

**Diseño de Refuerzo**  
**Estructural Para**  
*SET. 2002*  
**Autopista General Cañas**



Laboratorio Nacional de  
Materiales y Modelos Estructurales

PMR

San José, 24 de setiembre de 2002.

**LM-PI-PMR-AS-01-02**

**Ing. Carlos Villalta,  
Contratación Vial,**



Estimado Carlos:

Luego de saludarlo cordialmente, me permito remitirle el informe denominado Diseño de refuerzo estructural para Autopista General Cañas. En dicho informe se presenta una opción de refuerzo estructural de acuerdo con su solicitud del oficio DCV-GC-002-02, recibido por nosotros en fecha 16 de agosto de 2002.

Me permito aclararle, sin embargo, que en virtud de los resultados de análisis deflectométrico, se han encontrado tramos del proyecto que requieren sondeos adicionales, los cuales estamos programando para realizar con la mayor brevedad.

Quedando a su disposición para lo que se preste, y expresándole mis mejores muestras de estima, consideración y respeto, me despido,

Cordialmente,

**MSCE. MBA. Pedro Castro Fernández, Candidato a Ph. D.,  
Investigador – docente,  
Programa PITRA, LANAMME, Universidad de Costa Rica**

CC:

Ing. Mario Arce, Coordinador, Programa PITRA, LANAMME,  
Ing. Tracy Gutiérrez, Programa PITRA, LANAMME,  
Archivo.

# DISEÑO DE REFUERZO ESTRUCTURAL PARA AUTOPISTA GENERAL CAÑAS

## 1. OBJETIVO

Establecer una acción de refuerzo estructural para la Autopista General Cañas, con período de diseño de 3 años.

## 2. ESTRUCTURA DE PAVIMENTO EXISTENTE

### 2.1. Espesores.

Los espesores de capa sondeados en 1999, se presentan en la Tabla 1.

**Tabla 1: Espesores de capa (A).**

Tramo	Capa	Sondeo de espesores		Escenarios de diseño (B)	
		Promedio (cm)	Desv. Estándar (cm)	Percentil 50 (cm)	Percentil 15 (cm)
San José – Alajuela	Concreto asfáltico	23.2	2.6	23.2	20.6
	Base	13.4	2.3	13.4	11.1
	Sub-base	23.3	8.9	23.3	14.4
Alajuela – San José	Concreto asfáltico	25.5	2.7	25.5	22.8
	Base	15.0	3.0	15.0	12.0
	Sub-base	23.0	9.9	23.0	13.1

(A) Fuente: LANAMME, UCR; Estudio de laboratorio para el proyecto General Cañas; setiembre de 1999.

(B) Escenarios de diseño: i) espesor promedio (percentil 50), ii) espesor promedio menos una desviación estándar (percentil 15).

### 2.2. Segmentos homogéneos.

A partir de los resultados de deflectometría de impacto de setiembre de 2002, la totalidad del pavimento se separó en segmentos homogéneos; es decir, trectos con una respuesta estructural diferenciada.

El parámetro de separación fue la deflexión medida debajo del plato de carga. El nivel de confianza estadística para la separación es del 95 %.

La Tabla 2 presenta los diferentes segmentos homogéneos seleccionados.

**Tabla 2: Segmentos homogéneos con base en deflexión bajo el plato de carga del deflectómetro de impacto (2002).**

Tramo	Segmento homogéneo	Estacionamiento		Deflexión bajo el plato de carga (E-2 mm)	
		Inicio	Fin	Promedio	Desviación estándar
San José – Alajuela	1	0+000 (A)	3+500	49.25	16.10
	2	3+600	6+200	66.92	23.65
	3	6+300	8+600	88.88	30.98
	4	8+700(B)	9+900	33.81	10.07
	5	10+000	12+800	62.63	16.31
	6	12+900	15+100 (C)	51.82	18.48
Alajuela – San José	1	0+000 (D)	4+300	51.10	21.14
	2	4+400	5+500	36.17	10.50
	3	5+600	6+500 (E)	25.35	2.98
	4	6+600	8+000	40.61	8.44
	5	8+100	9+300	59.33	17.82
	6	9+400 (F)	11+700	45.56	19.56
	7	11+800	14+400	39.42	17.92
	8	14+500	15+000	45.67	13.13

(A) Intersección de la Datsun.

(B) Frente a la entrada principal del Real Cariari.

(C) Inicio del puente sobre la Radial Alajuela.

(D) Puente sobre la Radial Alajuela.

(E) 200 m al Este del puente Francisco Orlich (Real Cariari).

(F) 200 m al Oeste del puente sobre el Río Virilla.

El Anexo I presenta los resultados del análisis deflectométrico, por estacionamiento, para la totalidad de puntos de medición.

### 2.3. Módulos de rigidez.

Para cada segmento homogéneo se determinaron los módulos de rigidez para las capas que forman el paquete estructural actual, aplicando la técnica de retrocálculo de módulos, y usando dos escenarios de curva deformada:

- Aquella definida por las deflexiones promedio más media desviación estándar (percentil 70).
- Aquella definida por las deflexiones promedio más una desviación estándar (percentil 85).

Los resultados correspondientes se presentan en la Tabla 3.

**Tabla 3: Módulos de rigidez retrocalculados para el paquete estructural existente (2002).**

Tramo	Segmento homogéneo	Percentil 70 de deflexiones				Percentil 85 de deflexiones.			
		Conc. Asfált.	Base	Sub-base	Sub-ras.	Conc. Asfált.	Base	Sub-base	Sub-ras.
San José – Alajuela	1	100000	25000	13000	13000	80000	22000	12000	12000
	2	70000	18000	8000	12000	(A)	(A)	(A)	(A)
	3	40000	18000	8000	9000	(A)	(A)	(A)	(A)
	4	300000	30000	15000	14000	230000	23000	12000	12000
	5	80000	18000	8000	12000	(A)	(A)	(A)	(A)
	6	100000	30000	15000	12000	80000	18000	10000	12000
Alajuela – San José	1	80000	18000	10000	14000	70000	18000	6000	12500
	2	175000	21000	13000	15000	170000	18000	8000	13500
	3	390000	27000	6000	18000	390000	22000	10000	18000
	4	190000	18000	7000	14000	170000	18000	6000	12500
	5	75000	17000	6000	14000	65000	16000	6000	12000
	6	9000	16000	10000	18000	75000	16000	6000	17000
	7	150000	20000	7000	15500	115000	16000	6000	14000
	8	170000	17000	6000	12000	150000	16000	6000	10000

(A) Segmentos con alta dispersión y alto nivel de deterioro. El análisis de retrocálculo en estos casos se limita al percentil 70 de deflexión medida, y se excluyen los casos puntuales extremos, que son considerados independientemente.

### **3. DISEÑO DE REFUERZO ESTRUCTURAL.**

#### **3.1. Proyecciones de tránsito.**

La Tabla 4 presenta los conteos de tránsito y porcentajes de crecimiento, aplicables a la Autopista General Cañas, disponibles en la Unidad de Estudios Básicos del MOPT.

**Tabla 4: Conteos de tránsito y distribución de flota vehicular.**

Zona	TPD	Año	% crecimiento	Distribución de flota vehicular (%)					
				Livianos	Buses	Carga liviana	C2	C3	T3-S2
(A)	65870	1998	0	69.0	20.4	6.1	3.6	0.6	0.3
(B)	69405	1999	5	70.0	17.3	4.2	5.8	1.1	1.7
(C)	51905	1998	10	61.2	24.5	4.9	6.3	1.1	2.0

(A) Sabana – Hospital México.

(B) Hospital México – Aeropuerto Juan Santamaría.

(C) 100 m Este de intersección para Aeropuerto Juan Santamaría.

La Tabla 5 presenta los factores camión usados para el cálculo de los ejes equivalentes.

**Tabla 5: Factores camión usados para cálculo de ejes equivalentes (A).**

Tipo	Liviano	Bus	Carga liviana	C2	C3	T3-S2
Factor camión	0.001	1.0	0.3	1.0	1.6	2.5

(A) Fuente: estudios previos del LANANME.

La Tabla 6 presenta las proyecciones de carga de tránsito a partir de cada sondeo disponible, así como los correspondientes ejes equivalentes para un período de tres años (2003-2006). Las magnitudes de carga correspondientes se consideran, por tanto, escenarios bajo, medio y alto.

**Tabla 6: Escenarios de carga de tránsito.**

Escenario	TPD en 2002	Ejes equivalentes	Ejes equivalentes para carril de diseño (D)
(A)	65870	5.5 millones	2.2
(B)	80345	8.1 millones	3.2
(C)	75994	10.8 millones	4.4

(A) Sabana – Hospital México.

(B) Hospital México – Aeropuerto Juan Santamaría.

(C) 100 m Este de intersección para Aeropuerto Juan Santamaría.

(D) Factor direccional de 0.50, y factor carril de 0.80.

Nota: no se ha considerado un límite máximo por capacidad, en vista de lo corto del período de diseño (tres años), y con el propósito de considerar condiciones críticas de carga en el escenario de carga alta.

### **3.2. Parámetros de diseño.**

De acuerdo con la Guía de diseño de la AASHTO (1993), se aplicaron los siguientes parámetros para el dimensionamiento del refuerzo estructural requerido:

- Nivel de confianza del 95 %.
- Desviación estándar:  $s_0 = 0.45$ .
- Índice terminal de habilidad de servicio:  $P_t = 2.50$ .
- Módulo resiliente de la sub-rasante:
  - San José – Alajuela: 6000 psi.
  - Alajuela – San José, tramos 3 y 6: 7000 psi.
  - Alajuela – San José, tramos 1, 2, 4, 5, 7 y 8: 6500 psi.

Nota: el módulo resiliente de la sub-rasante para diseño se obtiene al factorar el módulo retrocalculado a partir del ensayo deflectométrico por un coeficiente de variación estacional. Se han contrastado, además, los módulos de rigidez retrocalculados con los valores de CBR medidos a partir de sondeos en el proyecto (1999).

### **3.3. Espesor de sobre-capa de acuerdo con la metodología de AASHTO 1993.**

Se determinaron los espesores de sobre-capa para cada segmento homogéneo, de acuerdo con 12 posibles combinaciones:

- Dos escenarios de deflexión (percentiles 70 y 85).
- Dos escenarios de espesores existentes (percentiles 15 y 50).
- Tres escenarios de cargas de tránsito. De acuerdo con Sección 3.1.

El Anexo II presenta los cálculos intermedios para la determinación de los espesores de sobrecapa asfáltica requeridos para cada escenario de diseño, por segmento homogéneo.

La Tabla 7 presenta los espesores de diseño correspondientes al percentil 70 de deflexiones y al percentil 15 de espesores.

**Tabla 7: Espesores de sobrecapa de acuerdo con metodología AASHTO 1993.**

Tramo	Segmento homogéneo	Espesor de sobrecapa (cm)		
		EEQ1	EEQ2	EEQ3
San José – Alajuela	1	9.2	11.0	12.2
	2 (A)	10.0	11.8	13.0
	3 (A)	11.5	13.3	14.5
	4 (B)	0.1	1.9	3.1
	5 (A)	10.5	12.3	13.5
	6	8.8	10.6	11.8
Alajuela – San José	1	9.3	11.1	12.3
	2	4.0	5.9	7.1
	3	0.0	0.0	0.0
	4	4.7	6.5	7.7
	5	10.2	12.1	13.3
	6	5.8	7.6	8.9
	7	7.0	8.8	10.0
	8	6.4	8.3	9.5

(A) Considérese que existen tramos que requieren de sondeos adicionales, para los cuales esta recomendación de espesor de sobrecapa no aplica.

(B) Aplicar espesor mínimo de sobrecapa.

### **3.4. Revisión de vida útil por agrietamiento a la fatiga y deformación plástica.**

La Tabla 8 presenta la revisión de espesor mínimo para los segmentos homogéneos donde la capa asfáltica presenta un mayor nivel de deterioro (módulos de rigidez inferiores o iguales a 100000 psi). Se aplican los criterios de agrietamiento por fatiga y deformación plástica.

En todos los casos se cumple con el mínimo de ejes equivalentes correspondiente al escenario de carga bajo, y en la mayoría con el escenario de carga media. Es de esperar un mejor desempeño, sin embargo, por la reparación previa en la capa de apoyo para la sobrecapa (bacheo, sello de fisuras y grietas, prenivelación).



**Tabla 8: Revisión de espesor mínimo por agrietamiento a la fatiga y deformación plástica.**

Tramo	Segmento homogéneo	Espesor de sobrecapa (cm)	Vida útil por agrietamiento por fatiga		Vida útil por deformación plástica	
			$\epsilon_t$	$N_f$ (A)	$\epsilon_v$	$N_r$ (B)
San José – Alajuela	1	11.0	0.176 E-3	3.0 E6	0.371 E-3	3.1 E6
	2	18.0	0.163 E-3	3.8 E6	0.282 E-3	10.7 E6
	3	21.5	0.165 E-3	3.7 E6	0.263 E-3	14.6 E6
	5	15.5	0.173 E-3	3.2 E6	0.307 E-3	7.3 E6
Alajuela – San José	1	14.5	0.176 E-3	3.0 E6	0.297 E-3	8.4 E6
	5	15.0	0.180 E-3	2.8 E6	0.280 E-3	11.0 E6
	6	12.0	0.174 E-3	3.1 E6	0.293 E-3	9.0 E6
	7 (C)	9.0	0.115 E-3	12.1 E6	0.305 E-3	7.5 E6

(A) Modelo PDMAP (Finn y otros, 1986), para 45 % de área agrietada.

(B) Modelo del Instituto del Asfalto, para una deformación plástica promedio de 13 mm.

(C) En este caso el módulo de rigidez de la capa asfáltica es 170000 psi; se incluye como ilustración de que para módulos de rigidez en capas de apoyo de más de 100000 psi, no es necesario un ajuste al espesor de la sobrecapa, de acuerdo con las leyes de agrietamiento por fatiga y deformación plástica.

### 3.5. Espesor de sobrecapa asfáltica a aplicar.

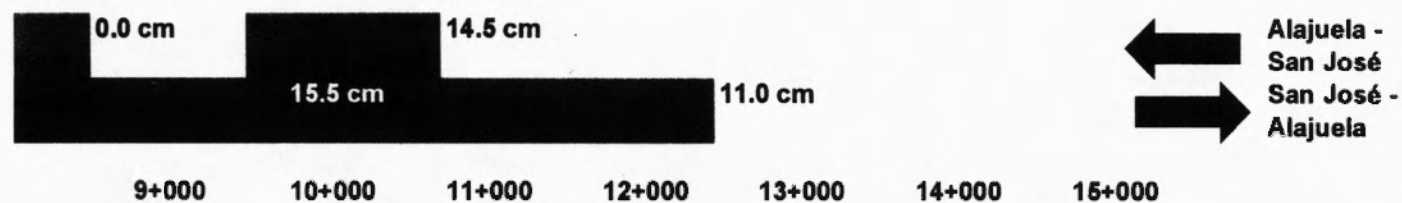
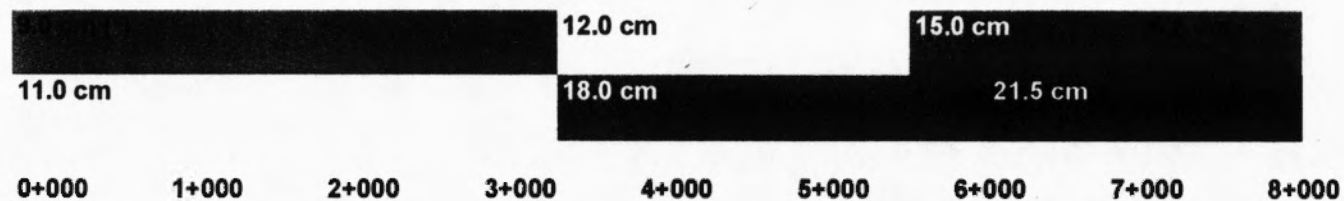
Considerando los resultados de las Secciones 3.3 y 3.4, se plantean los espesores de sobrecapa de la Tabla 9.

La Figura 1 presenta, de manera esquemática, los espesores de sobrecapa a colocar sobre la estructura de pavimento existente.

**Tabla 9: Espesores de sobrecapa.**

Tramo	Segmento homogéneo	Espesor de sobrecapa (cm)
San José – Alajuela	1	11.0
	2 (A)	18.0
	3 (A)	21.5
	4	4.0
	5 (A)	15.5
	6	11.0
Alajuela – San José	1	14.5
	2	6.0
	3	0.0
	4	6.5
	5	15.0
	6	12.0
	7	9.0
	8	8.5

(A) Excluye secciones indicadas en Apartado 3.6.



(\*) Existe una diferencia de 0.5 cm entre los espesores de sobrecapa para los segmentos homogéneos 7 y 8, en el sentido Aeropuerto - San José. Para efectos de continuidad en el proceso constructivo, se plantea la posibilidad de aplicar el mayor de ambos espesores (9.0 cm).

Figura 1: Ilustración esquemática de espesores de sobrecapa requeridos. Refuerzo estructural para la Autopista General Cañas.

### 3.6. Ajuste por restricción geométrica en valla medianera.

Con el propósito de adecuar los espesores de sobrecapa a la realidad geométrica de la valla medianera, se plantea la alternativa de escarificar parcialmente la capa asfáltica actual, con el propósito de que el nuevo nivel de rasante no exceda el máximo admisible (situación que determinaría la falla funcional de la valla medianera).

La Tabla 10 indica el espesor de sobrecapa asfáltica adicional, requerido por unidad de superficie existente escarificada.

**Tabla 10: Espesor de sobrecapa asfáltica adicional, requerido por cada unidad de superficie existente escarificada.**

Tramo	Segmento homogéneo	Espesor de sobrecapa asfáltica por cada centímetro de superficie existente escarificada (cm)
San José – Alajuela	1	0.50
	2	0.50 (A)
	3	0.45 (A)
	4	No aplica (B)
	5	0.50 (A)
	6	0.50
Alajuela – San José	1	0.50
	2	No aplica (B)
	3	No aplica (B)
	4	No aplica (B)
	5	0.50
	6	0.50
	7	0.63
	8	0.68

- (A) Se excluyen las secciones listadas en el Apartado 3.6., que requieren de estudios adicionales.
- (B) Casos donde es factible colocar el espesor de sobrecapa sobre el nivel de rasante actual, sin alcanzar el máximo nivel de rasante, considerando una previsión mínima para sobrecapas de 7.5 cm.

### Ejemplo:

Para el segmento No. 2 de San José – Alajuela, cada 1.0 cm de capa asfáltica existente que sea escarificado requiere la consideración adicional de 0.50 cm de sobrecapa asfáltica. Así, la escarificación de 5 cm de capa asfáltica existente implica el incremento de 2.5 cm en el espesor de sobrecapa definido en el Apartado 3.5; y la escarificación de 10 cm de capa asfáltica existente implica el incremento de 5.0 cm en el espesor de sobrecapa.

### **3.6. Secciones que requieren de análisis adicional.**

Las siguientes secciones requieren de análisis deflectométrico adicional:

- Estación 3+600 a 3+800.
- Estación 4+600 a 4+800.
- Estación 5+000 a 5+200.
- Estación 7+600 a 8+700.
- Estación 10+100 a 10+400
- Estación 11+200 a 11+400.
- Estación 12+500 12+700.

Nota: sentido San José – Alajuela, con 0+000 en intersección de la Datsun.

Se requiere, adicionalmente, el muestreo de material de sub-rasante, en dos puntos de sondeo a seleccionar a lo largo de la sección definida por los estacionamientos 7+600 y 8+700.

## **4. CONCLUSIONES**

### **4.1. Respecto a los espesores de sobrecapa.**

Los espesores de sobrecapa para los segmentos homogéneos que integran la totalidad del proyecto se definen en la Tabla 9. Sin embargo, la aplicación de dichos espesores de sobrecapa queda restringida a la existencia de holgura en la valla medianera, y es muy factible que se requiera escarificar parcialmente la capa asfáltica actual, en un alto porcentaje del pavimento existente. Se recomienda un levantamiento geométrico previo, para precisar la profundidad de escarificación por estacionamiento.

### Notas:

1. El nivel máximo de rasante queda definido por el inicio de la zona curva de la valla medianera, la cual permite redireccionar el tránsito desviado. Típicamente, a nivel de rasante terminada, en un proyecto nuevo, dicha holgura es de 7.5 cm, para una valla medianera del estilo New Jersey.
2. La eliminación parcial de la capa asfáltica existente conlleva al ajuste del espesor de sobrecapa, de acuerdo con los factores de incremento presentados en la Tabla 10.

En casos donde el espesor de sobrecapa excede los 12.0 cm, por costo constructivo y restricciones geométricas, sería más factible considerar una estabilización en sitio para el material existente, con la posterior aplicación de un menor espesor de sobrecapa.

Debe acotarse, adicionalmente, que existen secciones para las cuales se requiere incrementar la densidad de sondeo con deflectómetro de impacto (FWD), de manera que no están cubiertas por las recomendaciones de diseño presentadas. Dichas secciones se definen en el Apartado 3.6., y requieren de estudios adicionales.

## **4.2. Consideraciones adicionales.**

### **4.2.1. Trabajos previos a la colocación de la sobrecapa.**

De previo a la aplicación de la sobrecapa, se requiere:

- Preparación de una superficie horizontal. Sea por perfilado y/o aplicación de una capa de prenivelación.
- Preparación de una superficie estable. Con sello de fisuras y grietas, y bacheo.
- Preparación de una interfase de adherencia, con la aplicación de un riego de liga con emulsión asfáltica.

Adicionalmente, con el propósito de incrementar la vida útil del pavimento, y controlar el reflejo de grietas, se recomienda la colocación de una capa geotextil, de previo a la aplicación de la sobrecapa. Se debería considerar su aplicación como mínimo en las zonas del pavimento existente con mayor nivel de agrietamiento por fatiga (agrietamiento longitudinal y tipo cuero de lagarto), y con menores módulos de rigidez (de acuerdo con la Tabla 3).

#### 4.2.2. Superficie de ruedo.

Dados los altos esfuerzos cortantes a que será sometida la sobrecapa asfáltica por colocar, por causa de la magnitud y volumen de cargas que serán aplicadas en el corto plazo, lo recomendable es la aplicación de una superficie asfáltica de alto módulo de rigidez, que represente los primeros 2 a 3 centímetros del espesor de sobrecapa (micro – aglomerado procesado en caliente).

En vista de que dicha tecnología aún no ha sido aplicada en el país, se estima muy recomendable que la capa de superficie cumpla al menos con los siguientes requisitos:

- Ligante asfáltico modificado con polímero, con temperatura máxima de desempeño SUPERPAVE de 76°C (PG 76).
- Mezcla asfáltica diseñada por la metodología SUPERPAVE (módulo volumétrico), e incorporando un ensayo de deformación permanente.
- Consideración de diversos aditivos (polímeros) y curvas granulométricas, con el propósito de maximizar la resistencia a la deformación plástica.
- Selección de un espesor de capa en función del tamaño máximo nominal del agregado. Típicamente la relación es de al menos 3 a 1, y no más de 6 a 1:

Alternativamente, se plantea la posibilidad de que dicho proyecto se utilice como un tramo experimental a escala natural, en el cual se evalúen diferentes granulometrías y aditivos modificantes, para la mezcla asfáltica de la capa de ruedo, con el propósito de desarrollar tecnología de materiales para la industria de la Pavimentación en Costa Rica.

## **ANEXO I**

### **Perfil de deflección con dispositivo de impacto (FWD)**

**LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES**  
**ENSAYO DE DEFLECTOMETRIA**  
**Deflectómetro de impacto**

**PROYECTO: GENERAL CAÑAS**  
**RUTA No: 1**  
**TRAMO: 0+000 - 15+100**  
**MEDICIONES CADA 100 METROS**

**SENTIDO: San José - Alajuela**  
**CARRIL: Derecho**  
**FECHA: 29 agosto del 2002**

**Equipo utilizado: DYNATEST 8081 FWD TEST SYSTEMS**  
**Diámetro del plato de carga: 300 mm**  
**Magnitud de la carga: simulación de eje estándar de 8.2 toneladas**

**Tabla N°.1 Configuración de los geófonos (distancia en mm)**

No	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
X:	0	200	300	450	600	900	1200	1500	1800
Y:	0	0	0	0	0	0	0	0	0

**Tabla N°.2 Deflexiones medidas**

Estacionamiento	Ref Proyecto	Temp. Pav. (°C)	Temp. Aire (°C)	DEFLEXION mm*10 <sup>-2</sup>								
				D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
0+ 100	1	22.3	21.4	39.09	32.21	27.45	22.11	17.99	12.11	8.58	6.32	5.11
0+ 200		23.6	21.2	36.26	28.68	23.84	18.85	15.09	9.67	6.79	5.02	4.04
0+ 300		22.9	21.6	75.03	62.01	52.18	40.70	32.26	19.46	11.79	7.66	5.58
0+ 400		23.5	22.5	52.65	42.47	35.67	29.00	23.12	15.39	10.08	7.28	5.45
0+ 500		23.3	22.0	40.27	29.55	24.06	18.68	14.25	8.88	6.13	4.49	3.59
0+ 600		23.5	22.0	70.00	57.77	48.73	38.18	29.57	18.37	12.10	8.81	7.08
0+ 700		23.3	22.2	59.25	43.35	32.12	21.17	13.69	5.99	3.58	2.97	2.73
0+ 800		23.1	20.9	43.24	35.30	28.03	20.04	14.30	7.14	3.77	2.43	1.99
0+ 900		22.7	22.0	66.98	52.93	42.94	31.51	23.14	11.62	6.30	3.83	2.82
1+ 000		22.7	21.9	58.30	46.51	36.63	25.46	16.98	7.26	3.66	2.50	2.17
1+ 100		22.6	21.0	33.62	26.27	22.07	16.97	12.87	7.40	4.20	2.42	1.62
1+ 200		22.5	22.1	56.59	46.70	39.04	29.97	22.57	12.74	6.85	3.78	2.39
1+ 300	2	22.6	21.7	35.73	27.42	22.29	16.71	12.60	7.36	5.05	3.63	2.89
1+ 400		22.7	21.8	59.76	50.27	43.37	34.32	27.39	18.36	12.23	8.44	6.10
1+ 500	3	22.8	22.2	87.13	72.39	60.24	45.61	34.68	20.36	13.36	10.00	8.00
1+ 600		23.0	22.1	68.06	52.75	43.37	32.43	24.26	13.75	8.12	5.60	4.31
1+ 700		22.7	21.9	50.06	41.26	34.84	27.93	22.42	14.73	9.91	6.88	5.21
1+ 800		22.8	22.2	42.27	35.12	29.93	24.35	19.76	13.10	8.68	5.93	4.25
1+ 900		22.8	22.0	36.87	30.17	25.18	19.78	15.85	10.60	7.31	5.20	4.29
2+ 000		23.0	22.8	25.23	21.36	18.67	15.57	13.05	9.02	6.34	4.53	3.41
2+ 080	4	22.9	21.9	89.11	72.94	59.84	42.46	28.85	13.60	7.63	5.98	5.19
2+ 500		23.0	23.0	40.83	31.04	24.93	18.53	14.11	8.89	5.94	4.42	3.38
2+ 600	5	22.7	22.2	41.55	32.62	27.10	21.66	17.38	11.14	7.24	5.04	3.79
2+ 700		22.7	22.2	38.62	31.59	27.64	22.81	19.13	12.93	8.82	6.09	4.34
2+ 800		22.9	22.5	51.79	42.94	36.53	28.90	22.09	12.39	7.40	5.28	4.19
2+ 900		22.8	22.2	33.17	25.45	22.62	20.34	18.14	12.80	8.93	6.25	4.53
3+ 000		22.7	22.0	31.91	26.65	22.70	18.72	15.28	9.36	5.87	3.77	2.82
3+ 100		22.7	21.4	40.79	36.43	32.54	26.88	21.50	13.65	8.58	5.85	4.49
3+ 200		22.7	22.3	49.44	41.20	34.94	26.77	20.38	11.46	6.74	4.58	3.54
3+ 300		22.7	22.1	47.61	41.89	36.82	29.46	23.51	14.11	8.57	5.51	3.97



Estacionamiento	Ref Proyecto	Temp. Pav. (°C)	Temp. Aire (°C)	DEFLEXION mm*10 <sup>-2</sup>								
				D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
3+ 400		22.7	22.0	34.66	30.13	26.70	21.45	16.95	10.21	6.15	4.08	3.05
3+ 500		22.8	21.7	36.98	32.57	28.82	22.95	18.05	10.61	6.03	4.20	3.55
3+ 600		22.6	21.8	58.90	50.10	43.06	34.04	25.85	14.32	7.65	4.57	3.44
3+ 700		22.6	22.0	115.79	94.42	74.78	52.54	34.50	13.80	6.18	4.51	4.12
3+ 800		22.6	21.8	71.47	59.32	50.22	38.48	28.65	14.43	7.40	4.93	4.52
3+ 900		22.6	21.7	52.70	45.51	39.66	31.42	24.42	13.98	8.05	5.27	4.13
4+ 000		22.6	22.2	98.26	80.16	64.23	40.48	23.10	10.02	8.00	7.44	6.27
4+ 100		22.6	22.3	65.26	53.02	43.45	31.38	22.73	11.10	6.74	4.88	4.11
4+ 200	6	22.7	22.4	62.05	50.40	41.76	31.20	23.12	12.69	7.51	5.20	4.07
4+ 300		22.6	21.4	55.81	46.08	37.51	27.10	19.40	9.93	6.11	4.37	3.70
4+ 400		22.8	22.4	61.13	50.21	41.84	31.68	23.69	12.88	8.17	5.89	4.65
4+ 500		22.8	21.9	86.20	74.66	59.07	39.10	25.50	10.64	6.91	5.82	5.07
4+ 600	7	22.6	21.3	85.17	69.15	55.29	39.62	27.48	12.62	5.95	3.31	2.93
4+ 700		22.8	22.1	115.96	96.84	81.93	64.22	48.62	28.44	17.49	10.89	7.17
4+ 800		22.5	22.1	52.00	43.58	37.16	28.27	21.66	12.42	7.04	4.42	3.60
4+ 900		22.5	22.3	31.49	26.90	23.63	19.31	15.53	9.43	5.58	3.56	2.63
5+ 000		22.6	22.1	70.95	59.42	51.30	37.64	27.93	15.19	9.44	7.49	6.82
5+ 100		22.4	22.0	103.24	87.62	75.22	50.37	31.22	12.96	7.62	5.21	3.88
5+ 200		22.4	22.8	47.75	38.68	28.96	19.07	12.19	5.59	3.55	2.78	2.13
5+ 300	8	22.4	22.2	23.66	18.93	14.75	10.29	7.33	3.61	1.84	1.08	0.86
5+ 550		22.4	22.0	40.00	33.93	28.89	21.70	15.87	7.78	3.67	2.14	1.74
5+ 700		22.4	22.2	61.18	51.47	44.19	35.63	28.13	18.08	12.12	8.35	6.07
5+ 800		22.4	22.3	53.13	43.75	36.30	28.45	22.12	12.79	7.82	5.12	4.23
5+ 900		22.7	21.7	65.84	53.80	46.42	36.73	28.56	16.49	9.53	5.75	4.44
6+ 000		22.7	21.5	50.01	40.27	34.23	26.32	20.18	11.03	6.91	5.18	4.44
6+ 100		22.3	21.3	80.22	66.75	56.27	41.55	30.13	15.47	9.13	7.22	5.98
6+ 200		22.5	20.9	64.94	55.30	47.33	36.32	26.92	14.79	7.96	5.05	4.29
6+ 300		22.5	21.4	102.78	84.58	71.64	55.48	41.15	21.57	10.82	5.75	4.00
6+ 400		22.4	21.5	100.90	81.54	66.37	47.21	32.27	14.25	7.19	5.42	4.72
6+ 500		22.4	21.8	84.49	70.05	58.41	42.48	30.30	15.48	9.75	8.15	7.21
6+ 610		22.3	21.3	100.08	77.67	65.77	52.48	41.22	24.43	14.92	10.61	8.43
6+ 700		22.2	22.3	108.07	91.77	78.29	61.88	48.60	29.27	18.02	12.21	9.30
6+ 800		22.3	22.2	35.37	29.07	25.36	20.31	16.16	9.59	5.59	3.73	2.91
6+ 900		22.6	21.7	53.70	45.66	39.50	30.56	23.33	12.56	6.52	3.79	3.03
7+ 000		22.7	21.6	78.96	66.56	57.74	45.50	36.24	21.56	12.91	7.80	5.37
7+ 100		22.5	21.3	75.60	60.42	49.50	35.98	24.35	12.26	6.47	4.38	3.72
7+ 200		22.3	21.6	39.55	33.23	29.08	23.42	18.32	10.57	5.82	3.49	2.75
7+ 300		22.4	21.2	91.11	72.81	56.75	37.85	25.91	13.64	9.92	8.07	6.93
7+ 400		22.3	21.1	75.38	61.80	51.66	38.55	27.87	14.86	9.14	7.07	5.94
7+ 500		22.8	21.3	92.09	75.09	61.60	45.56	31.05	16.85	10.83	8.43	6.98
7+ 600		22.9	21.5	61.89	44.34	32.81	22.12	15.16	7.22	4.30	3.19	2.71
7+ 700		22.5	22.0	144.36	125.42	108.46	88.59	70.16	44.68	26.51	15.25	9.18
7+ 800		22.9	21.5	52.25	43.12	37.16	29.25	23.19	15.42	10.71	7.62	5.99
7+ 900		22.9	22.0	116.53	93.00	73.88	48.97	30.33	14.07	9.31	7.61	6.63
8+ 000		23.5	21.8	66.31	54.82	46.24	35.73	27.65	16.43	10.97	8.07	6.45
8+ 100		22.8	22.0	124.52	101.98	82.68	55.07	34.89	17.18	12.61	10.62	8.95
8+ 200		23.0	22.1	69.14	51.09	41.15	28.04	17.39	5.90	2.61	2.64	2.89
8+ 300		22.7	22.4	160.37	143.70	119.16	80.15	54.11	26.18	14.17	8.63	6.19
8+ 400		22.7	22.1	79.20	64.72	54.95	43.57	34.17	20.21	12.81	8.18	6.26
8+ 500		22.7	21.4	107.64	92.11	75.62	53.07	36.08	15.82	9.00	6.80	5.85
8+ 600		22.7	22.2	112.86	88.44	70.04	49.05	33.47	18.03	12.63	9.63	7.61
8+ 700	9	23.7	21.9	27.81	23.56	20.89	17.71	15.03	10.22	7.03	4.91	3.89
8+ 800		23.5	22.3	33.15	29.90	27.13	23.08	18.95	12.43	8.24	5.59	4.24
8+ 900	10	22.4	21.9	54.94	46.90	40.61	32.10	25.20	14.51	8.26	5.54	4.30
9+ 000		22.9	22.6	24.00	20.07	17.71	14.69	12.39	8.68	5.95	3.99	2.84

Estacionamiento	Ref Proyecto	Temp. Pav. (°C)	Temp. Aire (°C)	DEFLEXION mm*10 <sup>-2</sup>								
				D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
9+ 100		22.8	22.5	22.48	18.69	16.28	13.31	11.11	7.31	4.67	3.09	2.19
9+ 200		23.1	22.6	31.92	29.36	26.88	23.57	20.46	14.93	10.71	7.73	5.84
9+ 300		22.6	22.7	21.65	18.27	16.15	13.90	11.75	8.43	6.00	4.43	3.43
9+ 400		22.7	22.6	31.03	26.16	22.49	18.25	14.86	9.75	6.87	5.14	4.05
9+ 500		22.3	23.0	33.29	27.88	24.37	20.14	16.49	10.66	6.69	4.42	3.28
9+ 600		22.8	22.5	28.69	23.76	20.89	17.46	14.68	10.29	7.33	5.54	4.35
9+ 700	11	22.9	22.2	38.29	32.13	27.55	22.22	17.56	10.94	7.39	5.53	4.64
9+ 800		23.0	21.6	46.15	41.05	36.04	30.13	25.21	16.82	11.39	7.77	5.85
9+ 900		23.0	21.2	46.09	40.98	36.13	30.20	25.08	16.91	11.34	7.89	5.90
10+ 000		22.5	21.5	67.06	56.22	48.05	37.17	28.59	16.01	9.55	6.45	5.31
10+ 100		23.1	20.7	45.36	36.72	30.28	22.48	16.47	9.32	6.12	4.74	4.21
10+ 200		23.2	21.8	90.26	70.30	57.66	42.48	31.35	15.52	8.10	5.28	4.33
10+ 300		22.7	21.5	101.45	85.49	73.21	56.44	43.24	25.10	16.03	11.16	8.75
10+ 400		23.2	21.2	76.23	65.02	56.34	44.94	35.88	22.54	14.62	9.92	7.72
10+ 500		23.4	21.6	70.04	58.13	49.22	37.90	28.68	16.16	9.14	6.19	5.23
10+ 600		22.7	21.1	48.35	39.91	34.05	26.54	20.94	12.78	8.31	5.85	4.76
10+ 700		22.5	21.0	51.93	45.15	39.80	32.47	26.42	16.50	10.53	7.28	5.71
10+ 800		22.5	21.2	39.48	33.53	28.89	22.75	17.98	11.32	8.06	6.21	5.45
10+ 900		22.6	21.8	59.11	49.67	42.97	34.44	27.49	17.01	11.48	8.86	7.22
11+ 000		22.6	22.1	43.04	36.71	30.70	23.48	17.72	10.24	6.43	5.53	5.22
11+ 100		22.5	20.9	78.36	60.41	48.27	34.82	24.26	13.36	9.54	8.30	7.44
11+ 200		22.5	20.7	64.80	53.42	44.64	34.58	26.94	17.43	12.37	9.29	7.64
11+ 300		22.5	21.0	93.34	80.88	68.05	53.65	41.79	25.62	16.70	11.69	8.80
11+ 400		22.4	20.9	69.20	57.25	45.50	32.84	23.02	11.60	7.05	5.17	4.37
11+ 500		22.9	21.3	37.21	29.01	23.81	18.41	13.97	8.42	5.64	4.22	3.50
11+ 600		22.7	21.8	68.36	59.82	51.36	40.97	32.75	21.43	14.22	10.07	7.76
11+ 700	12	22.4	21.0	48.39	39.57	34.01	27.39	21.61	13.21	7.88	5.03	3.79
11+ 800		22.8	21.7	54.92	44.54	36.82	28.98	22.57	13.83	8.77	5.98	4.36
11+ 900		22.6	21.7	54.52	43.29	35.63	26.84	20.13	11.37	6.82	4.53	3.60
12+ 010	13	22.5	21.5	66.66	52.33	41.35	28.86	20.21	9.37	5.14	3.86	3.44
12+ 100		22.6	20.5	49.04	38.21	31.20	23.10	17.54	10.33	6.42	4.44	3.40
12+ 200		22.3	20.7	41.94	33.64	26.96	18.98	13.57	7.08	4.16	2.92	2.61
12+ 300		23.2	21.3	59.09	47.32	38.90	29.62	21.78	11.72	6.52	4.10	3.33
12+ 400		23.1	21.4	60.21	49.44	41.05	30.64	22.23	11.65	6.73	4.66	3.69
12+ 500		23.0	21.3	60.25	48.80	39.66	29.06	20.90	11.23	6.91	5.27	4.24
12+ 605	14	23.0	21.6	81.06	68.10	55.94	42.19	31.98	17.44	9.51	5.68	4.11
12+ 700		23.5	21.0	74.23	62.45	53.42	41.69	32.32	19.18	12.01	8.62	6.62
12+ 800		23.7	21.5	61.90	48.86	40.79	30.71	22.49	12.37	8.10	6.40	5.49
12+ 900	15	24.4	21.7	14.93	12.72	12.15	11.14	10.12	8.15	6.53	5.32	4.36
13+ 000		24.3	21.7	18.61	16.54	15.55	14.06	12.73	10.01	7.81	6.08	4.85
13+ 100		23.0	21.6	36.15	30.26	25.72	20.31	15.71	9.51	6.47	5.06	4.17
13+ 200		23.0	22.1	35.62	29.56	25.21	19.85	15.58	9.80	6.77	5.30	4.50
13+ 300		22.9	21.5	30.31	25.80	22.68	18.56	15.11	9.53	6.60	5.15	4.47
13+ 400		23.0	21.2	40.80	33.79	28.64	22.58	17.74	11.00	7.35	5.49	4.36
13+ 500		22.9	21.1	43.49	36.42	31.09	24.49	18.99	11.47	7.15	4.99	4.01
13+ 600		22.8	21.0	50.90	41.22	33.46	24.58	17.51	9.24	5.82	4.75	4.16
13+ 700		23.0	21.4	45.86	37.66	31.88	25.16	19.85	12.12	7.91	6.06	5.27
13+ 800		23.1	21.2	60.66	50.68	42.68	33.49	26.25	16.10	10.16	7.43	5.95
13+ 900		23.3	21.0	55.36	47.91	42.50	35.05	28.41	18.06	11.15	7.42	5.47
14+ 000	16	23.2	21.0	48.88	42.50	37.16	29.91	23.85	14.58	8.77	5.79	4.27
14+ 100		23.1	21.2	84.09	72.40	62.17	48.77	37.69	22.45	13.72	8.97	6.45
14+ 200		23.2	20.8	55.95	47.06	41.18	33.65	27.07	17.50	11.33	7.96	6.08
14+ 300		23.1	21.0	54.55	43.83	36.00	27.07	20.24	12.02	8.22	6.37	5.36
14+ 400		23.1	21.1	67.14	53.66	44.58	33.82	25.96	15.45	10.16	7.58	6.00
14+ 500		23.0	21.5	64.04	53.64	46.17	37.04	29.31	18.50	12.14	8.81	6.63

Estacionamiento	Ref Proyecto	Temp. Pav. (°C)	Temp. Aire (°C)	DEFLEXION mm*10 <sup>-2</sup>								
				D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
14+ 600		22.9	21.4	56.51	45.36	38.20	30.03	23.91	15.34	10.35	7.58	5.89
14+ 705		23.1	21.4	41.49	34.78	30.36	25.23	21.09	14.75	10.78	8.10	6.46
14+ 800		22.5	21.5	89.79	69.35	52.89	34.65	21.59	9.34	5.75	4.77	4.44
14+ 900		22.8	21.3	56.42	45.31	35.53	24.74	17.40	8.93	5.50	4.00	3.45
15+ 000		22.2	21.6	65.84	51.87	39.86	27.64	19.64	10.93	7.04	5.13	4.07
15+ 100	17	22.7	21.4	74.54	54.50	40.74	25.49	15.13	5.32	2.83	2.37	2.36

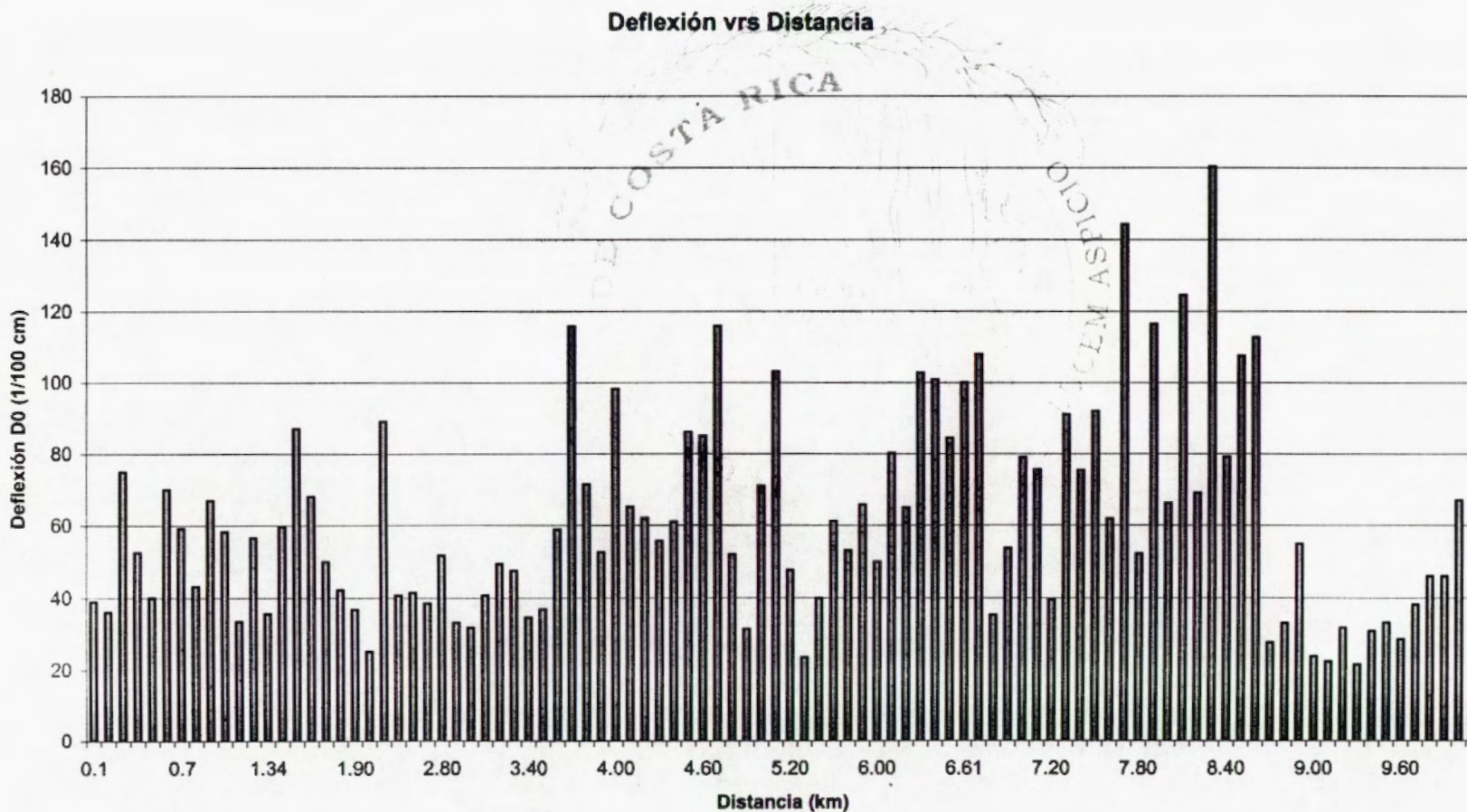
**Referencias:**

- 1: El 0+000 corresponde a la intersección de la Datsun.
- 2: Puente del Hotel San José Palacio.
- 3: Frente a Bahía de los Delfines.
- 4: De la estación 2+090 - 2+500 se encuentra el Puente Juan Pablo II.
- 5: Puente peatonal del Hospital México.
- 6: 20 m antes de Incesa Standar.
- 7: Frente al INA (15 m después del puente peatonal).
- 8: De la estación 5+360 - 5+530 se encuentra el Puente sobre el Río Virilla.
- 9: Frente a entrada principal del Real Cariari.
- 10: Puente Francisco Orlich (Real Cariari).
- 11: Frente a rótulo de VALTRA.
- 12: Bajo el Puente de Intel.
- 13: De la estación 11+940 - 12+000 se encuentra el Puente sobre Río Segundo.
- 14: Mojón km 15, Ruta 1.
- 15: Plato del equipo coincide con la casetilla de cobro del peaje.
- 16: Plato del equipo coincide con los semáforos del Aeropuerto Juan Santamaría.
- 17: Inicio del Puente sobre la Radial Alajuela.

LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES  
ENSAYO DE DEFLECTOMETRIA  
Deflectómetro de impacto

PROYECTO: GENERAL CAÑAS  
RUTA No: 1  
TRAMO: 0+000 - 15+100  
MEDICIONES CADA 100 METROS

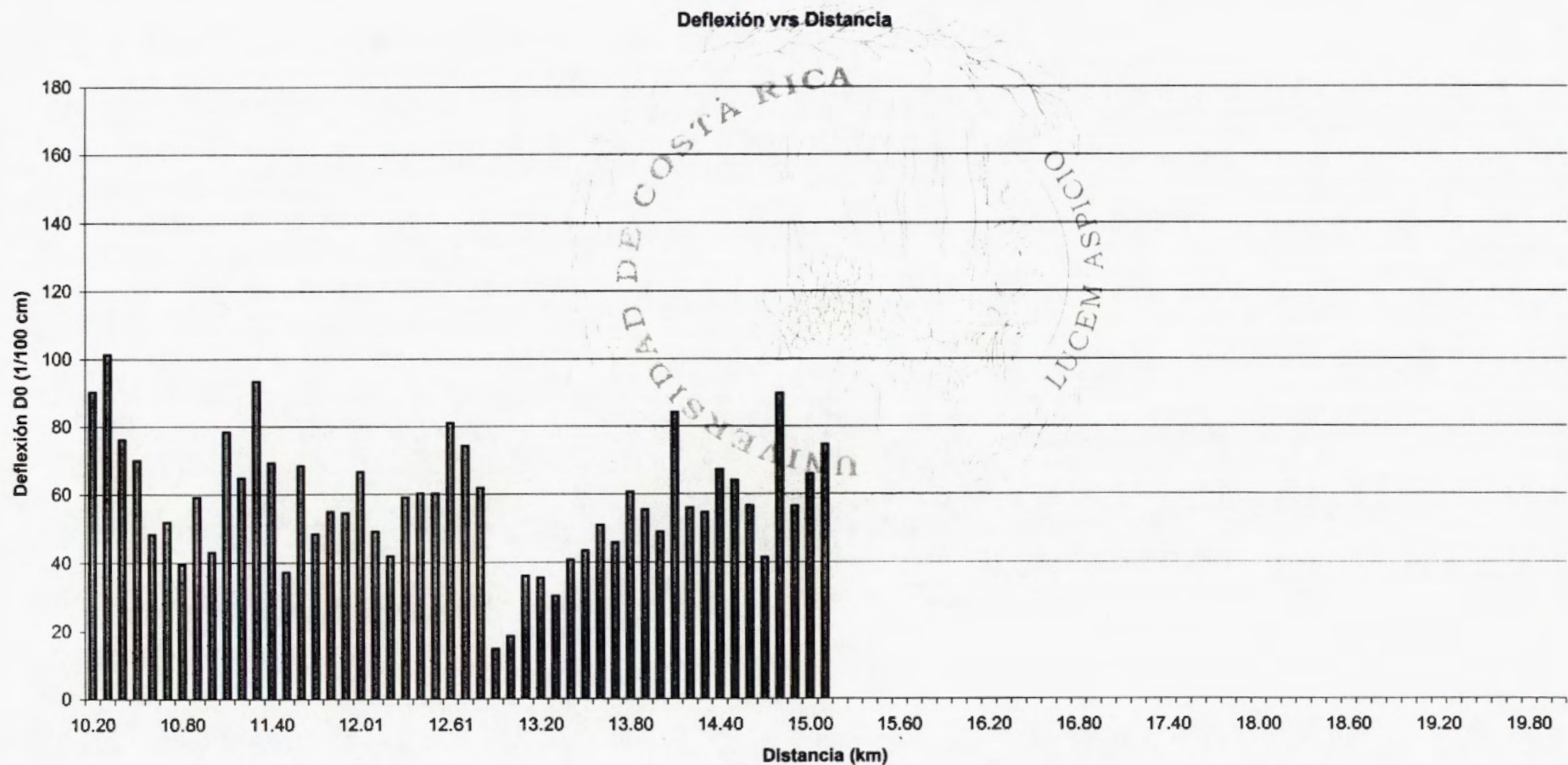
SENTIDO: San José - Alajuela  
CARRIL: Derecho  
FECHA : 29 agosto del 2002



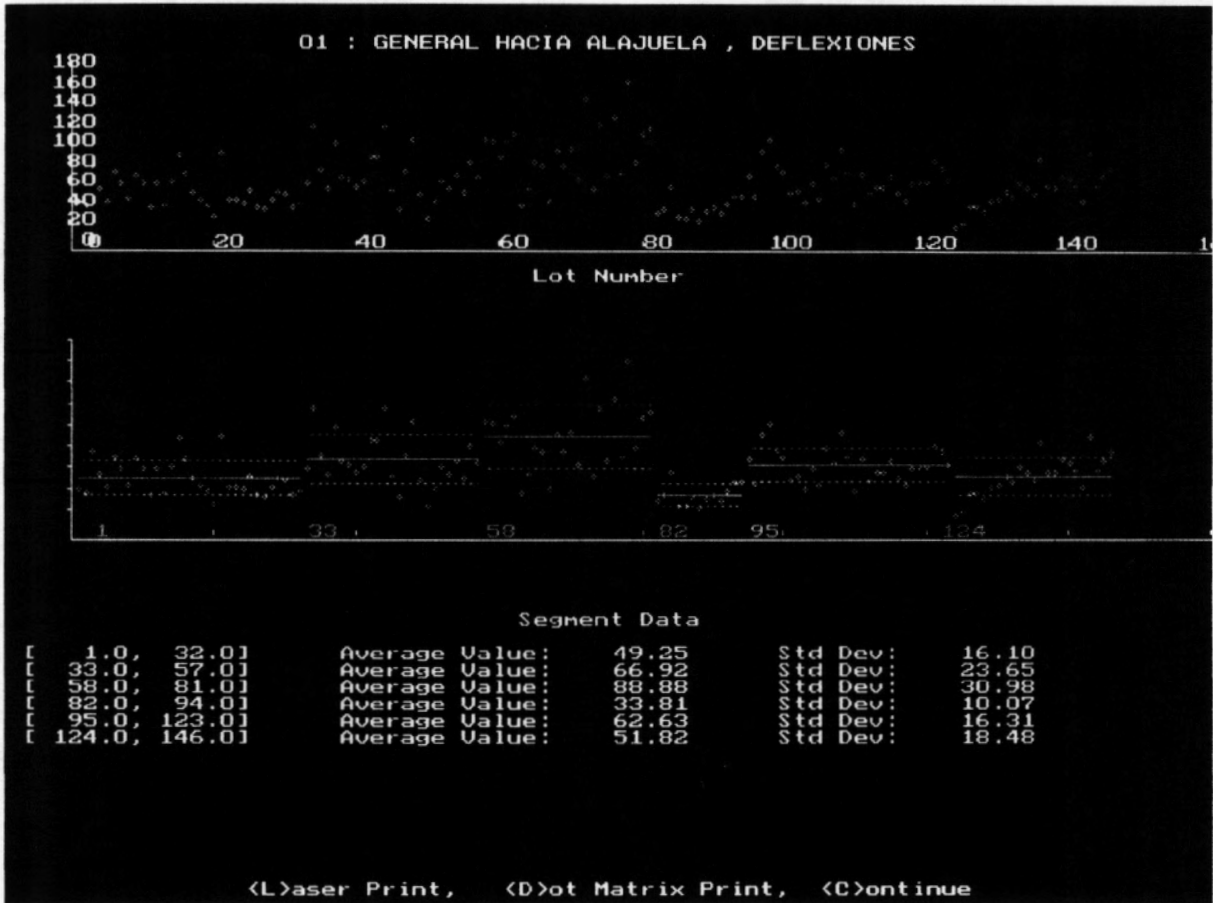
LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES  
ENSAYO DE DEFLECTOMETRIA  
Deflectómetro de impacto

PROYECTO: GENERAL CAÑAS  
RUTA No: 1  
TRAMO: 0+000 - 15+100  
MEDICIONES CADA 100 METROS

SENTIDO: San José - Alajuela  
CARRIL: Derecho  
FECHA : 29 agosto del 2002



Datos: General Cañas (San José - Alajuela).



**LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES**  
**ENSAYO DE DEFLECTOMETRIA**  
**Deflectómetro de impacto**

**PROYECTO: GENERAL CAÑAS**  
**RUTA No: 1**  
**TRAMO: 0+000 - 15+000**  
**MEDICIONES CADA 100 METROS**

**SENTIDO: Alajuela - San José**  
**CARRIL: Derecho**  
**FECHA : 29 agosto del 2002**

**Equipo utilizado: DYNATEST 8081 FWD TEST SYSTEMS**  
**Diámetro del plato de carga: 300 mm**  
**Magnitud de la carga: simulación de eje estándar de 8.2 toneladas**

**Tabla N°.1 Configuración de los geófonos (distancia en mm)**

No	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
X:	0	200	300	450	600	900	1200	1500	1800
Y:	0	0	0	0	0	0	0	0	0

**Tabla N°.2 Deflexiones medidas**

Estacionamiento	Ref Proyecto	Temp. Pav. (°C)	Temp. Aire (°C)	DEFLEXION mm*10 <sup>-2</sup>								
				D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
0+ 100	1	22.4	22.9	70.75	52.42	39.36	24.85	15.53	6.21	3.20	2.57	2.43
0+ 200		22.7	22.3	89.00	68.92	52.46	32.44	22.00	12.01	8.36	6.70	5.27
0+ 300		23.3	22.2	63.31	47.19	34.53	22.19	14.55	7.88	5.71	4.66	3.82
0+ 500		22.2	22.8	55.40	44.98	35.63	24.79	16.74	7.95	4.73	3.79	3.46
0+ 600		23.3	22.9	73.39	59.10	45.46	30.79	21.14	12.66	9.74	8.19	6.68
0+ 700		23.4	22.5	66.59	53.64	43.14	31.27	22.47	13.27	9.28	7.65	6.69
0+ 800		22.7	22.5	79.71	61.92	46.35	28.74	20.31	12.97	9.67	7.94	6.71
0+ 900		23.6	22.0	24.03	17.76	15.38	13.46	11.81	9.10	7.16	5.77	4.84
1+ 000		23.6	22.3	42.37	33.21	26.66	19.85	15.43	9.94	6.87	5.14	4.22
1+ 100	2	23.6	21.9	73.48	58.74	46.91	35.05	26.53	14.78	8.11	4.84	3.64
1+ 200		23.5	22.5	30.85	27.11	24.82	21.40	18.07	12.78	8.77	5.90	4.16
1+ 300		23.3	22.4	37.92	33.92	30.85	26.41	22.25	15.12	9.76	6.57	4.69
1+ 400		23.3	22.5	40.33	34.18	30.21	24.99	20.44	14.36	10.43	8.21	6.66
1+ 500		23.4	22.8	37.23	31.00	27.23	22.17	18.07	11.49	8.01	6.03	5.11
1+ 600		23.3	22.8	34.45	29.38	25.67	20.70	16.78	10.69	6.84	4.91	3.73
1+ 700		23.0	22.9	43.34	36.81	31.38	22.59	17.85	10.97	7.02	4.66	4.04
1+ 800		23.0	22.6	27.57	23.65	21.06	17.57	14.46	9.98	6.61	4.57	3.57
1+ 900		22.7	22.6	41.45	36.63	30.46	24.03	19.51	12.60	8.06	5.39	4.20
2+ 000		22.7	22.5	33.53	30.46	27.52	23.50	19.84	13.55	9.48	7.07	5.62
2+ 100		22.7	22.1	24.91	20.81	17.96	14.40	11.88	8.07	6.08	4.86	4.14
2+ 200		23.2	22.2	28.52	23.43	20.00	15.70	12.19	7.55	5.17	4.18	3.57
2+ 300		23.3	22.7	27.36	23.42	20.18	16.12	13.00	8.23	5.86	4.52	4.00
2+ 400		23.3	22.5	31.31	26.37	22.87	18.69	15.04	10.04	7.28	5.74	4.81
2+ 500		23.4	22.8	35.33	31.61	28.87	24.66	20.77	14.20	9.24	6.20	4.35
2+ 600		23.3	22.8	72.27	61.26	52.94	41.37	32.19	18.42	10.82	6.89	5.00
2+ 700		22.9	22.5	33.53	27.12	22.27	16.94	12.97	7.78	5.06	3.84	3.30
2+ 800		23.4	22.3	20.43	16.24	13.66	10.69	8.71	6.06	4.52	3.49	2.93
2+ 900		23.1	22.3	40.62	32.14	26.75	20.14	15.35	9.29	5.85	4.16	3.25
3+ 000		23.0	22.4	31.10	25.77	21.57	16.67	12.75	7.62	4.88	3.42	2.66

Estacionamiento	Ref Proyecto	Temp. Pav. (°C)	Temp. Aire (°C)	DEFLEXION mm*10 <sup>-2</sup>								
				D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
3+ 100		23.0	21.1	46.25	36.95	30.44	22.66	16.64	8.89	5.11	3.56	3.11
3+ 200	3	23.2	21.1	77.85	62.85	49.31	33.45	22.01	8.74	3.71	2.65	2.44
3+ 300		22.6	21.5	67.29	51.61	38.81	27.43	19.92	11.19	6.73	5.28	4.39
3+ 400		23.2	21.9	43.10	35.78	30.49	24.02	18.85	11.69	7.53	5.23	3.92
3+ 500		23.0	22.0	38.68	33.07	28.64	22.91	17.99	11.22	7.19	4.88	3.70
3+ 600		23.4	22.1	101.58	85.42	70.70	55.81	44.32	27.86	18.37	13.26	10.19
3+ 700		23.6	21.5	49.02	38.70	31.25	23.46	16.80	9.61	6.05	4.57	3.85
3+ 800		23.6	21.8	56.76	44.48	36.62	27.51	20.63	11.43	6.54	4.46	3.53
3+ 900		23.6	21.3	90.52	74.34	62.30	47.33	35.36	20.67	13.62	10.33	8.20
4+ 000		23.5	21.3	79.99	67.85	56.47	42.67	31.69	18.98	13.07	10.00	8.24
4+ 100		23.1	21.6	59.76	49.94	42.13	33.00	25.72	15.60	10.13	8.17	7.09
4+ 200		23.2	22.0	54.63	44.63	37.21	28.62	21.28	12.74	8.41	6.85	5.73
4+ 300		23.2	21.9	70.88	59.07	51.81	42.54	35.26	24.57	17.48	12.87	9.77
4+ 400		23.3	21.2	34.66	28.84	24.85	19.65	16.10	10.56	7.46	6.00	5.09
4+ 500		23.3	21.0	46.24	40.69	35.93	29.87	24.86	16.41	11.01	7.49	5.75
4+ 600		23.0	20.7	38.12	31.63	26.89	21.04	15.92	9.83	6.29	4.68	3.74
4+ 700		22.9	20.9	19.70	16.93	14.80	11.62	9.52	6.89	5.07	4.03	3.30
4+ 800		23.3	20.5	44.08	36.09	30.19	23.56	18.44	11.44	7.95	6.05	5.11
4+ 900		23.6	20.7	40.76	36.23	32.53	28.30	24.51	18.15	13.53	10.39	7.86
5+ 000		22.9	21.1	19.51	16.73	14.82	12.85	10.80	7.61	5.45	3.92	3.24
5+ 100		22.9	20.6	24.31	19.37	16.42	12.84	9.92	5.63	3.67	2.67	2.22
5+ 200		23.2	20.2	29.48	25.00	21.55	17.62	13.93	8.90	5.91	4.34	3.70
5+ 300		22.9	20.4	44.66	37.49	32.72	26.67	20.85	12.49	7.75	5.38	4.52
5+ 400		22.9	20.7	48.70	41.70	37.60	31.30	26.14	17.63	12.01	8.58	6.67
5+ 500		23.1	20.9	43.84	34.99	29.90	23.09	17.44	10.37	6.84	5.46	4.74
5+ 600		23.3	20.9	27.30	24.19	21.61	18.04	14.97	9.95	6.84	5.11	4.13
5+ 700		23.7	21.5	26.95	23.73	21.77	18.90	16.31	11.78	8.34	5.94	4.21
5+ 800		23.7	21.7	26.89	23.77	21.48	18.56	15.96	11.32	7.97	5.87	4.51
5+ 900		23.7	21.6	22.84	19.75	17.75	15.05	12.68	8.82	6.20	4.48	3.49
6+ 000		23.8	21.5	24.15	21.46	19.73	17.27	15.20	11.31	8.38	6.20	4.83
6+ 100		23.7	21.3	26.23	24.07	22.51	20.17	17.97	13.41	9.65	7.01	4.79
6+ 200		23.5	21.4	18.04	16.20	14.91	13.19	11.37	8.32	5.86	4.24	2.97
6+ 300	4	23.3	21.6	27.36	24.94	22.93	19.61	16.64	11.45	7.86	5.40	4.26
6+ 400		23.7	21.6	26.35	23.48	21.25	18.59	15.96	11.76	8.65	6.33	4.78
6+ 500		23.8	21.7	27.37	25.06	22.93	20.15	17.23	12.57	8.60	6.11	4.43
6+ 600		23.8	22.0	60.32	47.79	40.54	31.79	25.12	15.31	9.50	6.24	4.89
6+ 700		23.7	22.0	36.63	32.35	29.03	24.05	19.85	12.97	8.42	5.84	4.44
6+ 800		23.7	22.0	41.80	35.34	30.80	24.75	19.43	12.83	8.78	6.64	5.39
6+ 900		23.6	21.6	29.97	26.21	23.34	19.60	16.60	11.96	8.71	6.63	5.18
7+ 000		23.4	21.7	44.87	40.62	37.02	32.49	28.23	20.65	14.64	10.50	7.47
7+ 100		23.0	21.7	43.77	38.96	35.25	30.10	25.12	17.47	11.87	8.22	6.38
7+ 200		23.3	21.8	37.97	33.64	29.74	24.44	19.72	12.89	8.83	6.31	4.91
7+ 300		22.6	22.0	49.37	44.82	40.60	34.79	29.81	20.63	14.09	9.71	6.86
7+ 400		23.1	22.3	47.08	41.41	36.30	29.69	24.19	15.19	9.49	6.17	4.57
7+ 500		23.0	22.3	48.37	43.90	39.94	34.35	29.22	20.95	14.86	10.40	7.96
7+ 600		23.0	22.1	32.68	27.78	24.26	19.68	15.63	9.67	5.90	3.44	2.94
7+ 700		23.0	22.3	32.33	29.27	27.01	23.28	19.75	13.95	9.78	7.05	5.32
7+ 800		22.9	21.8	31.16	28.01	25.54	22.14	18.41	12.65	8.55	5.88	4.57
7+ 900		23.0	21.7	34.36	30.84	28.18	23.90	20.22	13.38	8.47	6.22	4.97
8+ 000		23.4	22.1	38.45	32.77	28.70	23.60	18.61	11.18	6.56	3.75	2.86
8+ 100		23.7	21.9	41.03	34.87	30.49	24.76	20.05	12.93	8.49	5.98	4.74
8+ 200		23.6	22.2	40.43	34.46	30.55	24.99	20.25	12.79	7.79	5.23	3.92
8+ 300		23.7	22.2	46.22	40.06	35.55	29.66	24.33	15.82	10.26	7.00	5.30



Estacionamiento	Ref Proyecto	Temp. Pav. (°C)	Temp. Aire (°C)	DEFLEXION mm*10 <sup>-2</sup>								
				D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
8+ 400		23.7	22.1	57.00	49.35	42.81	33.83	27.06	17.09	10.96	7.79	6.16
8+ 500		23.6	21.8	93.67	73.00	55.74	40.73	31.34	19.68	13.85	10.81	8.93
8+ 600		23.6	22.3	47.74	41.34	36.98	31.26	25.59	17.55	11.76	8.13	6.01
8+ 700		23.2	22.5	42.00	33.21	27.70	21.17	15.66	8.32	4.22	2.37	1.58
8+ 800		22.9	22.3	52.12	42.58	35.37	26.92	19.99	10.80	6.15	4.23	3.54
8+ 900		23.0	22.2	63.04	51.00	42.79	32.46	24.15	11.86	6.19	4.04	3.68
9+ 000		22.9	21.9	81.69	64.79	52.68	39.13	27.03	12.66	6.68	4.81	4.22
9+ 100		22.9	22.0	86.89	69.62	58.10	42.41	31.02	15.95	8.95	6.25	5.12
9+ 200		22.9	21.9	60.03	47.37	39.78	31.16	21.33	12.30	7.96	6.21	5.34
9+ 300		22.5	22.5	59.47	46.42	38.28	27.65	20.30	11.14	6.93	5.32	4.65
9+ 400		22.7	21.9	43.16	38.81	33.86	27.42	21.88	14.21	9.29	6.52	4.99
9+ 500		22.8	22.2	51.53	42.15	35.69	28.63	22.82	14.41	9.19	6.48	4.96
9+ 600	5	22.6	22.2	32.96	27.76	24.15	19.66	15.75	9.69	6.05	4.07	3.14
9+ 900		21.9	22.2	11.46	9.93	8.81	7.28	6.02	3.76	2.35	1.42	0.98
10+ 000		21.8	21.9	23.23	19.79	17.61	14.79	12.22	8.14	5.36	3.52	2.35
10+ 100		21.4	21.6	22.81	20.15	18.16	15.20	12.64	8.38	5.45	3.60	2.42
10+ 200		21.9	21.9	38.72	34.13	30.63	25.63	21.18	13.45	8.10	5.06	3.24
10+ 300		22.2	22.0	36.36	32.33	29.06	24.45	20.07	12.86	7.87	4.69	3.31
10+ 400		21.9	22.1	40.23	34.65	30.61	24.81	20.11	12.75	8.30	5.99	4.82
10+ 500		21.8	21.6	19.88	16.87	14.63	11.54	8.97	5.37	3.35	2.30	1.90
10+ 600	6	22.6	21.4	50.35	41.01	33.79	25.79	19.61	11.30	6.71	4.57	3.40
10+ 700		22.7	20.8	35.81	27.52	21.48	15.74	11.94	7.33	4.83	3.45	2.70
10+ 800		22.5	21.0	54.71	43.83	35.17	25.65	18.99	10.71	6.95	5.07	3.99
10+ 900		22.7	21.1	56.82	44.92	37.63	28.34	21.50	12.29	8.12	5.85	4.39
11+ 000		22.6	21.0	22.31	17.66	14.24	11.25	9.33	6.58	4.77	3.74	3.01
11+ 100		22.2	20.7	91.73	76.69	62.88	47.00	34.71	19.45	11.26	6.96	5.08
11+ 200		22.1	20.7	59.87	47.20	38.11	26.66	18.36	9.77	6.43	5.09	4.27
11+ 300		22.2	20.7	65.81	48.40	38.40	27.32	18.90	8.56	5.40	4.55	3.90
11+ 400		22.0	20.8	71.96	59.13	47.20	35.48	25.29	13.29	7.51	5.03	4.06
11+ 500		22.4	20.8	51.79	41.98	34.72	26.55	19.11	9.89	5.60	3.87	3.34
11+ 600		22.5	20.5	55.45	42.12	34.16	23.69	17.56	9.37	5.69	4.20	3.45
11+ 700		22.5	20.7	65.33	53.25	42.76	32.11	22.46	12.03	7.05	4.84	3.83
11+ 800		22.5	21.1	25.85	22.56	20.24	17.24	14.41	9.89	6.89	5.01	3.77
11+ 900		22.8	21.1	32.74	29.13	26.13	21.99	18.32	12.06	8.03	5.33	3.85
12+ 000		21.8	20.2	16.60	14.33	12.46	10.37	8.31	5.37	3.65	2.68	1.95
12+ 100		22.6	20.9	27.63	24.42	21.51	18.05	14.78	9.67	6.53	4.34	3.22
12+ 200		21.7	20.5	15.72	13.86	12.33	10.39	8.66	5.72	3.90	2.81	2.09
12+ 300		23.1	21.1	14.16	11.86	10.69	10.03	9.59	7.96	6.37	4.81	3.56
12+ 400		23.2	21.1	33.53	28.76	25.68	21.50	17.99	12.34	8.09	5.49	3.89
12+ 500		23.0	20.8	46.67	38.33	32.13	25.68	20.33	11.79	6.97	5.05	4.14
12+ 600		22.6	21.6	77.90	60.81	47.20	32.94	22.50	12.38	7.63	5.47	4.57
12+ 700	7	22.7	21.3	24.49	18.22	15.55	13.39	11.39	8.30	5.98	4.29	3.36
13+ 100		23.2	22.4	53.66	45.24	36.75	28.49	21.87	12.31	7.24	5.17	4.52
13+ 200		23.0	22.1	44.37	37.13	32.11	26.12	21.15	13.23	8.52	5.71	4.14
13+ 300		23.0	21.7	37.80	31.25	27.79	23.60	20.02	14.17	10.11	7.18	5.21
13+ 400		22.6	21.5	80.42	70.15	63.18	54.39	46.58	32.46	21.47	13.64	8.64
13+ 500	8	22.0	21.9	39.57	33.75	29.79	25.03	20.63	14.15	9.77	6.94	4.82
13+ 600		22.5	21.7	47.02	36.18	28.47	21.38	16.52	10.41	6.51	4.59	3.54
13+ 700		22.4	21.3	46.49	37.61	32.54	26.91	21.87	15.77	11.43	8.62	6.92
13+ 800	9	22.3	21.0	68.61	56.78	49.33	41.30	34.27	23.82	16.32	11.57	8.45
14+ 000		22.2	21.3	44.98	35.53	29.85	23.16	18.38	11.19	7.66	5.17	3.84
14+ 100		21.9	21.6	28.35	21.14	17.75	14.31	11.59	7.21	4.38	2.90	1.97
14+ 200		22.1	21.6	31.03	24.51	20.52	15.84	12.31	7.19	4.37	2.76	2.03

Estacionamiento	Ref Proyecto	Temp. Pav. (°C)	Temp. Aire (°C)	DEFLEXION mm*10 <sup>-2</sup>								
				D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
14+ 300		22.5	21.8	30.03	22.90	18.62	14.07	10.54	5.92	3.41	2.06	1.50
14+ 400		22.6	21.3	39.10	30.98	24.97	18.32	13.15	6.96	3.89	2.66	2.06
14+ 500		22.6	21.4	35.19	26.17	21.30	16.15	12.56	7.40	4.51	3.11	2.45
14+ 600		22.5	21.0	31.90	25.58	21.85	18.10	14.90	10.77	8.07	6.09	4.87
14+ 700		22.1	20.9	68.62	59.53	53.16	45.18	38.26	27.44	19.77	13.98	9.68
14+ 800		22.1	21.1	47.10	40.62	35.88	31.42	27.25	20.56	15.14	10.79	8.06
14+ 900		22.8	21.1	49.70	40.81	34.61	27.69	21.71	14.10	9.24	6.78	5.21
15+ 000		22.8	21.7	41.52	33.87	29.03	23.32	18.79	11.79	7.54	5.40	4.28

**Referencias:**

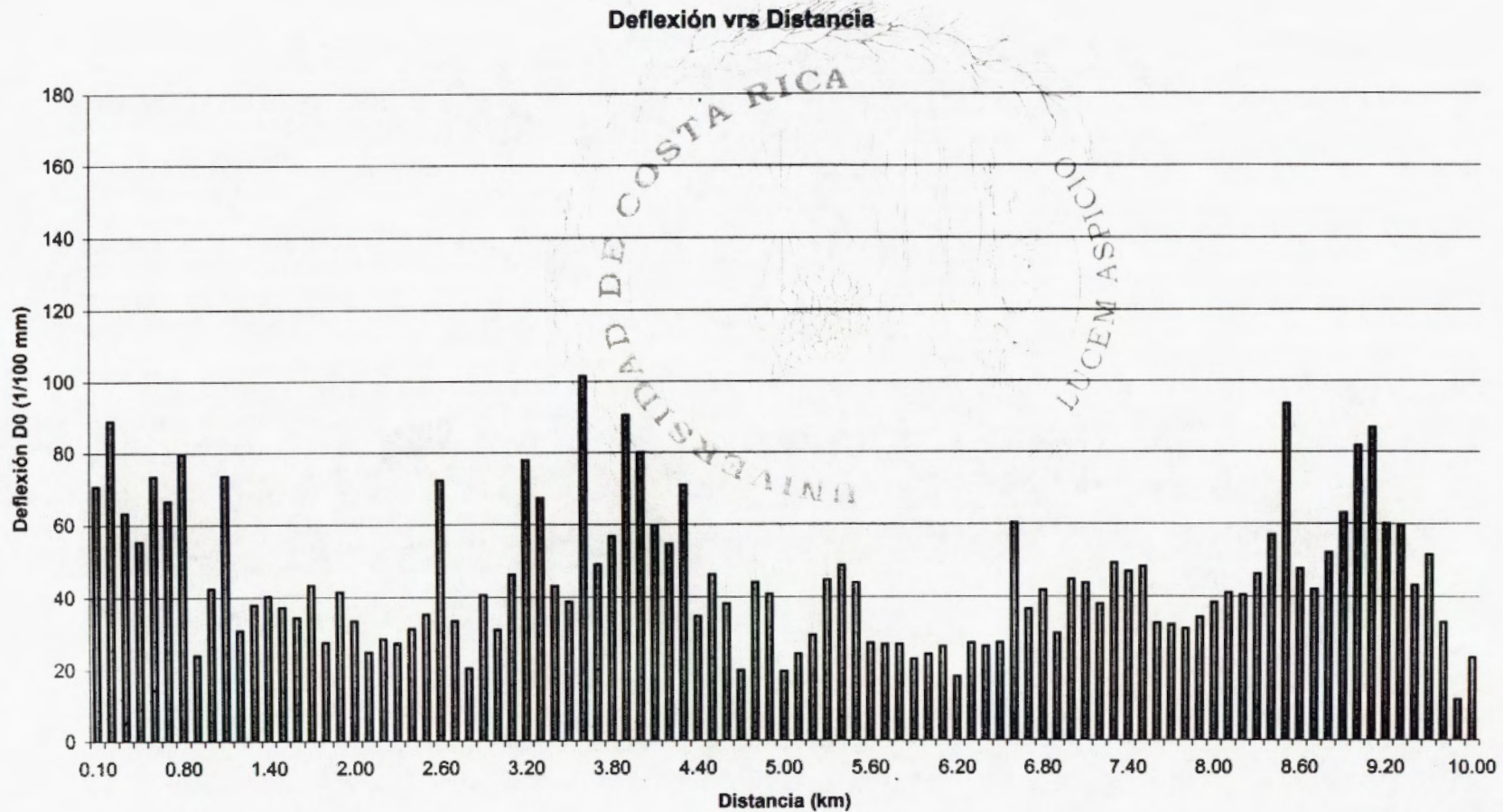
- 1: El 0+000 corresponde al Puente sobre la Radial Alajuela.
- 2: Intersección del Aeropuerto Juan Santamaría (1+150).
- 3: Puente sobre Río Segundo (3+250).
- 4: Puente Francisco Orlich (Real Cariari), (6+300).
- 5: Puente sobre el Río Virilla (9+700 - 9+800).
- 6: Puente del INA (10+670).
- 7: Puente Juan Pablo II (12+800 - 13+000).
- 8: Puente de Circunvalación (13+480).
- 9: Puente del San José Palacio (13+890 - 13+900).

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
LUCEM ASPICIA

LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES  
ENSAYO DE DEFLECTOMETRIA  
Deflectómetro de impacto

PROYECTO: GENERAL CAÑAS  
RUTA No: 1  
TRAMO: 0+000 - 15+000  
MEDICIONES CADA 100 METROS

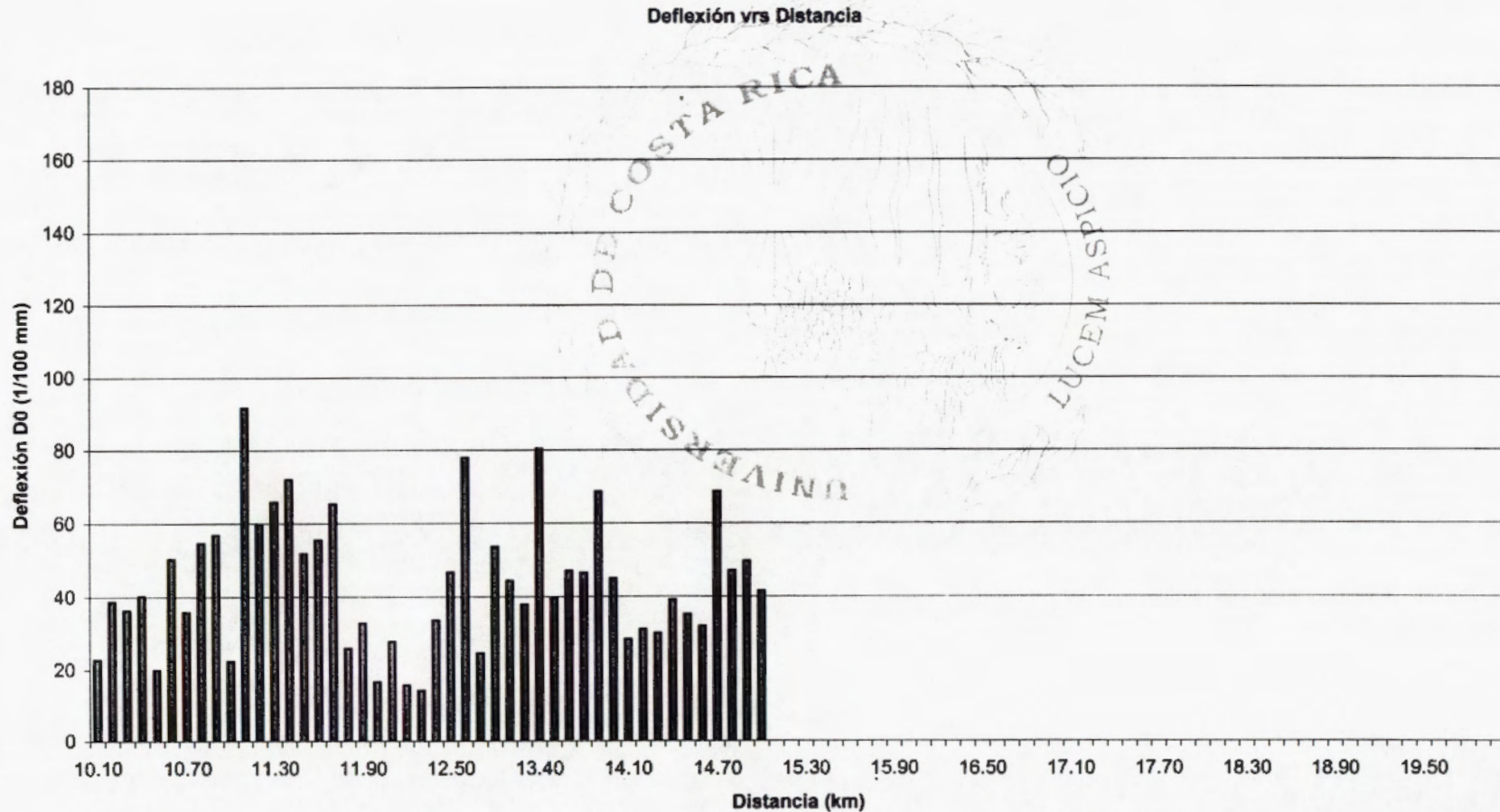
SENTIDO: Alajuela - San José  
CARRIL: Derecho  
FECHA : 29 agosto del 2002



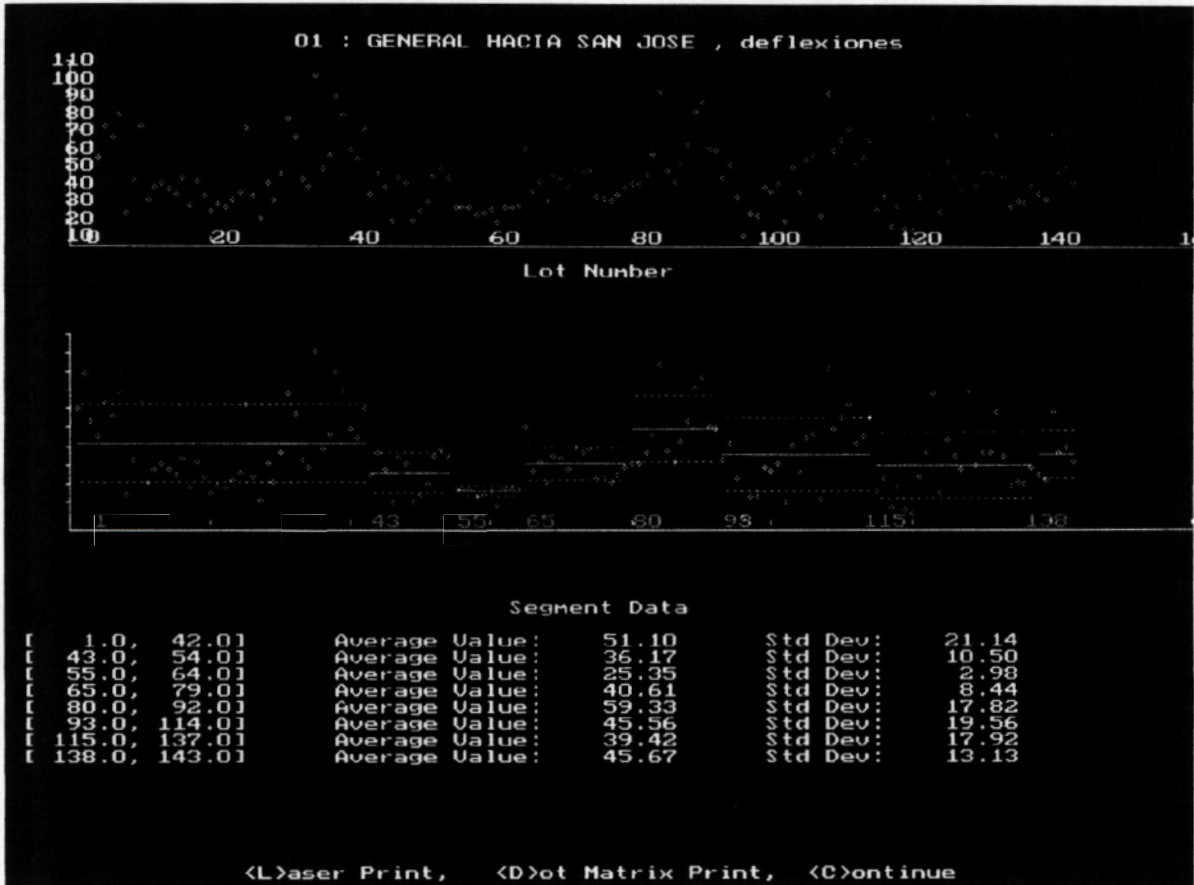
LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES  
ENSAYO DE DEFLECTOMETRIA  
Deflectómetro de impacto

PROYECTO: GENERAL CAÑAS  
RUTA No: 1  
TRAMO: 0+000 - 15+000  
MEDICIONES CADA 100 METROS

SENTIDO: Alajuela - San José  
CARRIL: Derecho  
FECHA : 29 agosto del 2002



Datos: General Cañas (Alajuela - San José).



## **ANEXO II**

### **Cálculo para espesor de sobrecapa por metodología AASHTO 1993.**

**Tabla A1: Retrocálculo de módulos de rigidez. Tramo San José - Alajuela.**

ESCENARIOS PARA ESPESOR DE CAPA EXISTENTE (cm):

Espesor de capa (cm)	Percentil 70 de deflexiones						Percentil 85 de deflexiones					
	Percentil 50 de espesor			Percentil 15 de espesor			Percentil 50 de espesor			Percentil 15 de espesor		
	Carp.	Base	SB	Carp.	Base	SB	Carp.	Base	SB	Carp.	Base	SB
	23.2	13.4	23.3	20.6	11.1	14.4	23.2	13.4	23.3	20.6	11.1	14.4

MODULOS DE RIGIDEZ RETROCALCULADOS (psi):

TRAMO	Percentil 70 de deflexiones								Percentil 85 de deflexiones							
	Percentil 50 de espesor				Percentil 15 de espesor				Percentil 50 de espesor				Percentil 15 de espesor			
	Carp.	Base	SB	SR	Carp.	Base	SB	SR	Carp.	Base	SB	SR	Carp.	Base	SB	SR
1	100000	25000	13000	13000	100000	25000	13000	13000	80000	22000	12000	12000	80000	22000	12000	12000
2	70000	18000	8000	12000	70000	18000	8000	12000								
3	40000	18000	8000	9000	40000	18000	8000	9000								
4	300000	30000	15000	14000	300000	30000	15000	14000	230000	23000	12000	12000	230000	23000	12000	12000
5	80000	18000	8000	12000	80000	18000	8000	12000								
6	100000	30000	15000	12000	100000	30000	15000	12000	80000	18000	10000	12000	80000	18000	10000	12000

**Tabla A2: Cálculo de número estructural efectivo existente. Tramo San José - Alajuela.**

**CALCULO DE COEFICIENTES ESTRUCTURALES PARA CAPAS EXISTENTES:**

TRAMO	Percentil 70 de deflexiones						Percentil 85 de deflexiones					
	Percentil 50 de espesor			Percentil 15 de espesor			Percentil 50 de espesor			Percentil 15 de espesor		
	a1	a2	a3	a1	a2	a3	a1	a2	a3	a1	a2	a3
1	0.200	0.120	0.095	0.200	0.120	0.095	0.200	0.100	0.090	0.200	0.100	0.090
2	0.200	0.095	0.090	0.200	0.095	0.090						
3	0.180	0.095	0.075	0.180	0.095	0.075						
4	0.360	0.140	0.115	0.360	0.140	0.115	0.320	0.110	0.090	0.320	0.110	0.090
5	0.200	0.095	0.075	0.200	0.095	0.075						
6	0.200	0.140	0.090	0.200	0.140	0.090	0.200	0.095	0.090	0.200	0.095	0.090

**CALCULO DE NUMERO ESTRUCTURAL EFECTIVO EXISTENTE:**

TRAMO	Percentil 70 de deflexiones								Percentil 85 de deflexiones							
	Percentil 50 de espesor				Percentil 15 de espesor				Percentil 50 de espesor				Percentil 15 de espesor			
	a1*h1	a2*h2	a3*h3	SNe	a1*h1	a2*h2	a3*h3	SNe	a1*h1	a2*h2	a3*h3	SNe	a1*h1	a2*h2	a3*h3	SNe
1	1.83	0.63	0.87	3.33	1.62	0.52	0.54	2.69	1.83	0.53	0.83	3.18	1.62	0.44	0.51	2.57
2	1.83	0.50	0.83	3.15	1.62	0.42	0.51	2.55								
3	1.64	0.50	0.69	2.83	1.46	0.42	0.43	2.30								
4	3.29	0.74	1.05	5.08	2.92	0.61	0.65	4.18	2.92	0.58	0.83	4.33	2.60	0.48	0.51	3.59
5	1.83	0.50	0.69	3.02	1.62	0.42	0.43	2.46								
6	1.83	0.74	0.83	3.39	1.62	0.61	0.51	2.74	1.83	0.50	0.83	3.15	1.62	0.42	0.51	2.55



**Tabla A3: Cálculo de espesor de sobrecapa. Tramo San José - Alajuela.**

**ESCENARIOS DE CAPACIDAD ESTRUCTURAL REQUERIDA:**

Escenario	EEQ1	EEQ2	EEQ3
EEQ (E6)	2.0	3.2	4.4
Snt	4.2	4.5	4.7

Módulo resiliente para la sub-rasante de 6000 psi.

**NUMERO ESTRUCTURAL ADICIONAL REQUERIDO:**

TRAMO	Percentil 70 de deflexiones						Percentil 85 de deflexiones					
	Percentil 50 de esp.			Percentil 15 de esp.			Percentil 50 de esp.			Percentil 15 de esp.		
	EEQ1	EEQ2	EEQ3	EEQ1	EEQ2	EEQ3	EEQ1	EEQ2	EEQ3	EEQ1	EEQ2	EEQ3
1	0.87	1.17	1.37	1.51	1.81	2.01	1.02	1.32	1.52	1.63	1.93	2.13
2	1.05	1.35	1.55	1.65	1.95	2.15	4.20	4.50	4.70	4.20	4.50	4.70
3	1.37	1.67	1.87	1.90	2.20	2.40	4.20	4.50	4.70	4.20	4.50	4.70
4	0.00	0.00	0.00	0.02	0.32	0.52	0.00	0.17	0.37	0.61	0.91	1.11
5	1.18	1.48	1.68	1.74	2.04	2.24	4.20	4.50	4.70	4.20	4.50	4.70
6	0.81	1.11	1.31	1.46	1.76	1.96	1.05	1.35	1.55	1.65	1.95	2.15

**Tabla A3 (Cont): Cálculo de espesor de sobrecapa. Tramo San José - Alajuela.**

ESPESOR DE SOBRECAPA POR TRAMO (cm) Y POR ESCENARIO DE DISEÑO:

TRAMO	Percentil 70 de deflexiones						Percentil 85 de deflexiones					
	Percentil 50 de esp.			Percentil 15 de esp.			Percentil 50 de esp.			Percentil 15 de esp.		
	EEQ1	EEQ2	EEQ3	EEQ1	EEQ2	EEQ3	EEQ1	EEQ2	EEQ3	EEQ1	EEQ2	EEQ3
	1	5.3	7.1	8.3	<b>9.2</b>	<b>11.0</b>	<b>12.2</b>	6.2	8.0	9.2	9.9	11.7
2	6.3	8.1	9.4	<b>10.0</b>	<b>11.8</b>	<b>13.0</b>	x	x	x	x	x	x
3	8.3	10.1	11.3	<b>11.5</b>	<b>13.3</b>	<b>14.5</b>	x	x	x	x	x	x
4	0.0	0.0	0.0	<b>0.1</b>	<b>1.9</b>	<b>3.1</b>	0.0	1.0	2.2	3.7	5.5	6.7
5	7.2	9.0	10.2	<b>10.5</b>	<b>12.3</b>	<b>13.5</b>	x	x	x	x	x	x
6	4.9	6.7	7.9	<b>8.8</b>	<b>10.6</b>	<b>11.8</b>	6.3	8.1	9.4	10.0	11.8	13.0

**Tabla A4: Retrocálculo de módulos de rigidez. Tramo Alajuela - San José.**

ESCENARIOS PARA ESPESOR DE CAPA EXISTENTE (cm):

Espesor de capa (cm)	Percentil 70 de deflexiones						Percentil 85 de deflexiones					
	Percentil 50 de espesor			Percentil 15 de espesor			Espesor existente promedio			Percentil 15 de espesor		
	Carp.	Base	SB	Carp.	Base	SB	Carp.	Base	SB	Carp.	Base	SB
	25.5	15.0	23.0	22.8	12.0	13.1	25.5	15	23	22.8	12	13.1

MODULOS DE RIGIDEZ RETROCALCULADOS (psi):

TRAMO	Percentil 70 de deflexiones								Percentil 85 de deflexiones							
	Percentil 50 de espesor				Percentil 15 de espesor				Percentil 50 de espesor				Percentil 15 de espesor			
	Carp.	Base	SB	SR	Carp.	Base	SB	SR	Carp.	Base	SB	SR	Carp.	Base	SB	SR
	1	80000	18000	10000	14000	80000	18000	10000	14000	70000	18000	6000	12500	70000	18000	6000
2	175000	21000	13000	15000	175000	21000	13000	15000	170000	18000	8000	13500	170000	18000	8000	13500
3	390000	27000	6000	18000	390000	27000	6000	18000	390000	22000	10000	18000	390000	22000	10000	18000
4	190000	18000	7000	14000	190000	18000	7000	14000	170000	18000	6000	12500	170000	18000	6000	12500
5	75000	17000	6000	14000	75000	17000	6000	14000	65000	16000	6000	12000	65000	16000	6000	12000
6	90000	16000	10000	18000	90000	16000	10000	18000	75000	16000	6000	17000	75000	16000	6000	17000
7	150000	20000	7000	15500	150000	20000	7000	15500	115000	16000	6000	14000	115000	16000	6000	14000
8	170000	17000	6000	12000	170000	17000	6000	12000	150000	16000	6000	10000	150000	16000	6000	10000

**Tabla A5: Cálculo de número estructural efectivo existente. Tramo Alajuela - San José.**

**CALCULO DE COEFICIENTES ESTRUCTURALES PARA CAPAS EXISTENTES:**

TRAMO	Percentil 70 de deflexiones						Percentil 85 de deflexiones					
	Percentil 50 de espesor			Percentil 15 de espesor			Percentil 50 de espesor			Percentil 15 de espesor		
	a1	a2	a3	a1	a2	a3	a1	a2	a3	a1	a2	a3
1	0.200	0.080	0.075	0.200	0.080	0.075	0.200	0.080	0.050	0.200	0.080	0.050
2	0.275	0.100	0.095	0.275	0.100	0.095	0.270	0.080	0.060	0.270	0.080	0.060
3	0.400	0.125	0.050	0.400	0.125	0.050	0.400	0.100	0.075	0.400	0.100	0.075
4	0.300	0.080	0.050	0.300	0.080	0.050	0.275	0.080	0.050	0.275	0.080	0.050
5	0.200	0.075	0.050	0.200	0.075	0.050	0.200	0.075	0.050	0.200	0.075	0.050
6	0.200	0.070	0.075	0.200	0.070	0.075	0.200	0.075	0.050	0.200	0.075	0.050
7	0.250	0.095	0.050	0.250	0.095	0.050	0.210	0.075	0.050	0.210	0.075	0.050
8	0.270	0.075	0.050	0.270	0.075	0.050	0.250	0.075	0.050	0.250	0.075	0.050

**CALCULO DE NUMERO ESTRUCTURAL EFECTIVO EXISTENTE:**

TRAMO	Percentil 70 de deflexiones								Percentil 85 de deflexiones							
	Percentil 50 de espesor				Percentil 15 de espesor				Percentil 50 de espesor				Percentil 15 de espesor			
	a1*h1	a2*h2	a3*h3	SNe	a1*h1	a2*h2	a3*h3	SNe	a1*h1	a2*h2	a3*h3	SNe	a1*h1	a2*h2	a3*h3	SNe
1	2.01	0.47	0.68	3.16	1.80	0.38	0.39	2.56	2.01	0.47	0.45	2.93	1.80	0.38	0.26	2.43
2	2.76	0.59	0.86	4.21	2.47	0.47	0.49	3.43	2.71	0.47	0.54	3.73	2.42	0.38	0.31	3.11
3	4.02	0.74	0.45	5.21	3.59	0.59	0.26	4.44	4.02	0.59	0.68	5.29	3.59	0.47	0.39	4.45
4	3.01	0.47	0.45	3.94	2.69	0.38	0.26	3.33	2.76	0.47	0.45	3.69	2.47	0.38	0.26	3.10
5	2.01	0.44	0.45	2.90	1.80	0.35	0.26	2.41	2.01	0.44	0.45	2.90	1.80	0.35	0.26	2.41
6	2.01	0.41	0.68	3.10	1.80	0.33	0.39	2.51	2.01	0.44	0.45	2.90	1.80	0.35	0.26	2.41
7	2.51	0.56	0.45	3.52	2.24	0.45	0.26	2.95	2.11	0.44	0.45	3.00	1.89	0.35	0.26	2.50
8	2.71	0.44	0.45	3.61	2.42	0.35	0.26	3.04	2.51	0.44	0.45	3.41	2.24	0.35	0.26	2.86

**Tabla A6: Cálculo de espesor de sobrecapa. Tramo Alajuela - San José.**

**ESCENARIOS DE CAPACIDAD ESTRUCTURAL REQUERIDA:**

Escenario	EEQ1	EEQ2	EEQ3
EEQ (E6)	2.0	3.2	4.4
SNt No. 1	4.0	4.3	4.5
SNt No. 2	4.1	4.4	4.6

Tramos 3 y 6. Módulo resiliente de diseño para sub-rasante de 7000 psi.  
 Tramos 1, 2, 4, 5, 7 y 8. Módulo resiliente de diseño para sub-rasante de 6500 psi.

**NUMERO ESTRUCTURAL ADICIONAL REQUERIDO:**

TRAMO	Percentil 70 de deflexiones						Percentil 85 de deflexiones					
	Percentil 50 de esp.			Percentil 15 de esp.			Percentil 50 de esp.			Percentil 15 de esp.		
	EEQ1	EEQ2	EEQ3	EEQ1	EEQ2	EEQ3	EEQ1	EEQ2	EEQ3	EEQ1	EEQ2	EEQ3
1	0.94	1.24	1.44	1.54	1.84	2.04	1.17	1.47	1.67	1.67	1.97	2.17
2	-0.11	0.19	0.39	0.67	0.97	1.17	0.37	0.67	0.87	0.99	1.29	1.49
3	-1.21	-0.91	-0.71	-0.44	-0.14	0.06	-1.29	-0.99	-0.79	-0.45	-0.15	0.05
4	0.16	0.46	0.66	0.77	1.07	1.27	0.41	0.71	0.91	1.00	1.30	1.50
5	1.20	1.50	1.70	1.69	1.99	2.19	1.20	1.50	1.70	1.69	1.99	2.19
6	0.39	0.69	0.89	0.96	1.26	1.46	0.59	0.89	1.09	1.14	1.44	1.64
7	0.58	0.88	1.08	1.15	1.45	1.65	1.10	1.40	1.60	1.60	1.90	2.10
8	0.49	0.79	0.99	1.06	1.36	1.56	0.69	0.99	1.19	1.24	1.54	1.74

**Tabla A6 (Cont): Cálculo de espesor de sobrecapa. Tramo Alajuela - San José.**

ESPESOR DE SOBRECAPA POR TRAMO (cm) Y POR ESCENARIO DE DISEÑO:

TRAMO	Percentil 70 de deflexiones						Percentil 85 de deflexiones					
	Percentil 50 de esp.			Percentil 15 de esp.			Percentil 50 de esp.			Percentil 15 de esp.		
	EEQ1	EEQ2	EEQ3	EEQ1	EEQ2	EEQ3	EEQ1	EEQ2	EEQ3	EEQ1	EEQ2	EEQ3
1	5.7	7.5	8.7	<b>9.3</b>	<b>11.1</b>	<b>12.3</b>	7.1	8.9	10.1	10.1	11.9	13.1
2	0.0	1.1	2.3	<b>4.0</b>	<b>5.9</b>	<b>7.1</b>	2.3	4.1	5.3	6.0	7.8	9.0
3	0.0	0.0	0.0	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
4	1.0	2.8	4.0	<b>4.7</b>	<b>6.5</b>	<b>7.7</b>	2.5	4.3	5.5	6.0	7.8	9.0
5	7.2	9.1	10.3	<b>10.2</b>	<b>12.1</b>	<b>13.3</b>	7.2	9.1	10.3	10.2	12.1	13.3
6	2.4	4.2	5.4	<b>5.8</b>	<b>7.6</b>	<b>8.9</b>	3.6	5.4	6.6	6.9	8.7	9.9
7	3.5	5.3	6.5	<b>7.0</b>	<b>8.8</b>	<b>10.0</b>	6.6	8.4	9.7	9.7	11.5	12.7
8	3.0	4.8	6.0	<b>6.4</b>	<b>8.3</b>	<b>9.5</b>	4.2	6.0	7.2	7.5	9.3	10.5