



**LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES**

Implementación del Pavelab

Luis Guillermo Loria S., MSc, PhD.

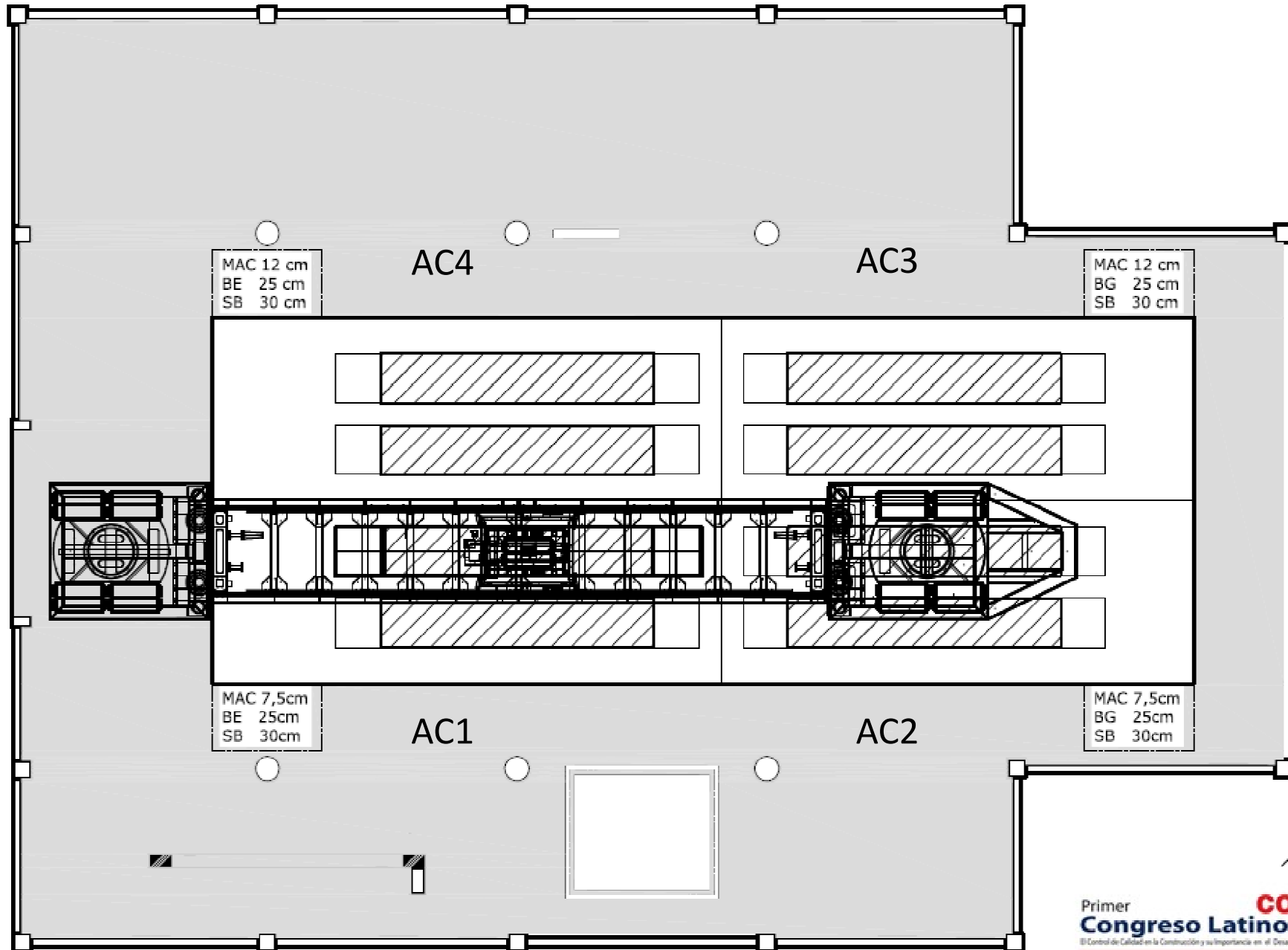
Coordinador General, PITRA-LanammeUCR

@Igloria27

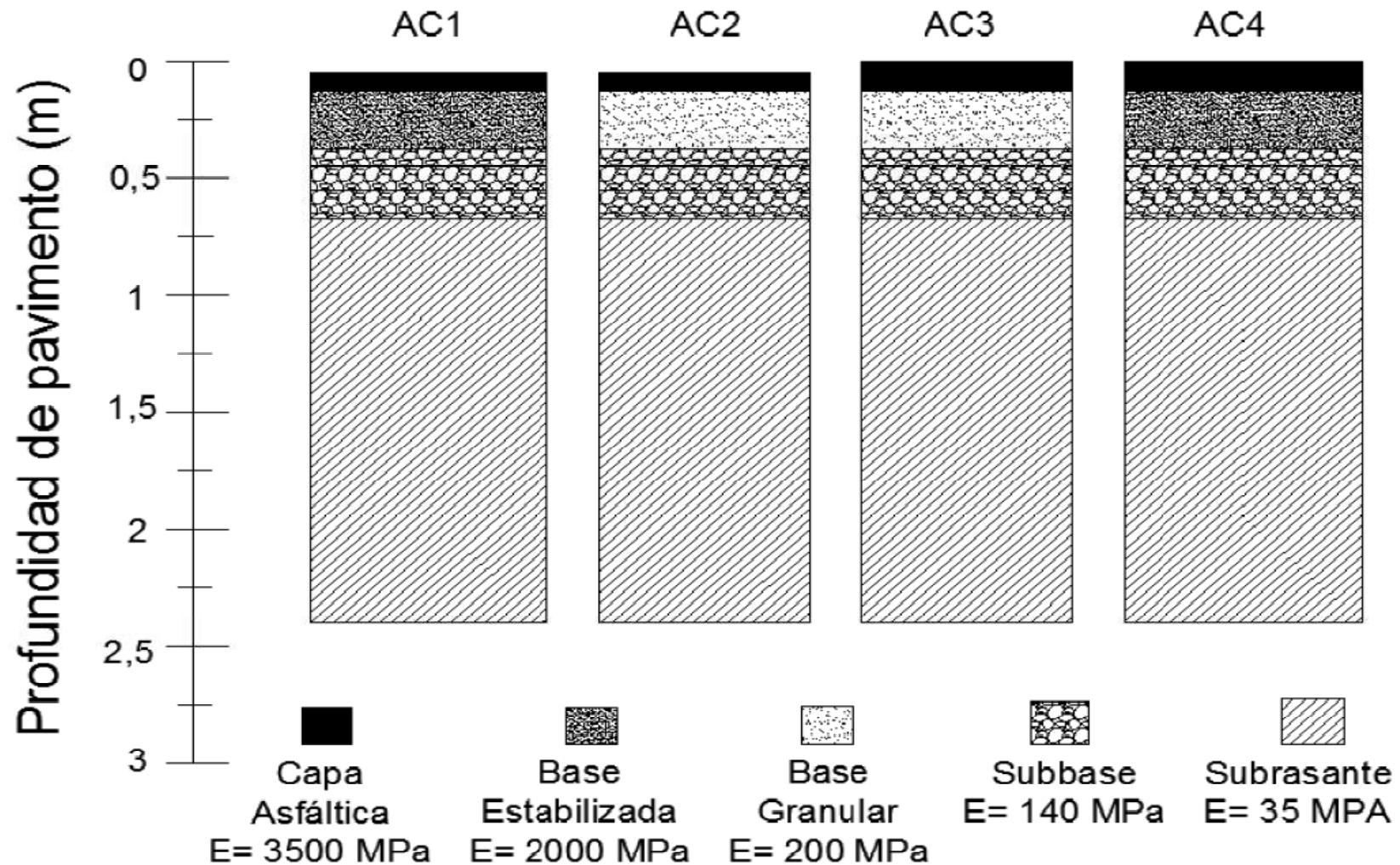
Fase I. *Experimento*

- **Cuatro** estructuras diferentes de pavimento
 - **Ocho** Secciones
- Comparación
 - Capas **gruesas** – Capas **delgadas**
 - Base **granular** – Base **estabilizada**
- Evaluación de **prácticas constructivas**

Fase I. *Experimento*



Fase I. *Experimento*



Instrumentación

Perfilómetro
laser

Transductores
de deformación
(PAST)

Transductores
de presión
(SOPT)

Deflectómetros
de profundidad
múltiple (MDD)

Medidor de
actividad de
grieta (CAM)

Deflectómetros
superficiales
(RSD)

Termocuplas

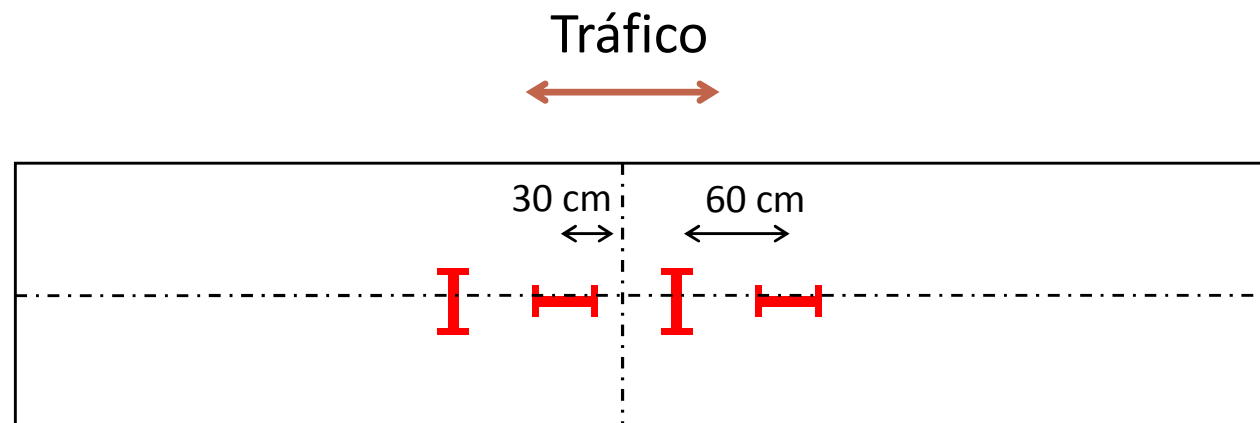
Subrasante



Transductores de deformación



PAST (Secciones AC2 y AC3 solamente)

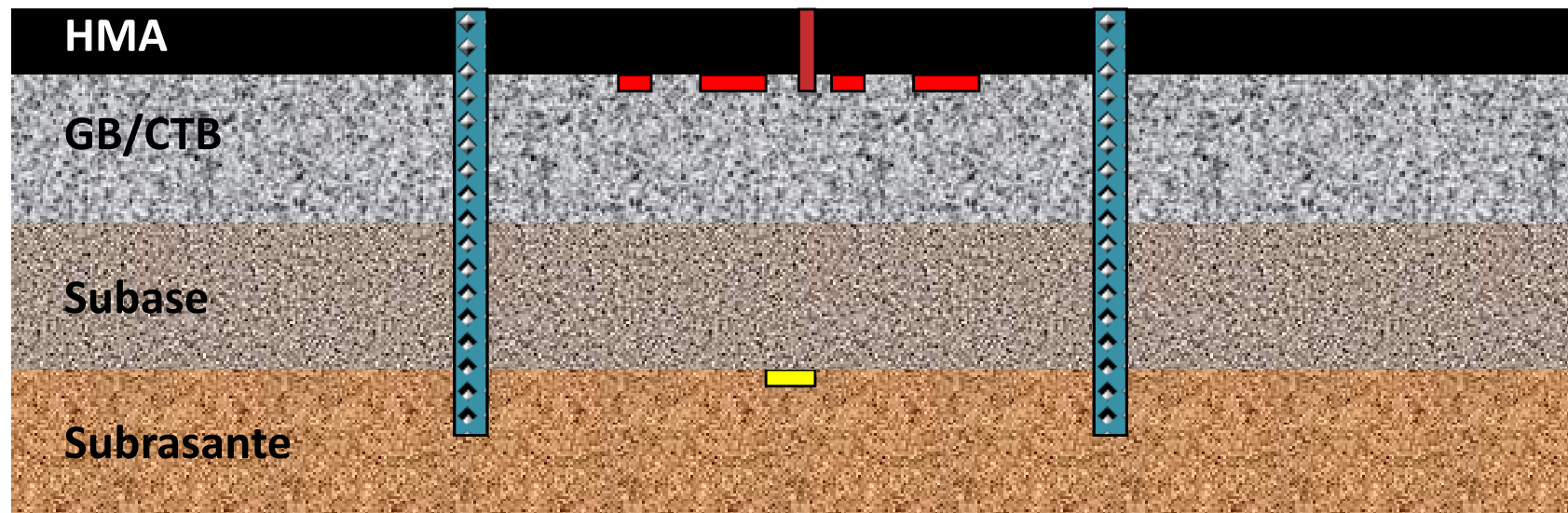
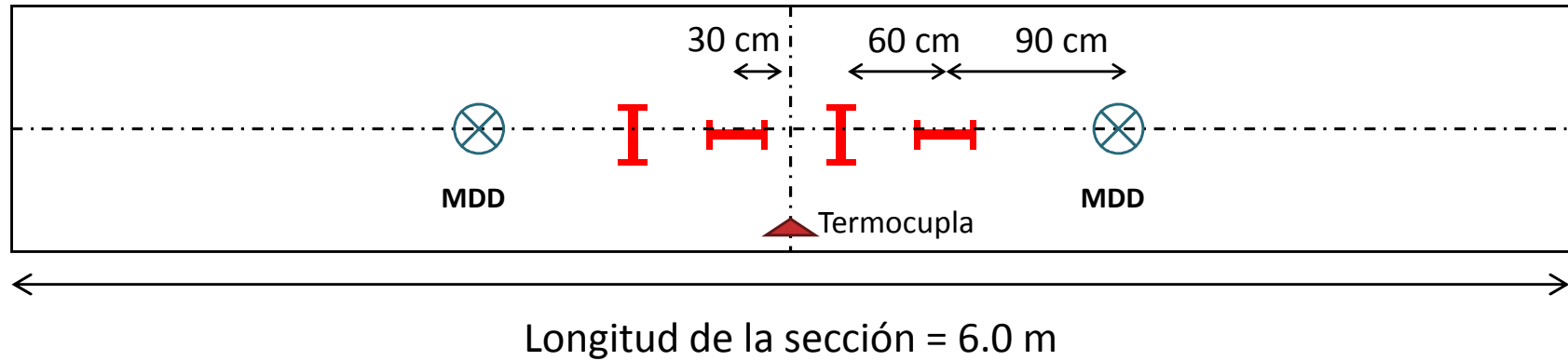




Deflexión de capas



Arreglo de galgas



Configuración de ensayo

- 15,000 – 20,000 repeticiones bidireccionales por día
- Velocidad: 10 km/h
- Carga aplicada: 40, 60, 70, 80 kN
- Llanta: Dual 11R22-5
- Wandering: 100 mm
- Condición seca



Propiedades de los materiales

Granulares y suelos

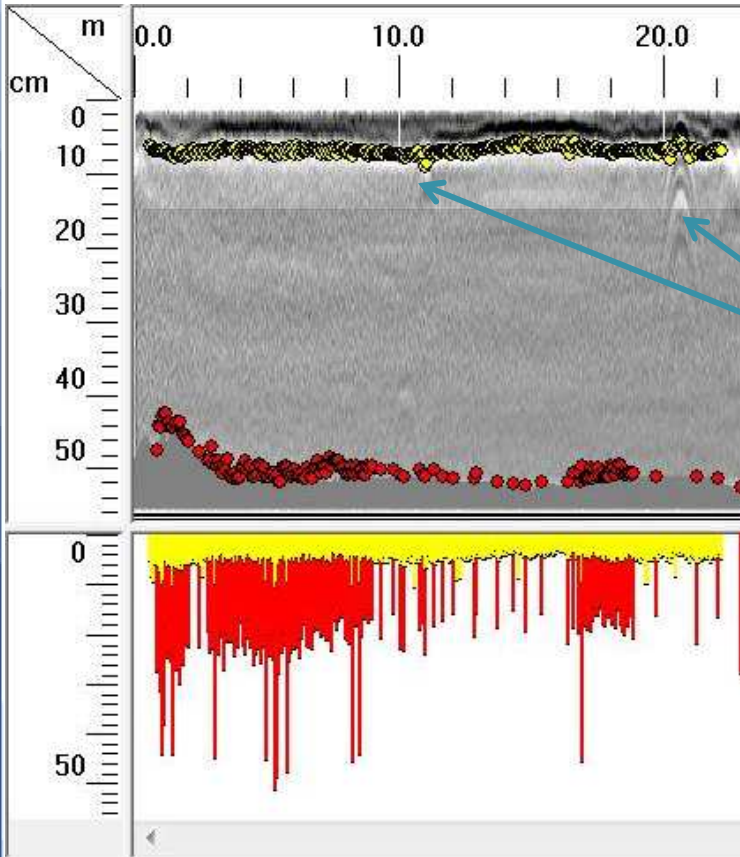
Propiedad	Subrasante	Subbase	Base	Base para CTB	CTB
Wopt (%)	52.5	8.9	8.6	11.5	11.5
gd max (kg/m ³)	1056	2204	2217	2013	2013
LL	56	-	-	24.8	-
PI	16	NP	NP	4.4	-
CBR (%)	6.6	95	95	Pend.	35 kg/cm ²

Mezcla asfáltica

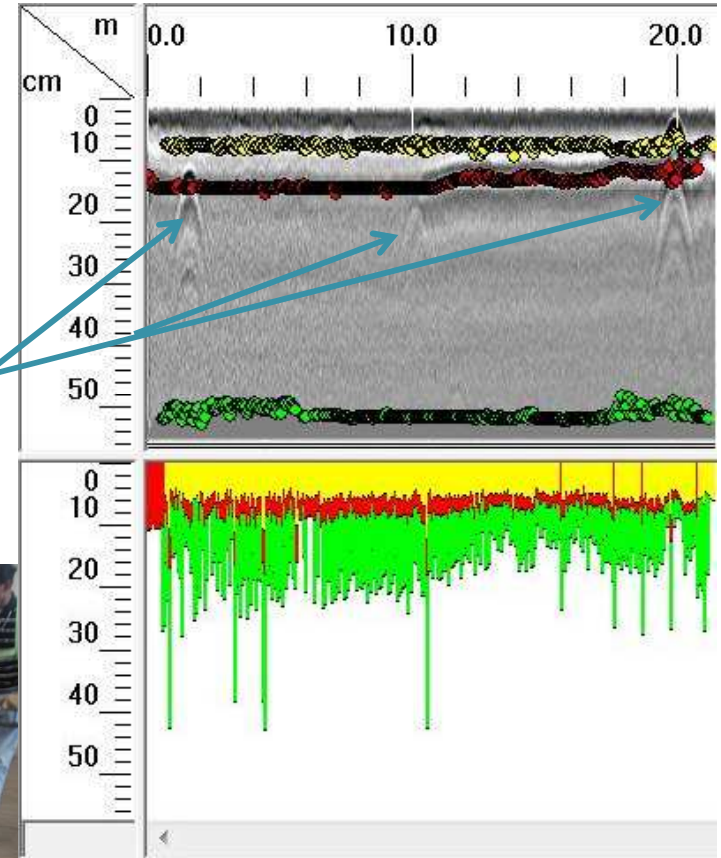
QC		Especificaciones
NMAS, mm	19	
AC, %	4.9	
VMA	14.9	Min 14%
VFA	72	65-75%
Estabilidad, Kg	1482	Min 800
Flujo	30	20-35 cm/100
DP	1.04	0.8-1.3

Malla	% Pasando	Especificaciones
25.4 mm	100	100
19.1 mm	99	90-100
12.7 mm	77	70-80
9.5 mm	65	55-65
N 4	41	35-43
N 8	28	22-30
N 16	20	16-22
N 30	14	11-17
N 50	10	7-14
N 200	4.9	2-5.8

GPR

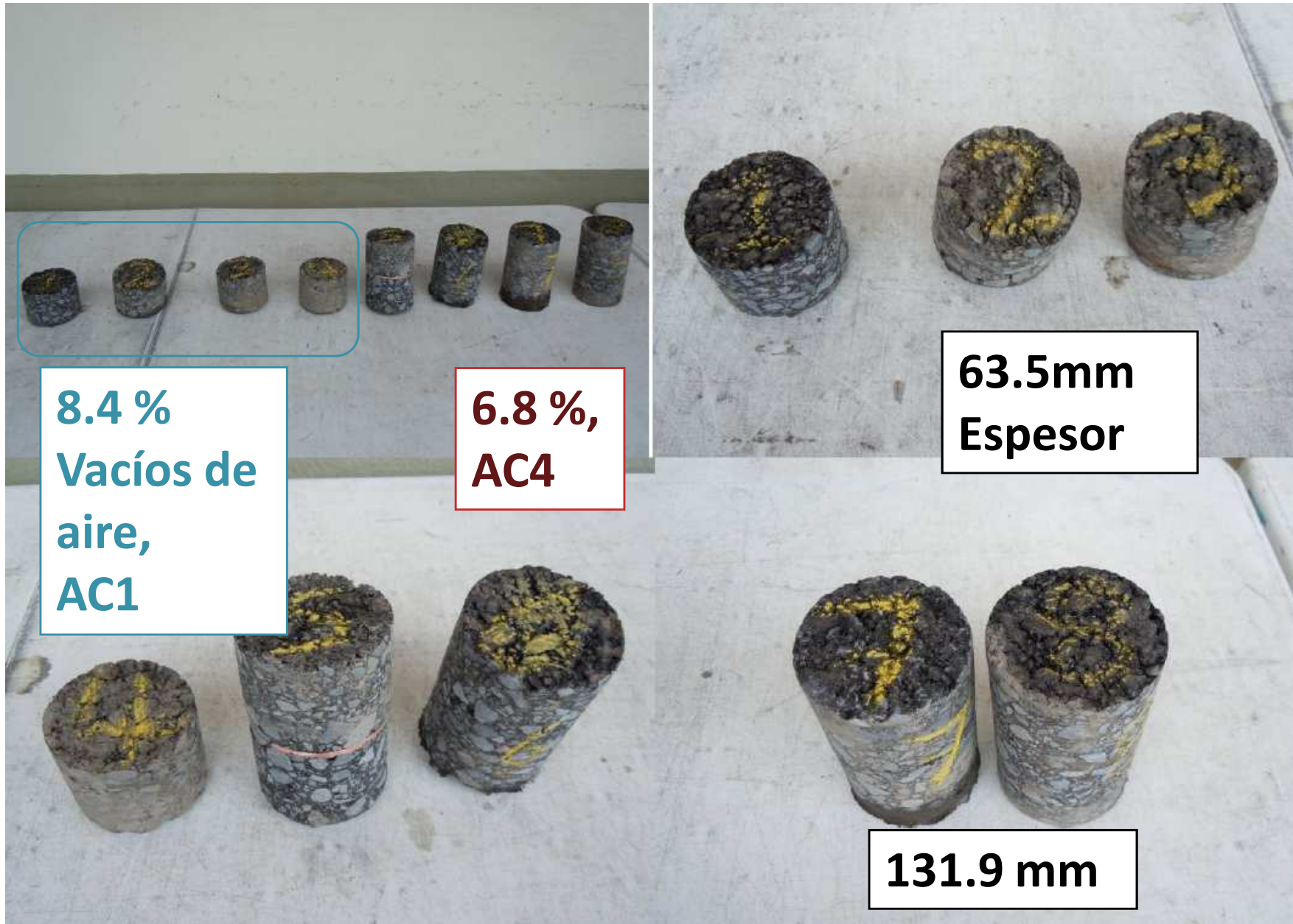


AC1 y AC2

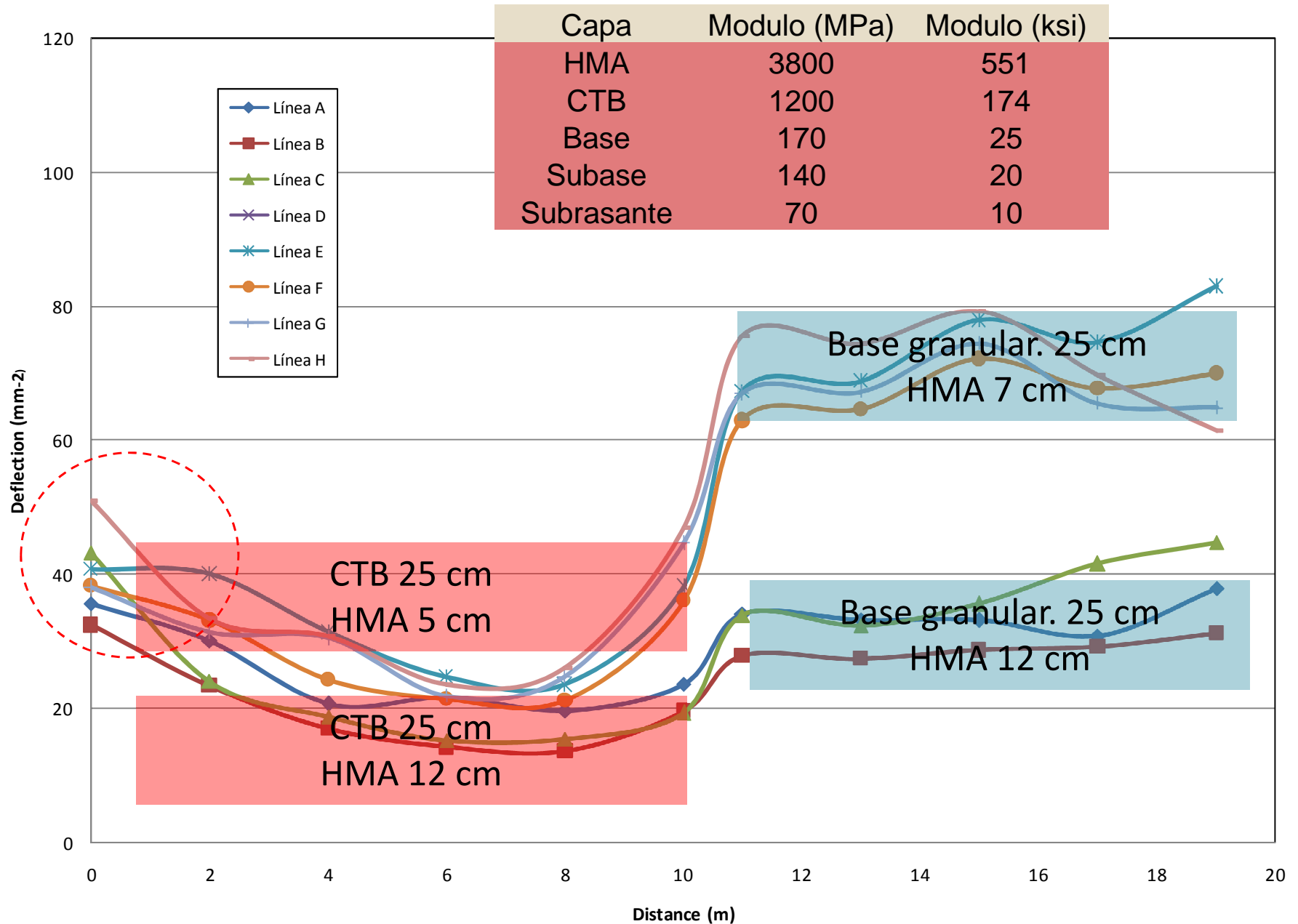


AC3 4 AC4

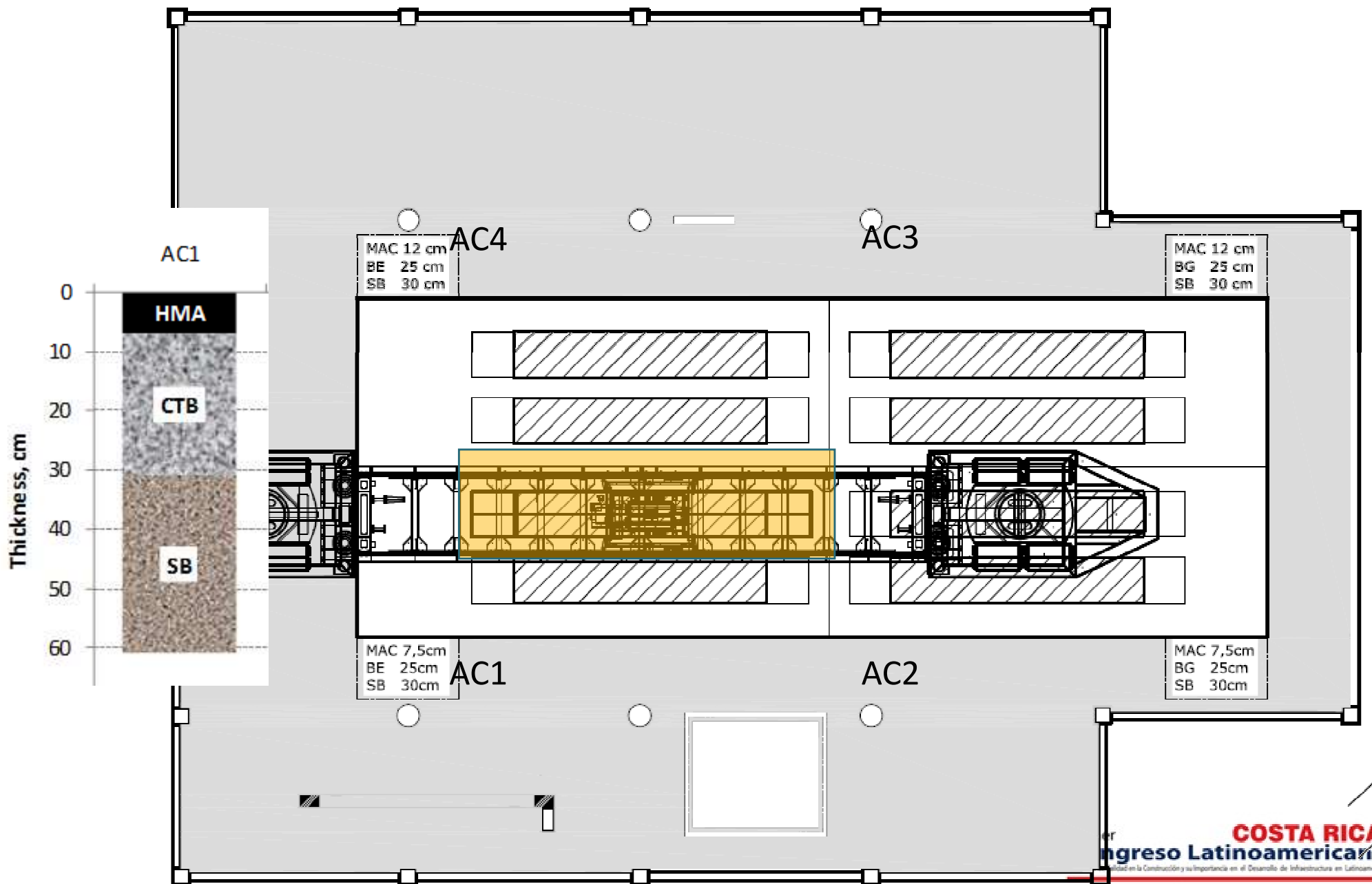
QC/Núcleos



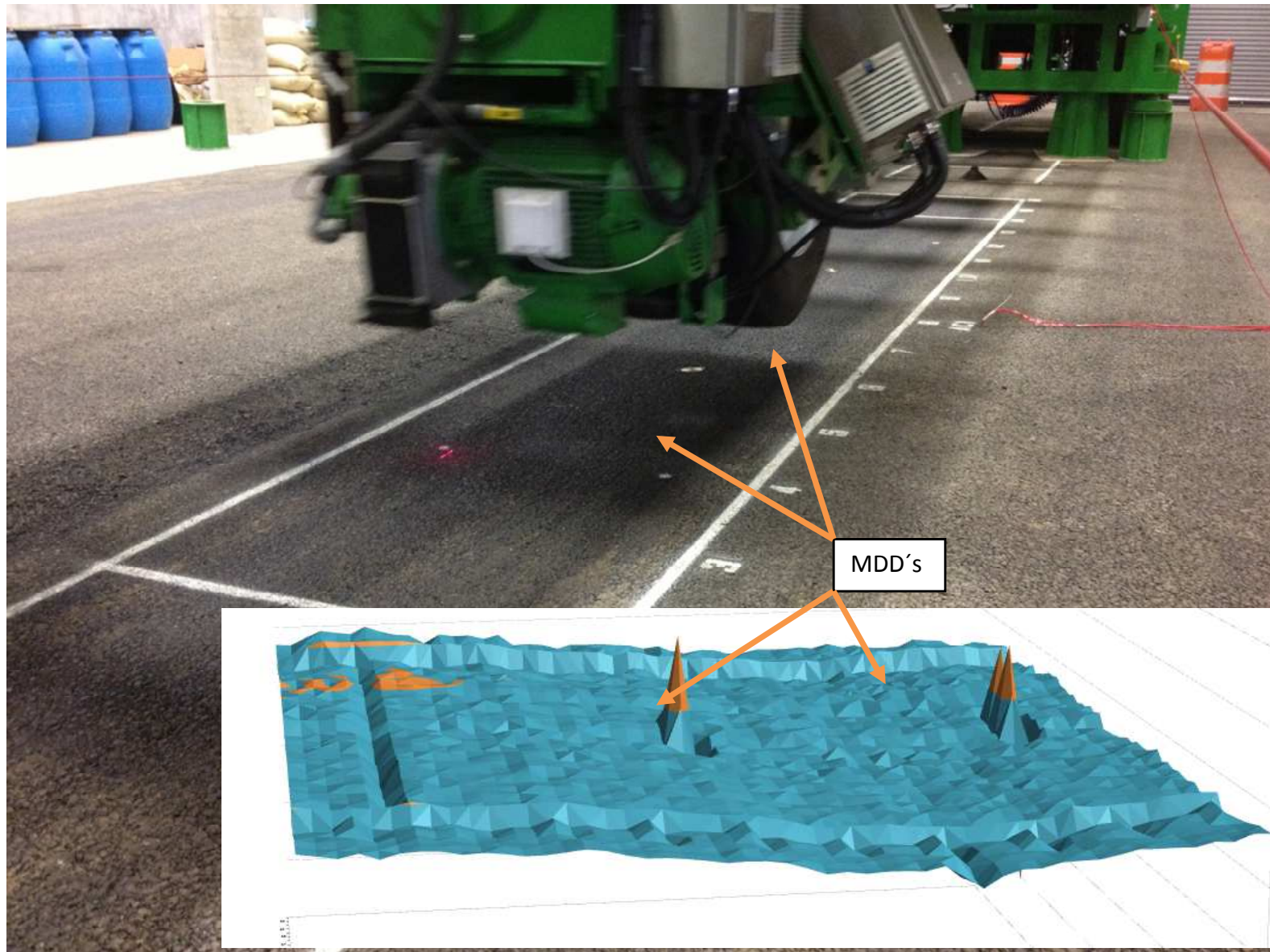
FWD



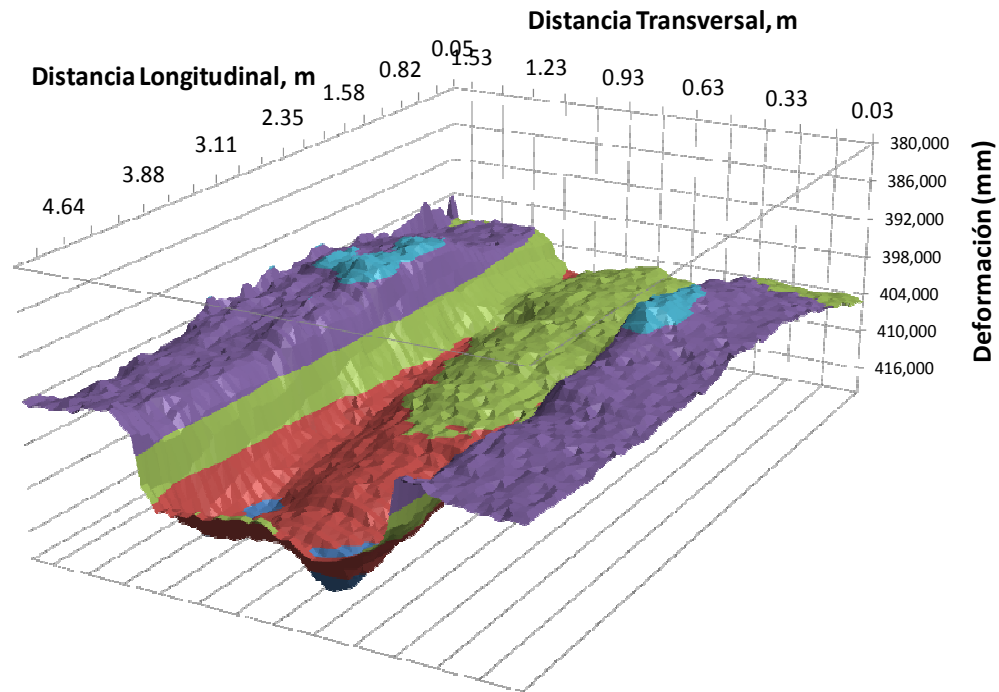
Resultados AC1



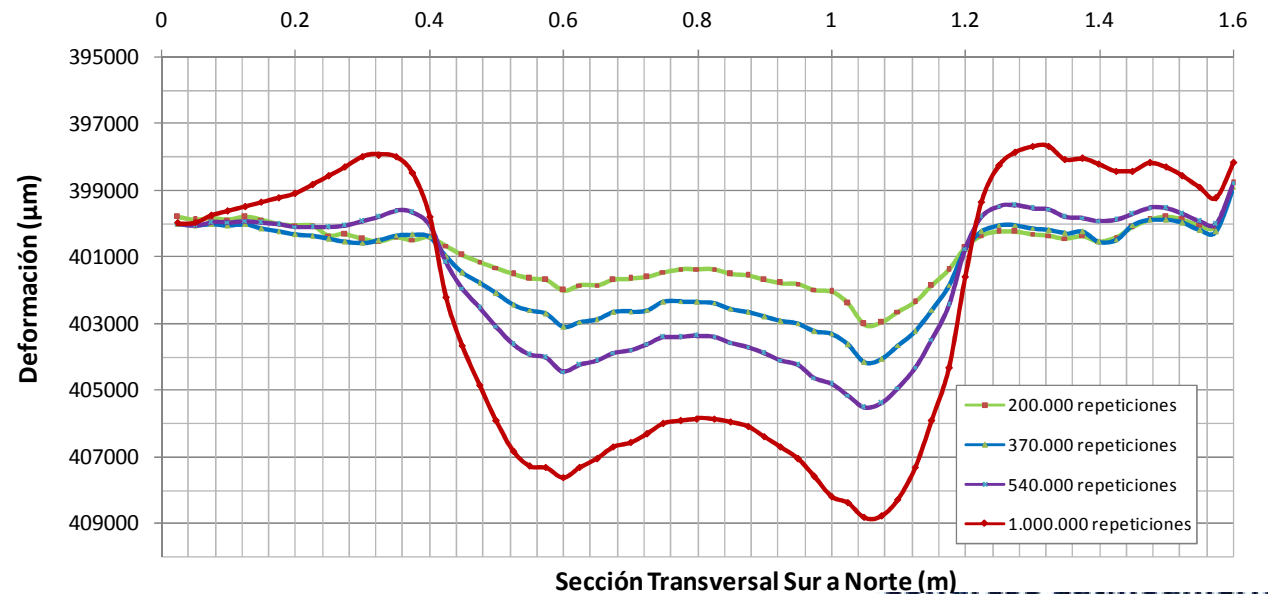
Perfilometría laser



Deformación permanente



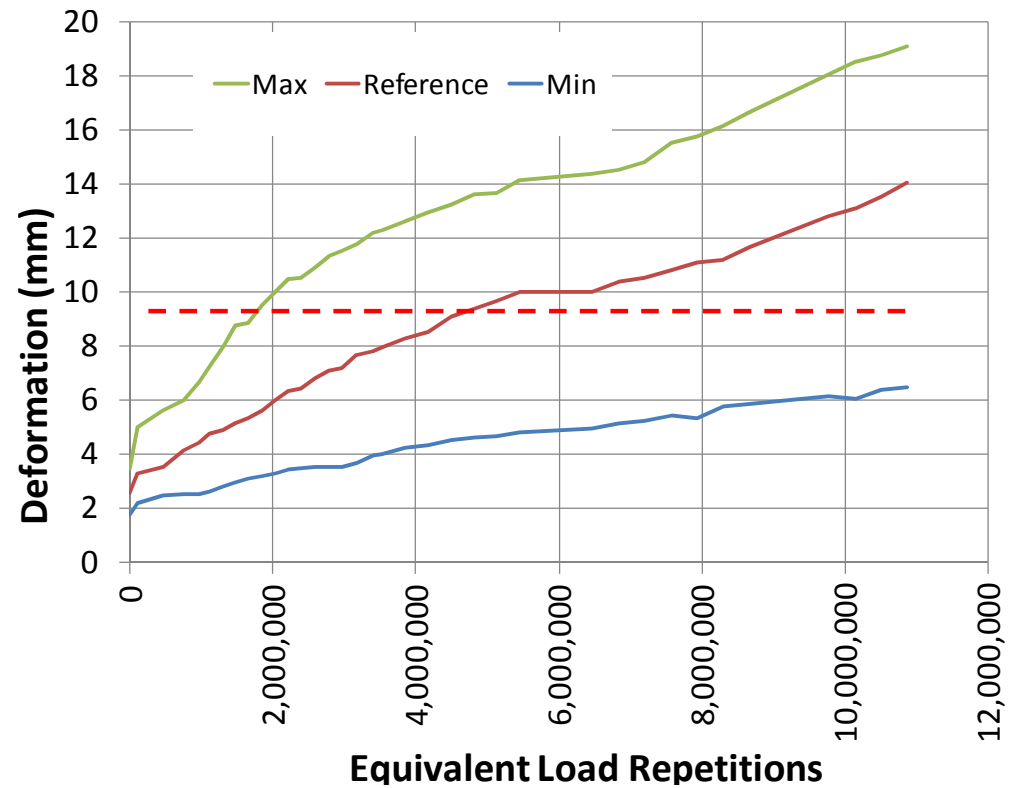
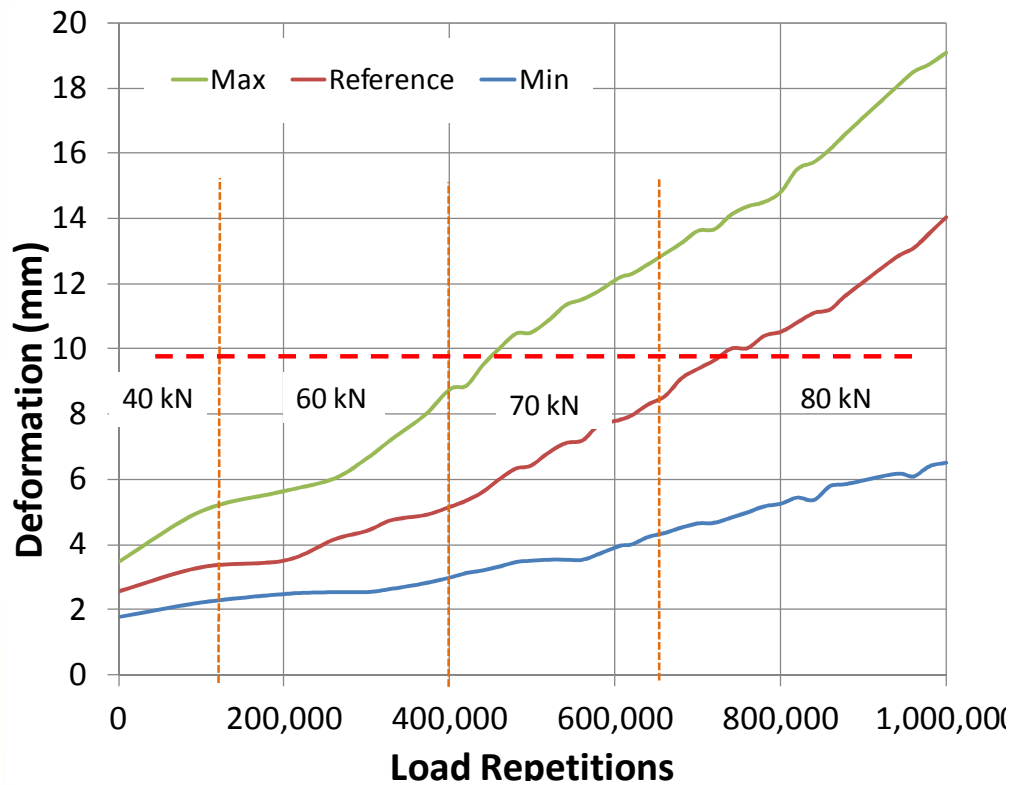
Perfil 3D @ 1 millón de repeticiones



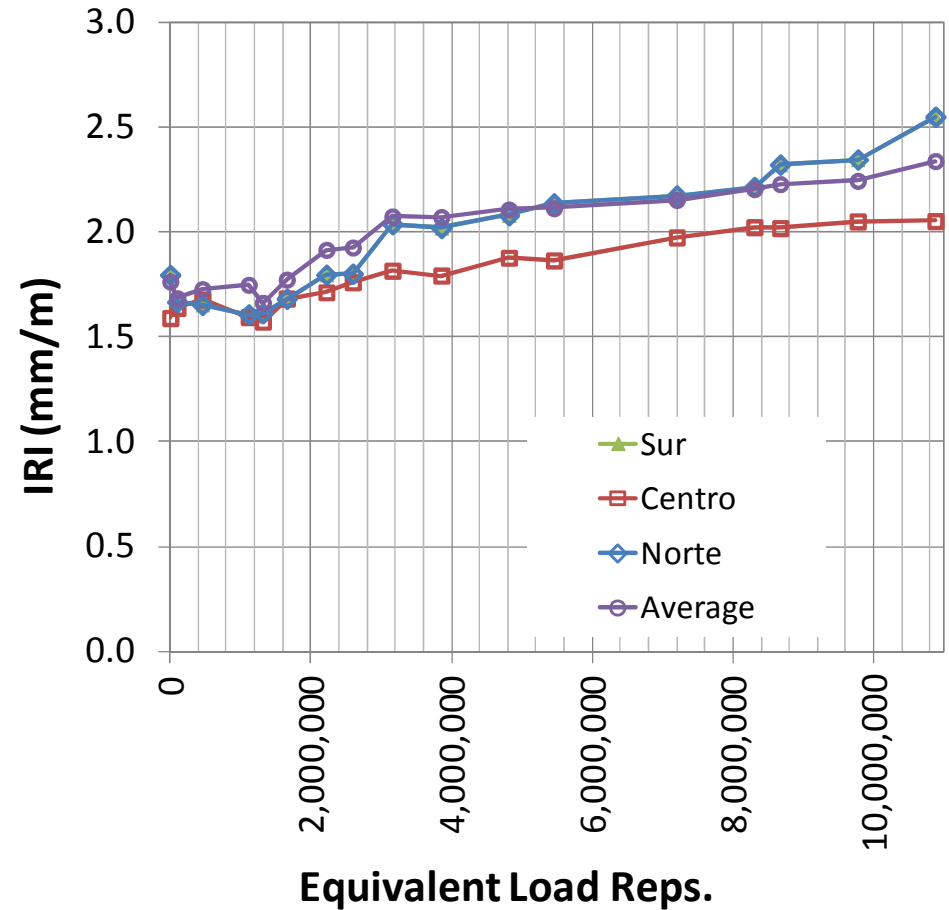
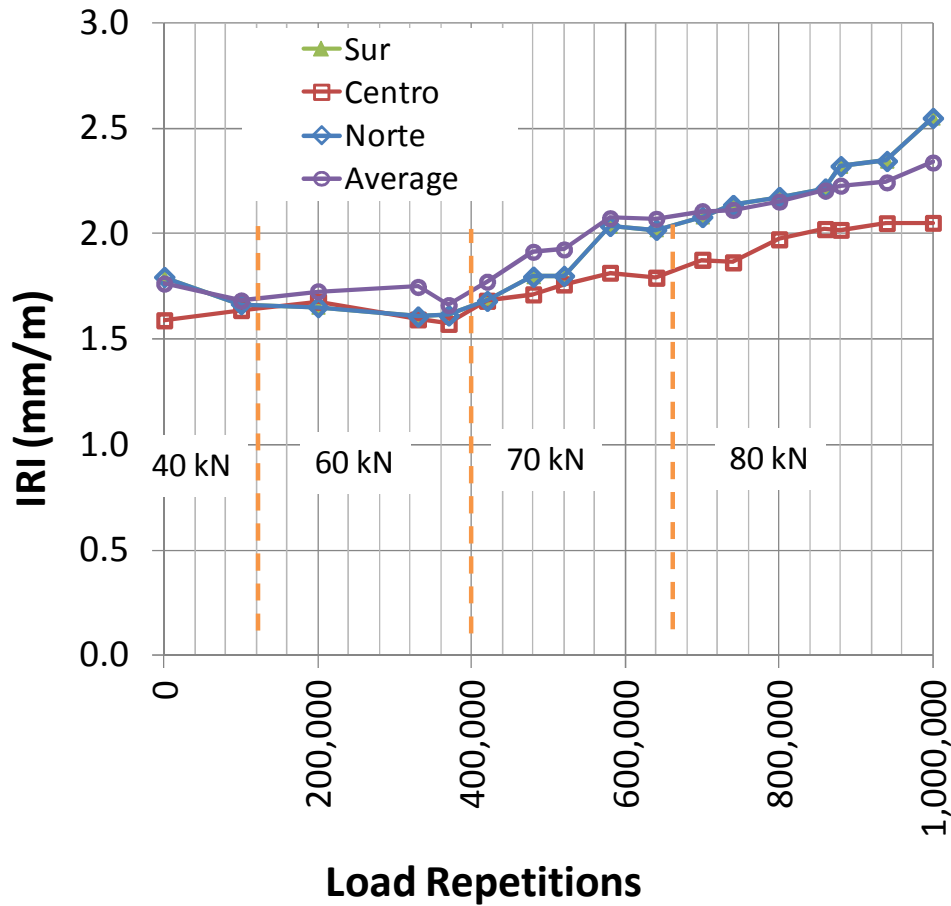
Sección Transversal Sur a Norte (m)

Deformación permanente

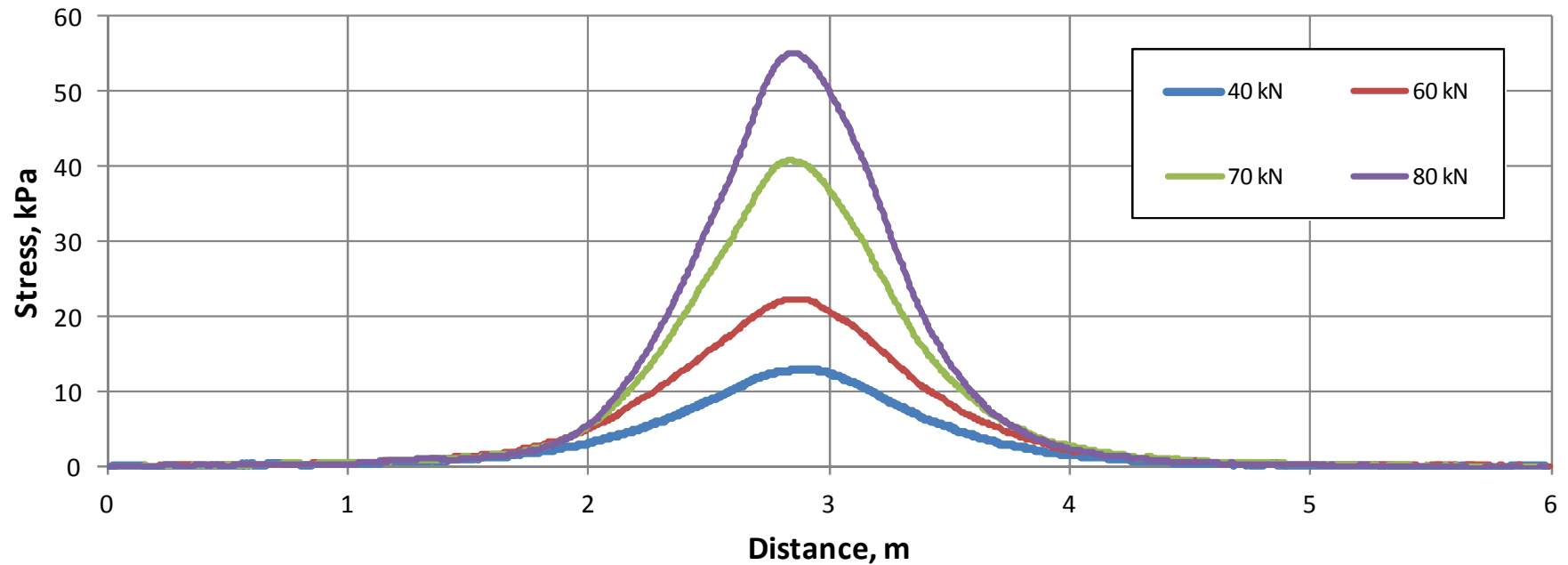
Deformación permanente límite establecida **12.5 mm**



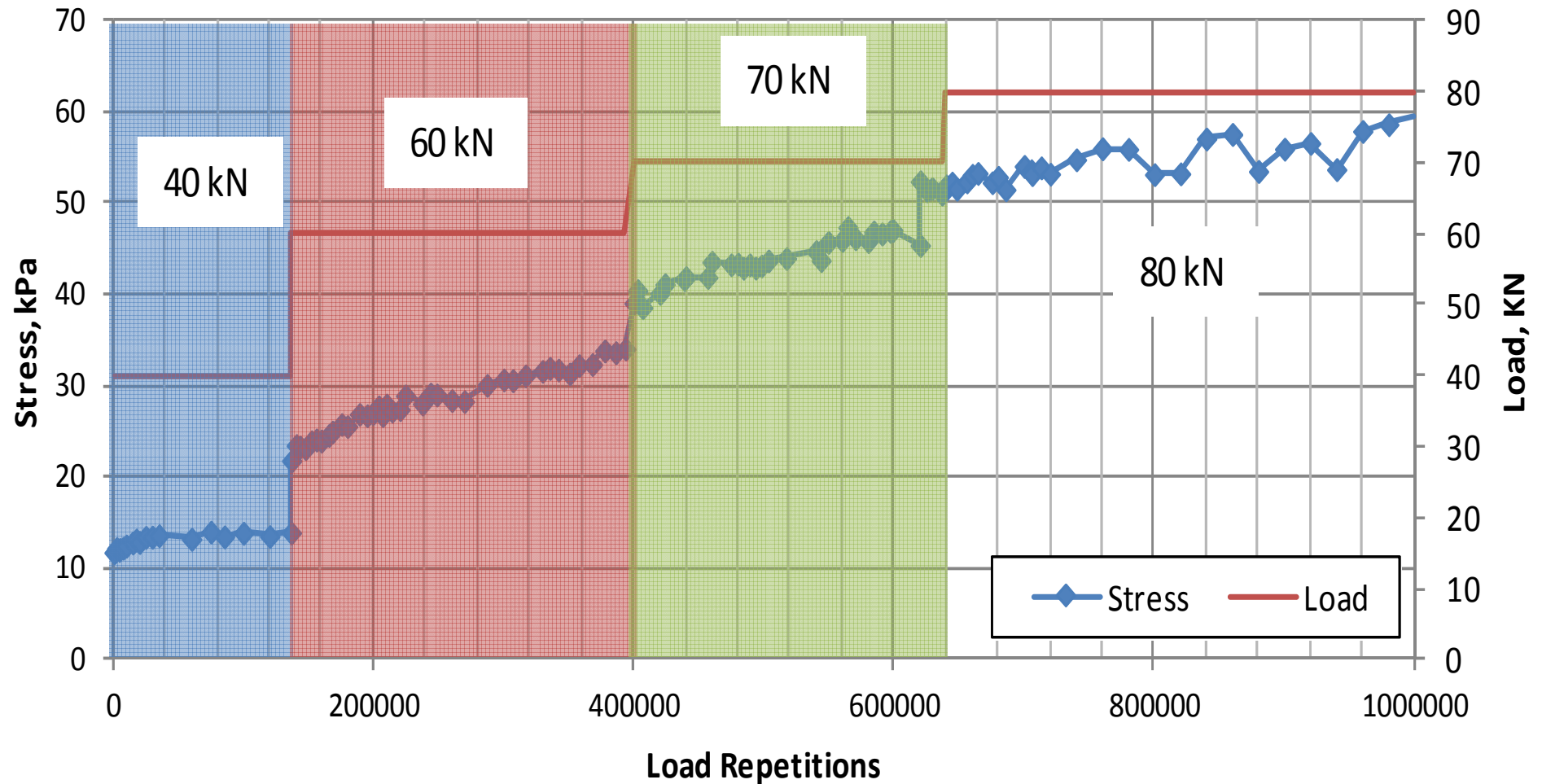
Regularidad IRI



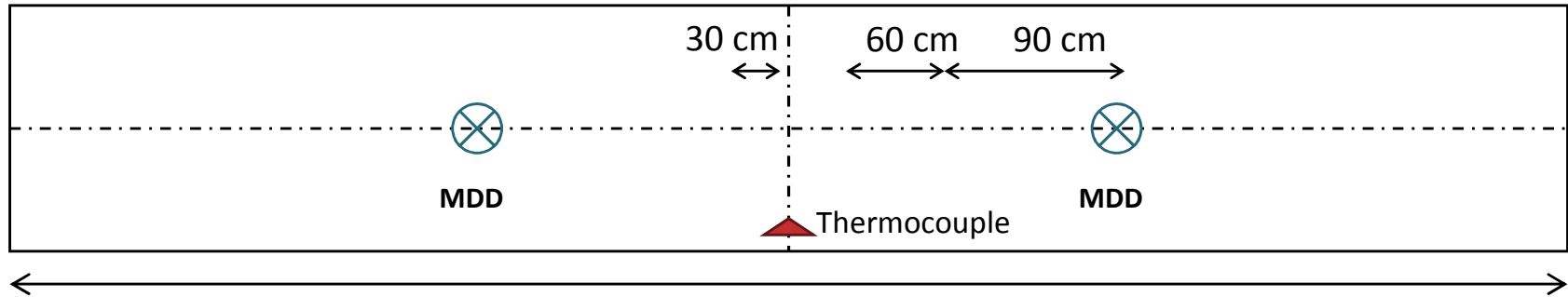
Esfuerzos en la subrasante



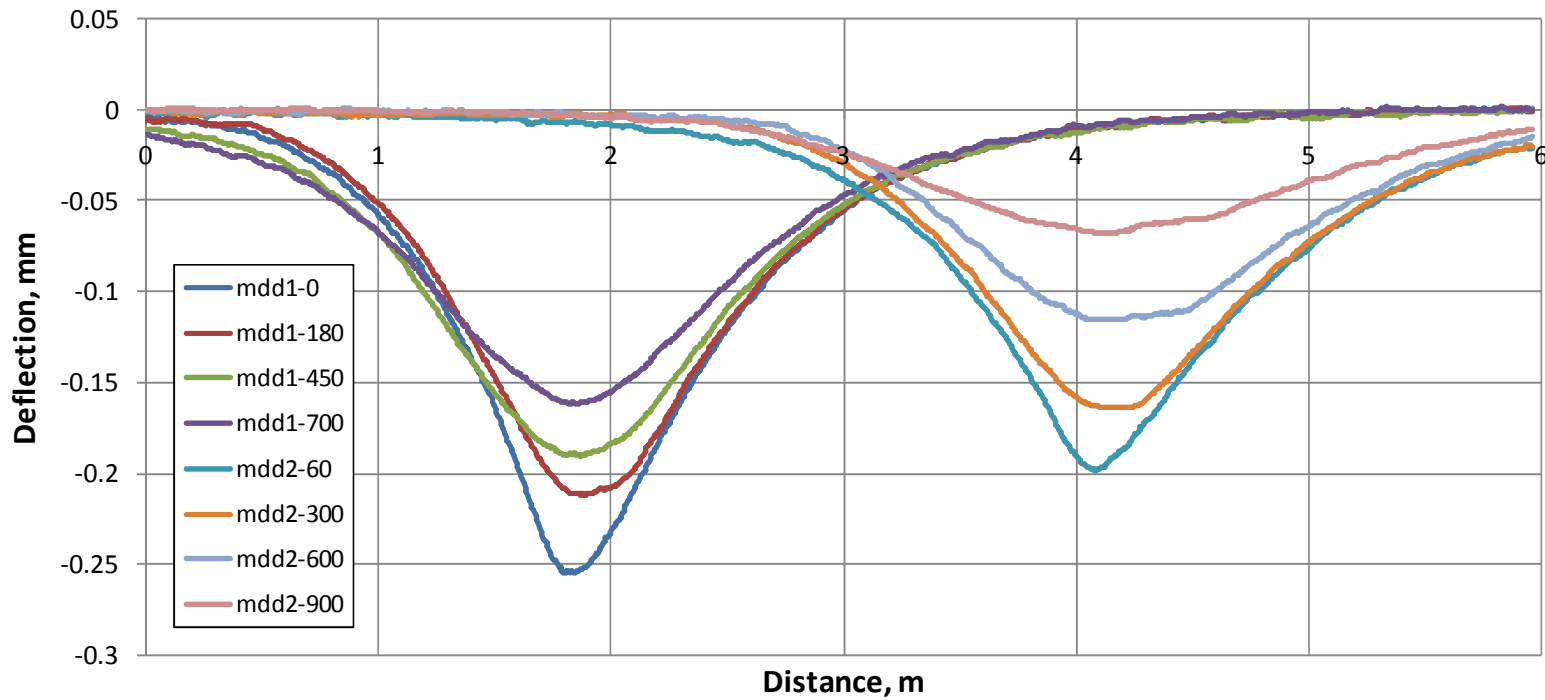
Esfuerzos en la subrasante



MDD

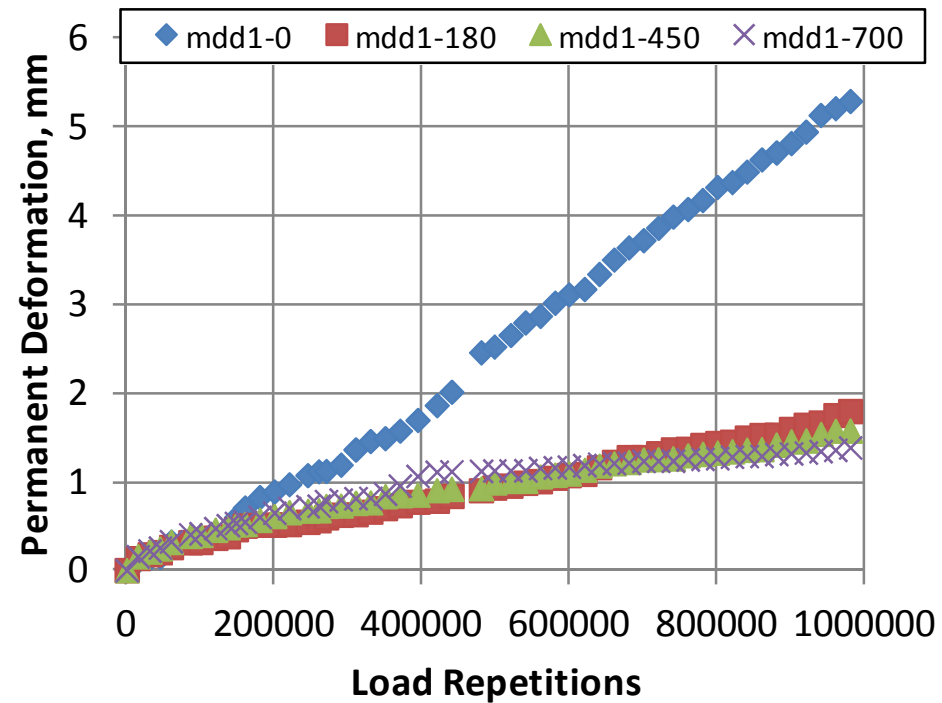
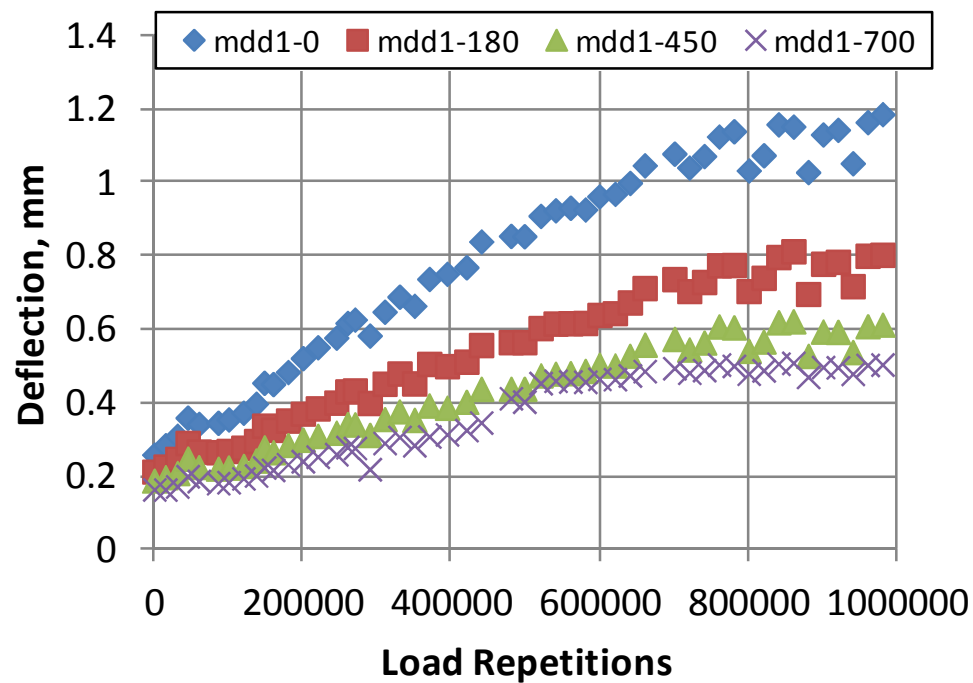


Section Length = 6.0 m

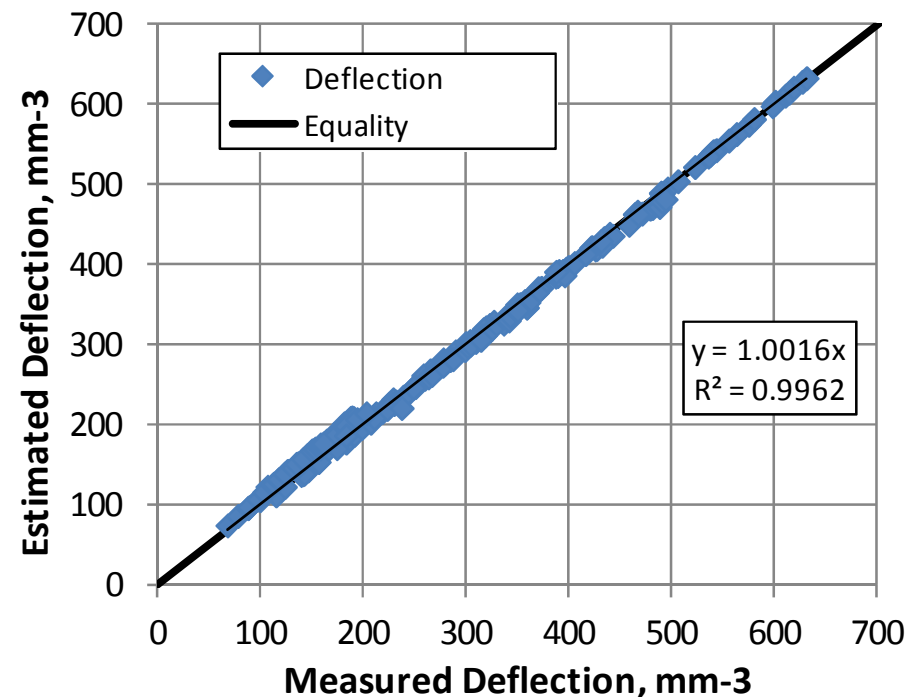
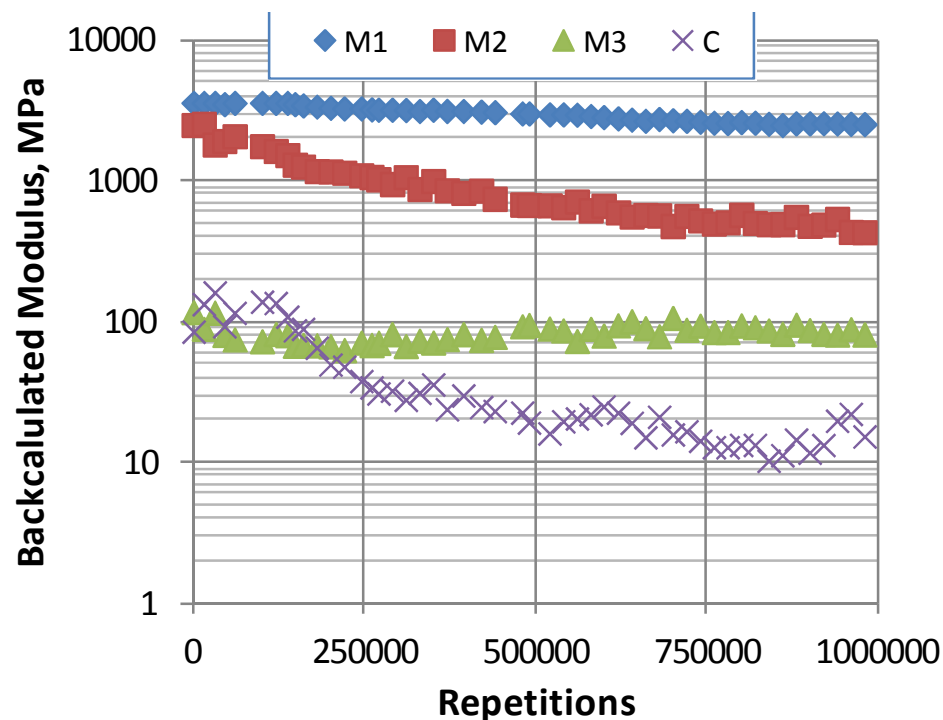


MDD @ 40 kN

Deformación permanente

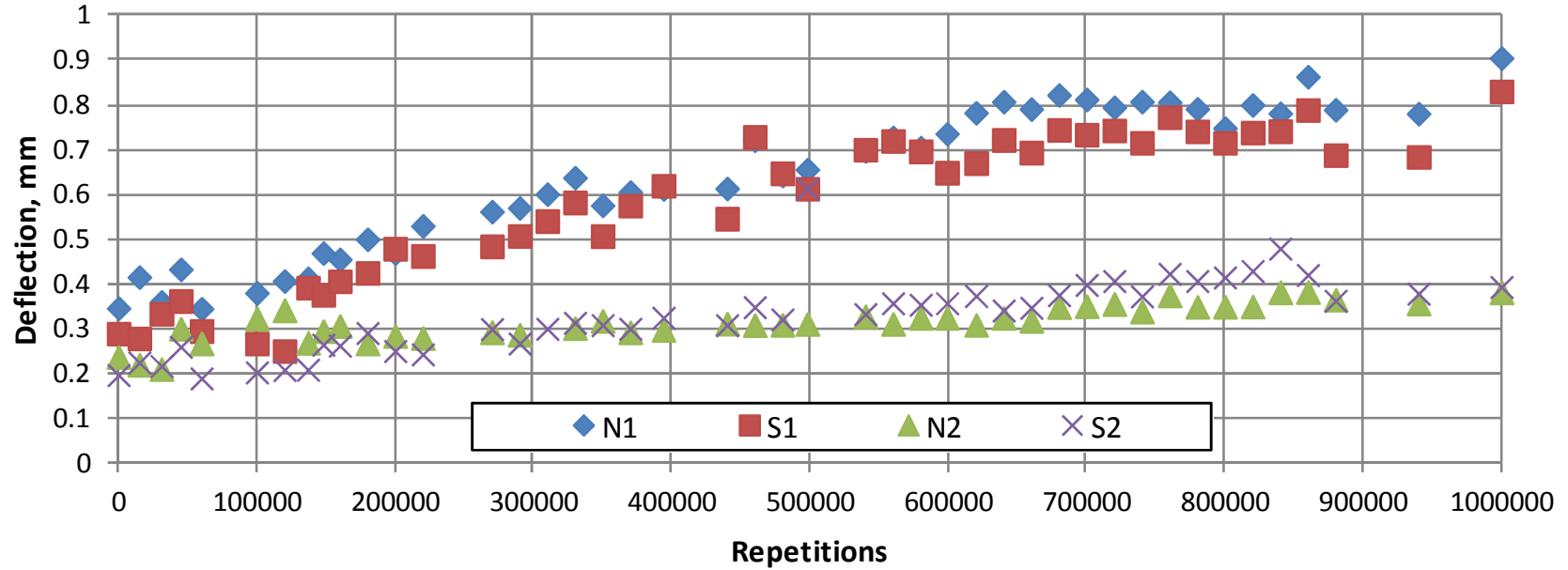
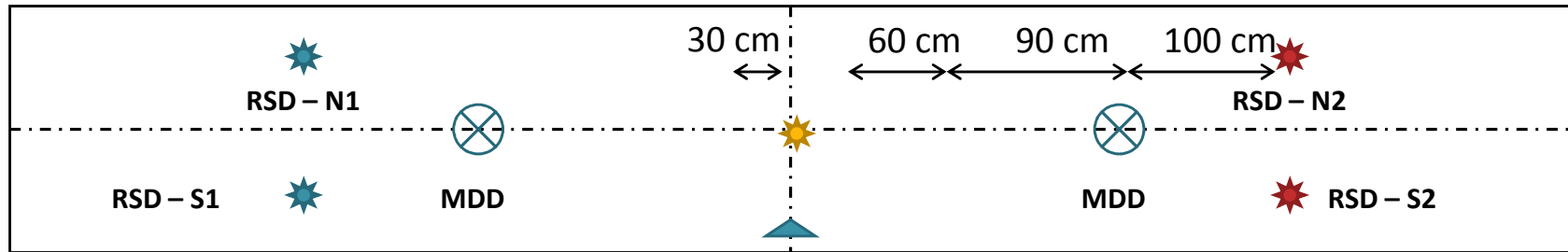


Módulo retrocalculado de capa



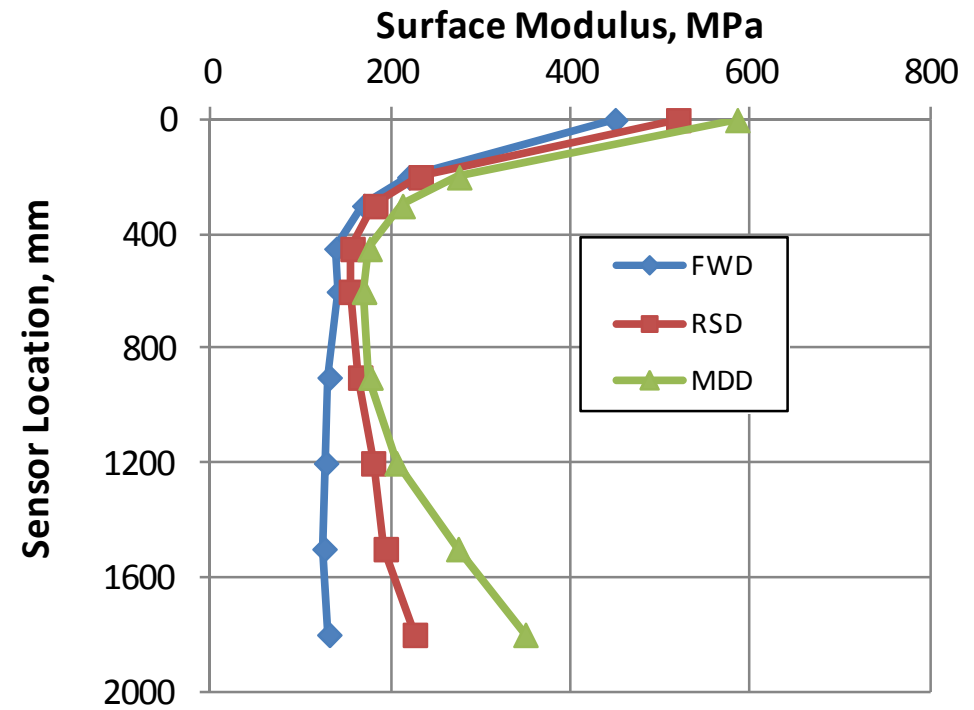
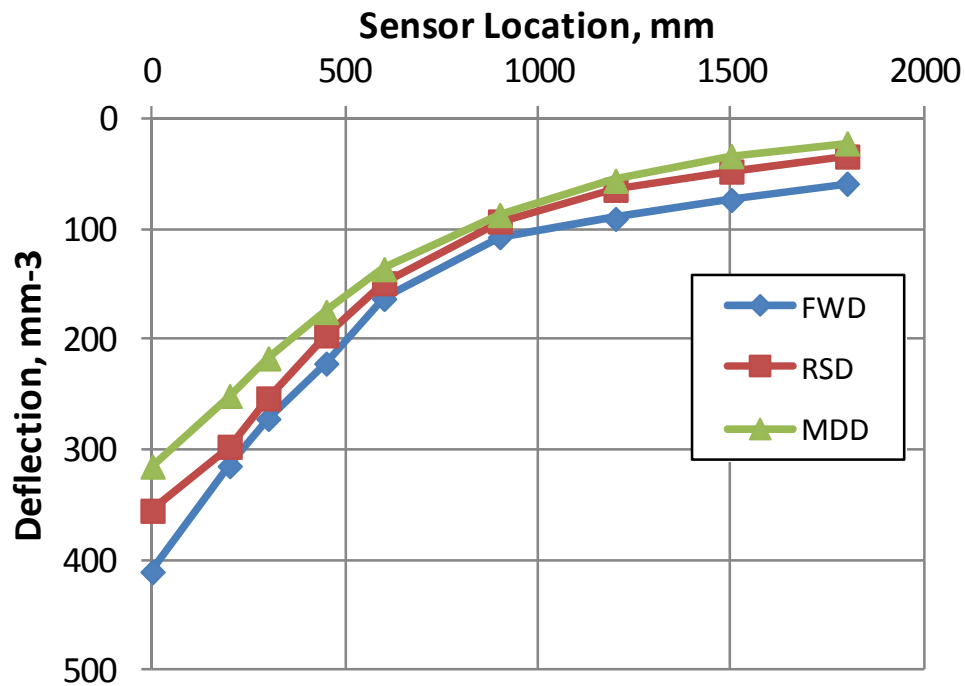
$$E_{SR} = C \times \left(\frac{\sigma_d}{0.1 MPa} \right)^n$$

Average "n" value = -0.4



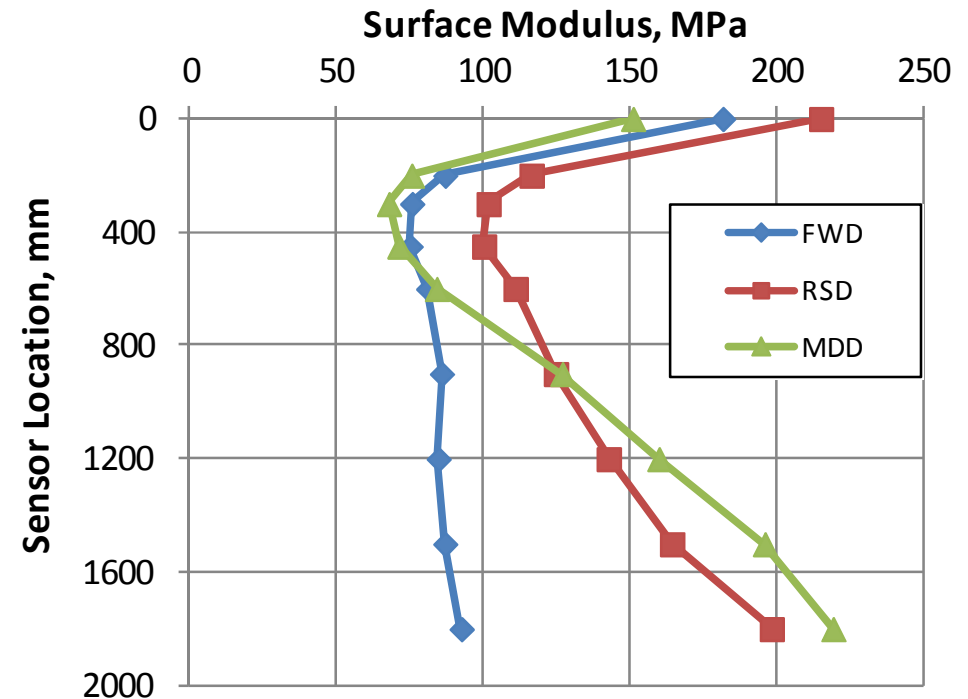
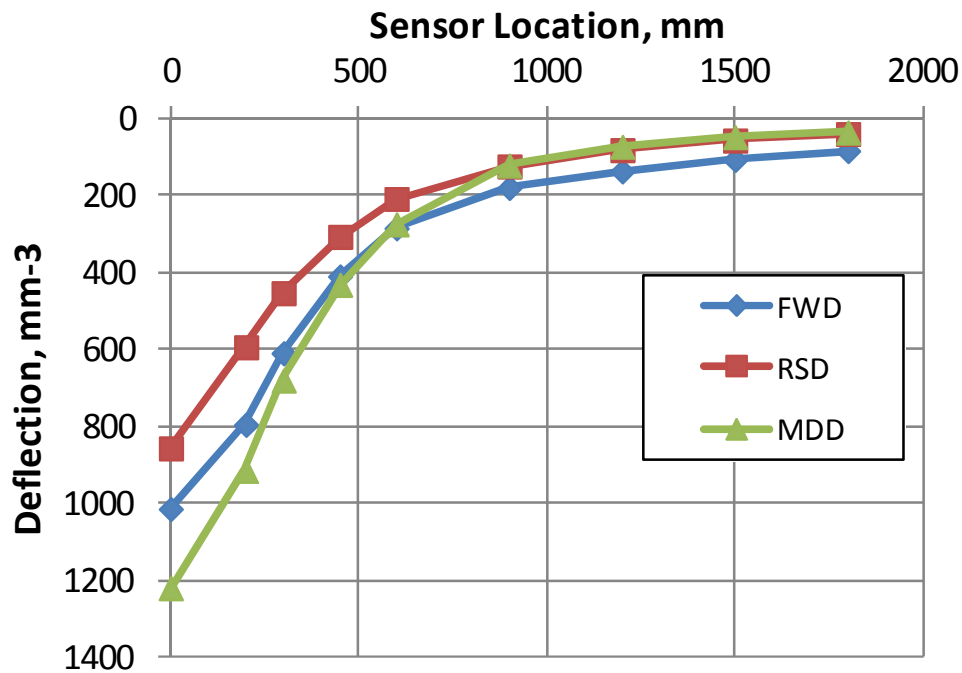
Análisis de deflexión

Condición inicial



Análisis de deflexión

Condición de falla

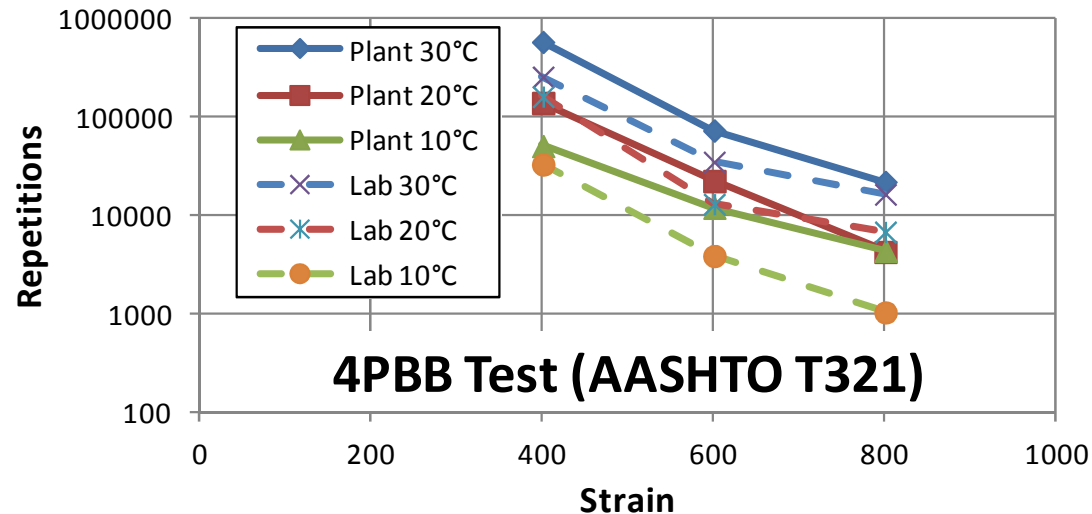


2.5 – 3 veces mayor

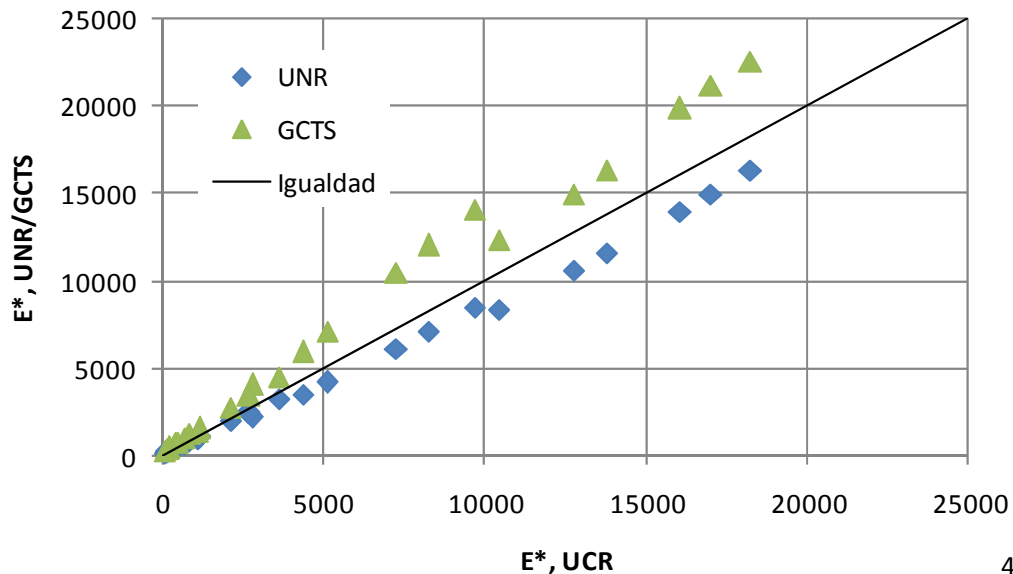
Caracterización de laboratorio

Muestra	APA (AASHTO TP 63)		HWT (AASHTO T324)		FN (AASHTO TP 79-11)		
	% de vacíos de aire	PD, mm	% de vacíos de aire	PD, mm	FN @ 58 °C	FN @ 52 °C	FN @ 46 °C
Producido en planta	7.7	2.751	7.5	3.35	178	418	1523
Preparado en laboratorio	7.9	2.121	8	8.28	153	307	1493

Muestra	TSR (AASHTO T283)			Mr (AASHTO TP31-96/ASTM 4123)			
	1 Cicle	3 Ciclos	6 Ciclos	% Air Voids	Mr @ 5 °C, MPa	Mr @ 25 °C, MPa	Mr @ 40 °C, MPa
Producido en planta	101	85	77	7.7	17362	5703	2207
Preparado en laboratorio	96	78	62	7.2	17522	5619	2121

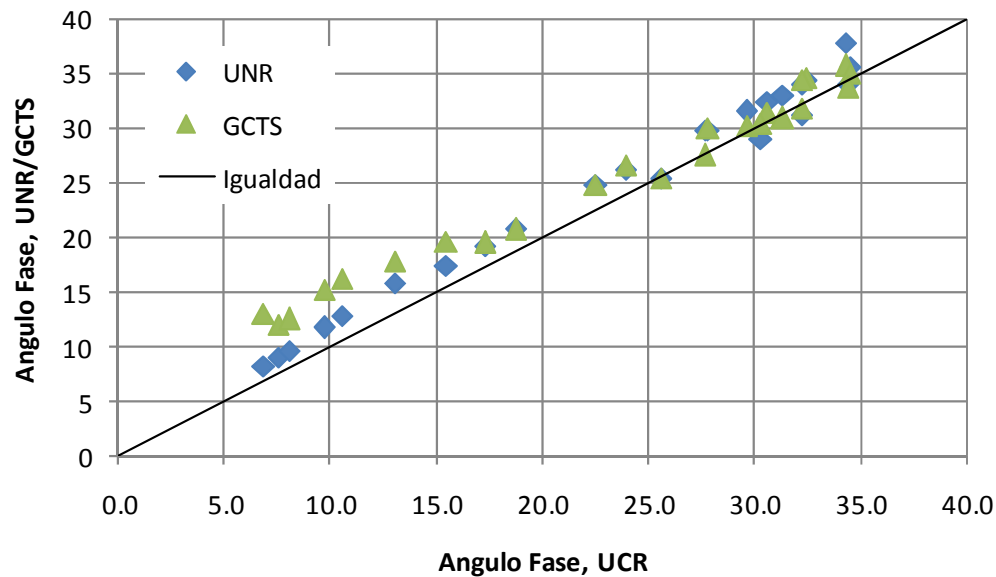


Lab - E*

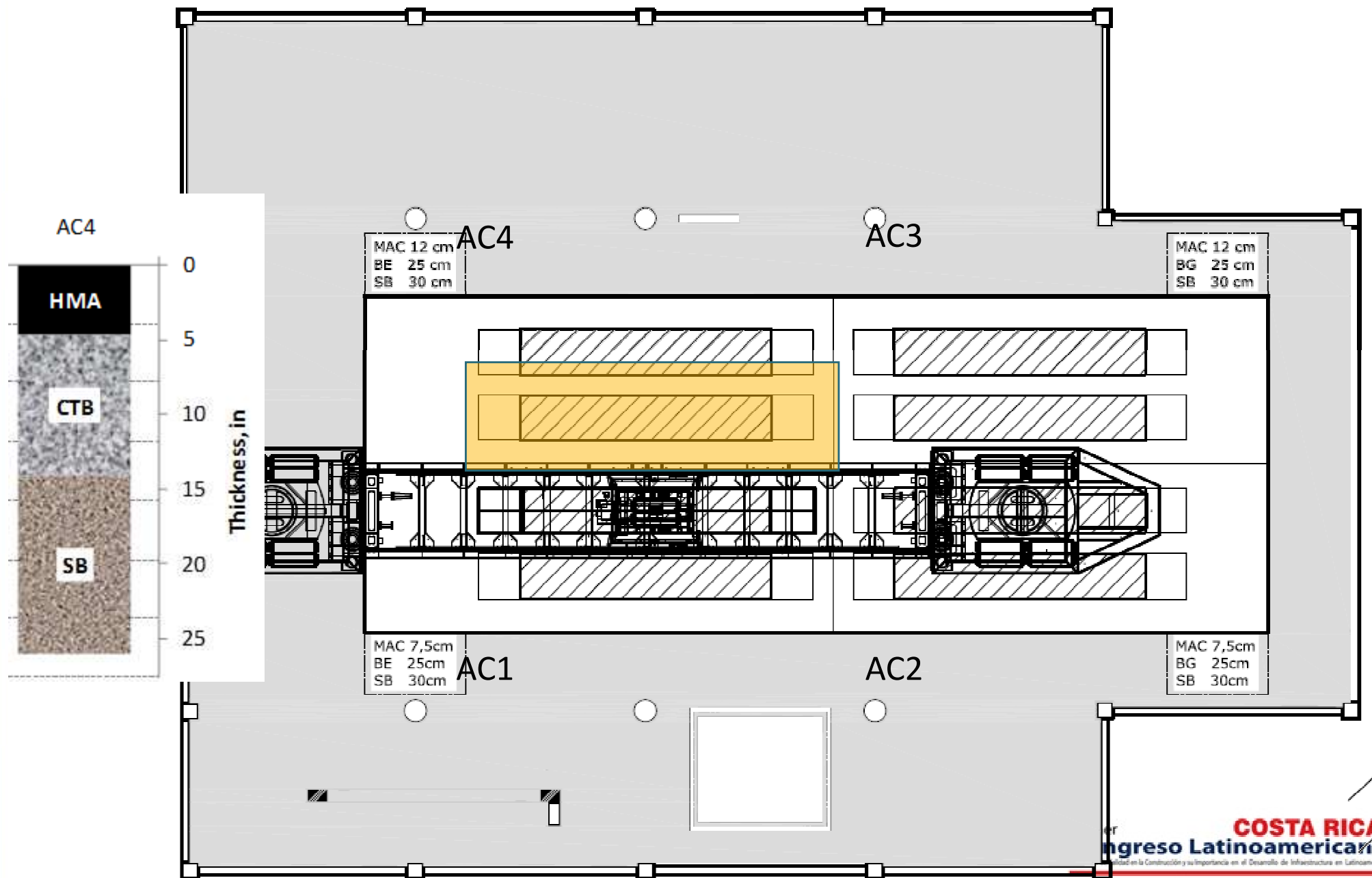


$$\log(|E^*|) = \delta + \frac{Max - \delta}{1 + e^{\beta + \gamma \log(f_r)}}$$

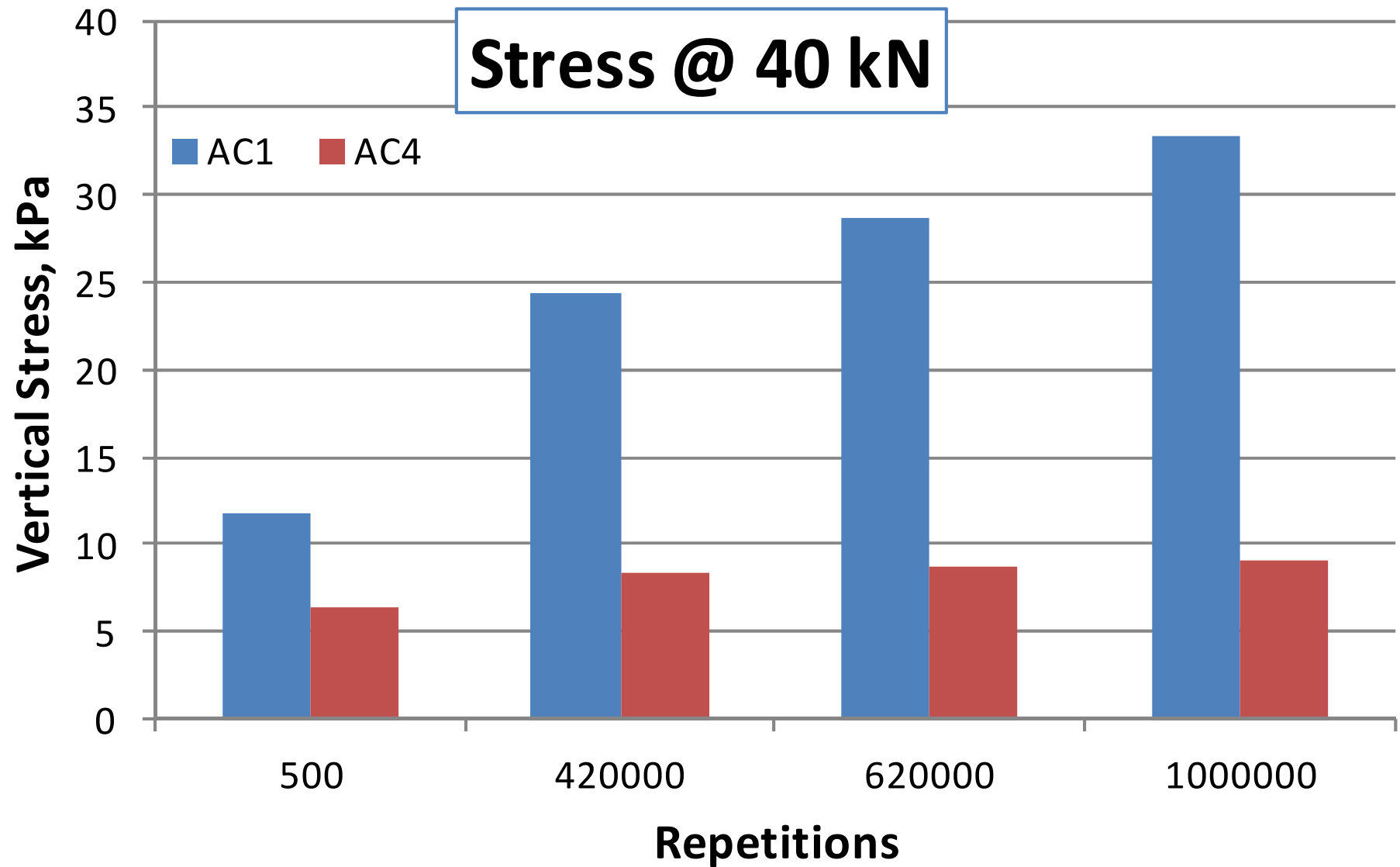
$\delta = 0.157$
 $Max = 3.531$
 $\gamma = -0.509$
 $\beta = -1.442$



Resultados AC4

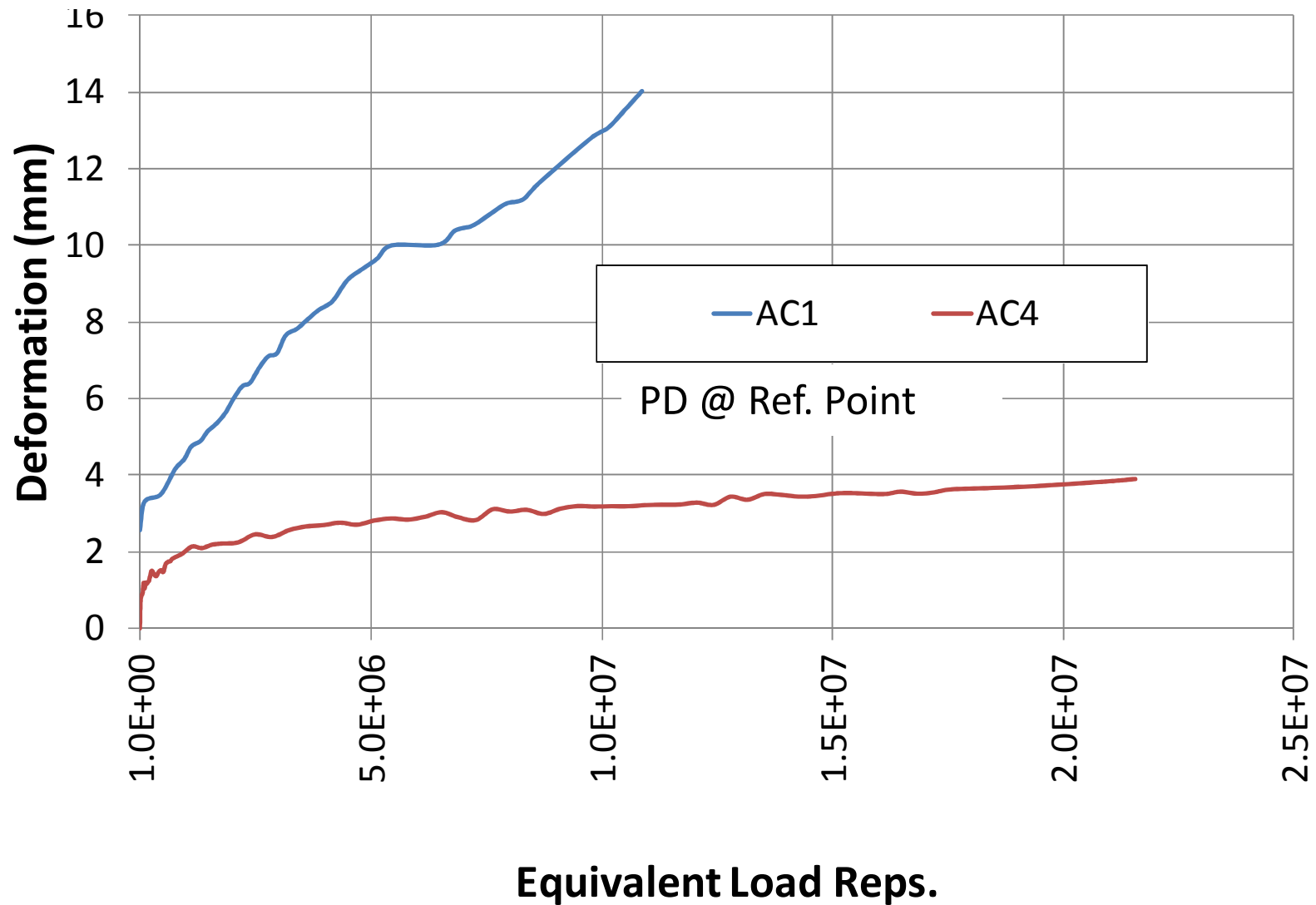


Esfuerzo en la subrasante

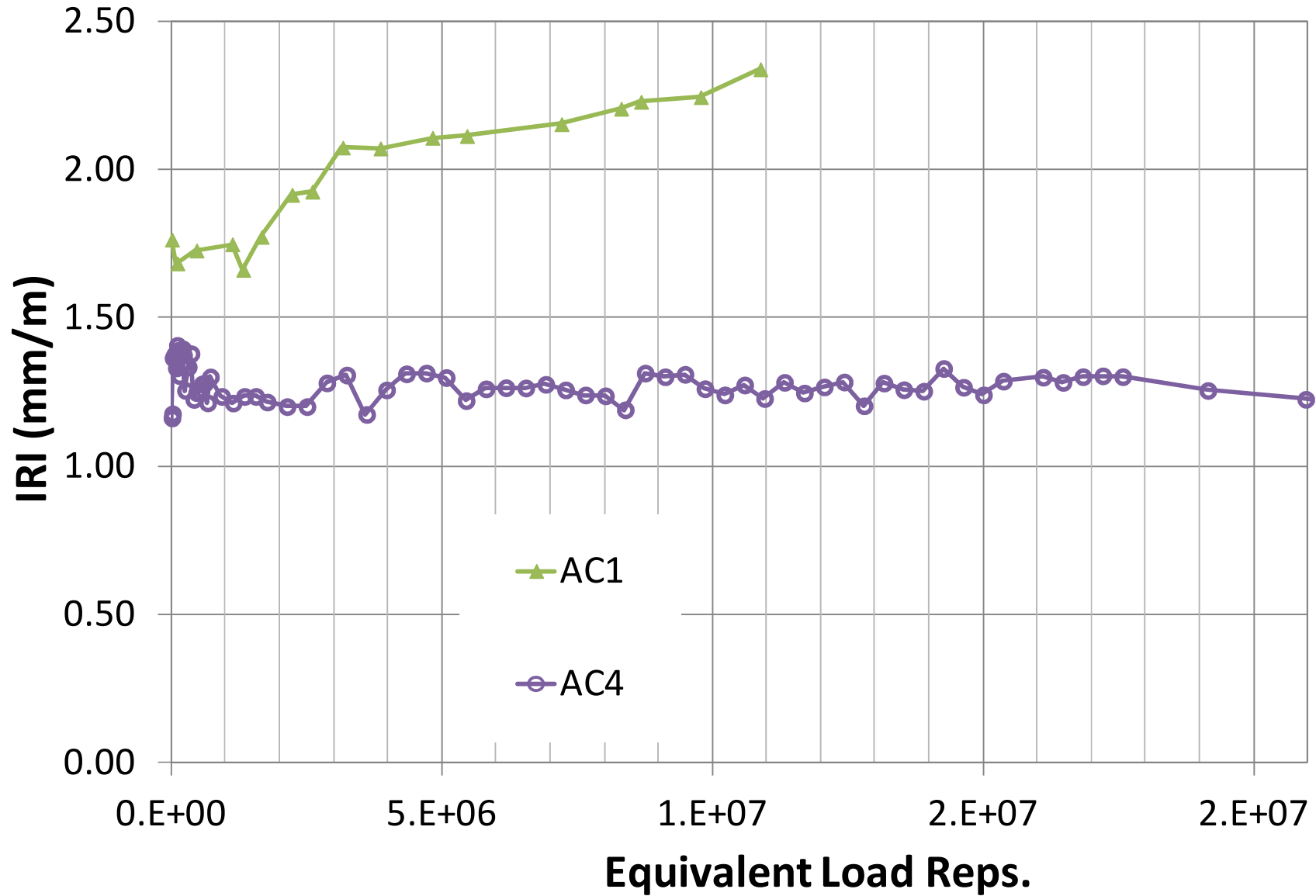


Deformación permanente

Deformación permanente límite establecida **12.5 mm**

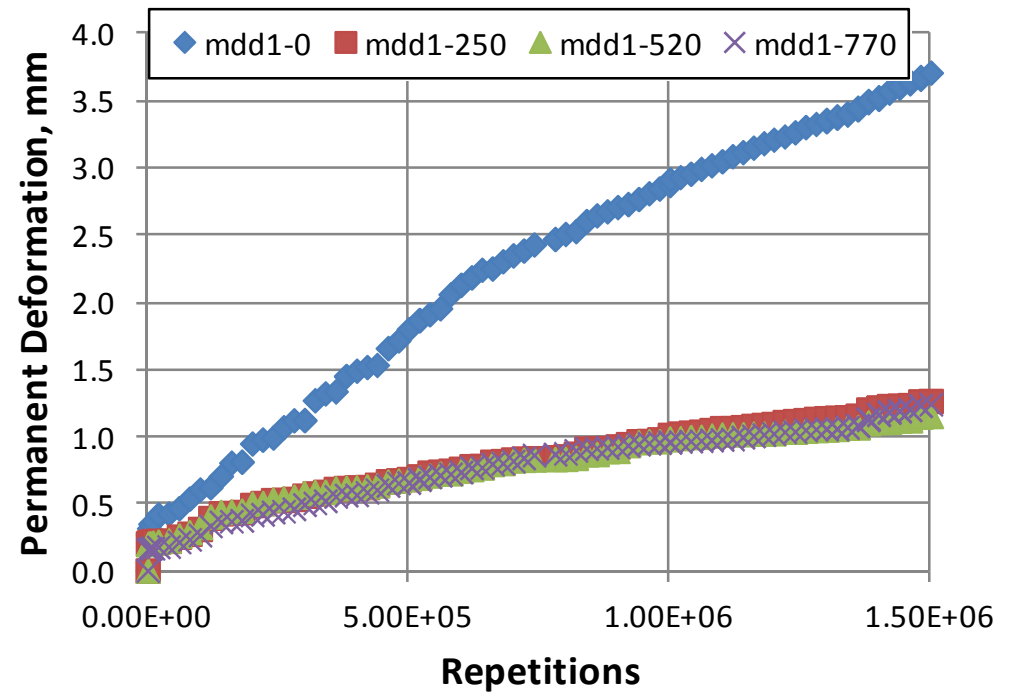
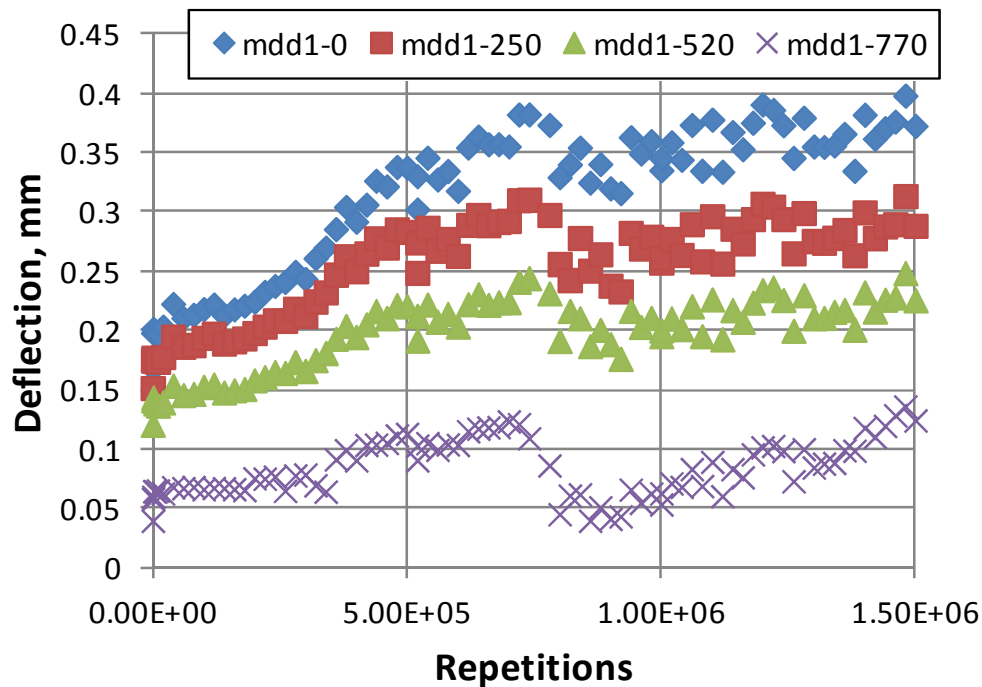


Regularidad IRI



MDD @ 40 kN

Deformación Permanente



Resumen

- Incremento en **deflexiones**
 - Incremento en **esfuerzos verticales**
- } **Daño acumulado**
- Grietas **no visibles** (por fatiga o reflejo) dentro de la sección efectiva
 - Caracterización de laboratorio y modelación actualmente bajo desarrollo

APT 2016

Fechas importantes



27 de Febrero del 2015: Inicio de recepción de resúmenes

5 de Junio del 2015: Fecha límite de envío de resúmenes

10 de Julio del 2015: Notificación de aceptación de resúmenes / posters

9 de Octubre del 2015: Fecha límite de recepción de artículos para la revisión por pares

15 de Junio del 2016: Comentarios, notificaciones de aceptación y rechazo de artículos

11 de Marzo del 2016: Presentación del artículo completo

19 al 21 de Setiembre del 2016: Congreso APT 2012



¡Muchas Gracias!



<http://www.lanamme.ucr.ac.cr/>
luis.loriasalazar@ucr.ac.cr
@Igloria27