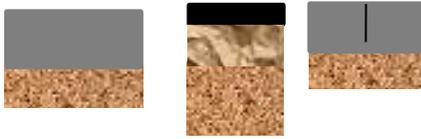


Pavimento Asfáltico “equivalente real”

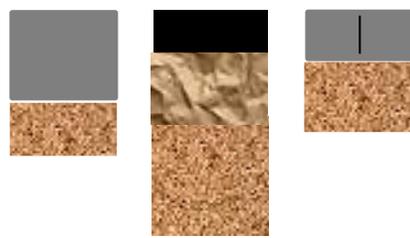




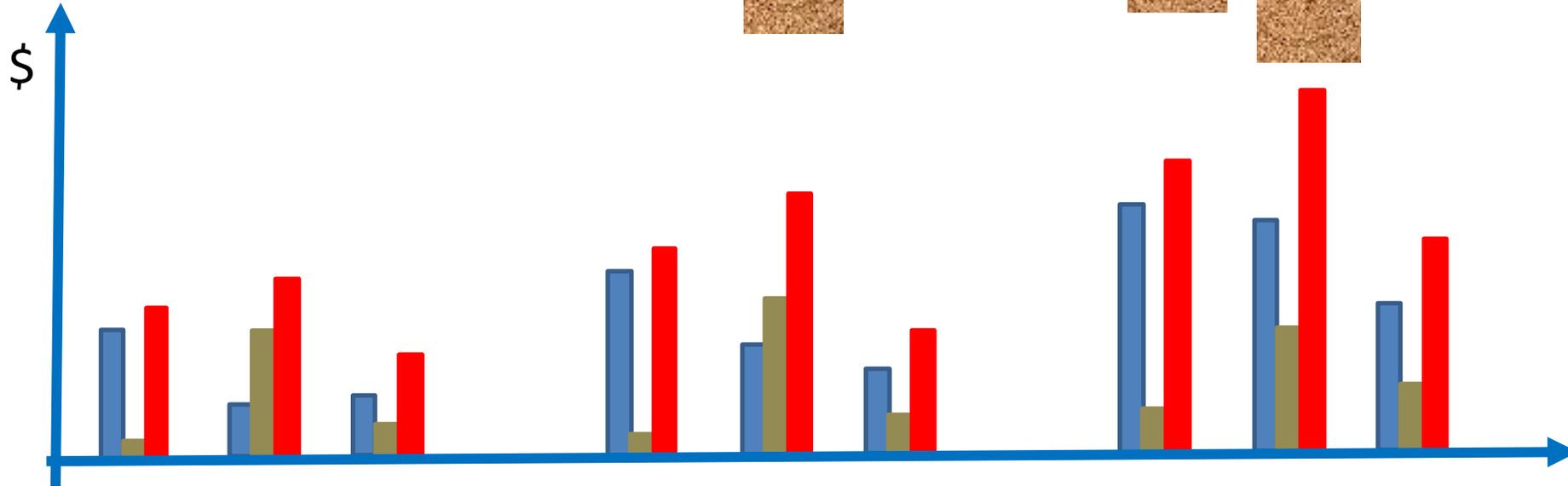
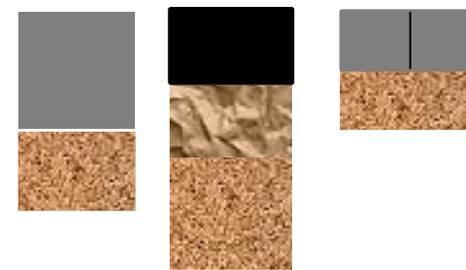
8 millones Ejes equivalentes



15 millones Ejes equivalentes



30 millones Ejes equivalentes



- Costo de Construcción
- Costo de Mantenimiento
- Costo de Construcción + Costo de Mantenimiento

- A: Pavimento Hormigón Tradicional
- B: Pavimento Asfaltico
- A: Pavimento Hormigón optimizado

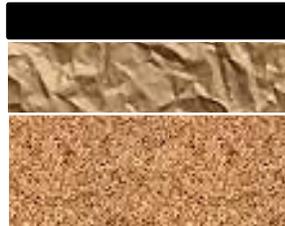


Pavimento de Hormigón Tradicional + Cepillado ½ vida

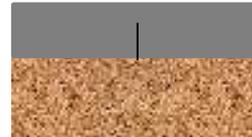


Pavimento de Hormigón Tradicional

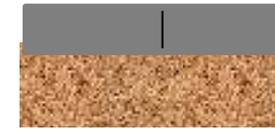
15 millones Ejes equivalentes



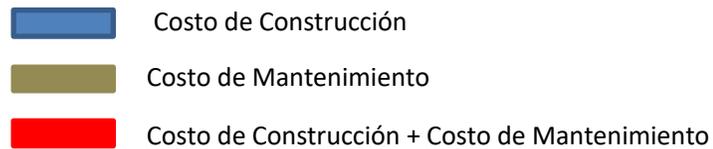
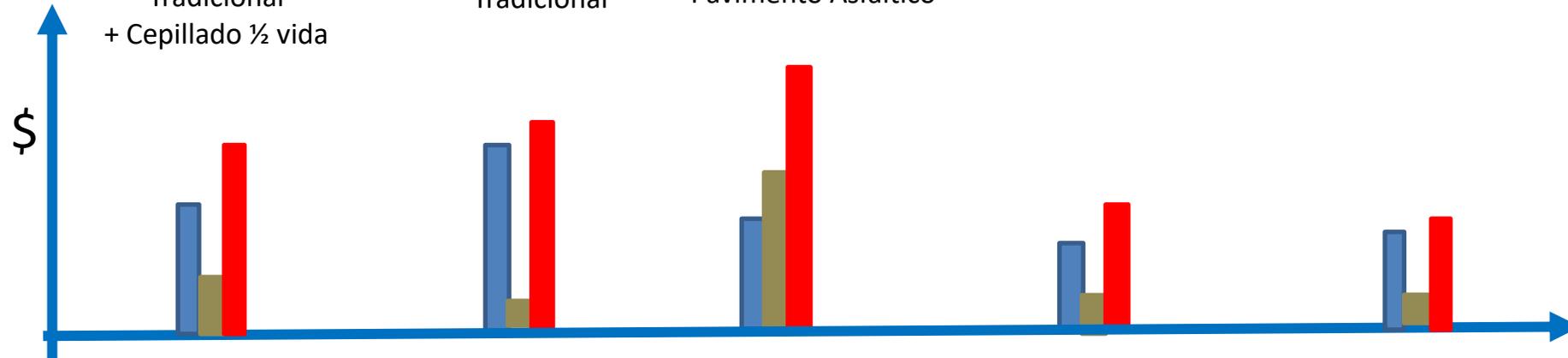
Pavimento Asfaltico



Pavimento de Hormigón Losas cortas



Pavimento de Hormigón Losas cortas + fibras

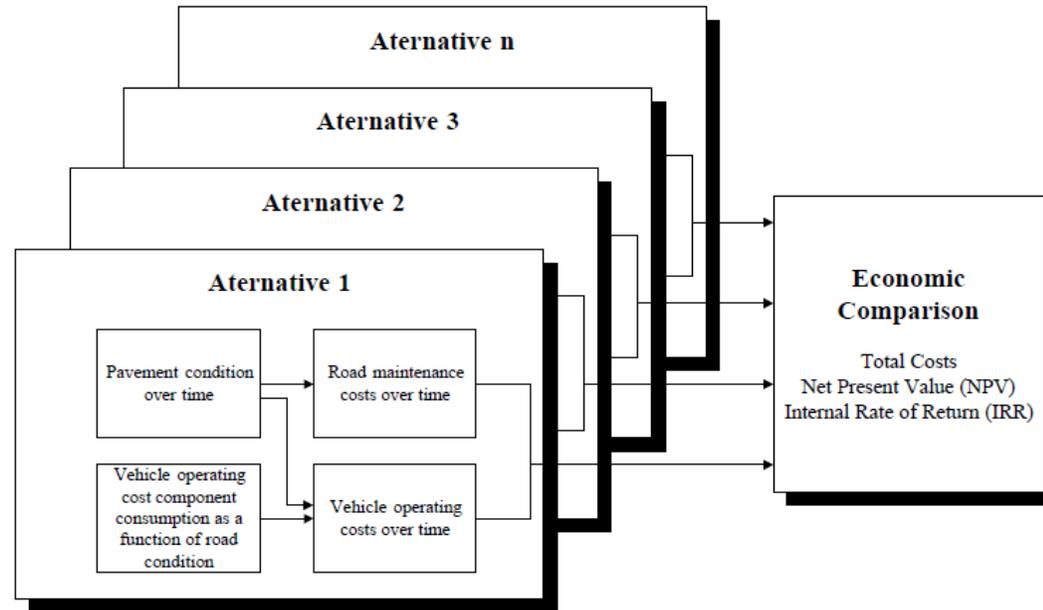
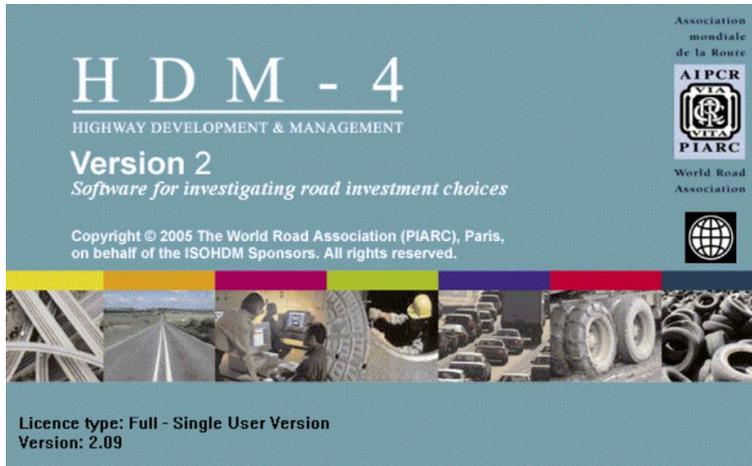




Umbral de IRI para diferentes velocidades de operación

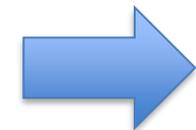
Fuente: Abudinen D. et al. Development of Thresholds for Travel Quality Assessment In Colombian Urban Roads. Conference: 2nd IRF Asia Regional Congress & Exhibition Kuala Lumpur, Malaysia, 2016

Thresholds for International Roughness Index at different operational speeds.



RAC: Road Adinistration Cost

RUC: Road User Cost





**14^{vo} Congreso Iberoamericano
de Pavimentos de Concreto**
**2^{do} Congreso Iberoamericano de
Pisos Industriales de Concreto**



GRACIAS

Mauricio Salgado Torres
GESPAP Ingeniería & Certificación –
GESINFRA Consultores – Chile / Colombia
msalgado@gespap-ic.com msalgado@gesinfra.cl