

## INFORME DE RETROCALCULO DE MÓDULOS USANDO EL FWD

(Los resultados se refieren solamente al objeto ensayado)

**Laboratorio:** Laboratorio Central

**Ubicado en:** San Luis, Heredia

**Informe No.:** 21-OTL-0534-7056

**Fecha:** 24 de Septiembre del 2021

---

### Información del cliente

**Cliente:** Oficina de las naciones unidas de servicios para proyectos UNOPS.

**Código:** 1231

**Dirección del cliente:** Pavas, San José.

**Contratación:** ITB/2018/7491

**Número de contrato:** CON-CRPC-2019-014

**Teléfono:** 4081-0040

---

### Información del objeto de ensayo

**Proyecto:** Paso a desnivel, Rotonda de Garantías Sociales.

**Fecha de ensayo:** 07/08/2021.

**Descripción del ensayo:** Medición de deflexiones de la superficie de pavimento en el eje 1 ( Tronco principal y en la rampas de los eje 4, 5, 6, 7, 8. Las mediciones se realizaron en la huella externa del carril, con una carga de 40,09 kN, se registraron la temperatura superficial del pavimento y la temperatura ambiente durante la ejecución del ensayo. Los tramos de análisis fueron indicados por el cliente.

**Equipo utilizado:** PRIMAX 1500 (150 kN)

---

### Métodos Utilizados

**INS-L-191** MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA DEFLEXIONES CON UN DISPOSITIVO DE CARGA DE IMPULSO DEL TIPO DE PESO DESCENDENTE (FWD) ([ASTM E 4694](#))\*\*

21-OTL-0534-7056

\* Ensayo acreditado, ver alcance en [www.eca.or.cr](http://www.eca.or.cr) \*\*Ensayo no acreditado.

Documento Propiedad intelectual de Vieto & Asociados, S.A. Prohibida su reproducción no autorizada  
tel.:(506)2268-8297• [info@vieto.com](mailto:info@vieto.com) • [www.vieto.com](http://www.vieto.com)

## 1. Generalidades

Para la ejecución de los ensayos de deflectometría de impacto (FWD), el cliente definió los tramos de análisis, tanto para el tronco principal ( eje 1), como para las rampas de entrada y salida del proyecto ( Ejes 4, 5, 6, 7,8), e indicando el carril interno o externo donde se requerían las ejecución de los ensayos. A continuación se presenta los tramos analizados.

Para el tronco principal se tiene los siguientes tramos:

Tramo	Sentido de la vía	Eje	Carril	Estacionamiento	
1	Lado derecho. Rotonda de la Y griega hacia San Pedro.	1	Interno	0+000	0+150
2				0+150	0+716
3				0+716	0+760
4			Externo	0+500	0+716
5				0+716	0+864
6	Lado Izquierdo. San Pedro hacia la rotonda de la Y griega.	1	Externo	0+000	0+150
7				0+150	0+340
8			Interno	0+340	0+716
9				0+716	0+864

Para las rampas de entrada y salida se tiene los siguientes tramos:

Tramo	Sentido de la vía	Eje	Carril	Estacionamiento	
1	Rampa de entrada San Pedro - Rotonda de las garantías	8	Interno	0+000	0+200
2	Rampa de salida Rotonda - Rotonda de la Y griega	4	Interno	0+000	0+200
3	Rampa de salida Rotonda – Zapote (Rehabilitación)	5	Interno	0+000	0+137,5
3.1	Rampa de salida Rotonda – Zapote (Rehabilitación)	5	Interno	0+137,5	0+264
4	Rampa de entrada Zapote Rotonda(Rehabilitación)	6	Interno	0+000	0+250
5	Rampa de entrada Rotonda San Pedro	7	Interno	0+000	0+200
6			Externo	0+000	0+200

Ver el archivo kmz (Google Earth)

21-OTL-0534-7056

\* Ensayo acreditado, ver alcance en [www.eca.or.cr](http://www.eca.or.cr) \*\*Ensayo no acreditado.

Documento Propiedad intelectual de Vieto & Asociados, S.A. Prohibida su reproducción no autorizada  
tel.:(506)2268-8297• info@vieto.com • www.vieto.com

Seguidamente se detalla los espesores de las estructuras de pavimento para los diferentes tramos, los módulos semilla y el coeficiente de poisson aportados por el cliente:

**Tronco principal, eje 1 (ambos sentidos) Pavimento nuevo.**

De la estación 0+000 a la 0+150 y de la estación 0+716 a 0+864 se tiene los siguientes:

Espesor de capa	Descripción del material de la capa	Módulo semilla	Poisson
16 cm	Mezcla asfáltica colocada en dos capas de 8 cm de mezcla de 19,0 mm y 8 cm de mezcla de 12,5 mm	600 000 PSI (4 136 MPa)	0,35
27 cm	Material Base granular mejorada con cemento	750 000 PSI (5 171 MPa)	0,25
30 cm	Material de subbase	20 000 PSI (137 MPa)	0,40
50 cm	Material de préstamo	18 000 PSI (124 MPa)	0,45
-	Subrasante	3 000 PSI (34 MPa)	0,45

De la estación 0+150 a la 0+716 se tiene los siguientes espesores:

Espesor de capa	Descripción del material de la capa	Módulo semilla	Poisson
18 cm	Mezcla asfáltica colocada en dos capas de 8 cm de mezcla de 19,0 mm y 8 cm de mezcla de 12,5 mm	600 000 PSI (4 136 MPa)	0,35
27 cm	Material de base granular mejorada con cemento	750 000 PSI (5 171 MPa)	0,25
30 cm	Material de subbase	20 000 PSI (137 MPa)	0,40
50 cm	Material de préstamo	18 000 PSI (124 MPa)	0,45
-	Subrasante	5 000 PSI (34 MPa)	0,45

21-OTL-0534-7056

\* Ensayo acreditado, ver alcance en [www.eca.or.cr](http://www.eca.or.cr) \*\*Ensayo no acreditado.

Documento Propiedad intelectual de Vieto & Asociados, S.A. Prohibida su reproducción no autorizada  
tel.:(506)2268-8297• info@vieto.com • www.vieto.com

**Rampas Eje 4 Pavimento nuevo.**

De la estación 0+000 a la 0+200 se tiene los siguientes espesores:

Espesor de capa	Descripción del material de la capa	Módulo semilla	Poisson
15 cm	Mezcla asfáltica colocada en dos capas de mezcla de 19,0 mm	600 000 PSI (4 136 MPa)	0,35
27 cm	Material de base granular mejorada con cemento	750 000 PSI (5 171 MPa)	0,25
30 cm	Material de subbase	20 000 PSI (137 MPa)	0,40
45 cm	material de préstamo	18 000 PSI (124 MPa)	0,45
-	Subrasante	3 000 PSI (34 MPa)	0,45

**Rampas Eje 5 Rehabilitación de pavimento.**

De la estación 0+000 a la 0+137,5 se tiene los siguientes espesores:

Espesor de capa	Descripción del material de la capa	Módulo semilla	Poisson
10 cm	Mezcla asfáltica de 19,0 mm (Proyecto)	600 000 PSI (4 136 MPa)	0,35
14 cm	Mezcla asfáltica existente		0,25
31 cm	Material de base granular existente	20 000 PSI (137 MPa)	0,40
10 cm	Material de subbase existente	18 000 PSI (124 MPa)	0,40
-	Subrasante	5 600 PSI (124 MPa)	0,45

21-OTL-0534-7056

\* Ensayo acreditado, ver alcance en [www.eca.or.cr](http://www.eca.or.cr) \*\*Ensayo no acreditado.

Documento Propiedad intelectual de Vieto & Asociados, S.A. Prohibida su reproducción no autorizada  
tel.:(506)2268-8297• info@vieto.com • www.vieto.com

**Rampas Eje 5 Rehabilitación de pavimento.**

De la estación 0+137,0 a la 0+263,9 se tiene los siguientes espesores:

Espesor de capa	Descripción del material de la capa	Módulo semilla	Poisson
15 cm	Mezcla asfáltica de 19,0 mm (Proyecto), con geogrilla	600 000 PSI (4 136 MPa)	0,35
09 cm	Mezcla asfáltica existente		0,25
30 cm	Material de base granular	20 000 PSI (137 MPa)	0,40
10 cm	Material de subbase	18 000 PSI (124 MPa)	0,40
-	Subrasante	4 700 PSI (124 MPa)	0,45

**Rampa Eje 6 Rehabilitación de pavimento**

De la estación 0+000 a la 0+250 se tiene los siguientes espesores:

Espesor de capa	Descripción del material de la capa	Módulo semilla	Poisson
10 cm	Mezcla asfáltica de 19,0 mm (Proyecto)	600 000 PSI (4 136 MPa)	0,35
14 cm	Mezcla asfáltica existente		0,25
30 cm	Material de base granular	20 000 PSI (137 MPa)	0,40
10 cm	Material de subbase	18 000 PSI (124 MPa)	0,40
-	Subrasante	4 300 PSI (124 MPa)	0,45

21-OTL-0534-7056

\* Ensayo acreditado, ver alcance en [www.eca.or.cr](http://www.eca.or.cr) \*\*Ensayo no acreditado.

Documento Propiedad intelectual de Vieto & Asociados, S.A. Prohibida su reproducción no autorizada  
tel.:(506)2268-8297• info@vieto.com • www.vieto.com

### Rampas Eje 7 Pavimento nuevo

De la estación 0+000 a la 0+200 se tiene los siguientes espesores:

Espesor de capa	Descripción del material de la capa	Módulo semilla	Poisson
11 cm	Mezcla asfáltica colocada en dos capas de mezcla de 19,0 mm	600 000 PSI (4 136 MPa)	0,35
27 cm	Material de base granular mejorada con cemento	750 000 PSI (5 171 MPa)	0,25
30 cm	Material de subbase	20 000 PSI (137 MPa)	0,40
20 cm	Material de préstamo préstamo	18 000 PSI (124 MPa)	0,40
-	Subrasante	3 000 PSI (34 MPa)	0,45

### Rampas Eje 8 Pavimento nuevo

De la estación 0+000 a la 0+200 se tiene los siguientes espesores:

Espesor de capa	Descripción del material de la capa	Módulo semilla	Poisson
11 cm	Mezcla asfáltica colocada en dos capas de mezcla de 19,0 mm	600 000 PSI (4 136 MPa)	0,35
27 cm	Material de base granular mejorada con cemento	750 000 PSI (5 171 MPa)	0,25
30 cm	Material de subbase	20 000 PSI (137 MPa)	0,40
35 cm	Material de préstamo	18 000 PSI (124 MPa)	0,40
-	Subrasante	3 000 PSI (34 MPa)	0,45

21-OTL-0534-7056

\* Ensayo acreditado, ver alcance en [www.eca.or.cr](http://www.eca.or.cr) \*\*Ensayo no acreditado.

Documento Propiedad intelectual de Vieto & Asociados, S.A. Prohibida su reproducción no autorizada  
tel.:(506)2268-8297• info@vieto.com • www.vieto.com

## 2. Resultados de ensayo

Para los resultados de los módulos recalculados se utilizó el programa:

### **“PITRA-BACK 1.0: Herramienta para el Retrocálculo de Módulos y Diseño de Sobrecapas Asfálticas.**

El PITRA-BACK es una herramienta de retrocálculo y diseño de sobrecapas, desarrollado por la Universidad de Costa Rica, que permite determinar mediante ajuste entre la deflectometría proveniente del ensayo FWD y la predicha por las teorías básicas fundamentales de la ingeniería, los módulos que caracterizan la estructura de pavimentos en análisis. Adicionalmente, con base en tales resultados, la herramienta es capaz de verificar el diseño de la sobrecapa asfáltica que debería colocarse para el período adicional de vida que se quiere dar al pavimento.

El programa utiliza al algoritmo BOBYQA (Bound Optimization BY Quadratic Approximation) de Powell (2009) para la minimización del RMS de las deflexiones medidas y calculadas.

Además, para el cálculo de respuestas incorpora la metodología de multicapa elástica definida en nuestro software PITRA-PAVE y la metodología de espesor equivalente de Odemark Boussinesq. PITRA-BACK incorpora la modificación del método de espesor equivalente para considerar la no linealidad de la subrasante de Ullidtz.

Este software es parte de las investigaciones en la generación de una Guía de Diseño Mecánico-Empírica para Costa Rica, que desde el 2010 ha venido desarrollando el Programa de Infraestructura del Transporte del Laboratorio Nacional de Materiales y Módulo Estructurales de la Universidad de Costa Rica (PITRA-LanammeUCR).”

Fuente página del LANAMME

[https://www.lanamme.ucr.ac.cr/index.php?option=com\\_content&view=article&id=363&Itemid=467](https://www.lanamme.ucr.ac.cr/index.php?option=com_content&view=article&id=363&Itemid=467)

21-OTL-0534-7056

\* Ensayo acreditado, ver alcance en [www.eca.or.cr](http://www.eca.or.cr) \*\*Ensayo no acreditado.

Documento Propiedad intelectual de Vieto & Asociados, S.A. Prohibida su reproducción no autorizada  
tel.:(506)2268-8297• [info@vieto.com](mailto:info@vieto.com) • [www.vieto.com](http://www.vieto.com)

Sobre el proceso para obtención de los resultados se siguió el siguiente procedimiento según nuestro criterio:

A. Se cargan los datos de las deflexiones obtenidos en sitio, con el equipo primax 1500 para la carga especificada de 40,09 kN.

( Los archivos de campo se entregan digitalmente)

Información de Proyecto Base de Datos Estructura Retrocálculo Resultados

Archivo:  N° Geófonos Activos  Radio del plato de carga

Estación Inicial  Estación Final

N° Caídas  Fecha de Medición

Distancia: 1:  2:  3:  4:  5:  6:  7:  8:  9:

Estación m	Medición	Caída	Esfuerzo kPa	Carga kN	D1 mu	D2 mu	D3 mu	D4 mu	D5 mu	D6 mu	D7 mu	D8 mu	D9 mu	T.Asfalto °C	T.Super. °C	T.Aire °C	Datos GPS	Hora
0	1	1	565.0	39.94	156.1	136.2	127.5	114.8	104.9	85.8	68.7	54.7	42.1	18.94	20.3	19.6		22:55
0	2	2	555.0	39.23	153.5	134.1	125.6	113.3	103.4	84.5	67.6	53.5	41.5	18.94	20.3	19.6		22:55
0	3	3	560.0	39.58	154.0	134.6	126.1	113.5	103.8	85.1	68.0	54.0	41.8	18.94	20.3	19.6		22:55
25	4	1	569.0	40.22	100.2	85.6	81.8	77.2	73.4	65.1	56.2	48.4	40.9	18.94	20.3	19.6		22:57
25	5	2	572.0	40.43	99.2	84.9	81.2	76.6	73.1	64.6	55.8	48.1	40.5	18.94	20.3	19.6		22:57
25	6	3	556.0	39.3	96.9	82.9	79.4	74.8	71.1	63.1	54.6	47.0	39.8	18.94	20.3	19.6		22:57
50	7	1	581.0	41.07	217.3	186.0	166.3	140.7	122.3	96.6	78.4	64.2	52.8	18.94	20.3	19.6		22:58
50	8	2	563.0	39.8	210.1	180.1	161.1	136.4	118.6	93.7	75.9	62.5	51.3	18.94	20.3	19.6		22:58
50	9	3	561.0	39.65	209.4	179.6	160.8	136.1	118.6	93.5	75.7	62.3	51.2	18.94	20.3	19.6		22:58
75	10	1	555.0	39.23	197.1	172.5	159.4	141.3	125.8	100.4	79.7	64.8	53.0	19.11	20.4	19.7		23:00
75	11	2	571.0	40.36	201.5	176.4	163.0	144.5	128.5	102.7	81.3	66.0	53.9	19.11	20.4	19.7		23:00
75	12	3	574.0	40.57	201.7	176.7	163.3	144.7	129.0	102.8	81.6	66.2	54.4	19.11	20.4	19.7		23:00
100	13	1	572.0	40.43	257.3	214.4	192.6	163.6	141.4	107.5	82.9	65.8	52.8	18.97	20.3	19.7		23:01

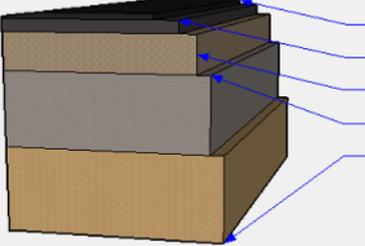
Eliminar Fila(s) Editar Datos Guardar Cambios Cargar Datos

Archivo C:\Users\jvargas\Desktop\Pitra Back\Rampas\Rampa02\Rampa02.DAT

B. Se ingresa los espesores de las capas de la estructura de pavimento de cada tramo analizado. (Ver punto 1)

Información de Proyecto Base de Datos Estructura Retorcálculo Resultados

Capas: 5



	Espesor H	Modulo Semilla E	Poisson v	Tipo de Capa	Descripción (opcional)
Capa 1	110.0 mm	4136000.0 kPa	0.35	Pavimento Asfáltico	MAC
Capa 2	270.0 mm	5171000.0 kPa	0.25	Base Estabilizada	BE
Capa 3	300.00 mm	150000.0 kPa	0.40	Subbase Granular	Sub-base
Capa 4	350.0 mm	124000.0 kPa	0.40	Subbase Granular	Prestamo
Capa 5		34000.0 kPa	0.45	Subrasante	Sub-Rasante

\*Ejemplo Ilustrativo de Estructura de Pavimento

C. Se seleccionan las fórmulas para la corrección del módulo por temperatura y la corrección de la temperatura del pavimento, como se muestra en la imagen.

21-OTL-0534-7056

\* Ensayo acreditado, ver alcance en [www.eca.or.cr](http://www.eca.or.cr) \*\*Ensayo no acreditado.

Documento Propiedad intelectual de Vieto & Asociados, S.A. Prohibida su reproducción no autorizada  
tel.:(506)2268-8297• info@vieto.com • www.vieto.com

### Estimación de la temperatura del pavimento

Ecuación Taiwan (Recomendado) Configuración

$$T_d (°C) = f(t)[\beta_1 + T_{aire}(\beta_2 + \beta_3 IR + \beta_4 \log(d))] + \log(d)[IR(\beta_5 + \beta_6 T_{aire} + \beta_7 f(t)) + (\beta_8 + \beta_9 T_{aire})] - \beta_{10} T_{aire} + \beta_{11} IR + \beta_0$$

Ecuación BELLS    Temperatura del día anterior(°C):

Buscar Temp. Configuración

$$T_d(°C) = \beta_0 + \beta_1 * IR + (\log(d) - 1,25) * \{\beta_2 * IR + \beta_3 * 1_{-día} + \beta_4 * \text{sen}(hr_{18} - 15,5)\} + \beta_5 * IR * \text{sen}(hr_{18} - 13,5)$$


---

### Corección del módulo

Kim et al.     $\frac{E_{68}}{E_T} = 10^{-0.0153(68-T_{AC})}$

Stubstad et al.     $\frac{E_{ref}}{E_{AC}} = \frac{1}{1 - 2.2 \log(\frac{T_{AC}}{T_{ref}})}$     Temp. de referencia °C

Baltzer and Jansen     $\frac{E_{ref}}{E_{AC}} = 10^{-0.018(20-T_{AC})}$

D. Se establece el tipo de análisis a ejecutar como se muestra en la imagen.

21-OTL-0534-7056

\* Ensayo acreditado, ver alcance en [www.eca.or.cr](http://www.eca.or.cr) \*\*Ensayo no acreditado.

Documento Propiedad intelectual de Vieto & Asociados, S.A. Prohibida su reproducción no autorizada  
tel.:(506)2268-8297• info@vieto.com • www.vieto.com

**Método de Retrocálculo**

Multicapa Elástica     No Linealidad

Espesor Equivalente     No Linealidad

**Configuración del Iterador**

E. Se define el nivel de confianza y el número de interacciones como se muestra en la imagen.

**Iteraciones Máximas**      **Rango de búsqueda**

– 2000     

– 1000

**Puntos de interpolación**

Sección	Mínimo	Máximo	Seleccionado
S-1	7	21	<input type="text" value="7"/>

– 900

– 800

– 700

– 600

– 500

– 400

– 300

– 200

– 100

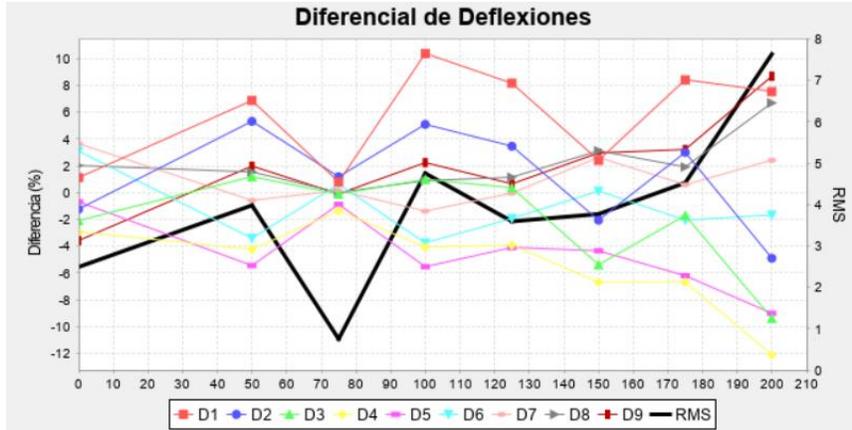
    

21-OTL-0534-7056

\* Ensayo acreditado, ver alcance en [www.eca.or.cr](http://www.eca.or.cr) \*\*Ensayo no acreditado.

Documento Propiedad intelectual de Vieto & Asociados, S.A. Prohibida su reproducción no autorizada  
tel.:(506)2268-8297• info@vieto.com • www.vieto.com

F. Se verifica que los errores de estimación de sensor se encuentren entre un 15% máximo y el error medio cuadrático estimado (RSME, por sus siglas en inglés) máximo 10%, como se solicita.



G. Este procedimiento se repite para las tres caídas solicitada, donde se normaliza la carga

Selección de la Caída para el Análisis

Caída #:1 Esfuerzo: 40 kN

Caída #:2 Esfuerzo: 40 kN

Caída #:3 Esfuerzo: 40 kN

H. Finalmente se revisan que los módulos obtenidos en cada caída se encuentren entre los rangos recomendados.

	Especificación				
	Capa asfáltica	Base granular mejorada con cemento	Subbase	Préstamo	Subrasante
Mínimos psi	30 000	250 000	5 000	5 000	2 000
Máximos psi	2 000 000	2 000 000	50 000	50 000	25 000

21-OTL-0534-7056

\* Ensayo acreditado, ver alcance en [www.eca.or.cr](http://www.eca.or.cr) \*\*Ensayo no acreditado.

### 3. Análisis de los resultados

Eje 1 Tronco principal, lado derecho de la vía, sentido Rotonda de la Y griega hacia San Pedro. Pavimento Nuevo

Tramo	Carril	Estaciones		Caída	Módulo en MPa				
					MAC	BE	SUB-BASE	PRÉSTAMO	SUBRASANTE
1	Interno	0+000	0+150	1	3 318	5 752	188	202	118
				2	3 962	5 648	186	182	120
				3	3 829	5 680	181	186	120
2		0+150	0+716	1	3 713	5 482	152	195	125
				2	3 777	5 451	153	196	124
				3	3 820	5 523	168	185	125
3		0+716	0+760	1	2 801	4 477	262	236	107
				2	2 939	4 022	262	236	107
				3	2 992	4 391	262	236	107
4	Externo	0+500	0+716	1	3 732	5 703	152	178	110
				2	3 835	5 697	161	206	113
				3	3 930	5 630	170	206	112
5		0+716	0+864	1	4 046	5 974	135	184	119
				2	3 784	5 755	117	177	109
				3	4 068	6 364	125	186	120

Resultados en sistema internacional SI					
Módulos mínimos MPa	2801	4022	117	177	107
Módulos promedio MPa	3636	5437	178	199	116
Módulos máximo MPa	4068	6364	262	236	125

Resultados en sistema US					
Módulos mínimos psi	406 145	583 190	16 965	25 665	15 515
Módulos promedios psi	527 278	788 307	25 849	28 913	16 781
Módulos máximos psi	589 860	922 780	37 990	34 220	18 125
<b>Módulo Semilla</b>	<b>600 000</b>	<b>750 000</b>	<b>20 000</b>	<b>18 000</b>	<b>5 000</b>

21-OTL-0534-7056

\* Ensayo acreditado, ver alcance en [www.eca.or.cr](http://www.eca.or.cr) \*\*Ensayo no acreditado.

Documento Propiedad intelectual de Vieto & Asociados, S.A. Prohibida su reproducción no autorizada  
tel.:(506)2268-8297• info@vieto.com • www.vieto.com

**Eje 1 Tronco principal, lado izquierdo de la vía, sentido San Pedro hacia Rotonda de la Y griega, Pavimento Nuevo.**

Tramo	Carril	Estaciones	Caída	Módulo en MPa					
				MAC	BE	SUB-BASE	PRÉSTAMO	SUBRASANTE	
1	Externo	0+000	0+150	1	3313	4861	101	148	119
				2	3399	5133	103	165	126
				3	3402	5140	102	136	120
2	Externo	0+150	0+340	1	4133	6386	208	229	136
				2	3729	6529	203	229	133
				3	3777	6318	204	235	133
3	Externo	0+340	0+716	1	3745	5621	134	171	135
				2	3796	5585	136	168	136
				3	3608	5564	125	177	137
4	Externo	0+716	0+864	1	3701	5561	258	229	110
				2	3671	6066	260	236	112
				3	3725	6017	260	236	114

Resultados en sistema internacional SI					
Módulos mínimos MPa	3313	4861	101	136	110
Módulos promedio MPa	3667	5732	175	197	126
Módulos máximo MPa	4133	6529	260	236	137

Resultados en sistema US					
Módulos mínimos psi	480 385	704 845	14 645	19 720	15 950
Módulos promedios psi	531 655	831 104	25 303	28 505	18 258
Módulos máximos psi	599 285	946 705	37 700	34 220	19 865
<b>Módulo Semilla</b>	600 000	750 000	20 000	18 000	5 000

21-OTL-0534-7056

\* Ensayo acreditado, ver alcance en [www.eca.or.cr](http://www.eca.or.cr) \*\*Ensayo no acreditado.

Documento Propiedad intelectual de Vieto & Asociados, S.A. Prohibida su reproducción no autorizada  
tel.:(506)2268-8297• info@vieto.com • www.vieto.com

**Eje 8 Rampa de entrada San Pedro – Rotonda, Pavimento Nuevo.**

Tramo	Carril	Estaciones		Caída	MAC	BE	BASE	SUB	SUBRASANTE
1	Interno	0+000	0+200	1	4227	6819	202	192	113
				2	4141	6628	205	205	115
				3	4545	7123	198	223	115

Resultados en sistema internacional SI					
Módulos mínimos MPa	4141	6628	198	192	113
Módulos promedio MPa	4304	6857	202	207	114
Módulos máximo MPa	4545	7123	205	223	115

Resultados en sistema US					
Módulos mínimos psi	600 445	961 060	28 710	27 840	16 385
Módulos promedios psi	624 128	994 217	29 242	29 967	16 578
Módulos máximos psi	659 025	1 032 835	29 725	32 335	16 675
<b>Módulo Semilla</b>	600 000	750 000	20 000	18 000	5 000

**Eje 4 Rampa de salida Rotonda - Rotonda de la Y griega Pavimento Nuevo**

Tramo	Carril	Estaciones		Caída	MAC	BE	BASE	SUB	SUBRASANTE
2	Interno	0+000	0+200	1	3667	5352	155	194	109
				2	3497	5770	152	192	109
				3	3347	5694	171	194	108

Resultados en sistema internacional SI					
Módulos mínimos MPa	3347	5352	152	192	108
Módulos promedio MPa	3504	5605	159	193	109
Módulos máximo MPa	3667	5770	171	194	109

Resultados en sistema US					
Módulos mínimos psi	485 315	776 040	22 040	27 840	15 660
Módulos promedios psi	508 032	812 773	23 103	28 033	15 757
Módulos máximos psi	531 715	836 650	24 795	28 130	15 805

21-OTL-0534-7056

\* Ensayo acreditado, ver alcance en [www.eca.or.cr](http://www.eca.or.cr) \*\*Ensayo no acreditado.

Documento Propiedad intelectual de Vieto & Asociados, S.A. Prohibida su reproducción no autorizada  
tel.:(506)2268-8297• info@vieto.com • www.vieto.com

<b>Módulo Semilla</b>	600 000	750 000	20 000	18 000	5 000
-----------------------	---------	---------	--------	--------	-------

Eje 4 Rampa de salida Rotonda - Rotonda de la Y griega, Pavimento Nuevo.

Tramo	Carril	Estaciones		Caída	MAC	BE	BASE	SUB	SUBRASANTE
5	Interno	0+000	0+200	1	4798	8499	260	236	103
				2	4342	8617	260	236	103
				3	3873	8030	260	236	103
6	Externo	0+000	0+200	1	4578	8764	260	236	121
				2	4868	8870	260	236	120
				3	5501	8469	260	236	120

Resultados en sistema internacional SI					
Módulos mínimos MPa	3873	8030	260	236	103
Módulos promedio MPa	4660	8542	260	236	112
Módulos máximo MPa	5501	8870	260	236	121

Resultados en sistema US					
Módulos mínimos psi	561 585	1 164 350	37 700	34 220	14 935
Módulos promedios psi	675 700	1 238 518	37 700	34 220	16 192
Módulos máximos psi	797 645	1 286 150	37 700	34 220	17 545
<b>Módulo Semilla</b>	600 000	750 000	20 000	18 000	5 000

21-OTL-0534-7056

\* Ensayo acreditado, ver alcance en [www.eca.or.cr](http://www.eca.or.cr) \*\*Ensayo no acreditado.

Documento Propiedad intelectual de Vieto & Asociados, S.A. Prohibida su reproducción no autorizada  
tel.:(506)2268-8297• info@vieto.com • www.vieto.com

**Eje 5 Rampa de salida Rotonda Zapote, rehabilitación de pavimento**

Tramo	Carril	Estaciones		Caída	MAC	Base y subbase	SUBRASANTE
3	Interno	0+000	0+137,5	1	7063	350	129
				2	7003	325	133
				3	7493	318	131

Resultados en sistema internacional SI			
Módulos mínimos MPa	7003	318	129
Módulos promedio MPa	7186	331	131
Módulos máximo MPa	7493	350	133

Resultados en sistema US			
Módulos mínimos psi	1 015 435	46 110	18 705
Módulos promedios psi	1 042 018	47 995	18 995
Módulos máximos psi	1 086 485	50 750	19 285
<b>Módulo Semilla</b>	600 000	18 000	5 000

**Eje 5 Rampa de salida Rotonda Zapote, rehabilitación de pavimento**

Tramo	Carril	Estaciones		Caída	MAC	Base y subbase	SUBRASANTE
3,1	Interno	0+138	0+264	1	7295	318	159
				2	7288	281	163
				3	7438	291	164

Resultados en sistema internacional SI			
Módulos mínimos MPa	7288	281	159
Módulos promedio MPa	7340	297	162
Módulos máximo MPa	7438	318	164

Resultados en sistema US			
Módulos mínimos psi	1 056 760	40 745	23 055

21-OTL-0534-7056

\* Ensayo acreditado, ver alcance en [www.eca.or.cr](http://www.eca.or.cr) \*\*Ensayo no acreditado.

Documento Propiedad intelectual de Vieto & Asociados, S.A. Prohibida su reproducción no autorizada  
tel.:(506)2268-8297• info@vieto.com • www.vieto.com

Módulos promedios psi	1 064 348	43 017	23 490
Módulos máximos psi	1 078 510	46 110	23 780
<b>Módulo Semilla</b>	600 000	18 000	5 000

**Eje 6 Rampa de entrada Zapote Rotonda rehabilitación de pavimento**

Tramo	Carril	Estaciones		Caída	MAC	Base y Subbase	SUBRASANTE
4	Interno	0+000	0+250	1	6934	230	122
				2	6939	194	132
				3	6908	278	128

Resultados en sistema internacional SI			
Módulos mínimos MPa	6908	194	122
Módulos promedio MPa	6927	234	127
Módulos máximo MPa	6939	278	132

Resultados en sistema US			
Módulos mínimos psi	1 001 660	28 130	17 690
Módulos promedios psi	1 004 415	33 930	18 463
Módulos máximos psi	1 006 155	40 310	19 140
<b>Módulo Semilla</b>	600 000	18 000	5 000

Nota: En los tramos de rehabilitación del pavimento, se consideró como una sola capa de mezcla asfáltica colocada por el proyecto más lo existente de mezcla asfáltica. Para las capas de base y subbase se consideran como una sola capa.

21-OTL-0534-7056

\* Ensayo acreditado, ver alcance en [www.eca.or.cr](http://www.eca.or.cr) \*\*Ensayo no acreditado.

Documento Propiedad intelectual de Vieto & Asociados, S.A. Prohibida su reproducción no autorizada  
tel.:(506)2268-8297• info@vieto.com • www.vieto.com

Atentamente,  
VIETO & ASOCIADOS S.A.

---

Ing. Ezequiel Vieto S.  
Gerente técnico de laboratorio

CC: Archivo

Nos complace informarle que Vieto y Asociados ha alcanzado la acreditación ECA, alcance LE-023, bajo la norma INTE-ISO/IEC 17025:2017, cumpliendo con la ley 8279 del Sistema Nacional de la Calidad, para mayor información sobre nuestro alcance visitar la página [www.eca.or.cr](http://www.eca.or.cr)

-----UL-----

21-OTL-0534-7056

\* Ensayo acreditado, ver alcance en [www.eca.or.cr](http://www.eca.or.cr) \*\*Ensayo no acreditado.

Documento Propiedad intelectual de Vieto & Asociados, S.A. Prohibida su reproducción no autorizada  
tel.:(506)2268-8297• [info@vieto.com](mailto:info@vieto.com) • [www.vieto.com](http://www.vieto.com)