

24 DE JULIO DE 2025

ARGOS - SIKA 2025

JUNTOS
ES POSIBLE

CONCRETOS CP PARA

PAVIMENTOS CARRETEROS Y

PISOS INDUSTRIALES

CONSTRUYENDO CONFIANZA





ARGOS - SIKA 2025

JUNTOS
ES POSIBLE

Contenido de la charla

- I. Aspectos de tecnología de concreto CP para pavimentos
- II. Caso de pavimentos de concreto: problemática en mezclas
- III. Mezclas para pisos industriales. Algunas características
- IV. Conclusiones

CONSTRUYENDO CONFIANZA



Historia de los Pavimentos de Concreto de cemento Portland (carreteras)

- 1865** **Uso de concreto con bajo contenido de cemento como base para superficies de rodamiento de ladrillo y de bloques de madera.**
- 1905** **Primer pavimento de concreto hidráulico en Ohio, USA.**
- 1920's** **Uso de los pavimentos de concreto hidráulico en la expansión del sistema carretero de los Estados Unidos. Su uso se difunde a Europa y América Latina.**
- 1940's** **Uso intenso de los pavimentos de concreto hidráulico en la construcción de aeropuertos en los Estados Unidos.**
- 1970's** **Uso intenso de los pavimentos de concreto en la expansión del sistema carretero interestatal y aeroportuario en los Estados Unidos y Europa.**
- 1990's** **Inicio de pavimentos en México. Se inician sobrecarpetas de concreto hidráulico "Whitetopping" en México y USA.**

ARGOS - SIKA 2025
JUNTOS
ES POSIBLE

MATERIALES

CONSTRUYENDO CONFIANZA



FACTORES QUE CONDICIONAN LA CONSISTENCIA DEL CONCRETO

- ❖ **Cantidad de agua en la mezcla (litros/m³)**
- ❖ **Dosificación de proyecto**
- ❖ **Granulometría y morfología del agregado**
- ❖ **Aditivos**
- ❖ **Condiciones atmosféricas en el sitio**

PRECAUCIONES EN LA PRODUCCIÓN DEL CONCRETO

- ❖ **El mezclado debe ser función del tipo de mezcla deseada, tipo de cemento, etc.**
- ❖ **Error en el manejo de materiales**
 - ❖ **cemento**
 - ❖ **dosificación de agregados**
 - ❖ **aditivo**

CEMENTOS PORTLAND EN MÉXICO

Clasificación según la Norma NMX - 414- ONNCE

Tipo	Denominación
CPO	Cemento portland ordinario
CPP	Cemento Portland Puzolánico
CPEG	Cemento portland con Escoria Granulada de Alto Horno
CPC	Cemento Portland Compuesto
CPS	Cemento Portland con Humo de Sílice
CEG	Cemento con Escoria Granulada de Alto horno

CEMENTOS CON CARACTERÍSTICAS ESPECIALES (NMX - 414 -ONNCCE)

Nomenclatura	Características especiales de los cementos
RS	Resistente a los sulfatos
BRA	Baja reactividad álcali agregado
BCH	Bajo calor de hidratación
B	Blanco

ADITIVO REDUCTOR DE AGUA

- **Función:** Reducir el contenido de agua necesaria en la mezcla
- Retarda el tiempo de fraguado
- Debe cumplir con la norma ASTM 494 para aditivos retardantes tipo B, y reductores de agua tipo D

ADITIVO INCLUSOR DE AIRE

- Debe cumplir con las normas ASTM C- 260, AASHTO M- 154
- Características y ventajas:
 - ⇒ Menor permeabilidad
 - ⇒ Desarrolla una menor segregación y sangrado
 - ⇒ Provee una mejor plasticidad y trabajabilidad

EFFECTOS DE SALES

- **Los carbonatos y bicarbonatos de sodio y potasio afectan seriamente los tiempos de fraguado**
- **El carbonato de sodio acelera normalmente los fraguados. Los bicarbonatos aceleran o pueden retrasar a estos últimos**
- **Los cloruros excesivos promueven corrosión de elementos de refuerzo**
- **Los sulfatos reaccionan con el cemento y pueden producir expansiones inaceptables, y deterioro en sí del concreto**

AGREGADOS INADECUADOS



Contaminación de agregados

CARACTERÍSTICAS DEL AGUA

<i>PROPIEDAD</i>	<i>% MÁXIMO</i>
Sulfatos (convertidos a Na_2SO_4)	1,000
Cloruros (convertidos a Na Cl)	1000
Materia orgánica (óxido consumido en medio ácido)	50
Turbiedad y/o lignito	1,500

Mezcla en estado fresco

Revenimiento - El revenimiento es muy importante en la construcción de pavimentos de concreto. El revenimiento proporciona un indicador de la cantidad de trabajo requerido para colocar y consolidar el concreto adecuadamente. En la prueba del revenimiento, un volumen controlado de concreto fresco se coloca en un cono normalizado.

Trabajabilidad - Aunque el revenimiento sea un indicador de la cantidad de trabajo requerido para colocar el concreto, no necesariamente indica trabajabilidad. El término trabajabilidad en el manejo de concreto CP es usado para indicar las propiedades para el terminado del concreto (qué tan fácil la superficie del concreto cierra para pasadas de llana de acabado).

Mezcla en estado fresco

Una mezcla trabajable es aquella en la que la pasta hecha de cemento, agua y agregado fino puede llevarse a la superficie fácilmente. La superficie de una mezcla trabajable cierra fácilmente sin causar el sangrado excesivo, o la segregación de los agregados en el concreto.

El sangrado_____se define como el movimiento de agua hacia la superficie del concreto terminado. La segregación es la tendencia del agregado grueso a separarse de la pasta de cemento. Típicamente las mezclas duras tienden tanto al sangrado como a segregarse, excepto si la dureza es el resultado de usar un agregado de forma angular.

Mezcla en estado fresco

Consistencia: Consistencia se refiere a qué tan húmeda aparenta estar la mezcla. Pasando de la mezcla más rígida a las más fluida, algunos términos usados para describir la consistencia incluyen rígida o seca, plástica o trabajable, y fluida o fresca. Las mezclas fluidas tienen un mayor revenimiento que las mezclas secas.

Nota: En general una mezcla trabajable tiene un revenimiento adecuado y una consistencia plástica.

Tiempo de Fraguado

La última de las propiedades más importantes del concreto plástico es el tiempo de fraguado. Al trabajar el concreto existen, de hecho, dos tiempos de fraguado diferentes: el tiempo de fraguado inicial y el tiempo de fraguado final. De estos, sólo el tiempo de fraguado inicial es importante para el ingeniero encargado de las pavimentaciones con concreto CP. Cuando este último alcanza su fraguado inicial, ya no es trabajable, y ya no puede ser compactado por medio del vibrado.

Los concretos CP que alcanzan el fraguado inicial en corto tiempo endurecerán más rápido, reduciendo el tiempo disponible para manejar y colocar el concreto. Los concretos que toman más tiempo para el fraguado inicial permitirán un mayor tiempo para el manejo del mismo.

Concretos de contracción compensada: Elaborados con cementos expansivos. (Cementos de expansión, tipos K, M y S. Ver ACI 223)

¡Uso muy común!

Aumenta separación de juntas

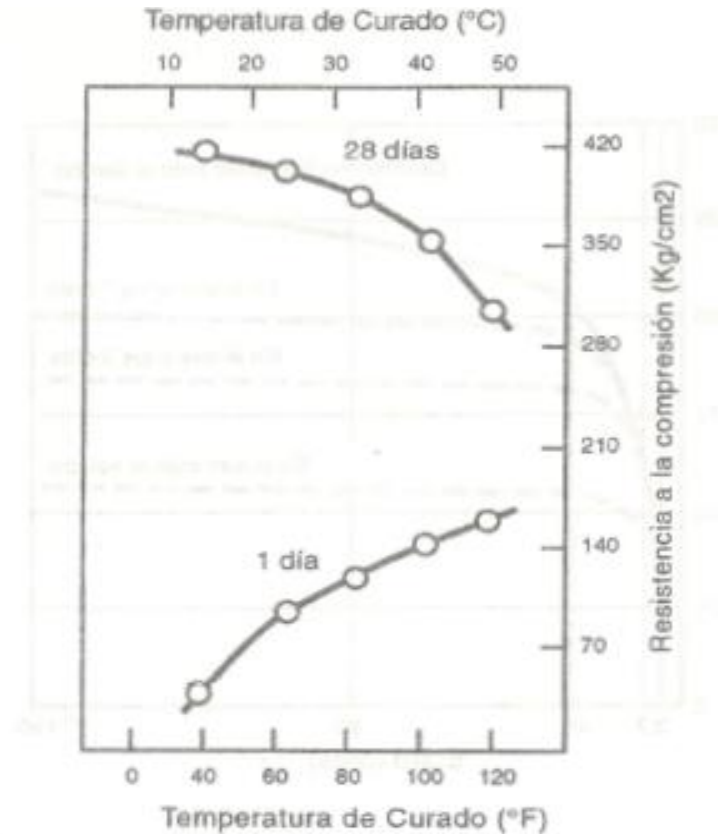
Contracción típica del concreto: de 0.03 % a 0.06 %
(Se mide con la ASTM C 157/ C 157M)
Para dar una idea: 3 mm por cada 6.1 m, aprox.*

* Transferencia de carga: en pisos se acepta una abertura de 1 mm

Su eficiencia depende del curado (7 días de saturación, ver ACI 301 y 308.1)

Evolución de resistencias

La temperatura no sólo afecta la velocidad a la que se incrementa la resistencia del concreto CP, también afecta su resistencia última. Unas condiciones de curado a temperaturas bajas tienden a retrasar la reacción de hidratación pero la hacen más completa a esta última. El concreto curado bajo estas condiciones gana su resistencia más lentamente pero alcanza resistencias mayores que el concreto curado a temperaturas más altas



Incremento en resistencia contra temperatura de curado (Tomada de publicación)

COLADO, DISTRIBUCION, COMPACTACION, ENRASADO Y TERMINADO



TENDIDO DE MEZCLAS

Rendimiento típicos



EJECUCIÓN: COLOCACIÓN DEL CONCRETO



EJECUCIÓN: COLOCACIÓN DEL CONCRETO



COLOCACIÓN PREVIA POR EXTENDEDORA



TERMINADO DE LA LOSA



Varillas dobladas



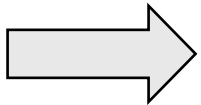
Zona de
ampliación

Detalle del "spreader"



INSERCIÓN DE VARILLAS EN JUNTAS LONGITUDINALES (CASO DE AMPLIACIONES)

Avance



Colocación de varillas dobladas

VIBRADO

- t **Para velocidades de pavimentadora de 0.9 m por minuto, se debe aplicar una tasa de vibrado de $7,000 \pm 2,000$ por minuto**
- t **La tasa de vibrado se debe ajustar si se varía la velocidad de las pavimentadoras.**

CONSOLIDACIÓN CON REGLAS VIBRATORIAS (obras pequenas)

- El número de pasadas debe ser tal que se garantice una buena compactación (de 2 a 3 pasadas)
- Desde el inicio se deben emplear vibradores de inmersión
- Trabajar los bordes también con vibradores de inmersión
- Siempre utilizar concreto y nunca mortero para compensar depresiones y salientes
- Terminado con llanas metálicas
- Se debe verificar la regularidad longitudinal y acabado con una regla de 3 metros (obras pequenas)

Terminado superficial manual



Práctica y equipo
del personal
deficiente

Microtexturizado



Microtexturizado



BASTIDOR DE TEXTURIZADO

- **Cerdas metálicas espaciadas a no menos de 1.27 cm, ni más de 2.5 cm a los centros**
- **Ancho de cerdas: 3.2 mm**
- **Penetraciones en el rango: $3.2 \text{ mm} < 6.4 \text{ mm}$**

DESCARGA DE CONCRETO HIDRÁULICO EN EL SITIO



“La superficie debe estar humedecida”

Armazón para pasajuntas

Línea de niveles

CORTES PARA FORMAR JUNTAS

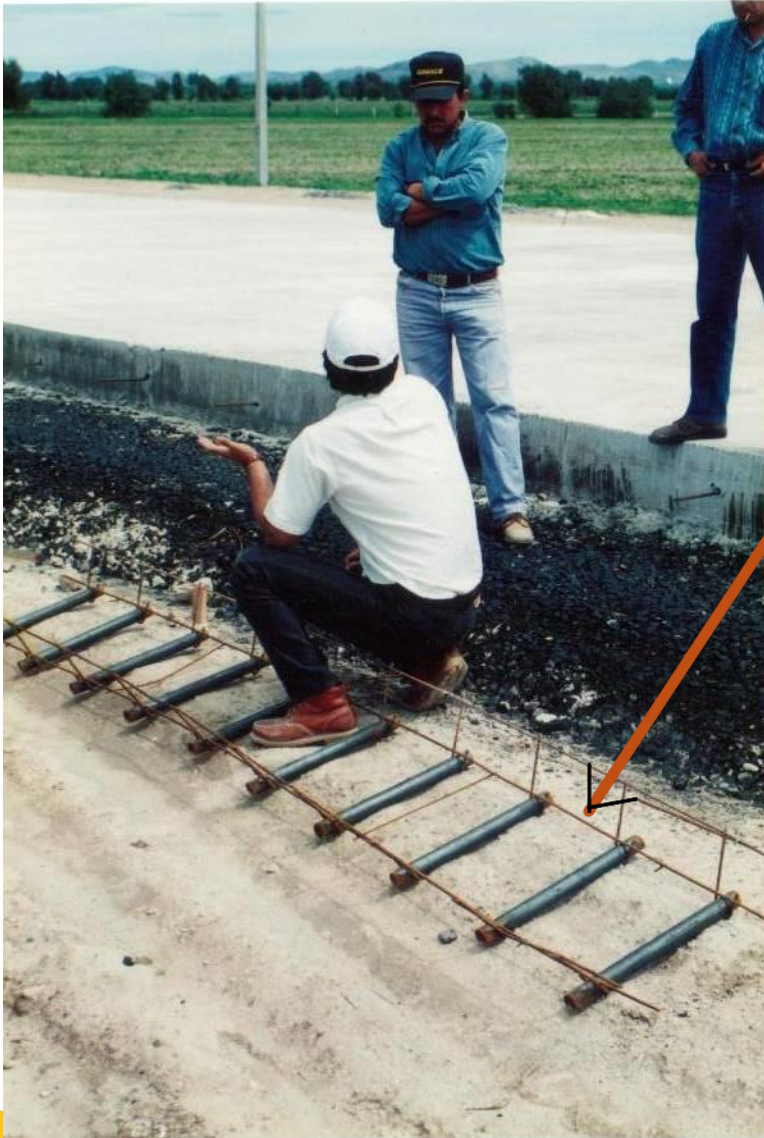


PASAJUNTAS

Problemas de fijación de “silletas”

Nota: se aprecia el mal manejo del
ensamble y pasajuntas (dovelas)

Problemas de curado !!!!



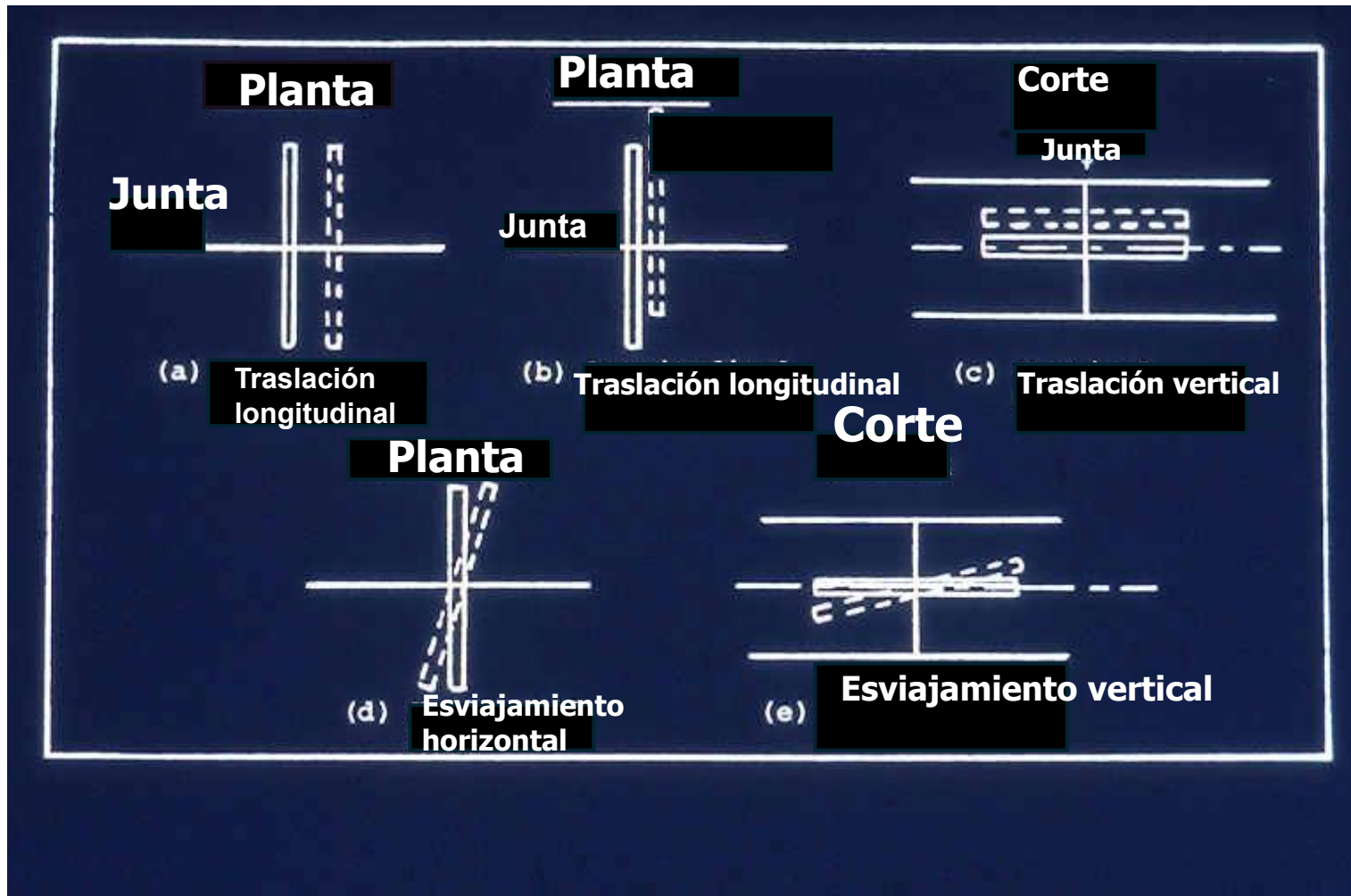
PASAJUNTAS

**Juntas
constructivas
?????**

Muuuuy mal!!



Mal alineamiento en pasajuntas



DETALLE DE LAS VARILLAS DE SUJECCIÓN



Caso de sobrecarpetas en pavimentos flexibles ("*whitetopping*")



CURADO

- **Tiene como principal objetivo garantizar la hidratación del cemento, para que el concreto obtenga resistencia. Su empleo minimiza el agrietamiento del producto terminado**
- **Es requisito indispensable para un buen comportamiento del pavimento (CCR y concreto convencional)**

REQUISITOS DE LA MEMBRANA DE CURADO

- Para su aplicación su viscosidad no debe ser tan alta
- El espesor aplicado debe ser uniforme
- Que no reaccione con la pasta de cemento
- Debe cubrir totalmente la superficie
- Métodos de prueba
- **ASTM C309:** Pérdida de agua ➡ 0.055 máx.
- **ASTM C156:** Eficiencia de retención de agua

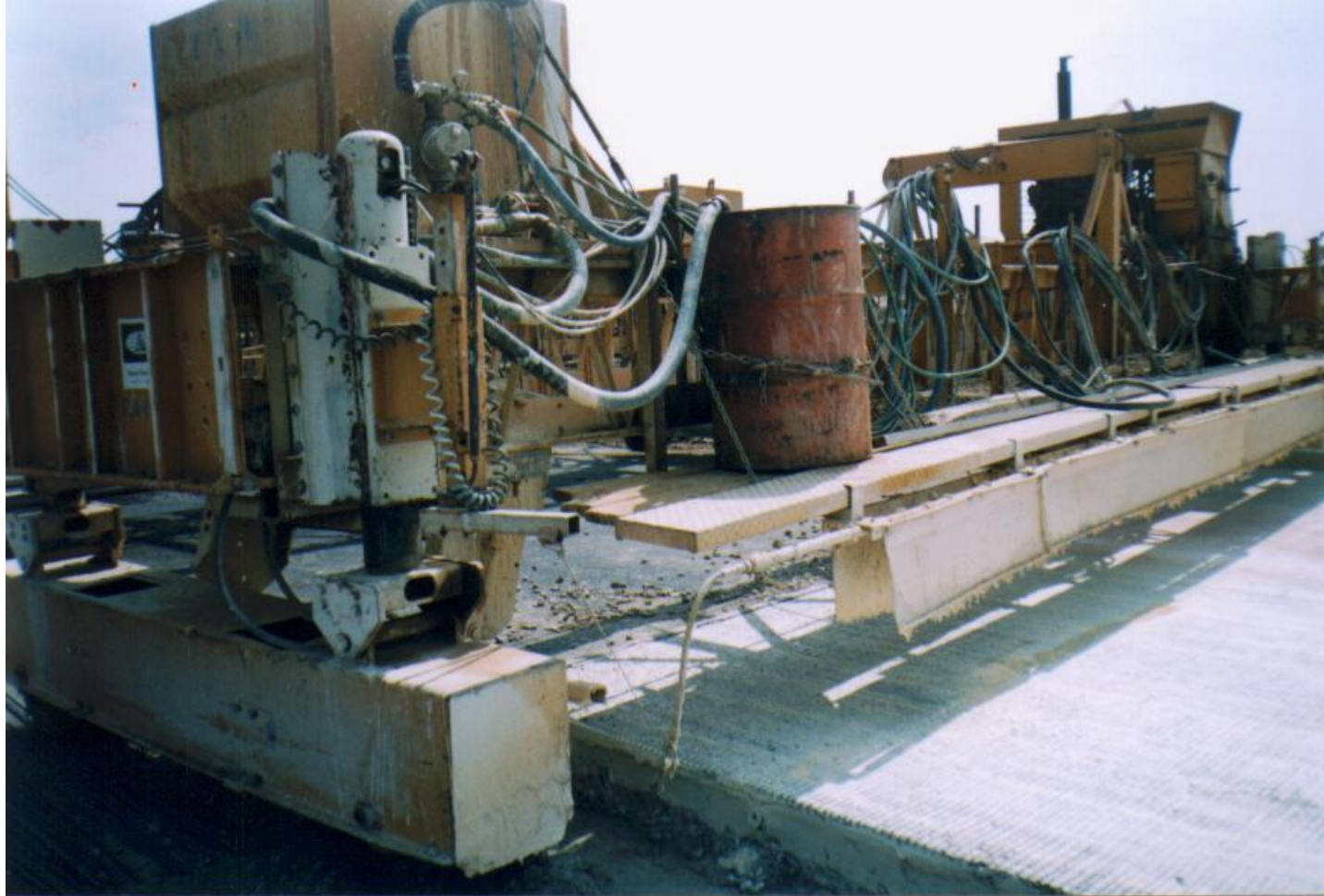
SUPERFICIE RECIEN CURADA



SUPERFICIE RECIÉN CURADA



APLICACIÓN DE LA MEMBRANA DE CURADO





PROBLEMAS DE APLICACIÓN DE LA MEMBRANA DE CURADO

PROBLEMAS DE APLICACIÓN DE LA MEMBRANA DE CURADO



PROBLEMAS DE APLICACIÓN DE LA MEMBRANA DE CURADO



PROBLEMAS DE APLICACIÓN DE LA MEMBRANA DE CURADO



PROBLEMAS DE APLICACIÓN DE LA MEMBRANA DE CURADO



Caso especial: capa aislante



MEMBRANAS DE POLIETILENO PARA AISLAR LOSAS DE LA SUBBASE



EXTENDIDO DEL CONCRETO SOBRE UNA CAPA SEPARADORA



PROBLEMAS DE CONSTRUCCIÓN DE JUNTAS



Definición de términos comunes para un análisis económico de pavimentos

Costo de Rehabilitación y Reencarpetado: Incluye reencarpetados y/ o mejoras futuras, necesarias cuando la calidad de la superficie de rodadura del pavimento alcanza el nivel mínimo de servicio.

Mantenimiento: La preservación de toda la carretera, incluyendo la superficie de rodadura, los acotamientos (hombros), derecho de vía, estructuras, y dispositivos para control del tránsito como sea necesaria para su segura y eficiente utilización.

CONTROL DE CALIDAD



ARGOS - SIKA 2025

JUNTOS
ES POSIBLE

"Asegurar que se cumplan los requerimientos de calidad contenidos en documentos contractuales y especificaciones"

CONSTRUYENDO CONFIANZA



DEFINICIÓN DE CONTROL DE CALIDAD



“El conjunto de actividades técnicas y planeadas, a través de las cuales se puede alcanzar una meta y asegurar un nivel predeterminado de calidad”

LA INFLUENCIA DE LA VARIACIÓN DEBIDO A LA EJECUCIÓN DE ENSAYES

$$S = \sqrt{S_1^2 + S_2^2}$$

$$S_1 = (1/d_2) \cdot \bar{R}$$

$$V_1 = (S_1 / \bar{X}) \cdot 100$$

S = Desviación estándar global

• **S₁ = Desviación estándar por la ejecución del ensaye**

• **S₂ = Desviación estándar debida a variaciones en la producción**

S₁ = desviación estándar causada por los técnicos

1/d₂ = constante que depende del número de cilindros promediados para un resultado; para 2 cilindros, 0.887

LA INFLUENCIA DEL TÉCNICO

- $S_1 = (1/d_2) \cdot R$
- $V_1 = (S_1 / X) \cdot 100$

S_1 = desviación estándar causada por los técnicos

$1/d_2$ = constante que depende del número de cilindros promediados para un resultado; para 2 cilindros, 0.887

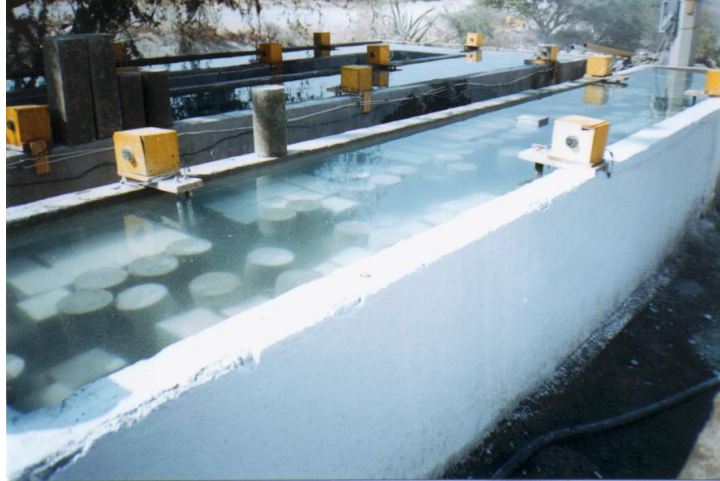
R = rango promedio dentro de grupo de cilindros compañeros

(se recomiendan 10 grupos como mínimo para establecer una relación).

V_1 = coeficiente de variación por causa del técnico

X = promedio de resistencias calculada a partir de los datos de prueba

Curado de especímenes en piletas de curado



ESTRATEGIAS DE CONTROL

¿Qué tan pronto comenzar?

- ❖ Extracción de núcleos
 - ❖ Resistencia mecánica
 - ❖ Espesores
- ❖ Calidad de servicio (microtextura)



ENSAYES EN AGREGADOS

PROPIEDAD	DESIGNACION	CARACTERISTICA REPORTADA
Resistencia al desgaste y a la degradación	ASTM C 131, AST C 535, ASTM C 779	Porcentaje máximo de pérdida de peso. Profundidad de desgaste y tiempo
Resistencia a la desintegración por sulfatos	ASTM C 88	Pérdida de peso, partículas con fallas
Forma de las partículas y textura superficial	ASTM C 295 ASTM C 3398	Porcentaje máximo de partículas planas y elongadas
Granulometría	ASTM C 117 ASTM C 136	Porcentaje máximo y mínimo que pasa las mallas especificadas
Peso volumétrico	ASTM C 127, 128	

ENSAYES EN AGREGADOS

PROPIEDAD	DESIGNACIÓN	CARACTERÍSTICA REPORTADA
Absorción y humedad superficial	ASTM C 70, 127, 128, 566	
Resistencia a la compresión y a la flexión	ASTM C 39 y 78	Que la resistencia exceda el 95 % de la resistencia lograda con arena sana
Componentes de los agregados	ASTM C 40, 87, 117, 123, 142, 295	Porcentaje máximo de los componentes individuales (material orgánico y deletéreo)
Reactividad con los álcalis y cambios volumétricos	ASTM C 227, 289, 295, 342, 586	Cambio longitudinal máximo, cantidad y componentes de sílice y alcalinidad

AGREGADOS ENSAYES ESPECIALES

Intemperismo acelerado

**NMX C 75 Determinación de la sanidad
por medio del sulfato de sodio o de
magnesio**

■ NMX C 111	Especificaciones
18 % máx.	Con sulfato de magnesio
12 % máx.	Con sulfato de sodio

REACTIVIDAD ÁLCALI - AGREGADO

NMX C 271: Reactividad potencial (método químico)

NMX C-180: Determinación de la reactividad potencial de los agregados con los álcalis del cemento por medio de barras de mortero

TOMA DE MUESTRAS DURANTE LA PRODUCCIÓN

Primeros 3 a 5 camiones de producción

Evitar rayos solares!!!

En muestras



PRECAUCIONES EN CLIMAS CALUROSOS

- **Humedecimiento de la superficie de apoyo**
- **Humedecer los agregados que sean absorbentes que estén secos**
- **Levantamiento de rompevientos**
- **Mantener la temperatura del concreto baja**
- **En caso de retrasos, cubrir la superficie con plásticos**

PRECAUCIONES EN CLIMAS CALUROSOS

- **Reducir lapsos entre colocación y curado**
- **Proteger el concreto de la evaporación excesiva (empleo de rocío con vapor previo a la aplicación de la membrana de curado)**

LISTA DE REQUERIMIENTOS

Datos complementarios:

Hora de inicio de la producción:

Hora de término de la producción:

Volumen colocado, m³ :

Cadenamiento inicial:

Hora del inicio del curado:

Elaboración del acabado de la losa:

LISTA DE REQUERIMIENTOS

Tipo de curado:

Hora de inicio del texturizado:

Hora de inicio del corte de la losa:

Limpieza de la subbase previo a la colocación:

Colocación del concreto bajo lluvia

¿Se presenta concreto caído en las orillas?

LISTA DE REQUERIMIENTOS

Aplicación de agua a la subbase:

Velocidad del viento:

Causas de suspensión temporal:

Calificación de la colocación de silletas:

Tipo de sujeción de las silletas:

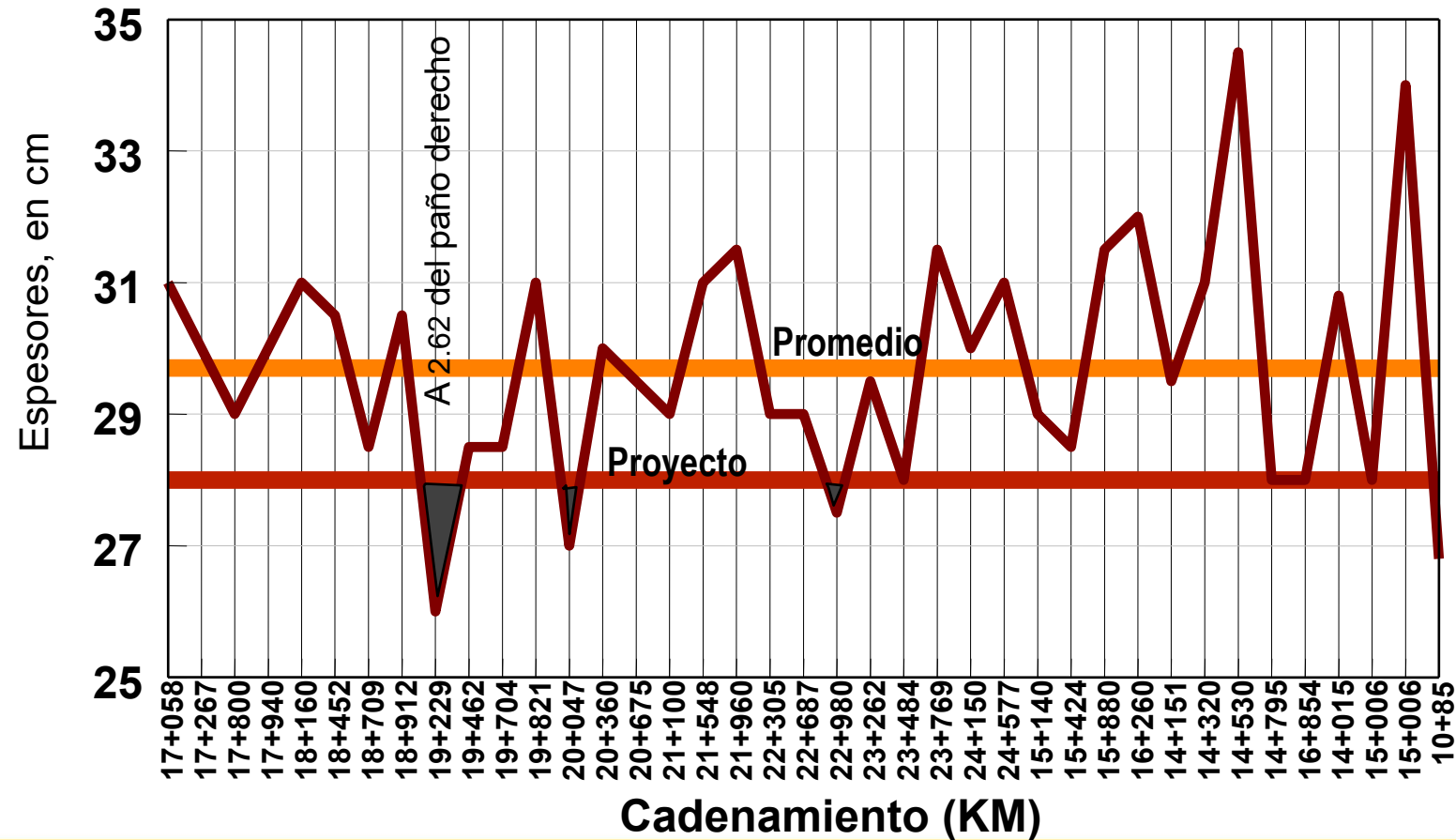
Aplicación de agua a la losa:

PROYECTO: ENTRONQUE AEROPUERTO - SAN ELIAS

Tramo: 10+000 - 24+609

Promedio: 29.7 cm
Desv. estándar: 1.78 cm

Valor máximo = 34.5 cm
Valor mínimo = 26 cm



ESPESTORES DE NUCLEOS

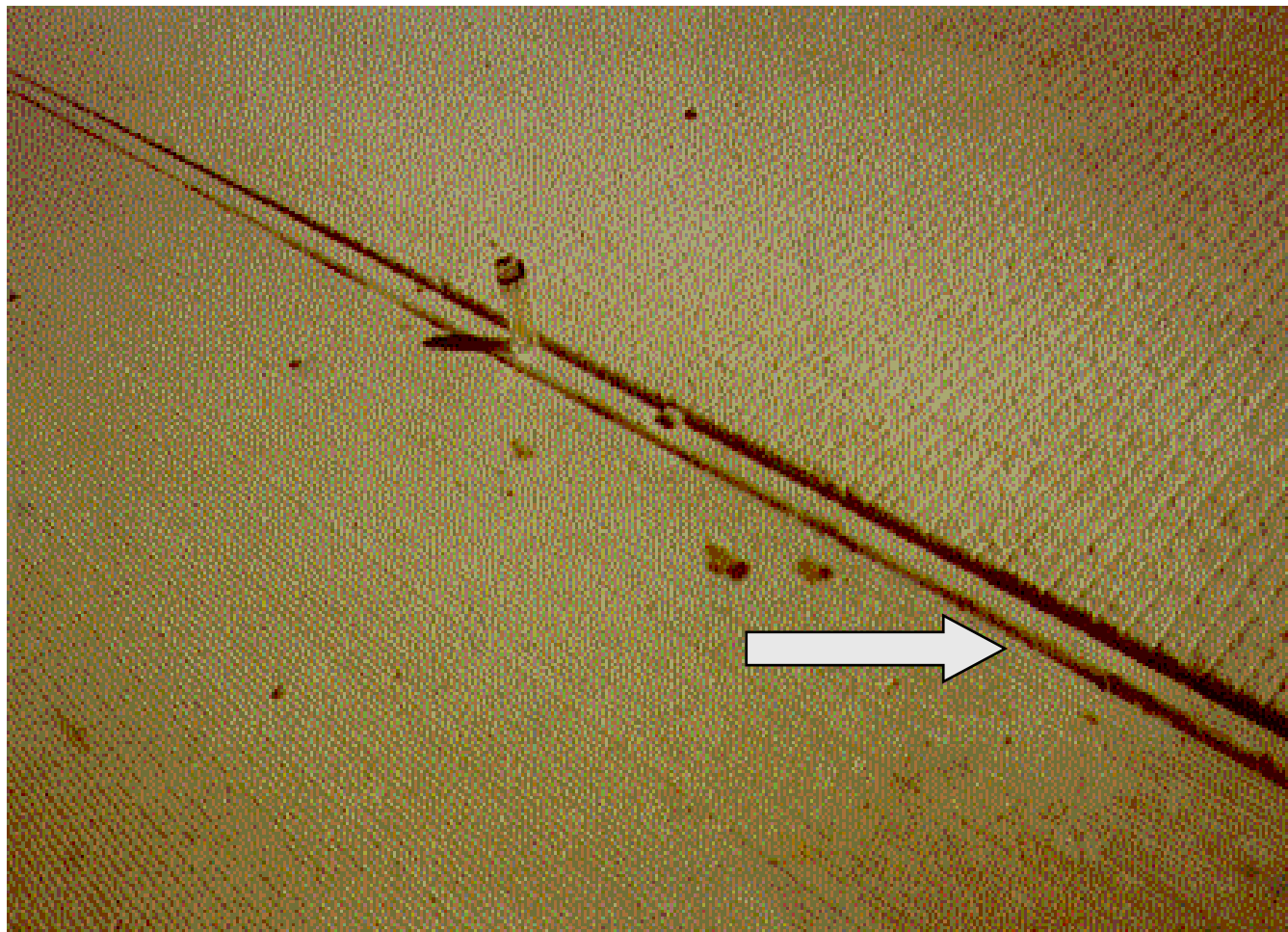
¿QUÉ PASA CUANDO NO SE
LOGRAN BUENOS INDICES DE
PERFIL?

..... CUANDO LA SUPERFICIE
ESTÁ MUY RUGOSA POR
DEFICIENCIAS
CONSTRUCTIVAS?

¿QUÉ ES LA RUGOSIDAD?



**REBAJADO DE LA
SUPERFICIE PARA
ESTABLECER EL
PERFIL DE PROYECTO**

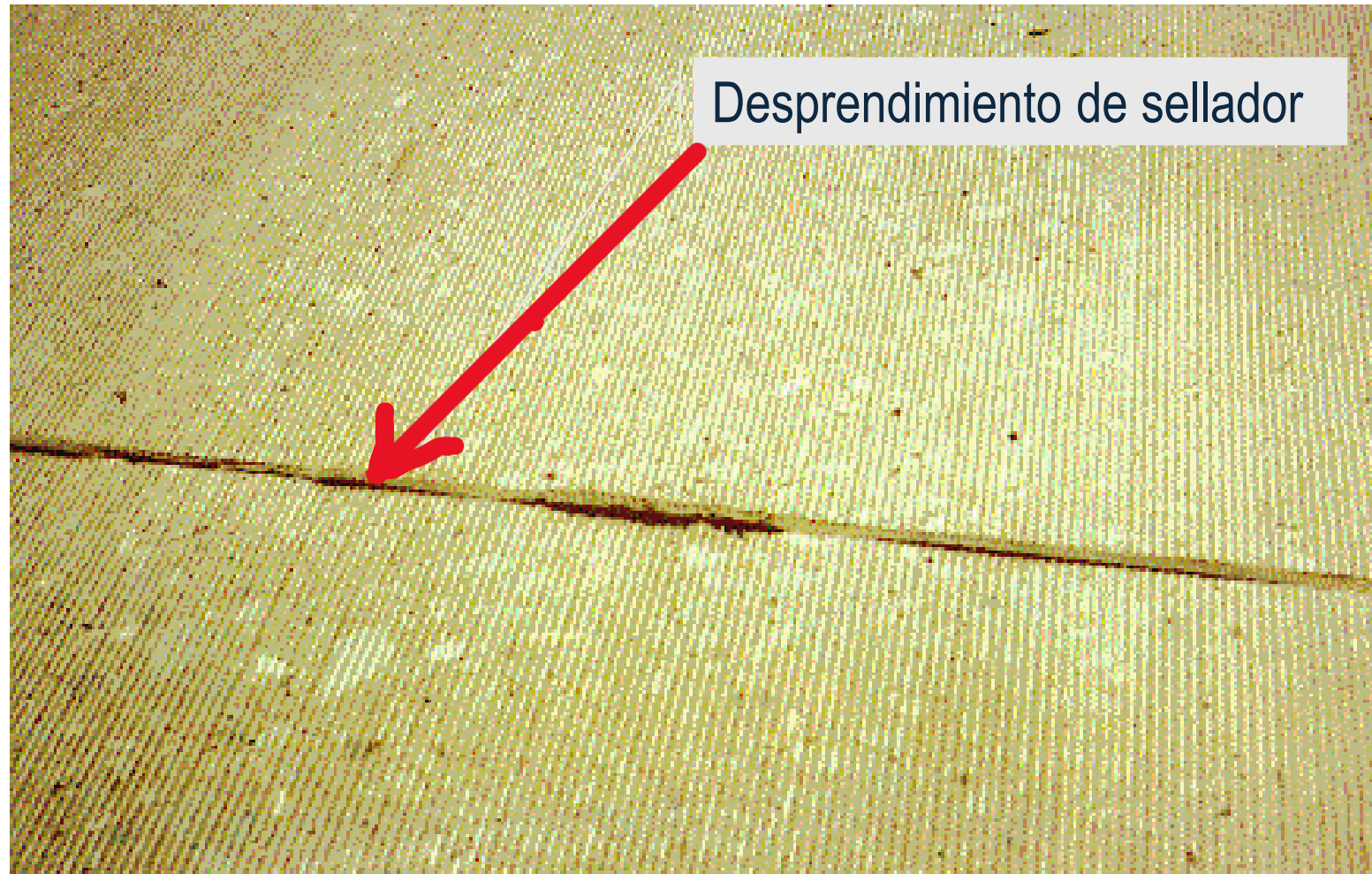


“ACANALAMIENTO” POR REBAJADO EXCESIVO

PROBLEMAS DE “ACANALAMIENTO” EXCESIVO



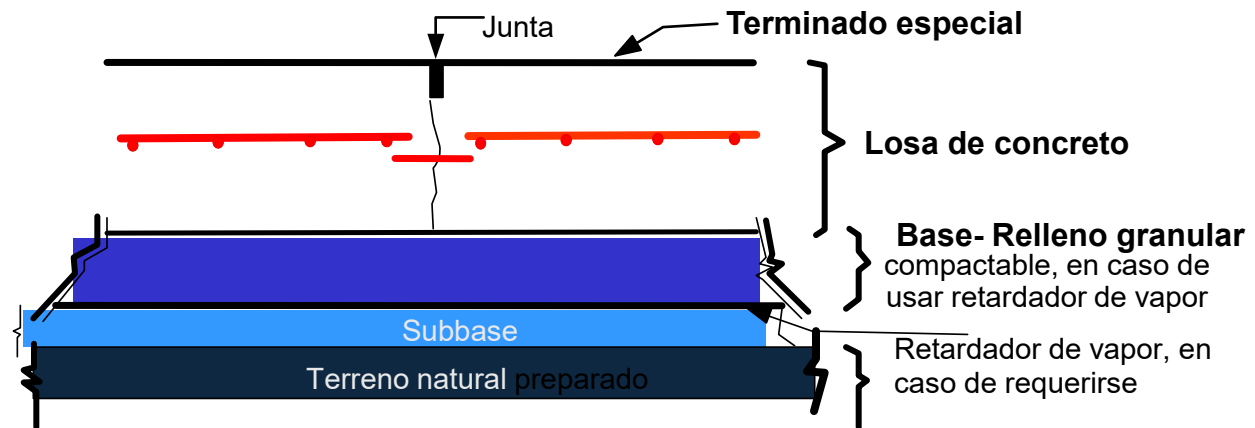
PROBLEMAS EN SELLADOR POR EL REBAJADO



ARGOS - SIKA 2025

JUNTOS
ES POSIBLE

PISOS INDUSTRIALES



Componentes comunes de un piso

DOCUMENTOS RELACIONADOS

ACI 360R -	Diseño de losas sobre terreno
ACI 223 -	Procedimientos especiales para diseño y construcción de losas de contracción compensada
ACI 318 y ACI 421.1R -	Diseño de pisos en entrepisos

ASPECTOS DE DISEÑO

Aspectos a especificar:

- Materiales de apoyo: base, subbase, rellenos
- Espesor del concreto
- Resistencias del concreto, f'_c o M_R
- Requerimientos de diseño para la mezcla (ASTM C 94)
- Localización y detalle de las juntas
- Refuerzo. (Tipo, localización y tamaño). Caso de requerirse

Aspectos a especificar:

- **Tratamiento superficial, en caso de requerirse**
- **Acabado superficial**
- **Tolerancias (en capas de terracerías, losas, espesores, etc)**
- **Curado**
- **Materiales para relleno en juntas. Su aplicación**
- **Empotramientos especiales**
- **Reuniones previas. Control y aseguramiento de calidad**

Retardador de vapor:

Se emplean en los casos en donde los pisos cuentan con recubrimientos: de madera, acrílicos, epóxicos, uretanos, maderas, alfombras, etc.

Se acepta como criterio que las membranas permitan infiltraciones menores a 0.2 unidades de permeabilidad conforme a la ASTM E 96

En caso de usar polietilenos, el comité ACI recomienda un espesor de 0.25 mm mínimo, de manera que sea más resistente. Dura más durante instalación y vida útil.

Las mejores membranas son las de refuerzo múltiple (0.0 unidades de permeabilidad / m² / hora)

Probar eficiencia con ASTM E 96

Nota: el concreto colocado sobre barreras de vapor se contrae más que el colocado directamente sobre base granular

Retardador de vapor:

Cuando se requiera, las barreras de vapor se deben colocar por debajo de un relleno granular – no arena – de 10 cm, capaz de ser compactado y perfilado. De entre 38 mm a 50 mm, hasta polvo de roca. Se le debe colocar una pequeña capa de finos por encima, para eliminar fricción losa- base.

Si no se puede colocar material grueso, se pueden colocar arenas finas, hasta polvo de roca, en espesor de al menos 75 mm

***Esta capa debe estar húmeda al momento de compactar.
Debe estar SECO al recibir al concreto***

Si se requiere colocar la barrera de vapor sobre una capa granular, es recomendable que antes de colocar la membrana, se le coloque una capa granular “fina” de un espesor de 1.3 cm.

El traslape mínimo de membrana es de 15 cm

MATERIALES A EMPLEAR

Estudios previos

Concreto: por ser de primera importancia, se debe investigar la contracción del concreto (ASTM C 157).

Su especificación no solo atenderá criterios de resistencia

Cemento: deben satisfacer (ASTM C 150, C 595, C 845, C 1157).

El tipo I es el más usual, aunque el II también resulta común, para resistencia moderada a los sulfatos, y para bajo calor de hidratación.

MATERIALES A EMPLEAR

Tipo III	Alta resistencia temprana
Tipo V	Resistencia a los sulfatos

Agregados: Deben cumplir con lo dispuesto en la ASTM C 33, o con la ASTM C 330

Granulometría en agregado fino: aparte de las normas señaladas, deben de cumplir con secuencia de tamaños de tabla 5.4.7, pp.29, ACI 302. La demanda de agua se limita con estas granulometrías

MATERIALES A EMPLEAR

Granulometría en agregado grueso: En pisos estructurales el tamaño máximo no debe ser mayor a $\frac{3}{4}$ de la separación mínima del refuerzo. En pisos sin refuerzos no debe ser mayor a $\frac{1}{3}$ del espesor

En general no se emplean tamaños superiores a 38 mm – agregados de peso normal -

ACI 201.R recomienda requisitos especiales para abrasión y ataque químico

ACI 201.R ASTM C 33 tratan con el problema de reactividad AA

Mezclas de concreto recomendadas

Clase de piso	f'c, a 28 días MPa	Rev. Máx. mm
1, 2 y 3	21	125
4 y 5	28	125
6	31	125
7 base	24	125
7 sup. de rodadura, adherida	35- 55	75
8 sup. De rodadura, no adherida	28- 55	75
Superplano	28	125

CONCRETO CON FIBRAS

- ❖ **Acero de refuerzo primario**
 - ❖ **aumenta la ductilidad**
 - ❖ **en pavimentos, máximo de 40 kg/m³**
- ❖ **Plásticas (nylon, polipropileno)**
 - ❖ **Contracción plástica**
 - ❖ **Resistencia al impacto**
 - ❖ **0,3 - 1,5 kg/m³**

CONCRETOS. SUS PROPIEDADES

Características a observar

- Acabado superficial
- Durabilidad (ACI 201. 2R)

Relaciones aproximadas a/c - f'_c

0.50 (28 Mpa); 0.45 (31 Mpa); 0.40 (34 Mpa)

CONCRETOS. SUS PROPIEDADES

Consistencia y colocación: los revenimientos anteriormente consignados buscan reducir sangrado, de buena trabajabilidad, sin segregación durante su colocación y acabado

Aire incluido: Cuando se tenga que endurecer la superficie, se recomienda NO INCLUIR aire, pues se pueden producir “ampollamientos” y delaminaciones.

COLOCACIÓN, COMPACTACIÓN Y ACABADO

La colocación de mezclas debe hacerse con franjas

ACI 233 recomendaciones específicas de colocación para concretos de contracción compensada

Descarga del concreto: la rapidez de descarga se puede controlar variando la velocidad del tambor

Canalones: deben tener pendiente adecuada para permitir flujo aún con revenimientos bajos, sin producir segregaciones !!; su fondo debe ser redondeado; evitar canalones largos y planos

PLANICIDAD Y PENDIENTES

Tolerancias: conforme el ACI 117 (relacionada con la planicidad y niveles de los pisos).

Este documento establece que la desviación TOTAL de la rasante real respecto a la de proyecto no debe ser mayor a 19 mm

Esto es aplicable para pisos de concreto sobre terreno,
NO en losas suspendidas

Números “F”

Referenciar tolerancias a **“Números de Perfil de Piso”**

PLANICIDAD Y PENDIENTES

El número F de planicidad, denominado F_F , controla la curvatura local en la superficie. Mide cambios de pendiente en tramos sucesivos de 30 cm, conforme a lo dispuesto en la ASTM E 1155

F_F se refiere a las rugosidades, irregularidades superficiales. Mientras que F_L lo hace con la “inclinación” respecto a las pendientes de proyecto

Los valores altos de “F” indican mejores características de los pisos

Equipos: perfilógrafos y “Dipsticks”

PLANICIDAD Y PENDIENTES

¿Cómo se comparan de manera burda los Números “F” con la regla de los 3 m (“antigua”)?

F,25 equivale a defecto de 6.3 mm en regla de 3 m

F,50 equivale a defecto de 3.17 mm en regla de 3 m

F,100 equivale a defecto de 1.6 mm en regla de 3 m

En la práctica los valores de F_F / F_L alcanzan valores entre 12 y 45

La escala es lineal, para fines comparativos. Por ejemplo:

F_{F30} / F_{L24} doble de plano que un F_{F15} / F_{L12}

PLANICIDAD Y PENDIENTES

En tránsito aleatorio se deben especificar dos números de la relación F_F / F_L

1) Uno para un valor combinado a lograr: “valor total especificado”

Se basa en todas las mediciones, se derivan conforme a la ASTM E 1155

2) Valor mínimo de rechazo o de aceptación: “valor local mínimo”

El valor mínimo aceptable de planicidad y de pendiente que exhibe cualquier sección individual

ARGOS - SIKA 2025

JUNTOS
ES POSIBLE

EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS

Evaluación y Criterios Básicos de Rehabilitación de Pavimentos de Concreto CP

Por

Aurelio Salazar Rodríguez
Sabma Ingeniería, S.A. de C.V.
Ciudad de México



ALGUNOS PROBLEMAS

Venas de arena: zurcos de arena mal cementada debidos a fugas de pasta en el cimbrado (encofrado). Se agrava por: a) demasiada agua, b) demasiada pasta de cemento. B) agregado mal graduado. Agua de lluvia o abrasión superficial ligera los “lava” y deja oquedades tempranas.

Tubificación por agua: desintegración del concreto por flujo repentino de agua causado por burbujas reventadas. A veces empeora por una mala colocación del concreto. En ocasiones por períodos largos entre colados (juntas frías). Sobre todo en tendidos adyacentes NO totalmente horizontales.

“Craquelamiento”: fisuramiento superficial interconectado en forma de mapa. Se debe a: 1) sangrado excesivo, 2) esparcido de cemento para “secar” sangrado en la superficie, 3) allanado excesivo durante el acabado de los pisos, 4) allanado excesivo durante sangrado, 5) curado deficiente.



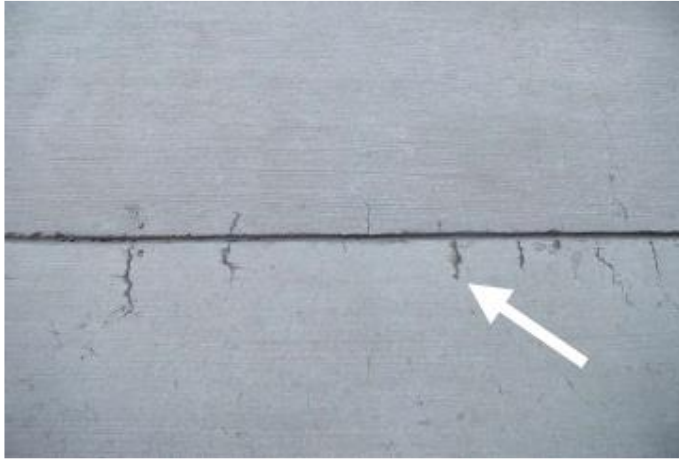
“Desprendimientos”: descascaramiento de la superficie en pisos por ciclos de congelamiento/descongelamiento. Inicia en pequeños lunares en donde se acumula el agua, caso de que el agua tenga sales solubles. Se puede extender en toda la superficie de la losa.



“Desprendimiento de agregado”: desprendimiento de agregado poroso. Puede ocurrir después del colado o puede tomar hasta un año o más, dependiendo de la permeabilidad del concreto, profundidad de empotramiento del agregado, estabilidad volumétrica de este último. También puede deberse a material orgánico embebido, contaminantes reactivos, o aceros corroídos.



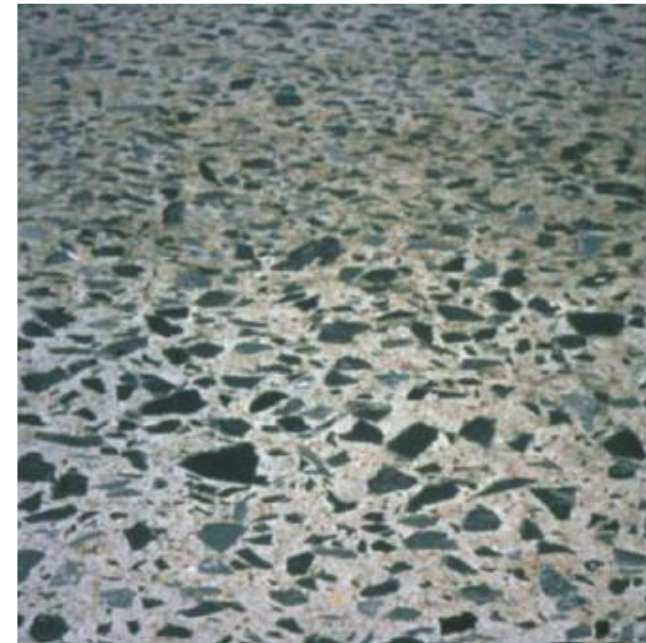
“Reacción álcali- agregado”: agrietamiento tipo mapa (y a veces con desprendimientos). Comienza casi siempre entre 1- 10 años, o más posteriores al colado. Las grietas tienden a ensancharse. El gel ocasionalmente exuda a través de las grietas, y solidifica en material blanquizo y quebradizo.



Agrietamiento en forma de mapa, severo, por RAA



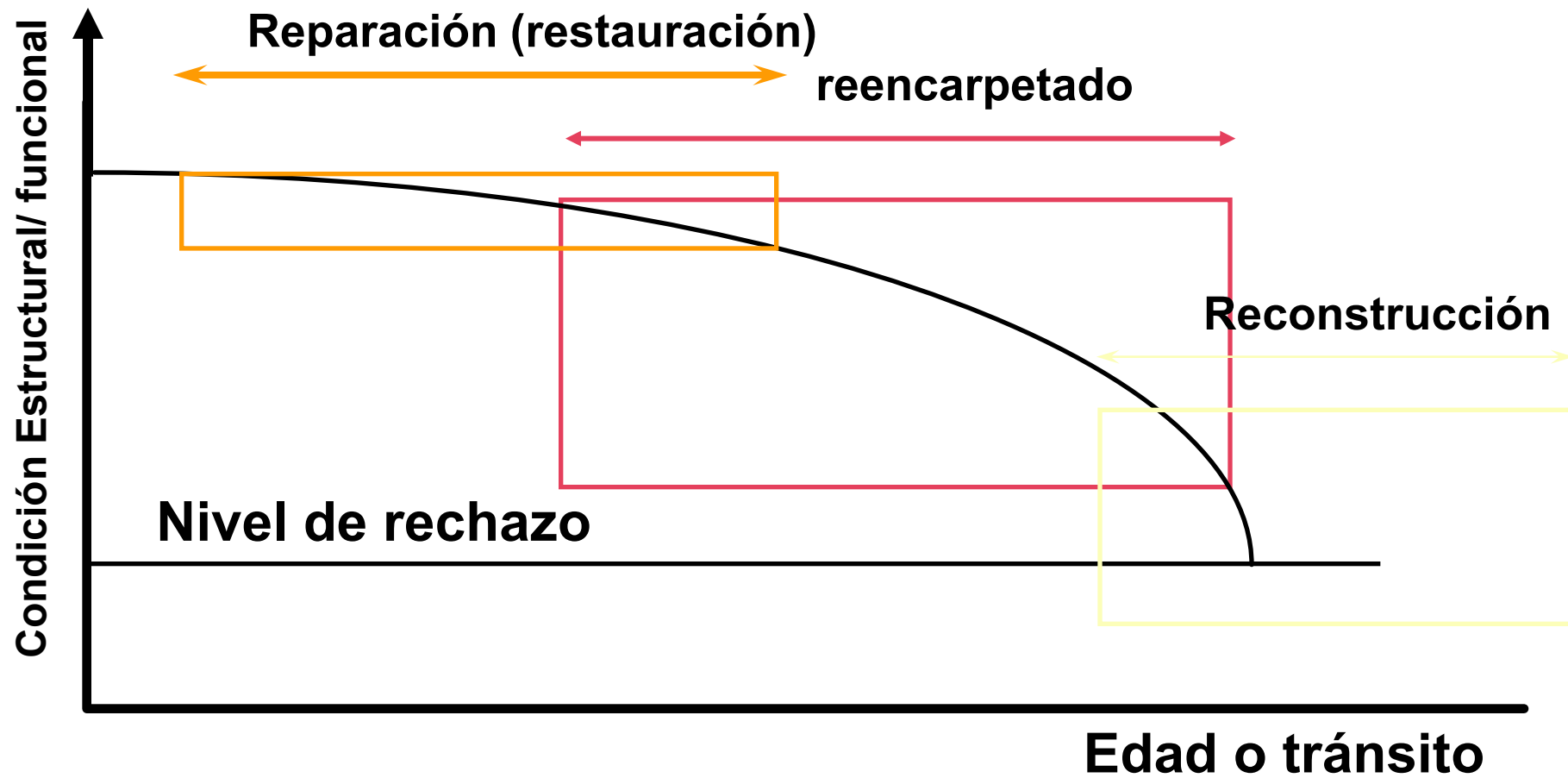
“Agregado pulido”:



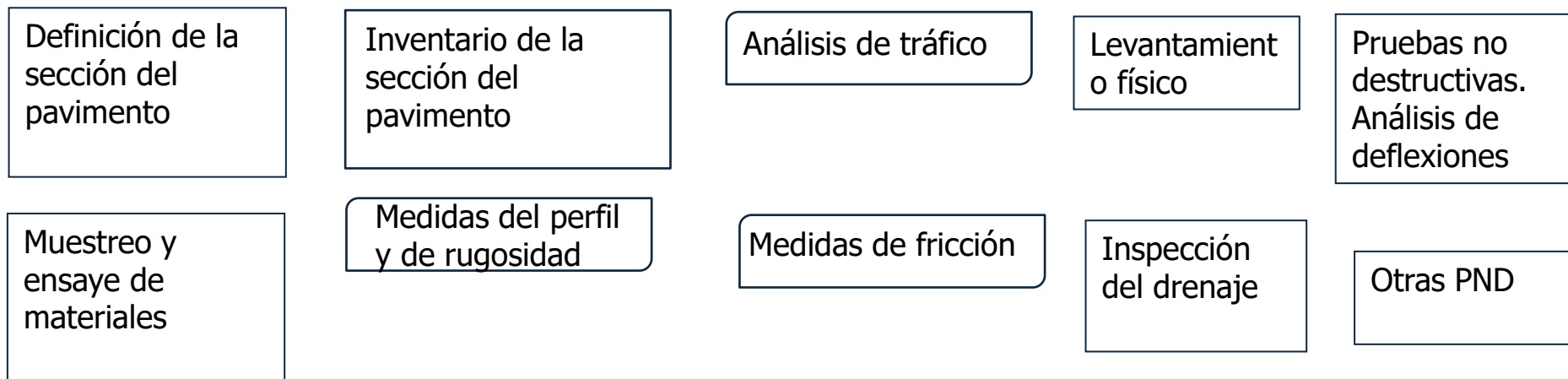
Objetivos de la evaluación

- **General**
 - **Determinar la condición estructural – funcional actual**
 - **Estimar la vida remanente (residual)**
- **Se busca de manera específica**
 - **Priorizar las necesidades reparación / rehabilitación**
 - **Permite determinar las necesidades específicas de reparación /o rehabilitación**
 - **Ejecución oportuna de reparación / o rehabilitación**

La oportunidad de la reparación y rehabilitación



Paso 1 – Colección de datos



DETERIOROS

ESTRUCTURALES

- Se incrementan los esfuerzos por tránsito, y aumentan las deformaciones
- Se relacionan con esfuerzos de tensión que experimentan capas de apoyo

FUNCIONALES

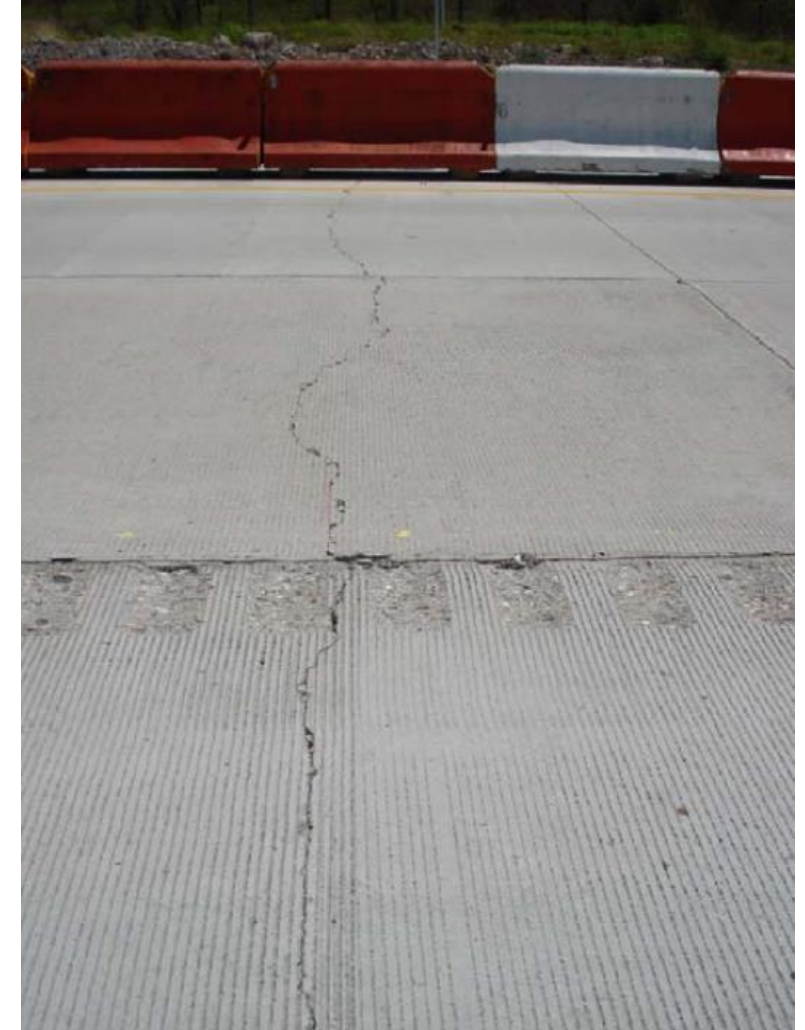
- Se relacionan con esfuerzos o deformaciones de compresión en materiales sin estabilizar
- Irregularidades superficiales

- **Condición general del pavimento**
 - **Inspección visual**
 - **Pruebas de deflexión**
 - **Levantamientos por radar**
 - **Pruebas sísmicas**
 - **Levantamientos físicos del perfil**
 - **Medidas de escalonamiento**
 - **Medidas de alabeo y pandeo de losas**
 - **Pruebas de fricción, macrotextura y ruido**
 - **Levantamiento físico del drenaje**

Agrietamiento transversal

Causas probables

- Cargas
- Espacios grandes en juntas
- Serrado somero / tardío
- Alabeo / pandeo
- Pérdida de soporte
- Asentamiento/ levantamiento
- Restricción en base / orillas

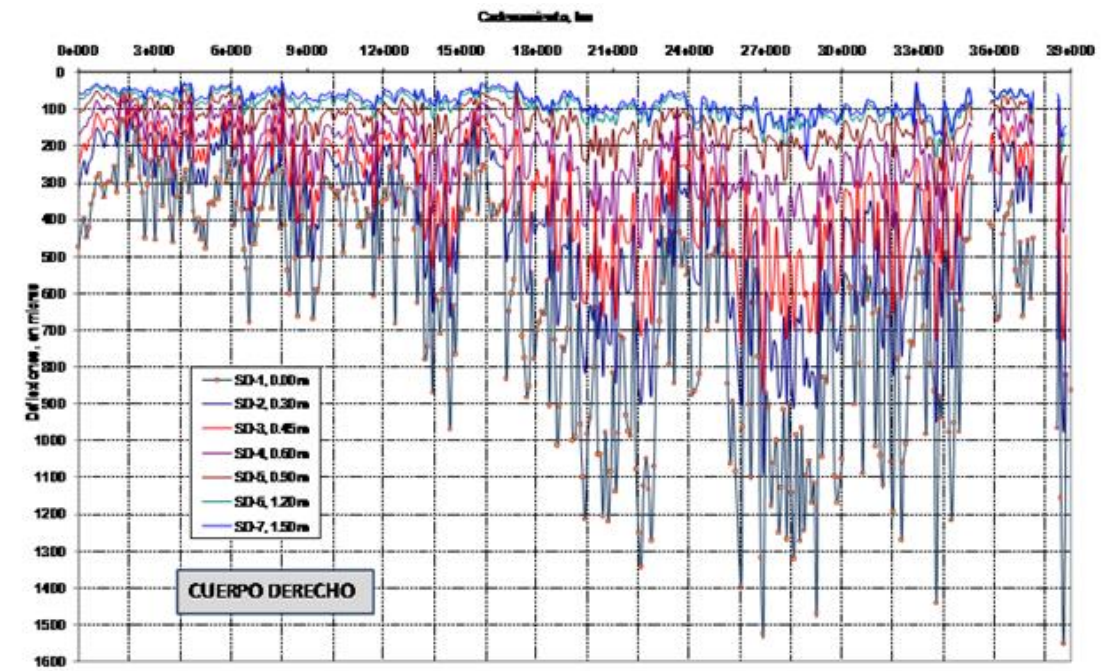
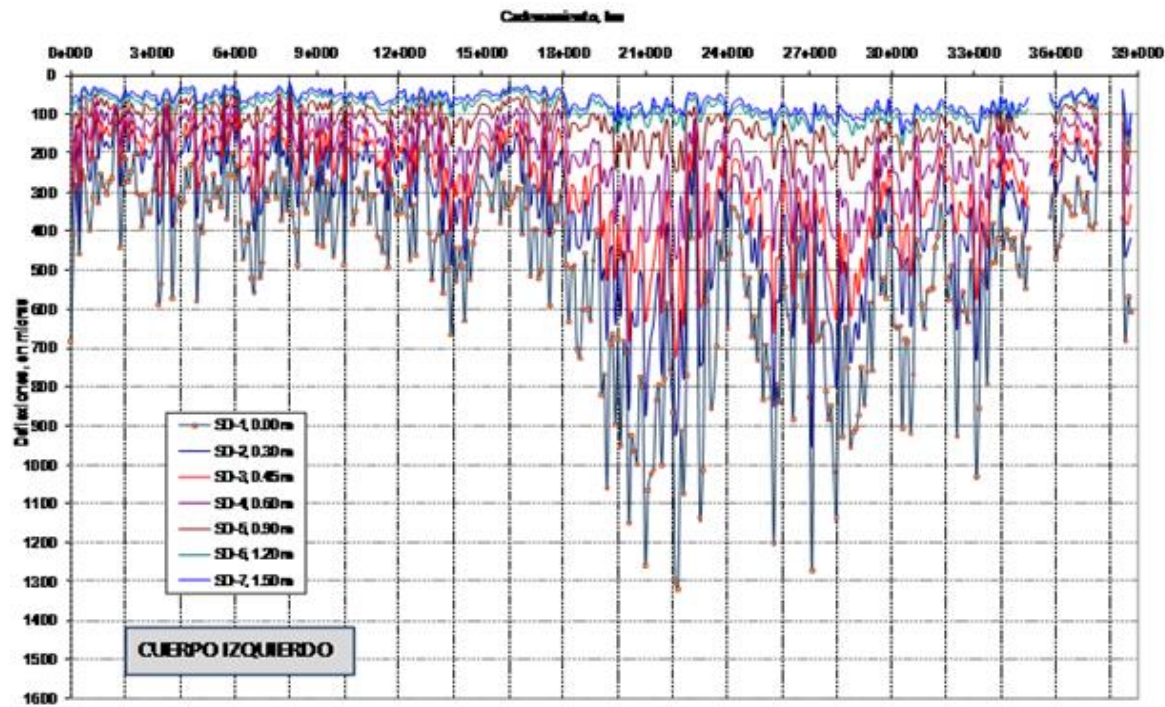


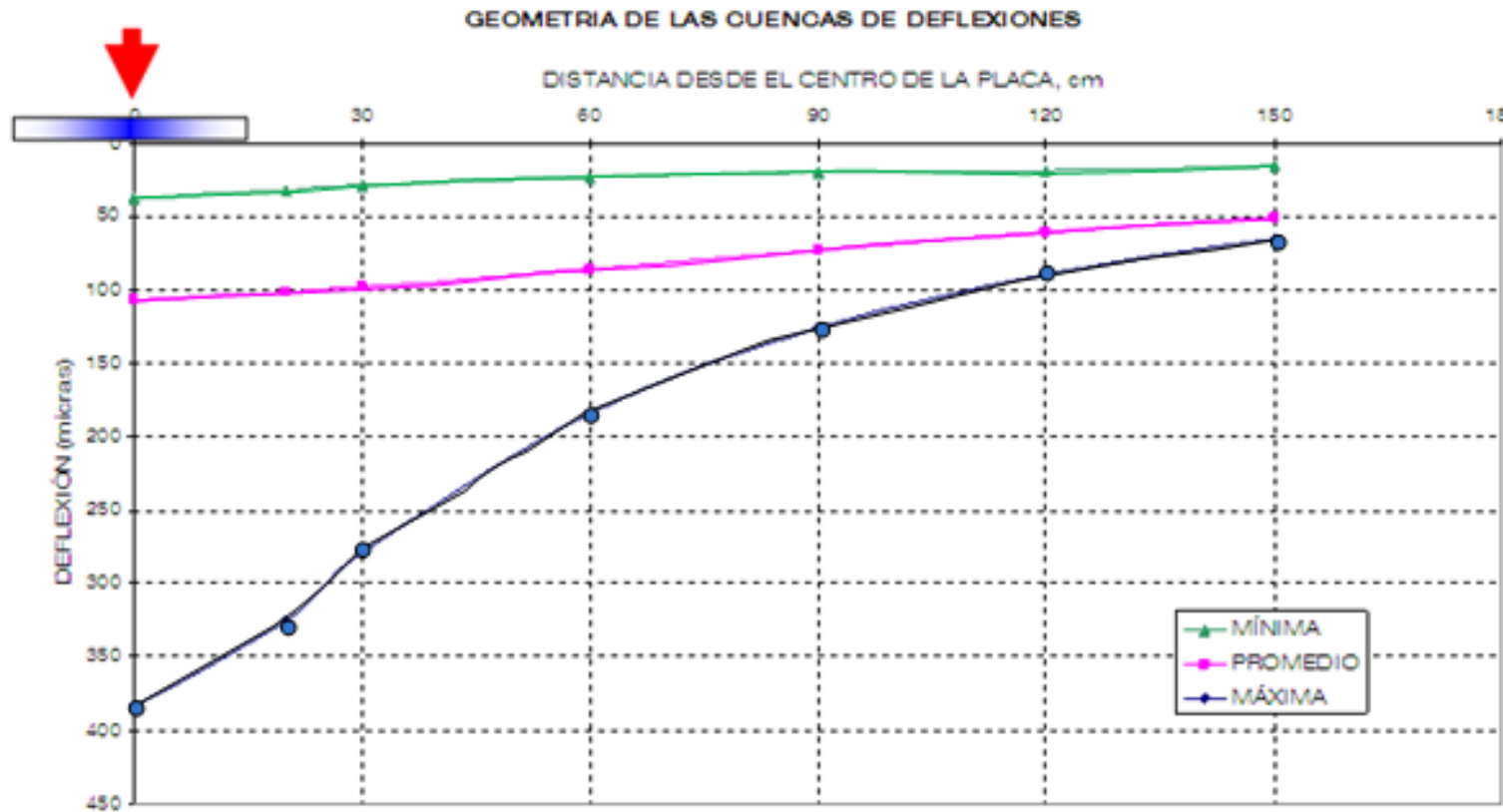
DESPRENDIMIENTOS SUPERFICIALES



Escalonamiento de losas

RESULTADOS TÍPICOS, MEDICION DE DEFLEXIONES, Dynatest, tramo carretero





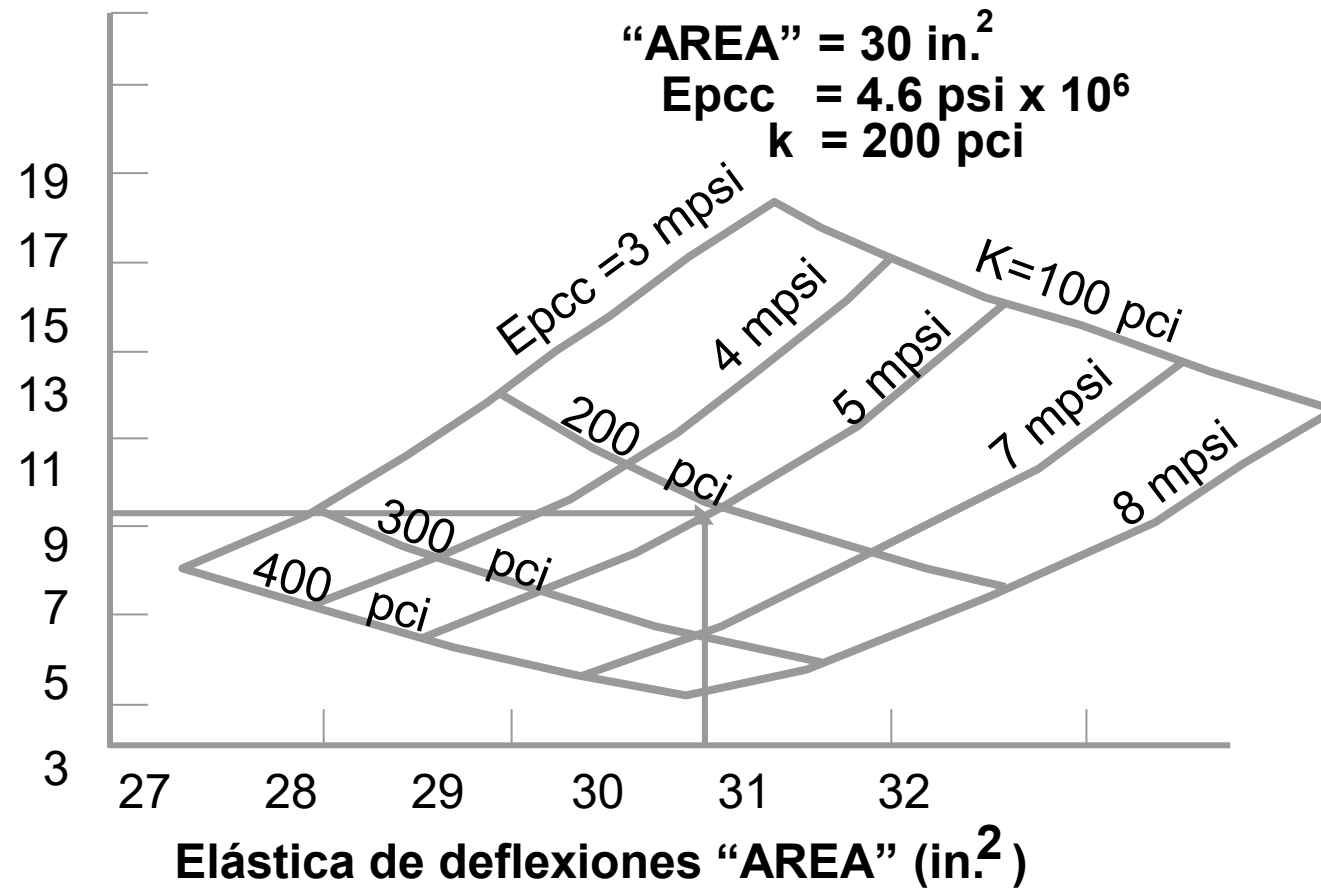
La forma de la cuenca de deflexiones da un parámetro que ayuda a determinar el Índice Estructural del pavimento, a través del área normalizada calculada con los valores de las deflexiones, la cual está dada por la siguiente expresión:

$$\text{Área normalizada (mm)} = 100 + 150D_2/D_1 + 200D_3/D_1 + 300D_4/D_1 + 150D_5/D_1$$

Cálculo “inverso” para un pavimento rígido de dos capas

Ejemplo: D1 (5.9 t) = 8.5 Mil. de pulg.

Deflexión máxima bajo una
carga de 5.9 ton, D₁ (0.0254 mm



NORSEMETER, ejemplo de equipo para medir fricción superficial

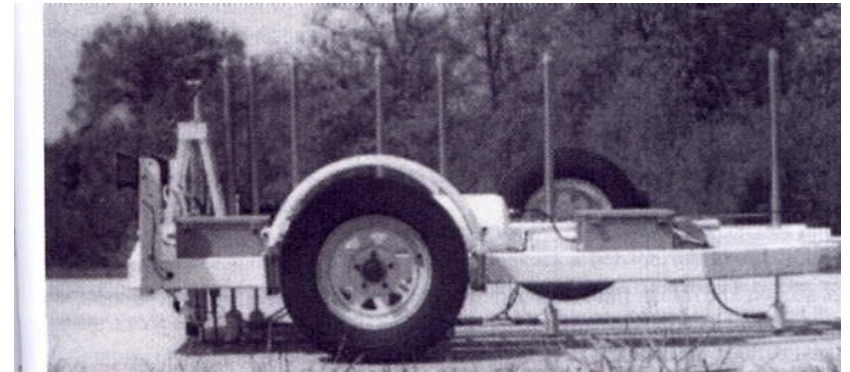


Consiste en remolque de dimensiones de aproximadamente de 1.5 m por lado, en cuya parte superior se sujeta un tanque de agua de 200 litros de capacidad. En la parte posterior, se ubica el equipo de medición que es accionado una vez se hagan girar las llantas del remolque a través de un vehículo que lo lastre. El sistema incluye bombas de agua, sensores de velocidad, de temperatura, interruptores y conectores eléctricos, así como líneas de conexión para la computadora de viaje.

Se puede trabajar en dos modalidades: bloqueo de llanta fijo y variable

PRUEBAS SÍSMICAS

- **Objetivo – Mide las características de las capas - espesor, rigidez y exfoliación**
- **Técnicas**
 - **Analizador sísmico de pavimentos (ASP)**
- **Resultados finales**
 - **Espesor de losas y rigidez**
 - **Exfoliaciones de sobrecarpetas de concreto adheridas**
- **Limitaciones actuales**
- **Nuevos desarrollos en el futuro**



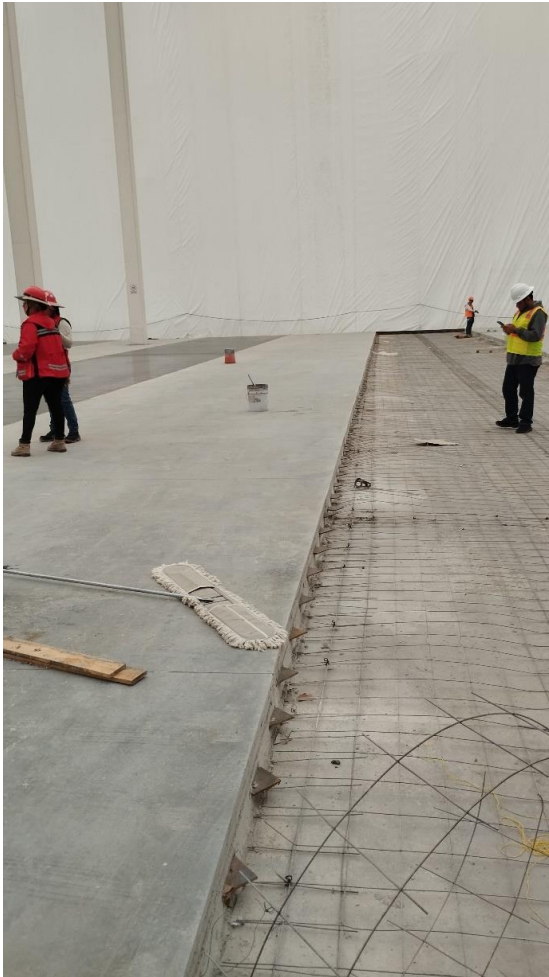
PRUEBAS SÍSMICAS

Bases del método: se calculan los módulos de elasticidad y el módulo al cortante, en las capas de rodamiento, base, subbase y terreno natural, derivados de mediciones de ondas que viajan por cada una de las capas, usando las siguientes técnicas:

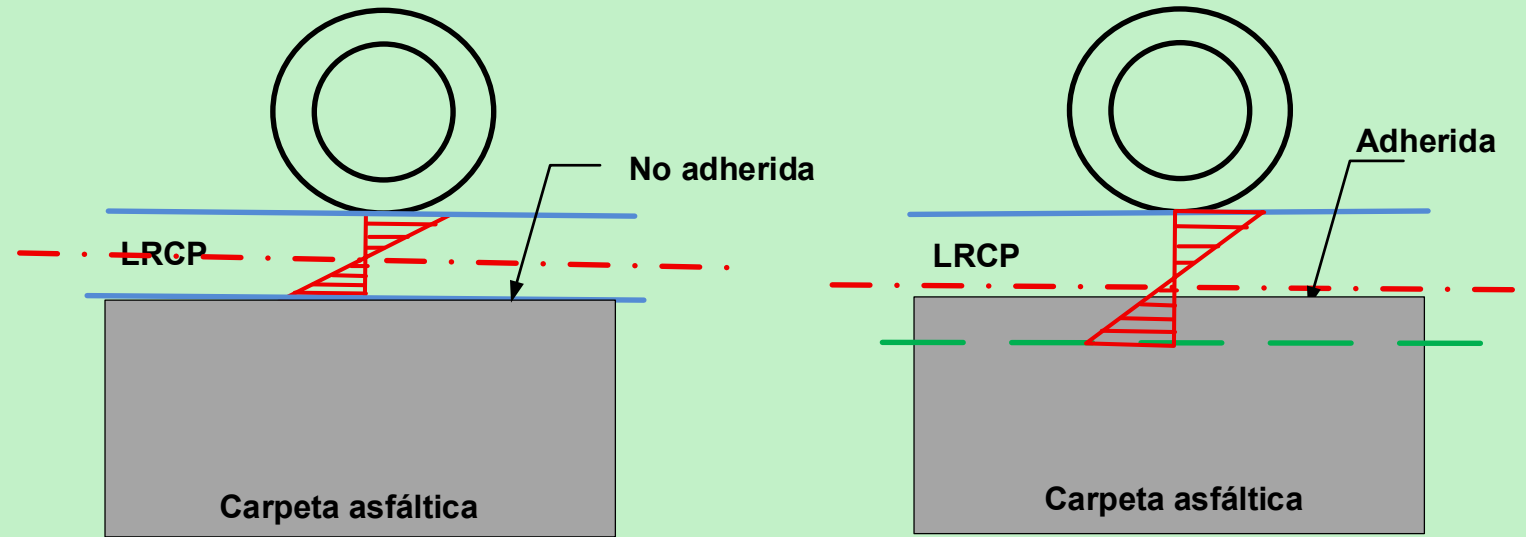
1. Velocidad de pulso
2. Respuesta al impacto
3. Análisis espectral de ondas superficiales
4. Ondas ultrasónicas superficiales
5. Velocidad de ondas ultrasónicas de cuerpo

Piso comercial

Ejemplo: sobrecarpeta con restricción en interfaz con losa existente



Caso de sobrecarpetas ultradelgadas

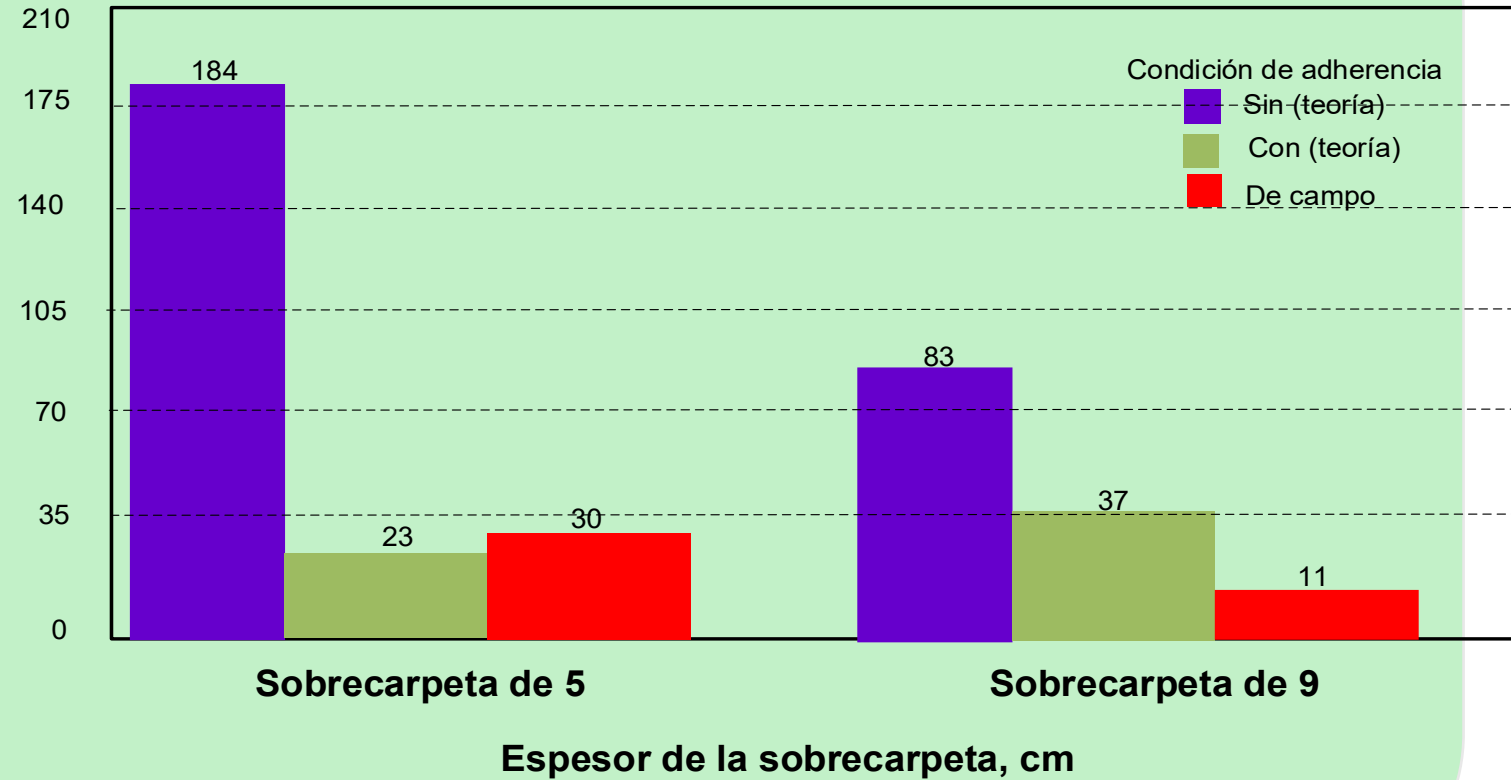


Descenso del eje neutro debido al efecto de adherencia

Losa de rodadura de concreto de cemento Portland, LRCP

Caso de sobrecarpetas ultradelgadas

Esfuerzo de tensión en bordes, kg/ cm²

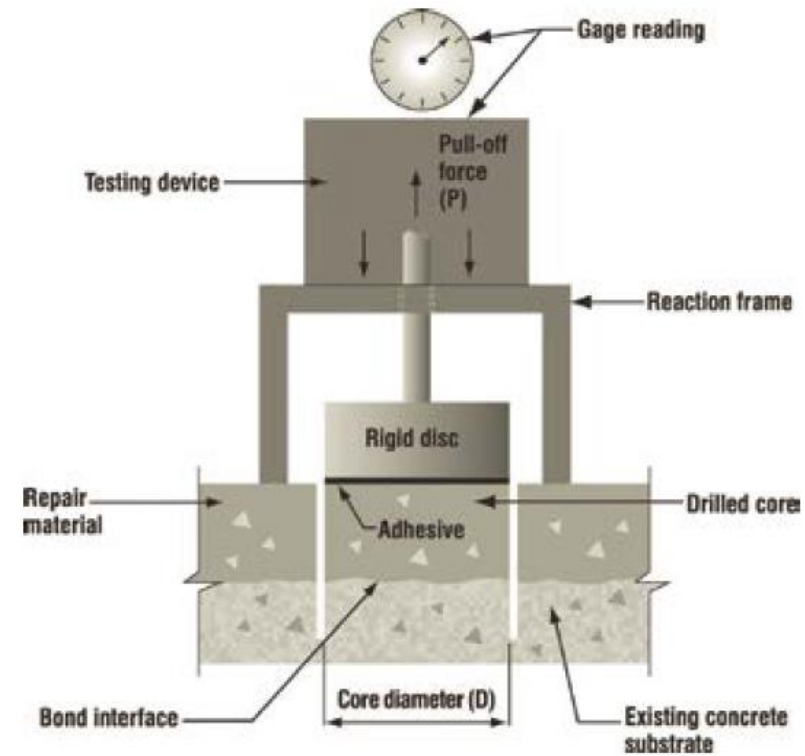


Sobrecarpetas muy delgadas, experimento en camino de acceso, bajo volumen, Louisville, Kentucky, USA, 1991

Medidores de perfil de superficie desbastada, y texturas de concreto



Ensayo “pull-off”



CONCLUSIONES

**Caso de vías
(carreteras)**

CONCLUSIONES

¡ G r a c i a s !

Aurelio Salazar Rodríguez

Tel. (+52) 55- 41- 26- 60- 29

sabma@prodigy.net.mx