



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

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



DISEÑO MECANÍSTICO-EMPIRICO DE PAVIMENTOS RIGIDOS

**ING. LUIS GUILLERMO LORIA SALAZAR, MSC, PHD
MAT-TECH / UNIVERSIDAD ISAAC NEWTON
COSTA RICA**



Mini-Bio

Ing. Luis Guillermo Loría Salazar, MSc, PhD

Vicerrector de Investigación y Acción Social, Universidad Isaac Newton, 2022-

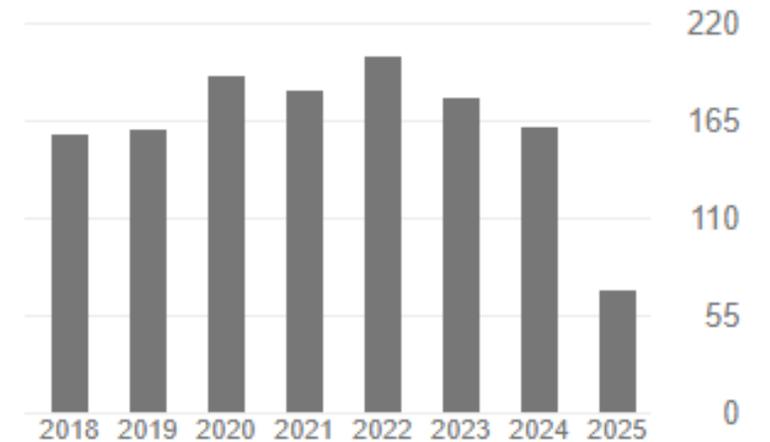
- Lic en Ing. Civil UCR
- MSc en Ingeniería Civil, énfasis Materiales/Pavimentos, UNR-USA
- PhD en Ingeniería Civil, énfasis Materiales/Pavimentos, UNR-USA
- **> 210 publicaciones científicas**
- **732 informes firmados en LanammeUCR**
- Catedrático grado 4 UCR
- Coordinador general PITRA-LanammeUCR, 2009-2019.
- Miembro titular de comités científicos
 - TRB AFD40
 - TRB AFK20
 - TRB AFD50
 - TRB AKP40
- Ex VP para LATAM de IRF
- Presidente ISAP
- Miembro Board de IJPE y RMPD
- Ex chairman HVSIA
- Consultor/diseñador de materiales y pavimentos en proyectos de Guatemala a Bolivia
- Ha impartido cursos y charlas en todos los países de Latinoamérica
- Universitario Destacado del año por parte del Consejo Universitario de la UCR, 2019.
- Co-ganador del premio Juan Antonio Fernández del Campo a la Innovación Tecnológica en Carreteras de la AEC en 2019.
- Co-ganador del mejor poster del EATA 2019, Granada, España.
- Socio fundador de Mat-Tech, Ingeniería y Ciencia de Materiales



Citado por

[VER TODO](#)

	Total	Desde 2020
Citas	1775	985
Índice h	22	16
Índice i10	45	29



Google Scholar

Ing. Luis Guillermo Loría Salazar, MSc, Ph.D.

 Twitter: Igloria27

 Facebook: luisguillermoloriasalazar

 Canal de youtube

 Igloria27@gmail.com

 LINKEDIN: cr.linkedin.com/in/luisguillermoloria

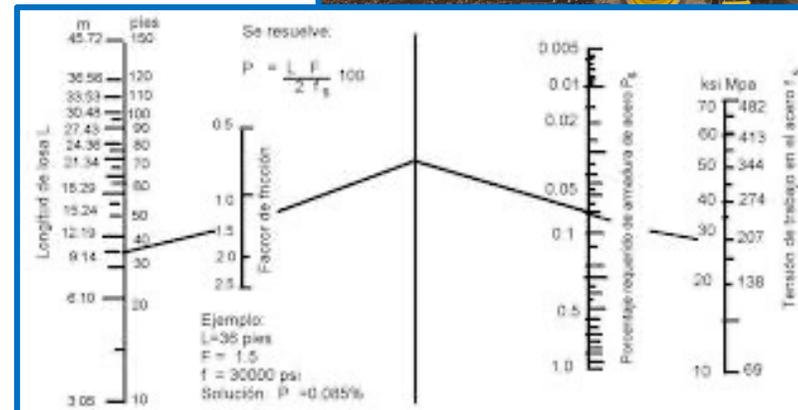


Introducción

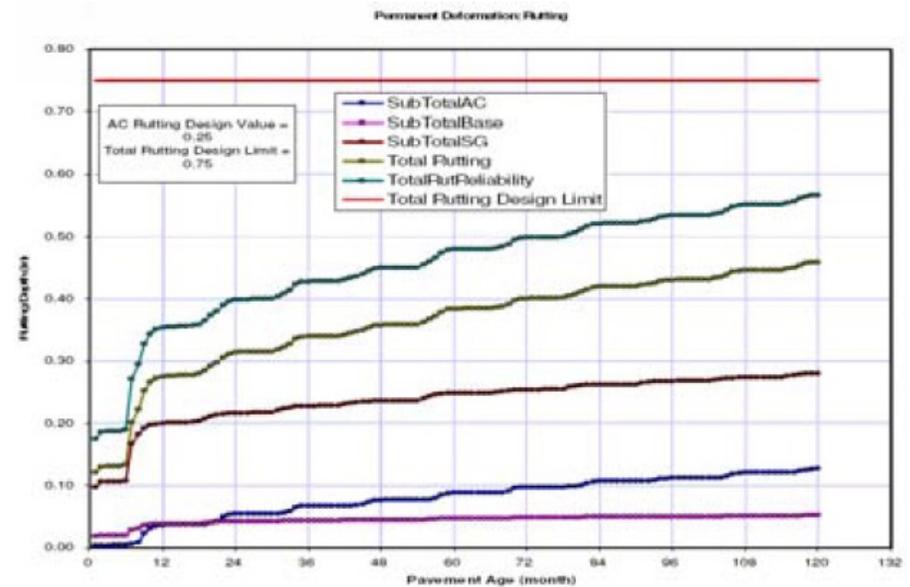
Qué se pretende al diseñar un pavimento?

Conceptos errados:

- Trámite para ganar un proyecto
- Trámite de pago
- Es algo fácil y cajonero
- No tiene relación con las propiedades de los materiales
- Depende solo de formulitas y nomogramas

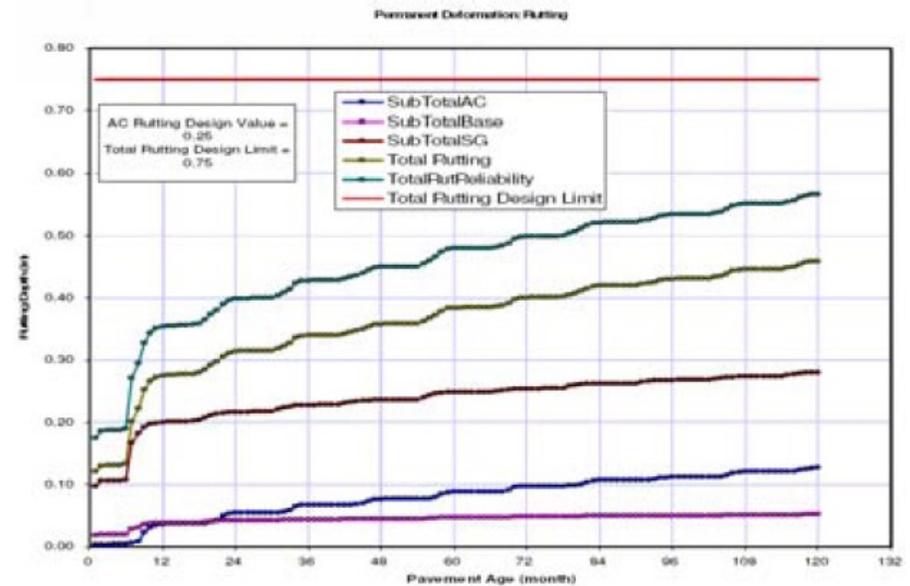


El diseño moderno de pavimentos no se enfoca a **determinar espesores**, sino en **predecir** su desempeño!!!!

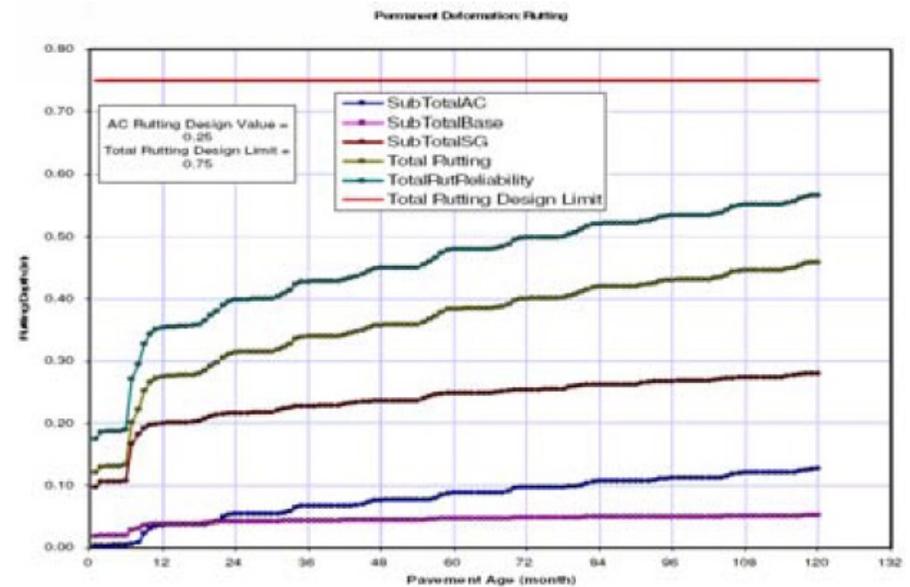
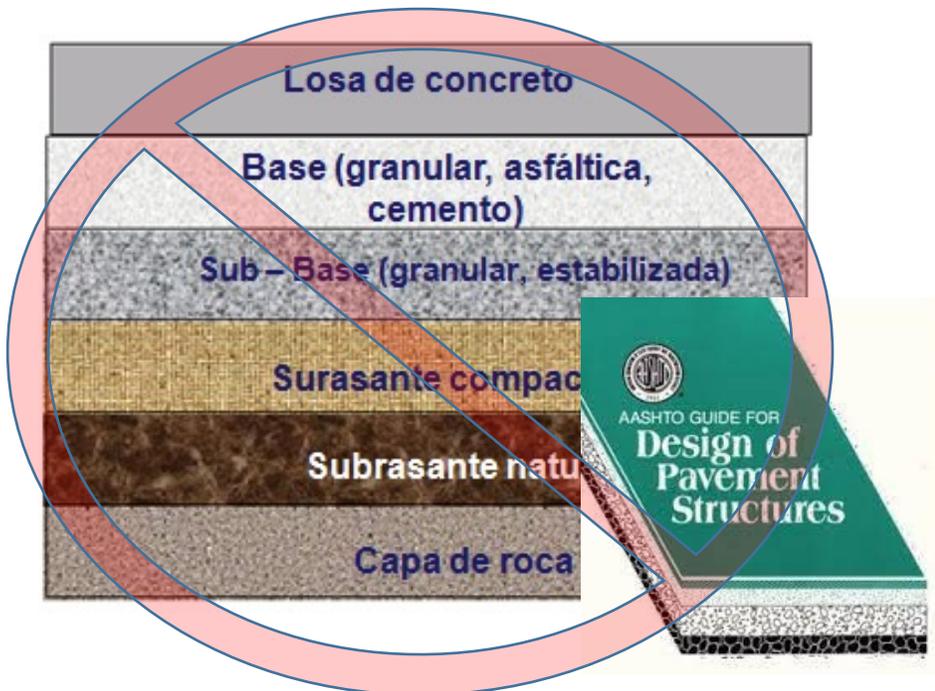




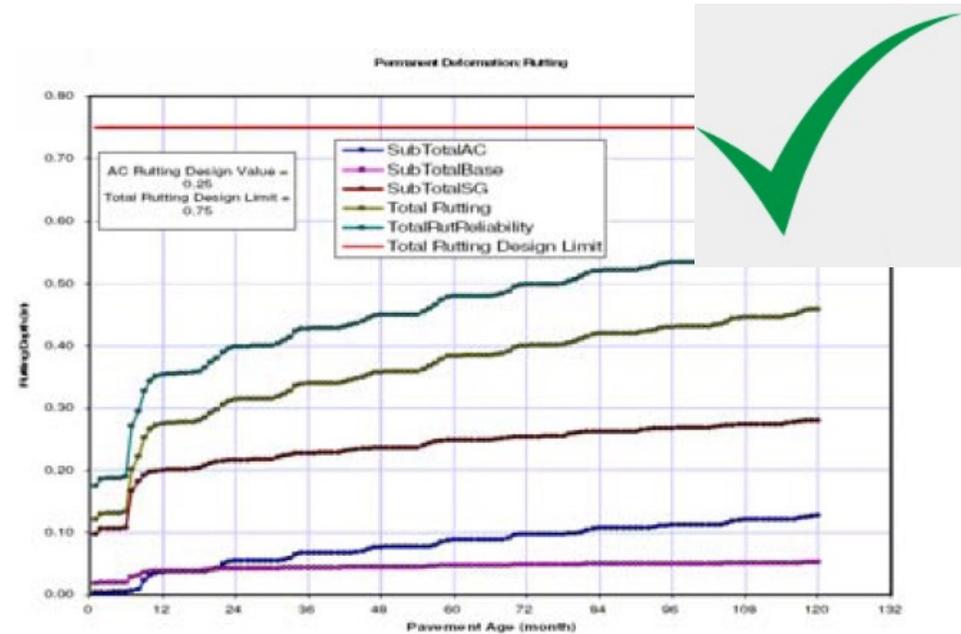
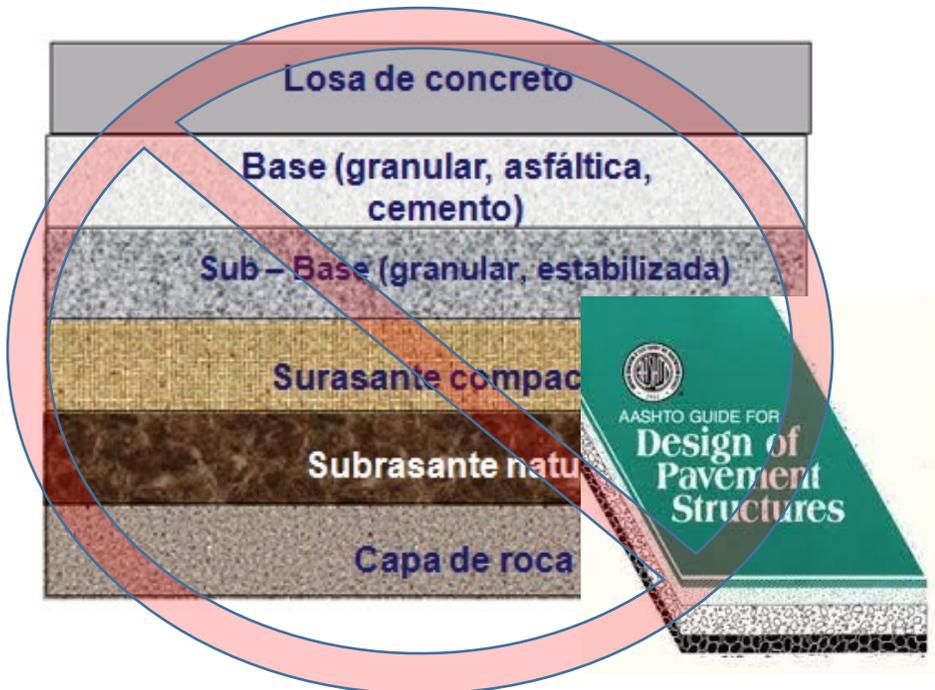
El diseño moderno de pavimentos no se enfoca a **determinar espesores**, sino en **predecir** su desempeño!!!!



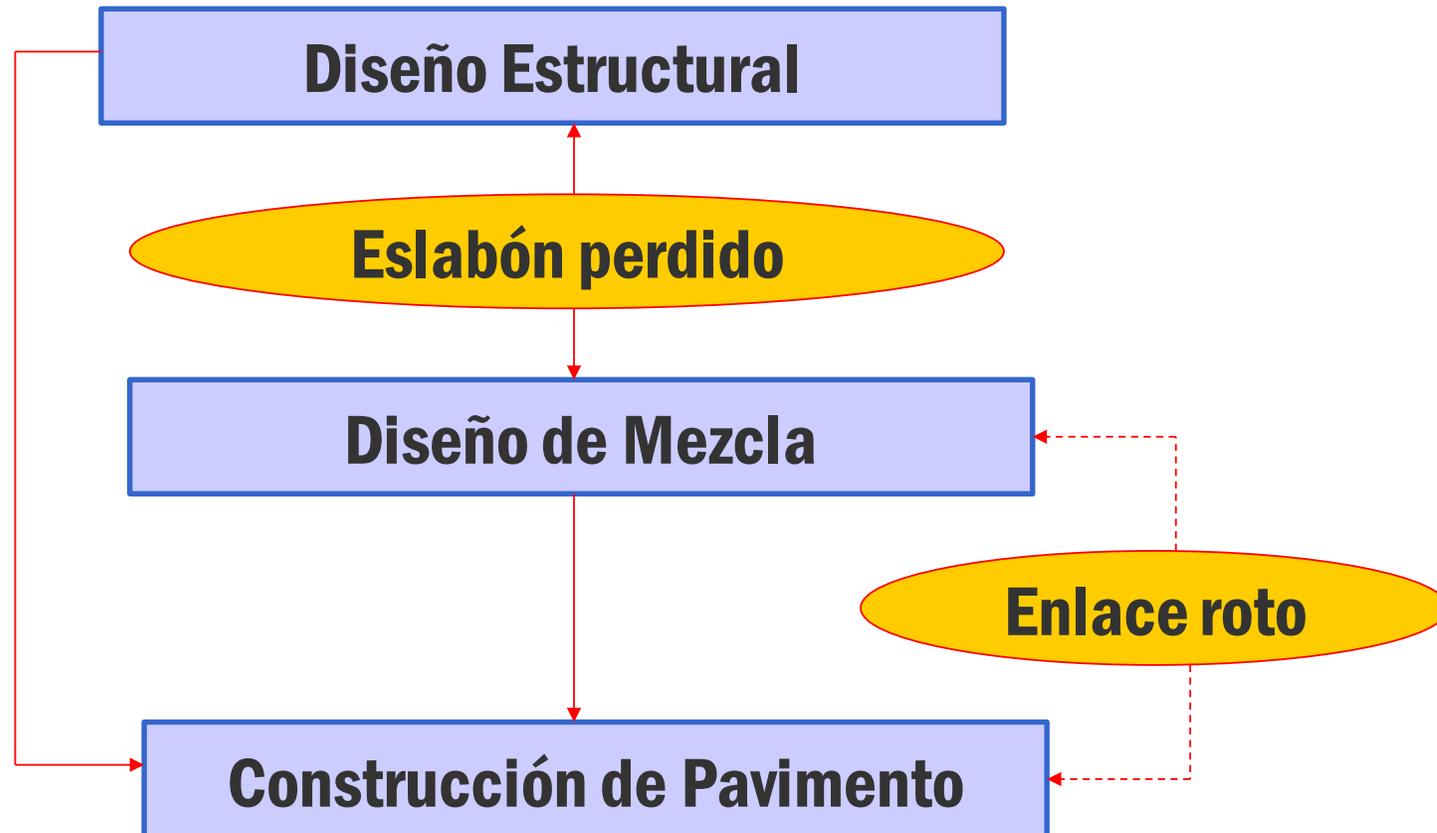
El diseño moderno de pavimentos no se enfoca a **determinar espesores**, sino en **predecir** su desempeño!!!!



El diseño moderno de pavimentos no se enfoca a **determinar espesores**, sino en **predecir** su desempeño!!!!



Concepto moderno: Cambio de paradigma



¿Práctica en la actualidad?



Empírico

Basado en resultados experimentales o experiencia

Estado de Práctica



Mecánico-Empírico

Mecánico: determinación de la respuesta del pavimento debida a la carga, a través de modelos matemáticos

Empírico: relaciona las respuestas del pavimento con el Desempeño

Cada tipo de deterioro es asociado con una respuesta crítica del pavimento

Estado del arte



Mecanístico

Se basa en el comportamiento estructural de la carga



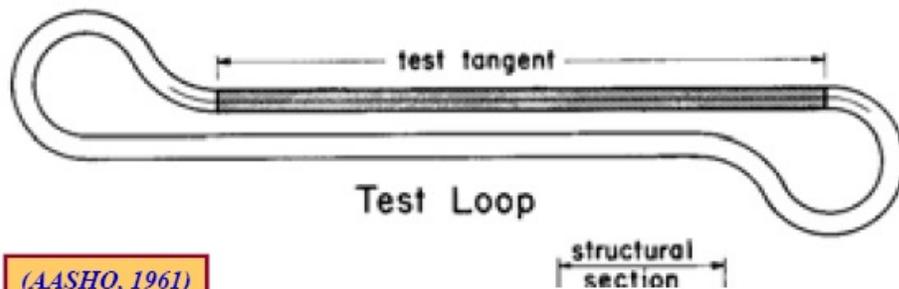
14^{vo} Congreso Iberoamericano de Pavimentos de Concreto

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

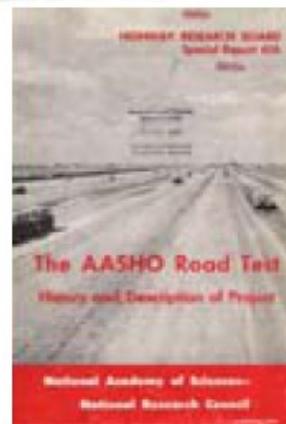
Hoy sigue dominando el diseño empírico...



Prueba de Carretera AASHO (finales los de los 50's)



(AASHO, 1961)





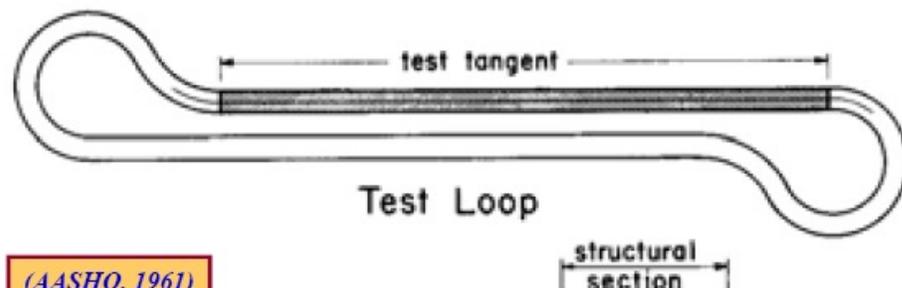
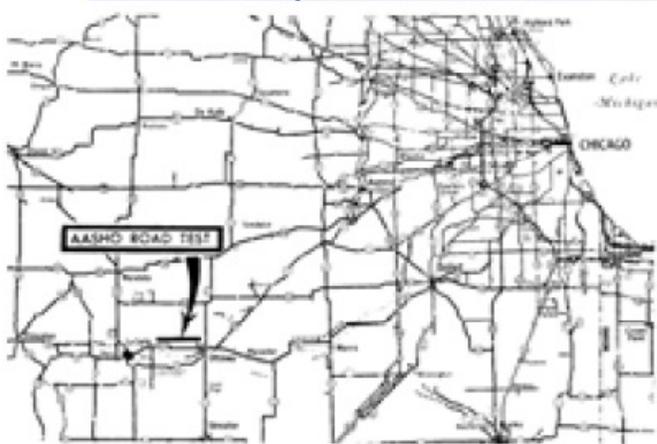
14^{vo} Congreso Iberoamericano de Pavimentos de Concreto

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

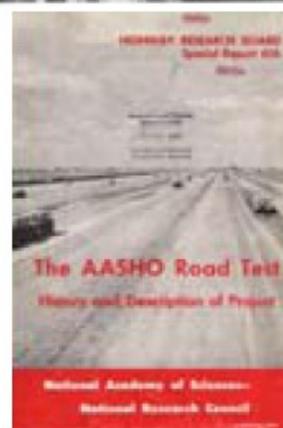


Hoy sigue dominando el diseño empírico...

Prueba de Carretera AASHO (finales los de los 50's)



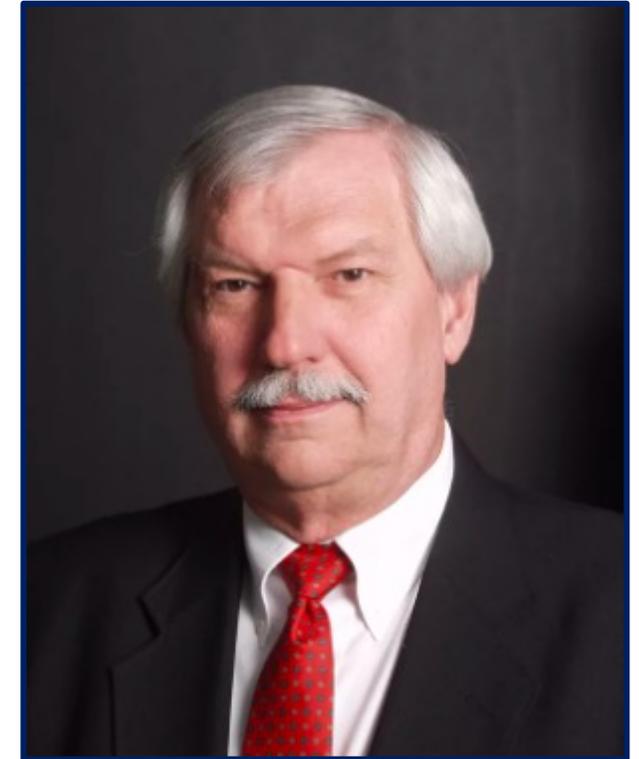
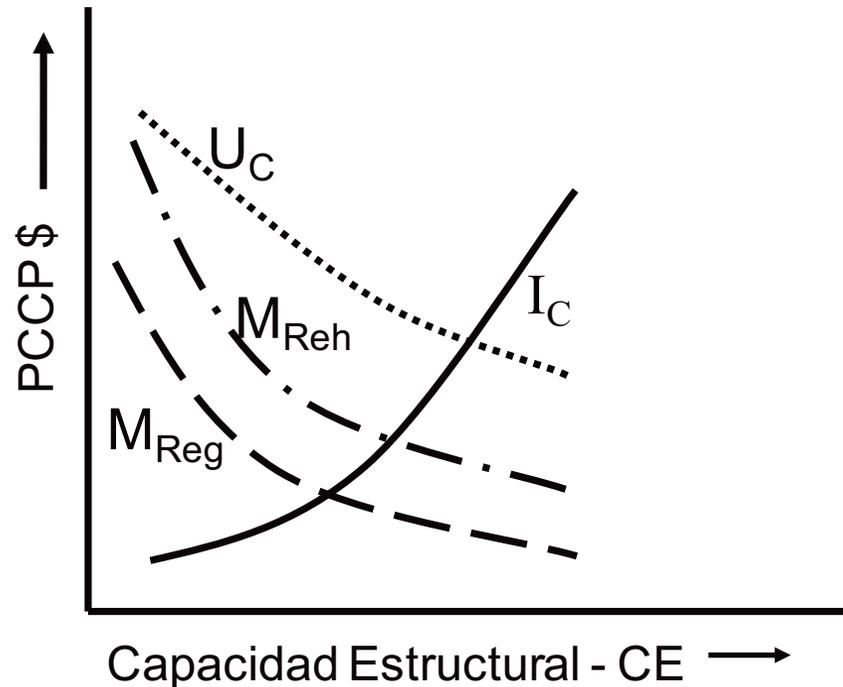
(AASHO, 1961)



No está mal,
pero puede ser mejor!

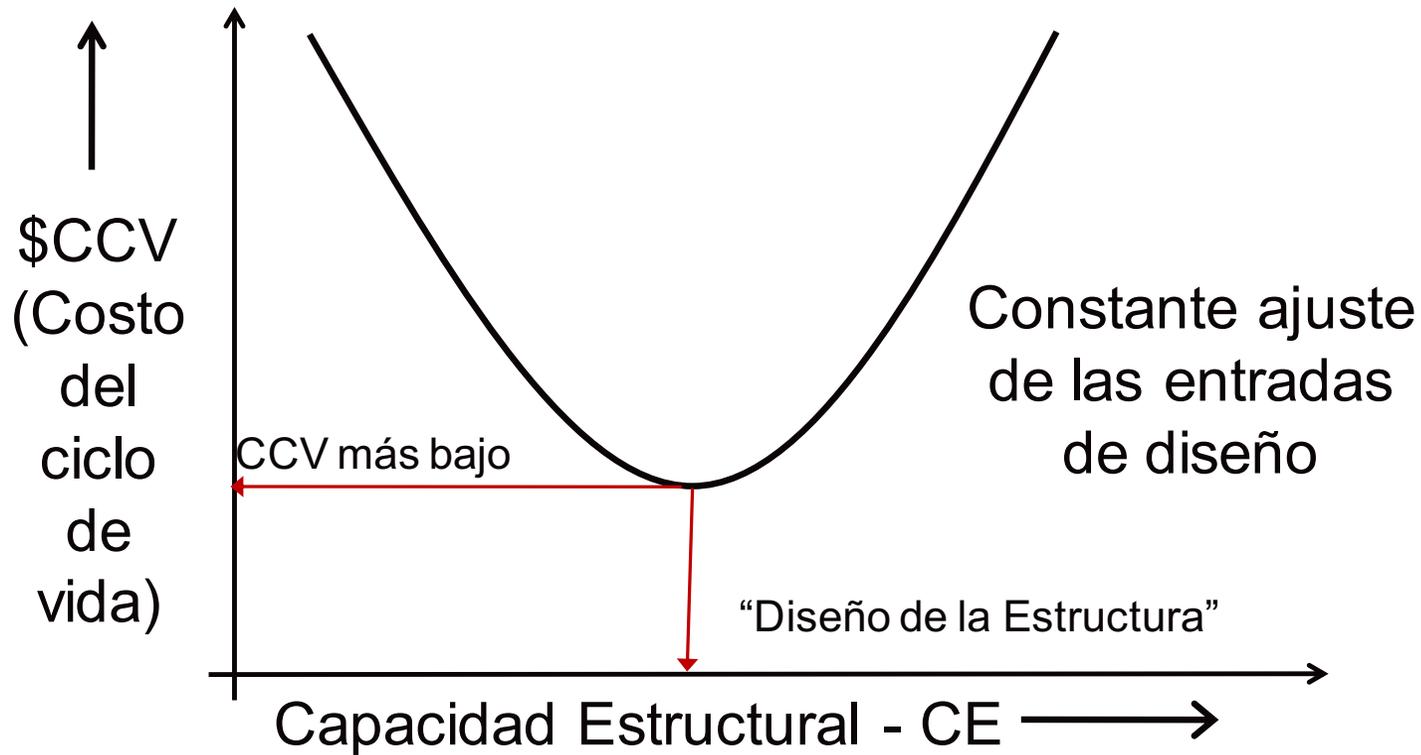
PRINCIPALES COMPONENTES DEL COSTO EN LOS PAVIMENTOS

- Componentes:
 - Inicial.
 - Mantenimiento (Rutinario).
 - Rehabilitación Principal.
 - Costo para los usuarios:
 - Costo de operación del vehículo (regularidad)
 - Demora (Tráfico/ Demora de la rehab)



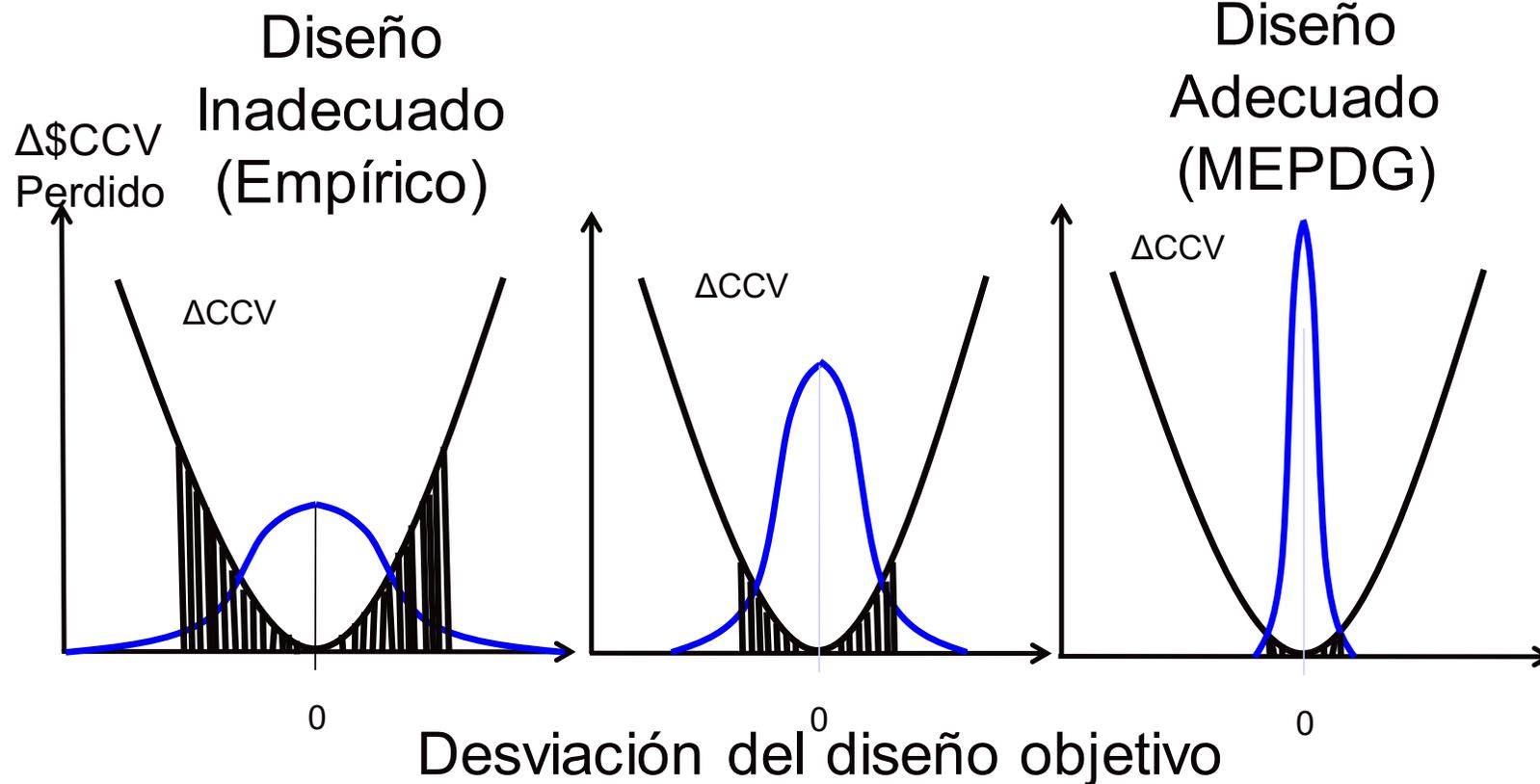
Dr. Matt Witzack

CCV (COSTO DEL CICLO DE VIDA) DE LOS PAVIMENTOS



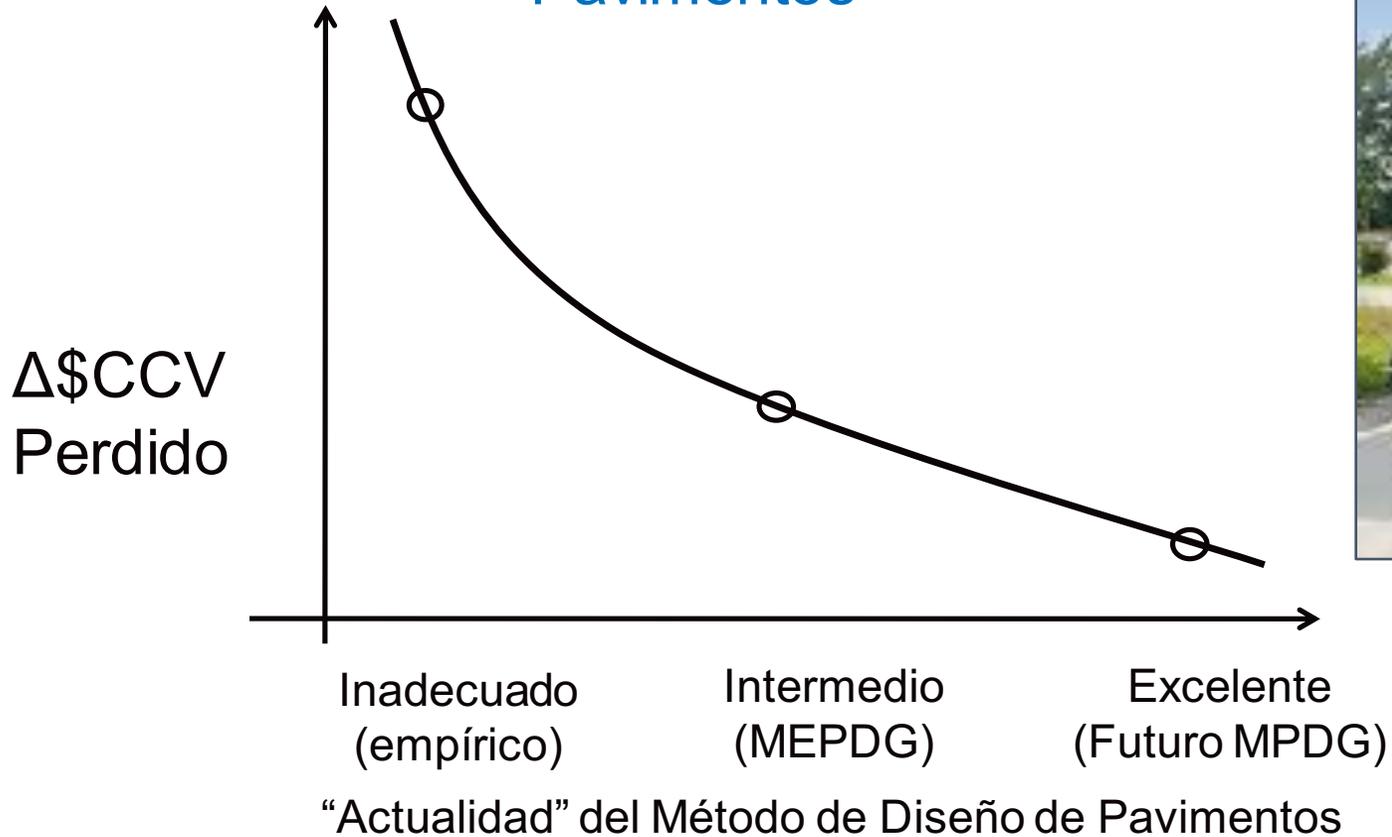
Dr. Matt Witzack y Dra. Claudia Zapata en UCR, 2012

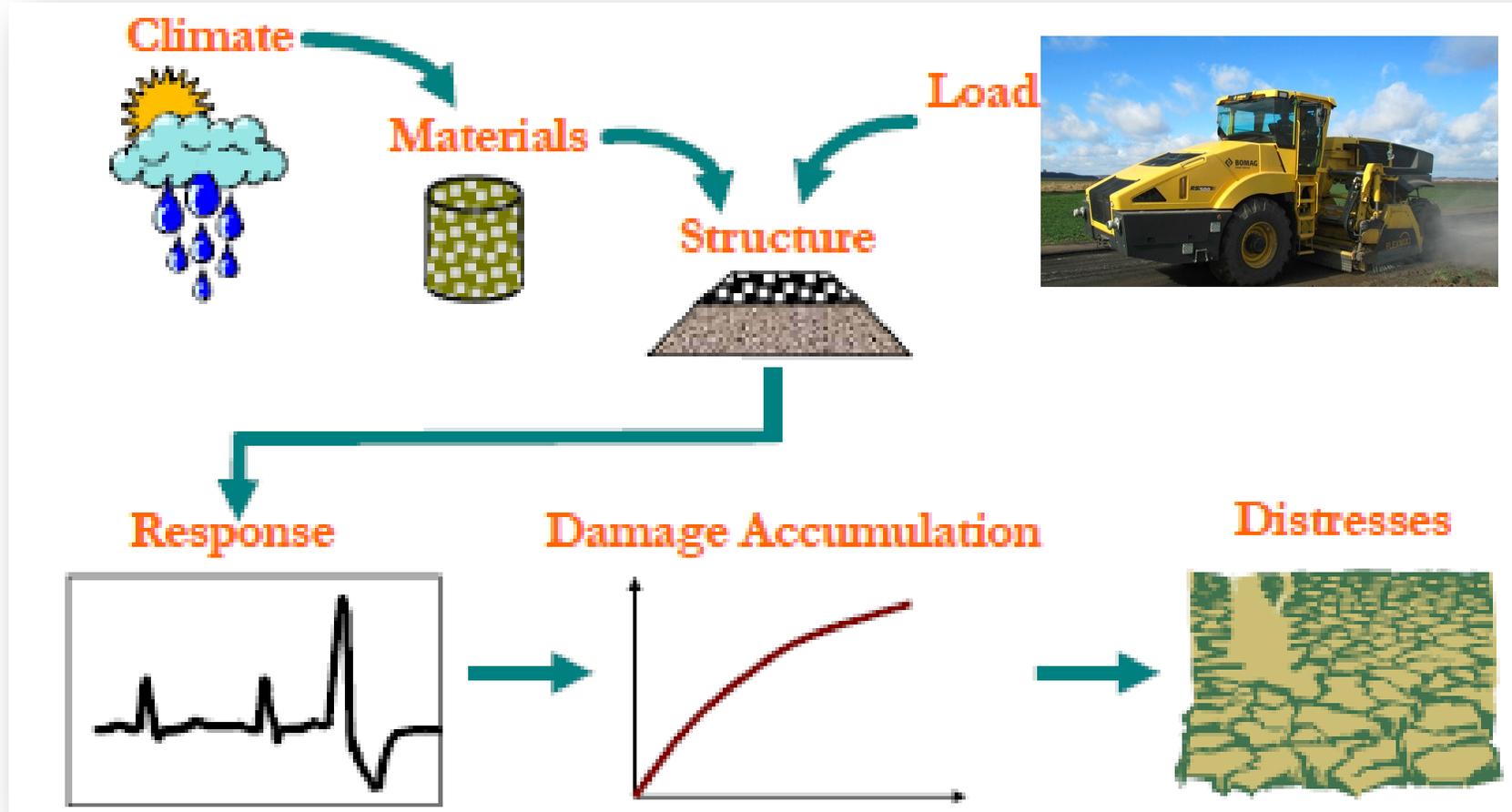
Importancia Económica de la Metodología Actual de Desempeño de Pavimentos





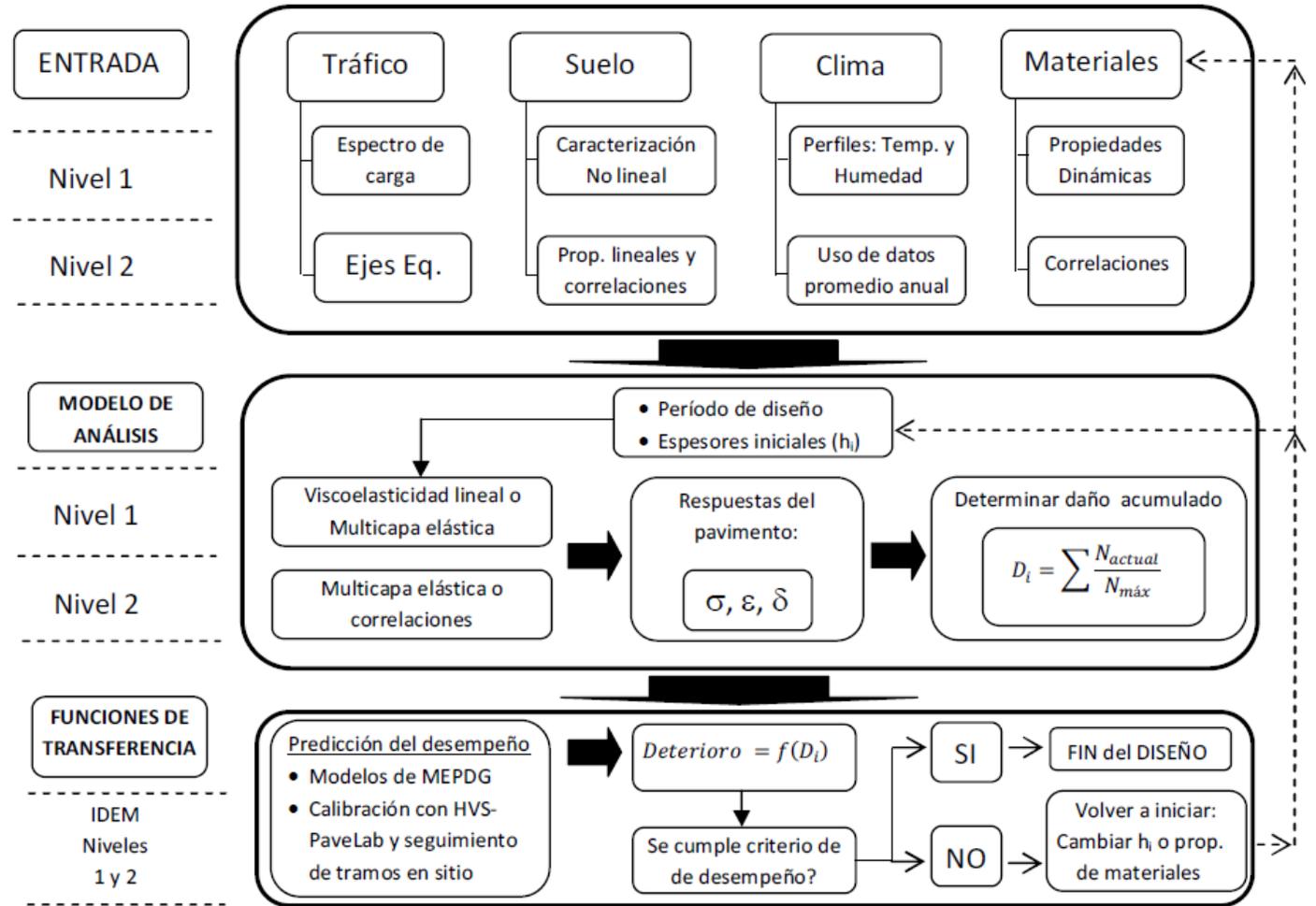
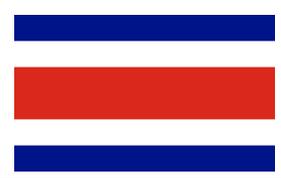
Importancia Económica de la Metodología Actual de Desempeño de Pavimentos







Diseño M-E



Se puede aspirar a calibrar
una guía propia?...

Cómo se calibró en Costa Rica?



Entre otras cosas...

Un experimento de ensayos acelerados de pavimentos (APT) con un Heavy Vehicle Simulator (HVS) Mark VI-Dynatest

Cómo se calibró en Costa Rica?

Entre otras cosas...



Un experimento de ensayos acelerados de pavimentos (APT) con un Heavy Vehicle Simulator (HVS) Mark VI-Dynatest

Cómo se calibró en Costa Rica?



Objeto de otra presentación...

Cómo se calibró en Costa
Rica?



Objeto de otra presentación...

No se ha trabajado en pavimentos rígidos!



Cómo se calibró en Costa Rica?



Development and Calibration of Performance Models Based on APT Data

Improvements to Backcalculation Procedure by Means of Structural Analysis Based on Deflection Parameters

Development of a Distress Prediction Model Based on Deflection Parameters

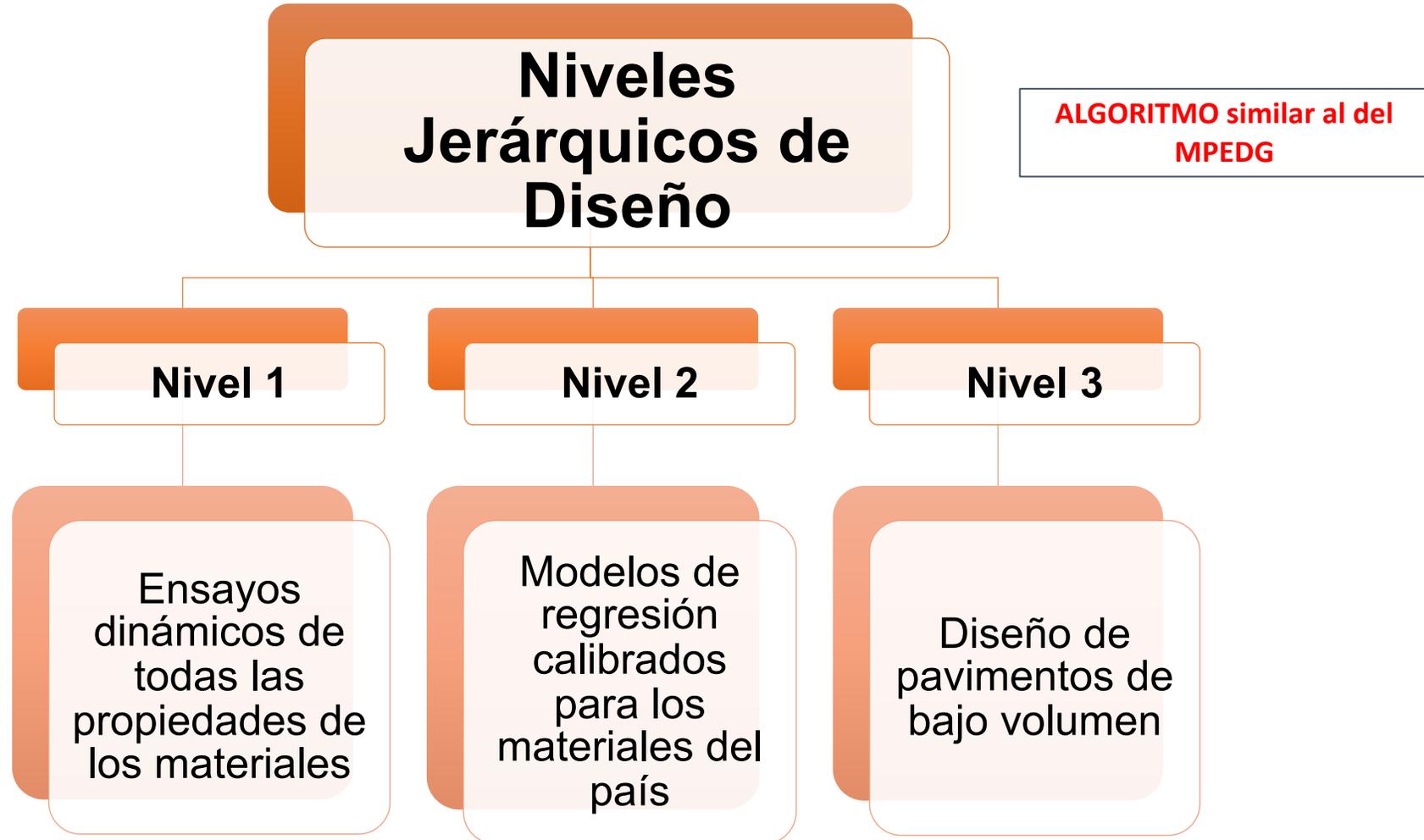
Líneas de investigación



PLAN: 2009

- > 85 tesis de licenciatura y maestría
- 9 Líneas de investigación

Niveles Jerárquicos





Ensayo acelerado



14^{vo} Congreso Iberoamericano
de Pavimentos de Concreto

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



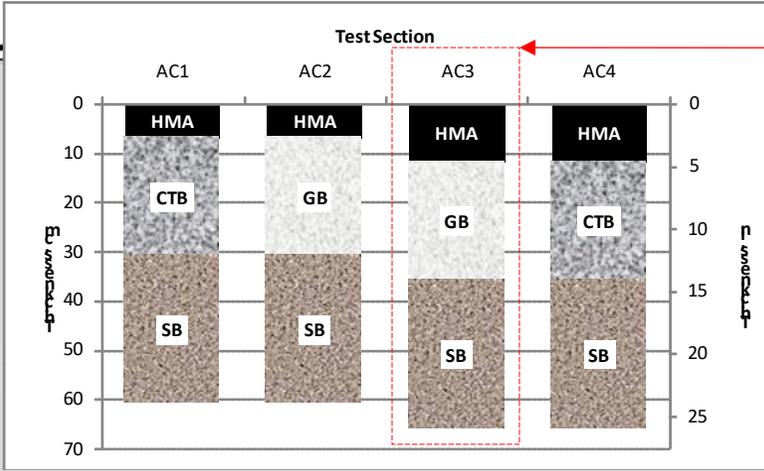
Costa Rica por medio del LanammeUCR ha incursionado desde 2011 en los ensayos acelerados de pavimentos.



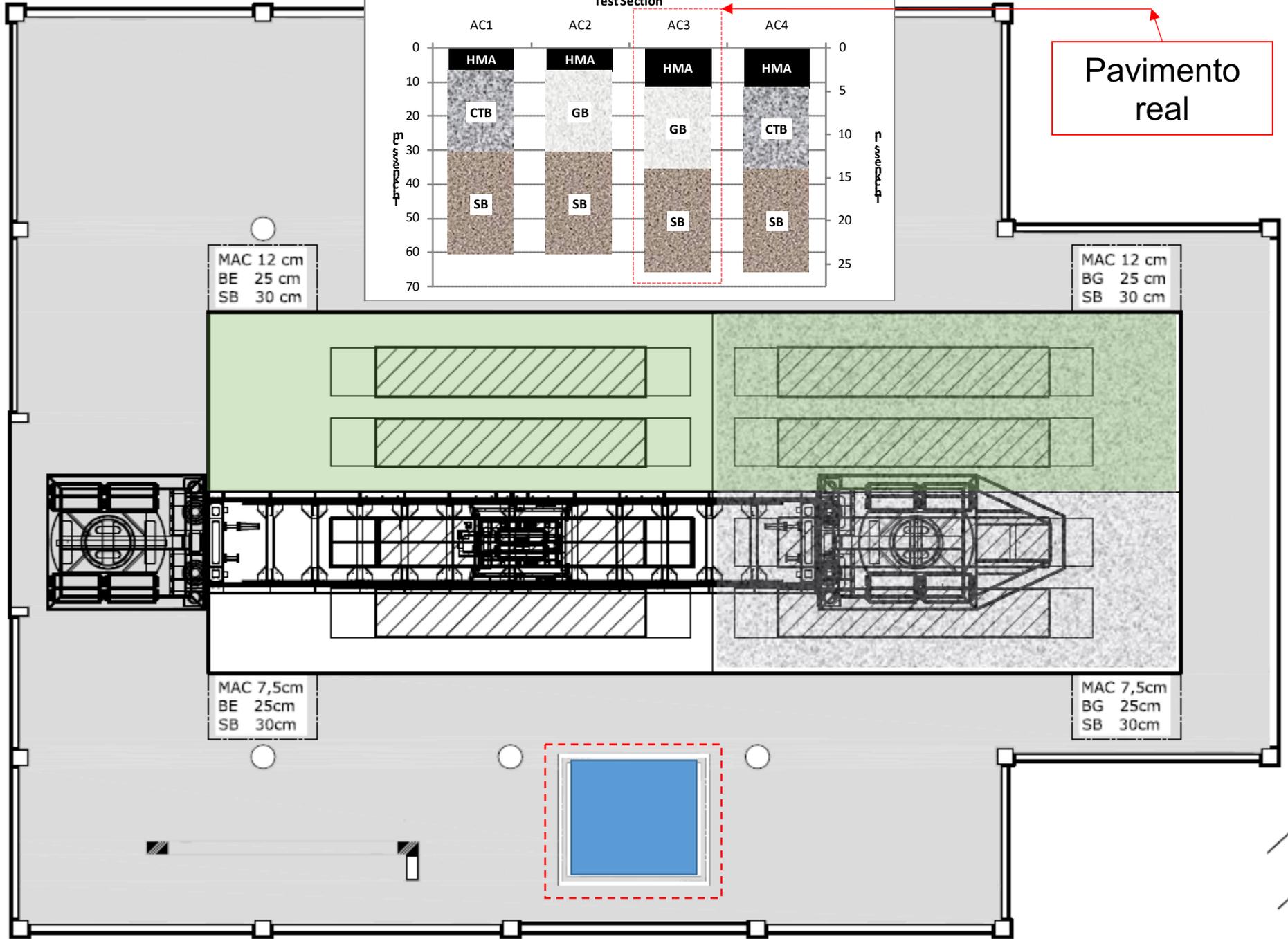
Especificaciones de ensayo

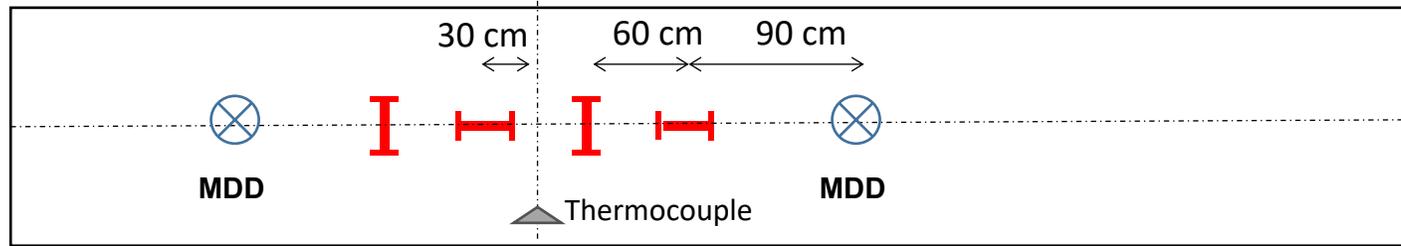
- 20,000 cargas bi-direccionadas por día.
- Velocidad de rueda: 10 km/hr
- Cargas aplicadas: 40,50, 60, 70, 80 kN
- Llanta de ensayo: Dual 11R22-5
- Oscilación lateral: 100 mm
- Condición seca/húmeda
- 23/6



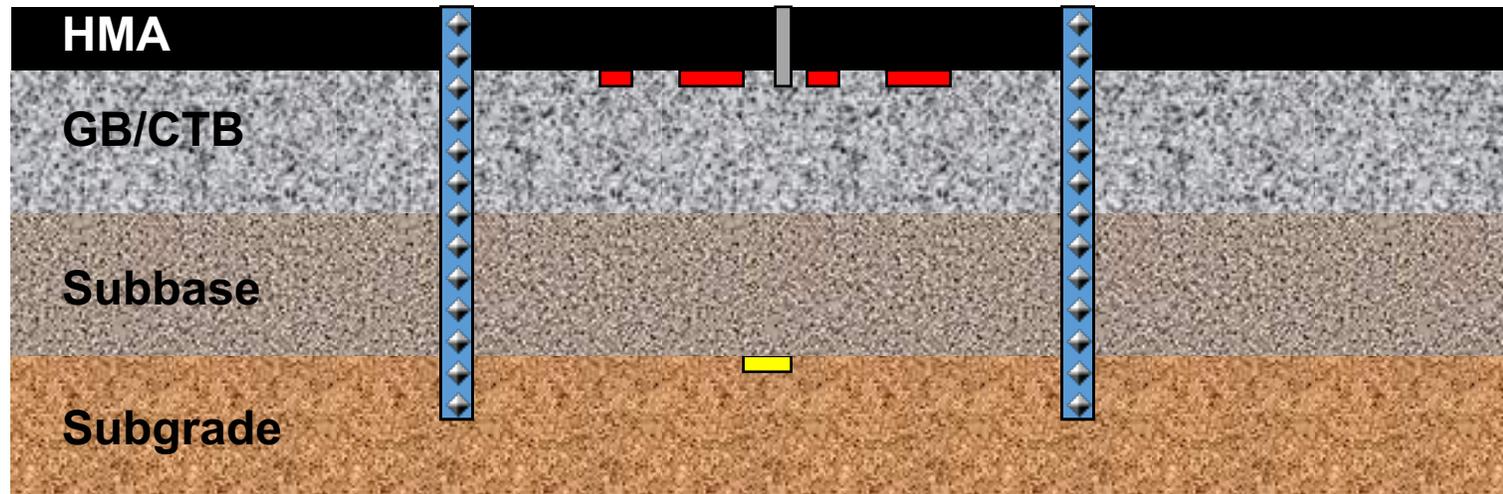


Pavimento real





Longitud de sección = 6.0 m

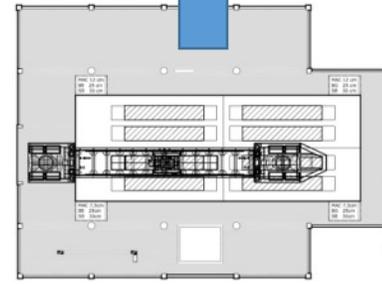
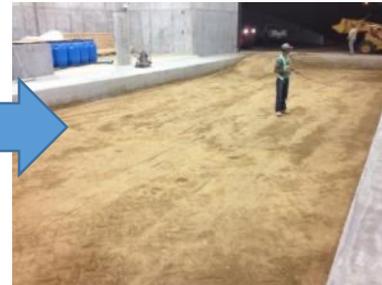
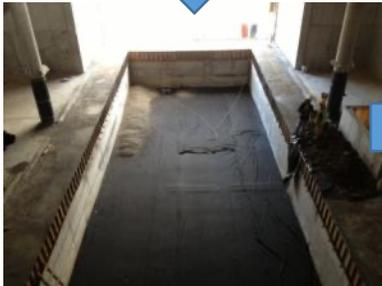
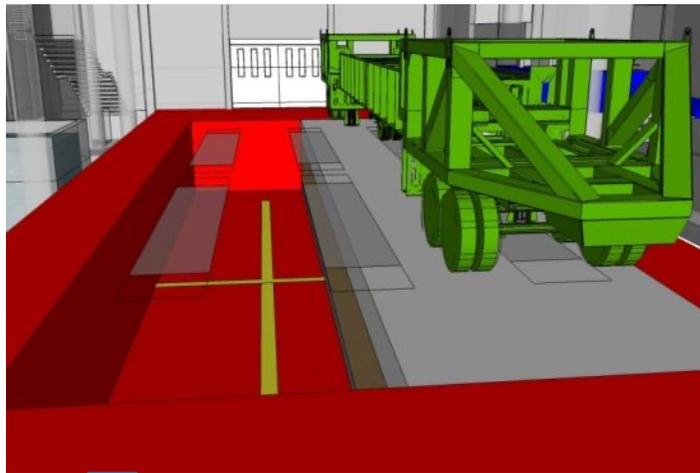


- Perfilómetro laser (Laser profiler)
- Transductores para deformación de pavimentos (PAST)
- Transductores de presión para suelo (SOPT)
- Deflectómetros de profundidad múltiple (MDD)
- Deflectómetro de superficie (RSD)
- Termocuplas



14^{vo} Congreso Iberoamericano de Pavimentos de Concreto

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



5 años iniciales...



Experimento	Ciclos de Carga	ESALs
001 AC1 Thin HMA, CTB, Dry	1 000 000	10 872 709
002 AC4 Thick HMA, CTB, Dry	1 500 000	21 550 195
003 AC2 Thin HMA, GB, Dry	1 000 000	9 350 461
004 AC3 Thick HMA, GB, Dry	1 580 000	17 415 031
002 B Demarcation	210 000	210 000
005AC1BA	20 000	20 000
006AC2BA	30 000	30 000
007 AC2 Thin HMA, GB, Wet	270 000	270 000
008 AC1 Thin HMA, CTB, Wet	350 000	536 340
009 AC4 Thick HMA, CTB, Wet	2 520 000	9 240 234
010 AC3 Thick HMA, GB, Wet	1 300 000	1 300 000
010 B Pavement markers	60 000	60 000
011 Pavers	20 000	109 803
<u>Total</u>	<u>9 860 000</u>	<u>70 964 772</u>

5 años iniciales...



Experimento	Ciclos de Carga	ESALs
001 AC1 Thin HMA. CTB. Dry	1 000 000	10 872 709
70E6		
011 Pavers	20 000	109 803
<u>Total</u>	<u>9 860 000</u>	<u>70 964 772</u>



14^{vo} Congreso Iberoamericano
de Pavimentos de Concreto

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

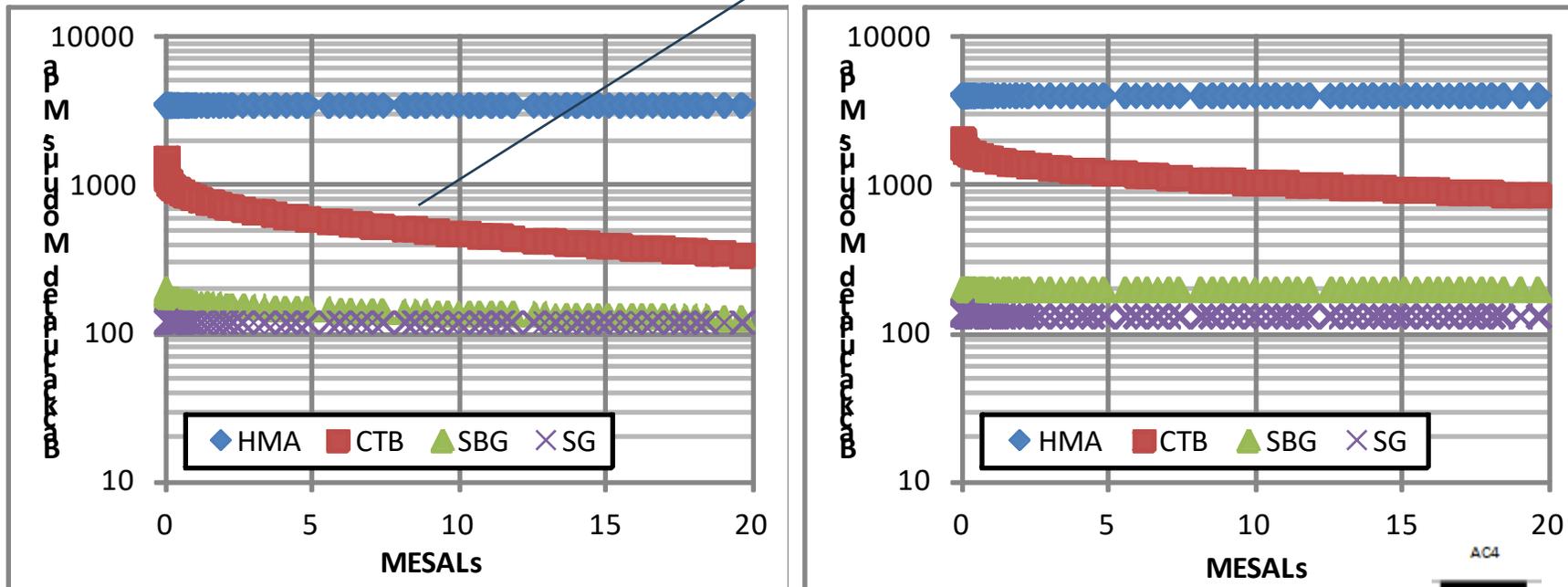
Adoquines



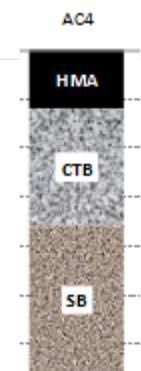
Respuestas → Pérdida de módulo de rigidez



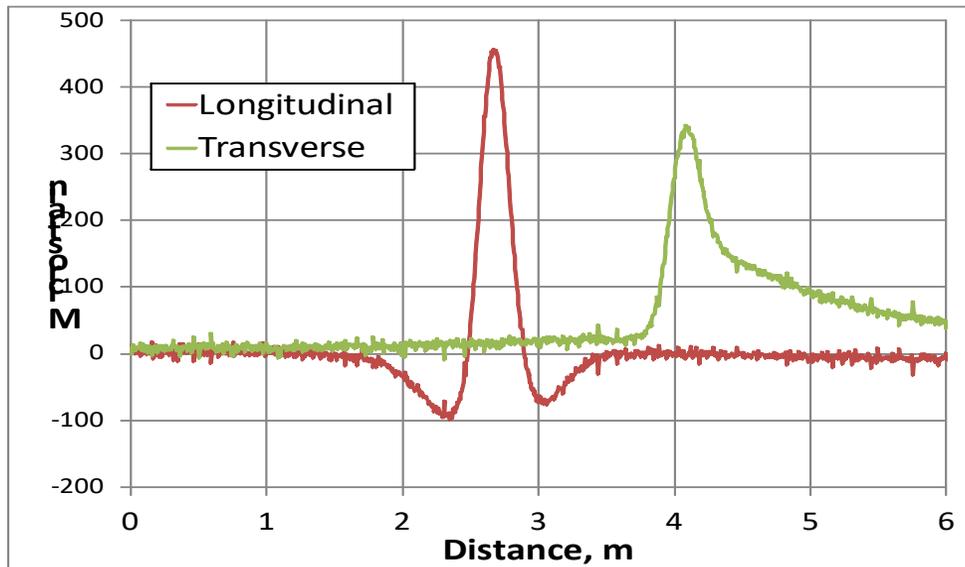
Base estabilizada con cemento



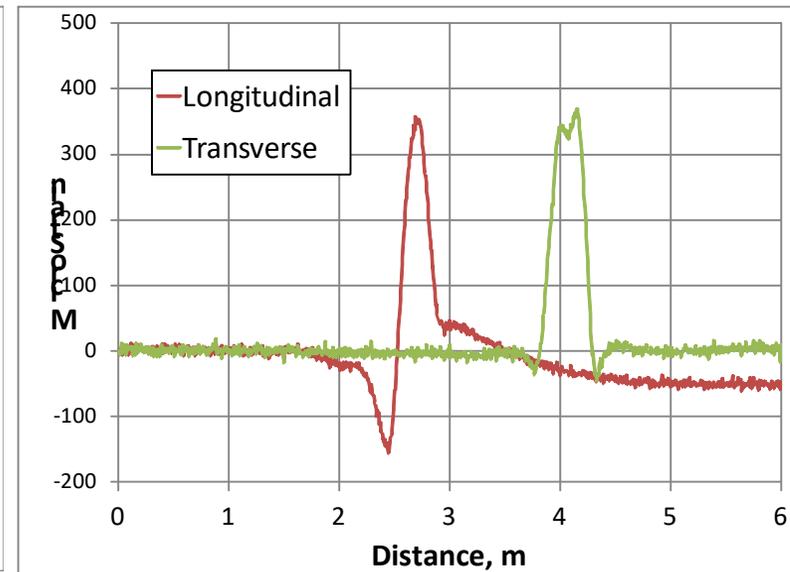
Dos ubicaciones diferentes a lo largo de la línea de centro.



Respuestas → Deformación unitaria



003AC2 @ 2k rep.

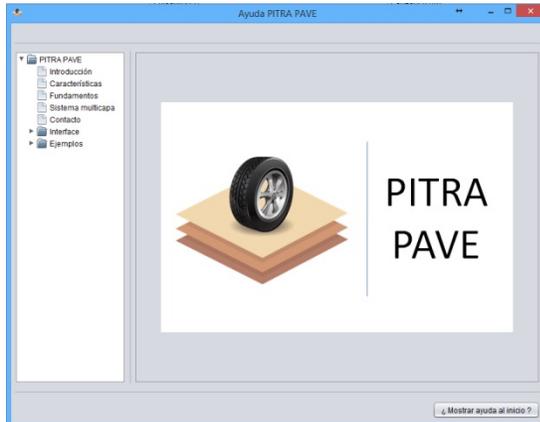


003AC2 @ 1M rep.

Deformaciones unitarias @ 40 kN



MLET



HMA MASTER CURVES SOFTWARE



Construcción de Curvas Maestras
Módulo Dinámico para Mezcla Asfáltica y Asfalto
 Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales
 Universidad de Costa Rica
 Unidad de Materiales y Pavimentos
 Copyright©2013 por el LanammeUCR

AppRIGID

ApRIGID 1.0
 Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales
 LanammeUCR
 Software de análisis de pavimentos rígidos

Análisis individual

Unidades de parámetros de entrada

- Sistema Internacional de Unidades
- Sistema Ingles de unidades

Separación entre juntas [ft][m]	Modulo elástico concreto [ksi][GPa]	Espesor losa [in][cm]	Diferencial térmico [F][C]	Coefficiente subrasante [pci][MPa/m]	Modulo elástico base [ksi][GPa]	Diámetro dovelas [in][cm]	LTE [%]
14.2	3,250.1	11	-14.1	125.2	25.2	1.25	70.4

Calculador

Metodo de análisis

- Regresión lineal múltiple
- Red neural artificial

Análisis Grupal

Unidades de variables de entrada

- Sistema Internacional de Unidades
- Sistema Ingles de unidades

Cargar y Analizar estructuras

Metodo de análisis

- Regresión lineal múltiple
- Red neural artificial

Ayuda del Proceso de Carga

CR-ME 2.0 -EXCEL BASED-

Guía de Diseño de Pavimentos Flexibles CR-ME

Software de Diseño de Pavimentos Flexibles CR-ME v2.0

Estimación de espesores con AASHTO 93

Diseño de pavimentos CR-ME

Elija la estimación de espesores con el método AASHTO 93 para tener un valor inicial de los espesores o empiece el diseño.



PROGRAMA DE INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE
 INTERFAZ GRÁFICA PARA EL DISEÑO MECANÍSTICO EMPÍRICO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN COSTA RICA



Diseño M-E

Los elementos de una guía ME

Tráfico

Clima

Materiales

Suelo /
Subrasante

Funciones de
transferencia

Proyección
de
deterioros

Confiabilidad

Los elementos de una guía ME

Tráfico

Clima

Materiales

Suelo /
Subrasante

Funciones de
transferencia

Proyección
de
deterioros

Confiabilidad

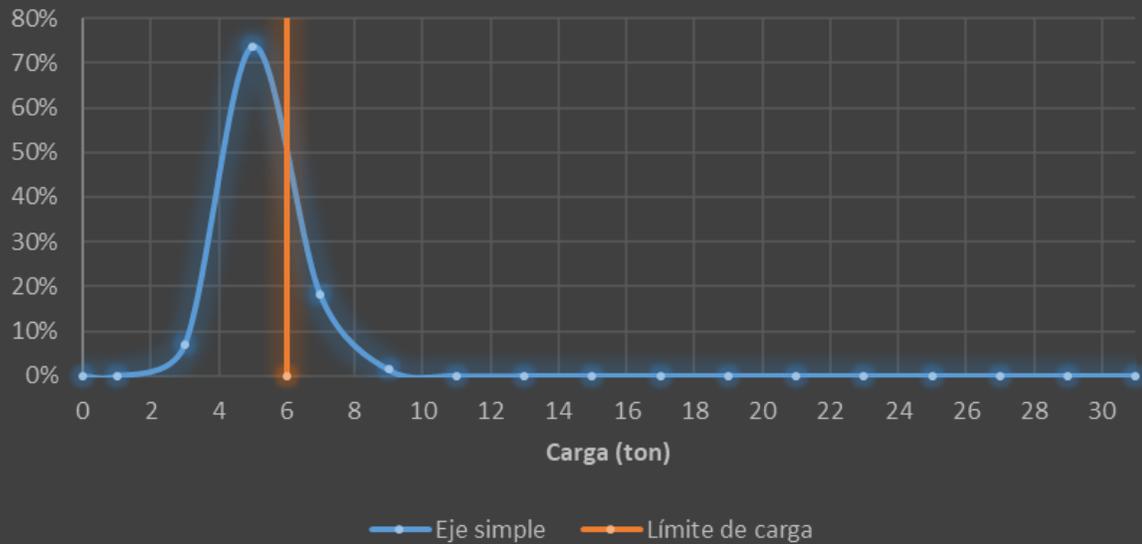
- Inicialmente **ESALs** → **excelente en PCC**
- Determinación de los **factores de carga** calibrados para el país y proyectos específicos
- Progresivamente se pasará a **espectros de carga**



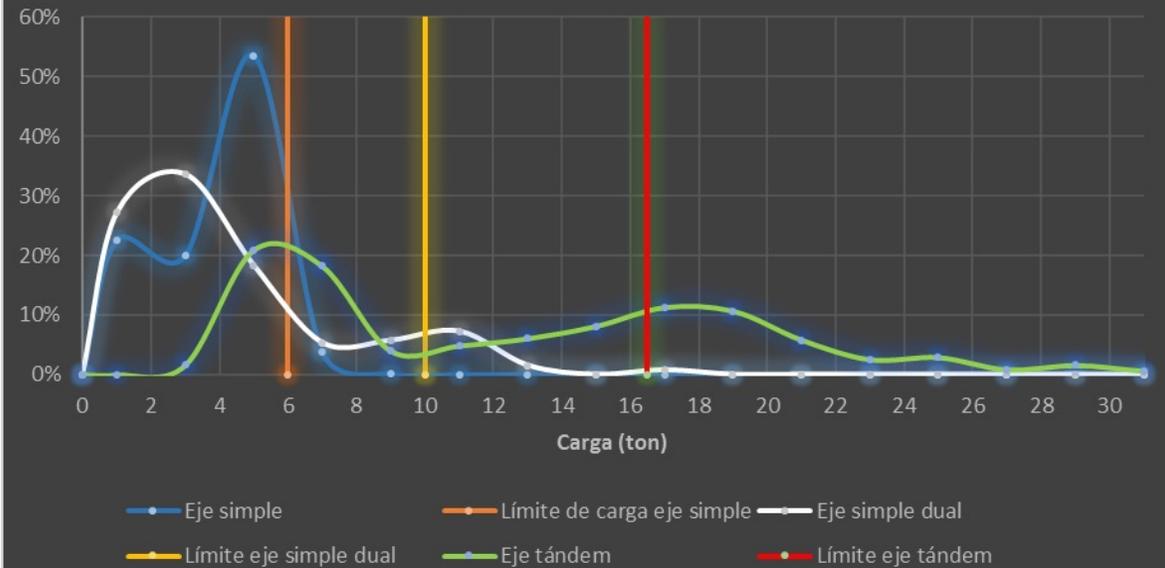
Tráfico → Espectro de carga

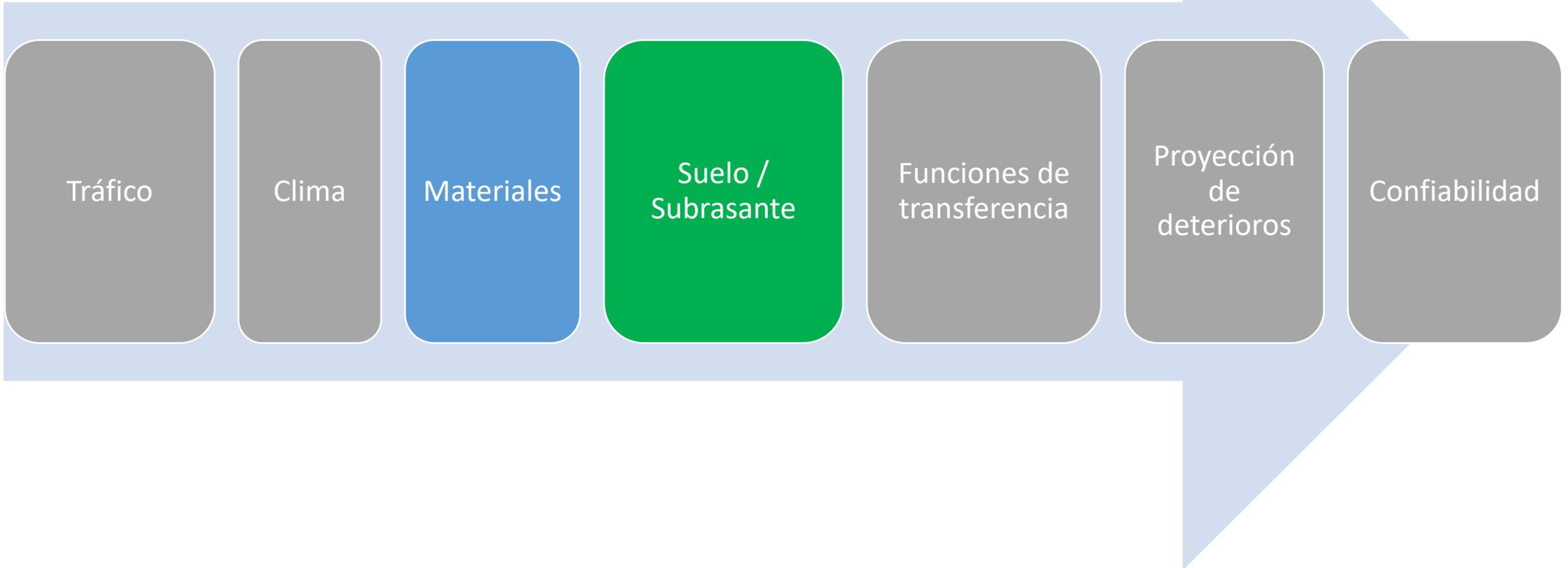


Espectro de carga, eje simple vehiculo C3
Ruta 32, encuesta de carga 2007

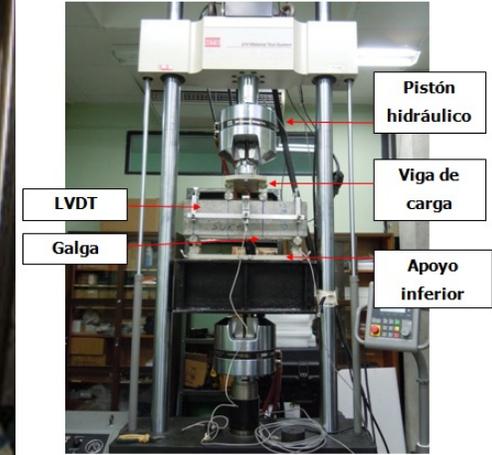


Espectro de carga acumulado
Ruta 32, encuesta de carga 2007





- ✓ Ensayos dinámicos
- ✓ Deflectometría de impacto (FWD)
- ✓ Correlaciones



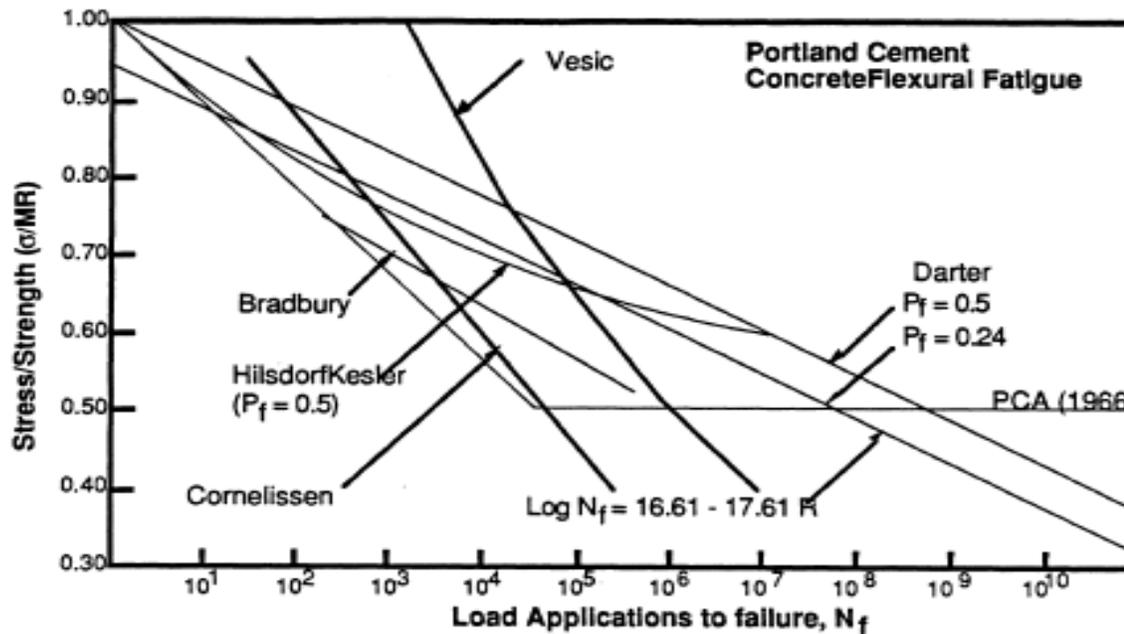
- ✓ Ensayos dinámicos
- ✓ Deflectometría de
(FWD)
- ✓ Com

Qué propiedad de diseño?



Ensayo de fatiga:

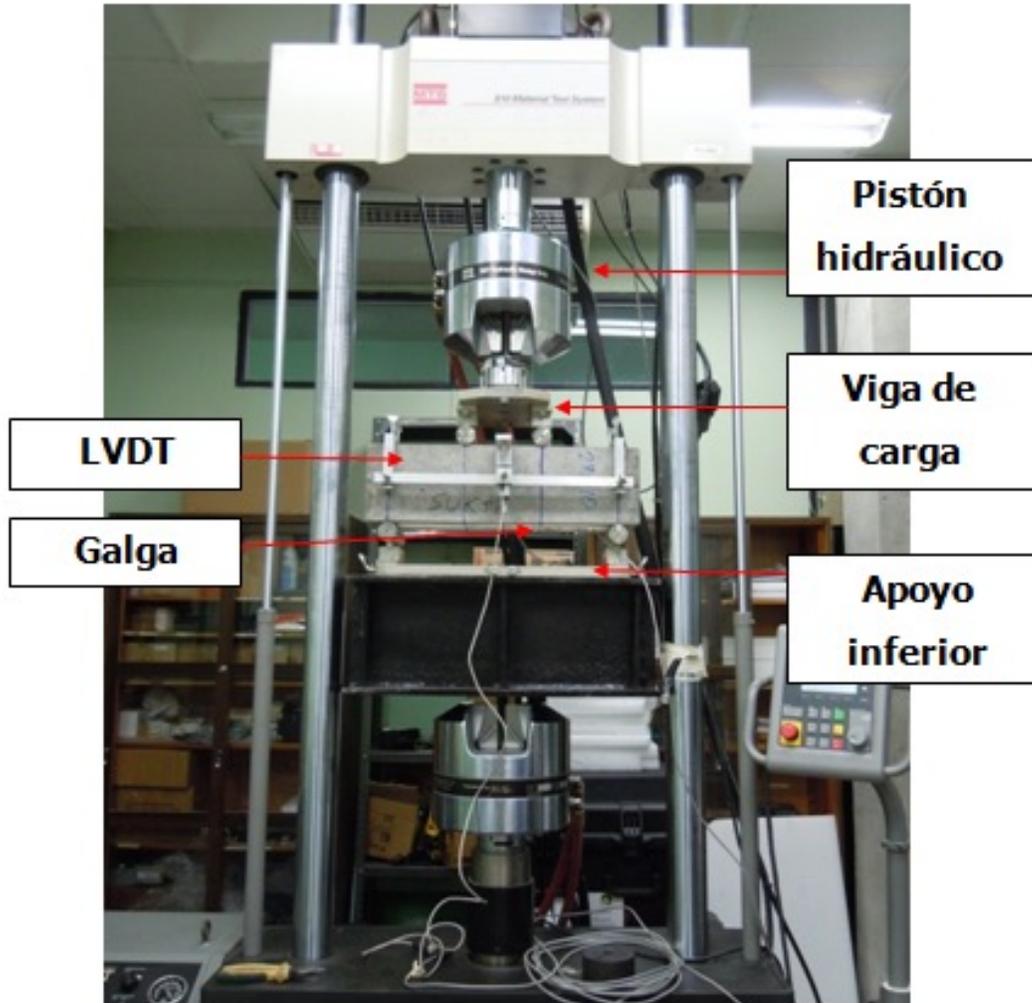
- Relación de esfuerzos



$$SR = \frac{\sigma}{MR}$$

Cuál ley usar?

Figura 22. Relaciones de fatiga
 Fuente: UMTRI, 1992

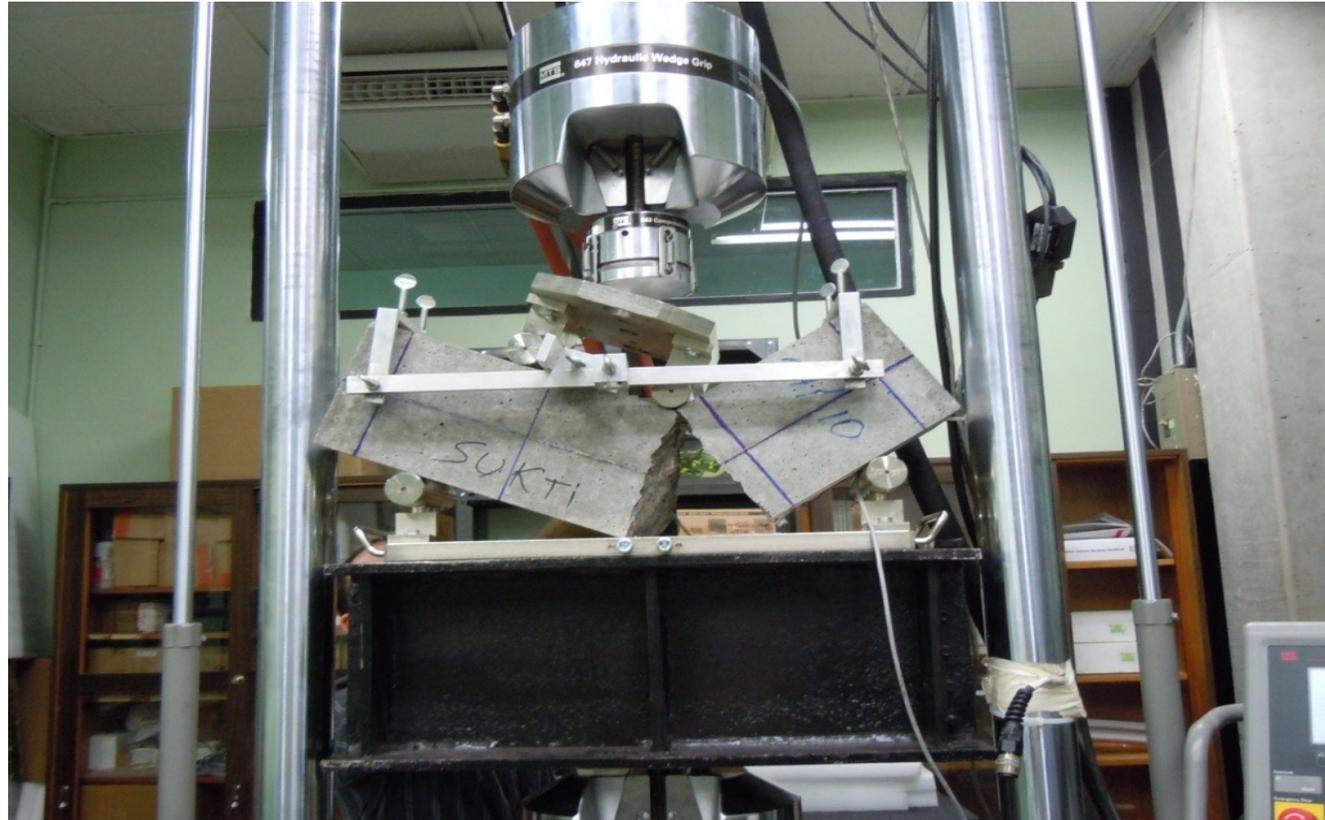


Austroads,
2012

• **Equipo:**
Material Test
System MTS
810

Tesis Sukti Monge, 2013

Ensayo de fatiga



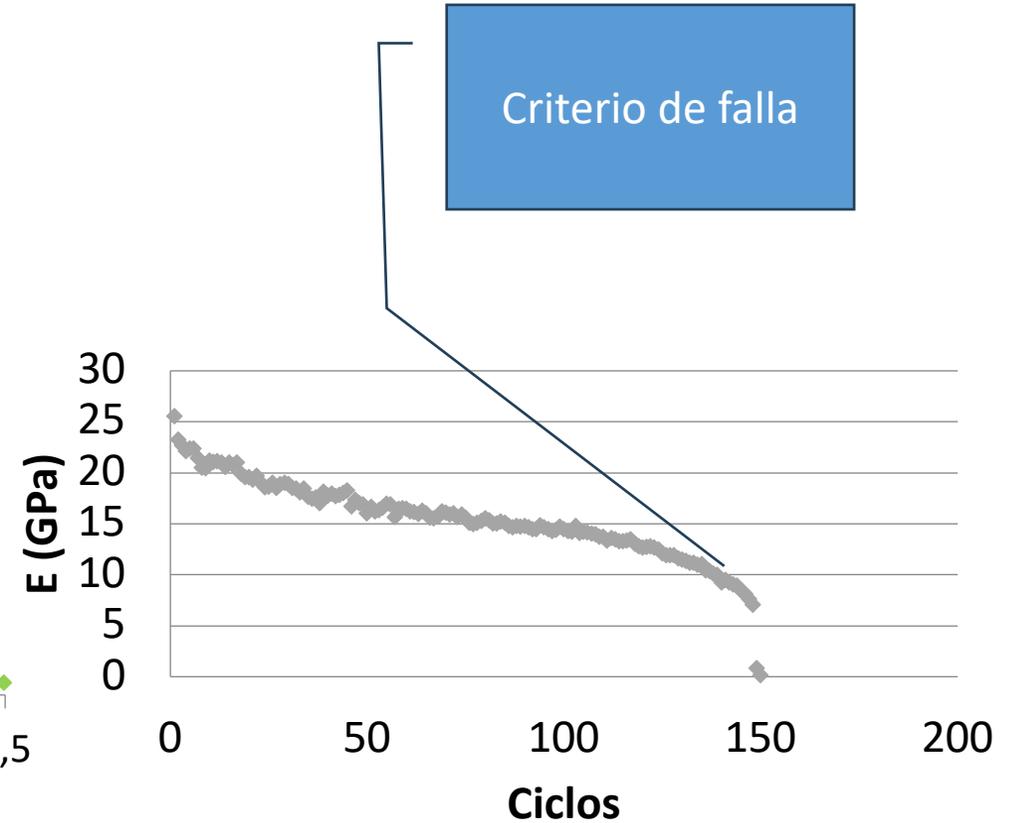
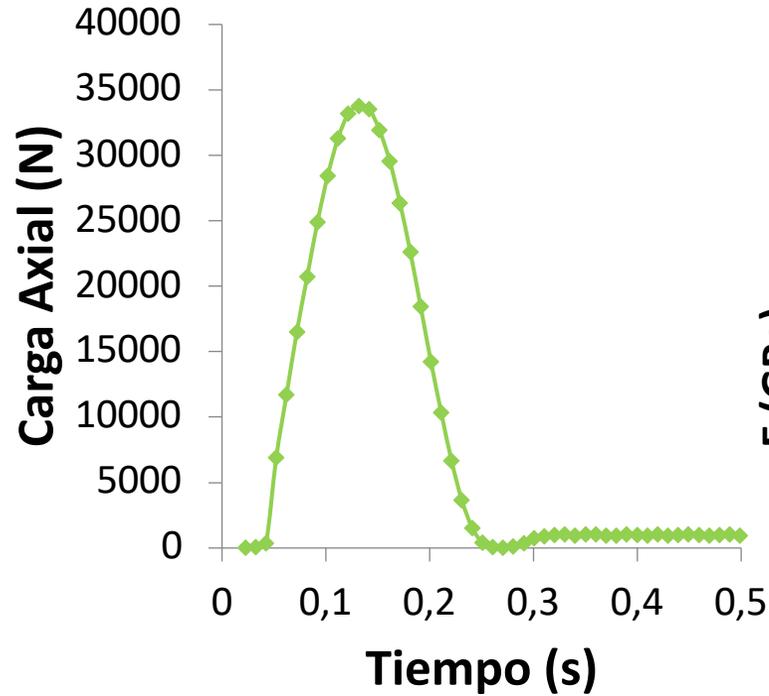


Ensayo de fatiga

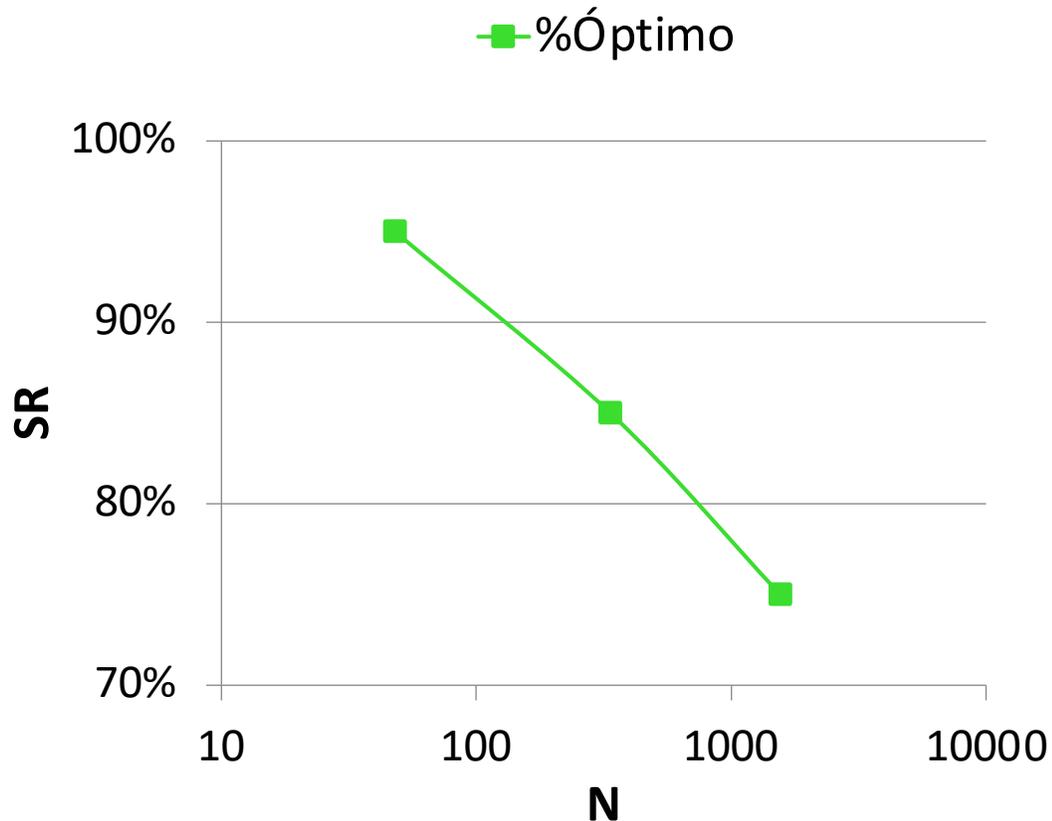


- Carga haversiana
- Pulsos de 0,5 s
250 ms + 250 ms de descanso hasta la falla

SR= 75%
 SR= 85%
 SR= 95%



Ensayo de fatiga



Concreto simple

$$\text{Log}(N) = \text{Log}(5,451) - 24,6 \cdot \text{Log}(SR)$$

Concreto con fibra

$$\text{Log}(N) = \text{Log}(25,21) - 14,6 \cdot \text{Log}(SR)$$



14^{vo} Congreso Iberoamericano
de Pavimentos de Concreto

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



Materiales → Granulares y Suelos

$$M_R = \frac{\sigma_d}{\epsilon_r}$$

Desarrollo de modelos:

Ecuación constitutiva **no lineal de módulo
resiliencia triaxial** 5 suelos de subrasante y 5
bases granulares.

$$M_r = k_1 \left(\frac{\theta}{Pa} \right)^{k_2} \left(\frac{\tau_{oct}}{Pa} \right)^{k_3}$$

Mr calibrado por región

$$M_r = a CBR^b$$

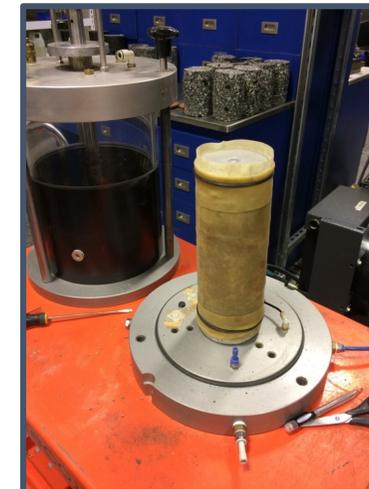


Materiales → Granulares y Suelos

$$\varepsilon_{PGB} = 10^{-5.239} * N^{0.265} * \sigma_d^{1.025} * \sigma_3^{0.147} * \%w^{1.642}$$
$$\varepsilon_{PSG} = 10^{-11.424} * N^{0.229} * \sigma_d^{0.839} * \sigma_3^{-0.266} * \%w^{6.677}$$



Leiva et at, 2016





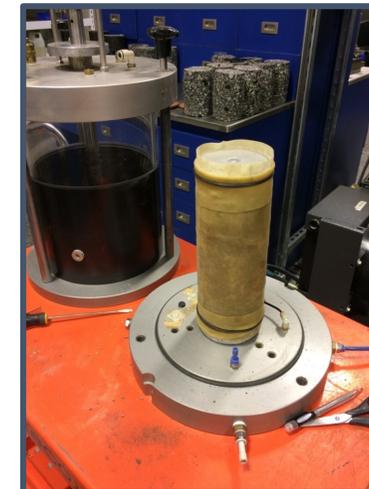
14^{vo} Congreso Iberoamericano
de Pavimentos de Concreto

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



Materiales → Granulares y Suelos

Fórmula	Condiciones
$M_R = 1177,8 * P_a * \left(\frac{\theta}{P_a}\right)^{0,047} * \left(\frac{\tau_{oct}}{P_a} + 1\right)^{0,881}$	Humedad (seca): 13,73%
$M_R = 1257,4 * P_a * \left(\frac{\theta}{P_a}\right)^{0,145} * \left(\frac{\tau_{oct}}{P_a} + 1\right)^{-0,389}$	Humedad (óptima): 32,45%
$M_R = 802,4 * P_a * \left(\frac{\theta}{P_a}\right)^{0,209} * \left(\frac{\tau_{oct}}{P_a} + 1\right)^{-1,794}$	Humedad (saturada): 35,74%
$M_R = 1126,8 * P_a * \left(\frac{\theta}{P_a}\right)^{0,101} * \left(\frac{\tau_{oct}}{P_a} + 1\right)^{0,026}$	Humedad (seca): 11,50%
$M_R = 1032,2 * P_a * \left(\frac{\theta}{P_a}\right)^{0,214} * \left(\frac{\tau_{oct}}{P_a} + 1\right)^{-0,767}$	Humedad (óptima): 32,71%
$M_R = 934,9 * P_a * \left(\frac{\theta}{P_a}\right)^{0,198} * \left(\frac{\tau_{oct}}{P_a} + 1\right)^{-3,306}$	Humedad (saturada): 38,06%



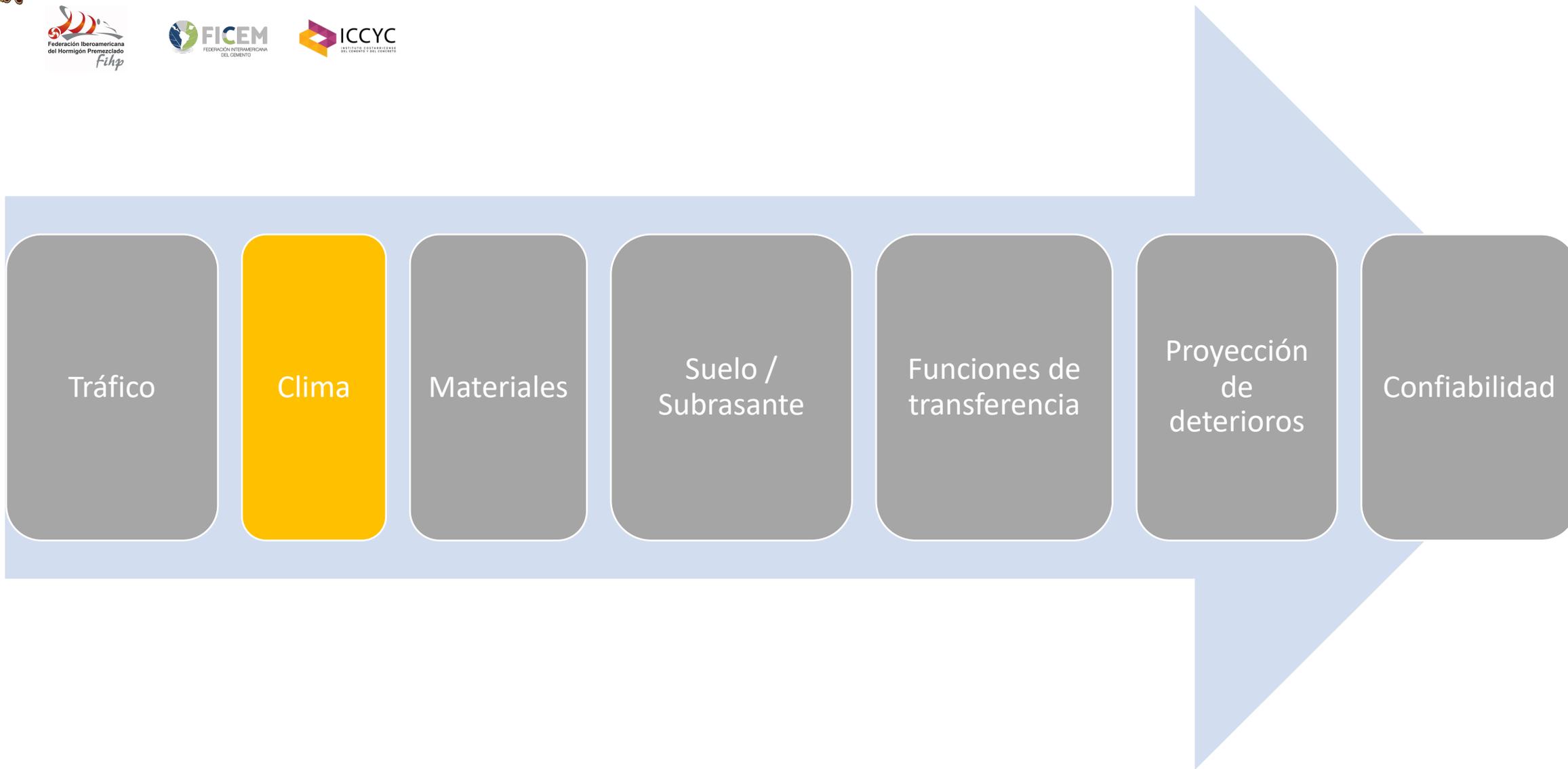


14^{vo} Congreso Iberoamericano
de Pavimentos de Concreto

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



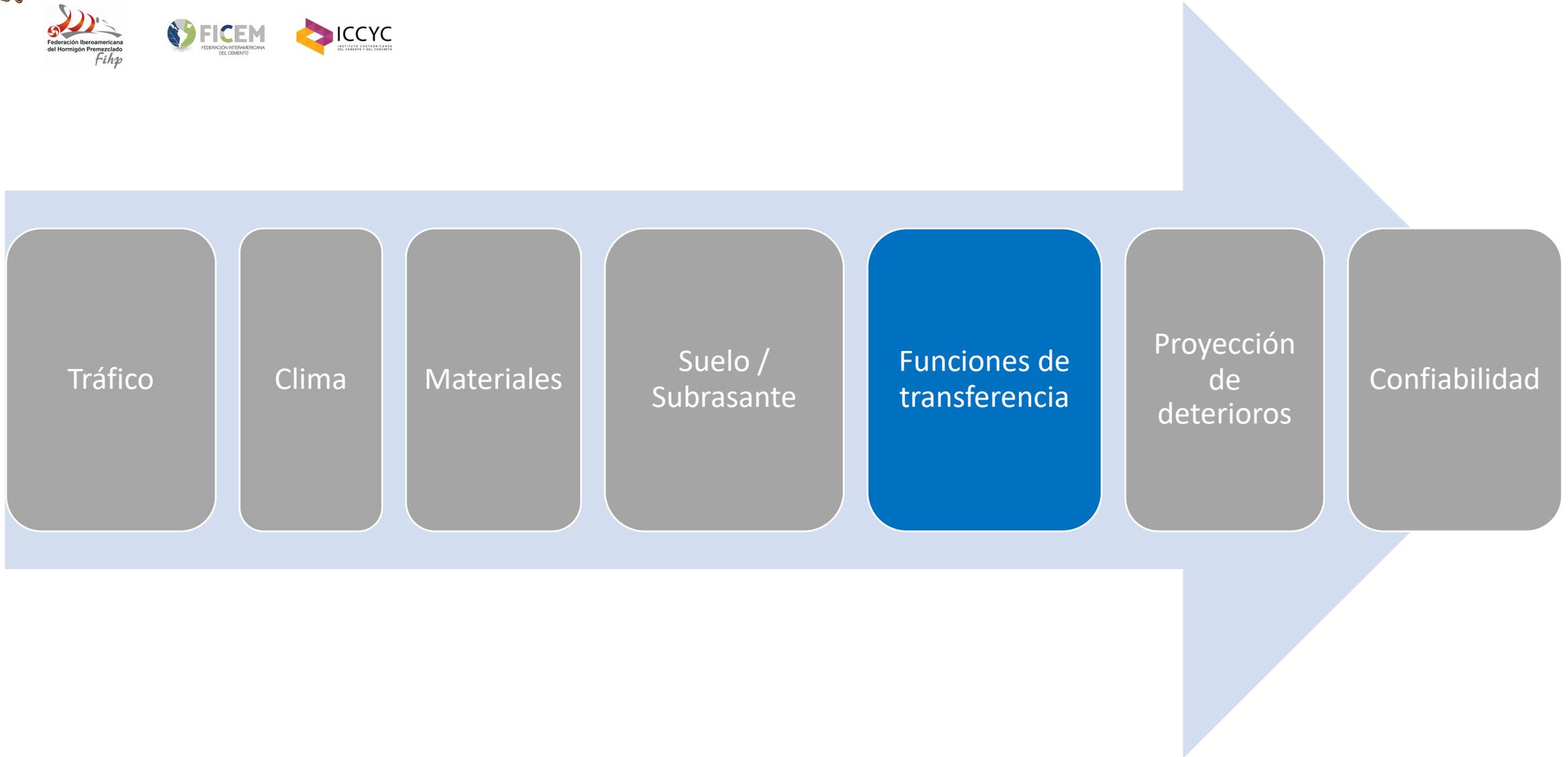
Los elementos de una guía ME



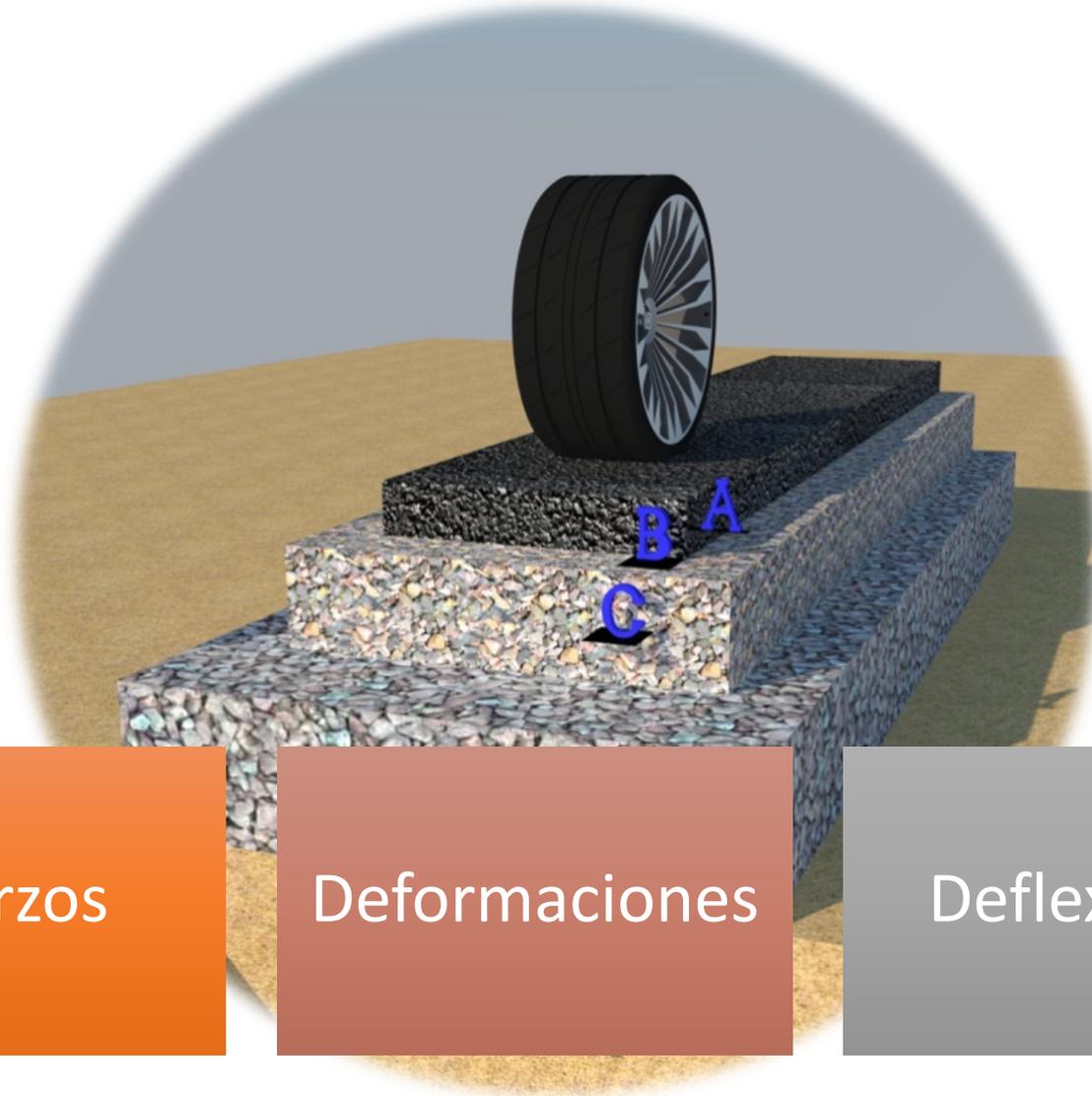
Variables de entrada Clima

Mes	Índice de humedad de Thornwaite	Temperatura promedio mensual (°C)
Enero	22.7	22.1
Febrero	321.1	21.5
Marzo	-21.0	23.0
Abril	-41.1	23.7
Mayo	37.7	24.1
Junio	182.4	23.2
Julio	138.2	22.6
Agosto	85.4	23.2
Setiembre	22.1	23.2
Octubre	214.4	23.2
Noviembre	300.3	22.5
Diciembre	124.3	21.9

Los elementos de una guía ME



Modelo de análisis y funciones de transferencia



Esfuerzos

Deformaciones

Deflexiones



Multicapa elástica

- MAC

FEM

- MAC-PCC

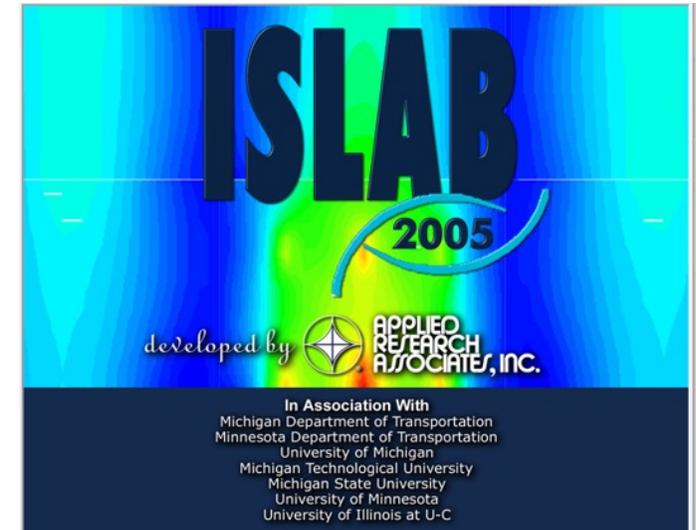
Visco-elasticidad lineal

- MAC-Casos especiales

Análisis de daño incremental



Análisis de daño incremental-
recursivo



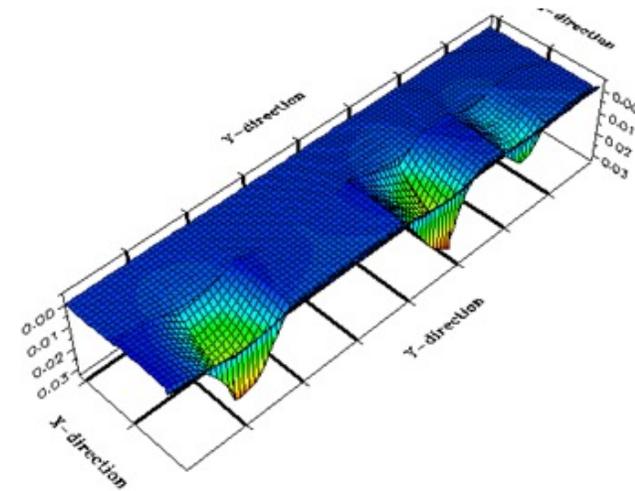
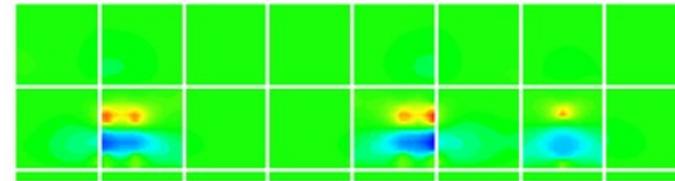
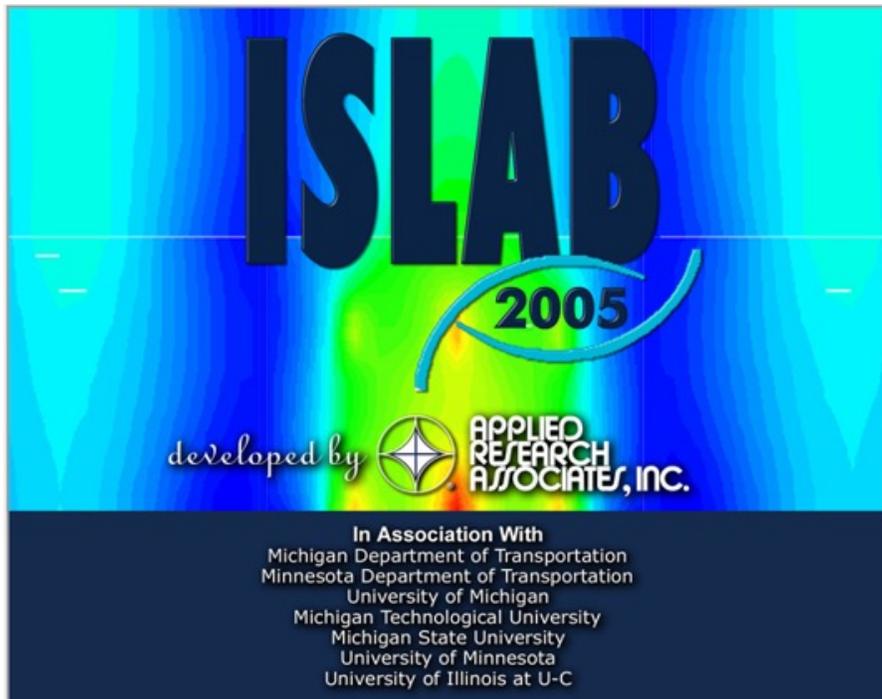
Modelo de análisis

FEM (elemento finito)

- Redes neurales artificiales
- Big Data / IA

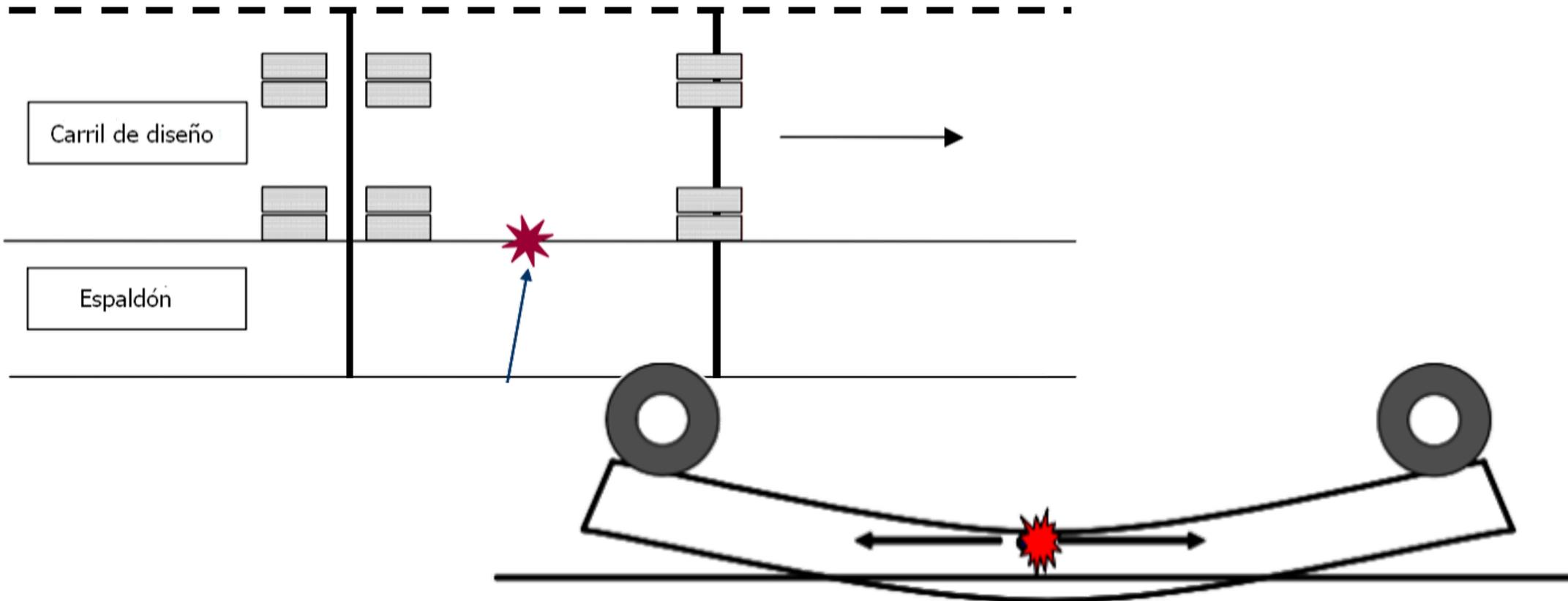
Modelo de análisis

FEM (elemento finito)



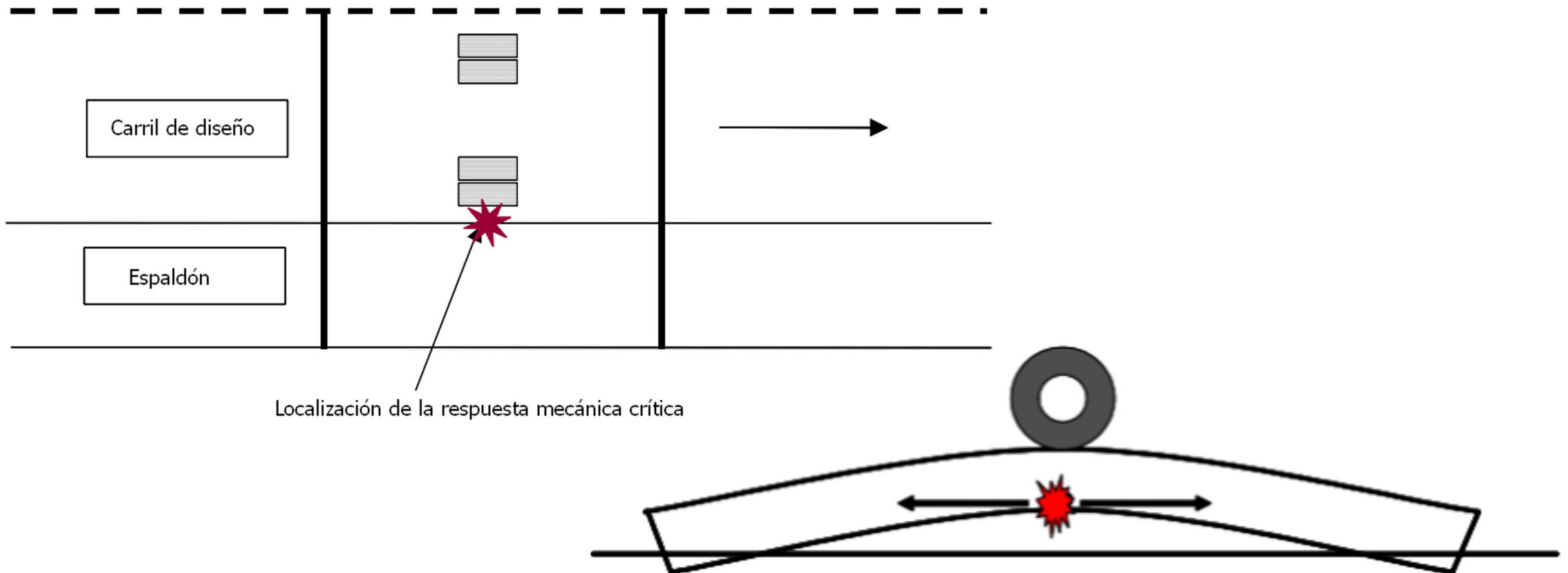
Respuestas mecánicas

Esfuerzo longitudinal a tracción en la superficie



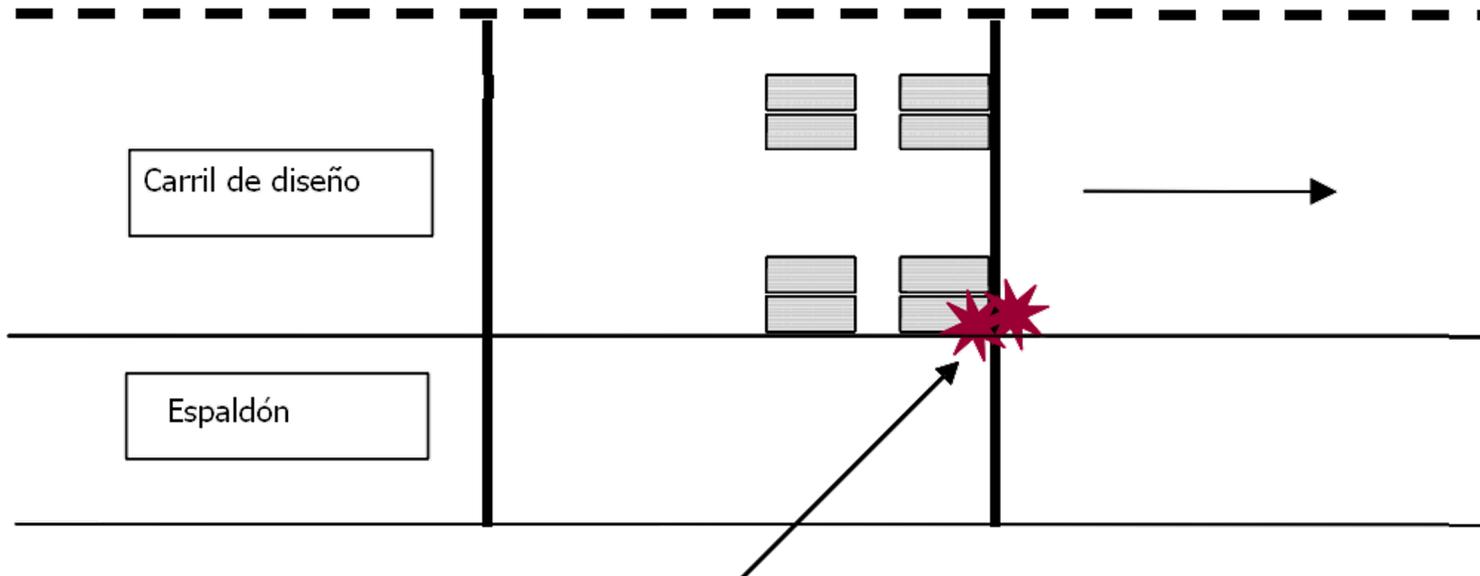
Respuestas mecánicas

Esfuerzo longitudinal a tracción en la base

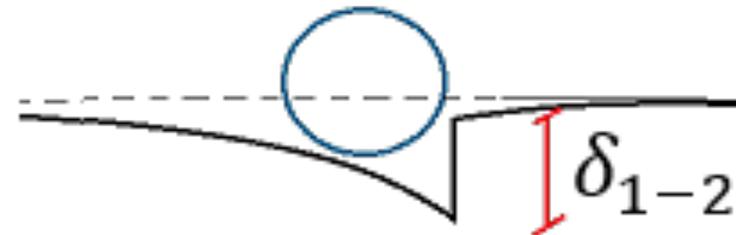


Respuestas mecánicas

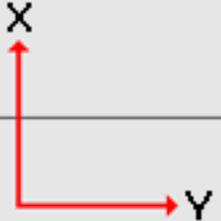
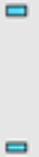
Deflexiones diferenciales entre losas contiguas



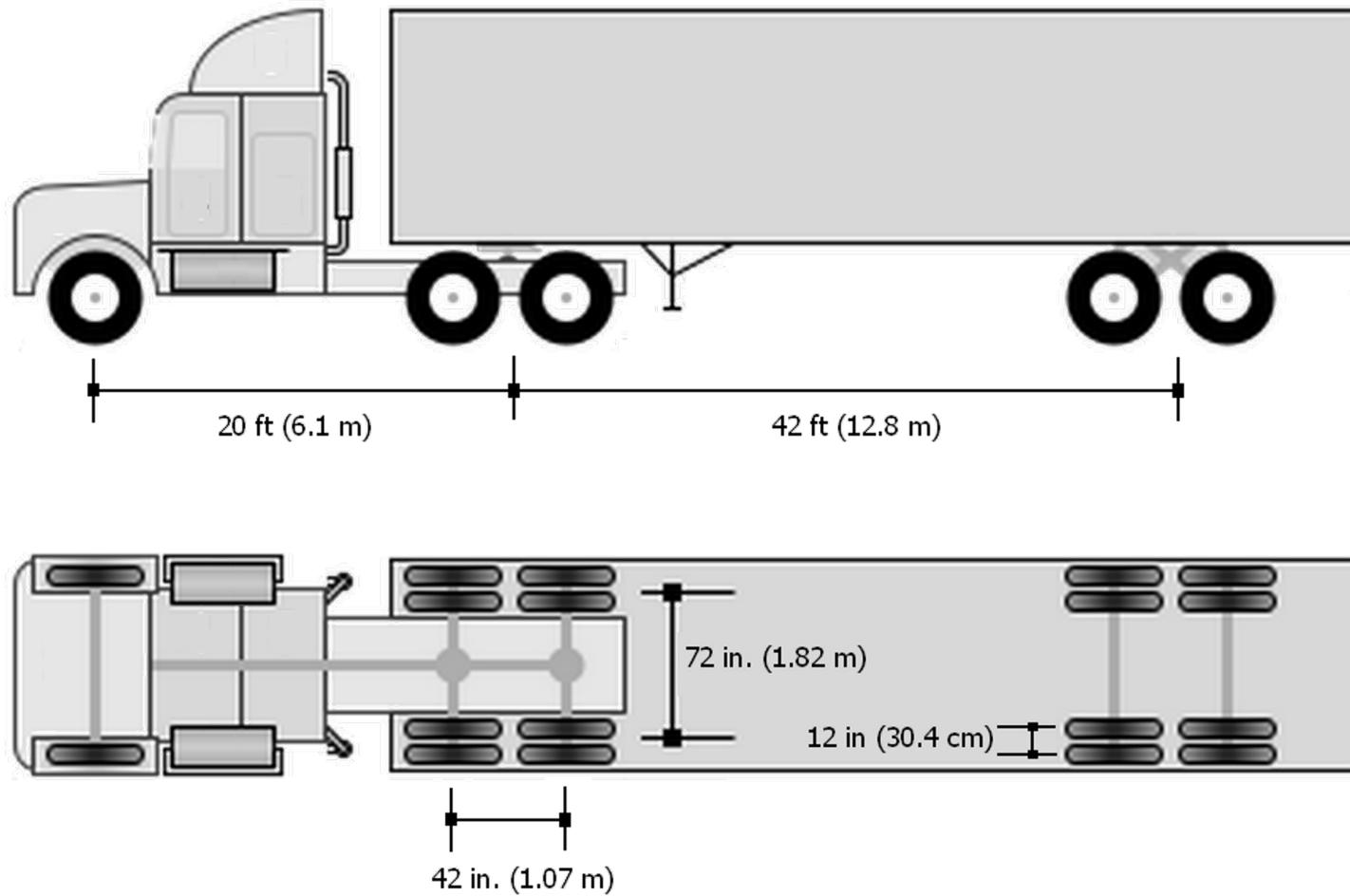
Localización de respuesta mecánica crítica



Definición de estructuras

Definición de estructuras



App Rigid

APAVI 1.0

Archivo Ayuda


Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales LanammeUCR
 Software de análisis de pavimentos rígidos

Análisis individual

Unidades de parámetros de entrada
 Sistema Internacional de Unidades
 Sistema Ingles de unidades

Separacion entre juntas [ft][m]	Modulo elástico concreto [ksi][GPa]	Espesor losa [in][cm]	Diferencial térmico [F][C]	Coefficente subrasante [pci][MPa/m]	Modulo elástico base [ksi][GPa]	Diámetro dovelas [in][cm]	LTE [%]
14,2	3.250,1	11	-14,1	125,2	25,2	1,25	70,4

Calcular

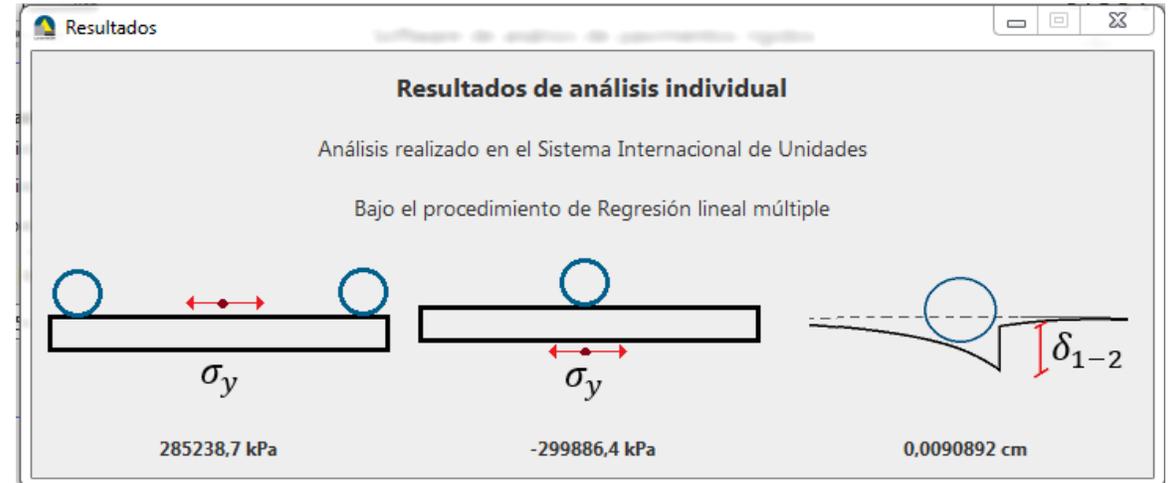
Análisis Grupal

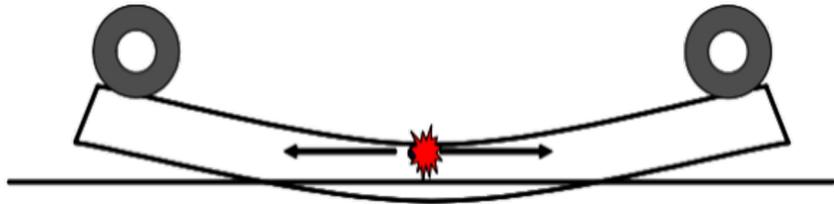
Unidades de variables de entrada
 Sistema Internacional de Unidades
 Sistema Ingles de unidades

Cargar y Analizar estructuras

Metodo de análisis
 Regresión lineal múltiple
 Red neuronal artificial

Ayuda del Proceso de Carga

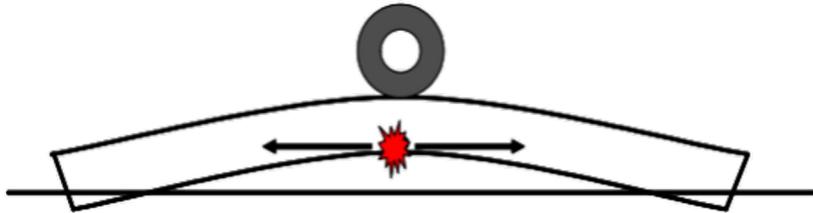




- Redes neurales artificiales
- 43000 modelaciones

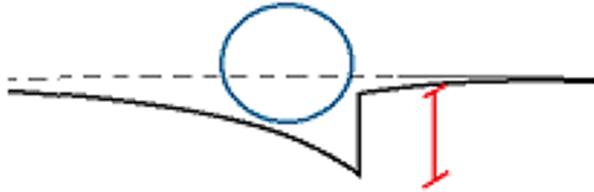
$$\begin{aligned}
 \sigma_{y,s} = & -40.77 + 4.551 * L - 5.128 * \Delta t - 0.435 * LTE - \frac{1.072 * E * L * \Delta t}{1000 * l} + \\
 & + \frac{1}{h^2} \left(-414.61 * L + 943.414 * l - \frac{26.41 * E * l * \Delta t}{1000 * L} \right) + \frac{5.109 * l * \Delta t}{L}
 \end{aligned}$$

$$l = \left(\frac{E * h^3}{k} \right)^{0.25}$$



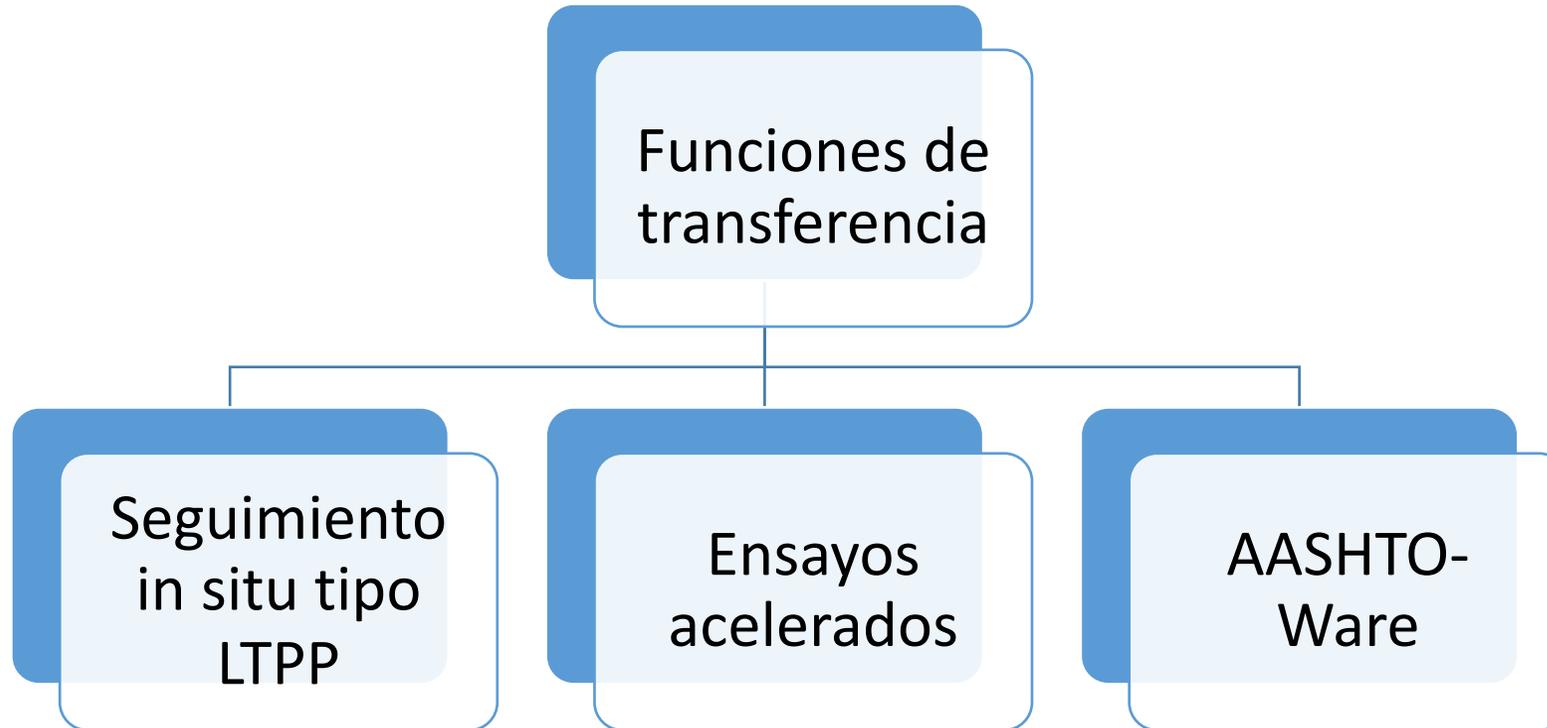
- Redes neurales artificiales
- 43000 modelaciones

$$\begin{aligned}
 \sigma_{y,b} = & 29.942 + 4.046 * \Delta t - 0.338 * LTE + \frac{0.911 * LE\Delta t}{1000 * l} - \frac{3.779 * l\Delta t}{L} \\
 & + \frac{1}{h^2} \left(\frac{21.094 * \Delta t * E}{1000} - 4.478 * E_b - 63.766 * L + 1053.909 * l \right)
 \end{aligned}$$



- Redes neurales artificiales
- 43000 modelaciones

$$\begin{aligned}
 &\delta_{1-2} \\
 &= 5.584 \times 10^{-3} - \frac{4.507 * L}{10^6} - \frac{1.487 * k}{10^6} - \frac{2.494 * \emptyset}{1000} - \frac{18.944 * LTE}{10^6} + \frac{36.059 * l}{10^6} \\
 &+ \frac{3.982 * 1}{l * 1000} + \frac{7.763 * \emptyset * LTE}{10^6} + \frac{34.139 * l^4}{E * h^3 * 1000}
 \end{aligned}$$





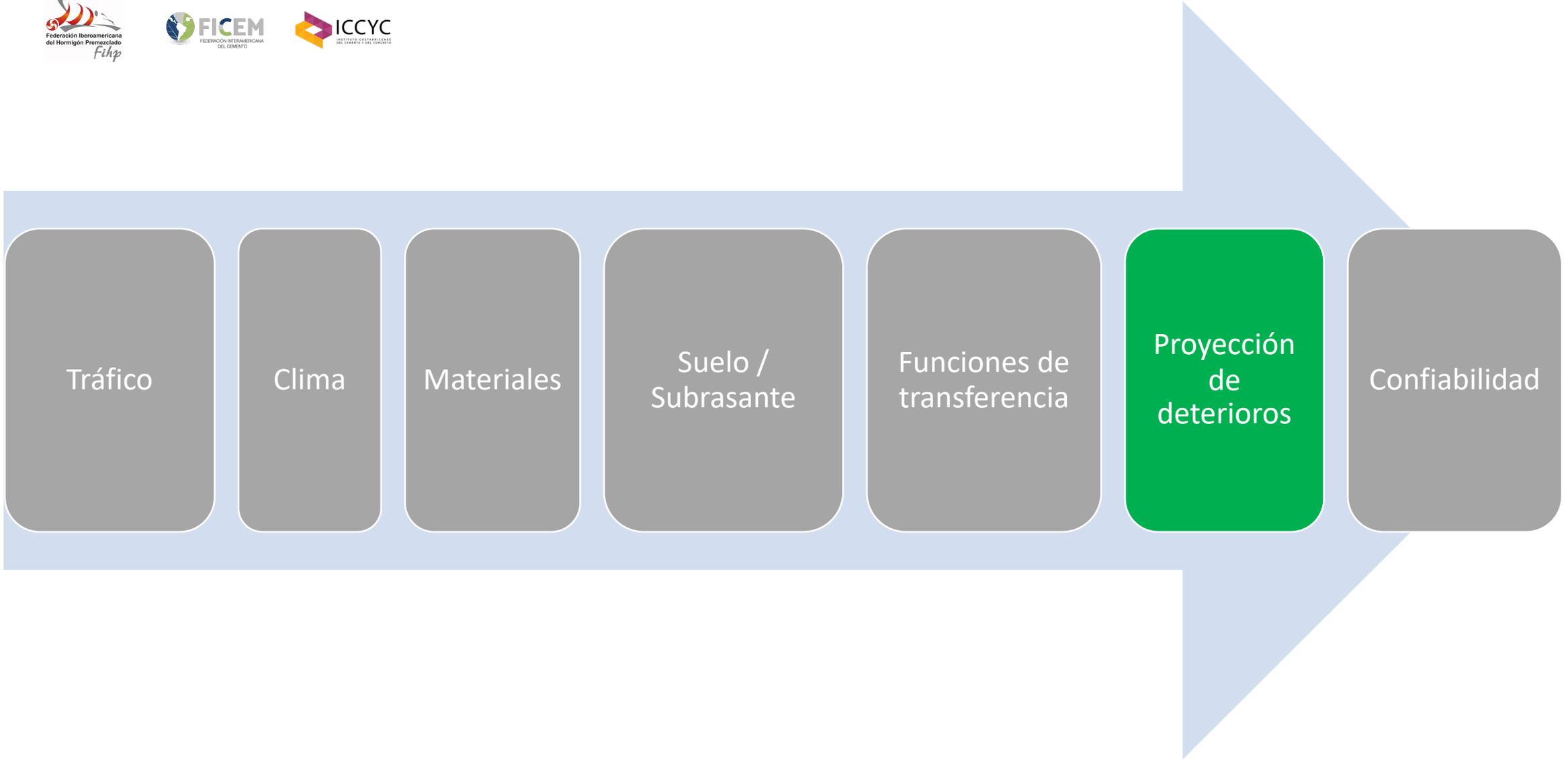
Seguimiento in situ



Funciones de transferencia



Los elementos de una guía ME



Uso Software CR-ME versión beta

The screenshot shows the 'Diseño Mecánico Empírico de Pavimentos Flexibles' software interface. It features a menu bar with 'Archivo', 'Resultado', 'Idioma', and 'Acerca de'. The main area is divided into several sections:

- Proyecto:** Includes input fields for 'Ubicación', 'Identificación del proyecto', 'Identificación de la sección', 'Fecha de la construcción' (set to 18/04/2017), and 'Descripción'.
- Características del proyecto:** Includes input fields for 'Velocidad operacional (km/h)', 'Ancho de carril (m)', and 'Período de diseño (años)'. It also has a checkbox for 'Considerar el efecto del Zigzaguo Lateral' with 'Si' and 'No' options.
- Datos de entrada:** A list of checked categories: Tránsito, Clima, Materiales, and Modelos de desempeño. Below this is a 'DISEÑAR' button.
- Logos:** Logos for PITRA, LanammeUCR, and UNIVERSIDAD DE COSTA RICA are displayed at the bottom.
- PAVELAB CR-ME:** A logo on the right side identifies the software as 'PAVELAB Laboratorio de Pavimentos' and 'CR-ME MÉTODO EMPÍRICO PARA EL DISEÑO MECÁNICO EMPÍRICO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN COSTA RICA'.



Diseño Mecanicista

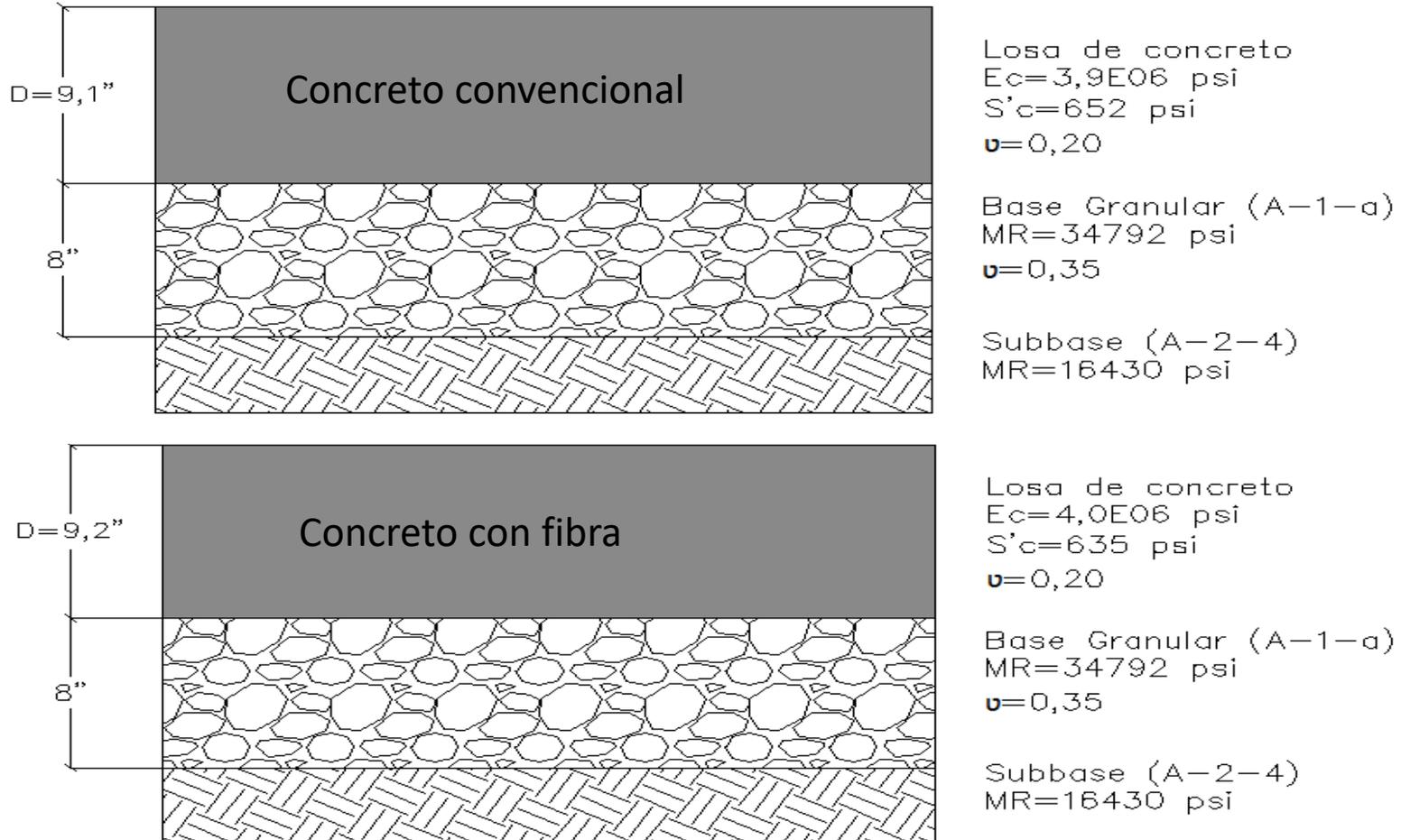


Figura 27. Estructura de pavimento

Modelado en ISLAB2000

- Camión de diseño T3-S2
- 8 losas de (3,5 x 3,5 m) por sentido
- Pavimento JCPC con dovelas transversales
- No se consideró el efecto por temperatura

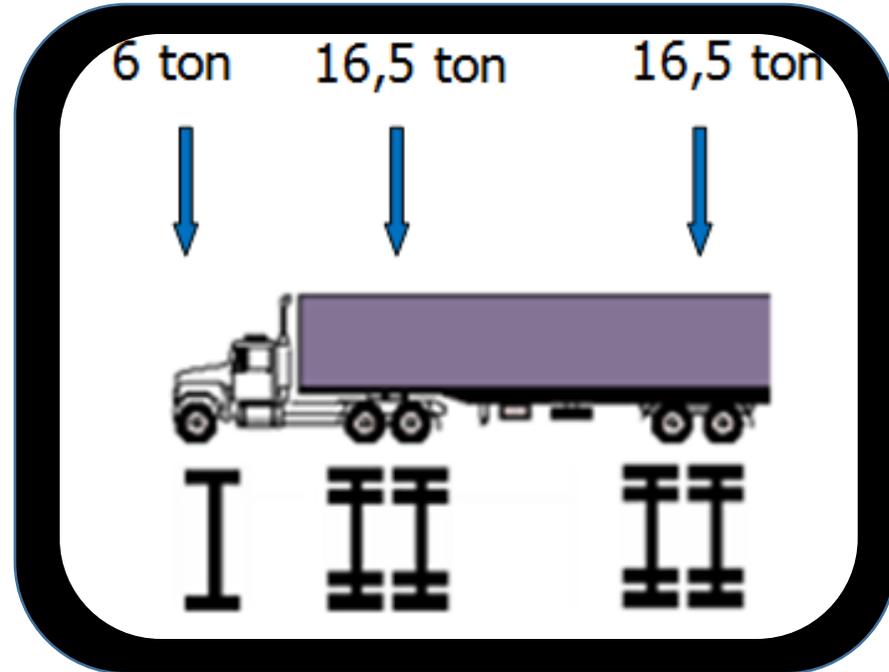
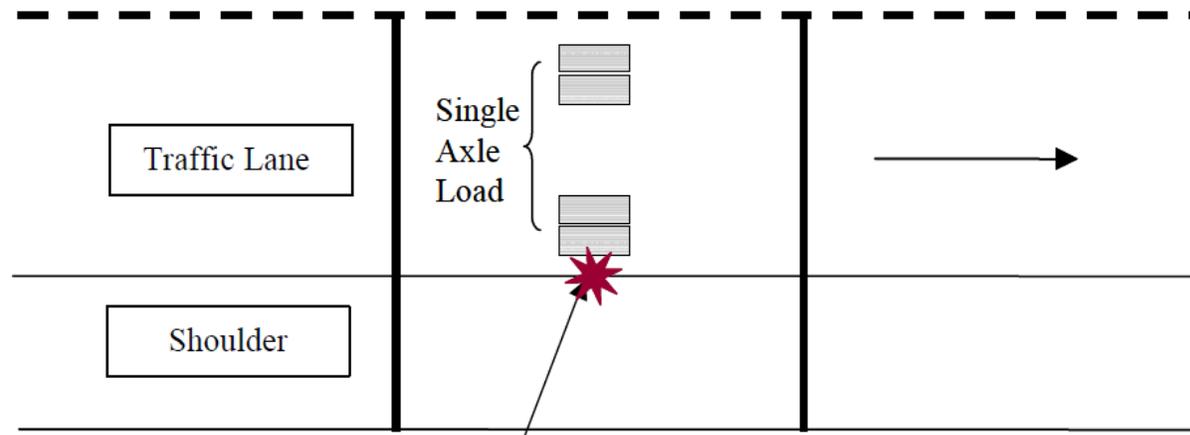


Figura 28. Vehículo de diseño
Fuente: Allen y Badilla, 2011

Criterios de falla



**De abajo
hacia
arriba**

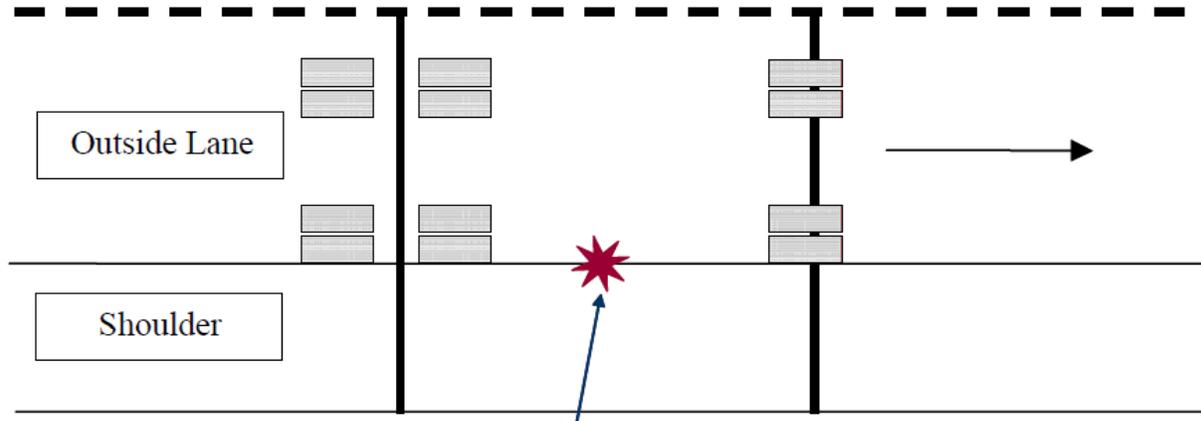
Figura 29. Criterios de falla de la guía MEPDG
Fuente: MEPDG, 2004



Figura 30. $T_{sup} > T_{inf}$



Criterios de falla



De arriba
hacia
abajo

Agrietamiento de arriba para abajo

Fuente: MEPDG, 2004



Figura 32. $T_{inf} > T_{sup}$

Agrietamiento de abajo hacia arriba

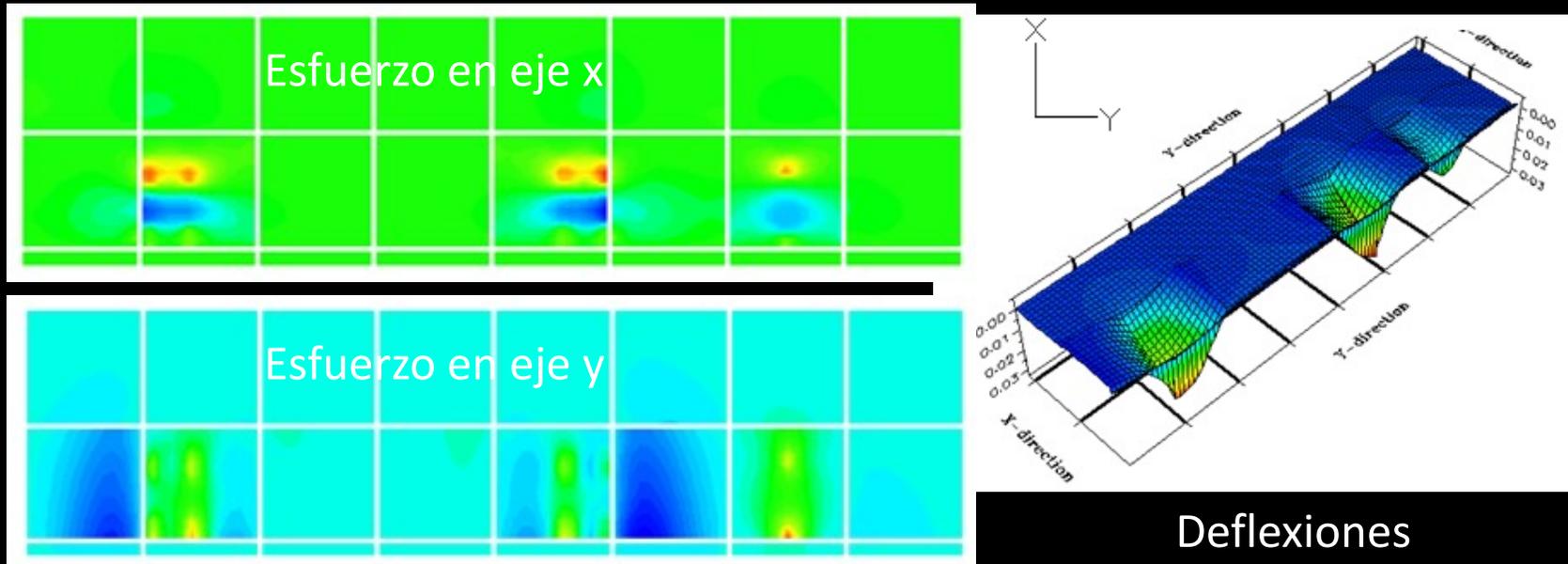


Figura 33. Resultados ISLAB2000

Agrietamiento de arriba hacia abajo

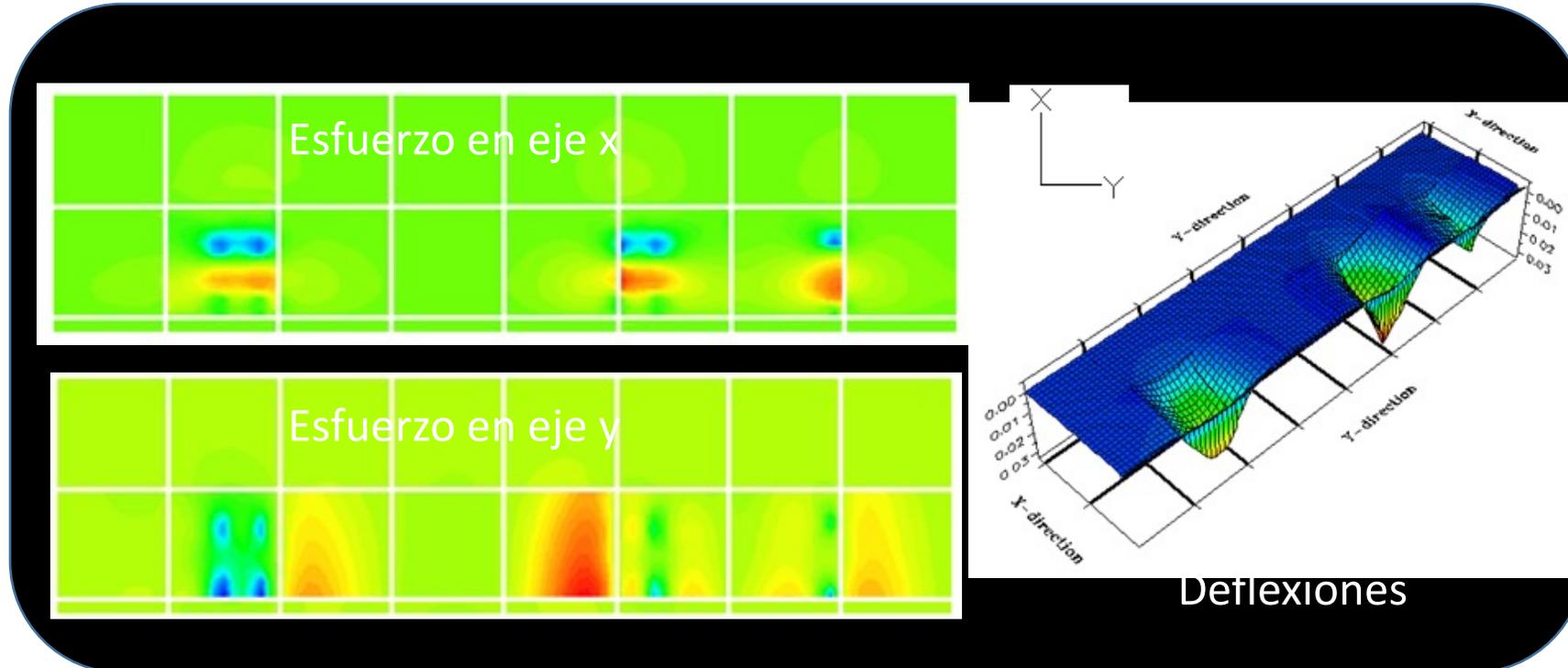


Figura 34. Resultados ISLAB2000

Resultados

Tipo de concreto		Simple		Con Fibra	
Criterio de falla		↑	↓	↑	↓
Esfuerzos	σ_x arriba (psi)	96,1	94,6	94,7	92,9
	σ_x abajo (psi)	117,7	117,3	116,3	115,7
	σ_y arriba (psi)	111	120,3	110,3	119,2
	σ_y abajo (psi)	243	198,7	240,4	197,8
Deflexión	Máxima (in)	2,90E-02	3,07E-02	2,86E-02	3,03E-02
	Mínima (in)	-3,18E-03	-3,09E-03	-3,23E-03	3,15E-03
SN	Relación de esfuerzos	0,37	0,18	0,38	0,19
N_{fatiga}	Repeticiones Admisibles	2,0E+11	6,44E+18	3,67E+07	1,02E+12
N_{MEPDG}		1,3E+07	1,6E+16	-	-



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



GRACIAS

Ing. Luis Guillermo Loría Salazar
Universidad Isaac Newton
Mat-Tech Ingeniería y Ciencia de Materiales
lgloria27@gmail.com

