SEMINARIO INTERNACIONAL DE PAVIMENTOS DE HORMIGÓN
24 y 25 DE OCTUBRE 2012 • CIUDAD DE CÓRDOBA - ARGENTINA

Estado del Arte de los Pavimentos de Hormigón en AL

Diego A. Jaramillo Porto

- ✓ **Director Ingeniería** Asocreto
- ✓ **Director de Pavimentos** Federación Iberoamericana del Hormigón Premezclado

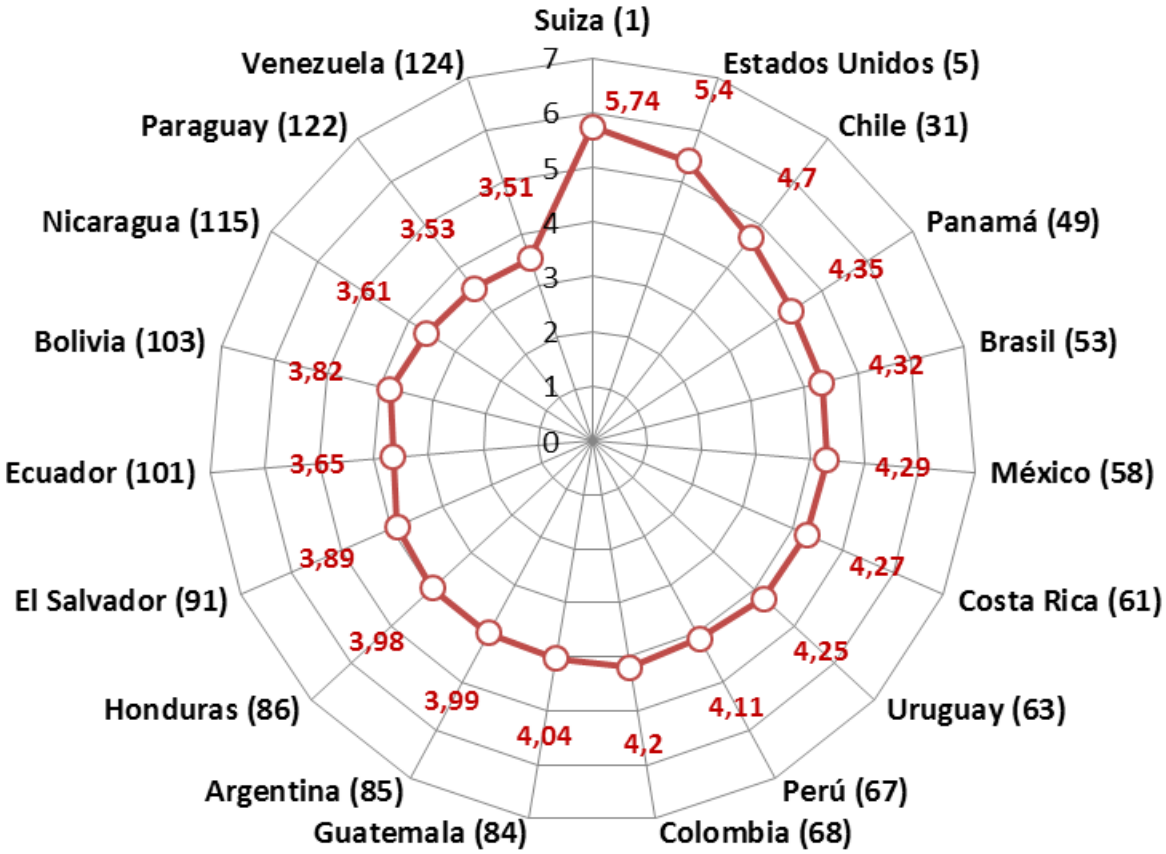
Cordoba, Argentina, Octubre 24 de 2012

The Global Competitiveness Report 2011 - 2012

Participan **142** países.

Variables:

1. Instituciones
2. **Infraestructura**
3. Ambiente macroeconómico
4. Salud y educación primaria
5. Educación y formación superior
6. Eficiencia del mercado de bienes
7. Eficiencia del mercado laboral
8. Desarrollo del mercado financiero
9. Preparación tecnológica
10. Tamaño del mercado
11. Sofisticación de los negocios
12. Innovación

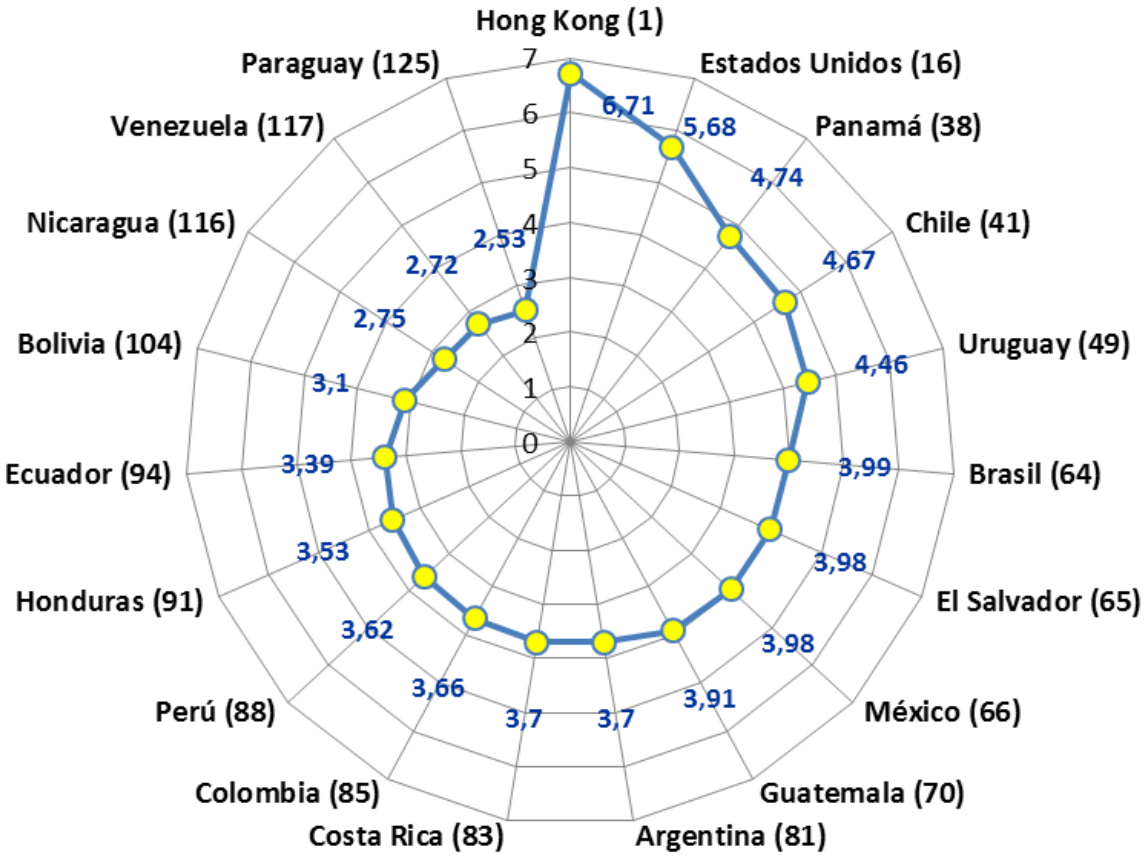


Diferencia entre el 1 y el ultimo de AL: 1,19

The Global Competitiveness Report 2011 - 2012

Infraestructura

- Calidad de la infraestructura general
- **Calidad de las vías**
- Calidad de la infraestructura férrea
- Calidad de la infraestructura portuaria
- Calidad de la infraestructura aérea
- Disponibilidad de sillas aéreas
- Calidad del suministro de energía
- Líneas telefónicas fijas
- Suscriptores de teléfonos móviles



Diferencia entre el 1 y el ultimo de AL: 2,21

The Global Competitiveness Report 2011 - 2012

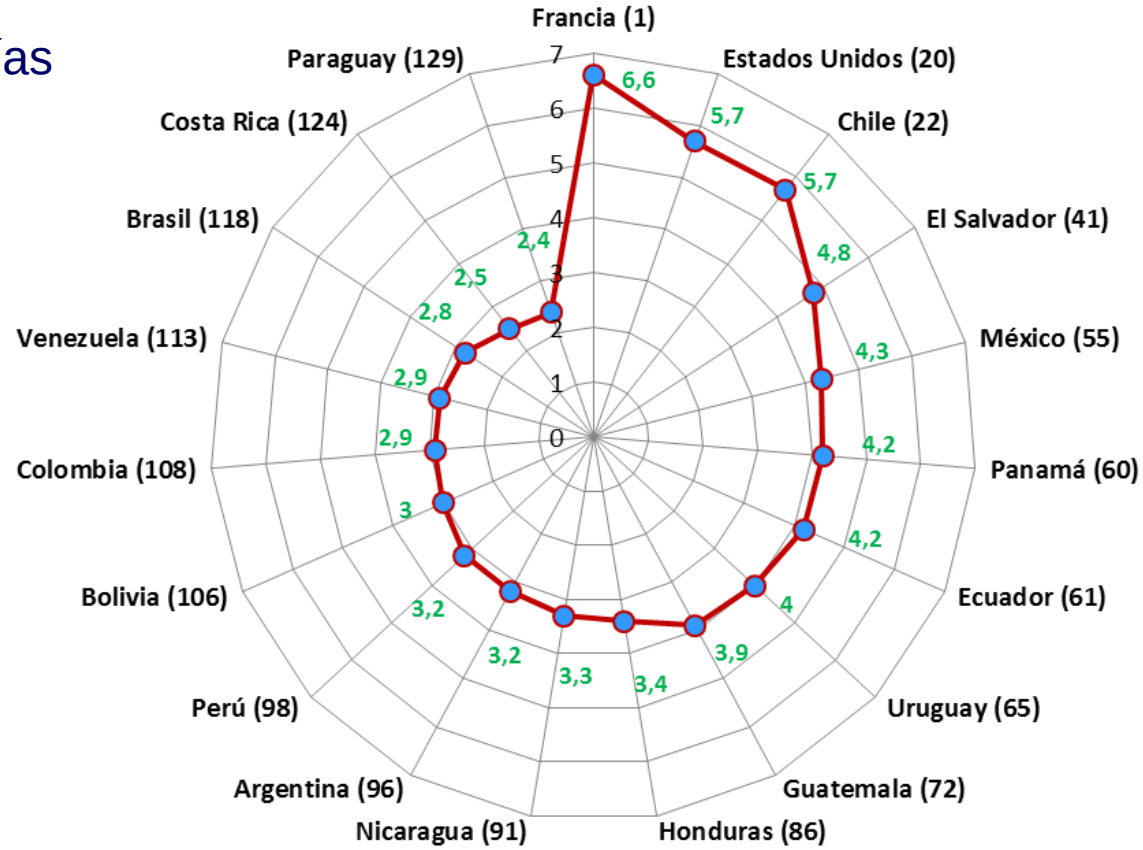
Calidad de las vías

Promedio global de calidad de vías de **4,0**.

Francia ocupa el primer lugar con 6,6

Solo 6 países de AL están por encima del promedio global de 4,0:

- Chile - puesto 22 5,7
- El Salvador - puesto 41 4,8
- México - puesto 55 4,3
- Panamá - puesto 60 4,2
- Ecuador – puesto 61 4,2
- Uruguay - puesto 65 4,0



Diferencia entre el 1 y el ultimo de AL: 3,30

Año 1865

- Termina la Guerra de Secesión, Abolición de la esclavitud
- Chile declara la guerra a España
- Ruptura de relaciones entre Perú y España
- Bartolomé Mitre era el 1er presidente de Argentina

- Nace el astrónomo Julio Garavito Armero
- Nace el poeta José Asunción Silva
- Es asesinado el presidente Abraham Lincoln

- Se emite la Teoría electromagnética de la luz
- “Leyes de Mendel” (Herencia)
- Convenio de la Unión Internacional de Telegrafía
- Se instaura el sistema métrico decimal en Chile
- Se publica “Alicia en el país de las maravillas”

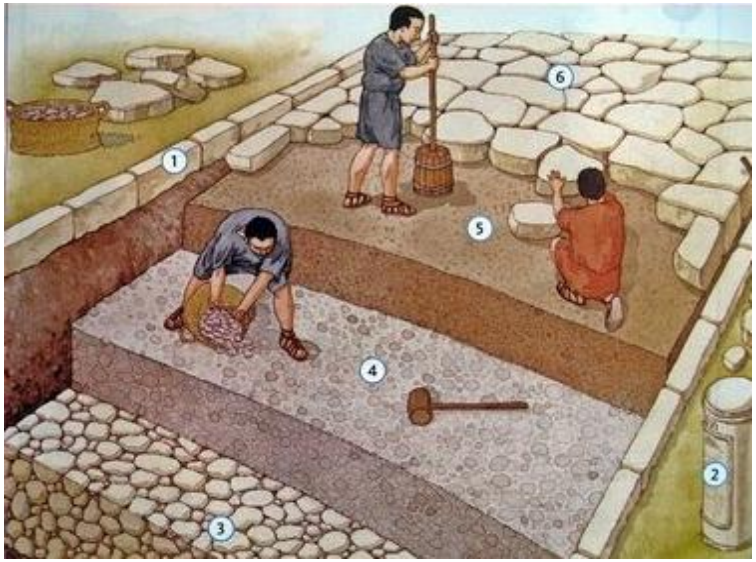
- Se construye el primer pavimento de hormigón en Inverness, Escocia, a orillas del Lago Ness.

ACIONAL
ORMIGÓN

ICPA

Primeros usos en pavimentos

El hormigón se utilizó de 2 maneras:



Como base de otros materiales
(piedra, ladrillo, madera)

1872 – Londres, Inglaterra
1888 – New York, Estados Unidos

Evolución de la estructura de los caminos romanos.
Reemplazo del *Nucleus* (Capa prensada de arena, cal y cantos rodados).

Como rodadura

1865 - Inverness, Escocia
1872 – Edimburgo, Escocia (En servicio – 140 años)
1876 – Grenoble, Francia
1891 – Ohio, Estados Unidos (En servicio – 121 años)

Muchos de ellos se construyeron sobre base de hormigón (Bi-Capa)

Primeros usos en pavimentos

Bellefountaine, Ohio - 1891

- Se construyó para el tránsito de carretas y vagones
- Estructura bicapa
- Resistencia inicial de 34,5 MPa (5.000 psi)
- Resistencia actual de 56 MPa (8.000 psi)

- En servicio después de **121** años

2ª capa (Rodadura)
Espesor de 3,5”
TMA de 15 mm
Relación a/c de 0,45

1ª capa (Base)
Espesor de 3”
TMA de 40 mm
Relación a/c de 0,6

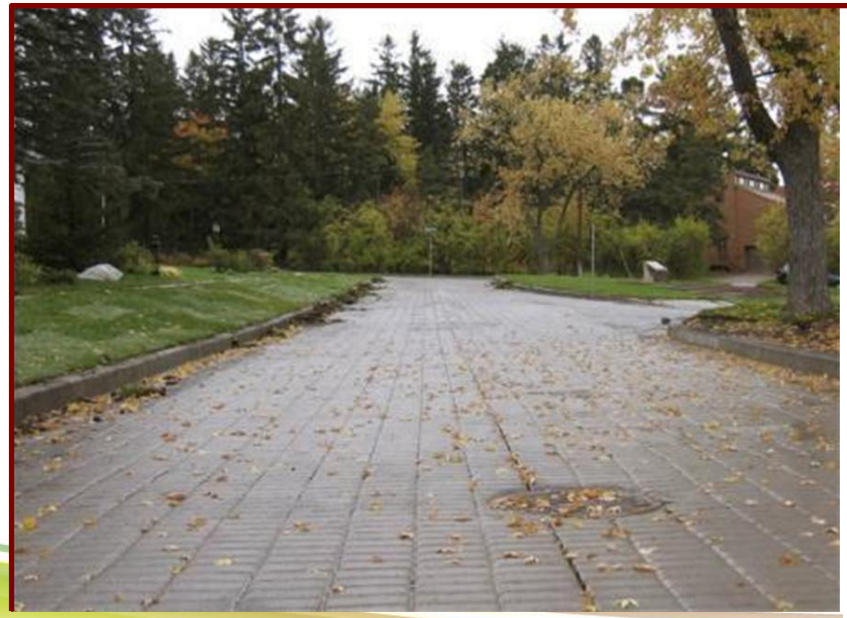
1909 – Inicio como alternativa estructural

Av. Woodward
Wayne County, Michigan

Se construyó como resultado del test track realizado en Detroit.

Estructura Bi-Capa con espesor total de 16,5 cm

Se hicieron pruebas con juntas



7th Street
Duluth, Minnesota

Se construyó utilizando el sistema **Granitoid**, patentado en 1907.

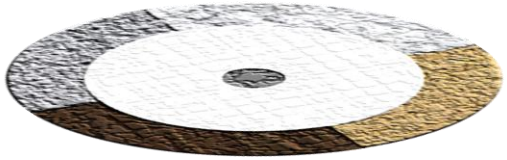
Estructura Bi-capa:

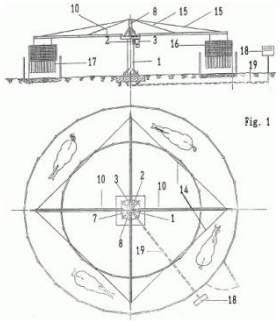
- Base de hormigón de 5 in.
- Hormigón de rodadura

Todavía en servicio: **103** años

Primeras pistas de prueba

1909
Test track – Detroit, Michigan
Pista circular con ruedas de acero. Secciones de hormigón, granito, bloques y madera.





1912 - 1923
The Bates Test Road - Illinois

Pista de prueba de 4 km. Se dividió en 3 materiales:

- Ladrillo
- Asfalto
- Hormigón

✓ Se escogió el hormigón.
✓ Diseño relacionado con las cargas por eje.

Los resultados conducen al uso de juntas longitudinales en el centro para eliminar la fisuración

Primeros pavimentos de Hormigón en AL

Llegaron a América Latina a comienzos
de la década del 20:

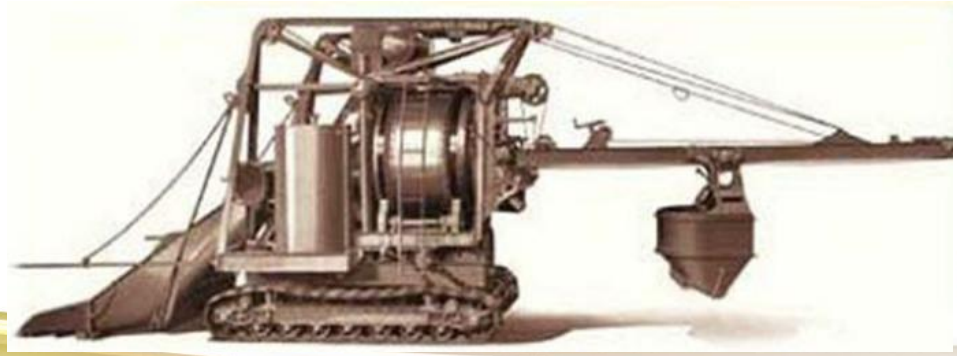
- 55 años después del primer uso
- 10 años después del inicio como alternativa estructural.

La tecnología llegó en un estado intermedio:

- Incipiente para lo que tenemos hoy en día.
- Con avances si se compara con los primeros pavimentos.

A su llegada a AL ya se contaba con:

- Equipos de producción de hormigón
- Pavimentadoras
- Técnicas de acabado superficial



El Salvador
1920

Av. Venezuela - Perú
1922

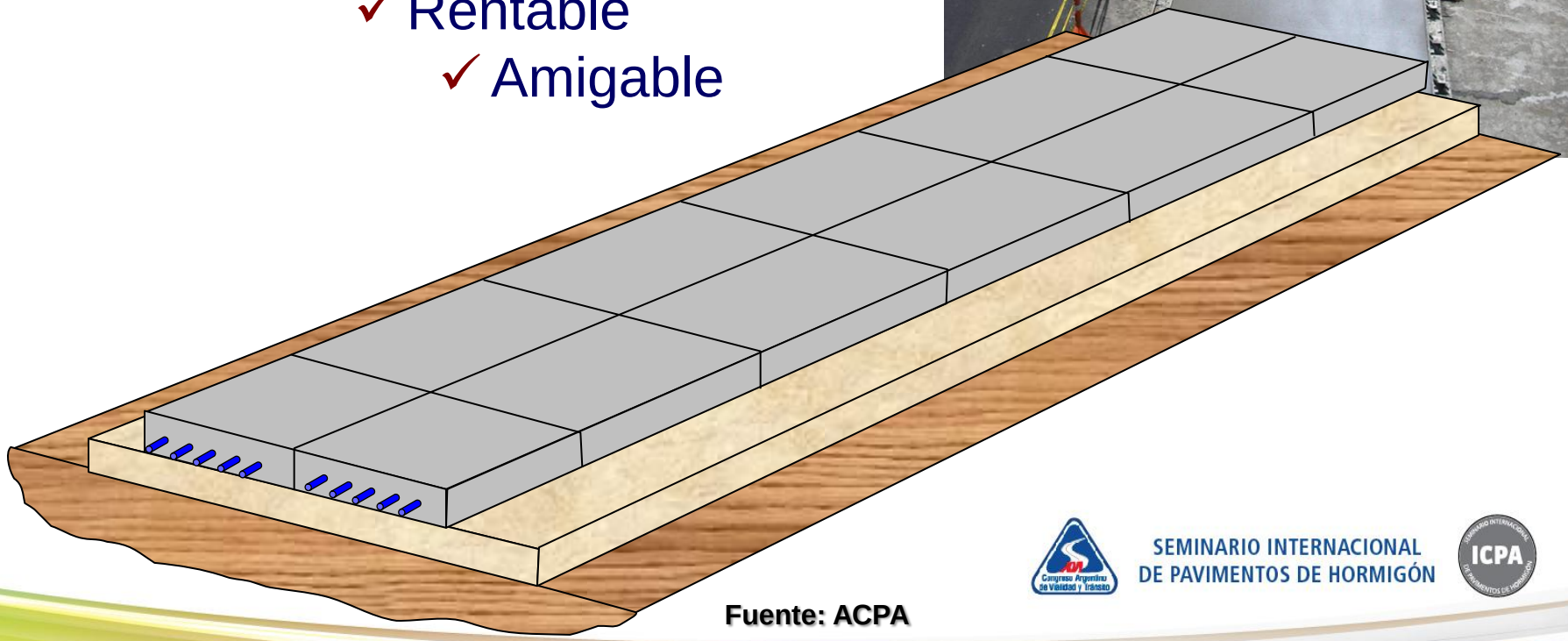
Av. Cervantes - Colombia
1928

Estrada São Miguel – Brasil
1940

Madurez

Después de 147 años, se ha convertido en un pavimento

- ✓ Durable
- ✓ Confortable
- ✓ Rentable
- ✓ Amigable



Fuente: ACPA

Como lograr mejores pavimentos de hormigón

Equilibrio de 5 variables

1. *Larga vida útil*
2. *Bajo costo inicial y del ciclo de vida*
3. *Seguridad*
4. *Confort*
5. *Sostenibilidad*

Autopista Rosario-Córdoba

Tipos de pavimentos + utilizados

✓ **SIMPLE CON JUNTAS**

✓ **REFORZADO CON JUNTAS**

REFUERZO CONTINUO

✓ **SOBRELOSAS**

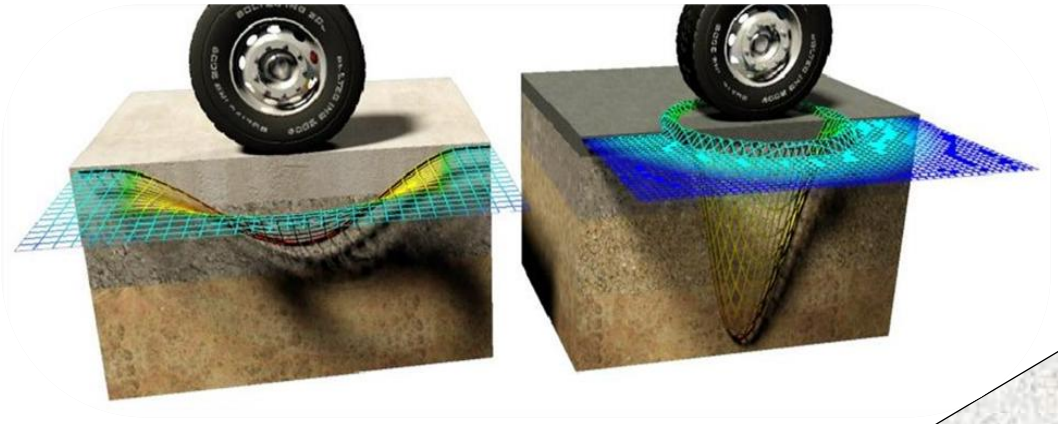
Combinación de Variables

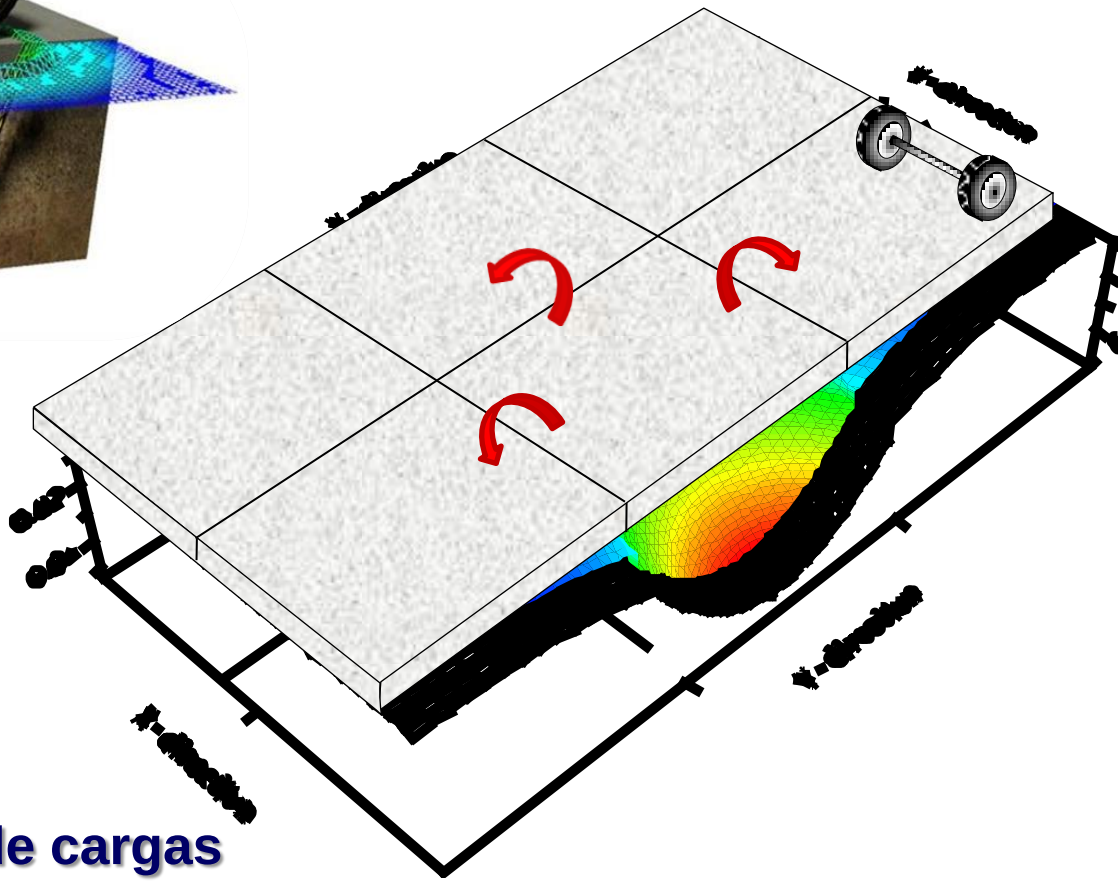
- ✓ Tamaños de losas
- ✓ Espesores
- ✓ Hormigones
- ✓ Bases
- ✓ Acabados
- ✓ Modulación
- ✓ Transferencias
- ✓ Refuerzo
- ✓ Adherencia
- ✓ Sobrelosas

Usos en todos los rangos

- Urbanos
  - Carreteros
    - Túneles
      - Aeropuertos
        - Puertos

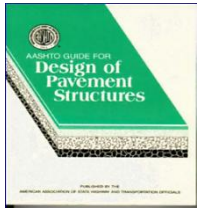
Característica diferencial

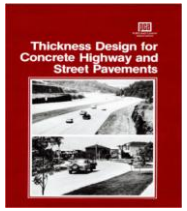




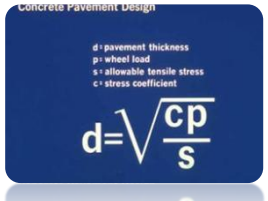
- ✓ **Baja deformabilidad**
- ✓ **Transferencia de carga**
- ✓ **Mayor área de disipación de cargas**
- ✓ **Reducción de esfuerzos transmitidos al apoyo**

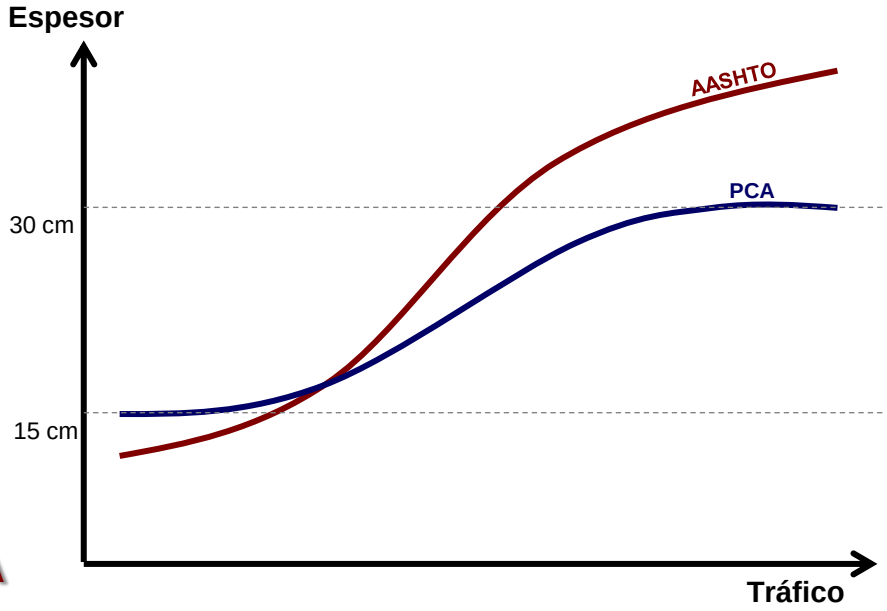
Métodos de diseño





Primeras ecuaciones de diseño en 1920.





Los métodos más utilizados son el de la **PCA 84** y el **AASHTO 93**.

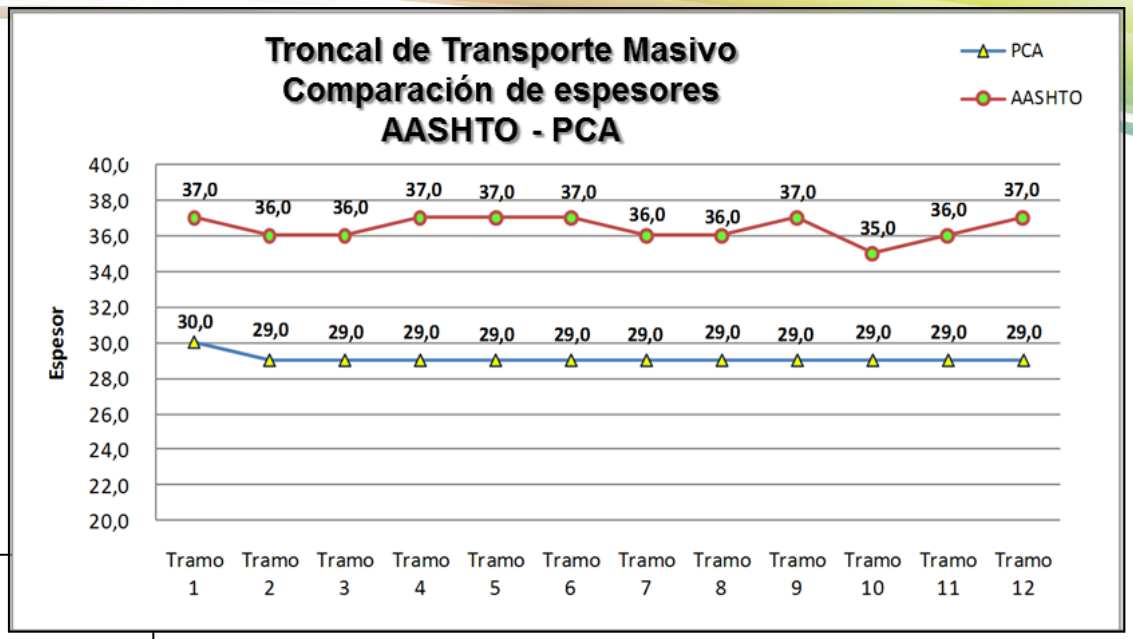
Se ha utilizado el **MEPDG** para diseños y análisis de desempeño de pavimentos.

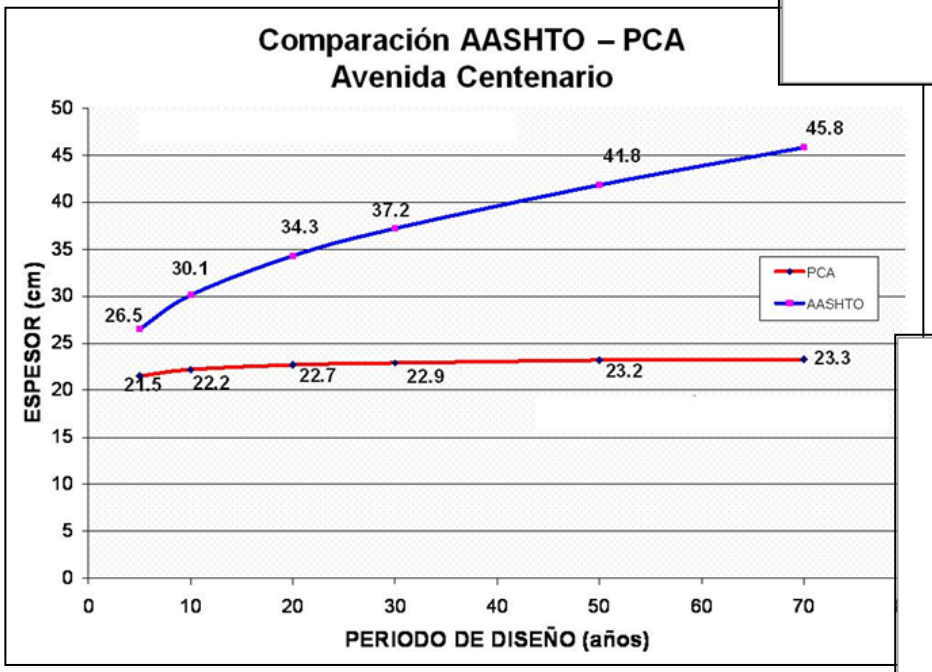
Muchas entidades no especifican un método de diseño, por lo que

LA SELECCIÓN DEL MÉTODO SE HA CONVERTIDO EN UNA VARIABLE MÁS DE DISEÑO

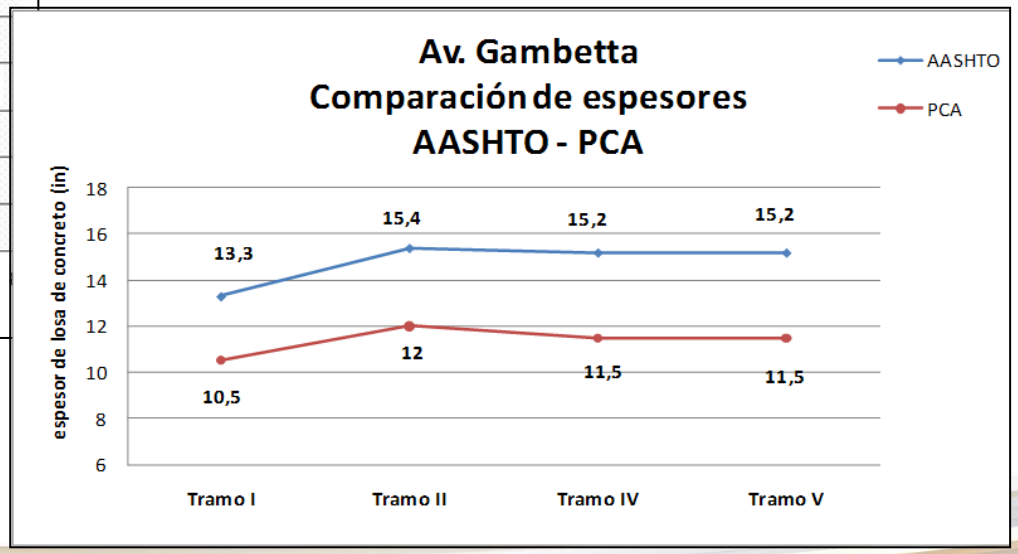
Métodos de diseño

Muchas entidades exigen la comparación de diseños por AASHTO y PCA.





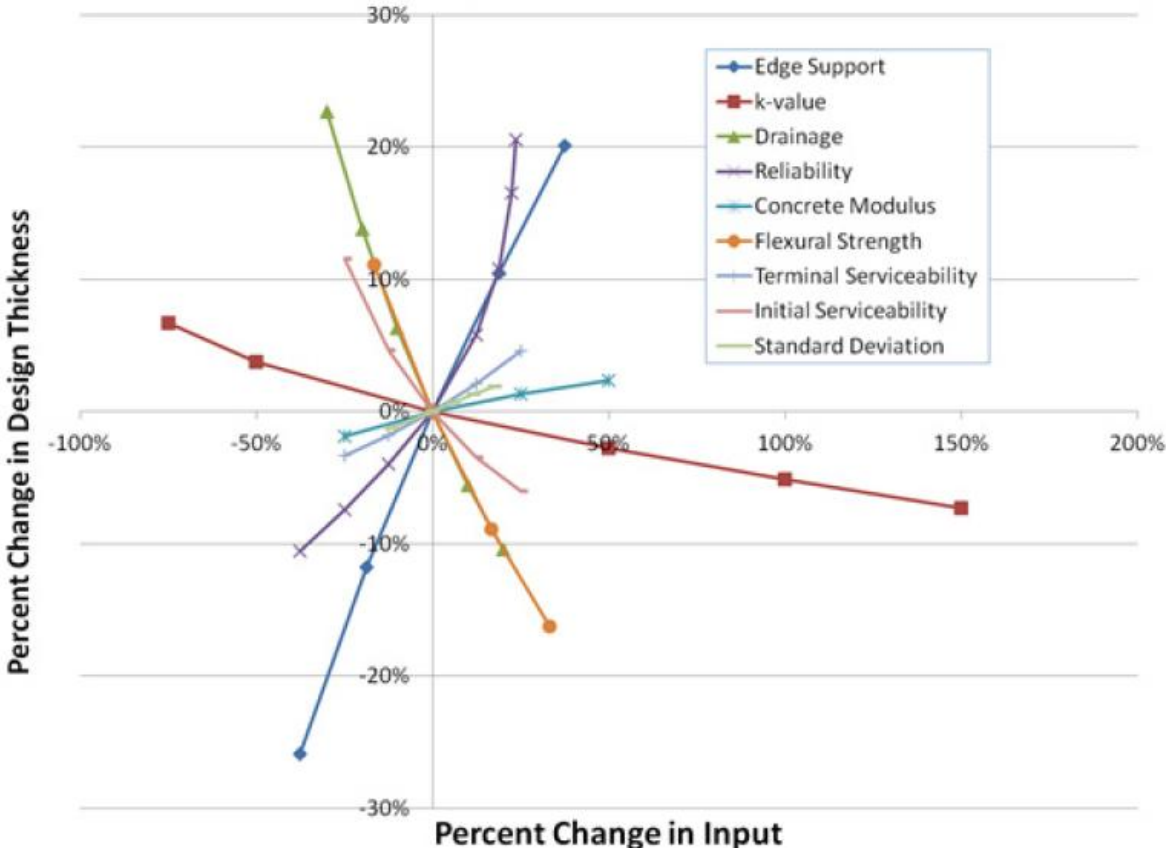
Importante: Chequear las curvas de deterioro de las dos alternativas.



Algunas consideraciones sobre criterios y variables de diseño

Los resultados serán ciertos en la medida que los datos que alimentan las variables también lo sean.

Una variable defectuosa puede tener un gran impacto en la capacidad del pavimento.



Cuidado con:

- Mala interpretación de criterios
- Eliminar criterios de diseño
- Porcentajes fuera de los límites
- Estimar condiciones inseguras o no reales

Bases de soporte

Las bases granulares y de suelo cemento siguen siendo las más utilizadas. No siempre se tienen en cuenta los 3 requisitos:

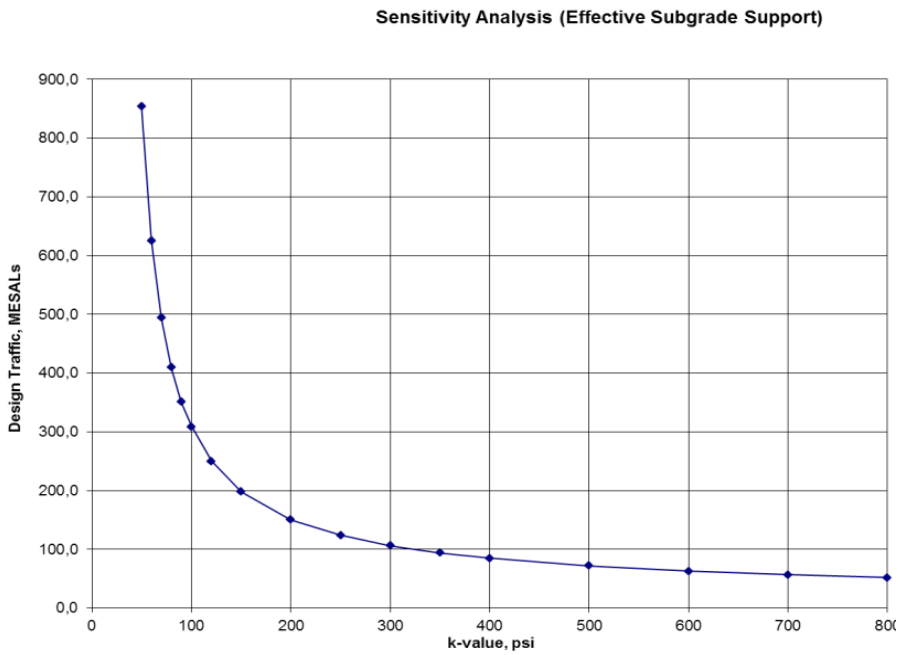
- ✓ Uniformidad
- ✓ Continuidad
- ✓ Permanencia

En Colombia desde el 2001 se ha generalizado el uso de bases asfálticas debajo de las losas.

Motivado más por una mala interpretación del Criterio de Erosión del método de la PCA que por una necesidad de alta capacidad de soporte.

Fuerte incidencia en la modulación.

Bases de soporte



Existe gran desconocimiento sobre el impacto que tiene en la capacidad del pavimento, la rigidización de las bases de soporte.

Es común el cambio de calidad de las bases, sin revisar el diseño y la modulación.

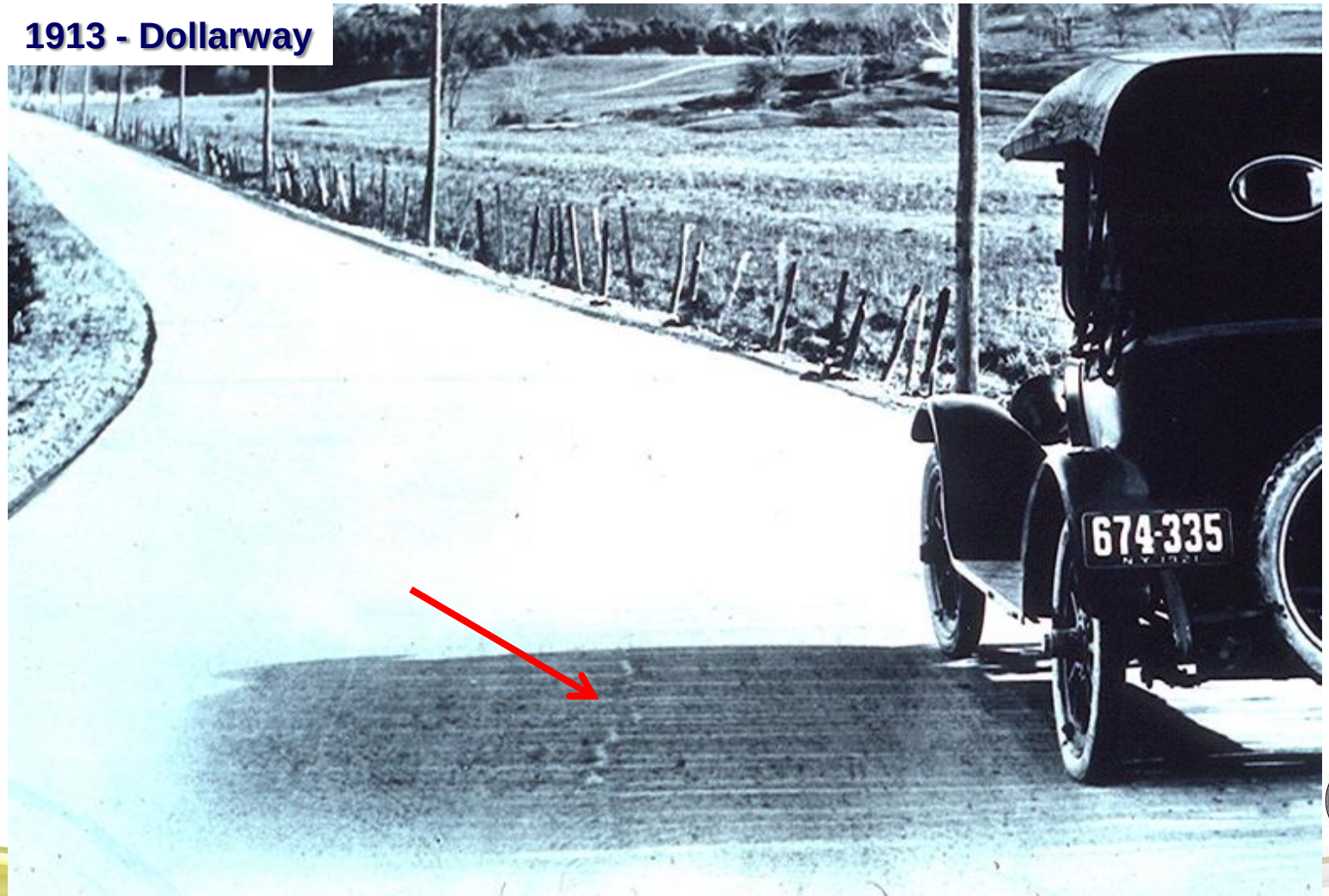
Nueva tendencia en ensayos:

- Control de espesores y uniformidad con radares de ondas geoeléctricas
- Verificación previa de la base con equipos de impacto livianos.

Juntas

Las juntas que conocemos hoy no nacieron con el pavimento de hormigón.

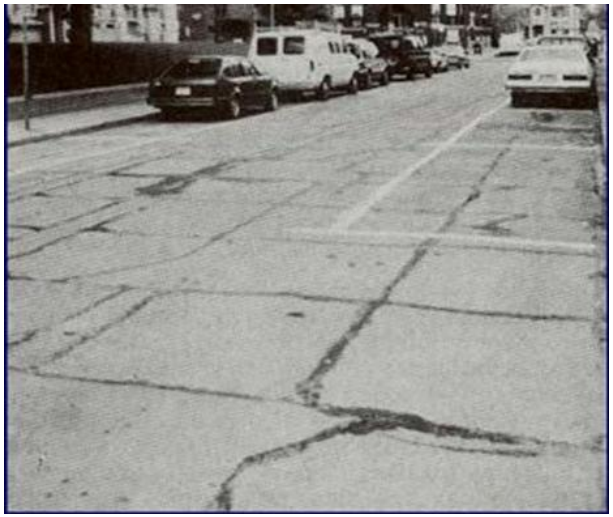
Surgieron como una necesidad de controlar esfuerzos y resolver patologías que se presentaron en los primeros pavimentos.



Evolución de las juntas

Tablero de ajedrez

Hasta 1910 muchos pavimentos se construyeron utilizando formaletas cuadradas de 1,5 m.



Portland Street
Calumet, Michigan, 1906

Combinación de:

- Formaletas cuadradas
- Base de hormigón
- Acabado superficial ajustado al tránsito de caballos y carretas

Evolución de las juntas

Sin juntas

Hasta 1922 los pavimentos se construían sin juntas y con el centro de la sección con mayor espesor, para prevenir la formación de fisuras longitudinales erráticas.

1909 – Av. Woodward, Michigan

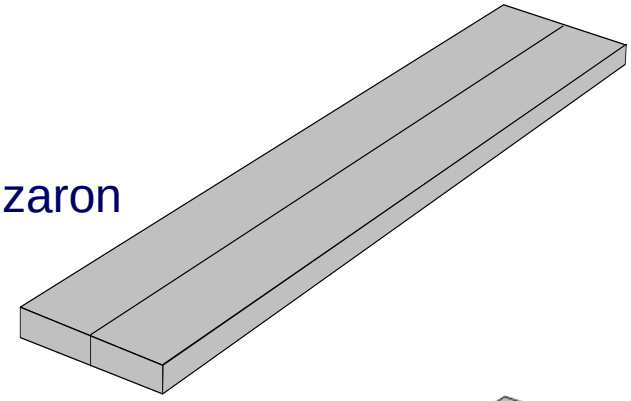
1919 – Sunset Highway

Los primeros pavimentos mostraron la necesidad de una junta longitudinal central, cuando se construían anchos superiores a 3,6 m.

Evolución de las juntas

Junta longitudinal

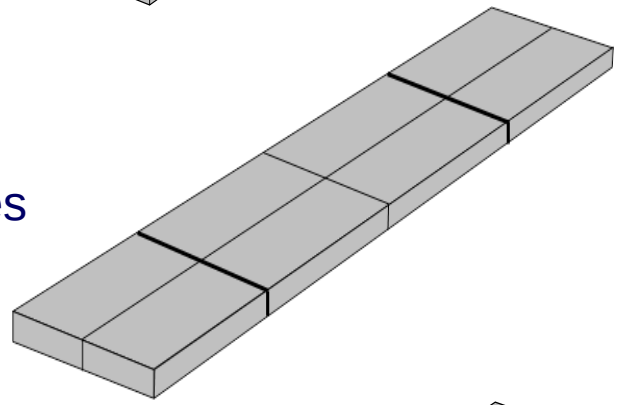
En 1923 como resultado del Bates Test Road, se comenzaron a utilizar juntas longitudinales para evitar fisuras.



Juntas de expansión y contracción

Entre 1925 y 1945 se combinaron las juntas transversales de expansión y de contracción

- Juntas de expansión entre 15 y 36 m
- Juntas de contracción entre 4,5 y 18 m



Se eliminaron las juntas de expansión cuando se utilizaban:

- ✓ Pavimentos con agregados normales
- ✓ Condiciones normales de temperatura
- ✓ Juntas de contracción entre 4,5 m y 18 m

Evolución de las juntas

Criterios comunes de modulación

Control de dimensiones máximas:

- Por espesor y base:
  - Granulares 25 x e
  - Rígidas 20 x e
- Por esbeltez: máximo 1,4
- Por radio relativo de rigidez
  - Longitud máxima menor a 5,5 por el radio relativo de rigidez

Rangos usuales de modulación:

- Anchos entre 3,0 m y 4,25 m
- Longitudes entre 4,0 y 4,5 m

Se cometen muchos errores de continuidad en las juntas

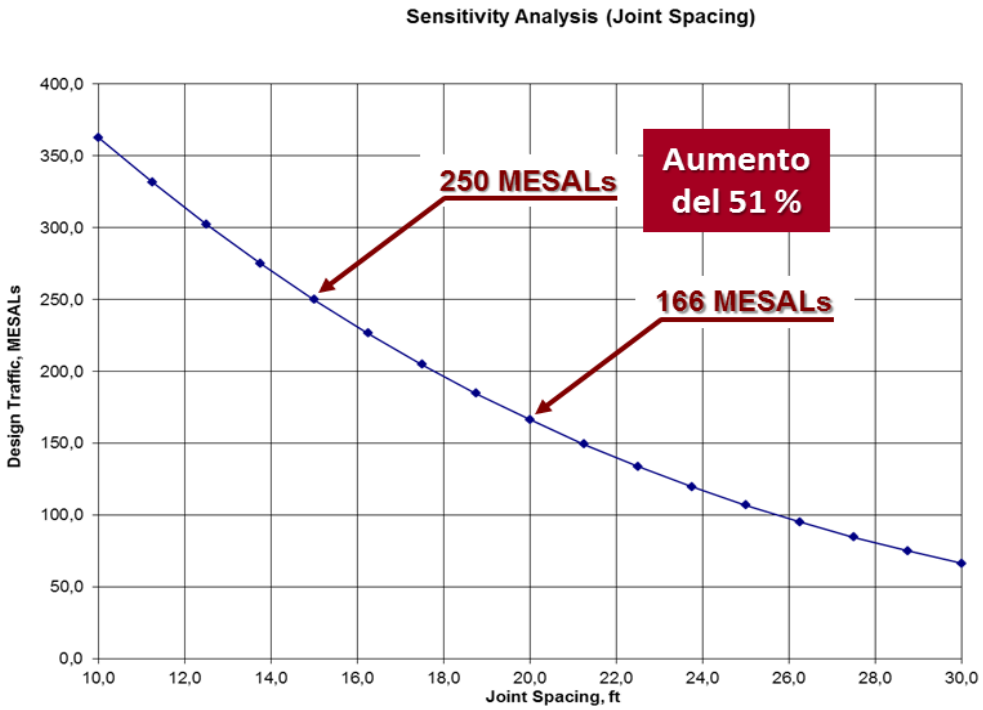
Evolución de las juntas

Tendencia a losas más pequeñas

Los factores de esbeltez de las losas se han venido rebajando desde 2 hasta valores inferiores a 1,4.

Reducir las dimensiones de las losas genera una ganancia importante en la capacidad del pavimento.

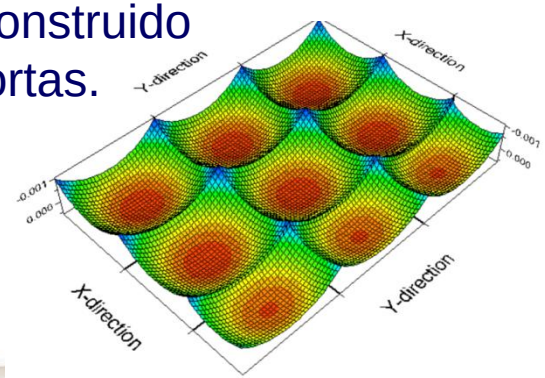
OJO: Manteniendo constantes las otras variables



Losas cortas

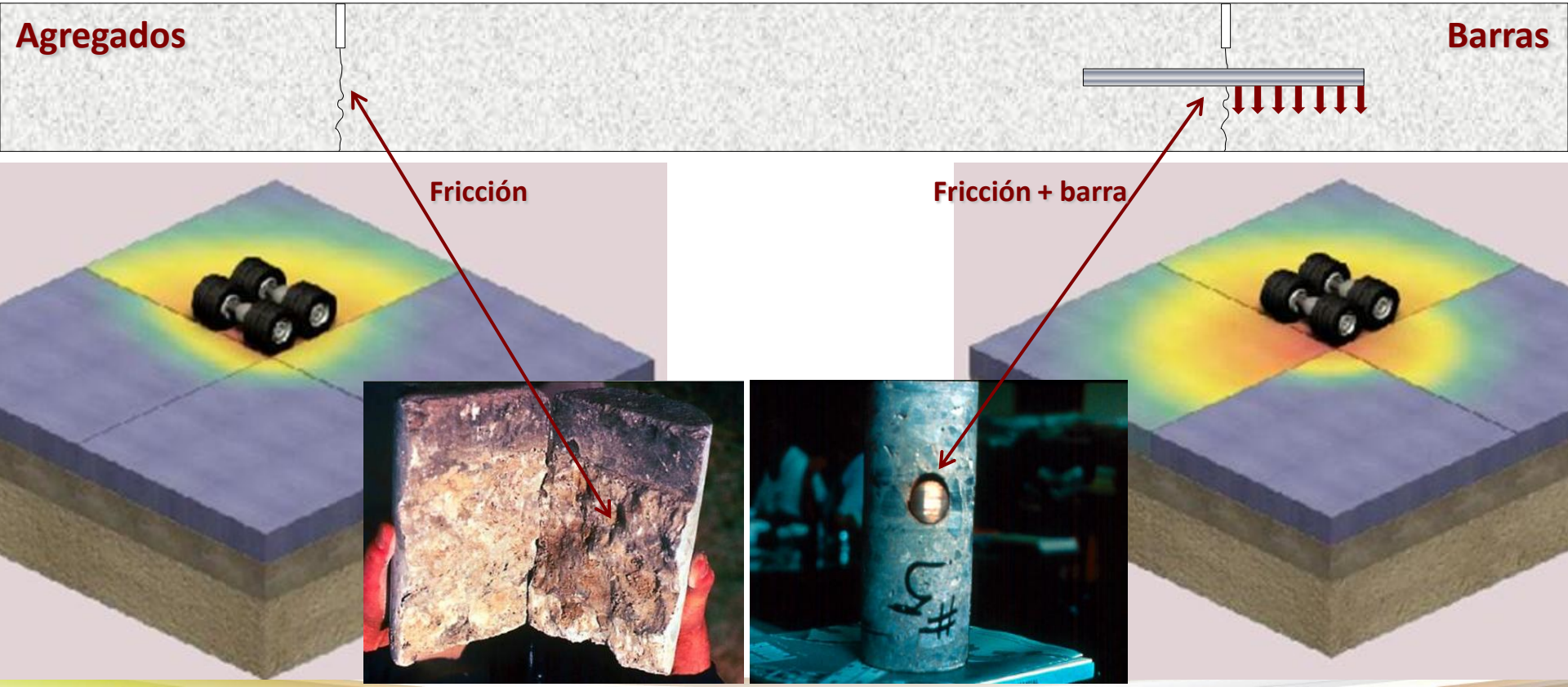
En la última década se han construido pavimentos con losas más cortas.

- Anchos entre 1,5 y 1,8 m
- Longitudes hasta 2,5 m.



Transferencia de carga

Aunque la transferencia de carga por agregados es común en pavimentos de bajo tráfico, se recomienda el uso de barras de transferencia, para garantizar la efectividad de la transferencia de carga en el tiempo.



Transferencia por barras

Las especificaciones exigen:

- Barra recta
- Acero redondo liso
- Extremos lisos y libres de rebabas
- Diámetros entre 25 mm (1”) y 38 mm (1 1/2”)
- Separación promedio de 30 cm

Importante:

- ✓ Mínimo **15** cm de barra en cada losa
- ✓ Longitud mínima de barra de **40** cm

Diseño de la canasta de acuerdo con el ACI 360 – Design of slabs on ground

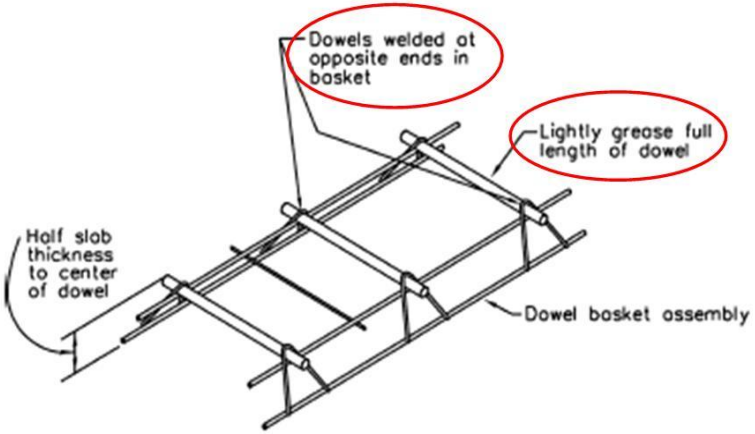


Fig. 5.9—Dowel basket assembly.

Check list

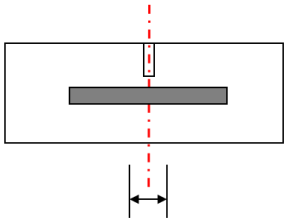
Antes de descargar el hormigón se debe verificar:

- ✓ Barras rectas, lisas y sin rebabas
- ✓ Centro de la canasta alineada con la futura junta
- ✓ Que no exista conflicto entre barras de transferencia y de amarre
- ✓ Ubicación correcta
  - Mitad del espesor
  - Paralelas entre sí
  - Extremos alineados
- ✓ Por lo menos 15 cm de barra embebida en cada losa
- ✓ Anclajes en las dos secciones de la canastilla hacia el hormigón
- ✓ Soldadura alternada
- ✓ Engrase total de cada barra
- ✓ Atiesadores cortados en su totalidad

Control de ubicación y tolerancias

Normalmente no se incluyen en las especificaciones, pero en algunos proyectos se exige el cumplimiento de tolerancias en la ubicación final de las barras.

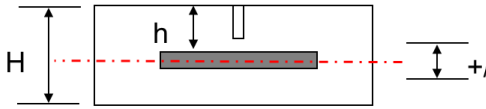
Posición Longitudinal



+/- 50 mm

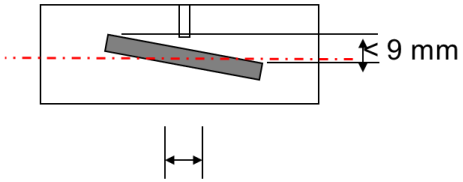
Por lo menos 15 cm de barra en cada losa

Posición vertical



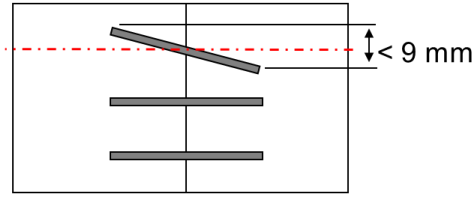
h minimo = H/3+12 mm

Alineamiento Vertical



+/- 50 mm

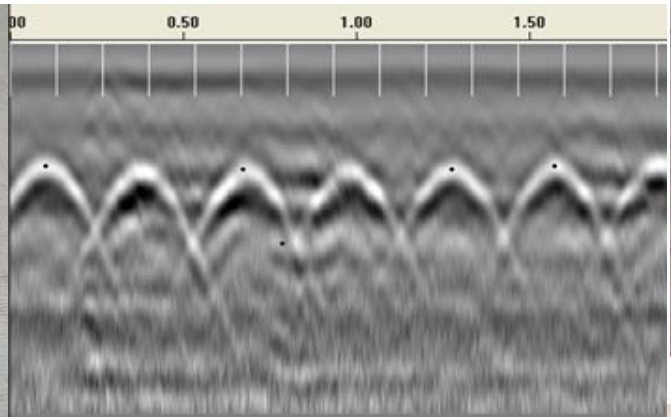
Alineamiento Transversal



Ensayos no destructivos

Uso de radares para verificar:

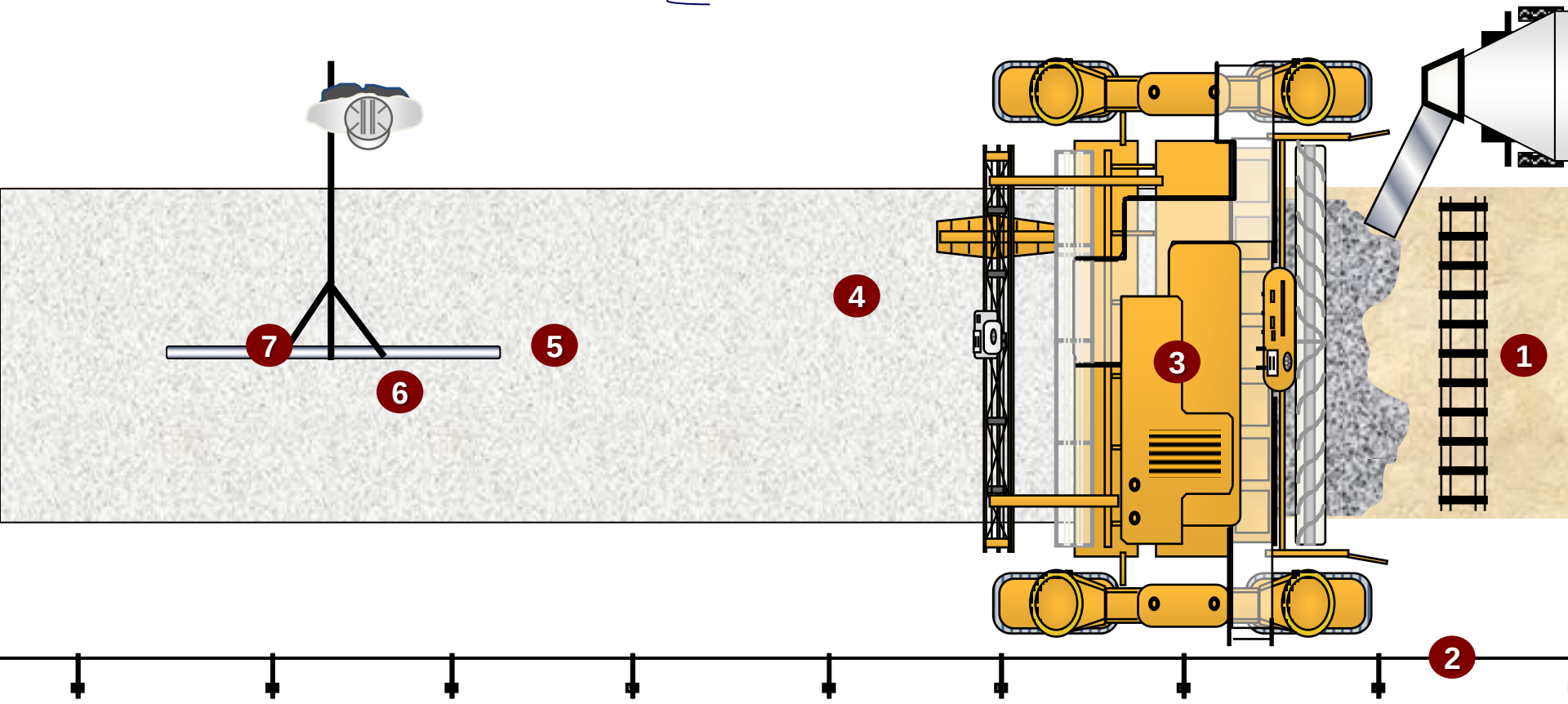
- ✓ Ubicación de barras de transferencia
- ✓ Altura de la malla de refuerzo
- ✓ Espesor de la losa



Búsqueda de confort y seguridad

Aporte de múltiples factores

- ✓ Diseño geométrico
- ✓ Nivelación de la base
- ✓ Sistema de guía o formaleta
- ✓ Equipo adecuado de conformación
- ✓ Superficie plana y uniforme
- ✓ Acabado superficial rugoso y estriado
- ✓ Reflectancia



Primeros acabados superficiales

Los primeros acabados superficiales se hicieron para el tránsito de carretas y caballos.

- ✓ **Agregado grueso en la superficie**
- ✓ **Acanalado en cuadrados de 4”**
- ✓ **Cepillado en las dos direcciones**

En los años 20 se daba un acabado liso a los pavimentos, con rodillos y laminas.

Búsqueda de confort y seguridad

Procesos de acabado superficial que garantizan:

- Superficie uniforme
- Superficie plana
- Superficie segura al tránsito

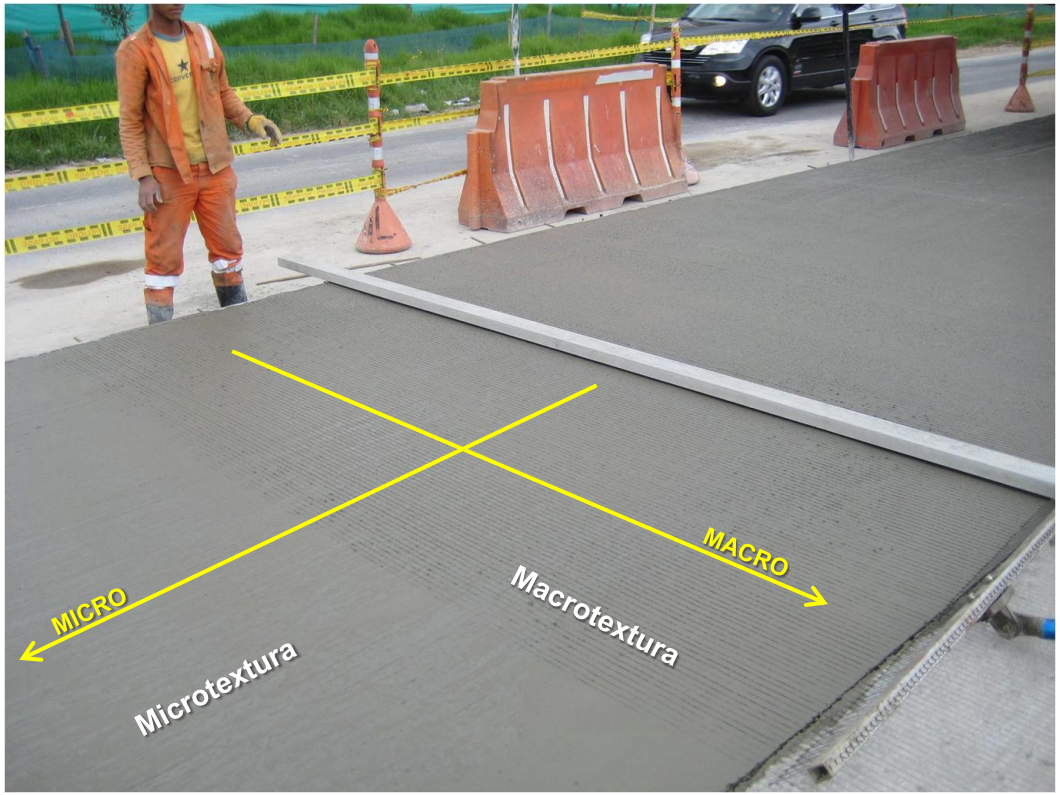
Búsqueda de confort y seguridad

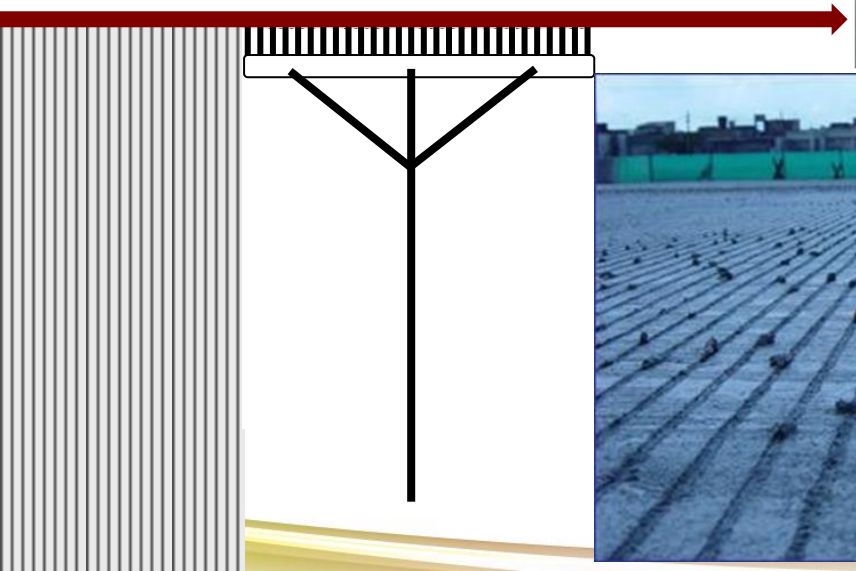
Cepillado transversal:

El más común es el cepillado transversal con cerdas metálicas.

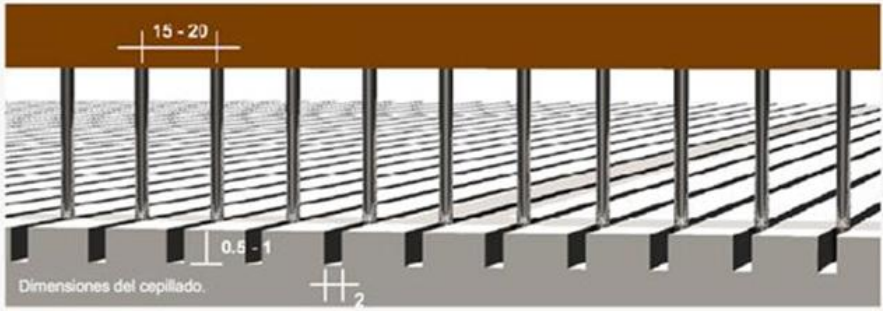
Características mas comunes:

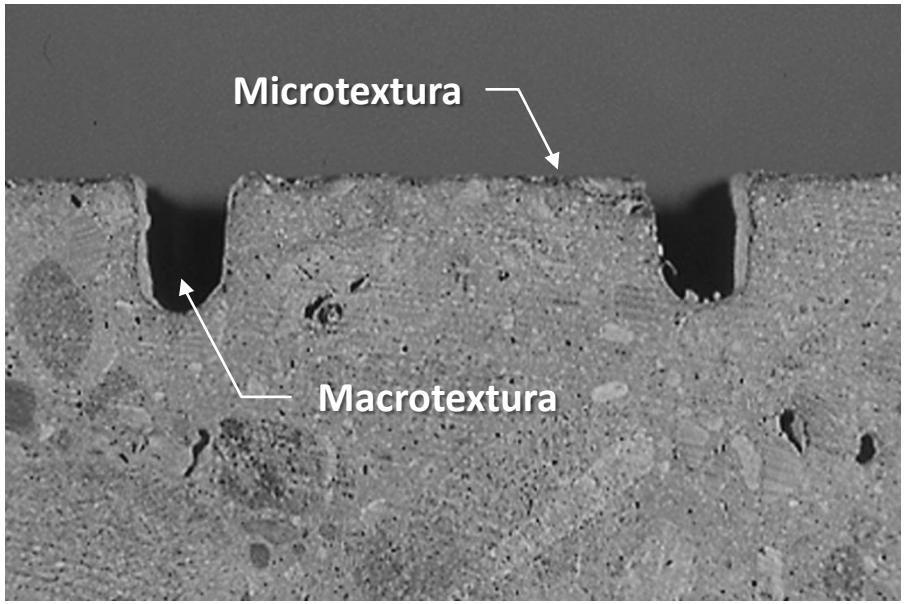
- Ancho de cerdas de 3 mm
- Separación de 19 mm
- Profundidad entre 3 y 6 mm
- Paralelo a las juntas transversales
- Ajuste del paralelismo en las curvas





Búsqueda de confort y seguridad

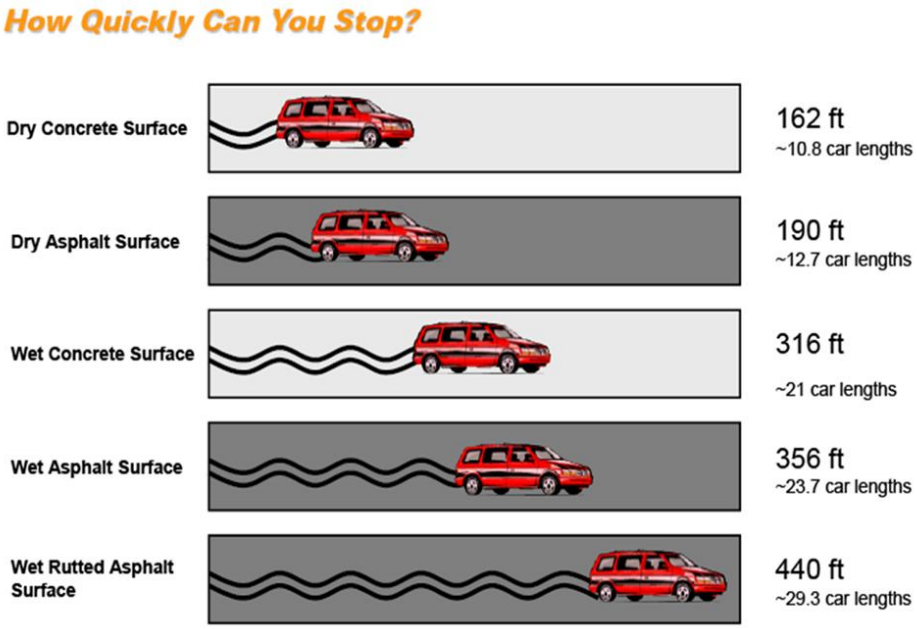




Sistema de acabado superficial

El acabado micro y macro permite:

- Reducir distancias de frenado
- Mayor agarre en curvas
- Control del hidroplaneo
- Fricción llanta-pavimento



Source: Chevrolet stopping data (not anti-lock brakes) from report "Safety Considerations of Rutting and Wash-boarding Asphalt Road Surfaces," Department of General Engineering, University of Illinois, 1989.

Búsqueda de confort y seguridad

Texturizado longitudinal

Se ha utilizado en algunos países

Guatemala: En algunas vías se ha utilizado cepillado metálico longitudinal. Conserva las mismas características de tamaño de cerda, separación y profundidad.

Uruguay: Texturado para macrotextura con arpillera húmeda en sentido longitudinal.

Gana y pierde:

- Menos ruido causado por la circulación vehicular
- Menos eficiencia en la evacuación de agua superficial.

CA1–Occidente, Guatemala

Ruta 24, Uruguay

Entornos de construcción

En los últimos 40 años, el volumen de vehículos se ha incrementado **84 %**, mientras que las vías solo han crecido un **3 %**.

¿CUÁNTOS VEHÍCULOS HAY POR HABITANTE?

País	Población 2011	Venta vehículos nuevos 2011	Número de vehículos nuevos x 1.000 habitantes	Parque Automotor 2011 (excluye motos)	Carros x 1.000 Habitantes
Argentina	41.769.726	846.790	20,3	9.389.096	225
Chile	17.248.450	334.282	19,4	3.207.616	186
Brasil	193.987.291	3.425.596	17,7	46.524.341	240
Uruguay	3.308.535	51.443	15,5	731.247	221
Paraguay	6.459.058	71.441	11,1	631.570	98
Ecuador	14.483.499	139.893	9,7	1.829.981	126
Panamá	3.460.462	29.392	8,5	509.351	147
México	113.724.226	933.761	8,2	32.429.225	285
Colombia	46.044.601	324.570	7,0	3.353.469	73
Perú	29.797.694	150.037	5,0	1.920.000	64
Venezuela	27.150.095	120.691	4,4	4.068.636	150
Rep.Dominicana	9.956.648	19.400	1,9	1.435.423	144
Honduras	8.143.564	10.568	1,3	1.079.924	133
Bolivia	10.426.160	8.464	0,8	905.870	87

Fuente: andemos — Gráfico: LR

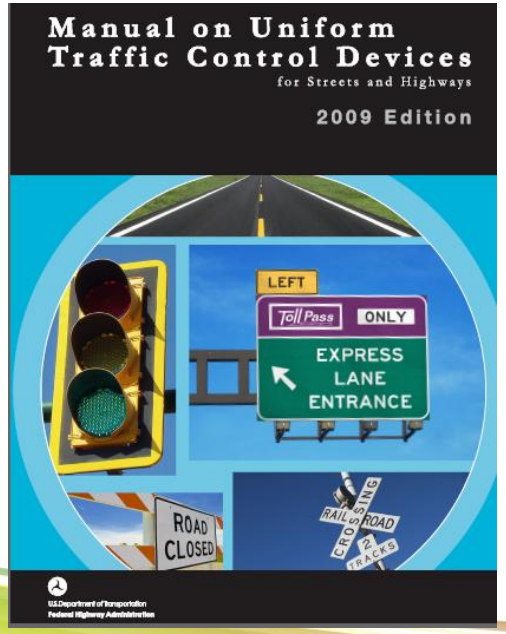
Promedio de 205 carros por cada 1.000 habitantes.

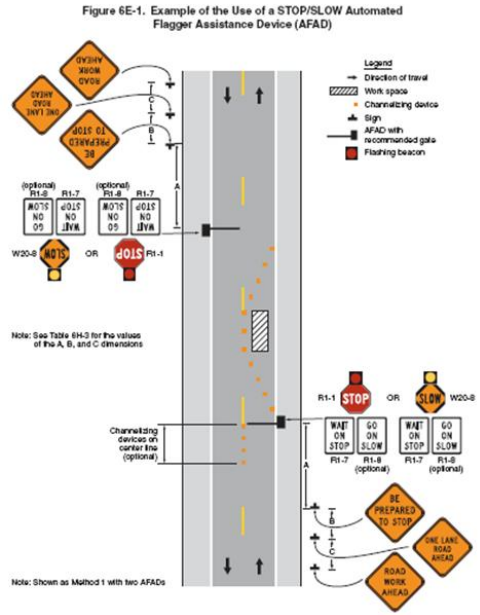
El problema tiende a agravarse

Adaptación al entorno

Uso de tecnologías para generar menor impacto en los usuarios:

- ✓ Alto rendimiento de construcción.
- ✓ Hormigones de resistencia temprana para **apertura rápida** al transito.
- ✓ Cierres por construcción o reparación más grandes pero más rápidos. Mayor impacto en menos tiempo.





*Pasado – Presente - **Futuro***

PC + Competitivo

CP ROAD MAP
shaping the future of concrete pavement

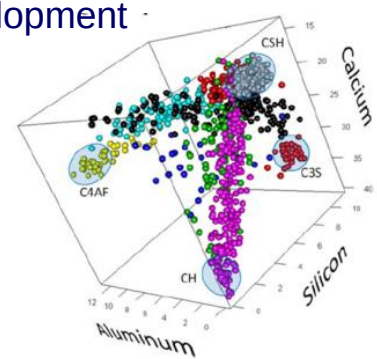
Mejoras en 13 puntos

1. Diseño de mezcla x desempeño
2. Guía de diseño x desempeño
3. Ensayos no destructivos
4. Optimización de la superficie
5. Automatización de equipos
6. Nuevo diseño de juntas
7. Rápida construcción y rehabilitación
8. Larga vida útil
9. Datos a largo plazo
10. Control por desempeño
11. Análisis del modelo económico
12. Materiales avanzados
13. Pavimento de Concreto Sostenible

CSH
concrete sustainability hub
MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY

The Edge of Concrete
The Genesis of Concrete

1. Concrete Materials Science Platform
2. Concrete Building Technology Platform
3. Concrete Econometrics Platform of Sustainable Development



Pavements 4life

ACPA AMERICAN CONCRETE PAVEMENT ASSOCIATION

SEMINARIO INTERNACIONAL DE PAVIMENTOS DE HORMIGÓN

ICPA

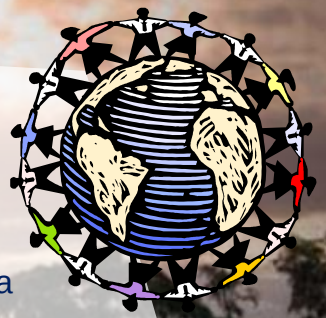
Sostenibilidad

Se están comenzado a exigir requisitos de sostenibilidad en construcción y operación de pavimentos. Pero todavía falta.

Ambiental

1. Reciclaje de agregados
2. Menores excavaciones
3. Ahorro de combustible
4. Reducción de la isla de calor
5. Reducción del CO_2 y NO_x
6. Reabsorción del CO_2
   - Carbonatación
7. Resistencia a combustibles, aceites, químicos, clima, etc.
8. Optimización del consumo de energía.

Social



1. Larga vida útil
2. Confort
3. Seguridad
   - Tracción entre rueda y llanta
   - Reflejo de la luz
   - Visibilidad
   - Juntas sirven de guía
   - Distancia de frenado
   - Agarre en las curvas
   - Control del hidroplaneo
   - Evacuación del agua superficial
   - Resistente al fuego
4. Baja emisión de ruido
5. Menos cierres durante la vida útil

Económica

1. Costo de construcción
   - Menor consumo de energía
2. Costo del ciclo de vida
3. Costo de operación
   - Menor consumo de combustible
   - Menor consumo de CO_2
   - Menor costo de iluminación
   - Menos accidentes

Sostenibilidad ambiental

Fuente: Carlos Sánchez - Precision 2000

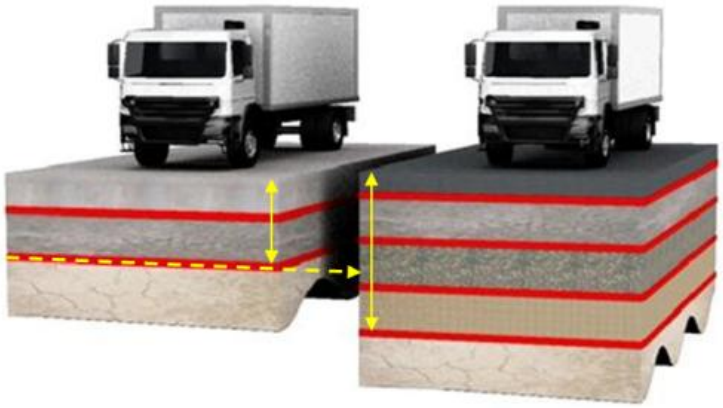
Reciclaje de materiales

- Hormigones reciclados.
- Reúso y reciclaje de hormigones devueltos.

Menor consumo de materiales de cantera

El PH requiere menor excavación y relleno.

- Menor consumo de energía en excavación
- Menor consumo de energía en compactación
- Menor impacto urbanístico

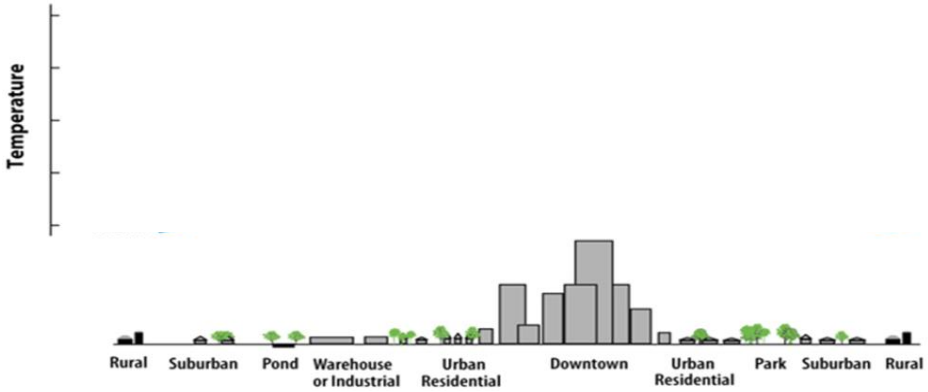


Sostenibilidad ambiental

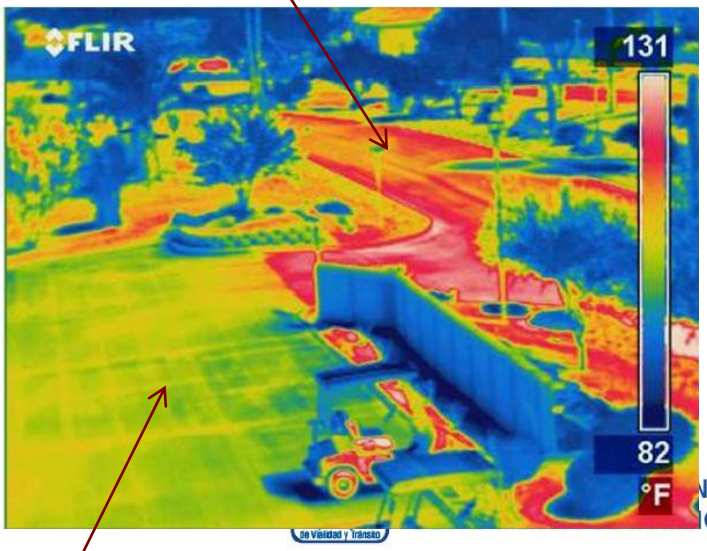
Reducción del efecto Isla de calor

El Pavimento de hormigón ayuda a reducir el calentamiento urbano

- Mayor reflejo de la luz (**+** Albedo)
- Menor temperatura de la losa de hormigón.



Altas temperaturas



Bajas temperaturas

Sostenibilidad ambiental

Estabilidad volumétrica

El hormigón soporta de manera estable los derrames de combustibles y aceites.

- ✓ Estaciones de combustible
- ✓ Plataformas de aeropuertos

Sostenibilidad social

Seguridad

Alta visibilidad

- Reflejo de la luz (Albedo)
- Se aprecia el ancho de carril
- Juntas longitudinales sirven de guía

ACPA – Pavement*4*life

- ✓ Por cada 10% de aumento en la reflectancia de la luz, se reflejará un 10% más de luz hasta los objetos en la superficie.
- ✓ Las lecturas de reflectancia en la superficie de concreto son 4 a 5 veces mayor que el asfalto. Los conductores verán el camino, otros vehículos y peatones más claro y más rápido.

Sostenibilidad social

Mayor vida útil

Avenida Centenario, Bogotá
1937 – 2012 (75 años)

Sostenibilidad económica

Costo inicial y del Ciclo de Vida

Nueva tendencia en las curvas de costos.

Algunas variables han cambiado:

- Períodos de diseño equivalentes.
- Optimización y racionalización en el uso de materiales
- Optimización de los métodos de diseño
- Aumento del precio del petróleo

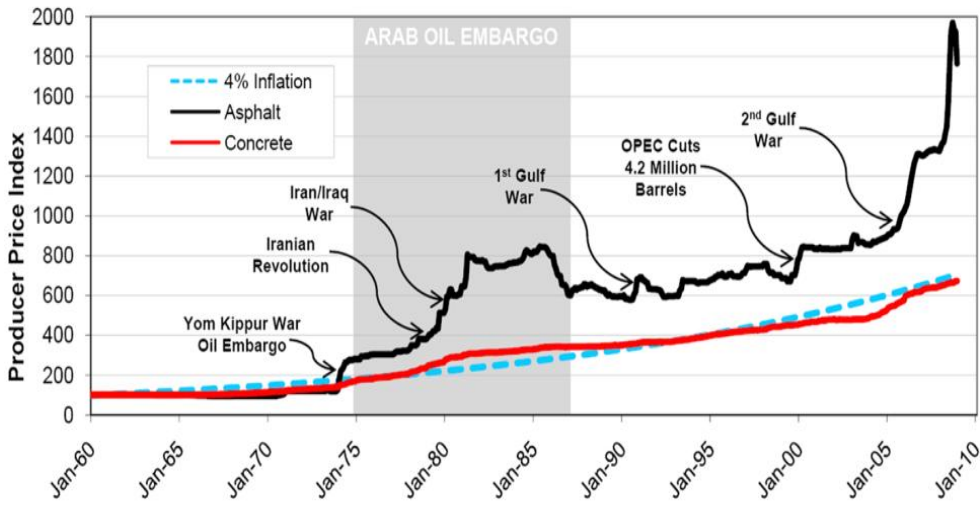


Figure 1. Inflation at a rate of 4% with a basis of 100 at 1958, Producer Price Index (PPI) for concrete and asphalt (PPI_{1958} = 100), and various political events over the past 50 years.

Estudio Ontario, Canadá 2011

*"Como se muestra en este informe, **el pavimento de hormigón ofrece un atractivo costo inicial de construcción y un costo del ciclo de vida favorable**, comparado con el asfalto."*

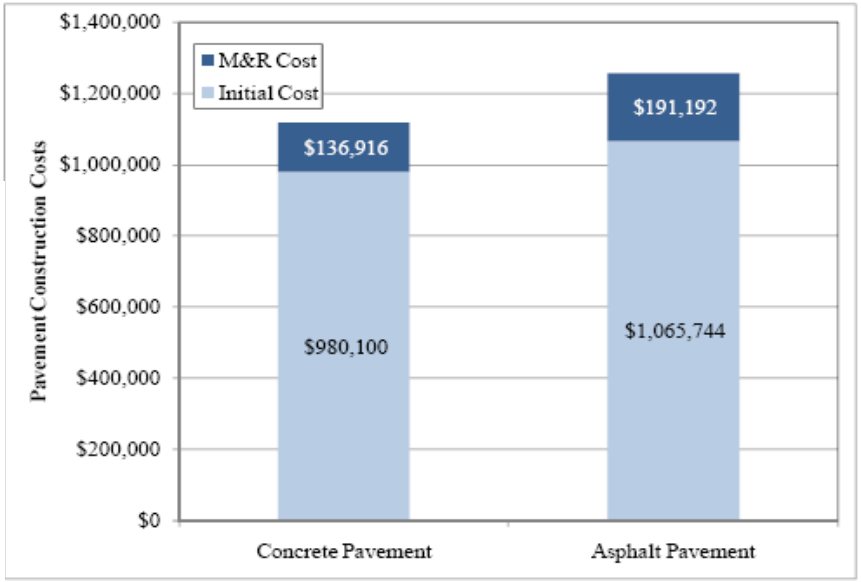
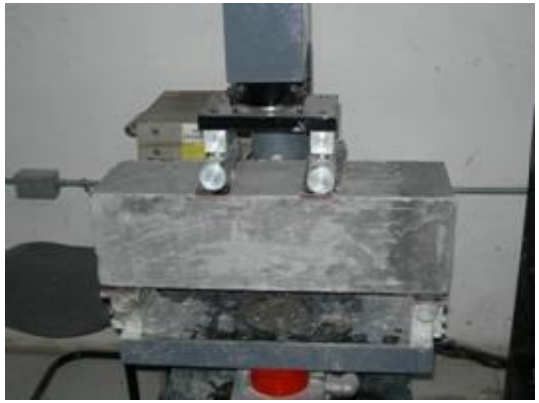


Figure 4.1. Example LCCA Comparison of Costs for a Major Arterial Pavement (AADTT = 2,500)

Tendencia en el control de la resistencia

Resistencia de diseño a Flexión.

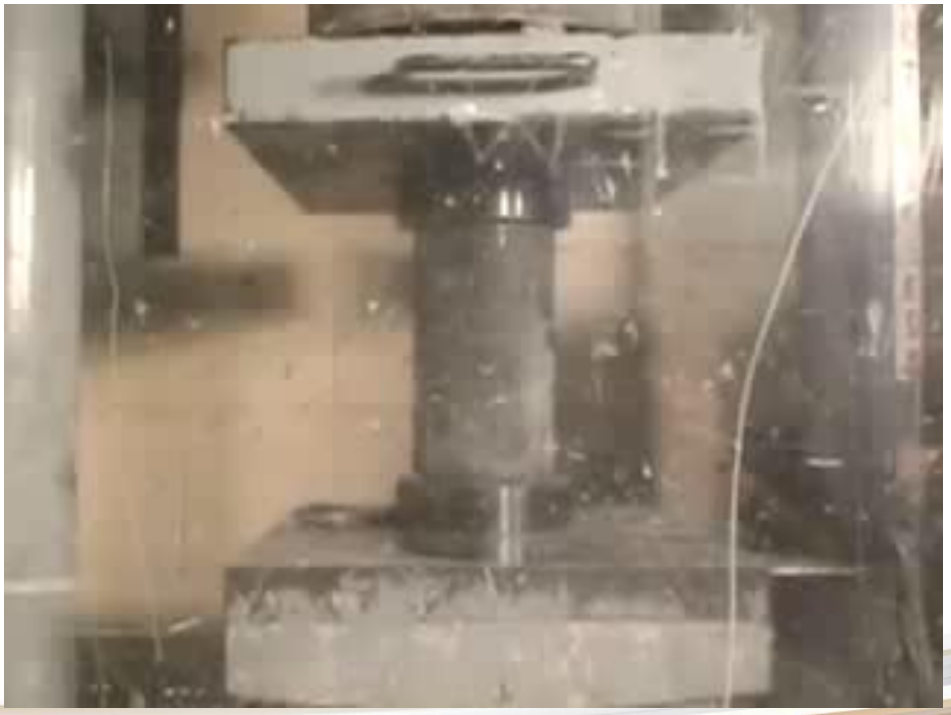
- ✓ Valores entre MR 42 y MR 55
- ✓ No se recomiendan valores menores a MR 42



Problemas frecuentes con el manejo de las vigas.

Nueva tendencia en el control:

1. Diseño a flexión
2. Correlación compresión-flexión
3. Control de calidad a compresión
4. Extracción de núcleos
5. Ensayo a compresión
6. Correlación a flexión

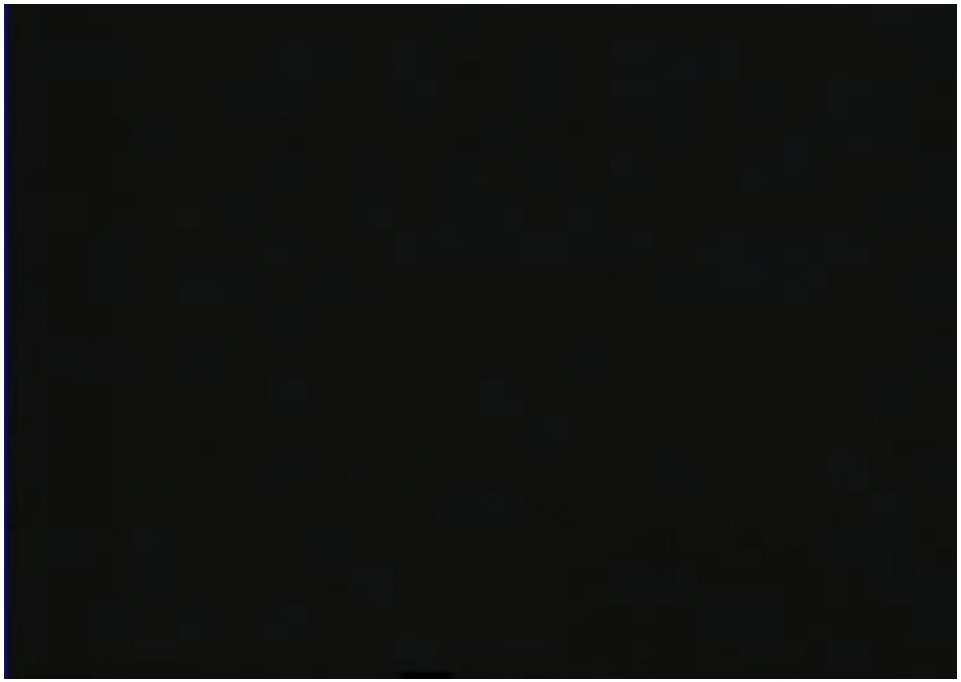


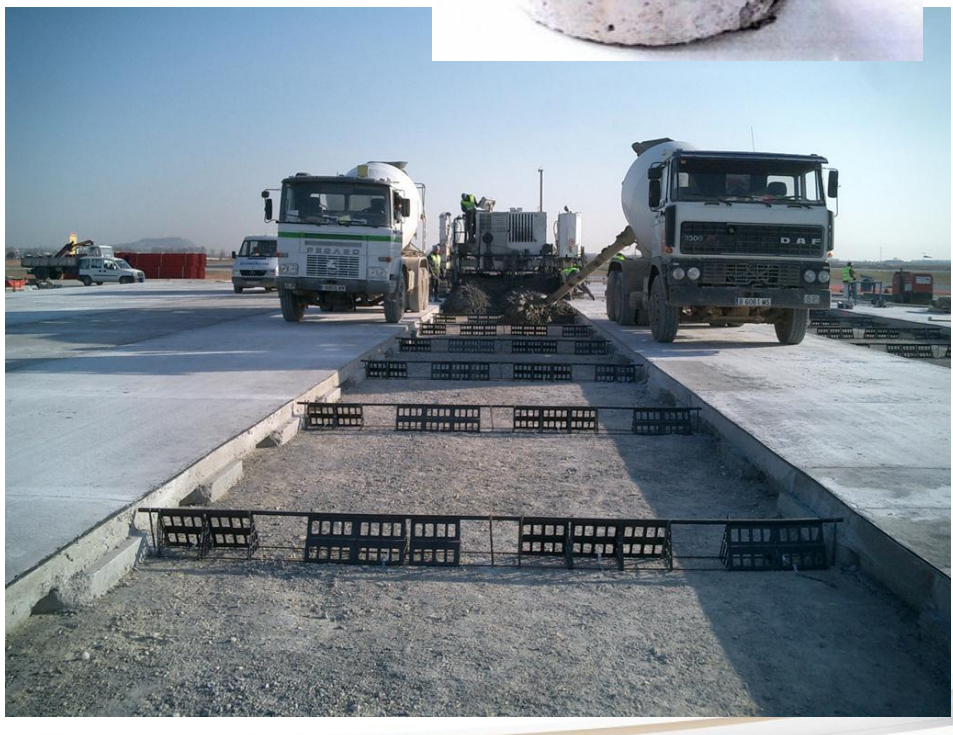
Sistemas no convencionales de transferencia

Junta tridimensional

Sistema de junta transversal con planos inclinados alternos, que genera engranaje y transferencia de carga entre losas.

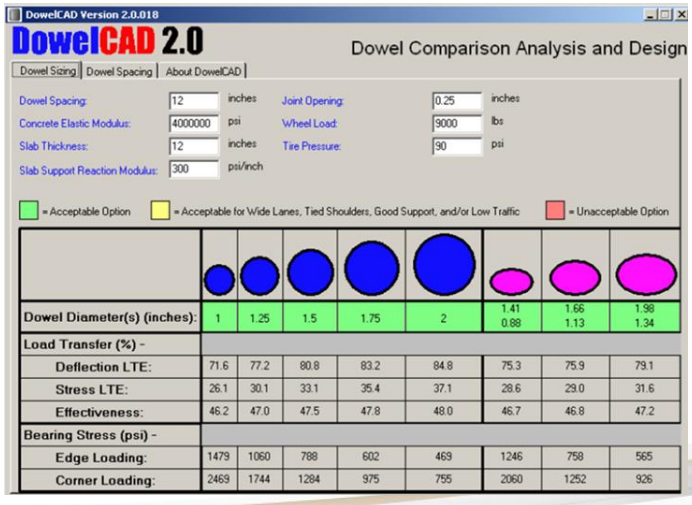
Substituye las barras de transferencia, el corte y el sello.





Sistemas no convencionales de transferencia

- Dovelas diamantadas
- Barras elípticas
- Otros materiales
  - Poliéster
  - Epóxico
  - Fibra de vidrio
  - Fibra de carbono
  - Acero inoxidable
  - Acero microcompuesto

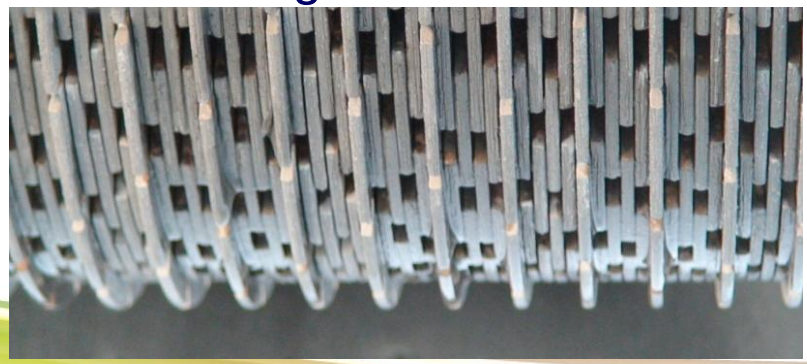


Dowel Diameter(s) (inches):	1	1.25	1.5	1.75	2	1.41 0.88	1.66 1.13	1.98 1.34
Load Transfer (%) -								
Deflection LTE:	71.6	77.2	80.8	83.2	84.8	75.3	75.9	79.1
Stress LTE:	26.1	30.1	33.1	35.4	37.1	28.6	29.0	31.6
Effectiveness:	46.2	47.0	47.5	47.8	48.0	46.7	46.8	47.2
Bearing Stress (psi) -								
Edge Loading:	1479	1060	788	602	469	1246	758	565
Corner Loading:	2469	1744	1284	975	755	2060	1252	926

Nuevos tipos de acabados superficiales

Fresado longitudinal de nueva generación

Agregado expuesto



Hormigones no convencionales

Concreto fotocatalítico

La luz solar provoca una reacción entre el dióxido de titanio y los contaminantes como el NOx.

- Por cada 1.000 m2 de pavimento se remueven cerca de 30 kg/NOx/año.
- Reducción cercana al 65% en dióxido de nitrógeno y monóxido de carbono.

Concreto permeable

Permiten el paso del agua a través de la losa de concreto. Alto porcentaje de vacíos.

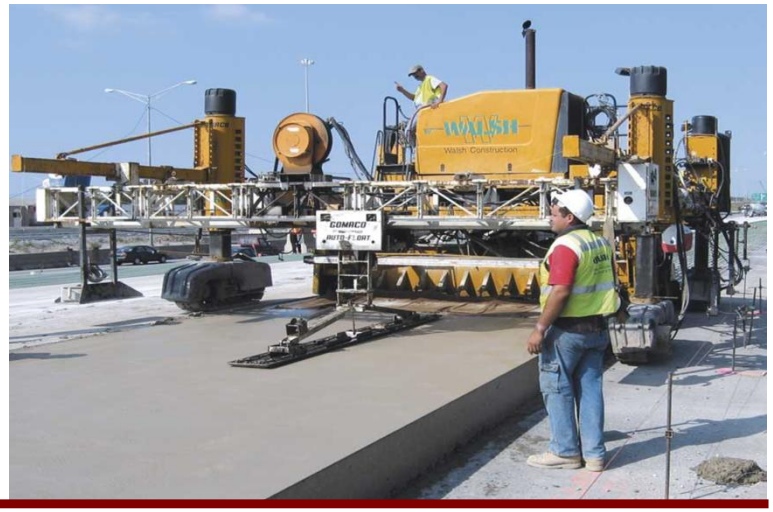
- Recargar niveles freáticos, captación de agua lluvia, evitar hidroplaneo.
- Velocidad de drenaje entre 81 y 330 l/min/m2.

Encarar los procesos de manera diferente

El solo conocimiento de la especificación no garantiza el resultado

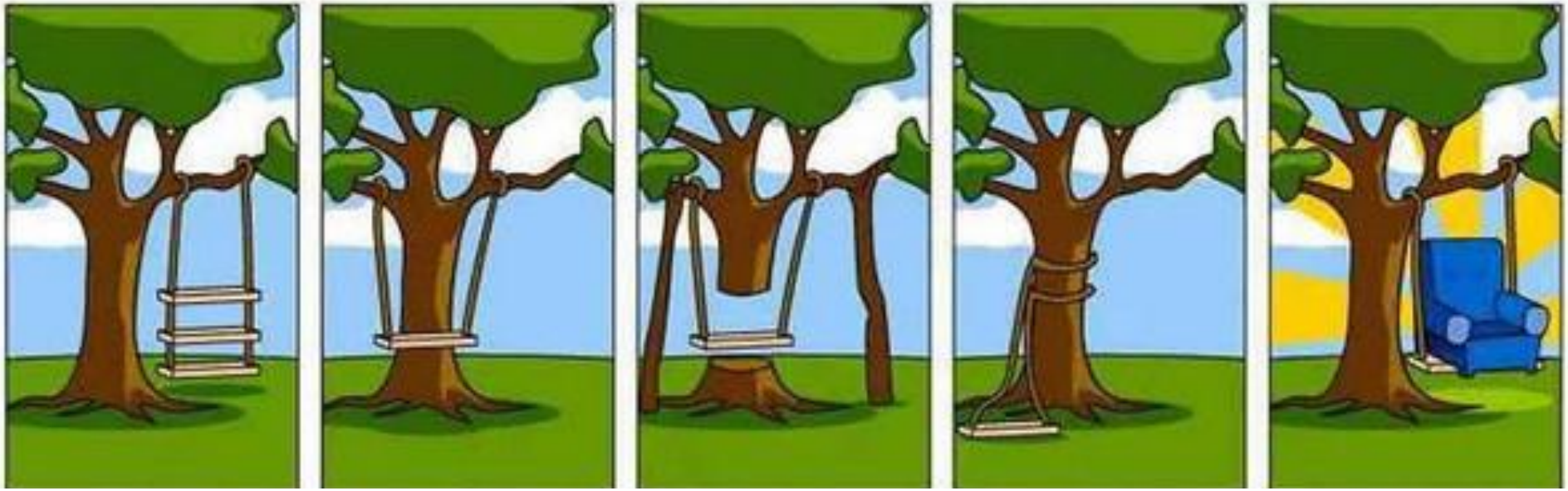
No basta con conocer las especificaciones, se debe tener **conocimiento**, **experiencia**, y **sensibilidad** para obtener el resultado final.

Estos dos concretos cumplen con la especificación



Pero el resultado final no es el mismo

Tenemos que hablar el mismo idioma



Lo que decía el pliego | Lo que entendió el diseñador | Lo que entendió el supervisor | Lo que entendió el constructor | Lo que se rediseñó en la obra

Lo que el cliente realmente quería

Las estructuras no funcionan como se
diseñan sino como se construyen

Evitar procedimientos riesgosos

No modificar la mezcla de hormigón

Evitar procedimientos poco confiables

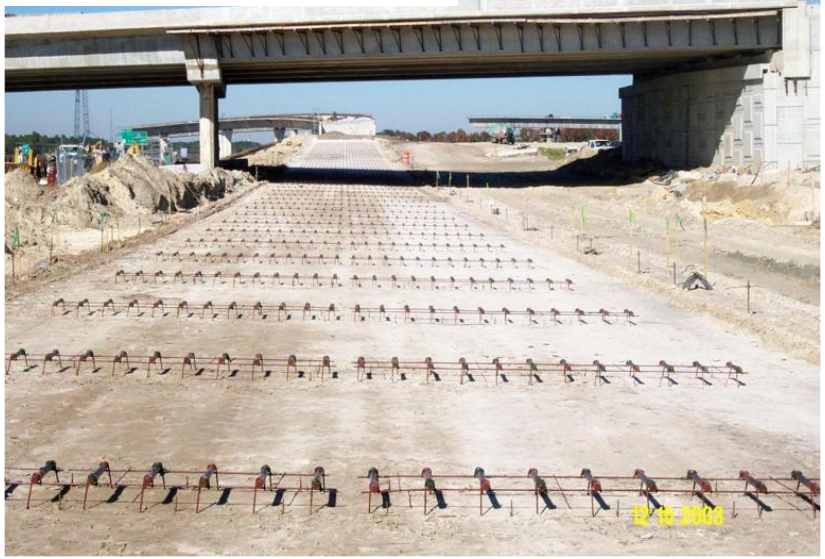
La malla se debe colocar antes de la descarga del hormigón, **NO** durante o después

Cuidado con los procedimientos no autorizados

Las barras de transferencia se pueden colocar de dos maneras:

1. Precolocación con canastas
2. Durante la colocación con DBI

Antes de la colocación



Durante la conformación - DBI

Simultánea con la descarga

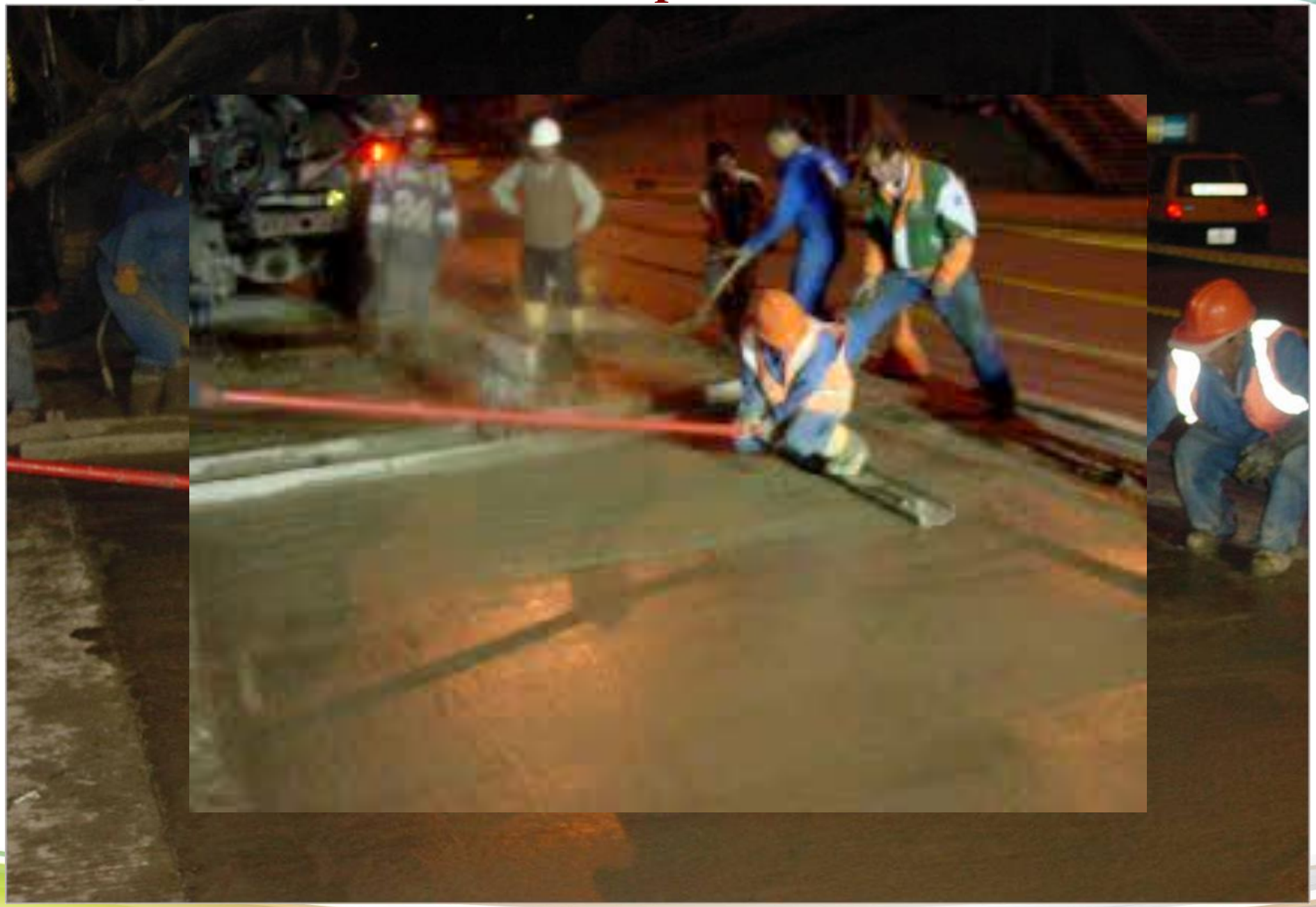
Cuidado con los procedimientos no autorizados

No se permite la inserción de barras a golpes o después de colocado el hormigón.

- Incertidumbre en la ubicación
- Alteración del concreto
- Fisuras

Interpretación de diseños y especificaciones

Realizar las actividades a tiempo



Buenas Prácticas

- ✓ **Entendimiento y comprensión** de la tecnología
- ✓ **Diseños** completos y ajustados a la realidad
- ✓ **Especificaciones** cumplibles
- ✓ **Materiales** ajustados a especificaciones y diseños
- ✓ **Personal** con competencias laborales
- ✓ **Estado del arte** del diseño y construcción
- ✓ **Menor impacto** a los usuarios

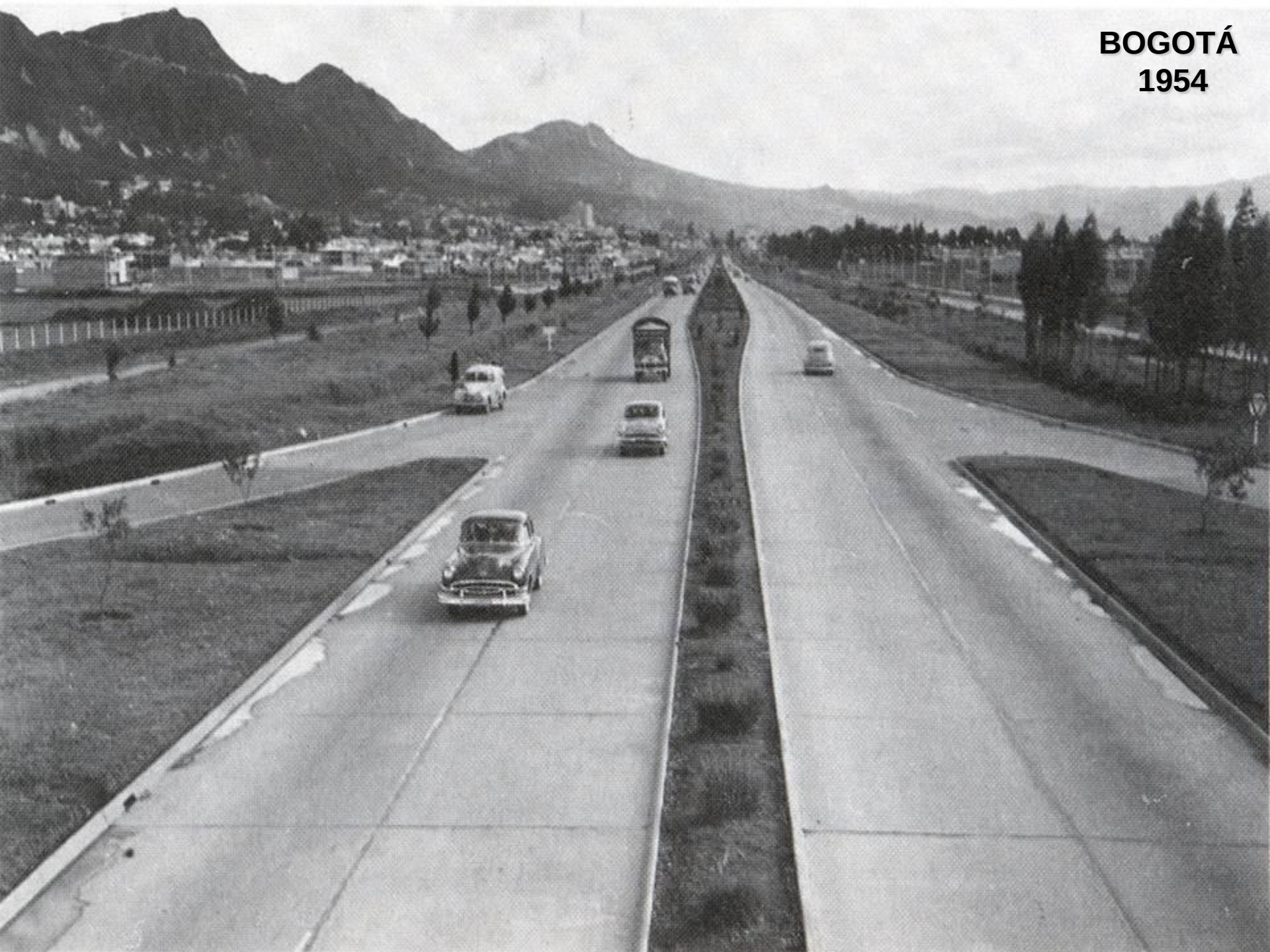
Estado del Arte de los pavimentos de Hormigón en AL

Gracias

diegojaramillo@asocreto.org.co

Cordoba, Argentina, Octubre 24 de 2012

SEMINARIO INTERNACIONAL
DE PAVIMENTOS DE HORMIGÓN


BOGOTÁ
1954

BOGOTÁ
2007

ESTRUCTURA PROGRESIVA Y NO HOMOGENEA

1954

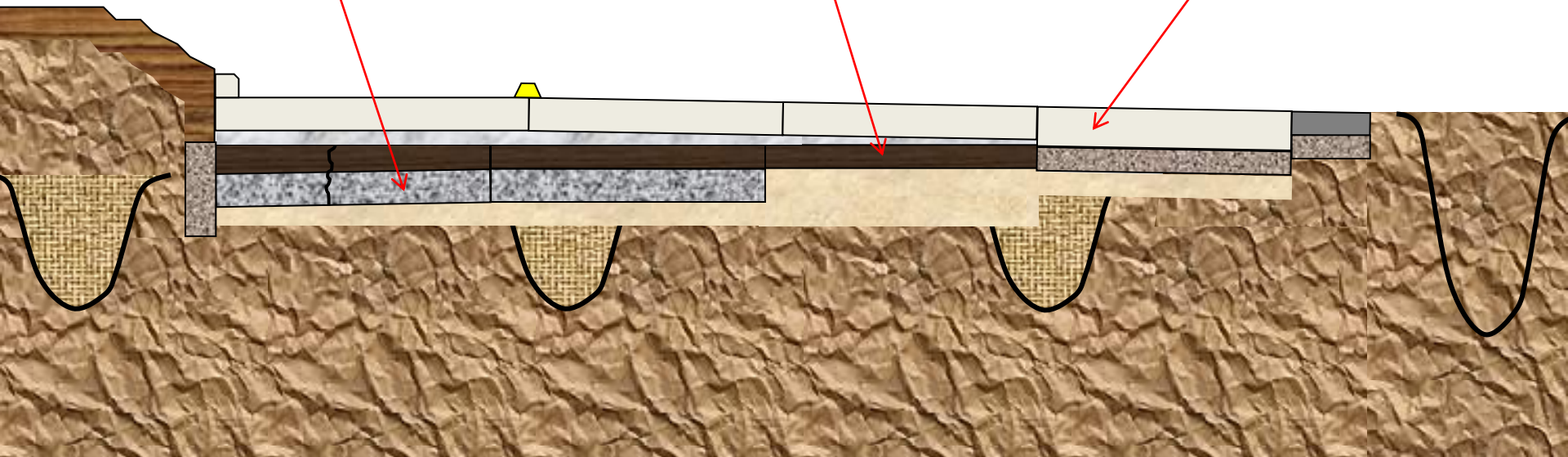
- Dos carriles de concreto sobre base granular
- Se taparon los dos canales laterales antiguos
- Se construyó un nuevo canal lateral

1970

- Ampliación de una carril y una berma en pavimento flexible
- Se taparon los carriles de concreto con una capa de asfalto
- Se tapo el canal del 52 y se construyó otro más alejado

2000

- Se construyeron 4 carriles de concreto sobre la estructura existente
- Los canales del 40 y del 53 siguen debajo de la estructura nueva
- Cada uno de los carriles tiene un soporte diferente



ESTRUCTURA PROGRESIVA Y NO HOMOGENEA

Carriles 4 - 5

LOSA DE CONCRETO SOBRE CONCRETO NO ADHERIDA

- Losa de 4 m de ancho
- Espesor de 21 cm
- CLSM de nivelación
- 8 cm de asfalto
- 20 cm de concreto
- 20 cm de base granular
- No tiene confinamiento lateral
- Buses con cargas por eje de 12,5 t

Carriles 3 - 6

LOSA DE CONCRETO SOBRE CONCRETO NO ADHERIDA

- Losa de 3,25 m de ancho
- Espesor de 21 cm
- CLSM de nivelación
- 8 cm de asfalto
- 20 cm de concreto
- 20 cm de base granular
- Confinamiento
- Tráfico mixto

Carriles 2 - 7

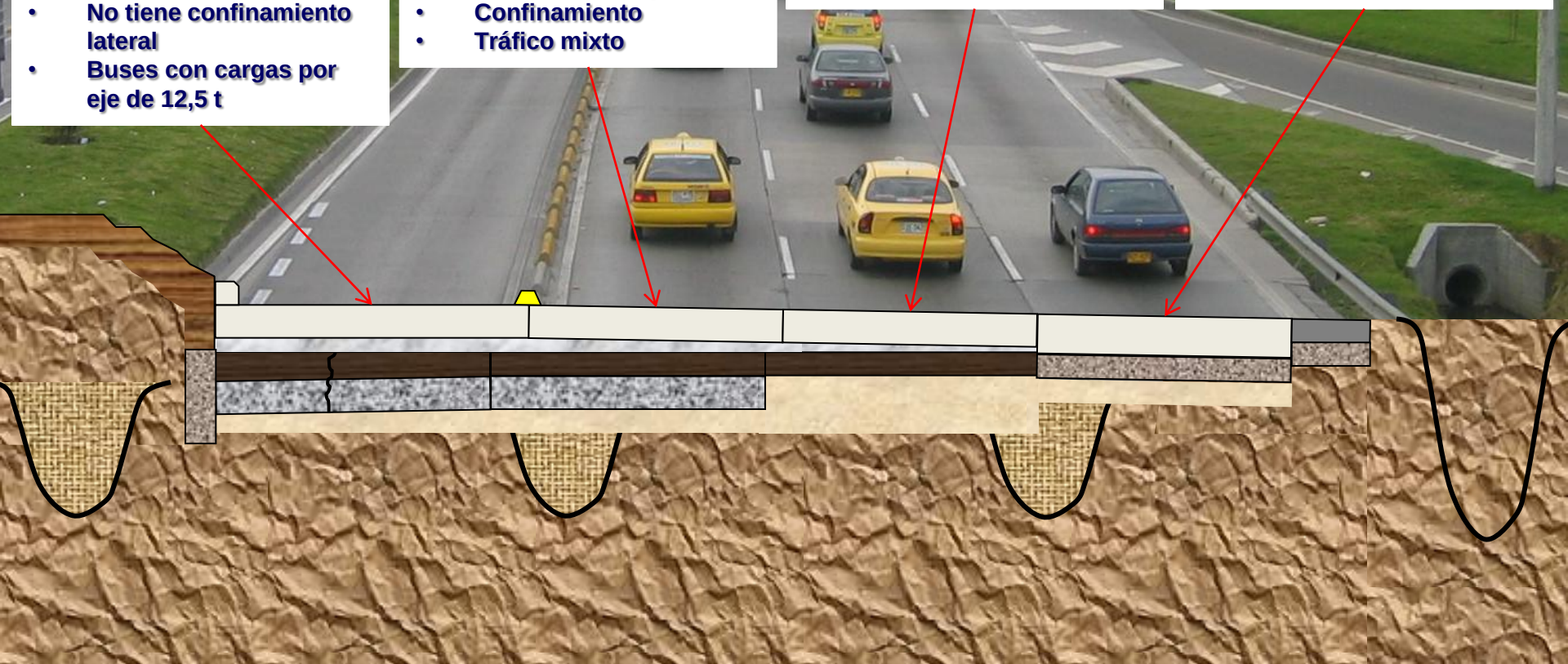
LOSA DE CONCRETO SOBRE PAV. FLEXIBLE

- Losa de 3,25 m de ancho
- Espesor de 21 cm
- CLSM de nivelación
- 15 cm de asfalto
- 30 cm de base granular
- Confinamiento
- Tráfico mixto

Carriles 1 - 8

LOSA DE CONCRETO SOBRE BASES

- Losa de 3,25 m de ancho
- Espesor de 25 cm
- 15 cm de CLSM
- 15 cm de base granular
- No tiene confinamiento lateral
- Tráfico mixto



RADICADO 652773
CUADERNO 004
FOLIO 202

196

CAPITULO 8

DISEÑO DE PAVIMENTOS

Se presenta en este capítulo la metodología y los resultados obtenidos en el diseño de la solución de rehabilitación propuesta para el pavimento existente y la nueva estructura recomendada para las ampliaciones en la zona que actualmente corresponde a las bermas.

Para la sectorización de la vía se realizó un análisis global de lo obtenidos en las diferentes evaluaciones realizadas al pavimento existe diseño se emplearon los métodos analíticos racionales.

Particularmente se utilizó como herramienta de cálculo los siguientes p computador: Para pavimentos en concreto asfáltico el programa "Defo Esfuerzos en Pavimentos Flexibles" DEPAV, desarrollado por el Instituto de Vías de la Universidad del Cauca.

En cuanto al diseño del pavimento rígido (WHITETOPPING), se utilizó el método tomado de "GUIDELINES FOR CONCRETE OVERLAYS OF EXISTING ASPHALT PAVEMENTS (WHITETOPPING), AMERICAN CONCRETE PAVEMENT ASSOCIATION" y traducido por el Ingeniero Alfredo Beltrán González en la publicación "Notas Técnicas" del ICPC, además se complementó con el método de diseño de la PCA. Es importante tener en cuenta que en el método de diseño no se tuvo en cuenta el criterio de erosión, pues este fenómeno no se presenta en un tipo de *subrasante* conformada por una carpeta asfáltica

Para el diseño de sectores de ampliación nuevos en pavimento flexible se utilizó el método de cálculo de la Shell, por tratarse de tráficos de diseño superiores a 0.5 x 10^6 EE. El método de diseño empleado SHELL de 1978, es un método que considera la estructura del pavimento como un sistema multicapa linealmente elástico bajo la acción de las cargas del tránsito, en el cual los materiales se encuentran caracterizados por su módulo de elasticidad (E) y su relación de Poisson (υ); los materiales de la estructura se consideran homogéneos y se asume que las capas tienen una extensión infinita en sentido horizontal y el espesor deberá ser tal que no se supere ni la deformación admisible producida por tensión en la fibra inferior de la capa asfáltica, ni la deformación producida en la subrasante por compresión.

RADICADO 652773
CUADERNO 004
FOLIO 217

211

CAPITULO 10

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El proyecto Transmilenio, contempla la rehabilitación de la vía existente y la ampliación de la calzada (calzada rápida) en la zona que corresponde a la berma.

Las estructuras de pavimento para la adecuación de los carriles de o y para las zonas de la berma (ampliación de la calzada) se ara una vida útil de 20 años (2000-2020), y para 10 y 20 a alternativa de concreto rígido, esto con el fin de poder comparación económica entre las dos alternativas.

nción de los espesores requeridos para la rehabilitación de uras existentes, así como de la estructuras de la ampliación, vo en cuenta el parámetro de deflexión admisible (Dadm) para el o proyectado a 20 años, según el criterio Checoeslovaco, por lo n la gran mayoría de los sectores de la vía se requirieron es considerables para cumplir con este requerimiento.

Deb las características heterogéneas que presenta la vía en cuanto espesores de la estructura actual y al comportamiento geomecán de la subrasante, se puede notar en las alternativas con carpeta asfálti, la diferencia de espesores para los mismos sectores en las dos calzadas comparadas con el concreto rígido.

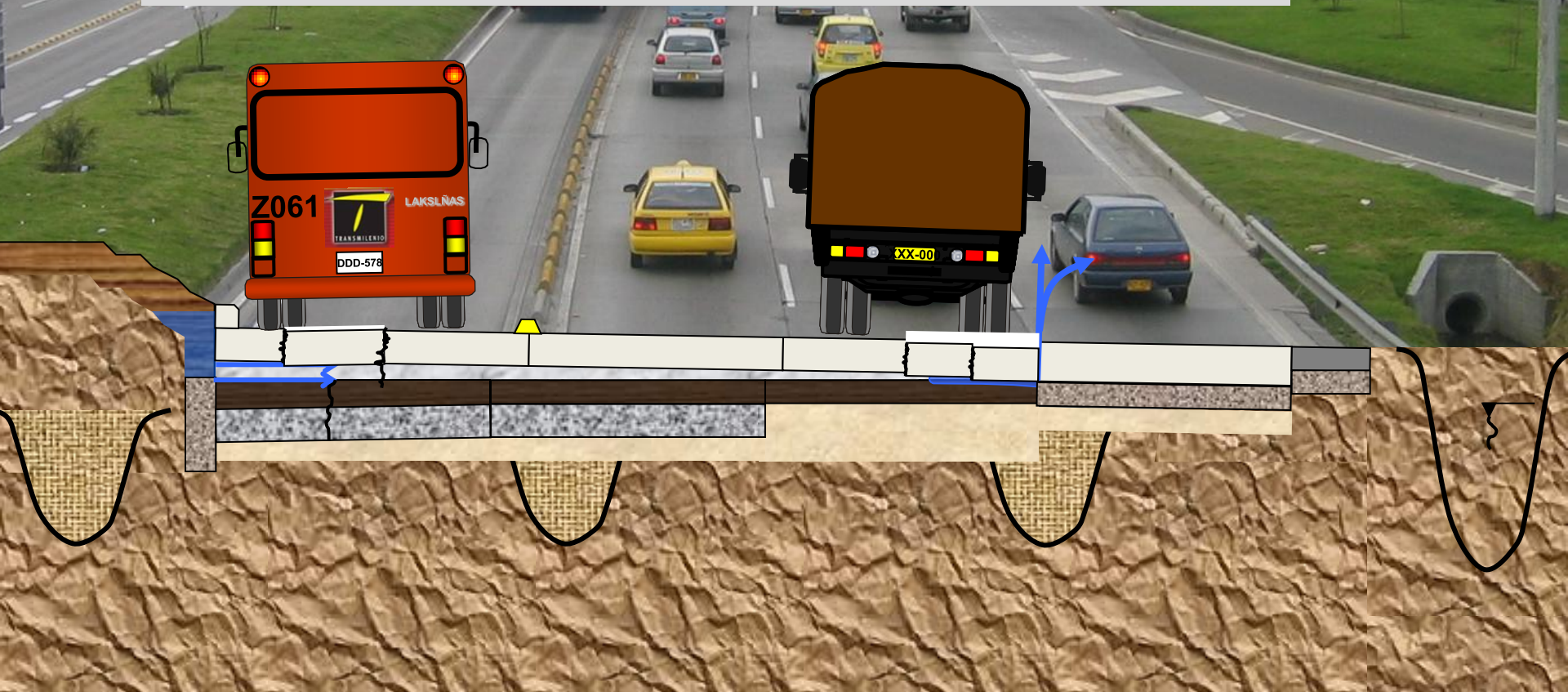
Dentro de las consideraciones que se tuvieron en cuenta para el desarrollo de la alternativa del pavimento rígido (WHITETOPPING), no se consideró el criterio de erosión propuesto por el método, ésto genera espesores menores (del orden de 0.05 m) en el resultado final de la estructura.

Este diseño quedó con 5 cm menos de espesor

Reducción cercana al 70 %

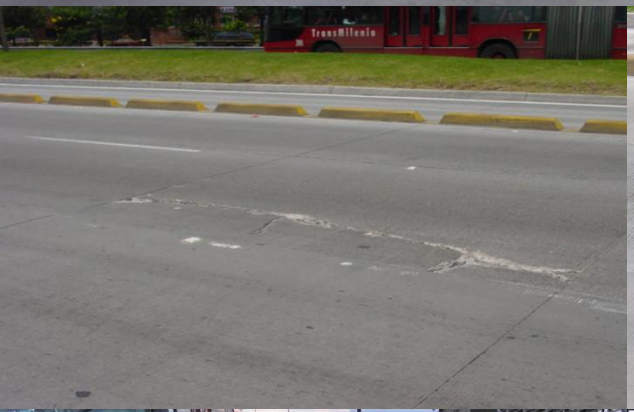
PROBLEMAS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

- Eliminación de criterios de diseño (Criterio de Erosión)
- Espesor insuficiente (21 cm)
- Carriles mixtos angostos (3.25 m)
- Filtración de agua en la estructura (Ausencia de drenajes)
- Losa 1 de mayor espesor que la 2 sin transición de espesores
- Bloqueo de agua bajo la losa en junta longitudinal entre carriles 1-2
- Llantas muy cerca del borde contra el separador central
- Sellos de baja elongación y falta de limpieza
- Respuesta estructural no homogénea bajo las losas



TransMilenio

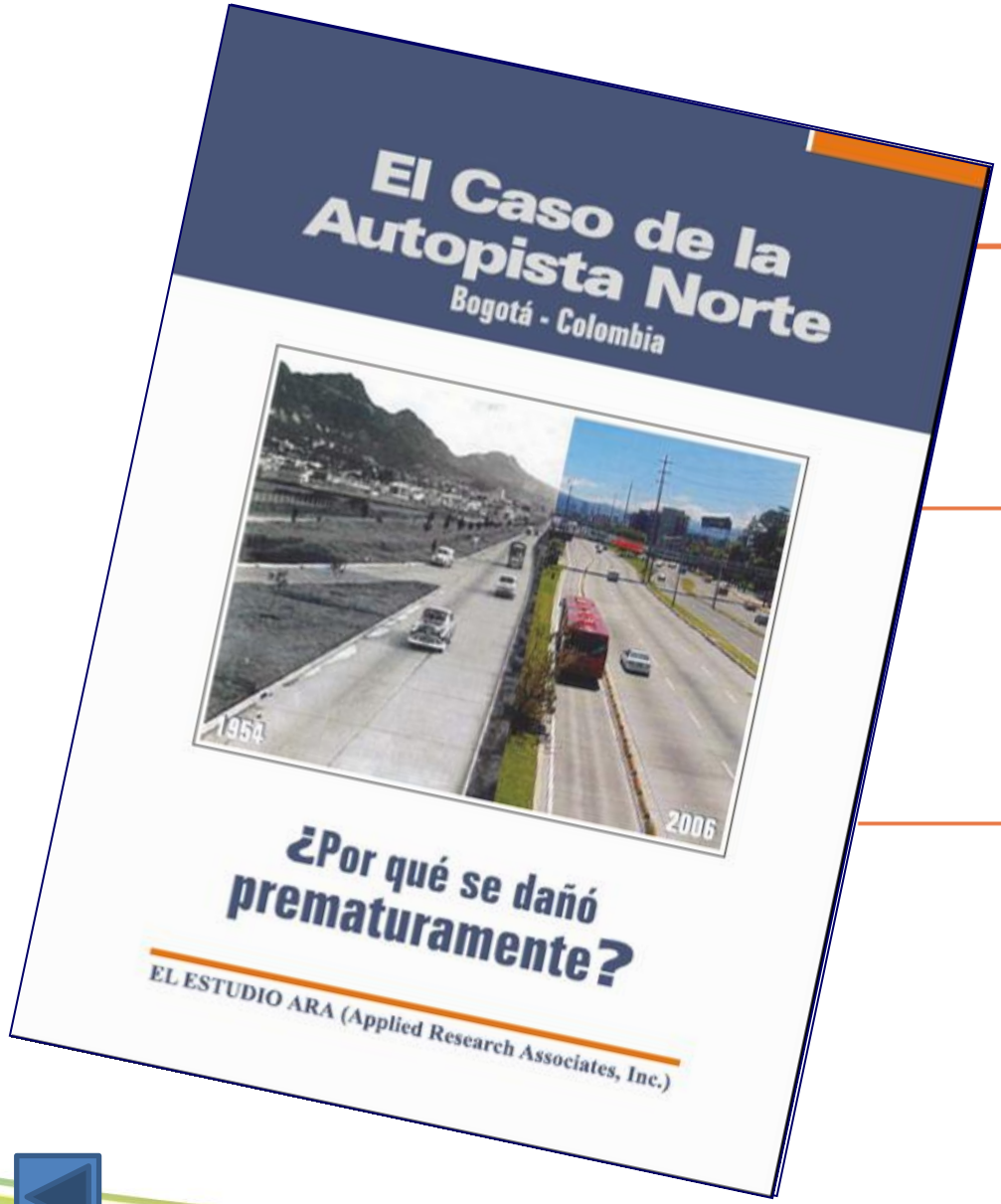
7:12


TransMilenio

VOLVO
TransMilenio
Ingersoll-Rand

CARRIL 1
CARRIL 3
CARRIL 2

CAUSAS DE LOS DAÑOS



"La causa principal de deterioro prematuro de la Autopista Norte es un espesor estructural insuficiente de losas."

"... Debido a la ausencia de un mecanismo (es decir, drenaje laterales) para la evacuación del exceso de agua, esta se acumula por debajo de la losa ..."

"Los carriles angostos en los carriles de tráfico mixto combinados con una pobre transferencia de carga longitudinal ha resultado en altas deflexiones y esfuerzos en los bordes de losa."

"En el caso los Carriles Transmilenio 4 y 5, la losa de concreto de 21 cm no es lo suficientemente gruesa para el uso de carriles de 4-m de ancho"