GOBIERNO DE COSTA RICA

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES
CONSEJO NACIONAL DE CONCESIONES

Diseño Preliminar y Estudio de Factibilidad Técnica, Económica, Financiera y Ambiental para la Concesión de Obra con Servicio Público del Corredor Vial San José – Zapote – Cartago.

REPORTE FINAL

EVALUACION Y DISEÑO DE PAVIMENTOS

IMNSA

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES
CENTRO DE INFORMACION Y DOCUMENTACION
URS
República de Costa Rica

Junio, ~~200~~1

INDICE

Página

SECCION 1 - INTRODUCCION 1-1

SECCION 2 - ALCANCES DE ESCRITORIO 2-1

SECCION 3 - EVALUACION DE ESCRITORIO 3-1

3.1 Descripción de los documentos revisados 3-1

SECCION 4 - ESTIMACIONES DE TRANSITO Y EJES EQUIVALENTES 4-1

4.1 Tránsito Promedio Diario 4-1
4.2 Distribución Porcentual del Tránsito 4-1
4.3 Factores Camión y estimación de ejes equivalentes 4-2
4.3.1 Para pavimentos flexibles 4-2
4.3.2 Para pavimentos rígidos 4-2

SECCION 5 - ESTUDIOS DE CAMPO 5-1

5.1 Auscultación visual de pavimentos existentes 5-1
5.1.1 Autopista Estado de Israel (Plaza Víquez – Zapote) 5-1
5.1.2 Nueva Radial Zapote – Curridabat 5-1
5.1.3 Autopista Florencio del Castillo 5-2
5.2 Estudio deflectométrico sobre pavimentos flexibles 5-3
5.3 Estudio de Espesores 5-3
5.3.1 Autopista Estado de Israel (San Rafael de la Unión) 5-4
5.3.2 Curridabat – Tres Ríos (San Rafael de la Unión) 5-4
5.3.3 Tres Ríos – Cartago 5-5

SECCION 6 - RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO 6-1

SECCION 7 -ANALISIS PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL 7-1

7.1 Retrocálculo de Módulos Resilentes 7-1
7.1.1 Pavimentos rígidos existentes 7-1
7.1.2 Pavimentos flexibles existentes 7-1
7.1.3 Pavimentos nuevos 7-2
7.2 Estimación del Remanente Estructural 7-2

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES
CENTRO DE INFORMACION Y DOCUMENTACION
URS

ÍNDICE

Página

SECCION 8 - DISENO ESTRUCTURAL 8-1

8.1 Diseño en Estructura Flexible (semi-rígida) 8-1
8.2 Análisis de Fatiga y Formación de Roderas 8-1
8.2.1 Modelo estructural 8-1
8.2.2 Modelo de deterioro 8-1
8.2.3 Resultados obtenidos en la aplicación del modelo 8-2
8.3 Diseño Estructura Rígida (losas) 8-5
8.4 Diseño de las estructuras para la ampliaciones 8-7

SECCION 9 - CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 9-1

ANEXOS

ANEXO 1 - Tránsito Promedio Diario y Razón de Incremento Annual
ANEXO 2 - Cálculo de Ejes Equivalentes
ANEXO 3 - Análisis deflectométrico
ANEXO 4 - Estudio de Espesores y Resultado de Ensayos de Laboratorio
ANEXO 5 - Retrocálculo de Módulos Resilentes
ANEXO 6 - Diseño de Pavimentos Flexibles
ANEXO 7 - Comprobación de la Visa Util por Esfuerzos y Deformaciones
ANEXO 8 - Diseño de Pavimentos Rígidos
ANEXO 9 - Detalle de Juntas en Pavimentos Rígidos y Transición Bajo Puentes
ANEXO 10 - Fotografías

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES

CONSEJO NACIONAL DE CONCESIONES

REPORTE FINAL

EVALUACIÓN Y DISEÑO DE PAVIMENTOS

URS

SECCION 1

INTRODUCCION

El proyecto se localiza en el Valle Central de Costa Rica. El primer tramo se inicia en Plaza González Víquez, en San José, y termina aproximadamente 200 metros al este de la Rotonda de Las Garantías Sociales de Zapote. Esta primera sección está definida por la vía existente denominada Autopista Estado de Israel (Radial Plaza Víquez – Zapote).

El segundo tramo se inicia 200 metros al este de la Rotonda de las Garantías Sociales – Zapote (final del tramo anterior) y termina en Curridabat en el entronque con la Autopista Florencio del Castillo. La construcción del nuevo tramo de carretera entre Zapote y Curridabat, constituye en elemento esencial para darle continuidad del proyecto. El desarrollo de esta sección atraviesa una zona semi-urbana, cruzando el Río María Aguilar.

El tramo final comprendido entre el poblado de Curridabat y la ciudad de Cartago. Se identifica como Autopista Florencio del Castillo. Esta sección pasa por los poblados de Tres Ríos, San Rafael de la Unión y La Lima.

Con la decisión de la Administración de dar en Concesión el proyecto, se hace necesario actualizar un estudio del pavimento existente, así como el pavimento y el número de carriles en cada sentido que se necesita para considerar el tránsito esperado en este tipo de proyecto en el período de concesión, por un lado, y de introducir una alternativa de pavimento rígido junto al flexible, por el otro.

En 1998 la Administración conjuntamente con LANMAME, de la UCR Y UNEPROVI, del Consejo de Seguridad Vial del MOPT, realizó los estudios y diseño de rehabilitación de los tramos existentes Curridabat-Tres Ríos y Tres Ríos-Cartago, y la propuesta para la construcción del tramo Zapote-Curridabat. Hoy en día, la Administración decide integrar al proyecto de concesión el tramo Autopista Estado de Israel.

Ante tal situación, y el hecho de que se han actualizado los estudios de demanda de tránsito para todo el corredor, lo que ha resultado en una variación sensible en los tránsitos promedio anuales diarios, la razón de incremento anual, la distribución vehicular, y el período de diseño, se hace necesario revisar los estudios realizados en 1998 para los tramos que comprendían el proyecto, para su actualización y rediseño, e incorporar las propuestas de intervención para el nuevo tramo incorporado al proyecto, a saber Autopista Estado de Israel.

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES

CONSEJO NACIONAL DE CONCESIONES

REPORTE FINAL

EVALUACIÓN Y DISEÑO DE PAVIMENTOS

URS

SECCION 2

ALCANCES DEL ESTUDIO

Lo que se busca al diseñar un pavimento, es obtener una estructura que permita un tránsito seguro y cómodo, capaz de soportar las cargas a que va a ser solicitada, así como resistir los agentes de intemperismo, durante toda la vida útil de la estructura. Para lograr esto con éxito, es necesario realizar una evaluación, lo más completa posible, de los factores ó variables que intervienen en el comportamiento de ese pavimento.

En los casos donde existen pavimentos en uso que es necesario rehabilitar para que soporte de manera adecuada las cargas durante el periodo de concesión, es procedente una evaluación detallada de las capas que conforman la estructura del pavimento existente.

El estudio consiste en una actualización de los diseños que dieron lugar a la propuesta de rehabilitación de los tramos Curridabat-Tres Ríos y Tres Ríos-Cartago, elaborado conjuntamente por la Administración y LANMAME y UNIPROVI; la actualización de la propuesta del MOPT para la construcción del tramo Zapote-Curridabat; y, la adición de la rehabilitación del tramo Plaza Víquez-Zapote (Autopista Estado de Israel) .

Es muy importante dejar constancia aquí que para la realización de este estudio, se ha utilizado la información básica generada en los informes que a continuación se describen sobre la evaluación en campo y laboratorio de los tramos en estudio.

Para efectos del estudio se han considerado cuatro tramos homogéneos, por sus características estructurales, aforos de tránsito y por sus características históricas.

Estos son:

- Autopista Estado de Israel (Plaza Víquez- Zapote).
- Zapote-Curridabat.
- Autopista Florencio del Castillo.
    - Tramo 1: Curridabat-Tres Ríos (San Rafael de la Unión).
    - Tramo 2: Tres Ríos – Cartago.

El procedimiento para definir cada intervención, es el que se describe a continuación:

Con las nuevas estimaciones de tránsito para los diferentes tramos del proyecto a concesionar, se efectúa el cálculo de los ejes equivalentes para períodos de diseño de 15, 20 y 30 años.

Utilizando la metodología AASHTO, se calcula el pavimento flexible básico necesario para un período de diseño de 12 a 15 años, y se planean intervenciones futuras con recapas asfálticas periódicas que aseguren un nivel de servicio aceptable al término de 30 años (PSI mayor a 2.25).

Para los tramos existentes se modela una rehabilitación interviniendo una o más capas existentes para lograr una estructura que cumpla con las solicitaciones de tránsito proyectado al período de diseño. En el caso particular de la sección Tres Ríos-Cartago, actualmente con un pavimento rígido (losas de concreto), se utiliza el **Método de Diseño de Sobrecapas** (tomando en cuenta la vida remanente del pavimento existente), también de la AASHTO, para la rehabilitación flexible y rígida..

Las estructuras estimadas con la metodología AASHTO, se corroboran con la aplicación del programa KENLAYER, desarrollado por la Universidad de Kentucky, con el cual se hace un análisis de fatiga y formación de roderas. Se optimiza la estructura y se verifican sus cumplimientos con el período de diseño propuesto.

Las intervenciones en pavimento rígido, son diseñadas con la utilización del programa PCAPAV de la Portland Cement Association, versión 2.10 de 1990.

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES

CONSEJO NACIONAL DE CONCESIONES

REPORTE FINAL

EVALUACIÓN Y DISEÑO DE PAVIMENTOS

URS

SECCION 3

EVALUACION DE ESCRITORIO

Se ha realizado una revisión exhaustiva de los documentos existentes con respecto al pavimento, realizados por el MOPT en años recientes, con el fin de ajustarlos a las nuevas condiciones de demanda del proyecto.

Se ha tratado de identificar en esos documentos principalmente:

a- Tipos y secuencias de pruebas en las capas del pavimento y en la subrasante efectuadas por el M.O.P.T. para el diseño del pavimento.

b- Metodología usada en el diseño de los pavimentos, así como el tipo de carga y cantidad de repeticiones.

Los documentos que se han revisado son:

- "Informe Final: Autopista Tres Ríos - Cartago, Proyecto de Rehabilitación", de Febrero del 98, realizado por el Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad de Costa Rica.
- "Informe Final: Autopista Florencio del Castillo, Curridabat-Tres Ríos", de setiembre del 98, realizado por la Unidad Ejecutora de Proyectos Viales (UNEPROVI), del Consejo de Seguridad Vial.
- "Muestreo, Análisis de Laboratorio, Análisis de Tránsito y Diseño de Pavimentos de la sección Radial Zapote-Curridabat", de fecha desde diciembre del 97 a setiembre del 98, realizado por el Laboratorio de Materiales del MOPT.

3.1 Descripción de los documentos revisados.

a- **"Informe Final: Autopista Florencio del Castillo, sección Curridabat-Tres Ríos, Proyecto de Rehabilitación",** de setiembre del 98, realizado por la Unidad Ejecutora de Proyectos Viales (UNIPROVI) del Consejo de Seguridad Vial.

Este documento describe todo el proceso de evaluación y diseño de los pavimentos necesario para la rehabilitación del tramo. Contiene información sobre los aspectos generales, los estudios realizados, los diseños estructurales del pavimento, la definición de las intervenciones recomendadas y las Especificaciones Especiales a aplicar en el proceso constructivo.

Cabe destacar que el estudio de tránsito utilizado fue realizado por la Asesoría de Planificación del MOPT, con fecha agosto de 1998; con TPD de 14430 en el sentido Cartago San José y 18265 en el sentido contrario; con tasas de crecimiento de 7.5% hasta el año 2004 y 4% a partir de ahí.

Se realizan diseños a 12 y 22 años para las opciones flexible y rígida, respectivamente.

Las intervenciones recomendadas son:

Pavimento semi-rígido: recuperar los primeros 23-24cm (carpeta y parte de la base estabilizada) y con la adición de cemento Pórtland lograr una base estabilizada de 23-24cm de espesor compactado. Colocar una carpeta de concreto asfáltico de 12cm de espesor.

Pavimento rígido: escarificar los primeros 5cm de la carpeta, colocar 4cm de concreto asfáltico y luego una losa de concreto de 25.5 a 27cm de espesor, sin espaldones en concreto.

b- **"Informe Final: Autopista Tres Ríos-Cartago, Proyecto de Rehabilitación"**, de Febrero del 98, realizado por el Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad de Costa Rica.

Este documento presenta toda la información resultante del estudio, evaluación y diseño de los pavimentos para este tramo. Contiene información sobre los aspectos generales, los estudios de campo realizados, a saber, auscultación visual, muestreo de espesores, estudio deflectométrico, etc, los análisis de tránsito y cálculo de ejes equivalente, los diseños estructurales del pavimento, la definición de las intervenciones recomendadas y las Especificaciones Especiales a aplicar en el proceso constructivo.

Cabe destacar que el estudio de tránsito utilizado se tomó de la información procedente de las estaciones de pesaje, y se complementó con datos suministrados por el Departamento de Pesos y Dimensiones, del MOPT, con fecha enero de 1998. Se utiliza un TPD de 38.000 en cada sentido Cartago San José y en el sentido contrario; con tasas de crecimiento del 4 al 6% hasta el final del período de análisis.

Se realizan diseños a 12 y 22 años para las opciones flexible y rígida, respectivamente.

Las intervenciones recomendadas son:

Alternativa de sobrelosa, a) para pavimentos flexibles: realizar una reparación general del pavimento, colocar una capa de apoyo a la losa de concreto asfáltico de 4cm de espesor, y luego colocar una losa de concreto de 26cm de espesor. B) para pavimento rígido: realizar una reparación general del pavimento, colocar un geotextil y una capa delgada de concreto asfáltico de 4cm de espesor, luego una losa de concreto de 26cm de espesor.

Alternativa de concreto asfáltico en caliente, sobre el pavimento flexible existente:

Caso 1: remover 12cm del pavimento existente, escarificar y reconformar 15cm de la base granular, colocar 11cm de base asfáltica y 12cm de concreto asfáltico.

Caso 2: escarificar y estabilizar 24cm del pavimento existente y luego colocar 14cm de concreto asfáltico en caliente.

En todos los casos el nivel de rasante sube, por lo que es necesario reconformar los espaldones con material de base asfáltica.

c- **"Muestreo, Análisis de Laboratorio, Análisis de Tránsito y Diseño de Pavimentos de la sección Radial Zapote-Curridabat"**, de fecha desde diciembre del 97 a setiembre del 98, realizado por el Laboratorio de Materiales del MOPT.

Documento No. 1:
Muestreo: Con fecha 17 de setiembre de 1997, suscrito por "Hidalgo", describe el muestreo realizado en el proyecto. Se tomaron tres muestras hasta una profundidad de 2.20m, en las estaciones:

2+200, LC;2+450 LC y 2+900 LC.

Documento No. 2:
Oficio No. 97-1278, de 7 de octubre de 1997, suscrito por Ing. Carlos Luis Soto Castro, del Laboratorio de Materiales del MOPT. Resume el resultado de los ensayos realizados a las muestras de subrasante tomadas en el proyecto. Se rescata de esta información el valor del CBR en cada muestra, que es de 5.0, 4.8 y 4.5 respectivamente, al 91% de compactación y .002 de penetración.

Documento No. 3:
Oficios No. MT/970147 y MT/970162, de fecha 5 de noviembre y 9 de diciembre, ambos de 1997, suscritos por Ing. Patricia Mora Abarca, del Departamento de Planificación del MOPT, en donde se consignan los datos de tránsito disponibles para el proyecto. Se rescata que son valores de referencia colectados en una estación de conteo cercana al proyecto para 1997 y proyectados hasta el 2012.

Documento No. 4:
Oficio No. 98-1237, de 9 de setiembre de 1998, suscrito por el Ingeniero Orlando Dobles, del Laboratorio de Materiales del MOPT, en donde consigna el diseño de pavimento flexible para el proyecto. Utiliza el método de la ASSHTO y el método mecanístico. Emplea un TPD de 36705 vehículos para el año 1998, un factor de crecimiento del 8% y un período de diseño básico de 10 años, actualizando para 20 años. Se rescata de este informe un pavimento básico de:

30 cm de subbase granular.
20 cm de base estabilizada con cemento
10 cm de carpeta de concreto asfáltico en caliente.

A los 10 y 15 años se debe colocar una sobrecarpeta de 5 cm de espesor, garantizando un perfecta adherencia.

Documento No. 5:

Oficio No. 97-1583, de 23 de diciembre de 1997, suscrito por el Ing. Orlando Dobles, del Laboratorio de Materiales del MOPT, en donde se cosigna el diseño de pavimento rígido para el proyecto. Utiliza el método de la PCA, con un ADTT de 5112 camiones pesados, un Kc de 472, un MR de 650 psi y un período de diseño de 20 años. El pavimento resultante es de una losa de 22cm de espesor sobre una base estabilizada con cemento Pórtland de 15cm de espesor. Se detalla también el diseño de las juntas transversales y longitudinales.

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES

CONSEJO NACIONAL DE CONCESIONES

REPORTE FINAL

EVALUACIÓN Y DISEÑO DE PAVIMENTOS

URS

SECCION 4

ESTIMACIONES DE TRANSITO Y EJES EQUIVALENTES

4.1 Tránsito Promedio Diario

Las estimaciones de tránsito han sido suministradas por URS, para los cuatro tramos.

En el Anexo No. 1 se transcribe toda la información suministrada, junto al cálculo del porcentaje de crecimiento anual promedio para los treinta años.

El resumen de esos cálculos se presenta en la siguiente tabla:

Sección	Plaza Víquez-Zapote	Zapote-Curridabat	Curridabat-Tres Ríos	Tres Ríos-Cartago
TPD (año 2000)	35.655	46.454	34.868	35.174
Crecimieto Promedio(%)	1.485	1.485	3.1	2.45

4.2 Distribución Porcentual del Tránsito

La información suministrada incluye los automóviles y carga liviana, así como los C-2 y C-3 en una sola categoría. Para la utilización de los programas para el cálculo de ejes equivalentes, es necesario tener los automóviles y los carga liviana, así como los C-2 y C-3, en categorías separadas. Para lograr esto a partir de los datos suministrados, se ha utilizado la proporción en que fueron divididas esas categorías en un estudio anterior, julio de 1998, para Ciudad Colón-Orotina, obteniéndo la siguiente tabla:

Tramo	Auto.	Buses	Carga Liviana	C-2	C-3	T3-S2
Plaza Viquez-Zapote	65.2	4.0	25.4	3.9	1.1	0.3
Zapote-Curridabat	65.2	4.0	25.4	3.9	1.1	0.3
Curridabat-Tres Rios	59.3	4.9	23.1	7.8	2.2	2.7
Tres Rios-Cartago	58.0	4.3	22.6	9.0	2.5	3.6

4.3 Factores Camión y estimación de ejes equivalentes

4.3.1 Para pavimentos flexibles.

Para la estimación de los ejes equivalentes para cada uno de los tramos, se utiliza los siguientes factores camión:

Clase de Vehículo	Factor Camión*
Automóvil	0.005
Bus	0.950
Carga Liviana	0.390
Camión 2 Ejes	0.950
Camión 3 Ejes	1.450
Camión 5 Ejes	2.700

** Factores Camión que ha venido utilizando el MOPT, basado en un estudio de cargas elaborado para los proyectos del Sectorial de Transportes.*

Para cada uno de los tramos se determina una cantidad de ejes equivalentes para períodos de diseño de 15, 25 y 30 años. En el Anexo No. 2, se detalla el cálculo de los ejes equivalentes para los treinta años, año por año. Un resumen de esos cálculos, para efectos de cálculos posteriores, se presenta a continuación:

Tramo del Proyecto	Ejes Equivalentes en Millones		
	15 años	25 años	30 años
Plaza Viquez-Zapote	18.0	32.4	40.4
Zapote-Curridabat	23.4	42.2	52.7
Curridabat-Tres Rios	32.3	63.7	83.4
Tres Rios-Cartago	33.6	64.2	82.4

4.3.2 Para pavimentos rígidos.

Se utiliza la categoría de carga por eje muy pesada, de la Pórtland Cement Association, incluida en el programa PCAPAV 2.1.

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES

CONSEJO NACIONAL DE CONCESIONES

REPORTE FINAL

EVALUACIÓN Y DISEÑO DE PAVIMENTOS

URS

SECCION 5

ESTUDIOS DE CAMPO

En los tramos existentes se realizaron tres estudios de campo a saber; el primero consistió en una auscultación visual de los daños superficiales, el segundo en mediciones de deflexiones y el tercero consistió en la extracción de muestras de las diferentes capas de los pavimentos para realizar ensayos en laboratorio y la determinación en sitio de los espesores.

Para el tramo de construcción nueva, se realizó un muestreo aleatorio de la subrasante, con el propósito de evaluar la capacidad relativa de soporte del terreno natural sobre el que se construirá la nueva vía.

Por considerarse de interés, se transcribe a continuación parte de la información recolectada en los estudios realizados, en el entendido de que la totalidad se encuentra recopilada en los informes respectivos.

5.1 Auscultación visual de pavimentos existentes.

5.1.1 Autopista Estado de Israel (Plaza Víquez – Zapote).

Con una longitud de 2 km., corresponde a un pavimento flexible en 4 carriles , dos por sentido, con una división o isla central y bordillos laterales a lo largo de prácticamente todo el trayecto. Se inicia en el costado este de la Plaza González Víquez y termina 200 metros al este de la Rotonda de las Garantías Sociales. Este tramo presenta dos intersecciones importantes, la primera es la denominada El Cerrito y la segunda corresponde a la Rotonda de las Garantías Sociales.

En resumen, se reconoce en la Autopista Estado de Israel, una intervención por parte del MOPT que consiste en un re-carpeteo total de 5 a 7cm de espesor de los cuatro carriles, efectuados hace un año. El pavimento luce en muy buenas condiciones y se ha alcanzado espesores totales existentes de entre 25 y 32cm.

Se presentan algunos cuadros tipo "bache" realizados durante el proceso de re-carpeteo, posiblemente por defectos constructivos.

5.1.2 Nueva Radial Zapote – Curridabat.

La nueva Radial Zapote – Curridabat se inicia 200 metros al este aproximadamente de la Rotonda de Zapote y con una longitud aproximada de 2.9 Km. finaliza en Hacienda Vieja de Curridabat en el dispensador que da inicio a la Autopista Florencio del Castillo.

Esta sección presenta tres intersecciones importantes. La primera es la Ruta 204, la cual une Zapote con San Francisco. La segunda intersección es la Ruta 211, la cual une La Y Griega con Curridabat y la última intersección se localiza al final del tramo en Hacienda Vieja de Curridabat

En esta sección el derecho de vía en algunos sectores está despejado, libre de construcciones, no obstante algunos otros atraviesan zonas bastante urbanizadas.

5.1.3 Autopista Florencio del Castillo.

Esta autopista se inicia en Hacienda Vieja de Curridabat, con una longitud aproximada de 17.6 Kms.

Tramo 1: Curridabat – Tres Ríos (San Rafael de la Unión).

Esta sección de aproximadamente 8.0 km, corresponde a un pavimento semirígido en cuatro carriles, dos por sentido, con una isla (zona verde) central y espaldones laterales.

Se extiende desde Curridabat hasta la intersección (paso a desnivel) a San Rafael de la Unión.

Presenta varios tipos de fallas en ambos sentidos: cuero de lagarto de malla ancha con bombeo de finos, que parece indicar que son causadas por el reflejo de las grietas de las base estabilizada; cuero de lagarto de malla pequeña típico de la falla por fatiga de la carpeta; presenta ahuellamientos importantes, algunos de los cuales han sido tapados con mezcla asfáltica; existen grietas transversales y otras longitudinales de alta severidad, con ramificaciones y bombeo de finos.

Se presentan algunos "cuadros" tipo "bache" realizados durante el proceso de mantenimiento rutinario aplicado por el MOPT en varias oportunidades. Se trata de zonas en donde se escarifica la carpeta asfáltica dañada y se sustituye en igual espesor por una nueva. En algunos casos esos "cuadros" cubren todo el ancho de la calzada y se extienden por varios metros.

Tramo 2: Tres Ríos – Cartago.

El segundo tramo comprende el sector entre Tres Ríos y Cartago, el cual tiene una longitud aproximada de 9.6 Kms.

En el sentido de avance Tres Ríos – Cartago, este sector se compone de los siguientes tramos:

- Tres Ríos - Alto de Ochomogo, con pavimento rígido
- Alto de Ochomogo – La Lima, con pavimento flexible
- La Lima – Cartago, con pavimento rígido

En el sentido contrario, Cartago – Tres Ríos:

- Cartago – La Lima, en pavimento rígido
- La Lima – Taras, en pavimento flexible
- Taras – Alto de Ochomogo, en pavimento rígido.
- Alto de Ochomogo - Tres Ríos, con pavimento flexible

El pavimento asfáltico de este tramo está bastante dañado. Presenta varios tipos de fallas en ambos sentidos: cuero de lagarto de malla ancha con bombeo de finos; cuero de lagarto de malla pequeña

típico de la falla por fatiga de la carpeta; presenta ahuellamientos importantes, algunos de los cuales han sido tapados con mezcla asfáltica; existen grietas transversales y otras longitudinales de alta severidad, con ramificaciones y bombeo de finos. En especial los tramos Ochomogo-La Lima (en el sentido San José-Cartago) y La Lima-Taras (en el sentido Cartago-San José) están muy dañados, con muchos baches y deformaciones que hace pensar en daños estructurales importantes.

El pavimento rígido en los tramos Tres Ríos-Ochomogo y Taras-Ochomogo, presenta un estado regular. Se presenta una evidente diferencia entre el carril interno y el externo, estando el carril externo más dañado que el interno, por razones obvias de distribución de tránsito pesado.

Aproximadamente un 25% de las losas (de 3.5m de largo por 1.75m de ancho y 21cm de espesor) del carril externo están dañadas con tres o más fracturas, mientras que en el carril interno son aproximadamente el 12-15% de las losas las dañadas. El resto de las losas en ambos carriles tiene menos fracturas o están en buenas condiciones, sin fracturas.

Aproximadamente una cuarta parte de las juntas tanto transversales como longitudinales, están obstruidas o sin sello. Hay algunas con evidente bombeo de finos, que produce descalce en las losas.

En el tramo La Lima-Cartago, ambos sentidos, el pavimento rígido se encuentra en bastante buen estado, con tan solo algunas deformaciones en los accesos al puente sobre el río Reventado, que han sido reparados con mezcla asfáltica.

5.2 Estudio deflectométrico sobre pavimentos flexibles.

Se realizó un estudio deflectométrico en cada uno de los tramos con pavimentos flexibles que conforman el proyecto, con mediciones a cada 250 metros con viga Benkelman, las deflexiones promedio para cada tramo se muestra a continuación. En el Anexo No. 3 se muestra todo el trabajo realizado.

Tramo	Deflexión Media de Rebote (1/100 mm) Zona crítica	Desviación Estándar
Plaza Viquez - Zapote	126	12.02
Curridabat - Tres Rios	73	17.90
Tres Rios - Cartago	95	14.38

5.3 Estudio de Espesores

Con el fin de cuantificar el dimensionamiento de los pavimentos existentes, se realizaron sondeos a cielo abierto a cada 0.5 a 1.0 km aproximadamente en cada uno de los tramos estudiados. Un resumen de los resultaos de espesores se detalla a continuación. En el Anexo No. 4 se incluye todo el trabajo realizado, junto con los resultados de las pruebas de laboratorio.

5.3.1 Autopista Estado de Israel (Plaza Víquez-Zapote)

Sondeo N°	Estación	Lado	Sub-base (cm)	Base granular (cm)	Carpeta Asfáltica (cm	Estación Equivalente en Planos
1	0+100	Derecho	13	15	32	100+85
2	0+700	Derecho	12	16	14.1	106+85
3	1+200	Derecho	25	15	10.0	111+85
4	1+800	Derecho	13	17	15.8	117+85
5	1+800	Izquierdo	15	16	17.6	117+85
6	1+300	Izquierdo	22	18	9.2	112+85
7	0+750	Izquierdo	16	17	17.0	107+35
8	0+200	Izquierdo	12	17	25.7	101+85

Nota: Sta 0+000 → Sta 99+85

5.3.2 Curridabat-Tres Ríos (San Rafael de la unión).

Estación	Lado	Espesores (cm)			Estación Equivalente en Planos
		Carpeta Asfáltica	Base Estabilizada	Sub-base	
0+150	Der.	10.2	15.0	14.3	149+30
1+000	Der.	10.0	15.5	16.5	157+80
2+050	Der.	10.8	14.8	18.4	168+30
3+000	Der.	11.1	14.9	17.5	177+80
4+100	Der.	10.3	15.6	18.1	188+80
5+025	Der.	9.5	16.0	18.5	198+05
6+625	Der.	10.0	15.0	18.0	214+05
7+700	Der.	10.0	15.5	17.5	224+80
0+100	Izq.	11.5	16.0	13.5	148+80
1+200	Izq.	10.6	15.6	14.1	159+80
2+400	Izq.	10.3	17.0	15.0	171+80
3+350	Izq.	19.5	14.5	15.5	181+30
4+500	Izq.	11.4	15.1	15.0	192+80
5+550	Izq.	11.0	15.5	15.0	203+30
6+600	Izq.	11.1	15.3	15.6	213+80
7+600	Izq.	10.1	15.8	16.1	223+80

Nota: Sta 0+000 → Sta 147+80

5.3.3 Tres Ríos-Cartago

Tramo Tres Ríos-Alto de Ochomogo

Estación	Lado	Espesores (cm)		Estación Equivalente en Planos
		Losa hormigón	Base – Sub-base (relleno)	
8+800	Der.	20.0	80.0	235+80
10+200	Der.	22.0	50.0	249+80
11+100	Der.	21.0	141.0	258+80
12+050	Der.	20.0	120.0	268+30
13+250	Der.	19.8	110.0	280+30

Tramo Alto de Ochomogo-Taras

Estación	Lado	Espesores (cm)		Estación Equivalente en Planos
		Carpeta asfáltica	Base – Sub-base (relleno)	
14+450	Der.	13.0	30.0	292+30
15+600	Der.	18.5	40.0	303+80
16+800	Der.	11.0	41.0	315+80

Tramo Taras- Alto de Ochomogo (sentido contrario)

Estación	Lado	Espesores (cm)			Estación Equivalente en Planos
		Losa hormigón	Carpeta asfáltica	Base – Sub-base (relleno)	
13+850	Izq.	20.8	2.5	46	286+30
12+700	Izq.	19.3	1.5	48	274+80

Tramo Alto de Ochomogo-Tres Ríos (sentido contrario)

Estación	Lado	Espesores (cm)			Estación Equivalente en Planos
		Carpeta asfáltica	Base estabilizada	Base – Sub-base (relleno)	
11+600	Izq.	22.0	----	26.5	263+80
10+550	Izq.	20.1	----	26.0	253+80
9+450	Izq.	21.0	----	25.5	242+30
8+400	Izq.	13.3	13.0	22.2	231+80

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES

CONSEJO NACIONAL DE CONCESIONES

REPORTE FINAL

EVALUACIÓN Y DISEÑO DE PAVIMENTOS

URS

SECCION 6

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Se extrajeron muestras de base, subbase y subrasante para realizar ensayos de laboratorio para estimar las calidades de los materiales existentes en la obra. El detalle de todos los resultados obtenidos en las pruebas realizadas se presentan en el Anexo No. 4.

Por considerarlo de interés para el diseño de los pavimentos nuevos y las ampliaciones en los ya existentes, se resume a continuación los resultados obtenidos en las pruebas de capacidad soportante de la subrasante, calculada al 98% de compactación y 0.2" de penetración.

Tramo	CBR						
	1	2	3	4	5	6	Promedio
Autopista Estado de Israel	3.0	5.3	4.0				4.1
Zapote-Curridabat (Nuevo)	5.6	3.9	2.7	4.2			4.1
Autopista Florencio del Castillo	7.7	6.0	4.5	4.0	5.0	3.5	5.1

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES

CONSEJO NACIONAL DE CONCESIONES

REPORTE FINAL

EVALUACIÓN Y DISEÑO DE PAVIMENTOS

URS

SECCION 7

ANALISIS PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL

7.1 Retrocálculo de Módulos Resilentes

Tanto el modelo establecido por la AASHTO para el dimensionamiento de estructuras de pavimento, como los modelos utilizados para analizar los esfuerzos y las deformaciones en las capas del pavimento, requieren de obtener parámetros dinámicos esfuerzo-deformación de los materiales involucrados.

7.1.1 Pavimentos rígidos existentes

Autopista Florencio del Castillo

Para las losas existentes, de acuerdo con los resultados obtenidos, se utiliza una resistencia a la compresión de 250kg/cm^2, lo que equivale, según la metodología de la PCA, a un módulo de ruptura de 37 kg/cm^2, y un módulo de elasticidad residual de 2.4 x 10^5 kg/cm^2 (3,4 x 10^6 psi).

7.1.2 Pavimentos flexibles existentes

Con la utilización del programa elástico lineal ELSYM5 y considerando la severidad de los daños superficiales y los resultados de laboratorio, se modelaron las estructuras existentes, variando los módulos elásticos de los materiales de tal forma que se lograra obtener las deflexiones reales obtenidas en cada uno de los tramos estudiados. A continuación se detalla los resultados del retrocálculo. En el Anexo No. 5 se incluye las salidas del programa ELSYM5 para los tramos estudiados.

Autopista Estado de Israel

Tipo de capa	Espesor Promedio (pulgadas)	Módulo Resilente (psi)	Módulo de Poisson
Carpeta	7.00	400.000	.35
Base granular	6.30	30.000	.35
Sub-base	6.30	12.000	.35
Subrasante	Semi-infinita	6.750	.45

Curridabat-Tres Ríos

Tipo de capa	Espesor Promedio (pulgadas)	Módulo Resilente (psi)	Módulo de Poisson
Carpeta	4.13	300.000	0.35
Base granular	6.00	220.000	0.20
Sub-base	6.70	12.000	0.35
Subrasante	Semi-infinita	6.750	0.45

Tres Ríos-Cartago

Tipo de capa	Espesor Promedio (pulgadas)	Módulo Resilente (psi)	Módulo de Poisson
Carpeta	5.50	300.000	0.35
Base granular	6.00	30.000	0.35
Sub-base	6.70	12.000	0.35
Subrasante	Semi-infinita	6.750	0.45

7.1.3 Pavimentos nuevos

Zapote-Curridabat

Por no contar con pruebas directas de laboratorio que proporcionen estos parámetros, se debe utilizar una aproximación a éstos correlacionando propiedades conocidas, fundamentalmente el valor de la capacidad de soporte (CBR) con el módulo resilente (Mr) y el coeficiente de Poisson (μ).

Para este propósito se utilizan las correlaciones desarrolladas por Van Til et al (1972), que correlacionan el CBR de los materiales granulares y de la subrasante con su módulo (Mr); la estabilidad Marshall de las mezclas asfálticas (carpeta y base) con su Mr; y la resistencia a la compresión inconfinada de los materiales mejorados o estabilizados con cemento con su Mr.

Subrasante.

De acuerdo con la información obtenida, la subrasante es un limo arcilloso de color café oscuro, de plasticidad media y CBR al 98% de 4.1%.

Del gráfico de correlaciones se obtiene:

VALOR DEL CBR	Mr PROBABLE	μ
4%	475.3 Kg/cm2(6.750 psi)	0.45

Sub-base granular

Se estima un valor de CBR mínimo de 30%, lo que significa:

Mr = 1060 kg/cm2 (15.000 psi)
μ = 0.35
a_3 = 0.227 (log Mr) - .839 = 0.11
m_3 = 1.0 (coeficiente de drenaje)

Base estabilizada con cemento.

Con el propósito de establecer alternativas de construcción, se procede a caracterizar las bases mejoradas y estabilizadas con cemento Portland.

	Base estabilizada BE-25 ($\sigma_{7\ dias}$ = 30 kg/cm2)	Base estabilizada BE-35 ($\sigma_{7\ dias}$ = 40 kg/cm2)
Mr	31690 kg/cm2(450.000 psi)	42253 kg/cm2(600.000 psi)
μ	0.20	0.20
a_2	0.40	0.44

Materiales asfálticos en caliente.

Se considera una base asfáltica con estabilidad Marshall de 450 kg(1000 lb), y una carpeta con estabilidad de 900 kg (2000 lb)

	Base asfáltica	Carpeta asfáltica
Mr	17605 kg/cm2(250.000 psi)	31690 kg/cm2(450.000 psi)
μ	0.35	0.35
a_2	0.25	a_1 0.44

7.2 Estimación del Remanente Estructural

Con los módulos estimados y con el empleo de la metodología AASHTO, para una confiabilidad del 85%, se ha calculado el remanente estructural de cada uno de los tramos y el requerido para un período de diseño de 30 años. En el Anexo No. 5, se detallan los cálculos que se resumen a continuación:

Tramo	SN Remanente	SN Requerido
Plaza Viquez-Zapote	2.03	5.64
Zapote-Curridabat	0.00	5.84
Curridabat-Tres Rios	3.09	6.19
Tres Rios-Cartago	3.32	6.40

Como se puede observar existe en todos los tramos una gran deficiencia estructural, para satisfacer adecuadamente las solicitaciones de tránsito a que serán sometidos los pavimentos, lo que coincide con las observaciones de las auscultación visual de los pavimentos. Lo anterior evidencia la necesidad de reforzar (rigidizar) la capa de base o de soporte de la superficie de ruedo.

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES

CONSEJO NACIONAL DE CONCESIONES

REPORTE FINAL

EVALUACIÓN Y DISEÑO DE PAVIMENTOS

URS

SECCION 8

DISEÑO ESTRUCTURAL

8.1 Diseño en Estructura Flexible (semi-rígida)

Con metodología AASHTO, para un 85% de confianza, se calculan las estructuras teóricas que deberán satisfacer las repeticiones de carga de 8.2 toneladas, para el período de diseño de 30 años, recuperando para los tramos existentes con la adición de cemento Portland los primeros 22 o más centímetros de la estructura existente y manteniendo intacta la capa de inferior (subbase + parte de base). Se consideran para la combinación de base y subbase un módulo de 10000 psi para el tramo Autopista Estado de Israel, y de 12000 psi para los tramos Curridabat-Tres Ríos y Tres Ríos-Cartago. El tramo Zapote-Curridabat es totalmente nuevo.

Para todos los tramos del proyecto, mediante la ecuación de comportamiento básica de la AASHTO (considerando el número de ejes equivalentes acumulado con los años, que causan una disminución del PSI hasta llegar a p_t), y la revisión que se hace más adelante por fatiga y formación de roderas, se determinan recapas o mantenimiento preventivo, antes de que el pavimento alcance un índice de servicio (p_t) de 2.25 y se asegure, por lo tanto, un índice de servicio aceptable después del período de concesión. En el Anexo No. 6 se incluyen los gráficos obtenidos en estos cálculos. Un resumen de las estrategias de intervención, se presenta a continuación:

AUTOPISTA ESTADO DE ISRAEL

4 CARRILES	6 CARRILES
Recuperar 23 cm con cemento	Recuperar 23 cm con cemento
Colocar 12 cm de carpeta asfáltica en caliente	Colocar 12 cm de carpeta asfáltica en caliente
Recapas: 5 cm año 16 5 cm año 22	Recapa: 5 cm año 22

ZAPOTE – CURRIDABAT (Construcción nueva)

4 CARRILES	6 CARRILES
CA = 12 cm BE = 23 cm SUB = 35 cm	CA = 12 cm BE = 23 cm SUB = 35 cm
Recapas: 5 cm año 16 5 cm año 24	Recapa: 5 cm año 22

CURRIDABAT-TRES RIOS

4 CARRILES	6 CARRILES
Recuperar 25 cm con cemento	Recuperar 25 cm con cemento
Colocar 12.5 cm de carpeta asfáltica en caliente	Colocar 12.5 cm de carpeta asfáltica en caliente
Recapas: 6 cm año 16 5 cm año 24	Recapa: 7 cm año 19

TRES RIOS – CARTAGO

1- Tramos con pavimento flexible

4 CARRILES	6 CARRILES
Recuperar 25 cm con cemento	Recuperar 25 cm con cemento
Colocar 12.5 cm de carpeta asfáltica en caliente	Colocar 12.5 cm de carpeta asfáltica en caliente
Recapas: 6 cm año 15 5 cm año 23	Recapa: 7 cm año 18

2- Tramo con pavimento rígido

Año "0" : - reparar(reconstruir) del 8 al 10% de las losas existentes con grietas de más de 7mm de ancho fracturadas en cuatro partes o más. (Aprox. 3.000 m^2 , en 21 cm de espesor).

- aserrar, limpiar y sellar las juntas longitudinales y transversales dañadas (Aprox. 5.000m)
- limpiar e inyectar las grietas de más de 3mm y menores a 7mm de ancho. (Aprox. 3.000m).

Año 8 : Colocar una carpeta asfáltica en caliente sobre las losa existente, de tal manera que el pavimento quede formado por:

		Recapas
C. Asfáltica	10 cm	5 cm en el año 15
Losa existente	21 cm	5 cm en el año 25
Sub-base existente	20 cm	

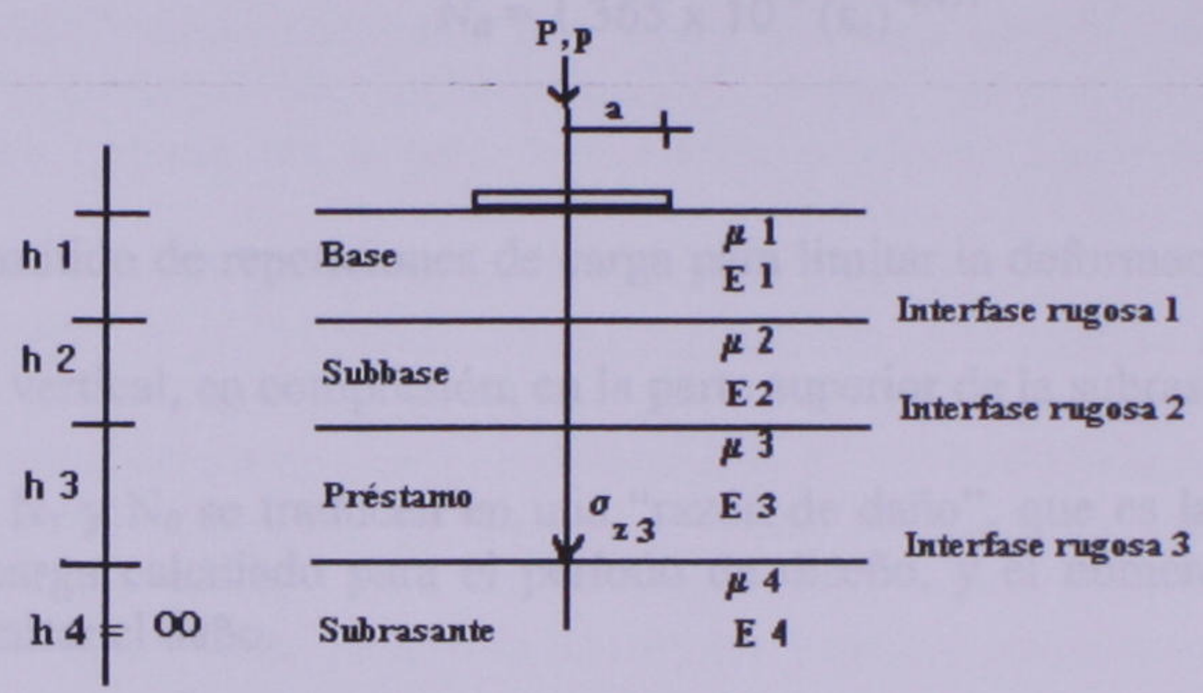
Para evitar el reflejo de grietas de las juntas del pavimento existente, se propone utilizar cualquiera de los métodos siguientes:

a- colocar 7.5cm de mezcla de graduación abierta (crack relief layer)
b- construir juntas en la carpeta asfáltica (aserradas y selladas) sobre cada junta existente.
c- colocar un geosintético de polipropileno especial para evitar el reflejo de grietas en pavimentos asfálticos, en todo el ancho y largo del pavimento existente.

8.2 Análisis de Fatiga y Formación de Roderas

8.2.1 Modelo estructural.

Con el propósito de analizar en forma detallada el comportamiento del pavimento, se propone aquí utilizar el modelo elástico-lineal multicapa de Burmister, que permite considerar los pavimentos flexibles como sistemas con buenos materiales en la parte superior, donde los esfuerzos son altos, e inferiores materiales en la parte inferior, donde la intensidad de los esfuerzos es baja. (Figura siguiente)



SISTEMA DE 4 CAPAS EJE SIMÉTRICO

Modelo elástico-lineal multicapa de Burmister.

8.2.2 Modelo de deterioro

Además, se utilizará el "método mecanístico", que define criterios de falla relacionados directamente al tipo de daño observado.

Para el caso de pavimentos flexibles, es generalmente aceptado que el agrietamiento por fatiga, la deformación permanente (rutting) y el agrietamiento por bajas temperaturas, son los principales tipos de deterioro a ser considerados en el comportamiento de los pavimentos.

Se utilizará el criterio de falla del Instituto del Asfalto para el análisis, que define la falla por fatiga como:

$$N_f = 0.0796\ (\varepsilon_t)^{-3.291}\ [E^*]^{-0.854}$$

donde:

N_f = número de repeticiones de carga permitido para controlar la falla por fatiga (máximo 20% del área total)
ε_t = deformación radial, en tensión, en el borde inferior de la capa densa de asfalto.
E* = módulo de elasticidad de la capa de asfalto.

y la falla por deformación permanente, como:

$$N_d = 1.365 \times 10^{-9}\ (\varepsilon_c)^{-4.477}$$

donde:

N_d = número permitido de repeticiones de carga para limitar la deformación permanente a 12.7 mm (0.5 in).
ε_c = deformación vertical, en compresión, en la parte superior de la subrasante.

Estos valores de N_f y N_d se traducen en una "razón de daño", que es la razón entre el número de repeticiones de carga calculado para el período de diseño, y el número de repeticiones de carga permitida para limitar el daño.

A la vez, esta "razón de daño" se convierte en el "período de vida útil" (el inverso de la razón de daño) para ambos criterios de falla, y el de menor vida útil, controla el comportamiento o diseño del pavimento.

Para los cálculos, se utilizará el programa de computadora "Kenlayer", desarrollado por el Dr. Huang, de la Universidad de Kentucky, en Estados Unidos de América, en años recientes, el cual permite calcular esfuerzos y deformaciones en las diferentes capas del pavimento, así como analizar el comportamiento del pavimento con diferentes cargas de tránsito y diferentes características de los materiales componentes.

8.2.3 Resultados obtenidos en la aplicación del modelo

Todas las estructuras determinadas por el método AASHTO, descritas anteriormente, son satisfactorias para el período considerado, desde el punto de vista de esfuerzo – deformación, según se detalla en las salidas del programa incluidas en el Anexo No. 7. El cuadro siguiente resume los resultados obtenidos, que han definido el momento de las recapas:

TRAMO	4 Carriles		6 Carriles	
	N (propuesto)	N (obtenido)	N (propuesto)	N (obtenido)
Aut. Estado de Israel	15 años	14.51 años	15 años	22.59 años
Zapote -Curridabat	15 años	16.41 años	15 años	21.89 años
Curridabat –Tres Ríos	15 años	16.86 años	15 años	18.76 años
Tres Ríos -Cartago	15 años	15.52 años	15 años	17.91 años

8.3 Diseño Estructura Rígida (losas)

Se presenta una opción en pavimento rígido para los algunos de los tramos estudiados, bajo el mismo concepto de recuperar los primeros 20 cm de material existente con la adición de cemento portland, con la dosificación adecuada para lograr una base estabilizada tipo BE-25, que sirva de apoyo uniforme a las losas de concreto hidráulico. Para otros tramos, la opción es perfilar el pavimento asfáltico, colocar una carpeta de nivelación y colocar la losa de concreto.

Para el cálculo del espesor de las losas de concreto hidráulico se utilizó del programa PCAPAV versión 2.10 de 1990, de la Portland Cement Association, este modelo permite realizar un análisis por fatiga de las losas y un análisis de erosión de la base estabilizada. El módulo de reacción combinado correspondiente a una base estabilizada de 8" (20 cm) y/o la configuración del pavimento existente o el valor del CBR de la subrasante, se determinó mediante la utilización de la tabla No.1 del Manual " Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements ". Los resultados del cálculo del espesor de las losas para cada uno de los tramos y los porcentajes de fatiga y erosión se incluyen el el Anexo No. 8.

Se considera un período de 30 años fundamentalmente por dos razones: la incertidumbre en los aforos de tránsito y la expectativa de contar con una estructura remanente aceptable al término del período de concesión.

Para todas las estructuras rígidas se utilizarán juntas longitudinales y transversales de acuerdo con el Anexo No. 9.

Un resumen de esos cálculos se presenta a continuación:

AUTOPISTA ESTADO DE ISRAEL

Este tramo tiene actualmente una carpeta asfáltica en muy buenas condiciones, por lo que se propone:

4 CARRILES	6 CARRILES
Perfilar 4 cm de la carpeta existente	Perfilar 4 cm de la carpeta existente
Colocar 3 cm de carpeta asfáltica en caliente	Colocar 3 cm de carpeta asfáltica en caliente
Colocar una losa de concreto de 23 cm	Colocar una losa de concreto de 21 cm

ZAPOTE – CURRIDABAT (Construcción nueva)

4 CARRILES	6 CARRILES
SUB = 20 CM BE = 23 cm LOSA = 23 cm	SUB = 20 CM BE = 23 cm LOSA = 21 cm

CURRIDABAT – TRES RIOS

Este tramo tiene una base estabilizada con cemento, por lo que se propone:

4 CARRILES	6 CARRILES
Perfilar 4 cm de la carpeta existente	Perfilar 4 cm de la carpeta existente
Colocar 3 cm de carpeta asfáltica en caliente	Colocar 3 cm de carpeta asfáltica en caliente
Colocar una losa de concreto de 27 cm	Colocar una losa de concreto de 26 cm

TRES RIOS – CARTAGO

1- Tramos con pavimento flexible

4 CARRILES	6 CARRILES
Recuperar 20 cm con cemento	Recuperar 20 cm con cemento
Colocar una losa de concreto de 25 cm	Colocar una losa de concreto de 24 cm

2- Tramo con pavimento rígido

Año "0" : - reparar(reconstruir) del 8 al 10% de las losas existentes con grietas de más de 7mm de ancho fracturadas en cuatro partes o más. (Aprox. 3.000 m^2).
- aserrar, limpiar y sellar las juntas longitudinales y transversales dañadas (Aprox. 5.000m)
- limpiar e inyectar las grietas de más de 3mm y menores a 7mm de ancho. (Aprox. 3.000m).

Año 8 : Pavimento rígido:

Construir una sobrelosa de concreto parcialmente ligada (sobre la existente) de 15cm de espesor, MR=45 kg/cm2, con juntas longitudinales y transversales, según detalle en Anexo No. 10.

8.4 Diseño de las estructuras para las ampliaciones

Para la construcción de las ampliaciones, en los tramos que se pasa de dos a tres carriles por sentido, se recomienda utilizar los espesores que a continuación se detallan. Estos espesores son el resultado del análisis efectuado para las intervenciones tanto flexible como rígidas, contenidas en el Anexo No. 6.

AUTOPISTA ESTADO DE ISRAEL

Estructura Flexible		Estructura Rígida	
Carpeta:	12 cm	Losa de concreto:	21 cm
Base estabilizada:	23 cm	Base asfáltica:	20 cm
Súbase granular:	35 cm	Súbase granular:	20 cm

ZAPOTE – CURRIDABAT (Construcción nueva)

Estructura Flexible		Estructura Rígida	
Carpeta:	12 cm	Losa de concreto:	21 cm
Base estabilizada:	23 cm	Base asfáltica:	23 cm
Súbase granular:	35 cm	Súbase granular:	20 cm

CURRIDABAT – TRES RIOS

Estructura Flexible		Estructura Rígida	
Carpeta:	12.5 cm	Losa de concreto:	27 cm
Base estabilizada:	25 cm	Base asfáltica:	20 cm
Súbase granular:	25 cm	Súbase granular:	25 cm

TRES RIOS - CARTAGO

Estructura Flexible		Estructura Rígida	
Carpeta:	12.5 cm	Losa de concreto:	25 cm
Base estabilizada:	25 cm	Base asfáltica:	20 cm
Súbase granular:	25 cm	Súbase granular:	25 cm

Para las estructuras flexibles, se utilizarán las recapas especificadas, en los mismos años que las indicadas para las estructuras de tres carriles.

Para las estructuras rígidas se utilizarán juntas longitudinales y transversales de acuerdo con el Anexo No. 10.

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES

CONSEJO NACIONAL DE CONCESIONES

REPORTE FINAL

EVALUACIÓN Y DISEÑO DE PAVIMENTOS

URS

SECCION 9

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se han planteado, estudiado y diseñado intervenciones a los pavimentos existentes, ya sea en la alternativa flexible o la rígida.

También se ha revisado, estudiado y rediseñado el pavimento para la sección de construcción nueva, así como la construcción de las ampliaciones de dos a tres carriles en cada sentido, cuando así se determine.

Un resumen de esas intervenciones se presenta a continuación:

Intervención en el año "0":

CUATRO CARRILES

TRAMO	PAVIMENTO SEMIRIGIDO					PAV. RIGIDO	
	Subbase (cm)	BE-25 (cm)	Carpeta (cm)	Sobrecapa cm/año	Sobrecapa cm/año	BASE (cm)	Losa (cm)
Est. Israel	25*	23**	12	5/16	5/22	CA 3	23
Zap.- Curri	35	23	12	5/16	5/24	BE 23	23
Curri-3Rios	20*	25**	12.5	6/16	5/24	CA 3	27
3Ríos-Ctgo	20*	25**	12.5	6/15	5/23	BE 20**	25

* = *Espesores existentes.* ** = *Espesores recuperados.*

SEIS CARRILES

TRAMO	PAVIMENTO SEMIRIGIDO					PAV. RIGIDO	
	Subbase (cm)	BE-25 (cm)	Carpeta (cm)	Sobrecapa cm/año	Sobrecapa cm/año	BASE (cm)	Losa (cm)
Est. Israel	25*	23**	12		5/22	CA 3	23
Zap.- Curri	35	23	12		5/22	BE 23	23
Curri-3Rios	20*	25**	12.5		7/19	CA 3	26
3Ríos-Ctgo	20*	25**	12.5		7/18	BE 20**	24

* = *Espesores existentes.* ** = *Espesores recuperados.*

TRES RIOS - CARTAGO
Tramos con pavimento rígido

Año "0" : - reparar(reconstruir) del 8 al 10% de las losas existentes con grietas de más de 7mm de ancho. (Aprox. 3.000 m^2).
- aserrar, limpiar y sellar las juntas longitudinales y transversales dañadas (Aprox. 5.000m)
- limpiar e inyectar las grietas de más de 3mm y menores a 7mm de ancho. (Aprox. 3.000m).

Año 8 : Pavimento flexible.

		Recapas p_t > 2,25 en el año 30:
C. Asfáltica	10 cm	5 cm en el año 15
Losa existente	25 cm	5 cm en el año 25
Sub-base existente	20 cm	

Para evitar el reflejo de grietas de las juntas del pavimento existente, se propone utilizar cualquiera de los métodos siguientes:

a- colocar 7.5cm de mezcla de graduación abierta (crack relief layer)
b- construir juntas en la carpeta asfáltica (aserradas y selladas) sobre cada junta existente.
c- colocar una geomalla de polipropileno especial para evitar el reflejo de grietas, en todo el ancho y largo del pavimento existente.

Año 8 : Pavimento rígido:

Contruir una sobrelosa de concreto parcialmente ligada (sobre la existente) de 15cm de espesor, MR=45 kg/cm2, con juntas longitudinales y transversales, según detalle en Anexo No. 10.

Es importante asegurar, en la intervención de todos los tramos, una perfecta adherencia (liga) entre la carpeta asfáltica y la base estabilizada, pues fue ésta una consideración de diseño.

Las recapas de carpetas asfálticas en caliente para estos tramos son teóricos, asumiendo un perfecto funcionamiento de los drenajes y eficaz plan de conservación. Además los parámetros y variables utilizados en el dimensionamiento de las estructuras de pavimento tienen implícito un grado estadístico de incertidumbre, por lo que es importante realizar estudios periódicos de tránsito y capacidad estructural para decidir oportunamente la colocación de cada recapa.

La colocación de losas de concreto, previa recuperación de los primeros 20 cm del material existente, o el perfilado de 4cm y la colocación de 3cm de carpeta, es una opción técnicamente equivalente con la solución en asfalto, y la decisión final es meramente económica-financiera.

Todas las soluciones descritas en este estudio, tienen como limitante los claros libres de los pasos a desnivel y pasos peatonales que se encuentran a lo largo de todo el proyecto, pues en todos los casos el nivel actual de rasante se aumentaría de 20 a 25 cm, dependiendo si la solución es la del pavimento semi-rígido o el rígido. Si la altura libre se compromete, la intervención en el pavimento debe profundizarse, como se ilustra en el detalle del Anexo No. 10. Además, en todos los casos es necesario reconformar los espaldones con base asfáltica para retomar el nivel final del pavimento.

Finalmente, se recomienda tener un buen control sobre el tránsito real, tanto en número como en distribución y peso, con el propósito de tomar decisiones oportunas, si éste varía significativamente con respecto a lo asumido en este estudio.

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES

CONSEJO NACIONAL DE CONCESIONES

REPORTE FINAL

EVALUACIÓN Y DISEÑO DE PAVIMENTOS

URS

ANEXOS

Anexo 1	Transito Promedio Diario y Razón de Incremento Annual
Anexo 2	Cálculo de Ejes Equivalentes
Anexo 3	Análisis Deflectométrico
Anexo 4	Estudio de Espesores y Resultado de Ensayos de Laboratorio
Anexo 5	Retrocálculo de Módulos Resistentes
Anexo 6	Diseño de Pavimentos Flexibles
Anexo 7	Comprobación de la Vida Util Por Esfuerzos y Deformaciones
Anexo 8	Diseño de Pavimentos Rígidos
Anexo 9	Detalle de Juntas en Pavimentos Rígidos y Transición Bajo Puentes
Anexo 10	Fotografías

ANEXO 1

Transito Promedio Diario
y
Razón de Incremento Annual

CRECIMIENTO ESPERADO DEL TPD SEGÚN SERIE HISTÓRICA CON PROYECCIÓN LOGÍSTICA

AÑO	TRAMO 1		TRAMO 3		TRAMO 6		TRAMO 7		TRAMO 8	
	Cartago-La Lima (Ambos sentidos)		Taras-Ochomogo (Ambos sentidos)		San Rafael-Ochomogo (Ambos sentidos)		San Rafael-Peaje T.R. (Ambos sentidos)		Peaje-L. de Ayarco (Ambos sentidos)	
	Tasa de crecimiento	TPD	Tasa de crecimiento	TPD	Tasa de crecimiento	TPD	Tasa de crecimiento	TPD	Tasa de crecimiento	TPD
2000		30381		35174		35394		34868		34868
2005	6,98%	42579	4,19%	43181	1,60%	38321	4,73%	43932	5,03%	44565
2010	4,60%	53323	2,72%	49385	4,51%	47778	3,34%	51776	3,78%	53649
2015	2,75%	61055	3,49%	58626	2,87%	55039	3,23%	60695	3,82%	64709
2020	4,84%	77331	2,35%	65846	2,75%	63035	2,36%	68203	2,93%	74761
2025	3,11%	90128	1,51%	70969	1,79%	68882	1,67%	74092	2,16%	83192
2030	1,86%	98828	0,93%	74331	1,12%	72827	1,14%	78412	1,54%	89798

Año en que se requiere la construcción de un carril adicional.

PROYECCIÓN DEL TPD SEGÚN CRECIMIENTO HISTÓRICO
CÁLCULOS PARA LA AUTOPISTA ESTADO DE ISRAEL Y APLICACIÓN AL PROYECTO ZAPOTE-CURRIDABAT

AÑO	Autopista Estado de Israel		Proyecto Zapote-Curridabat					
	Frente Clínica Carlos Durán		Volúmenes pico de la mañana		Factores de expansión		Tasa de crecimiento estimada	Estimación de TPD
	Tasa de crecimiento	TPD	Sentido 2-1	Sentido 1-2	Sentido 2-1	Sentido 1-2		
2000		35655	2180	1459	10,38	16,33		46454
2005	3,06%	41457					3,06%	54010
2010	2,25%	46330					2,25%	60366
2015	1,59%	50138					1,59%	65320
2020	1,10%	52951					1,10%	68992
2025	0,74%	54944					0,74%	71583
2030	0,49%	56313					0,49%	7336

PORCENTAJE DE PESADOS DE LA AUTOPISTA ESTADO DE ISRAEL
SEGÚN CONTEO VEHICULAR (Realizado en el año 2000, en ambos sentidos)

	Livianos	Autobuses	2-3 ejes	5 ejes	Total
Volumen a.s.	19777	877	1097	74	21821
Porcentaje	90,6%	4,0%	5,0%	0,3%	

COMPOSICIÓN VEHICULAR DEL TRÁNSITO SEGÚN CONTEOS (AÑO 2000)

(Conteo en ambos sentidos)

SECCIÓN DEL PROYECTO	VEHICULO LIVIANO	AUTOBUS	2 O 3 EJES	5 EJES
Cartago-La Lima	86,3%	4,4%	8,1%	1,2%
La Lima-Taras	82,5%	3,8%	10,1%	3,6%
Taras-S.R.de Tres Ríos	80,6%	4,3%	11,5%	3,6%
S.R.de Tres Ríos-La Galera	82,4%	4,9%	10,0%	2,7%
La Galera-Hacienda Vieja	86,1%	2,0%	9,6%	2,3%

CANTIDAD DE CARRILES REQUERIDOS POR TRAMO CON REGISTRO HISTÓRICO DE TPD

AÑO	TRAMO 1	TRAMO 3	TRAMO 6	TRAMO 7	TRAMO 8
	Cartago-La Lima	(Taras-Ochomogo)	(San Rafael-Ochomogo)	(San Rafael-Peaje T.R.)	(Peaje-L. de Ayarco)
	(Por sentido)	(Sentido hacia S.J.)	(Sentido hacia Cartago)	(Por sentido)	(Por sentido)
2005	2	3	3	3	2
2010	2	3	3	3	3
2015	3	4	4	3	3
2020	3	4	4	4	4
2025	4	4	4	4	4
2030	4	4	4	4	4

CANTIDAD TOTAL DE CARRILES SUGERIDOS POR SECCIÓN DEL PROYECTO

AÑO	SECCIÓN				
	CARTAGO-TARAS	TARAS-SAN RAFAEL DE T.R.	SAN RAFAEL DE T.R.-LA GALERA	LA GALERA-HACIENDA VIEJA	PROYECTO ZAPOTE-CURRIDABAT
	(Ambos sentidos)	(Ambos sentidos)	(Ambos sentidos)	(Ambos sentidos)	(Ambos sentidos)
2005	4	6	6	4	4
2010	4	6	6	6	6
2015	6	8	6	6	6
2020	6	8	8	8	6
2025	8	8	8	8	6
2030	8	8	8	8	6

ANEXO 2

Cálculo de Ejes Equivalentes

CALCULO DE EJES EQUIVALENTES

AUTOPISTA ESTADO DE ISRAEL

AÑO	EEQ. /AÑO	EEQ rem.	EEQ acum.
0	0	62348402.5	0
1	1080010.19	61268392.3	1080010.19
2	1096048.34	60172343.9	2176058.53
3	1112324.66	59060019.3	3288383.18
4	1128842.68	57931176.6	4417225.86
5	1145605.99	56785570.6	5562831.85
6	1162618.24	55622952.4	6725450.09
7	1179883.12	54443069.3	7905333.21
8	1197404.39	53245664.9	9102737.6
9	1215185.84	52030479	10317923.4
10	1233231.35	50797247.7	11551154.8
11	1251544.84	49545702.8	12802699.6
12	1270130.28	48275572.6	14072829.9
13	1288991.71	46986580.9	15361821.6
14	1308133.24	45678447.6	16669954.9
15	1327559.02	44350888.6	17997513.9
16	1347273.27	43003615.3	19344787.1
17	1367280.28	41636335.1	20712067.4
18	1387584.39	40248750.7	22099651.8
19	1408190.02	38840560.6	23507841.8
20	1429101.64	37411459	24936943.5
21	1450323.8	35961135.2	26387267.3
22	1471861.11	34489274.1	27859128.4
23	1493718.24	32995555.9	29352846.6
24	1515899.96	31479655.9	30868746.6
25	1538411.07	29941244.8	32407157.6
26	1561256.48	28379988.3	33968414.1
27	1584441.14	26795547.2	35552855.3
28	1607970.09	25187577.1	37160825.3
29	1631848.44	23555728.7	38792673.8
30	1656081.39	21899647.3	40448755.2
31	1680674.2	20218973.1	42129429.4
32	1705632.21	18513340.9	43835061.6
33	1730960.85	16782380	45566022.5
34	1756665.62	15025714.4	47322688.1
35	1782752.11	13242962.3	49105440.2
36	1809225.97	11433736.3	50914666.2
37	1836092.98	9597643.34	52750759.1
38	1863358.96	7734284.38	54614118.1
39	1891029.84	5843254.53	56505147.9
40	1919111.63	3924142.9	58424259.6
41	1947610.44	1976532.46	60371870
42	1976532.46	1.4901E-08	62348402.5

CALCULO DE EJES EQUIVALENTES

ZAPOTE - CURRIDABAT

AÑO	EEQ. /AÑO	EEQ rem.	EEQ acum.
0	0	81232160.7	0
1	1407118.03	79825042.6	1407118.03
2	1428013.73	78397028.9	2835131.76
3	1449219.73	76947809.2	4284351.49
4	1470740.65	75477068.5	5755092.14
5	1492581.15	73984487.4	7247673.28
6	1514745.98	72469741.4	8762419.26
7	1537239.95	70932501.4	10299659.2
8	1560067.97	69372433.5	11859727.2
9	1583234.98	67789198.5	13442962.2
10	1606746.01	66182452.5	15049708.2
11	1630606.19	64551846.3	16680314.4
12	1654820.7	62897025.6	18335135.1
13	1679394.78	61217630.8	20014529.8
14	1704333.8	59513297	21718863.6
15	1729643.15	57783653.9	23448506.8
16	1755328.35	56028325.5	25203835.1
17	1781394.98	54246930.5	26985230.1
18	1807848.69	52439081.8	28793078.8
19	1834695.25	50604386.6	30627774.1
20	1861940.47	48742446.1	32489714.5
21	1889590.29	46852855.8	34379304.8
22	1917650.7	44935205.1	36296955.5
23	1946127.82	42989077.3	38243083.3
24	1975027.81	41014049.5	40218111.2
25	2004356.98	39009692.5	42222468.1
26	2034121.68	36975570.9	44256589.8
27	2064328.39	34911242.5	46320918.2
28	2094983.66	32816258.8	48415901.9
29	2126094.17	30690164.6	50541996
30	2157666.67	28532498	52699662.7
31	2189708.02	26342789.9	54889370.7
32	2222225.18	24120564.8	57111595.9
33	2255225.23	21865339.5	59366821.1
34	2288715.32	19576624.2	61655536.4
35	2322702.74	17253921.5	63978239.2
36	2357194.88	14896726.6	66335434.1
37	2392199.22	12504527.4	68727633.3
38	2427723.38	10076804	71155356.7
39	2463775.07	7613028.92	73619131.7
40	2500362.13	5112666.79	76119493.9
41	2537492.51	2575174.27	78656986.4
42	2575174.27	-1.2573E-08	81232160.7

CALCULO DE EJES EQUIVALENTES

CURRIDABAT - TRES RIOS

AÑO	EEQ. /AÑO	EEQ rem.	EEQ acum.
0	0	144857892	0
1	1724063.75	143133829	1724063.75
2	1777509.73	141356319	3501573.48
3	1832612.53	139523706	5334186.01
4	1889423.52	137634283	7223609.52
5	1947995.65	135686287	9171605.17
6	2008383.51	133677904	11179988.7
7	2070643.4	131607260	13250632.1
8	2134833.35	129472427	15385465.4
9	2201013.18	127271414	17586478.6
10	2269244.59	125002169	19855723.2
11	2339591.17	122662578	22195314.4
12	2412118.5	120250459	24607432.9
13	2486894.17	117763565	27094327
14	2563987.89	115199577	29658314.9
15	2643471.51	112556106	32301786.4
16	2725419.13	109830687	35027205.6
17	2809907.12	107020780	37837112.7
18	2897014.24	104123765	40734126.9
19	2986821.69	101136944	43720948.6
20	3079413.16	98057530.5	46800361.8
21	3174874.97	94882655.5	49975236.7
22	3273296.09	91609359.4	53248532.8
23	3374768.27	88234591.2	56623301.1
24	3479386.08	84755205.1	60102687.2
25	3587247.05	81167958	63689934.2
26	3698451.71	77469506.3	67388385.9
27	3813103.72	73656402.6	71201489.7
28	3931309.93	69725092.7	75132799.6
29	4053180.54	65671912.1	79185980.1
30	4178829.14	61493083	83364809.3
31	4308372.84	57184710.2	87673182.1
32	4441932.4	52742777.8	92115114.5
33	4579632.3	48163145.5	96694746.8
34	4721600.9	43441544.6	101416348
35	4867970.53	38573574	106284318
36	5018877.62	33554696.4	111303196
37	5174462.82	28380233.6	116477659
38	5334871.17	23045362.4	121812530
39	5500252.18	17545110.3	127312782
40	5670759.99	11874350.3	132983542
41	5846553.55	6027796.71	138830096
42	6027796.71	-5.5879E-09	144857892

CALCULO DE EJES EQUIVALENTES

TRES RIOS -CARTAGO

AÑO	EEQ. /AÑO	EEQ rem.	EEQ acum.
0	0	136246205	0
1	1892551.5	134353654	1892551.5
2	1938919.02	132414735	3831470.52
3	1986422.53	130428312	5817893.05
4	2035089.88	128393222	7852982.94
5	2084949.59	126308273	9937932.53
6	2136030.85	124172242	12073963.4
7	2188363.61	121983878	14262327
8	2241978.52	119741900	16504305.5
9	2296906.99	117444993	18801212.5
10	2353181.21	115091812	21154393.7
11	2410834.15	112680977	23565227.9
12	2469899.59	110211078	26035127.4
13	2530412.13	107680666	28565539.6
14	2592407.22	105088259	31157946.8
15	2655921.2	102432337	33813868
16	2720991.27	99711346.1	36534859.3
17	2787655.56	96923690.5	39322514.8
18	2855953.12	94067737.4	42178467.9
19	2925923.97	91141813.4	45104391.9
20	2997609.11	88144204.3	48102001
21	3071050.53	85073153.8	51173051.5
22	3146291.27	81926862.5	54319342.8
23	3223375.4	78703487.1	57542718.2
24	3302348.1	75401139	60845066.3
25	3383255.63	72017883.4	64228321.9
26	3466145.39	68551738	67694467.3
27	3551065.95	65000672	71245533.3
28	3638067.07	61362605	74883600.4
29	3727199.71	57635405.2	78610800.1
30	3818516.11	53816889.1	82429316.2
31	3912069.75	49904819.4	86341385.9
32	4007915.46	45896903.9	90349301.4
33	4106109.39	41790794.5	94455410.8
34	4206709.07	37584085.5	98662119.8
35	4309773.44	33274312	102971893
36	4415362.89	28858949.1	107387256
37	4523539.28	24335409.9	111910795
38	4634365.99	19701043.9	116545161
39	4747907.96	14953135.9	121293069
40	4864231.71	10088904.2	126157301
41	4983405.38	5105498.81	131140707
42	5105498.81	-6.2399E-08	136246205

ANEXO 3

Análisis Deflectométrico

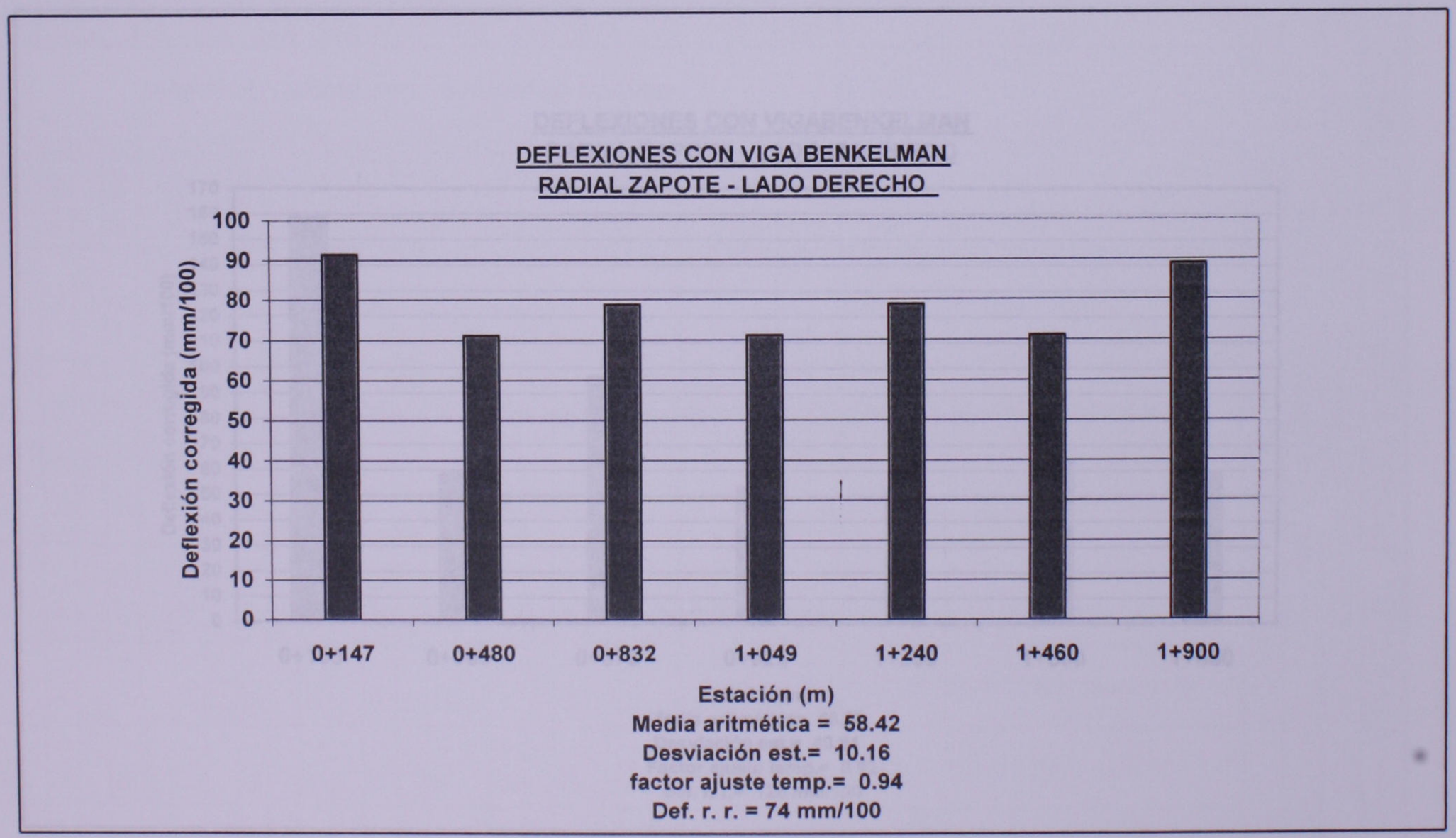
I.M.N.S.A INGENIEROS CONSULTORES S.A

LABORATORIO DE MATERIALES

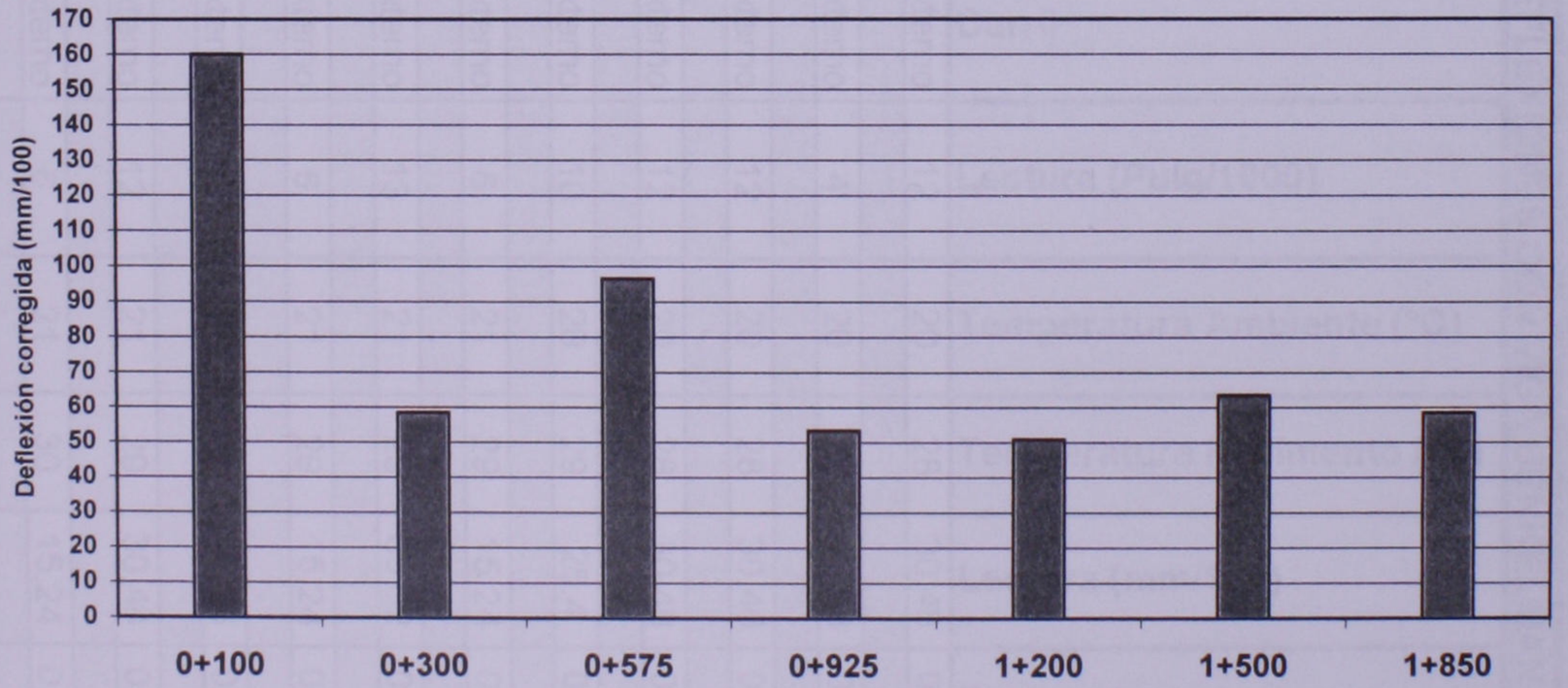
RADIAL ZAPOTE - EVALUACION ESTRUCTURAL

DEFLEXIONES CON VIGA BENKELMAN

Determinación No.	Estación	Lado	Carril	Lectura (Pulg/1000)	Temperatura Ambiente (°C)	Temperatura Pavimento (°C)	Lectura (mm/100)	Factor ajuste temperatura	Factor ajuste per. crítico	Deflexión corregida (mm/100)
1	0+147	sentidode avance (derecho)	Externo	28	24	29	71.12	0.96	1.05	71.69
2	0+480		Externo	20	24	29	50.8	0.96	1.05	51.21
3	0+832		Externo	23	22	29	58.42	0.96	1.05	58.89
4	1+049		Externo	20	23	30	50.8	0.94	1.05	50.14
5	1+240		Externo	23	23	29	58.42	0.96	1.05	58.89
6	1+460		Externo	20	21	29	50.8	0.96	1.05	51.21
7	1+900		Externo	27	26	38	68.58	0.90	1.05	64.81
8	0+100	sentido contrario (izquierdo)	Externo	55	27	36	139.7	0.90	1.05	132.02
9	0+300		Externo	15	26	36	38.1	0.90	1.05	36.00
10	0+575		Externo	30	25	34	76.2	0.92	1.05	73.61
11	0+925		Externo	13	25	34	33.02	0.92	1.05	31.90
12	1+200		Externo	12	25	33	30.48	0.92	1.05	29.44
13	1+500		Externo	17	25	33	43.18	0.92	1.05	41.71
14	1+850		Externo	15	26	34	38.1	0.92	1.05	36.80


DEFLEXIONES CON VIGA BENKELMAN
RADIAL ZAPOTE - LADO DERECHO
Deflexión corregida (mm/100)
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
0+147
0+480
0+832
1+049
1+240
1+460
1+900
Estación (m)
Media aritmética = 58.42
Desviación est.= 10.16
factor ajuste temp.= 0.94
Def. r. r. = 74 mm/100

DEFLEXIONES CON VIGABENKELMAN
RADIAL ZAPOTE - LADO IZQUIERDO



Estación (m)
Media aritmética= 55.88
Desviación est.= 40.64
Factor ajuste temp.= 0.92
Def. r. r.= 126 mm/100

I.M.N.S.A INGENIEROS CONSULTORES S.A

LABORATORIO DE MATERIALES

EVALUACION ESTRUCTURAL

DEFLEXIONES CON VIGA BENKELMAN

Sentido de avance - Curridabat - Tres Ríos

Determinación No.	Estación	Lado	Carril	Lectura (Pulg/1000)	Temperatura Ambiente (°C)	Temperatura Pavimento (°C)	Lectura (mm/100)	Factor ajuste temperatura	Factor ajuste per. crítico	Deflexión corregida (mm/100)
1	0+000		Externo	12	20	28	30.48	0.96	1.05	30.72
2	0+250		Externo	4	20	28	10.16	0.96	1.05	10.24
3	0+500		Externo	12	20	28	30.48	0.96	1.05	30.72
4	0+750		Externo	12	20	28	30.48	0.96	1.05	30.72
5	1+000		Externo	10	20	29	25.4	0.96	1.05	25.60
6	1+250		Externo	6	21	29	15.24	0.96	1.05	15.36
7	1+500		Externo	13	21	29	33.02	0.96	1.05	33.28
8	1+750		Externo	6	21	29	15.24	0.96	1.05	15.36
9	2+000		Externo	19	21	29	48.26	0.96	1.05	48.65
10	2+250		Externo	12	21	29	30.48	0.96	1.05	30.72
11	2+500		Externo	6	21	30	15.24	0.94	1.05	15.04
12	2+750		Externo	6	21	29	15.24	0.96	1.05	15.36
13	3+000		Externo	10	22	29	25.4	0.96	1.05	25.60
14	3+250		Externo	8	21	30	20.32	0.94	1.05	20.06

I.M.N.S.A INGENIEROS CONSULTORES S.A

LABORATORIO DE MATERIALES

EVALUACION ESTRUCTURAL

DEFLEXIONES CON VIGA BENKELMAN

Sentido de avance - Curridabat - Tres Ríos

Determinación No.	Estación	Lado	Carril	Lectura (Pulg/1000)	Temperatura Ambiente (°C)	Temperatura Pavimento (°C)	Lectura (mm/100)	Factor ajuste temperatura	Factor ajuste per. crítico	Deflexión corregida (mm/100)
15	3+500		Externo	8	22	29	20.32	0.96	1.05	20.48
16	3+750		Externo	8	22	30	20.32	0.94	1.05	20.06
17	4+000		Externo	12	22	30	30.48	0.94	1.05	30.08
18	4+250		Externo	8	22	30	20.32	0.94	1.05	20.06
19	4+500		Externo	8	22	30	20.32	0.94	1.05	20.06
20	4+750		Externo	8	23	30	20.32	0.94	1.05	20.06
21	5+050		Externo	8	22	31	20.32	0.94	1.05	20.06
22	5+250		Externo	12	23	31	30.48	0.94	1.05	30.08
23	5+500		Externo	19	23	31	48.26	0.94	1.05	47.63
24	5+750		Externo	19	24	31	48.26	0.94	1.05	47.63
25	6+000		Externo	7	23	30	17.78	0.94	1.05	17.55
26	6+250		Externo	4	24	31	10.16	0.94	1.05	10.03
27	6+500		Externo	23	24	31	58.42	0.94	1.05	57.66
28	6+750		Externo	11	24	31	27.94	0.94	1.05	27.58

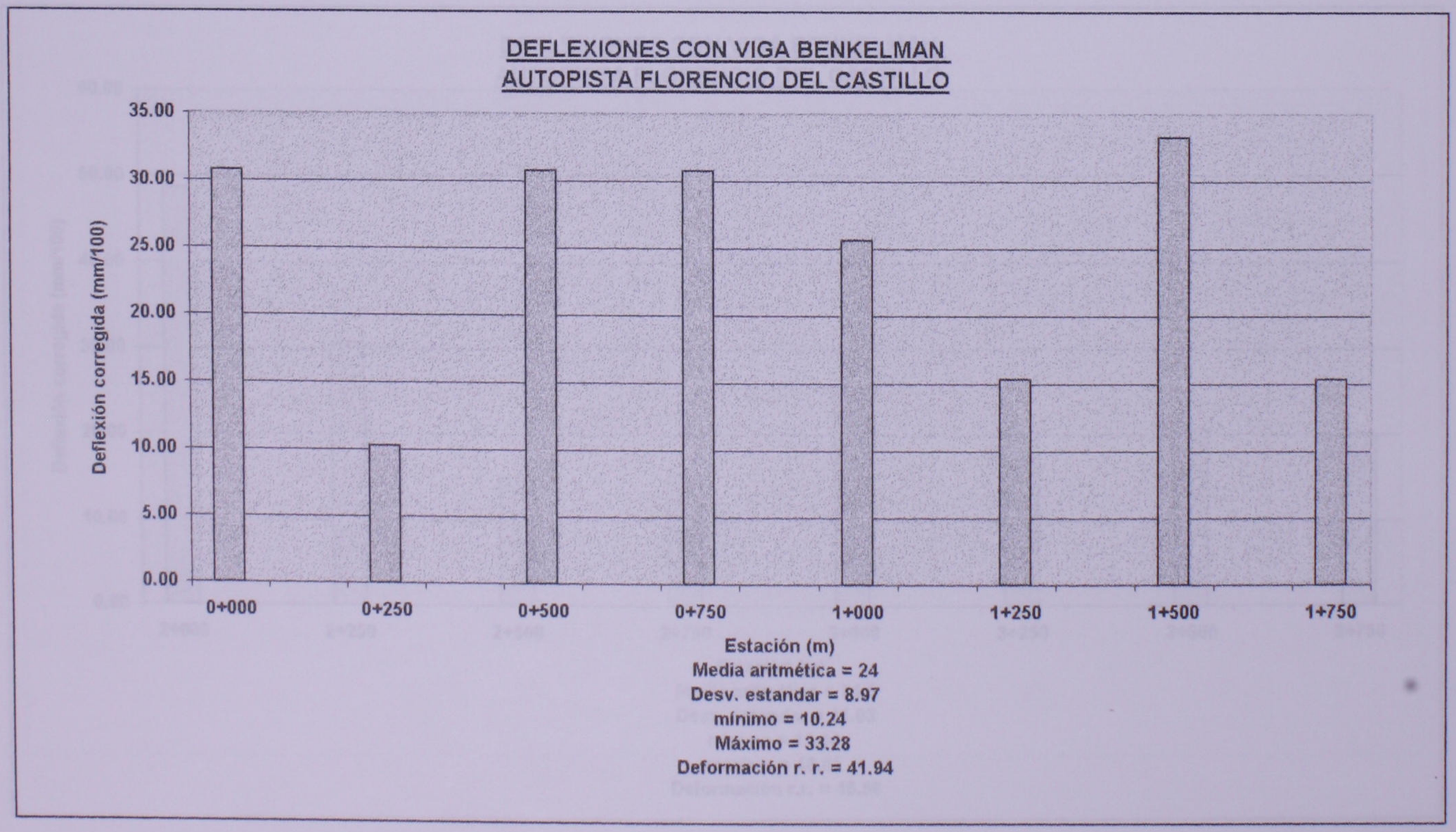
I.M.N.S.A INGENIEROS CONSULTORES S.A

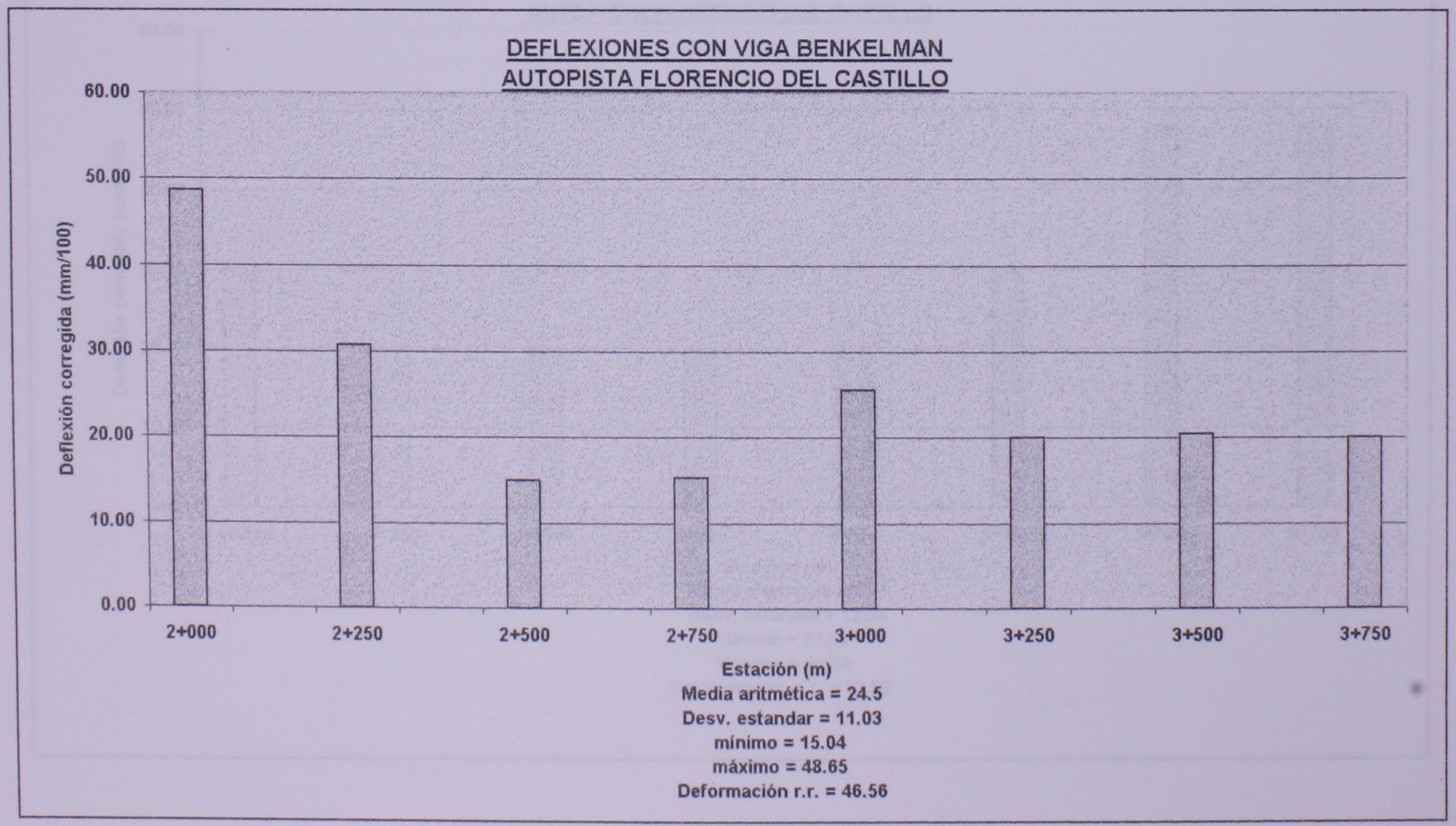
LABORATORIO DE MATERIALES

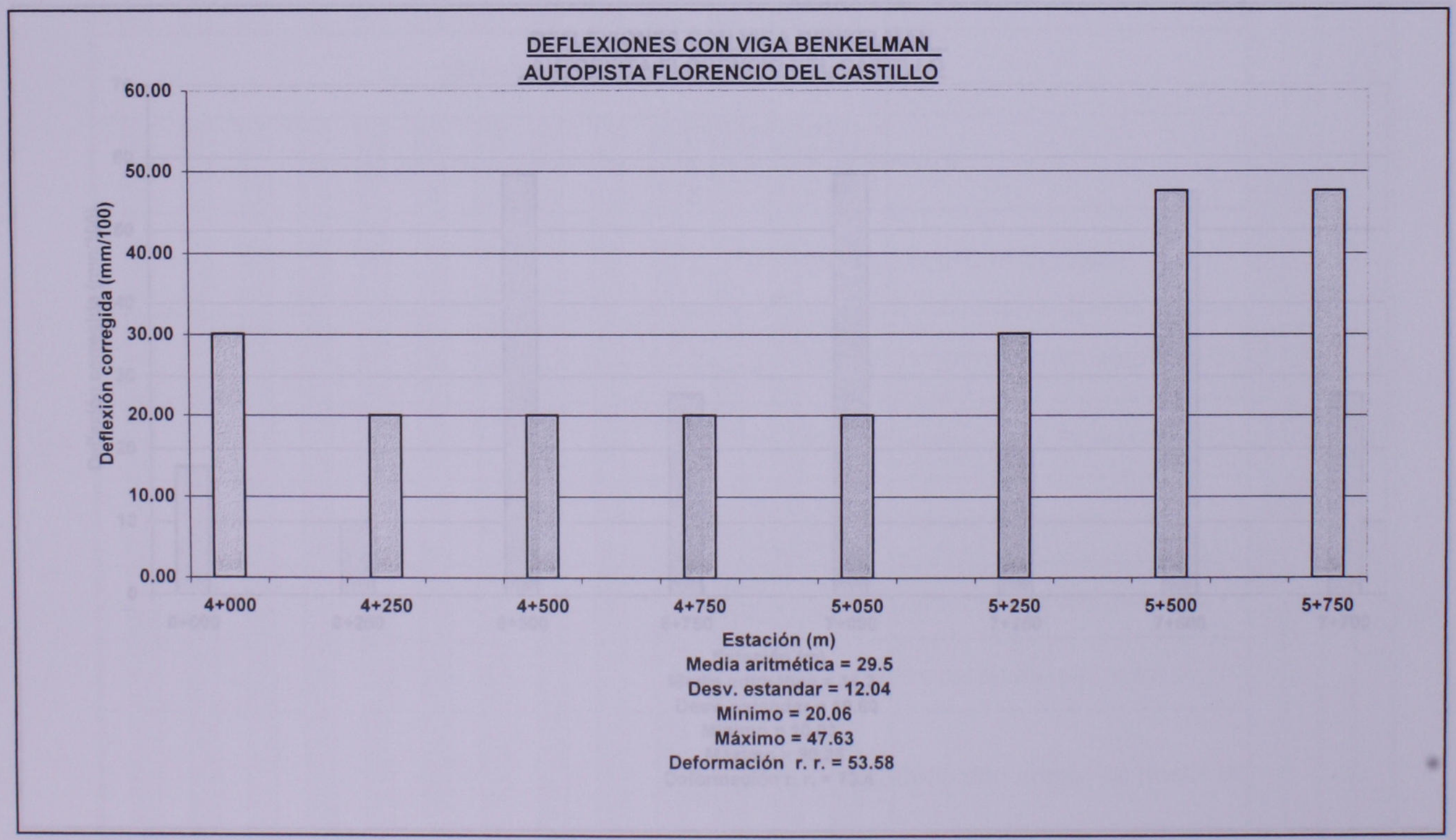
EVALUACION ESTRUCTURAL

DEFLEXIONES CON VIGA BENKELMAN

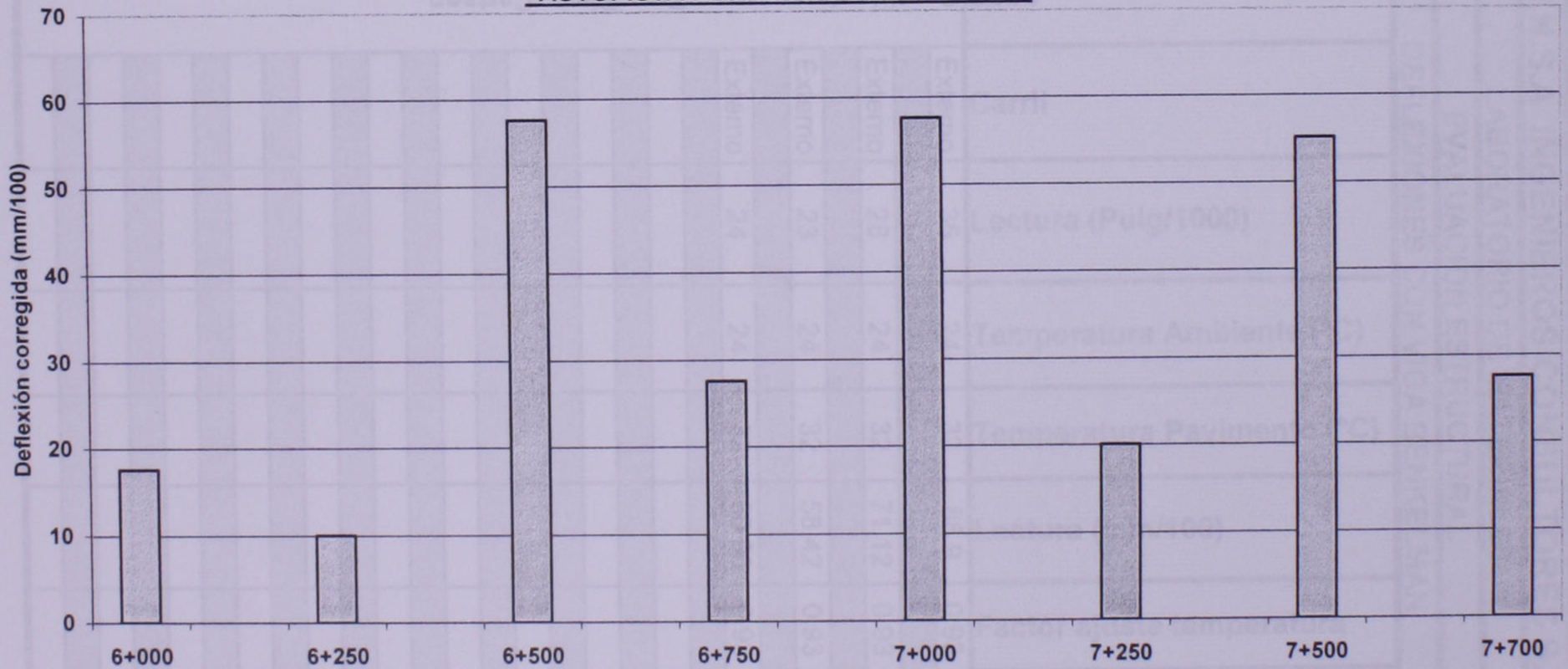
Determinación No.	Estación	Lado	Carril	Lectura (Pulg/1000)	Temperatura Ambiente (°C)	Temperatura Pavimento (°C)	Lectura (mm/100)	Factor ajuste temperatura	Factor ajuste per. crítico	Deflexión corregida (mm/100)
29	7+000	Sentido avance - Curridabat - Tres Ríos	Externo	23	24	31	58.42	0.94	1.05	57.66
29	7+250		Externo	8	24	32	20.32	0.94	1.05	20.06
30	7+500		Externo	22	24	31	55.88	0.94	1.05	55.15
32	7+700		Externo	11	24	31	27.94	0.94	1.05	27.58


DEFLEXIONES CON VIGA BENKELMAN
AUTOPISTA FLORENCIO DEL CASTILLO
Deflexión corregida (mm/100)
35.00
30.00
25.00
20.00
15.00
10.00
5.00
0.00
0+000
0+250
0+500
0+750
1+000
1+250
1+500
1+750
Estación (m)
Media aritmética = 24
Desv. estandar = 8.97
mínimo = 10.24
Máximo = 33.28
Deformación r. r. = 41.94


DEFLEXIONES CON VIGA BENKELMAN
AUTOPISTA FLORENCIO DEL CASTILLO
60.00
50.00
40.00
30.00
20.00
10.00
0.00
Deflexión corregida (mm/100)
2+000
2+250
2+500
2+750
3+000
3+250
3+500
3+750
Estación (m)
Media aritmética = 24.5
Desv. estandar = 11.03
mínimo = 15.04
máximo = 48.65
Deformación r.r. = 46.56


DEFLEXIONES CON VIGA BENKELMAN
AUTOPISTA FLORENCIO DEL CASTILLO
Deflexión corregida (mm/100)
60.00
50.00
40.00
30.00
20.00
10.00
0.00
4+000
4+250
4+500
4+750
5+050
5+250
5+500
5+750
Estación (m)
Media aritmética = 29.5
Desv. estandar = 12.04
Mínimo = 20.06
Máximo = 47.63
Deformación r. r. = 53.58

DEFLEXIONES CON VIGA BENKELMAN
AUTOPISTA FLORENCIO DEL CASTILLO



Media aritmética = 34.2
Desv. estandar = 19.60
Mínimo = 10.03
Máximo = 90.25
Deformación r. r. = 73.4

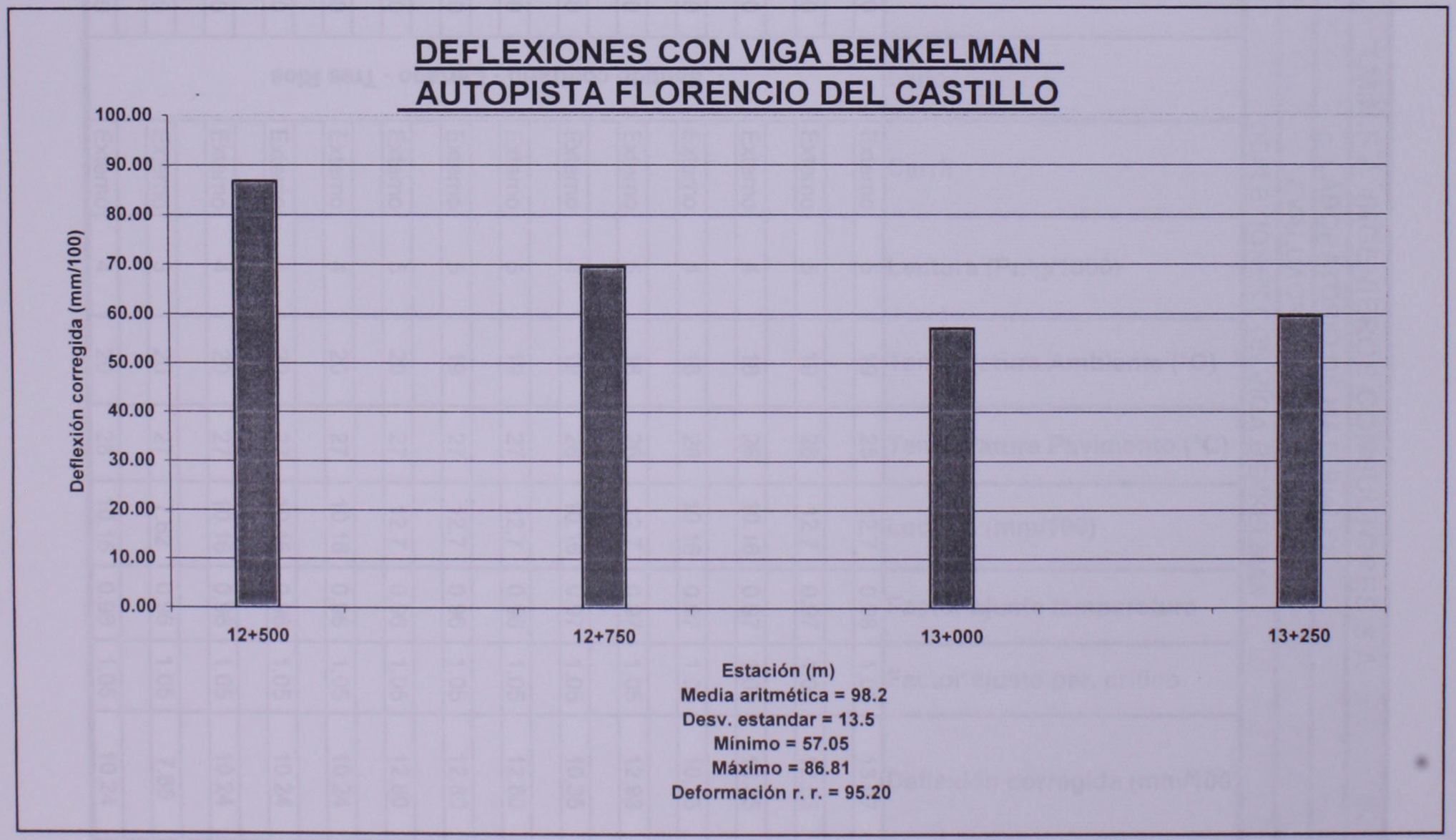
I.M.N.S.A INGENIEROS CONSULTORES S.A

LABORATORIO DE MATERIALES

EVALUACION ESTRUCTURAL

DEFLEXIONES CON VIGA BENKELMAN

Determinación No.	Estación	Lado	Carril	Lectura (Pulg/1000)	Temperatura Ambiente (°C)	Temperatura Pavimento (°C)	Lectura (mm/100)	Factor ajuste temperatura	Factor ajuste per. crítico	Deflexión corregida (mm/100)
1	12+500	Sentido de avance - Tres Ríos - Cartago	Externo	35	24	32	88.9	0.93	1.05	86.81
2	12+750		Externo	28	24	32	71.12	0.93	1.05	69.45
3	13+000		Externo	23	24	32	58.42	0.93	1.05	57.05
4	13+250		Externo	24	24	32	60.96	0.93	1.05	59.53


DEFLEXIONES CON VIGA BENKELMAN
AUTOPISTA FLORENCIO DEL CASTILLO
Deflexión corregida (mm/100)
100.00
90.00
80.00
70.00
60.00
50.00
40.00
30.00
20.00
10.00
0.00
12+500
12+750
13+000
13+250
Estación (m)
Media aritmética = 98.2
Desv. estandar = 13.5
Mínimo = 57.05
Máximo = 86.81
Deformación r. r. = 95.20

I.M.N.S.A INGENIEROS CONSULTORES S.A

LABORATORIO DE MATERIALES

EVALUACION ESTRUCTURAL

DEFLEXIONES CON VIGA BENKELMAN

Determinación No.	Estación	Lado	Carril	Lectura (Pulg/1000)	Temperatura Ambiente (°C)	Temperatura Pavimento (°C)	Lectura (mm/100)	Factor ajuste temperatura	Factor ajuste per. crítico	Deflexión corregida (mm/100)
1	0+000		Externo	5	19	25	12.7	0.98	1.05	13.07
2	0+250		Externo	5	19	26	12.7	0.97	1.05	12.93
3	0+500		Externo	4	18	26	10.16	0.97	1.05	10.35
4	0+750		Externo	4	18	26	10.16	0.97	1.05	10.35
5	1+000		Externo	5	18	26	12.7	0.97	1.05	12.93
6	1+250		Externo	4	19	26	10.16	0.97	1.05	10.35
7	1+500		Externo	5	19	27	12.7	0.96	1.05	12.80
8	1+750		Externo	5	19	27	12.7	0.96	1.05	12.80
9	2+000		Externo	5	20	27	12.7	0.96	1.05	12.80
10	2+250		Externo	4	20	27	10.16	0.96	1.05	10.24
11	2+500		Externo	4	20	27	10.16	0.96	1.05	10.24
12	2+750		Externo	4	20	27	10.16	0.96	1.05	10.24
13	3+000		Externo	3	20	27	7.62	0.96	1.05	7.68
14	3+250		Externo	4	20	28	10.16	0.96	1.05	10.24

Sentido contrario - Cartago - Tres Ríos

I.M.N.S.A INGENIEROS CONSULTORES S.A

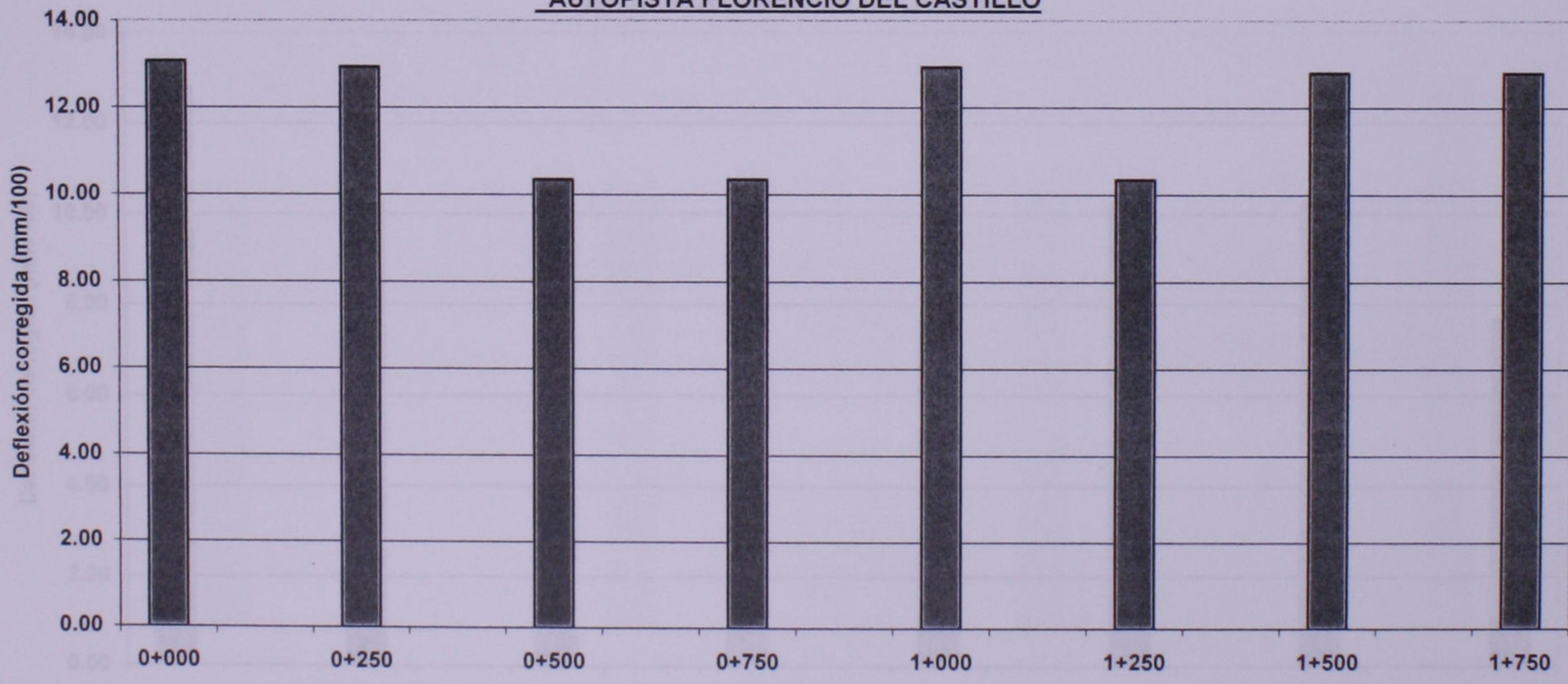
LABORATORIO DE MATERIALES

EVALUACION ESTRUCTURAL

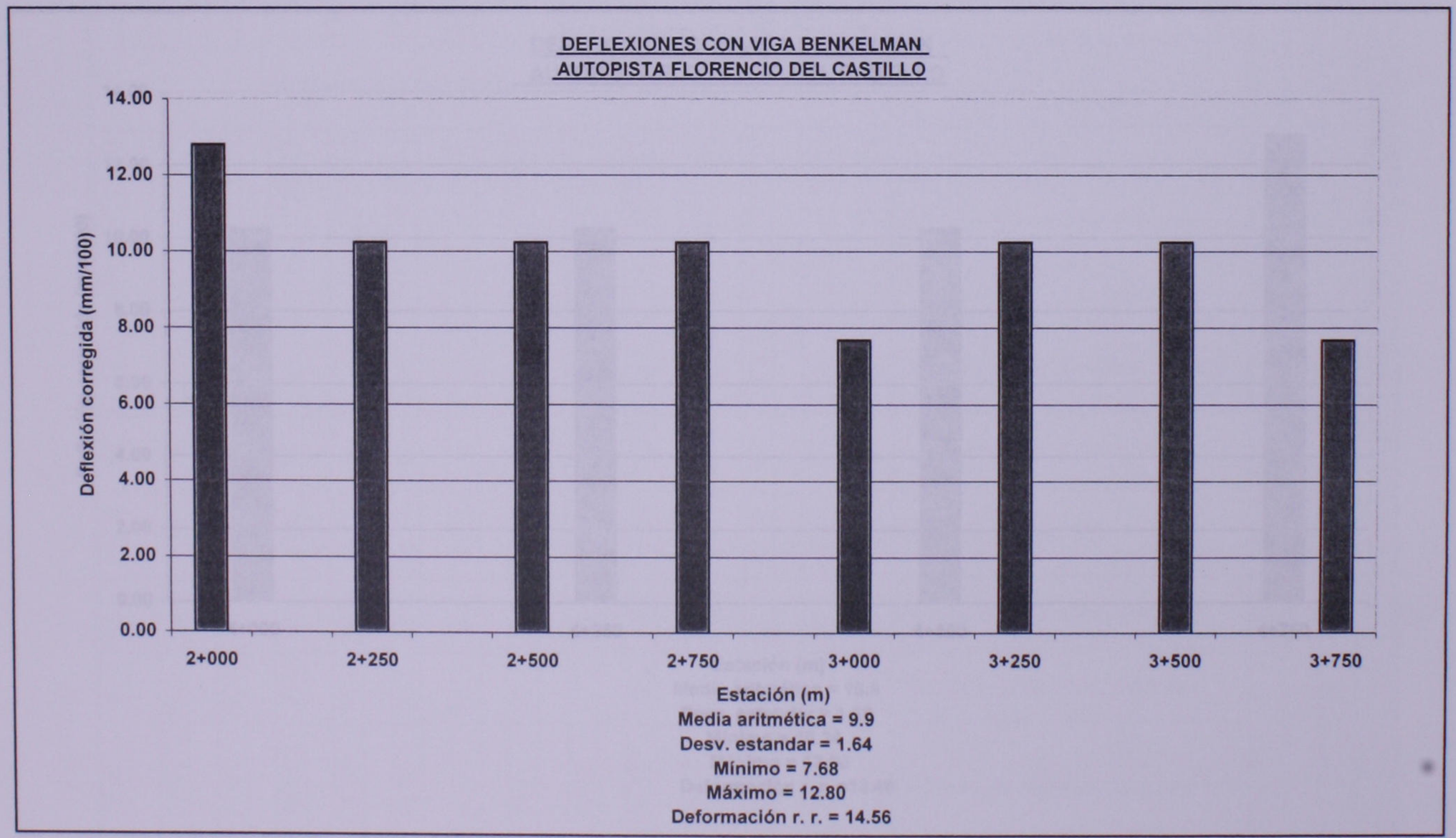
DEFLEXIONES CON VIGA BENKELMAN

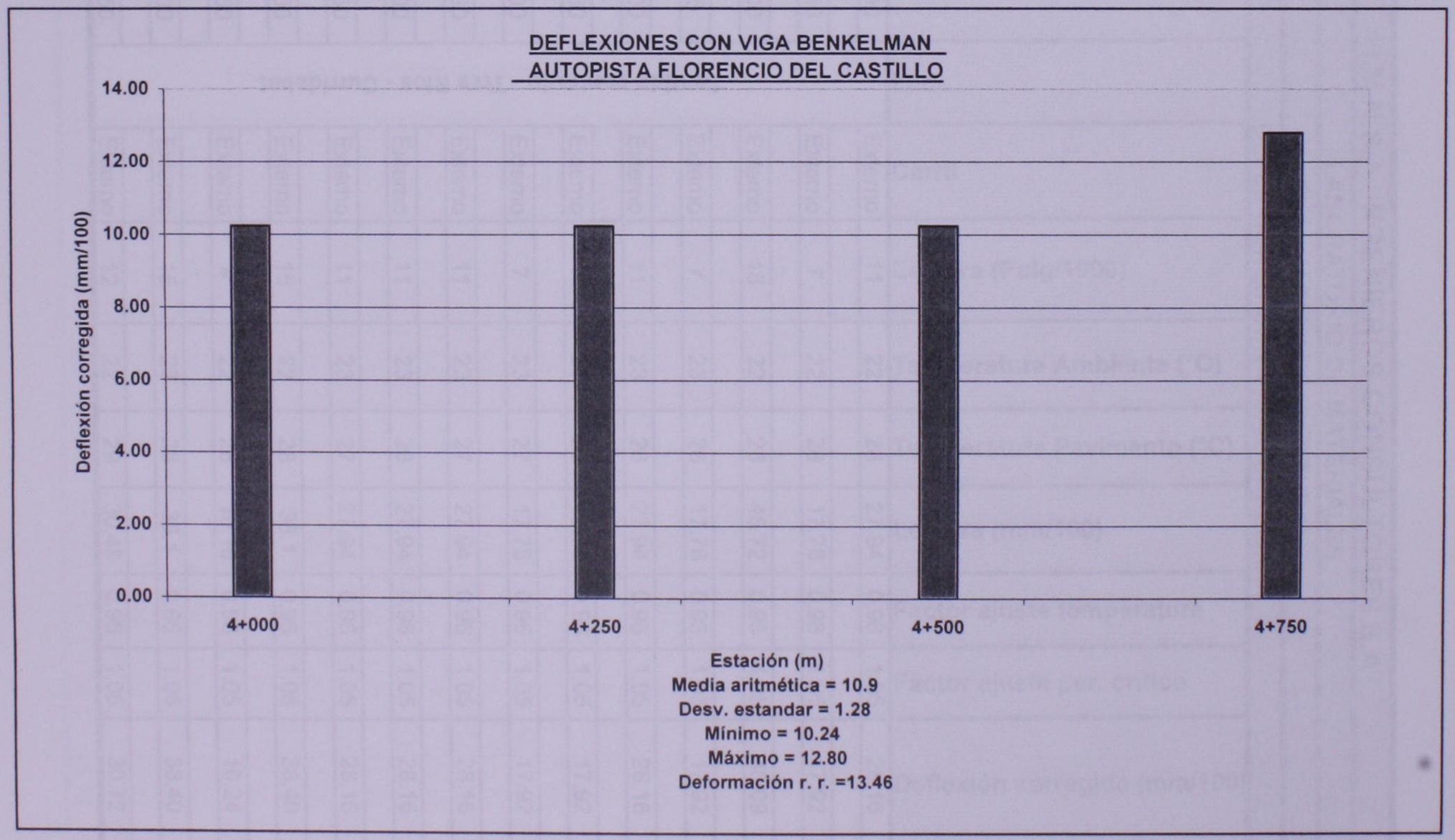
Determinación No.	Estación	Lado	Carril	Lectura (Pulg/1000)	Temperatura Ambiente (°C)	Temperatura Pavimento (°C)	Lectura (mm/100)	Factor ajuste temperatura	Factor ajuste per. crítico	Deflexión corregida (mm/100)
15	3+500	Sentido contrario - Cartago - Tres Ríos	Externo	4	20	28	10.16	0.96	1.05	10.24
16	3+750		Externo	3	21	28	7.62	0.96	1.05	7.68
17	4+000		Externo	4	21	28	10.16	0.96	1.05	10.24
18	4+250		Externo	4	21	28	10.16	0.96	1.05	10.24
19	4+500		Externo	4	22	28	10.16	0.96	1.05	10.24
20	4+750		Externo	5	22	28	12.7	0.96	1.05	12.80

DEFLEXIONES CON VIGA BENKELMAN
AUTOPISTA FLORENCIO DEL CASTILLO



Media aritmética = 11.9
Desv. estandar = 1.33
Mínimo = 10.35
Máximo = 13.07
Deformación r. r. = 14.56


DEFLEXIONES CON VIGA BENKELMAN
AUTOPISTA FLORENCIO DEL CASTILLO
Deflexión corregida (mm/100)
14.00
12.00
10.00
8.00
6.00
4.00
2.00
0.00
2+000
2+250
2+500
2+750
3+000
3+250
3+500
3+750
Estación (m)
Media aritmética = 9.9
Desv. estandar = 1.64
Mínimo = 7.68
Máximo = 12.80
Deformación r. r. = 14.56


DEFLEXIONES CON VIGA BENKELMAN
AUTOPISTA FLORENCIO DEL CASTILLO
14.00
12.00
10.00
8.00
6.00
4.00
2.00
0.00
Deflexión corregida (mm/100)
4+000
4+250
4+500
4+750
Estación (m)
Media aritmética = 10.9
Desv. estandar = 1.28
Mínimo = 10.24
Máximo = 12.80
Deformación r. r. =13.46

I.M.N.S.A INGENIEROS CONSULTORES S.A

LABORATORIO DE MATERIALES

EVALUACION ESTRUCTURAL

DEFLEXIONES CON VIGA BENKELMAN

Determinación No.	Estación	Lado	Carril	Lectura (Pulg/1000)	Temperatura Ambiente (°C)	Temperatura Pavimento (°C)	Lectura (mm/100)	Factor ajuste temperatura	Factor ajuste per. crítico	Deflexión corregida (mm/100)
1	5+000	Sentido contrario - Tres Ríos - Curridabat	Externo	11	22	28	27.94	0.96	1.05	28.16
2	5+250		Externo	7	22	28	17.78	0.96	1.05	17.92
3	5+500		Externo	18	22	28	45.72	0.96	1.05	46.09
4	5+75		Externo	7	23	28	17.78	0.96	1.05	17.92
5	6+000		Externo	11	23	28	27.94	0.96	1.05	28.16
6	6+250		Externo	7	23	28	17.78	0.96	1.05	17.92
7	6+500		Externo	7	23	27	17.78	0.96	1.05	17.92
8	6+750		Externo	11	23	27	27.94	0.96	1.05	28.16
9	7+000		Externo	11	23	28	27.94	0.96	1.05	28.16
10	7+250		Externo	11	23	27	27.94	0.96	1.05	28.16
11	7+500		Externo	15	22	28	38.1	0.96	1.05	38.40
12	7+750		Externo	4	22	28	10.16	0.96	1.05	10.24
13	8+000		Externo	15	23	28	38.1	0.96	1.05	38.40
14	8+250		Externo	12	22	29	30.48	0.96	1.05	30.72

I.M.N.S.A INGENIEROS CONSULTORES S.A

LABORATORIO DE MATERIALES

EVALUACION ESTRUCTURAL

DEFLEXIONES CON VIGA BENKELMAN

Sentido contrario - Tres Ríos - Curridabat

Determinación No.	Estación	Lado	Carril	Lectura (Pulg/1000)	Temperatura Ambiente (°C)	Temperatura Pavimento (°C)	Lectura (mm/100)	Factor ajuste temperatura	Factor ajuste per. crítico	Deflexión corregida (mm/100)
15	8+500		Externo	27	23	29	68.58	0.96	1.05	69.13
16	8+750		Externo	15	24	29	38.1	0.96	1.05	38.40
17	9+000		Externo	11	24	29	27.94	0.96	1.05	28.16
18	9+250		Externo	7	24	30	17.78	0.94	1.05	17.55
19	9+500		Externo	11	24	29	27.94	0.96	1.05	28.16
20	9+750		Externo	15	24	30	38.1	0.94	1.05	37.60
21	10+000		Externo	12	24	29	30.48	0.96	1.05	30.72
22	10+250		Externo	8	24	30	20.32	0.94	1.05	20.06
23	10+500		Externo	7	24	30	17.78	0.94	1.05	17.55
24	10+750		Externo	7	24	30	17.78	0.94	1.05	17.55
25	11+000		Externo	15	24	30	38.1	0.94	1.05	37.60
26	11+250		Externo	19	24	31	48.26	0.94	1.05	47.63
27	11+500		Externo	15	24	30	38.1	0.94	1.05	37.60
28	11+750		Externo	18	24	31	45.72	0.94	1.05	45.13

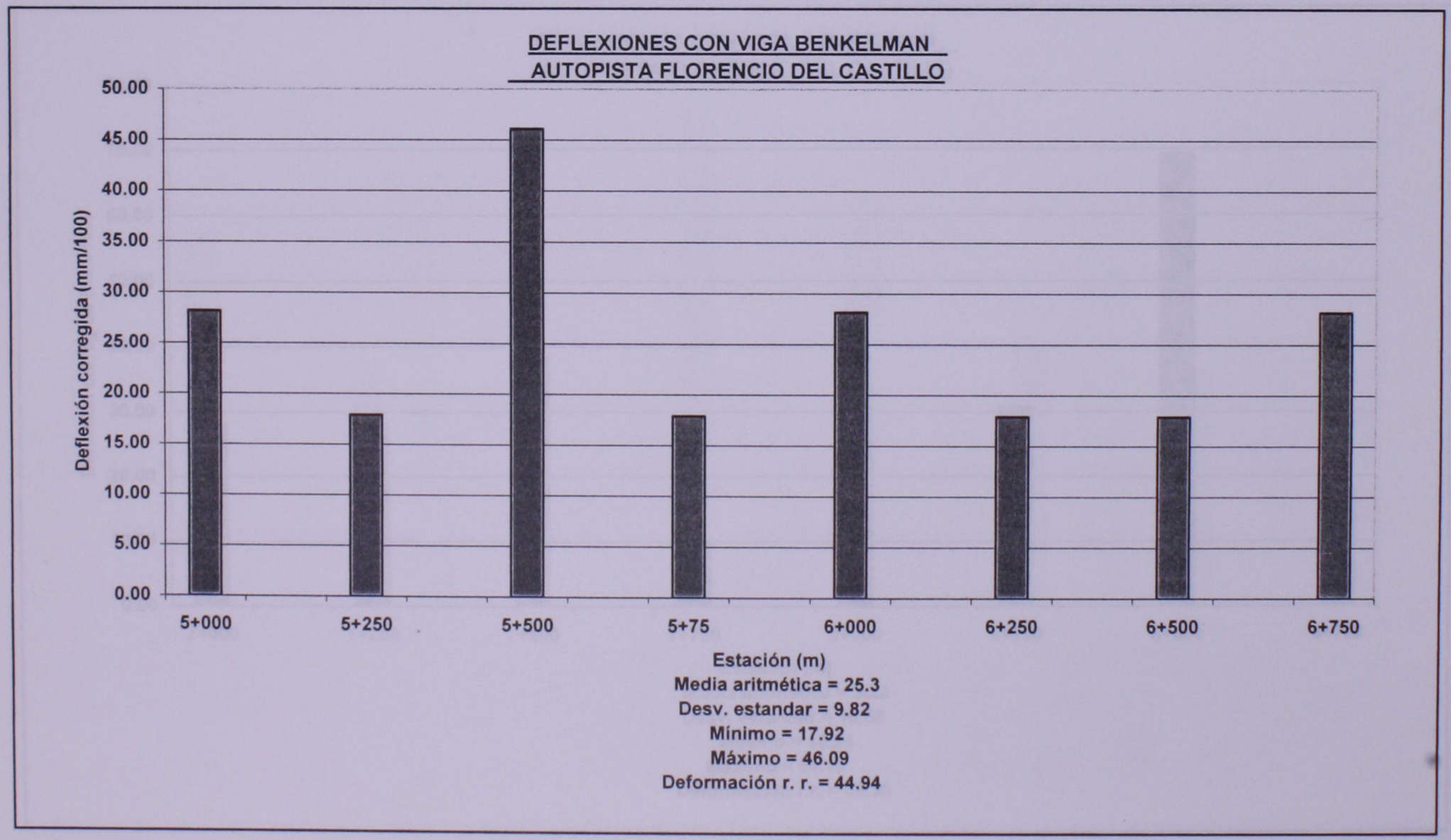
I.M.N.S.A INGENIEROS CONSULTORES S.A

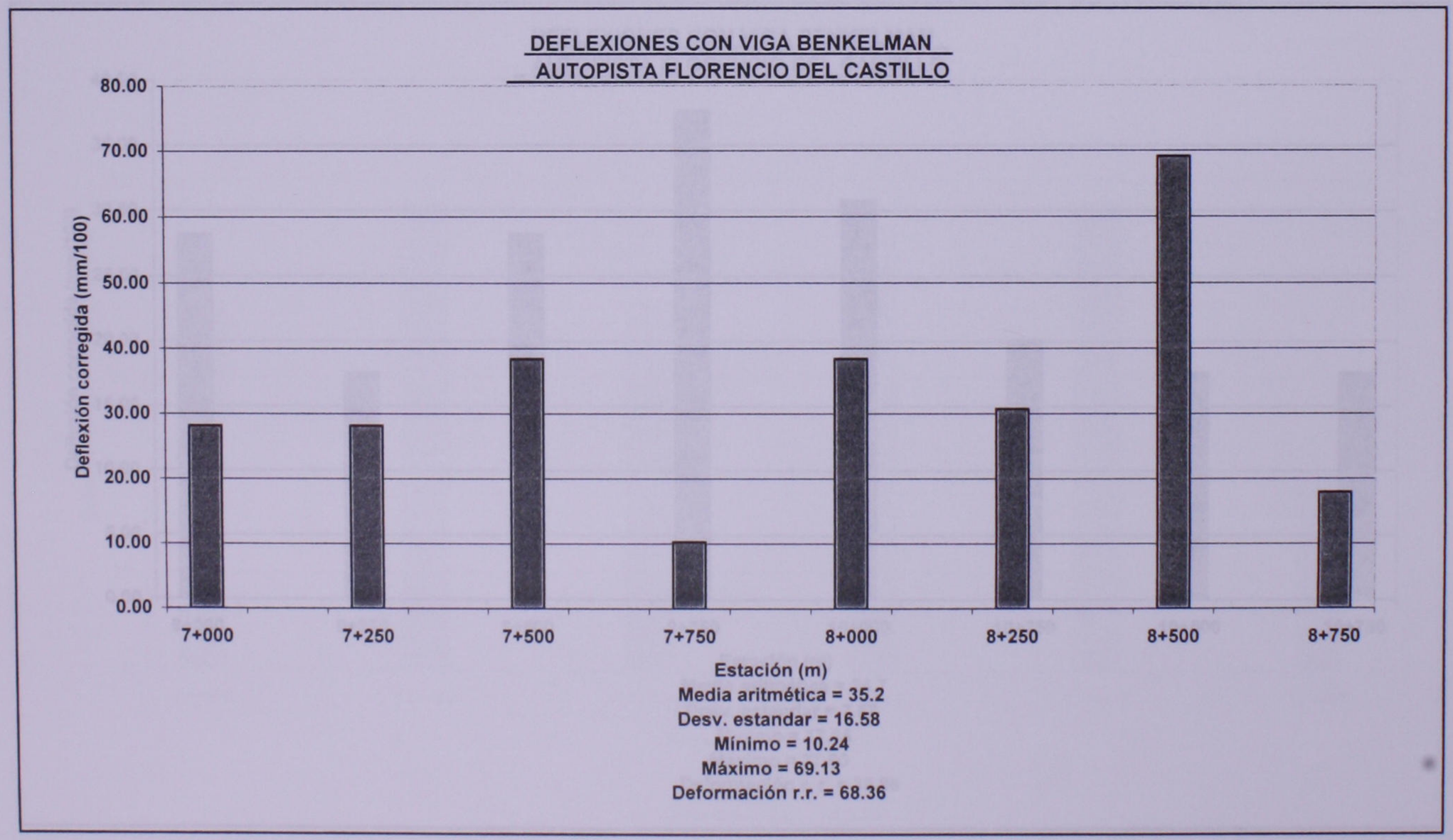
LABORATORIO DE MATERIALES

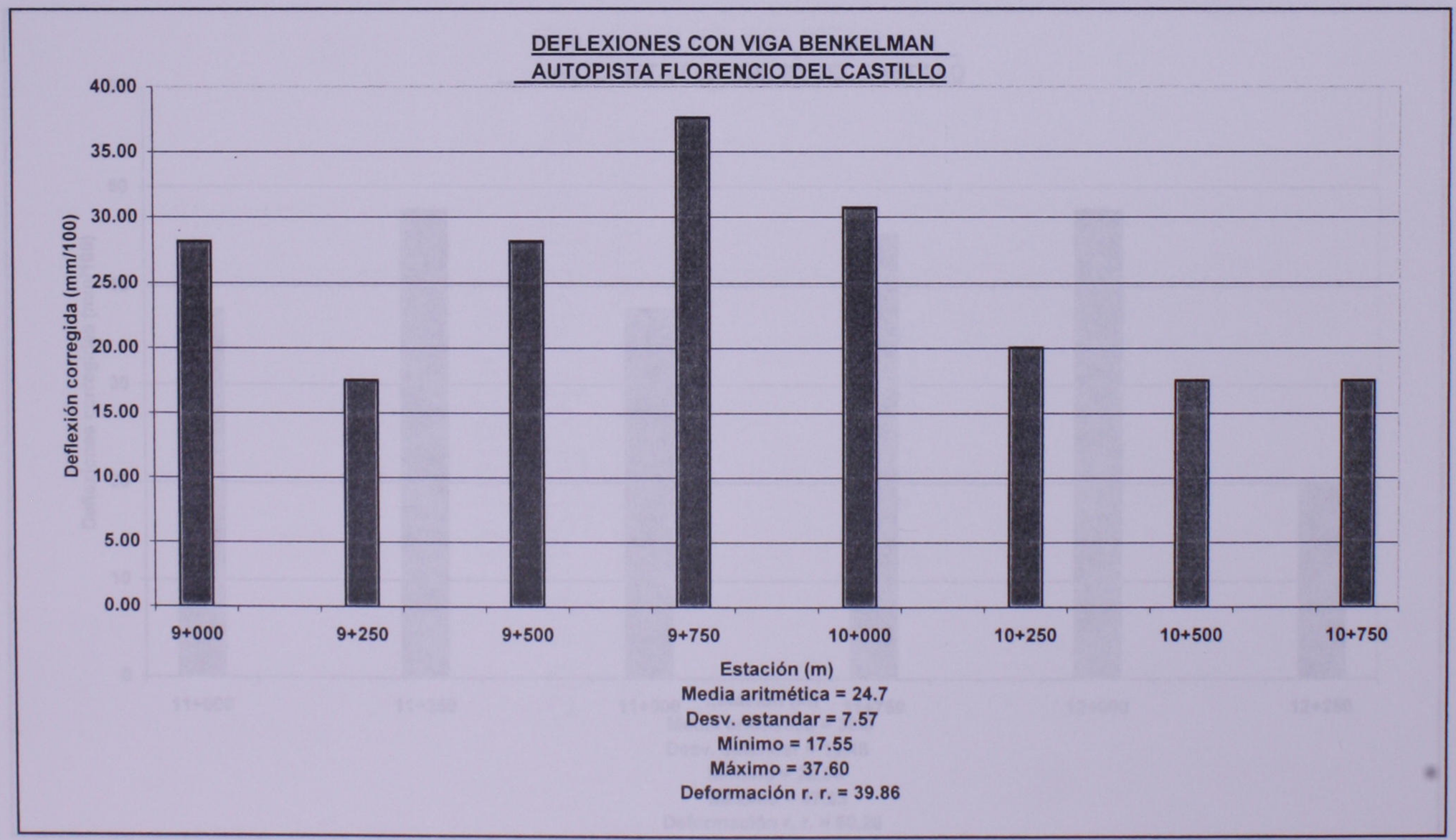
EVALUACION ESTRUCTURAL

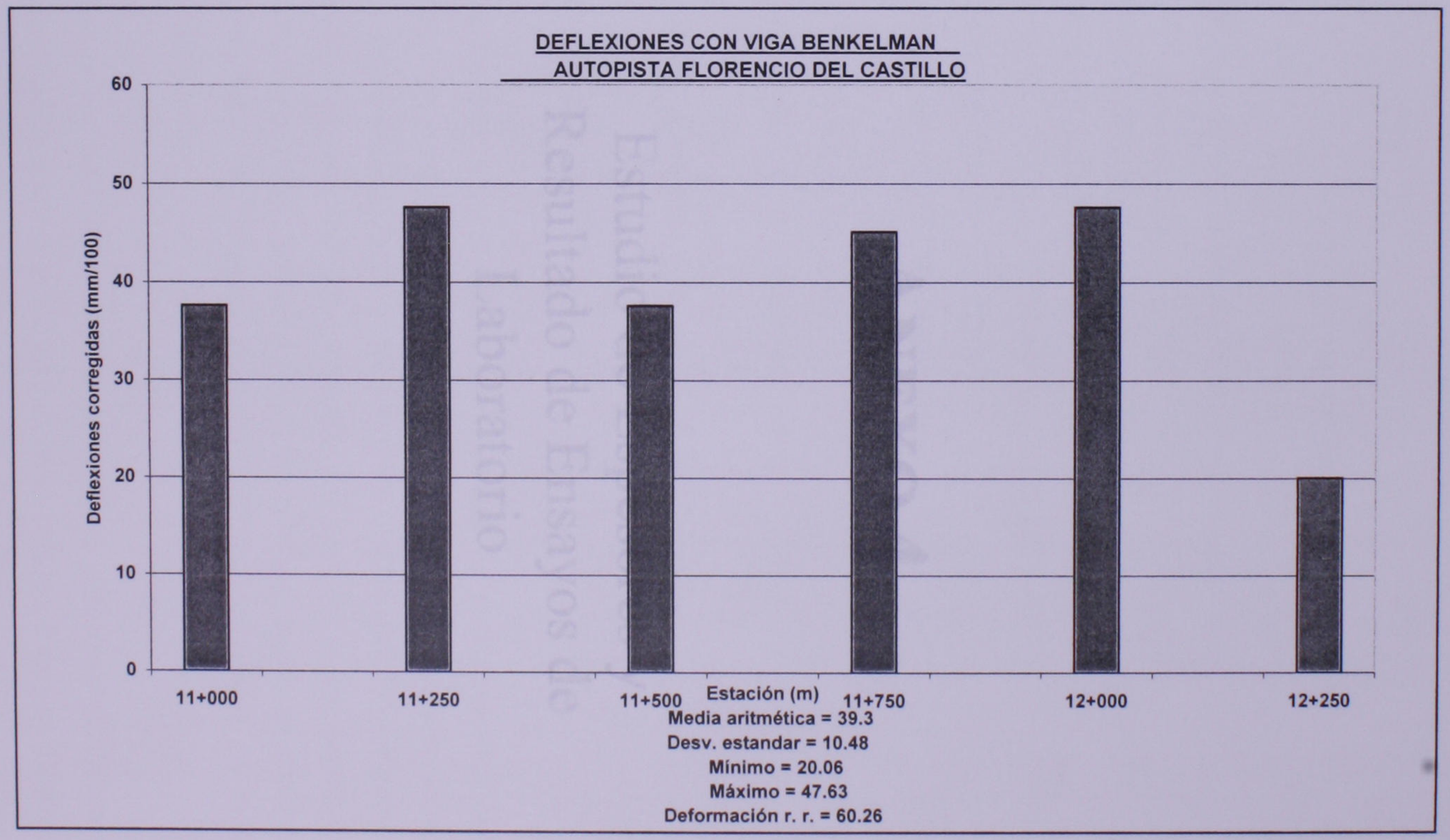
DEFLEXIONES CON VIGA BENKELMAN

Determinación No.	Estación	Lado	Carril	Lectura (Pulg/1000)	Temperatura Ambiente (°C)	Temperatura Pavimento (°C)	Lectura (mm/100)	Factor ajuste temperatura	Factor ajuste per. crítico	Deflexión corregida (mm/100)
29	12+000	Sentido contrario - Tres Ríos - Curridabat	Externo	19	24	31	48.26	0.94	1.05	47.63
30	12+250		Externo	8	24	31	20.32	0.94	1.05	20.06


DEFLEXIONES CON VIGA BENKELMAN
AUTOPISTA FLORENCIO DEL CASTILLO
Deflexión corregida (mm/100)
50.00
45.00
40.00
35.00
30.00
25.00
20.00
15.00
10.00
5.00
0.00
5+000
5+250
5+500
5+75
6+000
6+250
6+500
6+750
Estación (m)
Media aritmética = 25.3
Desv. estandar = 9.82
Mínimo = 17.92
Máximo = 46.09
Deformación r. r. = 44.94


DEFLEXIONES CON VIGA BENKELMAN
AUTOPISTA FLORENCIO DEL CASTILLO
80.00
70.00
60.00
50.00
40.00
30.00
20.00
10.00
0.00
Deflexión corregida (mm/100)
7+000
7+250
7+500
7+750
8+000
8+250
8+500
8+750
Estación (m)
Media aritmética = 35.2
Desv. estandar = 16.58
Mínimo = 10.24
Máximo = 69.13
Deformación r.r. = 68.36


DEFLEXIONES CON VIGA BENKELMAN
AUTOPISTA FLORENCIO DEL CASTILLO
Deflexión corregida (mm/100)
40.00
35.00
30.00
25.00
20.00
15.00
10.00
5.00
0.00
9+000
9+250
9+500
9+750
10+000
10+250
10+500
10+750
Estación (m)
Media aritmética = 24.7
Desv. estandar = 7.57
Mínimo = 17.55
Máximo = 37.60
Deformación r. r. = 39.86


DEFLEXIONES CON VIGA BENKELMAN
AUTOPISTA FLORENCIO DEL CASTILLO
Deflexiones corregidas (mm/100)
60
50
40
30
20
10
0
11+000
11+250
11+500
11+750
12+000
12+250
Estación (m)
Media aritmética = 39.3
Desv. estandar = 10.48
Mínimo = 20.06
Máximo = 47.63
Deformación r. r. = 60.26

ANEXO 4

Estudio de Espesores y
Resultado de Ensayos de
Laboratorio

ESTUDIOS REALIZADOS

Los trabajos se desarrollaron según las diferentes secciones:

A.-Autopista Estado de Israel (Radial Zapote)
Longitud: 2 Km. aproximadamente

B.-Nueva Radial Zapote – Curridabat
Longitud: 2.9 Km. aproximadamente

C.-Autopista Florencio del Castillo
Longitud: 17.6 Km. aproximadamente

A.-*Autopista Estado de Israel (Radial Zapote)*

Evaluación de Campo

Se ha procedido a realizar perforaciones en forma aleatoria, con el objeto de establecer los espesores reales de las capas que conforman el pavimento existente y así como su caracterización geotécnica y capacidad de soporte, mediante la realización de pruebas de laboratorio, como: límite líquido, límite plástico, índice de plasticidad, graduación, % pasando el tamiz No. 200, contenido de materia orgánica, etc.

Se han extraído muestras de la sub-rasante, para llevar al laboratorio y mediante pruebas de límite líquido, límite plástico, índice de plasticidad, graduación, % pasando el tamiz No. 200 y %CBR, lograr la caracterización de la sub-rasante.

Radial Zapote (Autopista Estado de Israel)

● S. Nº1 SONDEO Nº1

■ E. Nº1 EXPLORACION Nº1

Se realizó un muestreo aleatorio en ocho puntos por extracción con equipo de rotación con el propósito de conocer respecto al espesor de las diferentes capas. Se obtuvo el siguiente detalle:

Sondeo N°	Estación	Lado	Sub-base (cm)	Base granular (cm)	Carpeta Asfáltica (cm
1	0+100	Derecho	13	15	32
2	0+700	Derecho	12	16	14.1
3	1+200	Derecho	25	15	10.0
4	1+800	Derecho	13	17	15.8
5	1+800	Izquierdo	15	16	17.6
6	1+300	Izquierdo	22	18	9.2
7	0+750	Izquierdo	16	17	17.0
8	0+200	Izquierdo	12	17	25.7

Análisis de los resultados de la evaluación:

Con base en los resultados de las exploraciones a cielo abierto en tres puntos diferentes a una distancia aproximada de 600 mt. entre cada uno, ubicados en la jardinera, se determinó la composición del material de sub-rasante.

Ensayos de Laboratorio:

A las muestras resultantes de las exploraciones, se le realizaron los siguientes ensayos de laboratorio:

- Porcentajes de Expansión
- Granulometría
- Límites de Consistencia
- Humedad óptima
- Densidad relativa
- Valor relativo de soporte CBR
- Clasificación

Resultados de Ensayos de Laboratorio:

Sub-rasante				
Fecha	**Unidad**	16/11/2000	28/11/2000	27/11/2000
Muestra	**No.**	1	2	3
Estación		0+550	0+950	1+650
Profundidad	**Mt.**	0.95	1.03	1.10
Localización		Ver plano	Ver plano	Ver plano
Densidad máxima	**Kg/m³**	1260	1540	1083
Humedad óptima	**%**	38.5	21.6	49.1
Descripción material		Limo-arcilloso	Arcilla-limosa	Limo-arcilloso
Expansión	**%**	1.1	0.24	0.44
Valor relativo soporte				
Penetración	”	0.1	0.1	0.2
CBR – 91% de compact.	**%**	1.6	3.6	2.8
CBR – 95% de compact.	**%**	2.2	4.4	3.1
CBR – 98% de compact.	**%**	2.6	5.0	3.3
CBR- 100% de compact.	**%**	3.0	5.3	4.0
CBR- 105% de compact.	**%**	4.0	5.9	6.7
Límites de				
Límite líquido		70	38	63
Límite plástico		50	23	44
Indice plástico		20	15	19
Análisis granulométrico				
Malla No. 4	**%**	100	100	100
Malla No. 8	**%**	100	100	100
Malla No. 40	**%**	99	98	97
Malla No. 200	**%**	97	94.1	96
Clasificación general		Muy pobre	Pobre	Pobre
Clasificación SUCS		MH	CL	MH

Carpeta Asfáltica:

A las muestras resultantes de los ocho diferentes puntos por extracción con equipo de rotación, se le realizaron los siguientes ensayos:

- Medidas de espesor en capas existentes
- Densidad (Ensayo en sitio con densímetro núclear)
- Gravedad Específica Relativa

Núcleo N°	Estación	Lado	Espesores (cm)			Densidad (Kg/m3)	Gravedad Específica Bruta
1	0+100	Derecho	11	14	7	2.331	2.327
2	0+200	Izquierdo	8.0	11.3	6.4	2.317	2.326
3	0+700	Derecho	4.0	5.0	5.1	2.274	2.275
4	0+750	Izquierdo	10.4	6.6		2.276	2.281
5	1+200	Derecho	4.9	5.1		2.299	2.313
6	1+300	Izquierdo	3.7	5.5		2.291	2.303
7	1+800	Derecho	10	5.8		2.363	2.399
8	1+800	Izquierdo	10.5	7.1		2.355	2.394

B.- ***Nueva Radial Zapote – Curridabat***

La Radial Zapote – Curridabat es una sección nueva con 2.9 Km. aproximadamente, la cual servirá de conexión entre la Radial Zapote (Autopista Estado de Israel) con la Autopista Florencio del Castillo (Curridabat – Cartago).

1.- ***Investigación de la sub-rasante***

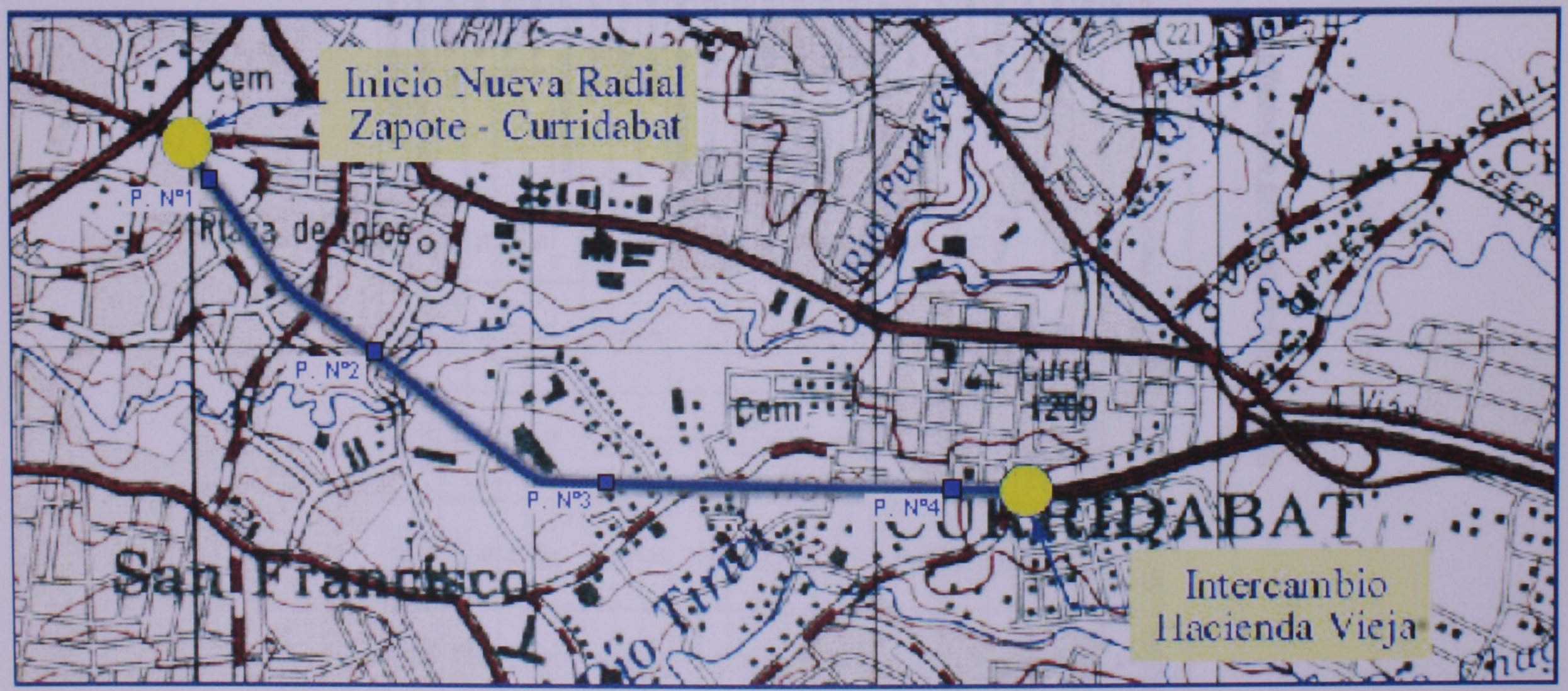
Para determinar las características y propiedades del suelo, se realizaron varias exploraciones con profundidades que promediaron los 106 cm. En algunos casos se realizaron los sondeos, desplazándose algunos metros de lo previsto, en vista de que los materiales presentaban mezclas con escombros (contaminado).

Ensayos de Laboratorio

Se realizaron a las muestras resultantes de las exploraciones, los siguientes ensayos en el laboratorio:

- Granulometría (Lavado Malla N° 200)
- Límites de Consistencia
- Densidad Relativa
- Humedad Optima
- Valor Relativo de Soporte
- Porcentaje de Expansión

Nueva Radial Zapote - Curridabat



■ P. N°1 PERFORACION N°1

Resultados de Ensayos de Laboratorio:

Sub-rasante					
Fecha	**Unidad**	23/11/00	23/11/00	27/11/00	22/11/00
Muestra	**No.**	1	2	3	4
Estación		0+100	0+800	1+600	2+240
Profundidad	**Mt.**	1.25	1.00	1.00	3.25
Localización		Ver plano	Ver plano	Ver plano	Ver plano
Densidad máxima	**Kg/m³**	1263	1243	1262	1250
Humedad óptima	**%**	41.5	31.5	37.7	37.7
Descripción material		Limo arc.	Arcilla gris	Limo arc.	Limo arc.
Expansión	**%**	0.70	1.10	0.81	0.50
Valor relativo soporte					
Penetración	**"**	0.2	0.1	0.1	0.2
CBR – 91% de compact.	**%**	4.4	2.2	1.7	3.5
CBR – 95% de compact.	**%**	4.9	3.2	2.2	3.8
CBR – 98% de compact.	**%**	5.6	3.9	2.7	4.2
CBR- 100% de compact.	**%**	6.3	4.4	4.6	4.6
CBR- 105% de compact.	**%**	7.5	5.4	5.5	5.8
Límites de consistencia					
Límite líquido		40	87	52	50
Límite plástico		25	33	34	42
Indice plástico		15	54	18	8
Análisis granulométrico					
Malla No. 4	**%**	100	100	100	100
Malla No. 8	**%**	100	100	99	99
Malla No. 40	**%**	99	97	98	97
Malla No. 200	**%**	83	90	94.3	93.4
Clasificación general		Pobre	Pobre	Pobre	Pobre
Clasificación SUCS		CL	CH	MH	ML

C.- ***Autopista Florencio del Castillo***

Esta ruta une las ciudades de Curridabat con Cartago, con una longitud aproximada de 17.6 Km. en cuatro carriles.

Debido a las características desde el punto de vista de su estructura de pavimento tan diferentes que presenta esta sección, se subdividió de la siguiente manera:

- El primer tramo comprende Curridabat – Tres Ríos – San Rafael de la Unión, con una longitud aproximada de 8 Km. Su superficie de ruedo es en mezcla asfáltica y se encuentra en regular estado.

- El segundo tramo tiene una longitud aproximada de 9.6 Km. En el sentido de avance este tramo se subdivide de la siguiente manera:

  - Tres Ríos – Alto de Ochomogo con pavimento en hormigón
  - Alto de Ochomogo – La Lima con pavimento en asfalto
  - La Lima – Cartago con pavimento en hormigón

En sentido contrario (Cartago – Curridabat)

- Cartago – La Lima con pavimento en hormigón
- La Lima – Taras con pavimento en asfalto
- Taras – Alto de Ochomogo con pavimento en hormigón

Evaluación de Campo

Para la caracterización de la carpeta asfáltica o losa de hormigón, base granular, base estabilizada, sub-base, según fuera el caso, de acuerdo a los diferentes sectores, se procedió a realizar las siguientes intervenciones.

- Perforaciones en cada sentido
- Medición de espesores
- Límites de consistencia
- Análisis granulométrico

Con equipo de rotación se realizó en forma aleatoria y por extracción un total de 23 perforaciones distribuidos cada km. Aprox. en los tramos, cuya superficie está conformada con mezcla asfáltica.

De igual forma se trabajó en los tramos conformados con losas de hormigón, realizandose un total de 7 perforaciones con una separación de 1 km. Aprox. entre estos.

En las secciones, cuya base se encuentra estabilizada, se efectuaron 17 perforaciones con equipo de rotación; las cuales, igualmente se analizaron y procesaron en el laboratorio.

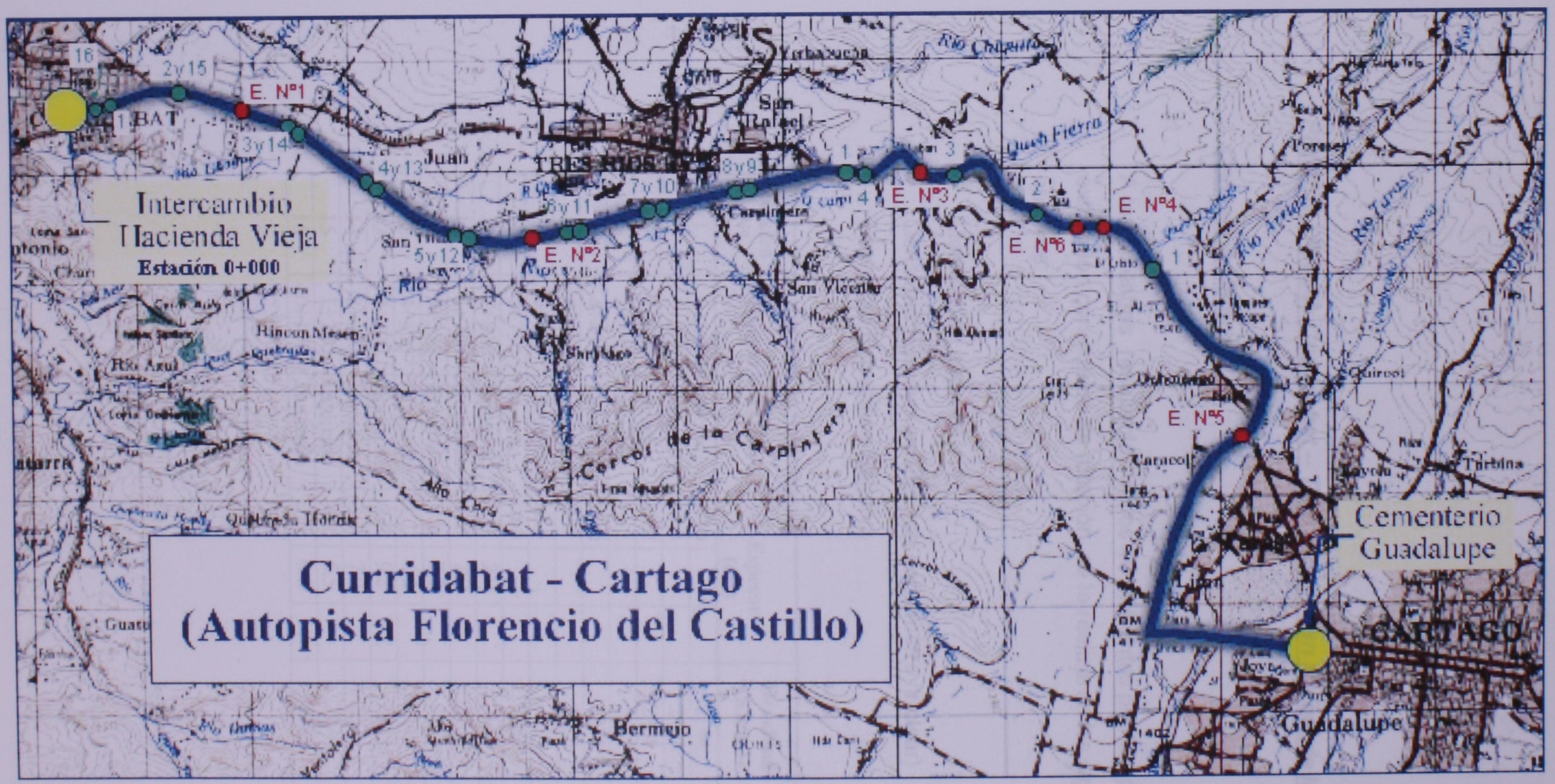
Adicionalmente, para establecer espesores reales de las capas que conforman el pavimento existente, asi como para realizar pruebas de consistencia, graduación, se realizaron 30 sondeos.

Caracterización de la sub-rasante

Igualmente para la caracterización de la sub-rasante se realizaron los siguientes trabajos:

- Muestreos
- Límites de consistencia
- Análisis granulométrico
- Ensayo de CBR
- Porcentaje de Expansión
- Humedad Optima
- Densidad relativa
- Clasificación

Un total de seis exploraciones, para obtener muestras de la sub-rasante se realizaron en la autopista Florencio del Castillo, las cuales se encuentran debidamente ubicadas en el mapa respectivo.


Intercambio
Hacienda Vieja
Estación 0+000
E. N°1
E. N°2
E. N°3
E. N°4
E. N°5
E. N°6
1 BAT
2y15
3y14
4y13
5y12
6y11
7y10
8y9
Cementerio
Guadalupe
CARTAGO
Guadalupe
Bermejo
Curridabat - Cartago
(Autopista Florencio del Castillo)
Exploración
Núcleo y Sondeo

PRIMER TRAMO: Curridabat – Tres Ríos – San Rafael de la Unión

Carpeta Asfáltica:

A las muestras resultantes de los 16 diferentes puntos por extracción con equipo de rotación, se le realizaron los siguientes ensayos:

- Medidas de espesor
- Densidad (Ensayo en sitio con densímetro núclear)
- Gravedad Específica Relativa

Núcleo N°	Estación	Lado	Espesor (cm)			Densidad (Kg/m3)	Gravedad Específica Bruta
1	0+150	Derecho	10.0			2144	2104
2	1+200	Derecho	10.0			2283	2295
3	2+300	Derecho	11.0			2368	2362
4	3+350	Derecho	11.2			2237	2241
5	4+450	Derecho	10.0			2218	2212
6	5+600	Derecho	9.0			2235	2272
7	6+600	Derecho	10.5			2314	2298
8	7+750	Derecho	10.0			2384	2345
9	7+800	Izquierdo	6.9	2.9		2163	2191
10	6+700	Izquierdo	4.2	7.0		2203	2233
11	5+550	Izquierdo	3.8	7.2		2193	2209
12	4+500	Izquierdo	7.1	4.3		2343	2341
13	3+400	Izquierdo	3.6	9.8	6.2	2342	2352
14	2+400	Izquierdo	3.3	7.0		2270	2271
15	1+200	Izquierdo	4.2	6.5		2196	2180
16	0+100	Izquierdo	3.8	6.6		2323	2301

Base Estabilizada:

A las muestras resultantes de los 16 diferentes puntos por extracción con equipo de rotación, se le realizaron los siguientes ensayos:

- Medidas de espesor
- Ensayo de compresión simple
- Factor de corrección por esbeltez

Núcleo N°	Estación	Lado	Diámetro (cm)	Espesor (cm)	Esbeltez	Esfuerzo (kg/cm²)	Factor Esbeltez	Esfuerzo (kg/cm²)
1	0+150	Der.	9.53	10.60	1.11	56	0.987	55
2	1+200	Der.	9.53	13.56	1.42	73	1.095	80
3	2+300	Der.	9.53	13.51	1.42	62	1.093	68
4	3+350	Der.	9.53	14.86	1.56	56	1.142	64
5	4+450	Der.	9.53	11.51	1.21	67	1.020	68
6	5+600	Der.	9.53	14.90	1.56	72	1.144	82
7	6+600	Der.	9.53	13.58	1.42	60	1.096	66
8	7+750	Der.	9.53	13.36	1.40	53	1.088	58
9	7+800	Izq.	9.53	15.20	1.59	59	1.155	68
10	6+700	Izq.	9.53	13.55	1.42	60	1.095	66
11	5+550	Izq.	9.53	14.54	1.53	53	1.137	60
12	4+500	Izq.	9.53	12.41	1.30	58	1.053	61
13	3+400	Izq.	9.53	13.17	1.38	39	1.081	42
14	2+400	Izq.	9.53	14.30	1.50	58	1.122	65
15	1+200	Izq.	9.53	13.08	1.37	67	1.077	72
16	0+100	Izq.	9.53	14.76	1.55	69	1.139	79

Control de espesores y muestreo de materiales

Para establecer espesores reales de las capas que conforman el pavimento existente, asi como para realizar pruebas de consistencia y graduación a los materiales se realizaron sondeos.

Estación	Lado	Espesores (cm)		
		Carpeta asfáltica	Base estabilizada	Sub-base
0+150	Der.	10.2	15.0	14.3
1+000	Der.	10.0	15.5	16.5
2+050	Der.	10.8	14.8	18.4
3+000	Der.	11.1	14.9	17.5
4+100	Der.	10.3	15.6	18.1
5+025	Der.	9.5	16.0	18.5
6+625	Der.	10.0	15.0	18.0
7+700	Der.	10.0	15.5	17.5
0+100	Izq.	11.5	16.0	13.5
1+200	Izq.	10.6	15.6	14.1
2+400	Izq.	10.3	17.0	15.0
3+350	Izq.	19.5	14.5	15.5
4+500	Izq.	11.4	15.1	15.0
5+550	Izq.	11.0	15.5	15.0
6+600	Izq.	11.1	15.3	15.6
7+600	Izq.	10.1	15.8	16.1

Sub-base

Estación	Lado	Limites de consistencia			Análisis granulométrico					
		L.L	L.P	I.P	3"	1½"	1"	#4	#40	#200
0+150	Der.	33	24	9	100	100	100	91	83	50
1+000	Der.	32	24	8	100	100	100	88	81	48
2+050	Der.	33	25	8	100	100	100	93	88	53
3+000	Der.	31	23	8	100	100	100	87	80	47
4+100	Der.	29	23	6	100	100	100	77	73	43
5+025	Der.	32	23	9	100	100	100	89	85	56
6+625	Der.	29	26	3	100	100	100	83	79	52
7+700	Der.	29	27	2	100	74	70	57	51	30
0+100	Izq.	32	25	7	100	100	94	85	59	34
1+200	Izq.	31	22	9	100	98	89	77	53	38
2+400	Izq.	33	23	10	100	100	96	85	79	48
3+350	Izq.	32	24	8	100	97	88	77	51	33
4+500	Izq.	34	23	11	100	88	88	83	77	47
5+550	Izq.	N.P	N.P	N.P	100	94	81	45	26	15
6+600	Izq.	N.P	N.P	N.P	100	100	93	85	75	41
7+600	Izq.	N.P	N.P	N.P	100	100	86	52	34	18

Investigación de la sub-rasante

Para determinar las características y propiedades del suelo, se realizaron varias exploraciones con profundidades que promediaron los 0.95 cm.

Ensayos de Laboratorio

Se realizaron a las muestras resultantes de las exploraciones, los siguientes ensayos en el laboratorio:

- Granulometría (Lavado Malla N° 200)
- Límites de Consistencia
- Densidad Relativa
- Humedad Optima
- Valor Relativo de Soporte
- Porcentaje de Expansión

Resultados deEnsayos de Laboratorio:

Sub-rasante				
Fecha	**Unidad**	23/11/2000	16/11/2000	16/11/2000
Muestra	**No.**	1	2	3
Estación		2+000	5+000	8+000
Profundidad	**Mt.**	1.00	0.95	1.00
Localización		Ver plano	Ver plano	Ver plano
Densidad máxima	**Kg/m³**	1248	1251	1262
Humedad óptima	**%**	41.2	36.7	37.7
Descripción material		Limo-arcilloso	Limo-arcilloso	Arcilla-limosa
Expansión	**%**	0.10	0.10	0.30
Valor relativo soporte				
Penetración	**"**	0.2	0.2	0.2
CBR – 91% de compact.	**%**	4.2	3.9	3.3
CBR – 95% de compact.	**%**	5.5	5.0	3.9
CBR – 98% de compact.	**%**	7.7	6.0	4.5
CBR- 100% de compact.	**%**	10.1	6.8	5.1
CBR- 105% de compact.	**%**		9.5	6.5
Límites de consistencia				
Límite líquido		62	69	45
Límite plástico		38	38	23
Indice plástico		24	31	22
Análisis granulométrico				
Malla No. 4	**%**	100	100	100
Malla No. 8	**%**	100	100	100
Malla No. 40	**%**	99	99	2298
Malla No. 200	**%**	94.6	98	83
Clasificación general		Regular	Regular	Pobre
Clasificación SUCS		MH	MH	CL

SEGUNDO TRAMO: Tres Ríos – Alto de Ochomogo

en sentido de avance

Pavimento en hormigón:

A las muestras resultantes de los cinco diferentes puntos por extracción con equipo de rotación, se le realizaron los siguientes ensayos:

- Medidas de espesor
- Ensayo de compresión simple
- Densidad (ensayo en sitio con densímetro nuclear)

Núcleo N°	Estación	Lado	Diámetro (cm)	Espesor (cm)	Esfuerzo (kg/cm²)	Densidad (kg/m³)
1	8+800	Der.	9.53	18.42	268	2320
2	10+200	Der.	9.53	18.48	250	2321
3	11+100	Der.	9.53	17.23	337	2399
4	12+050	Der.	9.53	18.27	323	2401
5	13+250	Der.	9.53	13.32	393	2444

Control de espesores y muestreo de materiales

Para establecer espesores reales de las capas que conforman el pavimento existente, asi como para realizar pruebas de consistencia y graduación a los materiales se realizaron cinco sondeos.

Estación	Lado	Espesores (cm)	
		Losa hormigón	Sub-base (relleno)
8+800	Der.	20.0	80.0
10+200	Der.	22.0	50.0
11+100	Der.	21.0	141.0
12+050	Der.	20.0	120.0
13+250	Der.	19.8	110.0

Sub-base (material de relleno)

Estación	Lado	Limites de consistencia			Análisis granulométrico					
		L.L	L.P	I.P	3"	1½"	1"	#4	#40	#200
8+800	Der.	28	21	7	100	91	77	43	24	19
10+200	Der.	27	19	8	100	87	79	55	25	17
11+100	Der.	31	19	12	100	75	70	50	22	15
12+050	Der.	33	16	17	81	70	65	46	19	11
13+250	Der.	29	16	13	90	74	68	48	20	13

Caracterización de la sub-rasante

Para determinar las características y propiedades del suelo, se realizaron dos exploraciones con profundidades que promediaron los 0.98 cm.

Ensayos de Laboratorio

Se realizaron a las muestras resultantes de las exploraciones, los siguientes ensayos en el laboratorio:

- Granulometría (Lavado Malla N° 200)
- Límites de Consistencia
- Densidad Relativa
- Humedad Optima
- Valor Relativo de Soporte
- Porcentaje de Expansión

Resultados de Ensayos de Laboratorio:

Sub-rasante				
Fecha	**Unidad**	23/11/2000	24/11/2000	
Muestra	**No.**	1	2	
Estación		11+300	14+000	
Profundidad	**m**	0.95	1.00	
Localización		Ver plano	Ver plano	
Densidad máxima	**Kg/m³**	1458	1166	
Humedad óptima	**%**	30.0	47.5	
Descripción material		Arcilla - limosa	Limo-arcilloso	
Expansión	**%**	0.12	0.10	
Valor relativo soporte				
Penetración	**”**	0.2	0.2	
CBR – 91% de compact.	**%**	3.0	3.5	
CBR – 95% de compact.	**%**	3.6	4.2	
CBR – 98% de compact.	**%**	4.0	5.0	
CBR- 100% de compact.	**%**	4.4	5.9	
CBR- 105% de compact.	**%**	5.0	8.0	
Límites de consistencia				
Límite líquido		42	76	
Límite plástico		26	43	
Indice plástico		16	33	
Análisis granulométrico				
Malla No. 4	**%**	100	100	
Malla No. 8	**%**	100	100	
Malla No. 40	**%**	98	100	
Malla No. 200	**%**	81.3	98	
Clasificación general		Pobre	Regular	
Clasificación SUCS		CL	MH	

Resultados de Ensayos de Laboratorio:

Sub-rasante				
Fecha	**Unidad**	23/11/2000	24/11/2000	
Muestra	**No.**	1	2	
Estación		11+300	14+000	
Profundidad	**m**	0.95	1.00	
Localización		Ver plano	Ver plano	
Densidad máxima	**Kg/m³**	1458	1166	
Humedad óptima	**%**	30.0	47.5	
Descripción material		Arcilla - limosa	Limo-arcilloso	
Expansión	**%**	0.12	0.10	
Valor relativo soporte				
Penetración	**"**	0.2	0.2	
CBR – 91% de compact.	**%**	3.0	3.5	
CBR – 95% de compact.	**%**	3.6	4.2	
CBR – 98% de compact.	**%**	4.0	5.0	
CBR- 100% de compact.	**%**	4.4	5.9	
CBR- 105% de compact.	**%**	5.0	8.0	
Límites de consistencia				
Límite líquido		42	76	
Límite plástico		26	43	
Indice plástico		16	33	
Análisis granulométrico				
Malla No. 4	**%**	100	100	
Malla No. 8	**%**	100	100	
Malla No. 40	**%**	98	100	
Malla No. 200	**%**	81.3	98	
Clasificación general		Pobre	Regular	
Clasificación SUCS		CL	MH	

SEGUNDO TRAMO: Alto de Ochomogo – La Lima

en sentido de avance

Carpeta Asfáltica:

A las muestras resultantes de los tres diferentes puntos por extracción con equipo de rotación, se le realizaron los siguientes ensayos:

- Medidas de espesor
- Densidad (Ensayo en sitio con densímetro núclear)
- Gravedad Específica Relativa

Núcleo N°	Estación	Lado	Espesor (cm)			Densidad (Kg/m3)	Gravedad Específica Bruta
1	14+450	Derecho	12.8			2116	2125
2	15+600	Derecho	9.0	9.0		2248	2234
3	16+800	Derecho	6.0	4.5		2275	2292

Control de espesores y muestreo de materiales

Para establecer espesores reales de las capas que conforman el pavimento existente, asi como para realizar pruebas de consistencia y graduación a los materiales se realizaron tres sondeos.

Estación	Lado	Espesores (cm)	
		Carpeta asfáltica	Sub-base (relleno)
14+450	Der.	13.0	30.0
15+600	Der.	18.5	40.0
16+800	Der.	11.0	41.0

Sub-base (material de relleno)

Estación	Lado	Limites de consistencia			Análisis granulométrico					
		L.L	L.P	I.P	3"	1½"	1"	#4	#40	#200
14+450	Der.	29	18	11	100	72	61	49	43	22
15+600	Der.	31	20	11	97	86	58	37	26	10
16+800	Der.	31	19	12	100	74	67	50	32	15

Caracterización de la sub-rasante

Para determinar las características y propiedades del suelo, se realizó una exploración con profundidad aproximada de 100.0 cm.

Ensayos de Laboratorio

Se realizó a la muestra resultante de la exploración, los siguientes ensayos en el laboratorio:

- Granulometría (Lavado Malla N° 200)
- Límites de Consistencia
- Densidad Relativa
- Humedad Optima
- Valor Relativo de Soporte
- Porcentaje de Expansión

Resultados de Ensayos de Laboratorio:

Sub-rasante				
Fecha	**Unidad**	24/11/2000		
Muestra	**No.**	1		
Estación		14+000		
Profundidad	**m**	1.00		
Localización		Ver plano		
Densidad máxima	**Kg/m³**	1166		
Humedad óptima	**%**	47.5		
Descripción material		Limo-arcilloso		
Expansión	**%**	0.10		
Valor relativo soporte				
Penetración	**"**	0.2		
CBR – 91% de compact.	**%**	3.5		
CBR – 95% de compact.	**%**	4.2		
CBR – 98% de compact.	**%**	5.0		
CBR- 100% de compact.	**%**	5.9		
CBR- 105% de compact.	**%**	8.0		
Límites de consistencia				
Límite líquido		76		
Límite plástico		43		
Indice plástico		33		
Análisis granulométrico				
Malla No. 4	**%**	100		
Malla No. 8	**%**	100		
Malla No. 40	**%**	100		
Malla No. 200	**%**	98		
Clasificación general		Regular		
Clasificación SUCS		MH		

SEGUNDO TRAMO: Taras - Alto de Ochomogo en sentido contrario

Pavimento en hormigón:

A las muestras resultantes de los dos diferentes puntos por extracción con equipo de rotación, se le realizaron los siguientes ensayos:

- Medidas de espesor
- Ensayo de compresión simple
- Densidad (ensayo en sitio con densímetro nuclear)

Núcleo N°	Estación	Lado	Diámetro (cm)	Espesor (cm)	Esfuerzo (kg/cm²)	Densidad (kg/m³)
1	13+850	Izq.	9.53	17.50	337	2328
2	12+700	Izq.	9.53	16.70	323	2317

Control de espesores y muestreo de materiales

Para establecer espesores reales de las capas que conforman el pavimento existente, asi como para realizar pruebas de consistencia y graduación a los materiales se realizaron dos sondeos.

Estación	Lado	Espesores (cm)		
		Losa hormigón	Carpeta asfáltica	Sub-base (relleno)
13+850	Izq.	20.8	2.5	46
12+700	Izq.	19.3	1.5	48

Sub-base (material de relleno)

Estación	Lado	Limites de consistencia			Análisis granulométrico					
		L.L	L.P	I.P	3"	1½"	1"	#4	#40	#200
13+850	Izq.	28	23	5	100	100	79	47	14	8
12+700	Izq.	31	25	6	100	98	82	50	15	9

SEGUNDO TRAMO: Alto de Ochomogo – Tres Ríos en sentido contrario

Carpeta Asfáltica:

A las muestras resultantes de los cuatro diferentes puntos por extracción con equipo de rotación, se le realizaron los siguientes ensayos:

- Medidas de espesor
- Densidad (Ensayo en sitio con densímetro núclear)
- Gravedad Específica Relativa

Núcleo N°	Estación	Lado	Espesor (cm)			Densidad (Kg/m3)	Gravedad Específica Bruta
1	11+600	Izq.	7.2	7.0	7.3	2312	2303
2	10+550	Izq.	9.8	9.6		2239	2241
3	9+450	Izq.	5.1	6.3	9.1	2281	2293
4	8+400	Izq.	8.3	3.8		2311	2347

Base Estabilizada:

A la muestra resultante del punto por extracción con equipo de rotación, se le realizó los siguientes ensayos:

- Medidas de espesor
- Ensayo de compresión simple
- Factor de corrección por esbeltez

Núcleo N°	Estación	Lado	Diámetro (cm)	Espesor (cm)	Esbeltez	Esfuerzo (kg/cm²)	Factor Esbeltez	Esfuerzo (kg/cm²)
1	8+400	Izq.	9.53	10.60	1.19	58	0.987	57

Control de espesores y muestreo de materiales

Para establecer espesores reales de las capas que conforman el pavimento existente, asi como para realizar pruebas de consistencia y graduación a los materiales se realizaron cuatro sondeos.

Estación	Lado	Espesores (cm)		
		Carpeta asfáltica	Base estabilizada	Sub-base (relleno)
11+600	Izq.	22.0	----	26.5
10+550	Izq.	20.1	----	26.0
9+450	Izq.	21.0	----	25.5
8+400	Izq.	13.3	13.0	22.2

Sub-base (material de relleno)

Estación	Lado	Limites de consistencia			Análisis granulométrico					
		L.L	L.P	I.P	3"	1½"	1"	#4	#40	#200
11+600	Izq.	N.P	N.P	N.P	100	80	69	49	15	9
10+550	Izq.	N.P	N.P	N.P	100	75	65	40	20	9
9+450	Izq.	26	24	2	100	90	81	66	55	27
8+400	Izq.	42	26	26	100	100	100	89	71	51

Caracterización de la sub-rasante

Para determinar las características y propiedades del suelo, se realizó una exploración con profundidad aproximada de 100.0 cm.

Ensayos de Laboratorio

Se realizó a la muestra resultante de la exploración, los siguientes ensayos en el laboratorio:

- Granulometría (Lavado Malla N° 200)
- Límites de Consistencia
- Densidad Relativa
- Humedad Optima
- Valor Relativo de Soporte
- Porcentaje de Expansión

Resultados de Ensayos de Laboratorio:

Sub-rasante				
Fecha	**Unidad**	24/11/2000		
Muestra	**No.**	1		
Estación		11+000		
Profundidad	**m**	1.05		
Localización		Ver plano		
Densidad máxima	**Kg/m³**	1425		
Humedad óptima	**%**	35.5		
Descripción material		Arcilla-limosa		
Expansión	**%**	0.11		
Valor relativo soporte				
Penetración	**"**	0.2		
CBR – 91% de compact.	**%**	2.8		
CBR – 95% de compact.	**%**	3.2		
CBR – 98% de compact.	**%**	3.5		
CBR- 100% de compact.	**%**	4.4		
CBR- 105% de compact.	**%**	5.7		
Límites de consistencia				
Límite líquido		42		
Límite plástico		23		
Indice plástico		19		
Análisis granulométrico				
Malla No. 4	**%**	100		
Malla No. 8	**%**	100		
Malla No. 40	**%**	99		
Malla No. 200	**%**	83		
Clasificación general		Pobre		
Clasificación SUCS		CL		

I.M.N.S.A - INGENIEROS CONSULTORES

HOJA GRAFICA - LIMITES DE CONSISTENCIA Y CLASIFICACION SUCS

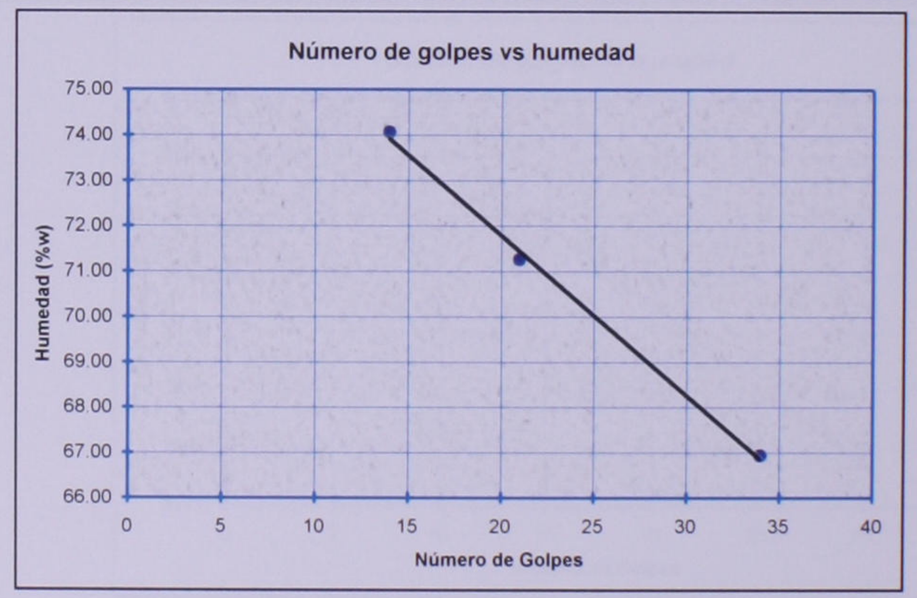
LIMITE LIQUIDO			
No Golpes	34	21	14
PCPW	27.91	28.57	29.05
PCPS	22.02	22.45	22.63
PC	13.22	13.86	13.96
%W	**66.93**	**71.25**	**74.05**
m=	-0.356	b=	78.87

LL =	**69.98**

LIMITE PLASTICO		
PCPW	19.05	18.85
PCPS	15.59	15.4
PC	8.63	8.54
%W	**49.71**	**50.29**

LP =	**50.00**

IP =	**19.98**	16.51
Línea A =	36.48	
SUCS =	**MH**	



PROYECTO: CORREDOR VIAL SAN JOSE - CARTAGO

SECCION : RADIAL PLAZA VIQUEZ - ZAPOTE

TIPO MATERIAL: LIMO ARCILLOSO DE MEDIA - ALTA PLASTICIDAD COLOR CAFÉ

USADO COMO CAPA DE: SUB-RASANTE

FECHA: NOVIEMBRE 2000

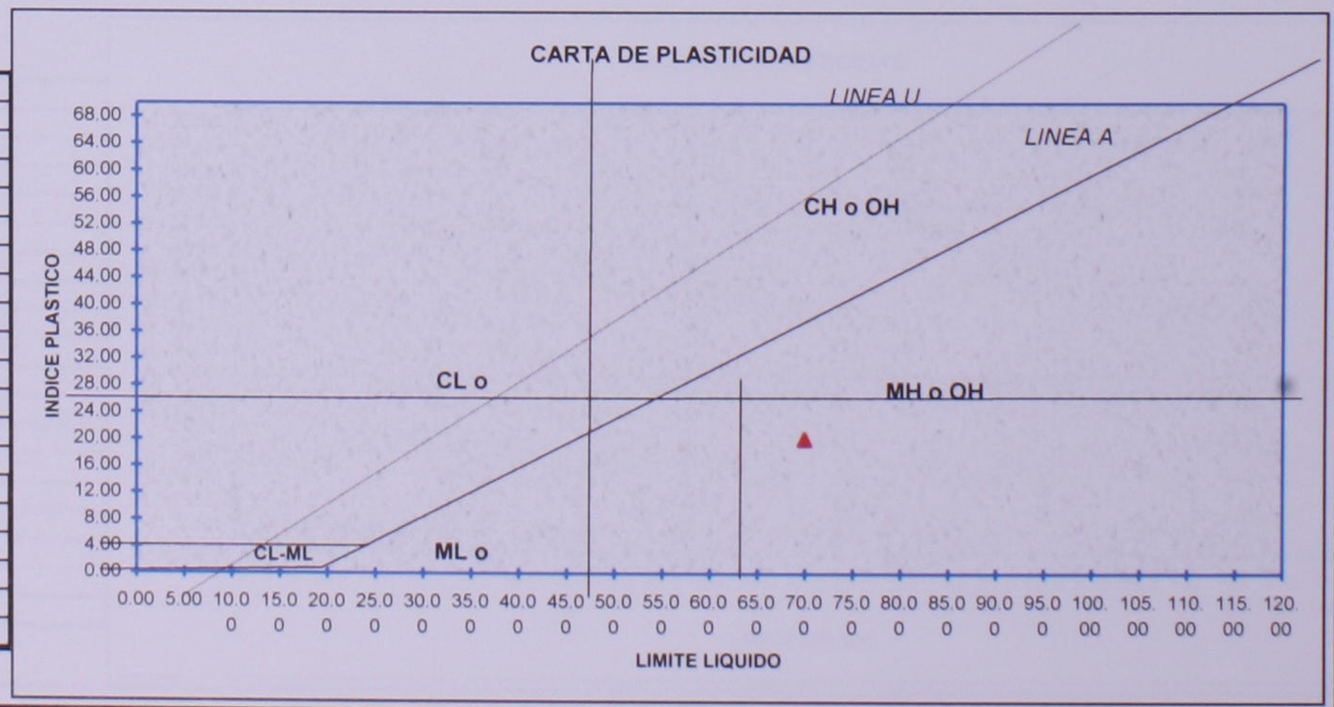
ESTACION : 0+550

LADO : LINEA DE CENTRO

VER UBICACIÓN EN MAPA

PROFUNDIDAD: 0.90 - 1.00 mt.

EXPLORACION No. 1



I.M.N.S.A - INGENIEROS CONSULTORES

HOJA GRAFICA - LIMITES DE CONSISTENCIA Y CLASIFICACION SUCS

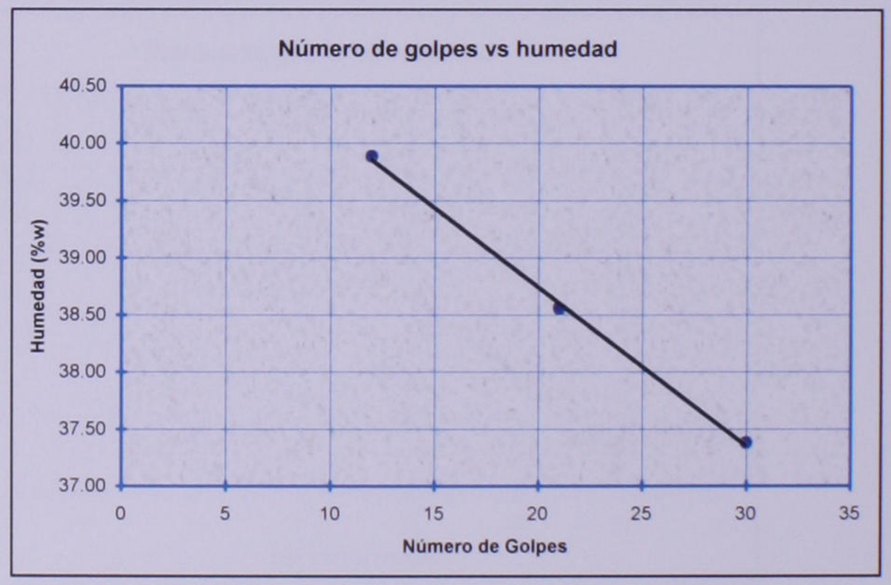
LIMITE LIQUIDO			
No Golpes	30	21	12
PCPW	27.09	27.39	27.93
PCPS	23.33	23.45	23.95
PC	13.27	13.23	13.97
%W	**37.38**	**38.55**	**39.88**
m=	-0.139	b=	41.51

LL =	**38.03**

LIMITE PLASTICO		
PCPW	20.28	19.88
PCPS	18.09	17.76
PC	8.57	8.57
%W	**23.00**	**23.07**

LP =	**23.04**

IP =	**15.00**	-1.83
Línea A =	13.16	
SUCS =	CL	



PROYECTO: CORREDOR VIAL SAN JOSE - CARTAGO

SECCION : RADIAL PLAZA VIQUEZ - ZAPOTE

TIPO MATERIAL: ARCILLA LIMOSA DE MEDIA PLASTICIDAD

USADO COMO CAPA DE: SUB-RASANTE

FECHA: NOVIEMBRE 2000

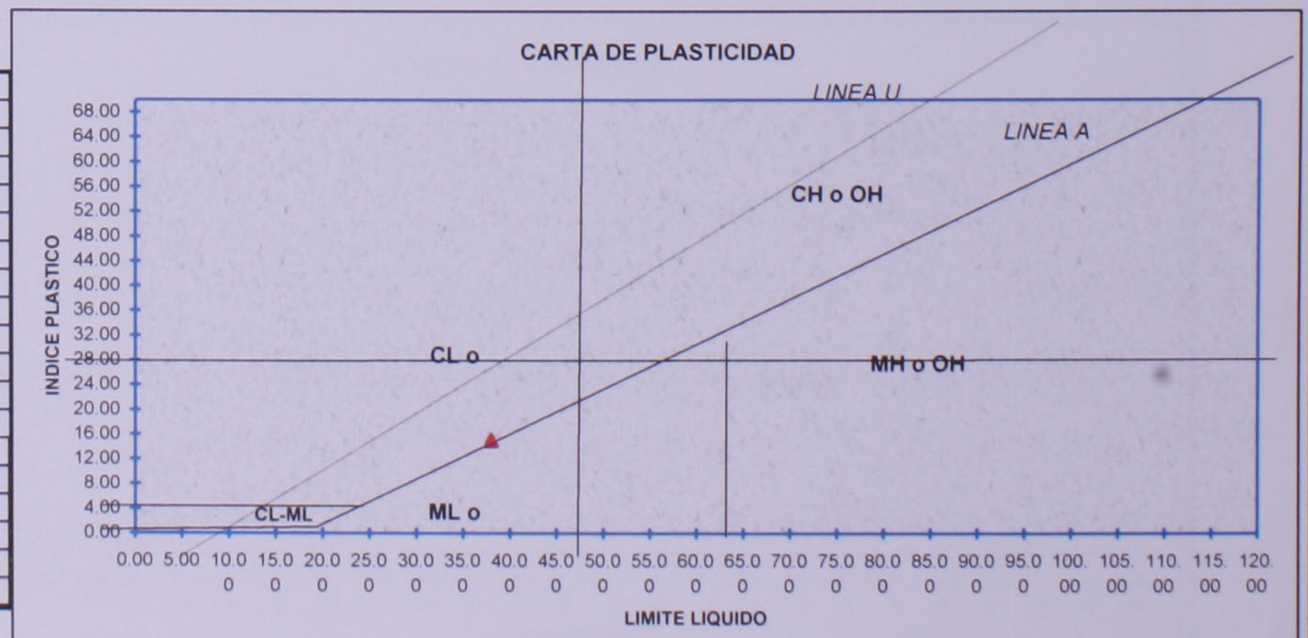
ESTACION : 0+950

LADO : LINEA DE CENTRO

VER UBICACIÓN EN MAPA

PROFUNDIDAD: 0.90 - 1.10 mt.

EXPLORACION No. 2



I.M.N.S.A - INGENIEROS CONSULTORES

HOJA GRAFICA - LIMITES DE CONSISTENCIA Y CLASIFICACION SUCS

LIMITE LIQUIDO			
No Golpes	30	21	11
PCPW	26.53	25.71	25.92
PCPS	21.62	20.55	20.65
PC	13.73	12.39	12.43
%W	**62.23**	**63.24**	**64.11**

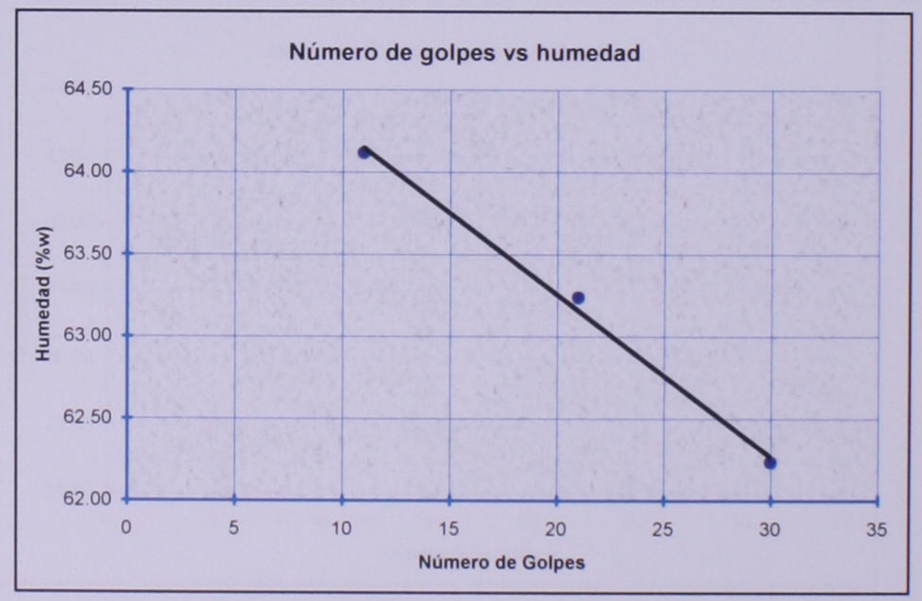
m=	-0.099	b=	65.26

LL =	**62.78**

LIMITE PLASTICO		
PCPW	21.32	20.82
PCPS	18.62	18.24
PC	12.44	12.49
%W	**43.69**	**44.87**

LP =	**44.28**

IP =	**18.50**	12.73
Línea A =	31.23	
SUCS =	**MH**	



PROYECTO: CORREDOR VIAL SAN JOSE - CARTAGO

SECCION : RADIAL PLAZA VIQUEZ - ZAPOTE

TIPO MATERIAL:LIMO ARCILLOSO COLOR CAFE

USADO COMO CAPA DE: SUB-RASANTE

FECHA: NOVIEMBRE 2000

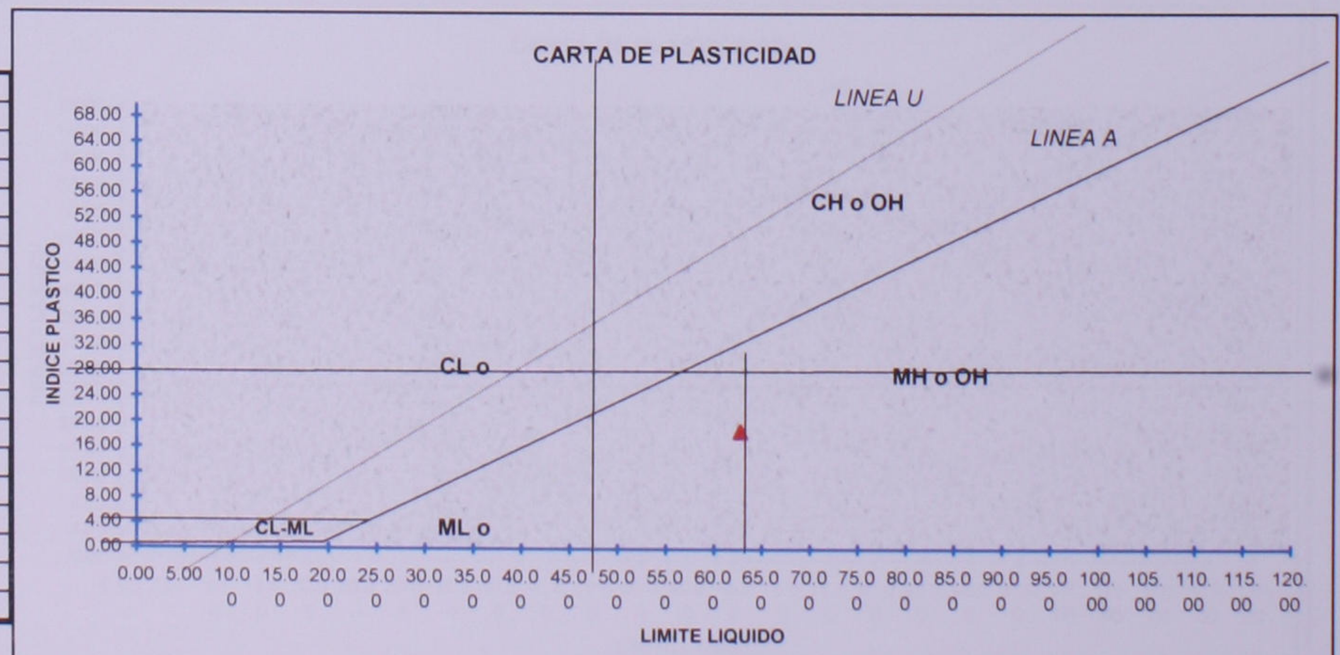
ESTACION : 1+650

LADO : LINEA DE CENTRO

VER UBICACIÓN EN MAPA

PROFUNDIDAD: 1.00 - 1.20 mt.

EXPLORACION No. 3



I.M.N.S.A - INGENIEROS CONSULTORES

HOJA GRAFICA - LIMITES DE CONSISTENCIA Y CLASIFICACION SUCS

LIMITE LIQUIDO			
No Golpes	32	22	12
PCPW	29.45	29.14	29.97
PCPS	24.96	24.66	25.09
PC	13.38	13.53	13.88
%W	**38.77**	**40.25**	**43.53**

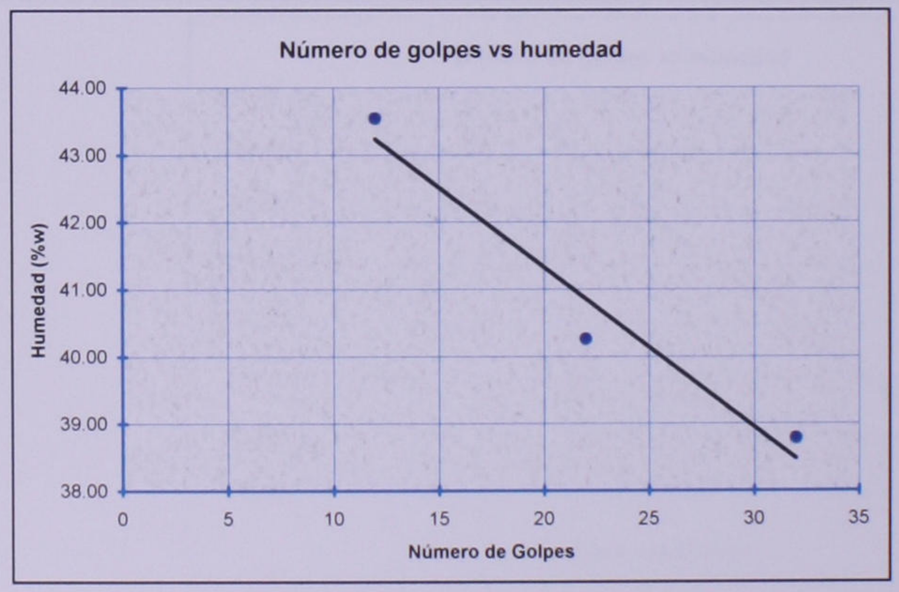
m=	-0.238	**b=**	45.94

LL =	**39.99**

LIMITE PLASTICO		
PCPW	20.87	20.57
PCPS	18.42	18.19
PC	8.48	8.57
%W	**24.65**	**24.74**

LP =	**24.69**

IP =	**15.29**	-0.70
Línea A =	14.59	
SUCS =	**CL**	



PROYECTO: CORREDOR VIAL SAN JOSE - CARTAGO

SECCION : RADIAL NUEVA ZAPOTE - CURRIDABAT

TIPO MATERIAL:LIMO ARCILLOSO DE BAJA A MEDIA PLASTICIDAD COLOR CAFÉ OSCURO

USADO COMO CAPA DE: SUB-RASANTE

FECHA: NOVIEMBRE 2000

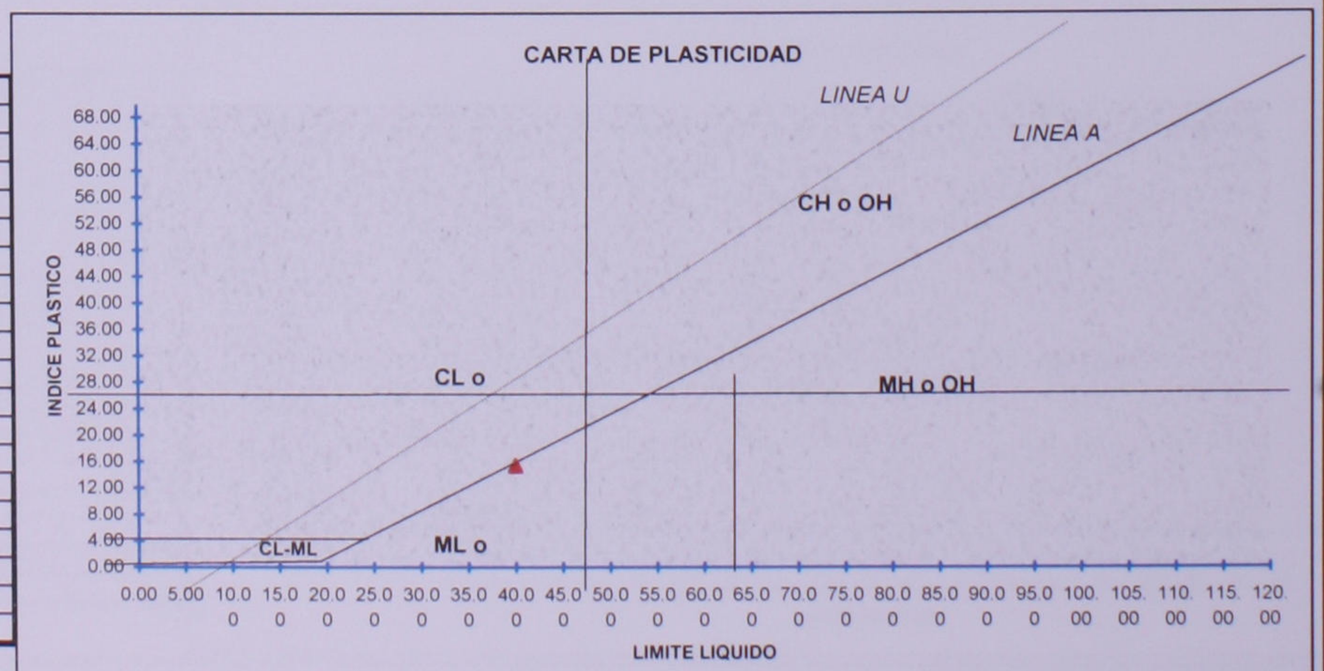
ESTACION : 0+100

LADO : LINEA DE CENTRO

VER UBICACIÓN EN MAPA

PROFUNDIDAD: 1.00 - 1.50 mt.

EXPLORACION No. 1



I.M.N.S.A - INGENIEROS CONSULTORES

HOJA GRAFICA - LIMITES DE CONSISTENCIA Y CLASIFICACION SUCS

LIMITE LIQUIDO			
No Golpes	36	27	15
PCPW	24.32	24.35	24.3
PCPS	19.52	19.32	18.84
PC	13.68	13.43	12.92
%W	**82.19**	**85.40**	**92.23**

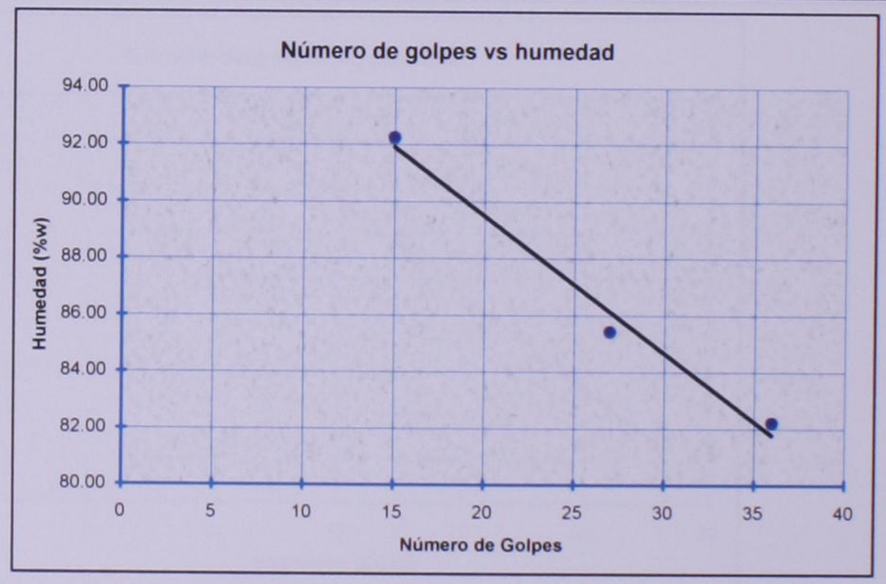
m=	-0.478	**b=**	98.85

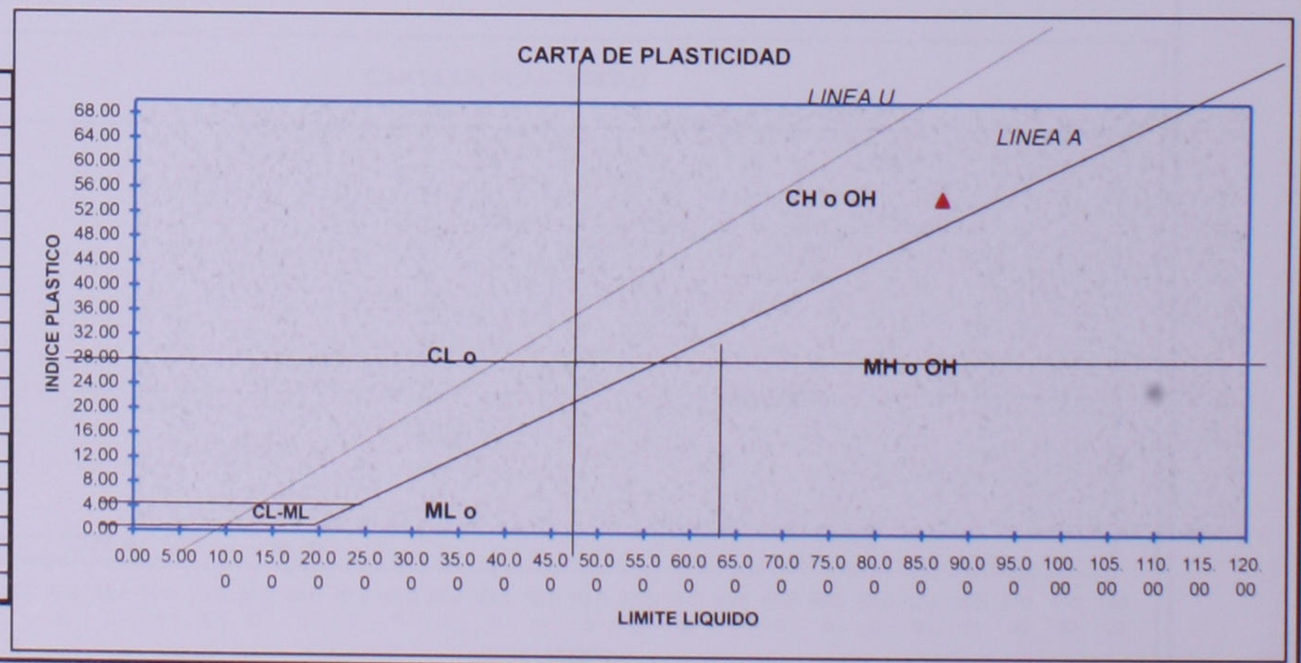
LL =	**86.90**

LIMITE PLASTICO		
PCPW	15.72	15.06
PCPS	13.98	13.46
PC	8.63	8.52
%W	**32.52**	**32.39**

LP =	**32.46**

IP =	**54.45**	-5.61
Línea A =	48.84	
SUCS =	**CH**	





PROYECTO: CORREDOR VIAL SAN JOSE - CARTAGO
SECCION : RADIAL NUEVA ZAPOTE - CURRIDABAT
TIPO MATERIAL:ARCILLA COLOR GRIS DE ALTA PLASTICIDAD
USADO COMO CAPA DE: SUB-RASANTE
FECHA: NOVIEMBRE 2000
ESTACION : 0+800
LADO : LINEA DE CENTRO
VER UBICACIÓN EN MAPA
PROFUNDIDAD: 1.00 - 1.50 mt.
EXPLORACION No.2

I.M.N.S.A - INGENIEROS CONSULTORES

HOJA GRAFICA - LIMITES DE CONSISTENCIA Y CLASIFICACION SUCS

LIMITE LIQUIDO			
No Golpes	28	20	12
PCPW	27.47	27.16	27.09
PCPS	22.94	22.03	21.83
PC	14.3	12.4	12.4
%W	**52.43**	**53.27**	**55.78**

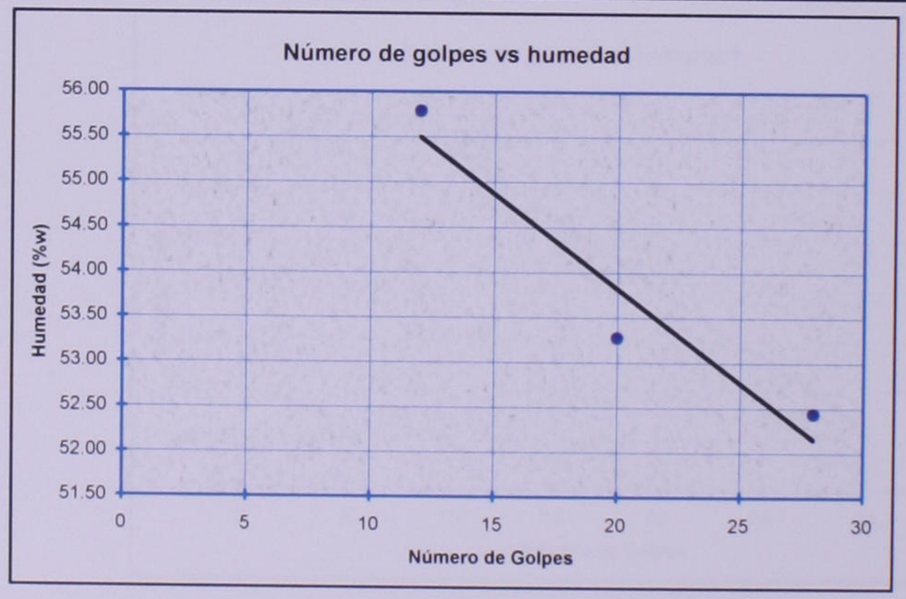
m=	-0.209	b=	57.87

LL =	**52.64**

LIMITE PLASTICO		
PCPW	21.93	22.8
PCPS	19.48	20.49
PC	12.35	13.79
%W	**34.36**	**34.48**

LP =	**34.42**

IP =	**18.22**	5.61
Línea A =	23.83	
SUCS =	**MH**	



PROYECTO: CORREDOR VIAL SAN JOSE - CARTAGO

SECCION : RADIAL NUEVA ZAPOTE - CURRIDABAT

TIPO MATERIAL:LIMO ARCILLOSO DE MEDIA - ALTA PLASTICIDAD COLOR CAFÉ CLARO

USADO COMO CAPA DE: SUB-RASANTE

FECHA: NOVIEMBRE 2000

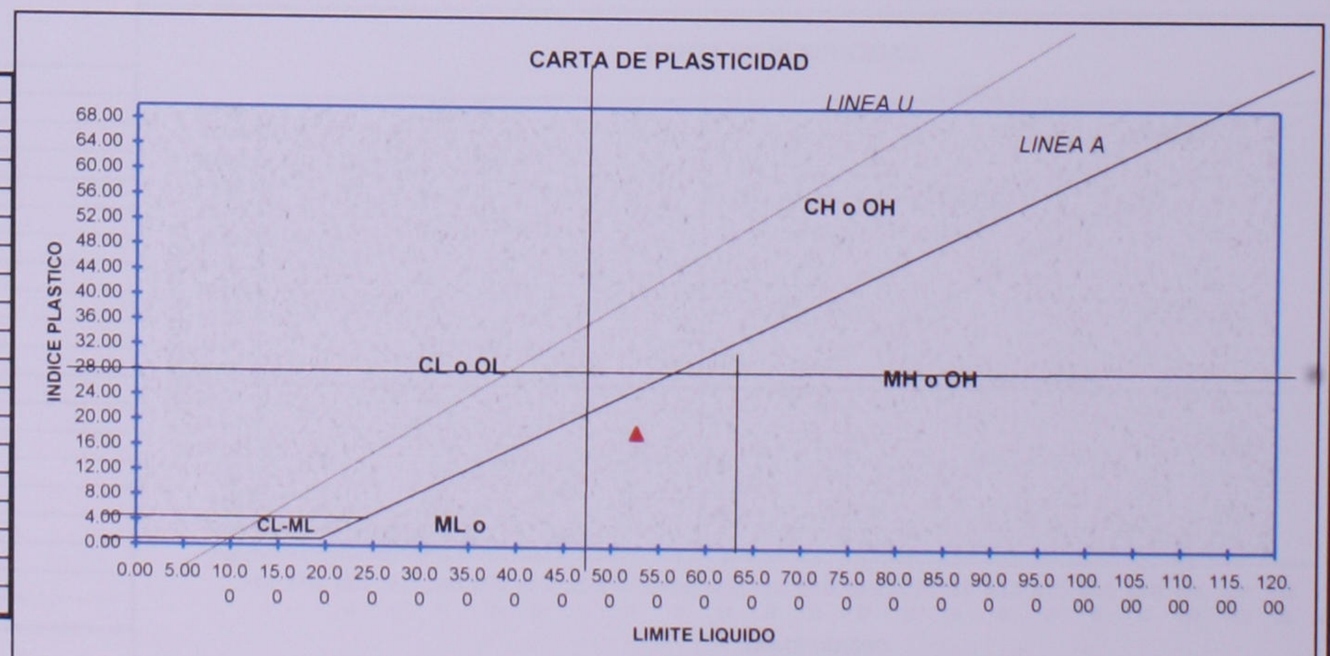
ESTACION : 1+600

LADO : LINEA DE CENTRO

VER UBICACIÓN EN MAPA

PROFUNDIDAD: 0.90 - 1.00 mt.

EXPLORACION No.3



I.M.N.S.A - INGENIEROS CONSULTORES

HOJA GRAFICA - LIMITES DE CONSISTENCIA Y CLASIFICACION SUCS

LIMITE LIQUIDO			
No Golpes	30	19	10
PCPW	26.13	26.29	26.21
PCPS	21.54	21.55	21.49
PC	12.01	12.35	12.71
%W	**48.16**	**51.52**	**53.76**

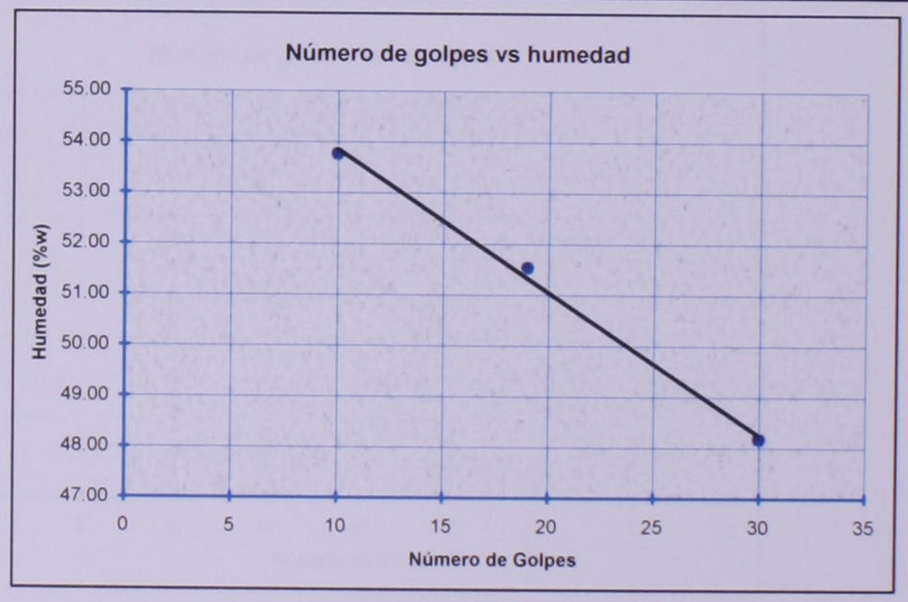
m=	-0.280	b=	56.70

LL =	**49.70**

LIMITE PLASTICO		
PCPW	21.82	21.4
PCPS	19.3	19.08
PC	13.39	13.56
%W	**42.64**	**42.03**

LP =	**42.33**

IP =	**7.37**	14.31
Línea A =	21.68	
SUCS =	**ML**	



PROYECTO: CORREDOR VIAL SAN JOSE - CARTAGO

SECCION : RADIAL NUEVA ZAPOTE - CURRIDABAT

TIPO MATERIAL:LIMO ARCILLOSO DE BAJA PLASTICIDAD
COLOR CAFÉ OSCURO

USADO COMO CAPA DE: SUB-RASANTE

FECHA: NOVIEMBRE 2000

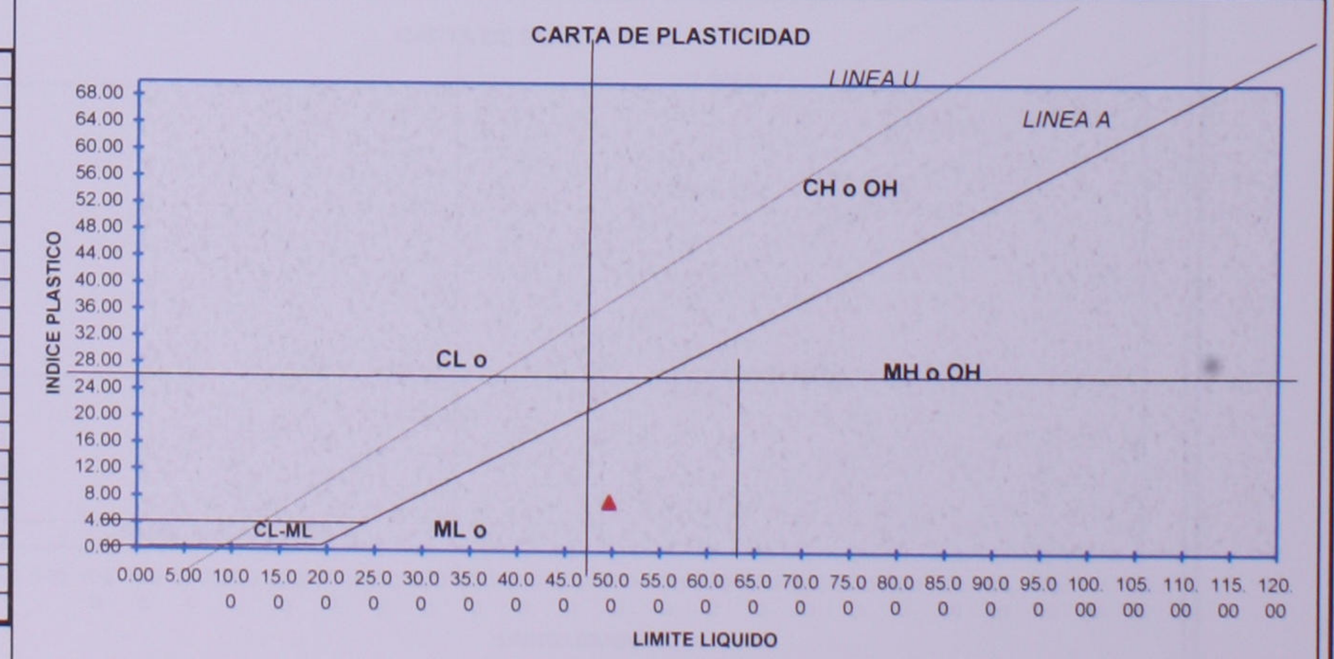
ESTACION : 2+240

LADO : LINEA DE CENTRO

VER UBICACIÓN EN MAPA

PROFUNDIDAD: 3.50 - 4.00 mt.

EXPLORACION No. 4



I.M.N.S.A - INGENIEROS CONSULTORES

HOJA GRAFICA - LIMITES DE CONSISTENCIA Y CLASIFICACION SUCS

LIMITE LIQUIDO			
No Golpes	35	27	12
PCPW	26.72	25.49	26.98
PCPS	21.72	20.85	21.52
PC	13.22	13.22	13.35
%W	**58.82**	**60.81**	**66.83**

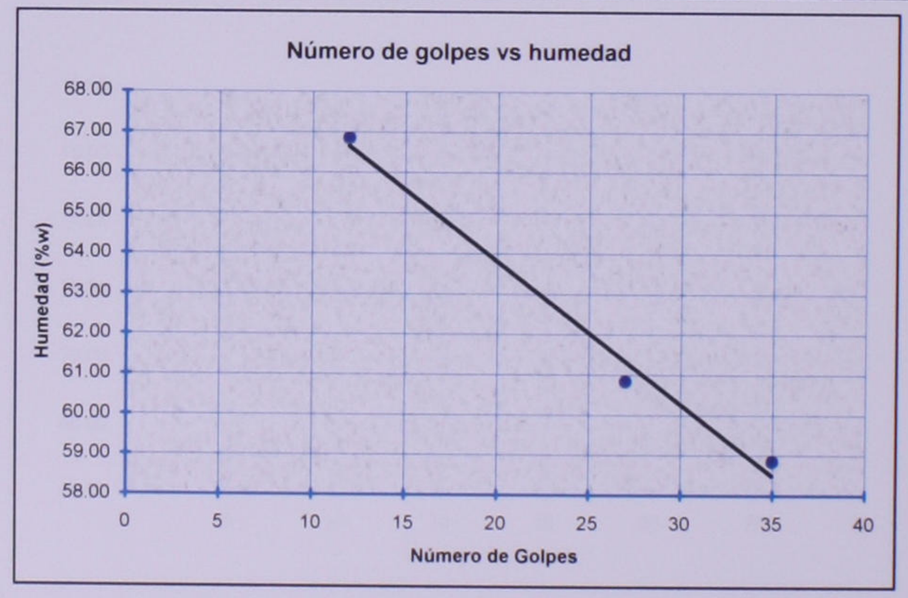
m=	-0.348	**b=**	70.61

LL =	**61.91**

LIMITE PLASTICO		
PCPW	23.5	23.07
PCPS	20.5	20.04
PC	12.46	12.04
%W	**37.31**	**37.88**

LP =	**37.59**

IP =	**24.31**	6.28
Línea A =	30.59	
SUCS =	**MH**	



PROYECTO: CORREDOR VIAL SAN JOSE - CARTAGO

SECCION : AUTOPISTA FLORENCIO DEL CASTILLO

TIPO MATERIAL:LIMO ARCILLOSO DE MEDIA - ALTA PLASTICIDAD COLOR CAFÉ OSCURO

USADO COMO CAPA DE: SUB-RASANTE

FECHA: NOVIEMBRE 2000

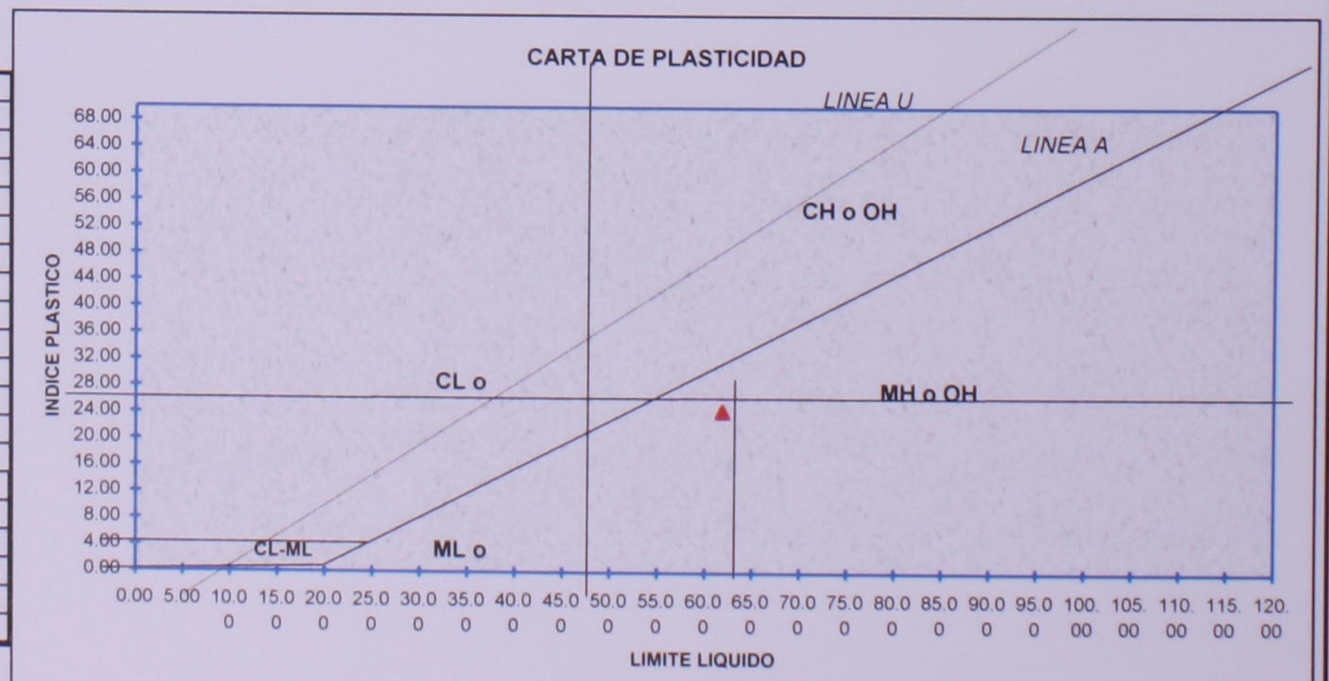
ESTACION : 2+000

LADO : LINEA DE CENTRO

VER UBICACIÓN EN MAPA

PROFUNDIDAD: 1.00 mt.

EXPLORACION No. 1



I.M.N.S.A - INGENIEROS CONSULTORES

HOJA GRAFICA - LIMITES DE CONSISTENCIA Y CLASIFICACION SUCS

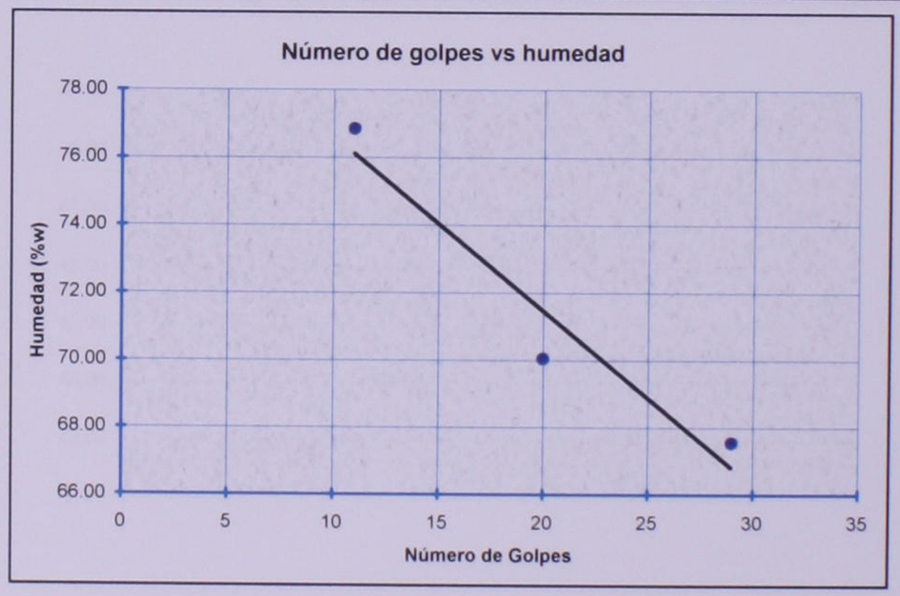
LIMITE LIQUIDO			
No Golpes	29	20	11
PCPW	25.45	25.5	25.58
PCPS	20.54	20.57	20.34
PC	13.27	13.53	13.52
%W	**67.54**	**70.03**	**76.83**
m=	-0.516	b=	81.43

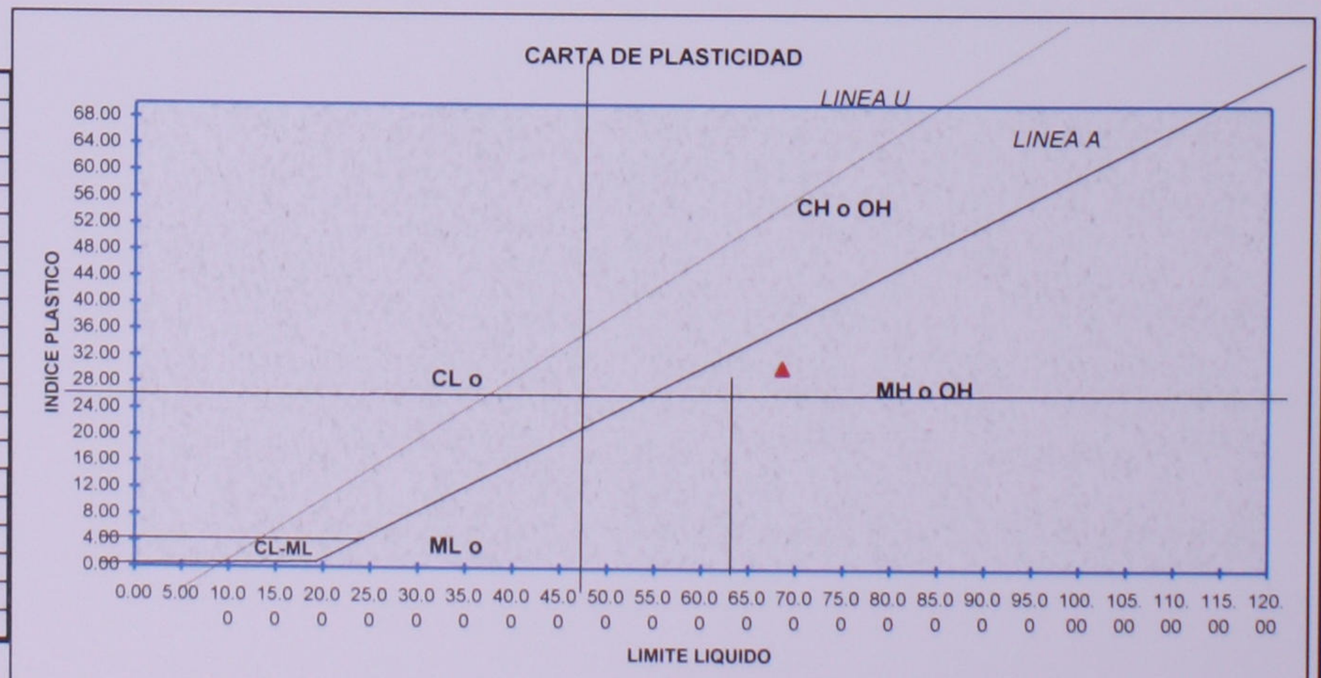
LL =	**68.52**

LIMITE PLASTICO		
PCPW	17.42	17.39
PCPS	14.96	14.97
PC	8.57	8.58
%W	**38.50**	**37.87**

LP =	**38.18**

IP =	**30.34**	5.08
Línea A =	35.42	
SUCS =	**MH**	





PROYECTO: CORREDOR VIAL SAN JOSE - CARTAGO
SECCION : AUTOPISTA FLORENCIO DEL CASTILLO
TIPO MATERIAL:LIMO ARCILLOSO DE MEDIA PLASTICIDAD
COLOR CAFÉ OSCURO
USADO COMO CAPA DE: SUB-RASANTE
FECHA: NOVIEMBRE 2000
ESTACION : 5+000
LADO : LINEA DE CENTRO
VER UBICACIÓN EN MAPA
PROFUNDIDAD: 0.95 mt.
EXPLORACION No. 2

I.M.N.S.A - INGENIEROS CONSULTORES

HOJA GRAFICA - LIMITES DE CONSISTENCIA Y CLASIFICACION SUCS

LIMITE LIQUIDO			
No Golpes	16	24	33
PCPW	27.72	27.98	26.53
PCPS	23.25	22.99	22.31
PC	12.71	12.64	12.41
%W	**42.41**	**48.21**	**42.63**

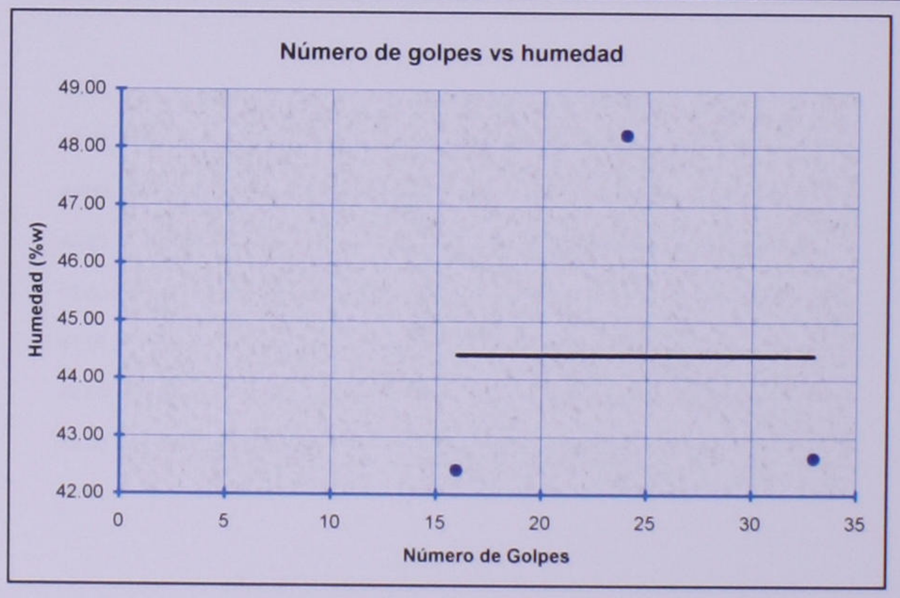
m=	0.013	**b=**	45.06

LL =	**45.37**

LIMITE PLASTICO		
PCPW	22.55	22.99
PCPS	20.77	20.88
PC	12.44	12.17
%W	**21.37**	**24.23**

LP =	**22.80**

IP =	**22.58**	-4.05
Línea A =	18.52	
SUCS =	**CL**	



PROYECTO: CORREDOR VIAL SAN JOSE - CARTAGO

SECCION : AUTOPISTA FLORENCIO DEL CASTILLO

TIPO MATERIAL: ARCILLA LIMOSA DE MEDIA PLASTICIDAD

USADO COMO CAPA DE: SUB-RASANTE

FECHA: NOVIEMBRE 2000

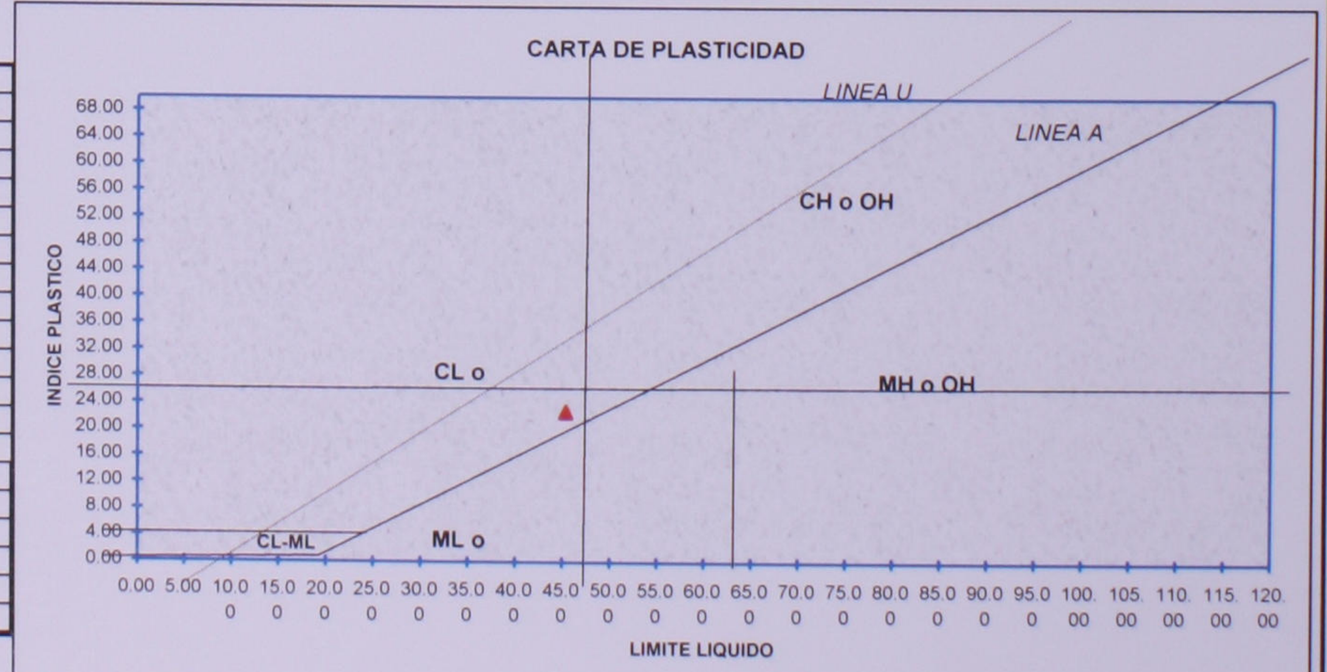
ESTACION : 8+000

LADO : LINEA DE CENTRO

VER UBICACIÓN EN MAPA

PROFUNDIDAD: 0.90 mt.

EXPLORACION No. 3



I.M.N.S.A - INGENIEROS CONSULTORES

HOJA GRAFICA - LIMITES DE CONSISTENCIA Y CLASIFICACION SUCS

LIMITE LIQUIDO			
No Golpes	31	20	14
PCPW	27.81	27.89	26.35
PCPS	23.62	23.09	22.34
PC	12.71	12.41	12.64
%W	**38.41**	**44.94**	**41.34**

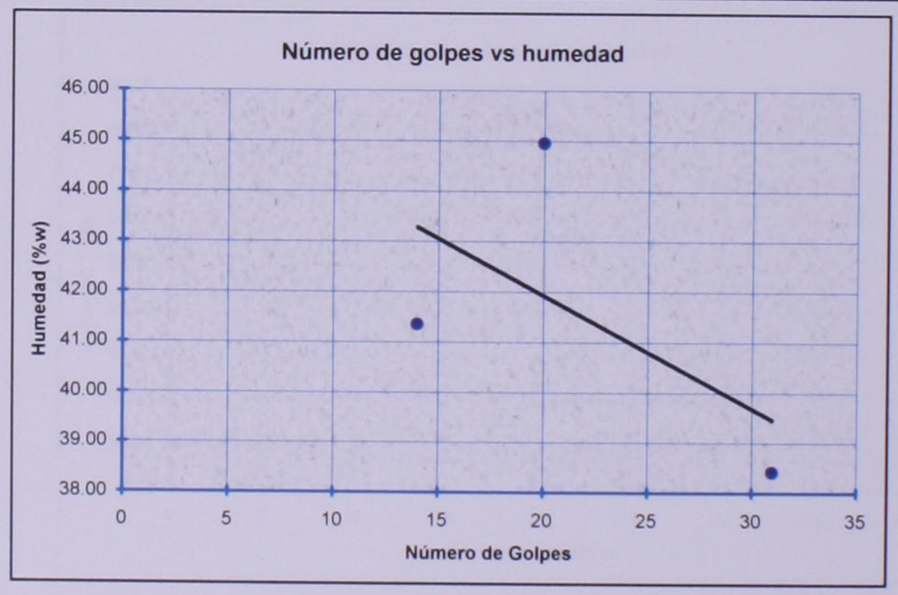
m=	-0.173	b=	46.08

LL =	**41.76**

LIMITE PLASTICO		
PCPW	22.66	22.90
PCPS	20.57	20.72
PC	12.34	12.41
%W	**25.39**	**26.23**

LP =	**25.81**

IP =	**15.95**	-0.06
Línea A =	15.89	
SUCS =	**CL**	



PROYECTO: CORREDOR VIAL SAN JOSE - CARTAGO

SECCION : AUTOPISTA FLORENCIO DEL CASTILLO

TIPO MATERIAL: ARCILLA LIMOSA DE MEDIA PLASTICIDAD
COLOR CAFÉ OSCURO

USADO COMO CAPA DE: SUB-RASANTE

FECHA: NOVIEMBRE 2000

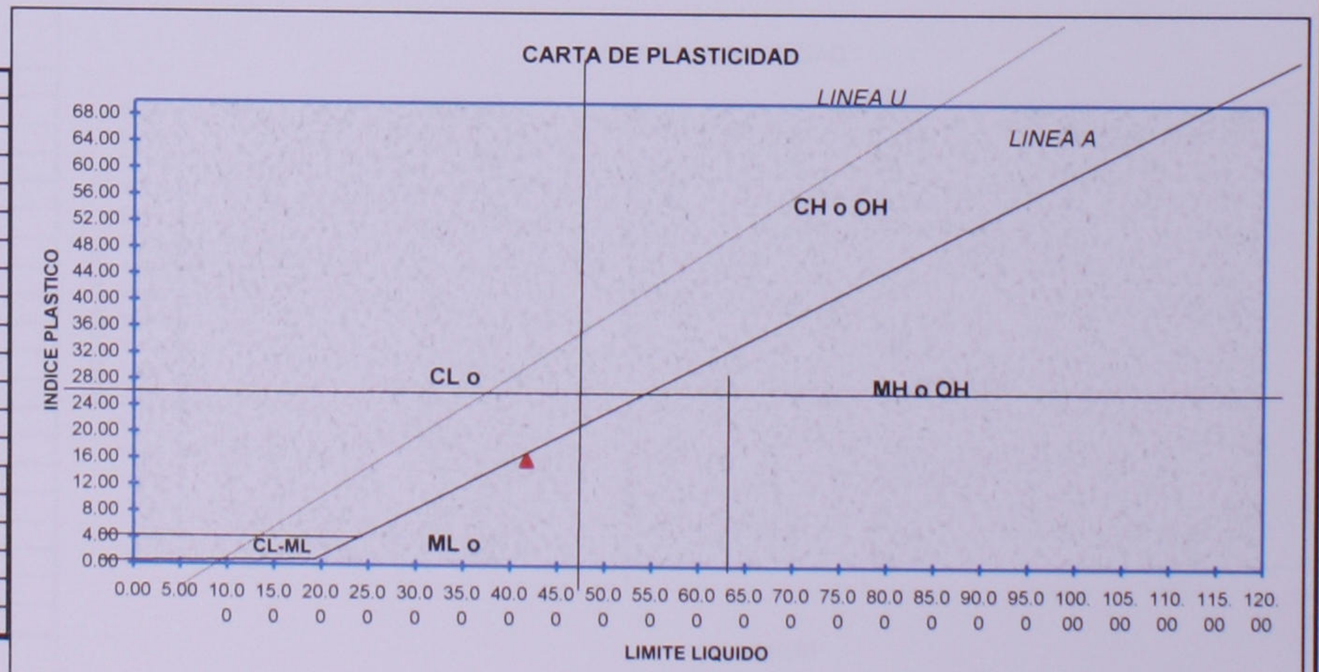
ESTACION : 11+300

LADO : LINEA DE CENTRO

VER UBICACIÓN EN MAPA

PROFUNDIDAD: 0.95 mt.

EXPLORACION No. 4



I.M.N.S.A - INGENIEROS CONSULTORES

HOJA GRAFICA - LIMITES DE CONSISTENCIA Y CLASIFICACION SUCS

LIMITE LIQUIDO			
No Golpes	18	25	34
PCPW	26.81	26.89	26.35
PCPS	20.62	21.09	21.34
PC	13.28	13.38	13.88
%W	**84.33**	**75.23**	**67.16**

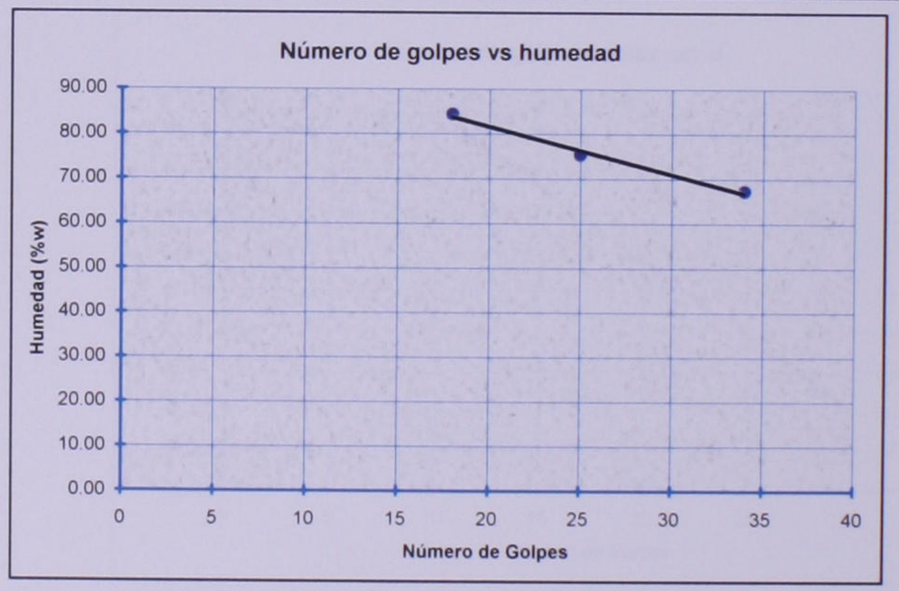
m=	-1.073	b=	102.86

LL =	**76.02**

LIMITE PLASTICO		
PCPW	22.66	22.9
PCPS	19.57	19.73
PC	12.34	12.41
%W	**42.74**	**43.31**

LP =	**43.02**

IP =	**33.00**	7.90
Línea A =	40.90	
SUCS =	**MH**	



PROYECTO: CORREDOR VIAL SAN JOSE - CARTAGO

SECCION : AUTOPISTA FLORENCIO DEL CASTILLO

TIPO MATERIAL:LIMO ARCILLOSO DE MEDIA - ALTA PLASTICIDAD COLOR AMARILLENTO

USADO COMO CAPA DE: SUB-RASANTE

FECHA: NOVIEMBRE 2000

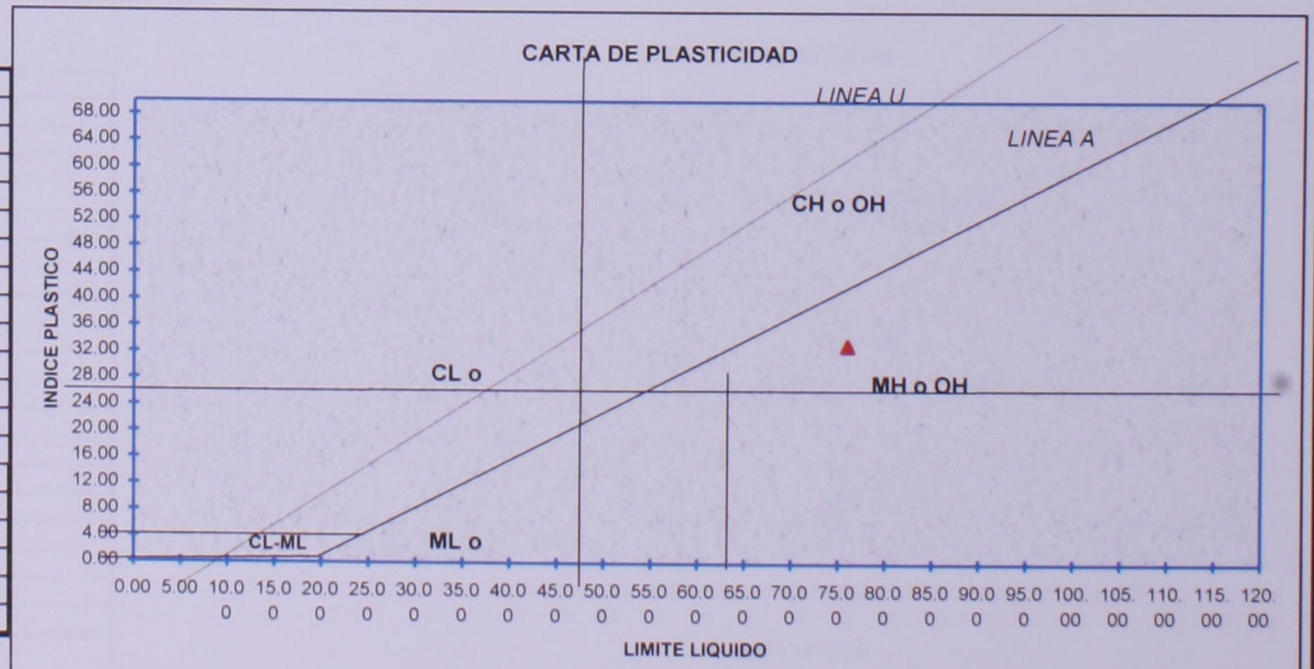
ESTACION : 14+000

LADO : LINEA DE CENTRO

VER UBICACIÓN EN MAPA

PROFUNDIDAD: 1.00 mt.

EXPLORACION No. 5



I.M.N.S.A - INGENIEROS CONSULTORES

HOJA GRAFICA - LIMITES DE CONSISTENCIA Y CLASIFICACION SUCS

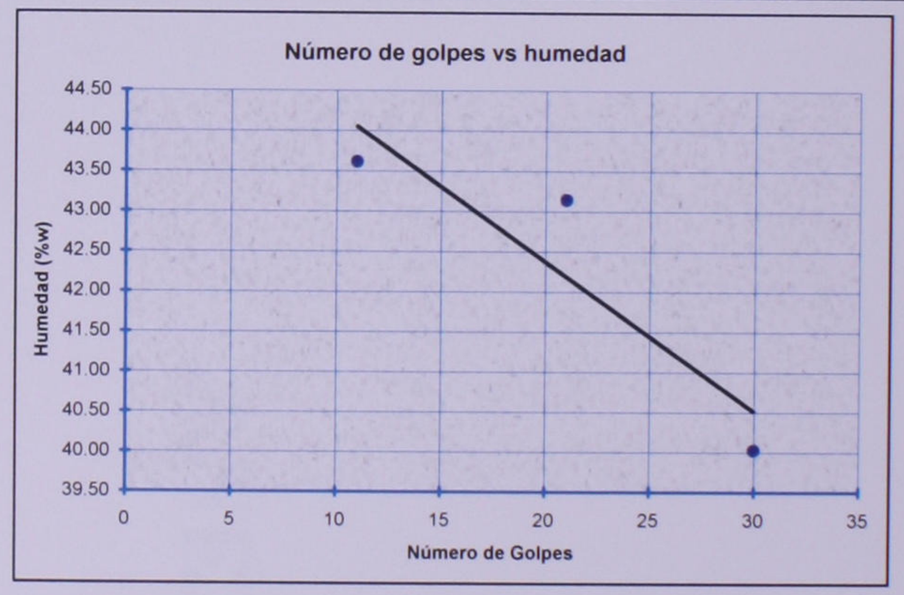
LIMITE LIQUIDO			
No Golpes	30	21	11
PCPW	27.77	27.87	26.64
PCPS	23.38	23.28	22.41
PC	12.41	12.64	12.71
%W	**40.02**	**43.14**	**43.61**
m=	-0.189	b=	46.40

LL =	**41.67**

LIMITE PLASTICO		
PCPW	22.15	22.63
PCPS	20.39	20.73
PC	12.87	12.45
%W	**23.40**	**22.95**

LP =	**23.18**

IP =	**18.50**	-2.68
Línea A =	15.82	
SUCS =	**CL**	



PROYECTO: CORREDOR VIAL SAN JOSE - CARTAGO

SECCION : AUTOPISTA FLORENCIO DEL CASTILLO

TIPO MATERIAL:ARCILLA LIMOSA DE MEDIA PLASTICIDAD
COLOR CAFÉ OSCURO

USADO COMO CAPA DE: SUB-RASANTE

FECHA: NOVIEMBRE 2000

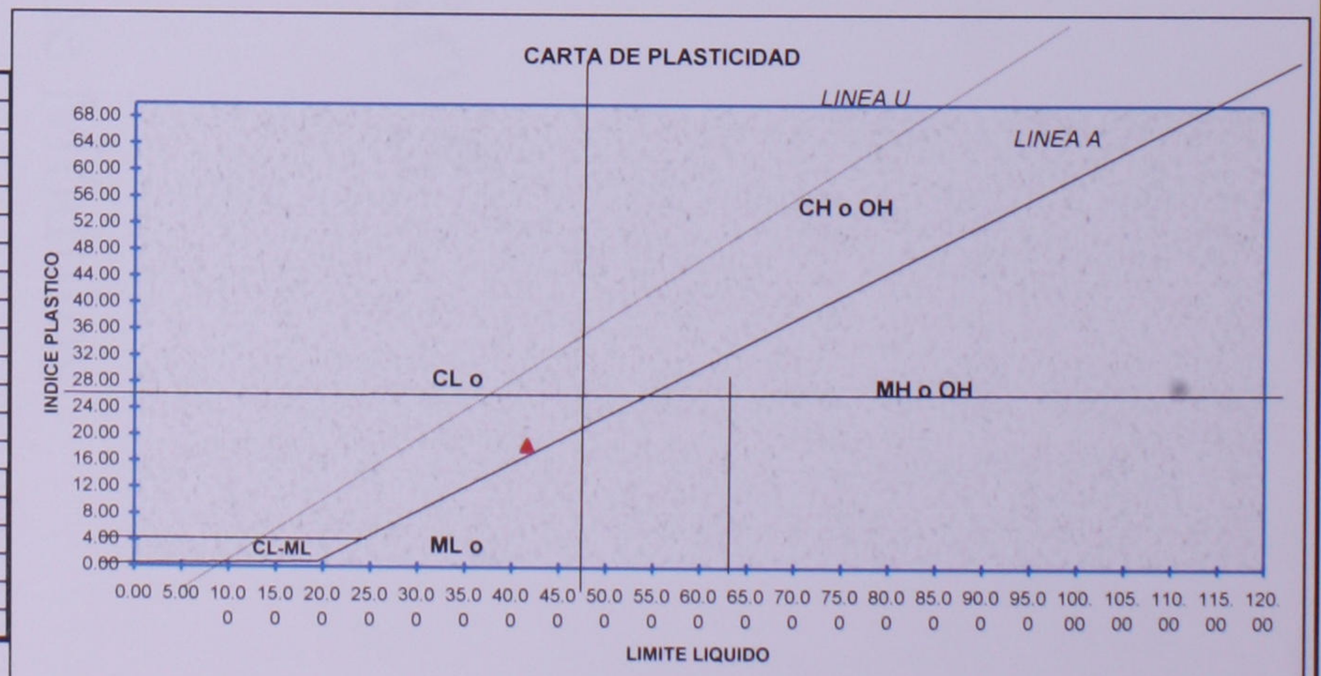
ESTACION : 11+000

LADO : LINEA DE CENTRO

VER UBICACIÓN EN MAPA

PROFUNDIDAD: 1.05 mt.

EXPLORACION No. 6



ANEXO 5

Retrocálculo de Módulos Resilentes

RETROCALCULO DE MODULOS

Y

ESTIMACIÓN DEL "SN" REMANENTE

$$SN = a_1d_1 + a_2dm_2d_2 + a_3m_3d_3$$

1- AUTOPISTA ESTADO DE ISRAEL.

Estructura promedio existente.
Lado derecho.

CA	7"	Mr = 400.000 psi	$a_1 = 0.42$
BG	6.3"	Mr = 30.000 psi	$a_2 = 0.14$
SUB	6.3"	Mr = 12.000 psi	$a_3 = 0.09$
Subrasante		Mr = 6.750 psi	

RRD = $0.24x10^{-1}$ pulg = 74 mm/100 **SN = 4.27**

Estructura promedio existente.
Lado izquierdo.

CA	6.8"	Mr = 100.000 psi	$a_1 = 0.19$
BG	6.7"	Mr = 12.000 psi	$a_2 = 0.05$
SUB	6.3"	Mr = 10.000 psi	$a_3 = 0.08$
Subrasante		Mr = 6.000 psi	

RRD = $0.49x10^{-1}$ pulg = 126 mm/100 **SN = 2.03**

2- CURRIDABAT – TRES RIOS.

Estructura promedio existente.

CA	4.13"	Mr = 300.000 psi	$a_1 = 0.37$
BE	6.0"	Mr = 220.000 psi	$a_2 = 0.18$
SUB	6.7"	Mr = 12.000 psi	$a_3 = 0.09$
Subrasante		Mr = 6.750 psi	

RRD = $0.29x10^{-1}$ pulg = 73 mm/100 SN = 3.09

3- TRES RIOS – CARTAGO.

Estructura promedio existente.

CA	5.5"	Mr = 300.000 psi	$a_1 = 0.37$
BG	6.0"	Mr = 30.000 psi	$a_2 = 0.14$
SUB	6.3"	Mr = 12.000 psi	$a_3 = 0.09$
Subrasante		Mr = 6.300 psi	

RRD = $0.37x10^{-1}$ pulg = 95 mm/100 SN = 3.32

ELASTIC SYSTEM - ESTADO DE ISRAEL IZQ

LAYER	ELASTIC MODULUS	POISSONS RATIO	THICKNESS
1	100000.	.350	6.800 IN
2	12000.	.400	6.700 IN
3	10000.	.400	6.300 IN
4	6000.	.450	SEMI-INFINITE

TWO LOAD(S), EACH LOAD AS FOLLOWS

TOTAL LOAD..... 9000.00 LBS
LOAD STRESS.... 80.00 PSI
LOAD RADIUS.... 5.98 IN

	LOCATED AT	
LOAD	X	Y
1	.000	.000
2	.000	60.000

RESULTS REQUESTED FOR SYSTEM LOCATION(S)

DEPTH(S)
Z= .00
X-Y POINT(S)

X	Y
.00	.00
.00	30.00

Z= .00 LAYER NO, 1

X	Y
.00	.00
.00	30.00

NORMAL STRESSES		
SXX	-.1384E+03	-.8627E+01
SYY	-.1362E+03	.1072E+02
SZZ	-.8003E+02	-.5343E+00

SHEAR STRESSES		
SXY	.0000E+00	.0000E+00
SXZ	.0000E+00	.0000E+00
SYZ	-.5289E-06	.0000E+00

PRINCIPAL STRESSES		
PS 1	-.8003E+02	.1072E+02
PS 2	-.1362E+03	-.5343E+00
PS 3	-.1384E+03	-.8627E+01

PRINCIPAL SHEAR STRESSES		
PSS 1	.2918E+02	.9672E+01
PSS 2	.2809E+02	.5626E+01
PSS 3	.1094E+01	.4046E+01

DISPLACEMENTS

UX	.0000E+00	.0000E+00
UY	.6746E-03	.0000E+00
UZ	.4827E-01	.2785E-01

NORMAL STRAINS

EXX	-.6271E-03	-.1219E-03
EYY	-.5976E-03	.1392E-03
EZZ	.1608E-03	-.1266E-04

SHEAR STRAINS

EXY	.0000E+00	.0000E+00
EXZ	.0000E+00	.0000E+00
EYZ	-.1428E-10	.0000E+00

PRINCIPAL STRAINS

PE 1	.1608E-03	.1392E-03
PE 2	-.5976E-03	-.1266E-04
PE 3	-.6271E-03	-.1219E-03

PRINCIPAL SHEAR STRAINS

PSE 1	.7879E-03	.2612E-03
PSE 2	.7584E-03	.1519E-03
PSE 3	.2953E-04	.1092E-03

ELASTIC SYSTEM - ESTADO DE ISRAEL DER

LAYER	ELASTIC MODULUS	POISSONS RATIO	THICKNESS
1	400000.	.350	7.000 IN
2	30000.	.400	6.300 IN
3	12000.	.400	6.300 IN
4	6750.	.450	SEMI-INFINITE

TWO LOAD(S), EACH LOAD AS FOLLOWS

TOTAL LOAD..... 9000.00 LBS
LOAD STRESS.... 80.00 PSI
LOAD RADIUS.... 5.98 IN

	LOCATED AT	
LOAD	X	Y
1	.000	.000
2	.000	60.000

RESULTS REQUESTED FOR SYSTEM LOCATION(S)

DEPTH(S)
Z= .00
X-Y POINT(S)

X	Y
.00	.00
.00	30.00

Z= .00 LAYER NO, 1

X	Y
.00	.00
.00	30.00

NORMAL STRESSES		
SXX	-.1758E+03	-.2629E+02
SYY	-.1692E+03	.1121E+02
SZZ	-.8003E+02	-.5343E+00

SHEAR STRESSES		
SXY	.0000E+00	.0000E+00
SXZ	.0000E+00	.0000E+00
SYZ	.1637E-05	.0000E+00

PRINCIPAL STRESSES		
PS 1	-.8003E+02	.1121E+02
PS 2	-.1692E+03	-.5343E+00
PS 3	-.1758E+03	-.2629E+02

PRINCIPAL SHEAR STRESSES		
PSS 1	.4788E+02	.1875E+02
PSS 2	.4459E+02	.5874E+01
PSS 3	.3289E+01	.1288E+02

DISPLACEMENTS

```
UX        .0000E+00   .0000E+00
UY        .5139E-03   .0000E+00
UZ        .2952E-01   .2402E-01

NORMAL STRAINS
EXX     -.2214E-03  -.7506E-04
EYY     -.1992E-03   .5150E-04
EZZ      .1018E-03   .1185E-04

SHEAR STRAINS
EXY       .0000E+00   .0000E+00
EXZ       .0000E+00   .0000E+00
EYZ       .1105E-10   .0000E+00

PRINCIPAL STRAINS
PE 1      .1018E-03   .5150E-04
PE 2     -.1992E-03   .1185E-04
PE 3     -.2214E-03  -.7506E-04

PRINCIPAL SHEAR STRAINS
PSE 1     .3232E-03   .1266E-03
PSE 2     .3010E-03   .3965E-04
PSE 3     .2220E-04   .8691E-04
```

ELASTIC SYSTEM - CURRIDABAT - TRES RI

LAYER	ELASTIC MODULUS	POISSONS RATIO	THICKNESS
1	300000.	.350	4.130 IN
2	220000.	.170	6.000 IN
3	12000.	.400	6.700 IN
4	6750.	.450	SEMI-INFINITE

TWO LOAD(S), EACH LOAD AS FOLLOWS

TOTAL LOAD..... 9000.00 LBS
LOAD STRESS.... 80.00 PSI
LOAD RADIUS.... 5.98 IN

LOAD	LOCATED AT X	Y
1	.000	.000
2	.000	60.000

RESULTS REQUESTED FOR SYSTEM LOCATION(S)

DEPTH(S)
Z= .00
X-Y POINT(S)

X	Y
.00	.00
.00	30.00

Z= .00 LAYER NO, 1

X	Y
.00	.00
.00	30.00

NORMAL STRESSES

SXX	-.1402E+03	-.2418E+02
SYY	-.1342E+03	.5293E+01
SZZ	-.8003E+02	-.5343E+00

SHEAR STRESSES

SXY	.0000E+00	.0000E+00
SXZ	.0000E+00	.0000E+00
SYZ	.1716E-05	.0000E+00

PRINCIPAL STRESSES

PS 1	-.8003E+02	.5293E+01
PS 2	-.1342E+03	-.5343E+00
PS 3	-.1402E+03	-.2418E+02

PRINCIPAL SHEAR STRESSES

PSS 1	.3010E+02	.1474E+02
PSS 2	.2711E+02	.2914E+01
PSS 3	.2998E+01	.1182E+02

DISPLACEMENTS

UX	.0000E+00	.0000E+00
UY	.6301E-03	.0000E+00
UZ	.2896E-01	.2429E-01

NORMAL STRAINS

EXX	-.2175E-03	-.8616E-04
EYY	-.1905E-03	.4648E-04
EZZ	.5346E-04	.2026E-04

SHEAR STRAINS

EXY	.0000E+00	.0000E+00
EXZ	.0000E+00	.0000E+00
EYZ	.1544E-10	.0000E+00

PRINCIPAL STRAINS

PE 1	.5346E-04	.4648E-04
PE 2	-.1905E-03	.2026E-04
PE 3	-.2175E-03	-.8616E-04

PRINCIPAL SHEAR STRAINS

PSE 1	.2709E-03	.1326E-03
PSE 2	.2440E-03	.2622E-04
PSE 3	.2698E-04	.1064E-03

ELASTIC SYSTEM - TRES RIOS-CARTAGO

LAYER	ELASTIC MODULUS	POISSONS RATIO	THICKNESS
1	300000.	.350	5.500 IN
2	30000.	.400	6.000 IN
3	12000.	.400	6.300 IN
4	6300.	.450	SEMI-INFINITE

TWO LOAD(S), EACH LOAD AS FOLLOWS

TOTAL LOAD..... 9000.00 LBS
LOAD STRESS.... 80.00 PSI
LOAD RADIUS.... 5.98 IN

LOAD	LOCATED AT X	Y
1	.000	.000
2	.000	60.000

RESULTS REQUESTED FOR SYSTEM LOCATION(S)

DEPTH(S)
Z= .00
X-Y POINT(S)

X	Y
.00	.00
.00	30.00

Z= .00 LAYER NO, 1

X	Y
.00	.00
.00	30.00

NORMAL STRESSES

SXX	-.1988E+03	-.1975E+02
SYY	-.1938E+03	.1593E+02
SZZ	-.8003E+02	-.5343E+00

SHEAR STRESSES

SXY	.0000E+00	.0000E+00
SXZ	.0000E+00	.0000E+00
SYZ	.5053E-06	.0000E+00

PRINCIPAL STRESSES

PS 1	-.8003E+02	.1593E+02
PS 2	-.1938E+03	-.5343E+00
PS 3	-.1988E+03	-.1975E+02

PRINCIPAL SHEAR STRESSES

PSS 1	.5939E+02	.1784E+02
PSS 2	.5688E+02	.8233E+01
PSS 3	.2511E+01	.9609E+01

DISPLACEMENTS

UX	.0000E+00	.0000E+00
UY	.5056E-03	.0000E+00
UZ	.3696E-01	.2636E-01

NORMAL STRAINS

EXX	-.3432E-03	-.8381E-04
EYY	-.3206E-03	.7677E-04
EZZ	.1913E-03	.2678E-05

SHEAR STRAINS

EXY	.0000E+00	.0000E+00
EXZ	.0000E+00	.0000E+00
EYZ	.4548E-11	.0000E+00

PRINCIPAL STRAINS

PE 1	.1913E-03	.7677E-04
PE 2	-.3206E-03	.2678E-05
PE 3	-.3432E-03	-.8381E-04

PRINCIPAL SHEAR STRAINS

PSE 1	.5345E-03	.1606E-03
PSE 2	.5119E-03	.7409E-04
PSE 3	.2260E-04	.8648E-04

ANEXO 6

Diseño de Pavimentos
Flexibles

ANEXO 6

Diseño de Pavimentos Flexibles

CARACTERISTICAS DEL TRANSITO EN EL PROYECTO
AUTOPISTA ESTADO DE ISRAEL , 4 carriles

TPD inicial	35655	ambos sentidos
TPD un sentido	17828	un sólo sentido
factor carril dis.	0.8	un sólo sentido, carril de diseño
TPD carril dis.	14262	

% crec. inicial	1.485

Distribución vehicular y factor camión por tipo de vehículo (dos sentidos, todos los carriles)

Tipo de vehículo	Livianos	Carga liviana	Bus	C2	C3	T3-S2
Porcentaje	65.2	25.4	4.0	3.9	1.1	0.3
EEQ / tipo vehíc.	0.0050	0.3900	0.9500	0.9500	1.4500	2.7000

ECUACION DE DISEÑO DE LA AASHTO: PAVIMENTOS FLEXIBLES

AUTOPISTA ESTADO DE ISRAEL , 4 carriles

Material	MR (psi)	ai	mi
Carpeta	X	0.4	1
Base	600000	0.3	1
Sub-base	12000	0.09	0.8
Sub-rasante	6750	X	1
Sobrecapa	X	0.4	1

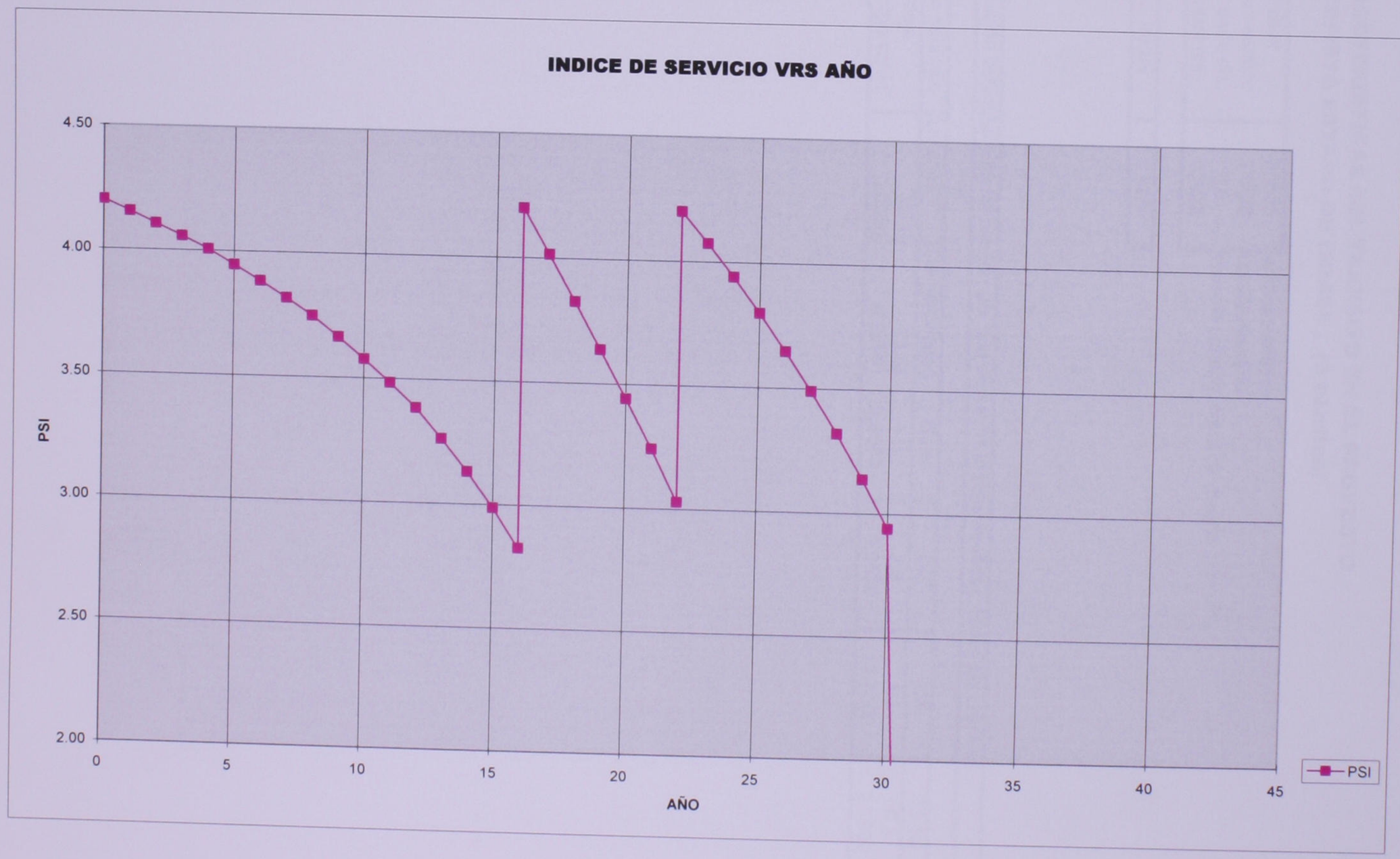
Datos de diseño	
EEq.	38792673.8
Pt	2.25
R (%)	85
So	0.4
tipo (N,U,R)	N
TPD dis.	14262
año diseño	30

Parámetros desempeño	
PSI min.	2.25
IRI max.	4.5

			Espesores		
	ai	mi	Disenho	Usuario	mínimos
Carpeta	0.4	1	6.52419802	12	5
Base	0.3	1	32.8227236	23	15
Sub-base	0.09	0.8	26	25	X
Sobrecapa A	0.4	1	10	5	10
Sobrecapa B	0.4	1	10.06954	5	7.5

SN revisado	5.64114027

AUTOPISTA ESTADO DE ISRAEL , pavimento flexible 4 carriles



CARACTERISTICAS DEL TRANSITO EN EL PROYECTO
AUTOPISTA ESTADO DE ISRAEL , (6 carriles)

TPD inicial	35655	ambos sentidos
TPD un sentido	17828	un sólo sentido
factor carril dis.	0.6	un sólo sentido, carril de diseño
TPD carril dis.	10697	

% crec. inicial	1.485

Distribución vehicular y factor camión por tipo de vehículo (dos sentidos, todos los carriles)

Tipo de vehículo	Livianos	Carga liviana	Bus	C2	C3	T3-S2	Otro No. 1
Porcentaje	65.2	25.4	4.0	3.9	1.1	0.3	0.0
EEQ / tipo vehíc.	0.0050	0.3900	0.9500	0.9500	1.4500	2.7000	0.0000

ECUACION DE DISEÑO DE LA AASHTO: PAVIMENTOS FLEXIBLES

AUTOPISTA ESTADO DE ISRAEL , pavimento flexible (6 carriles)

Material	MR (psi)	ai	mi
Carpeta	X	0.4	1
Base	600000	0.3	1
Sub-base	12000	0.09	0.8
Sub-rasante	6750	X	1
Sobrecapa	X	0.4	1

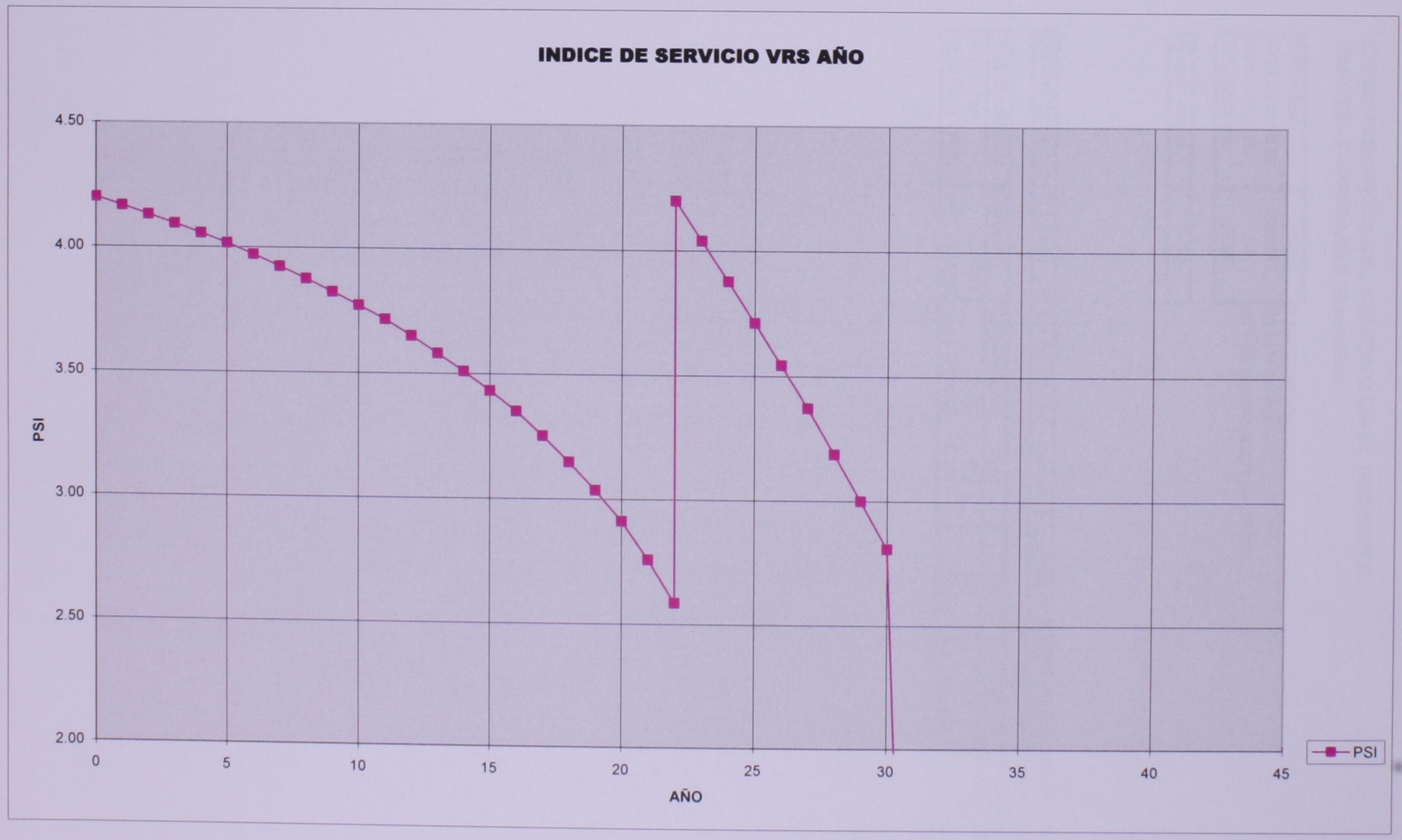
Datos de diseño	
EEq.	29094505.3
Pt	2.25
R (%)	85
So	0.4
tipo (N,U,R)	N
TPD dis.	10696.5
año diseño	30

Parámetros desempeño	
PSI min.	2.25
IRI max.	4.5

			Espesores		
	ai	mi	Disenho	Usuario	mínimos
Carpeta	0.4	1	6.13229862	12	5
Base	0.3	1	31.5622558	23	15
Sub-base	0.09	0.8	26	25	X
Sobrecapa A	0.4	1	10	5	10
Sobrecapa B	0.4	1	7.5	5	7.5

SN revisado	5.43054968

AUTOPISTA ESTADO DE ISRAEL , pavimento flexible (6 carriles)



CARACTERISTICAS DEL TRANSITO EN EL PROYECTO ZAPOTE - CURRIDABAT 4 carriles

TPD inicial	46454	ambos sentidos
TPD un sentido	23227	un sólo sentido
factor carril dis.	0.8	un sólo sentido, carril de diseño
TPD carril dis.	18582	

% crec. inicial	1.485

Distribución vehicular y factor camión por tipo de vehículo (dos sentidos, todos los carriles)

Tipo de vehículo	Livianos	Carga liviana	Bus	C2	C3	T3-S2
Porcentaje	65.2	25.4	4.0	3.9	1.1	0.3
EEQ / tipo vehíc.	0.0050	0.3900	0.9500	0.9500	1.4500	2.7000

ECUACION DE DISEÑO DE LA AASHTO: PAVIMENTOS FLEXIBLES
ZAPOTE - CURRIDABAT opción en pavimento flexible 4 carriles

Material	MR (psi)	ai	mi
Carpeta	X	0.4	1
Base	600000	0.3	1
Sub-base	14800	0.11	0.8
Sub-rasante	6750	X	1
Sobrecapa	X	0.4	1

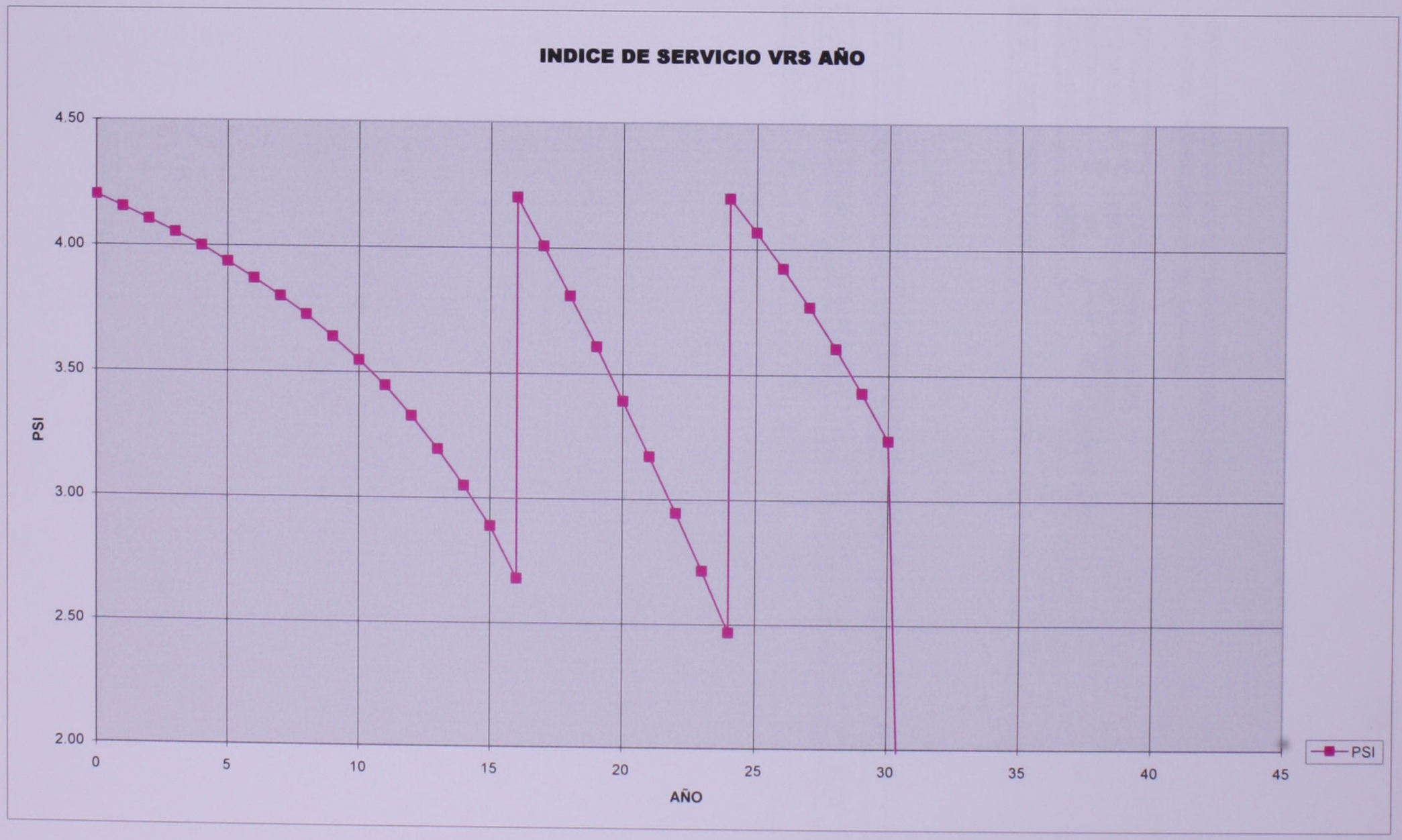
Datos de diseño	
EEq.	50541996
Pt	2.25
R (%)	85
So	0.4
tipo (N,U,R)	N
TPD dis.	18581.6
año diseño	30

Parámetros desempeño	
PSI min.	2.25
IRI max.	4.5

	ai	mi	Espesores		
			Disenho	Usuario	mínimos
Carpeta	0.4	1	6.89580997	12	5
Base	0.3	1	31.4765244	20	15
Sub-base	0.11	0.8	30	35	X
Sobrecapa A	0.4	1	10	5	10
Sobrecapa B	0.4	1	10.6498772	5	7.5

SN revisado	5.84302414

ZAPOTE - CURRIDABAT opción en pavimento flexible 4 carriles



CARACTERISTICAS DEL TRANSITO EN EL PROYECTO ZAPOTE - CURRIDABAT (6 carriles)

TPD inicial	46454	ambos sentidos
TPD un sentido	23227	un sólo sentido
factor carril dis.	0.6	un sólo sentido, carril de diseño
TPD carril dis.	13936	

% crec. inicial	1.485

Distribución vehicular y factor camión por tipo de vehículo (dos sentidos, todos los carriles)

Tipo de vehículo	Livianos	Carga liviana	Bus	C2	C3	T3-S2
Porcentaje	65.2	25.4	4.0	3.9	1.1	0.3
EEQ / tipo vehíc.	0.0050	0.3900	0.9500	0.9500	1.4500	2.7000

ECUACION DE DISEÑO DE LA AASHTO: PAVIMENTOS FLEXIBLES
ZAPOTE - CURRIDABAT opción en pavimento flexible (6 carriles)

Material	MR (psi)	ai	mi
Carpeta	X	0.4	1
Base	600000	0.3	1
Sub-base	14800	0.11	0.8
Sub-rasante	6750	X	1
Sobrecapa	X	0.4	1

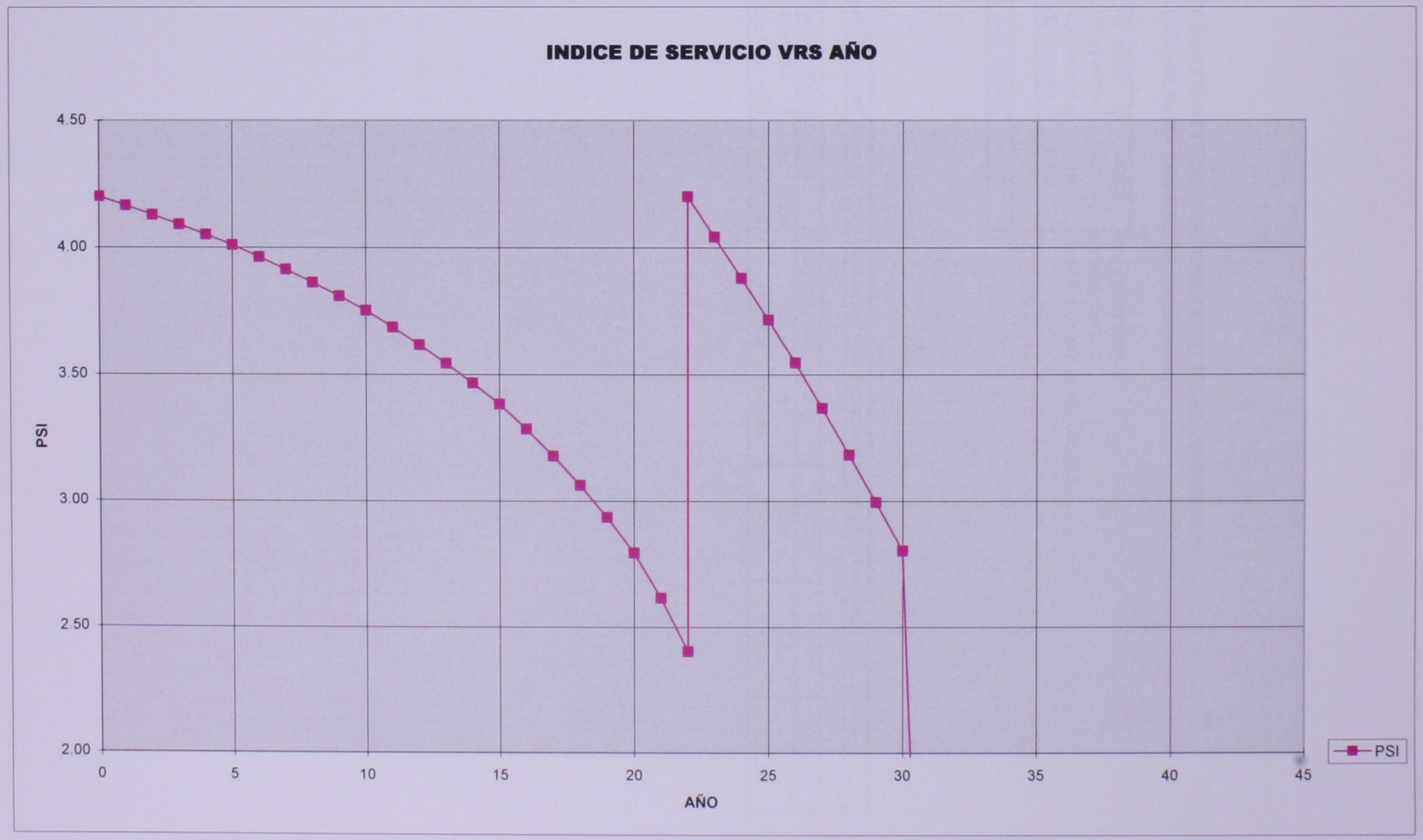
Datos de diseño	
EEq.	37906497
Pt	2.25
R (%)	85
So	0.4
tipo (N,U,R)	N
TPD dis.	13936.2
año diseño	30

Parámetros desempeño	
PSI min.	2.25
IRI max.	4.5

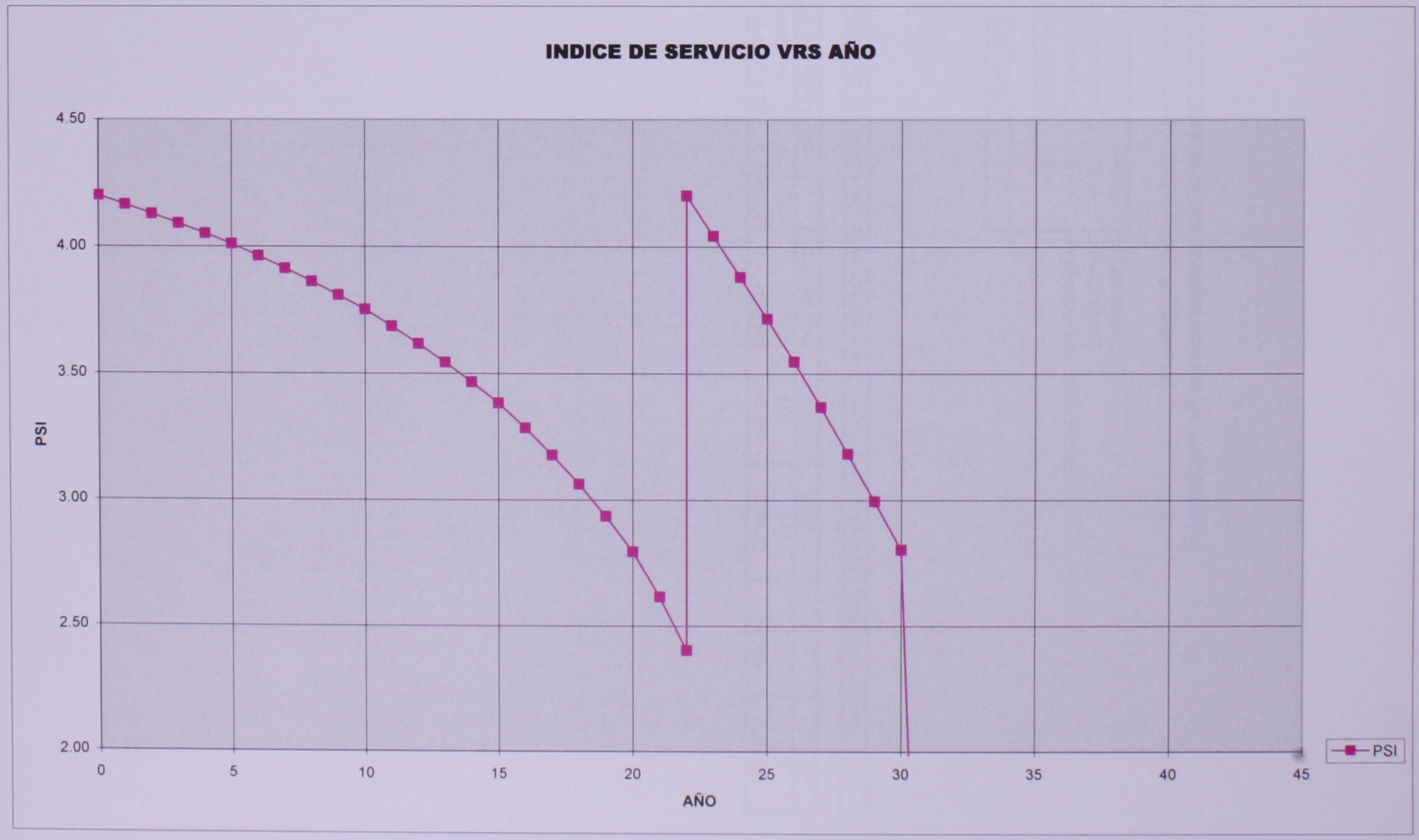
			Espesores		
	ai	mi	Disenho	Usuario	mínimos
Carpeta	0.4	1	6.49227113	12	5
Base	0.3	1	30.1737475	20	15
Sub-base	0.11	0.8	30	35	X
Sobrecapa A	0.4	1	10	5	10
Sobrecapa B	0.4	1	7.5	5	7.5

SN revisado	5.62560343

ZAPOTE - CURRIDABAT opción en pavimento flexible (6 carriles)



ZAPOTE - CURRIDABAT opción en pavimento flexible (6 carriles)



CARACTERISTICAS DEL TRANSITO EN EL PROYECTO
CURRIDABAT - TRES RIOS (4 carriles)

TPD inicial	34868	ambos sentidos
TPD un sentid	17434	un sólo sentido
factor carril dis	0.8	un sólo sentido, carril de diseño
TPD carril dis.	13947	

% crec. inicial	3.1

Distribución vehicular y factor camión por tipo de vehículo (dos sentidos, todos los carriles)

Tipo de vehícu	Livianos	Carga liviana	Bus	C2	C3	T3-S2
Porcentaje	59.3	23.1	4.9	7.8	2.2	2.7
EEQ / tipo veh	0.0050	0.3900	0.9500	0.9500	1.4500	2.7000

ECUACION DE DISEÑO DE LA AASHTO: PAVIMENTOS FLEXIBLES

CURRIDABAT - TRES RIOS opción en pavimento flexible (4 carriles)

Material	MR (psi)	ai	mi
Carpeta	X	0.4	1
Base	600000	0.3	1
Sub-base	12000	0.09	0.8
Sub-rasante	6750	X	1
Sobrecapa	X	0.4	1

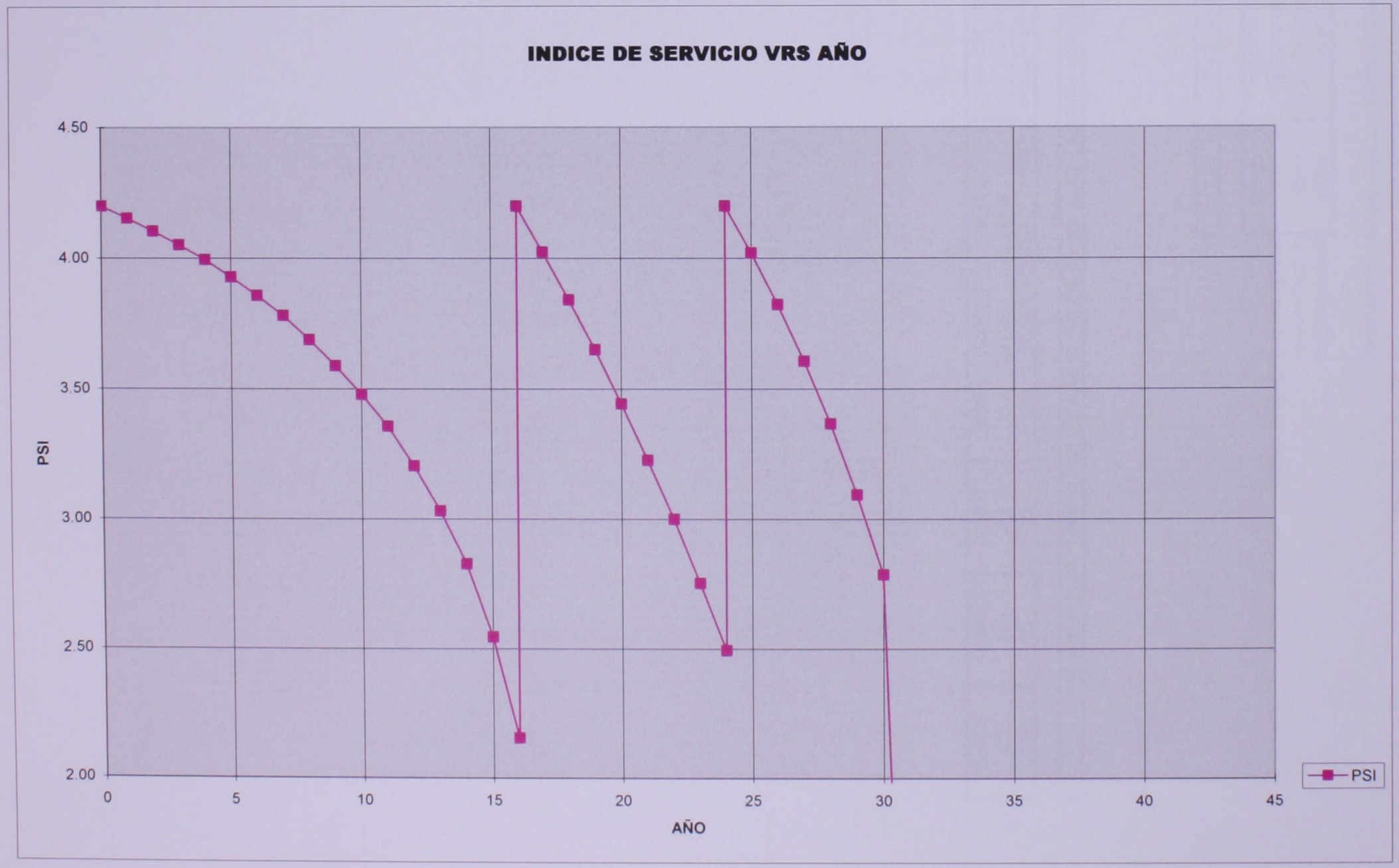
Datos de diseño	
EEq.	79185980.1
Pt	2.25
R (%)	85
So	0.4
tipo (N,U,R)	N
TPD dis.	13947.2
año diseño	30

Parámetros desempeño	
PSI min.	2.25
IRI max.	4.5

			Espesores		
	ai	mi	Disenho	Usuario	mínimos
Carpeta	0.4	1	7.55183241	14	5
Base	0.3	1	38.2910957	25	15
Sub-base	0.09	0.8	17	16	X
Sobrecapa A	0.4	1	10	6	10
Sobrecapa B	0.4	1	10.1235148	5	7.5

SN revisado	6.19372507

CURRIDABAT - TRES RIOS opción en pavimento flexible (4 carriles)



CARACTERISTICAS DEL TRANSITO EN EL PROYECTO
CURRIDABAT - TRES RIOS (6 carriles)

TPD inicial	34868	ambos sentidos
TPD un sentido	17434	un sólo sentido
factor carril dis.	0.6	un sólo sentido, carril de diseño
TPD carril dis.	10460	

% crec. inicial	3.1

Distribución vehicular y factor camión por tipo de vehículo (dos sentidos, todos los carriles)

Tipo de vehículo	Livianos	Carga liviana	Bus	C2	C3	T3-S2
Porcentaje	59.3	23.1	4.9	7.8	2.2	2.7
EEQ / tipo vehíc.	0.0050	0.3900	0.9500	0.9500	1.4500	2.7000

ECUACION DE DISEÑO DE LA AASHTO: PAVIMENTOS FLEXIBLES

CURRIDABAT - TRES RIOS opción en pavimento flexible (6 carriles)

Material	MR (psi)	ai	mi
Carpeta	X	0.4	1
Base	600000	0.3	1
Sub-base	12000	0.09	0.8
Sub-rasante	6750	X	1
Sobrecapa	X	0.4	1

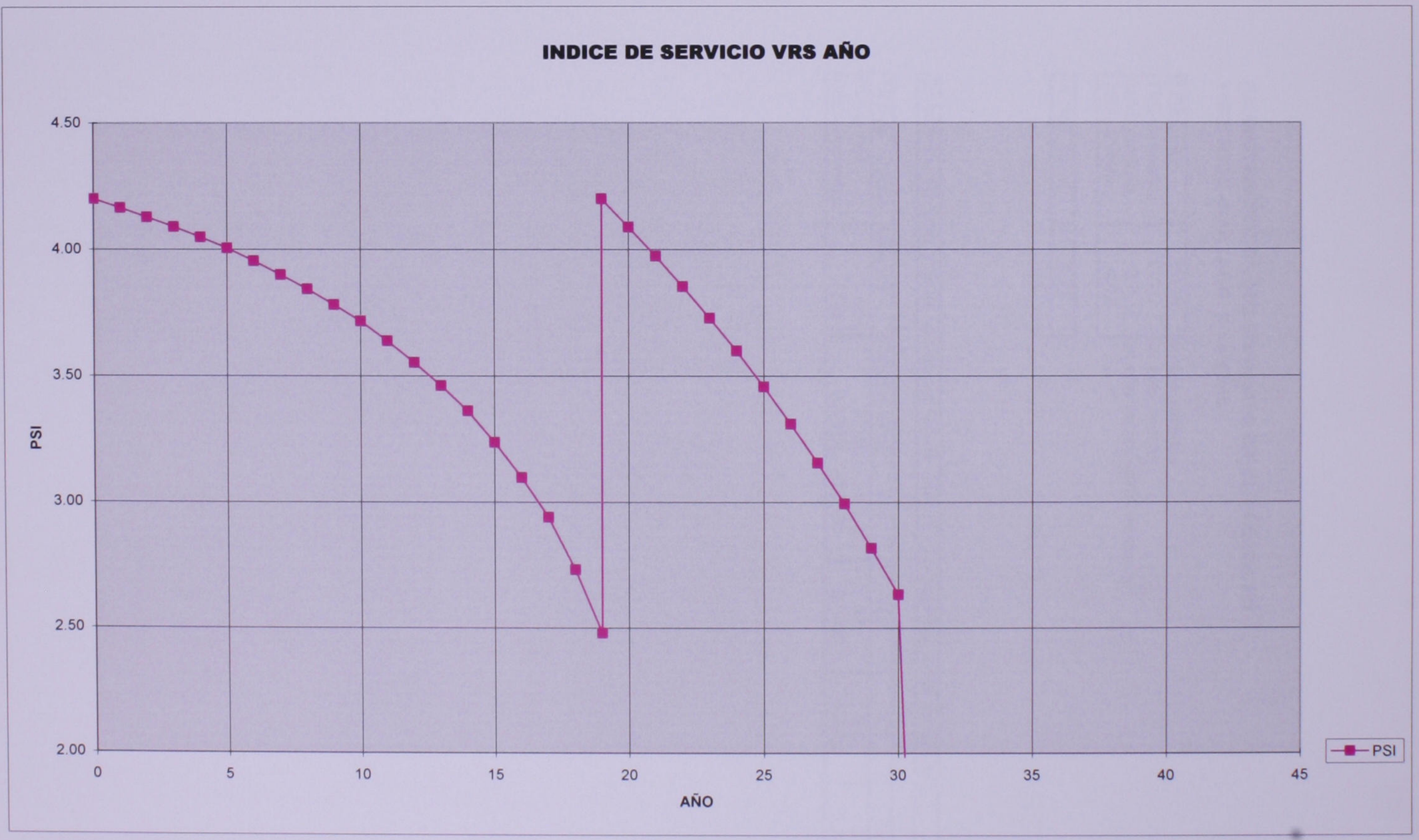
Datos de diseño	
EEq.	59389485.1
Pt	2.25
R (%)	85
So	0.4
tipo (N,U,R)	N
TPD dis.	10460.4
año diseño	30

Parámetros desempeño	
PSI min.	2.25
IRI max.	4.5

			Espesores		
	ai	mi	Disenho	Usuario	mínimos
Carpeta	0.4	1	7.12789439	14	5
Base	0.3	1	36.9400486	25	15
Sub-base	0.09	0.8	17	16	X
Sobrecapa A	0.4	1	10	7	10
Sobrecapa B	0.4	1	7.5	5	7.5

SN revisado	5.96739068

CURRIDABAT - TRES RIOS opción en pavimento flexible (6 carriles)



CARACTERISTICAS DEL TRANSITO EN EL PROYECTO
TRES RIOS -CARTAGO 4 carriles

TPD inicial	35174	ambos sentidos
TPD un sentido	17587	un sólo sentido
factor carril dis.	0.8	un sólo sentido, carril de diseño
TPD carril dis.	14070	

% crec. inicial	2.45

Distribución vehicular y factor camión por tipo de vehículo (dos sentidos, todos los carriles)

Tipo de vehículo	Livianos	Carga liviana	Bus	C2	C3	T3-S2
Porcentaje	58.0	22.6	4.3	9.0	2.5	3.6
EEQ / tipo vehíc.	0.0050	0.3900	0.9500	0.9500	1.4500	2.7000

ECUACION DE DISEÑO DE LA AASHTO: PAVIMENTOS FLEXIBLES

TRES RIOS -CARTAGO opción en pavimento flexible 4 carriles

Material	MR (psi)	ai	mi
Carpeta	X	0.4	1
Base	600000	0.3	1
Sub-base	12000	0.09	0.8
Sub-rasante	6000	X	1
Sobrecapa	X	0.4	1

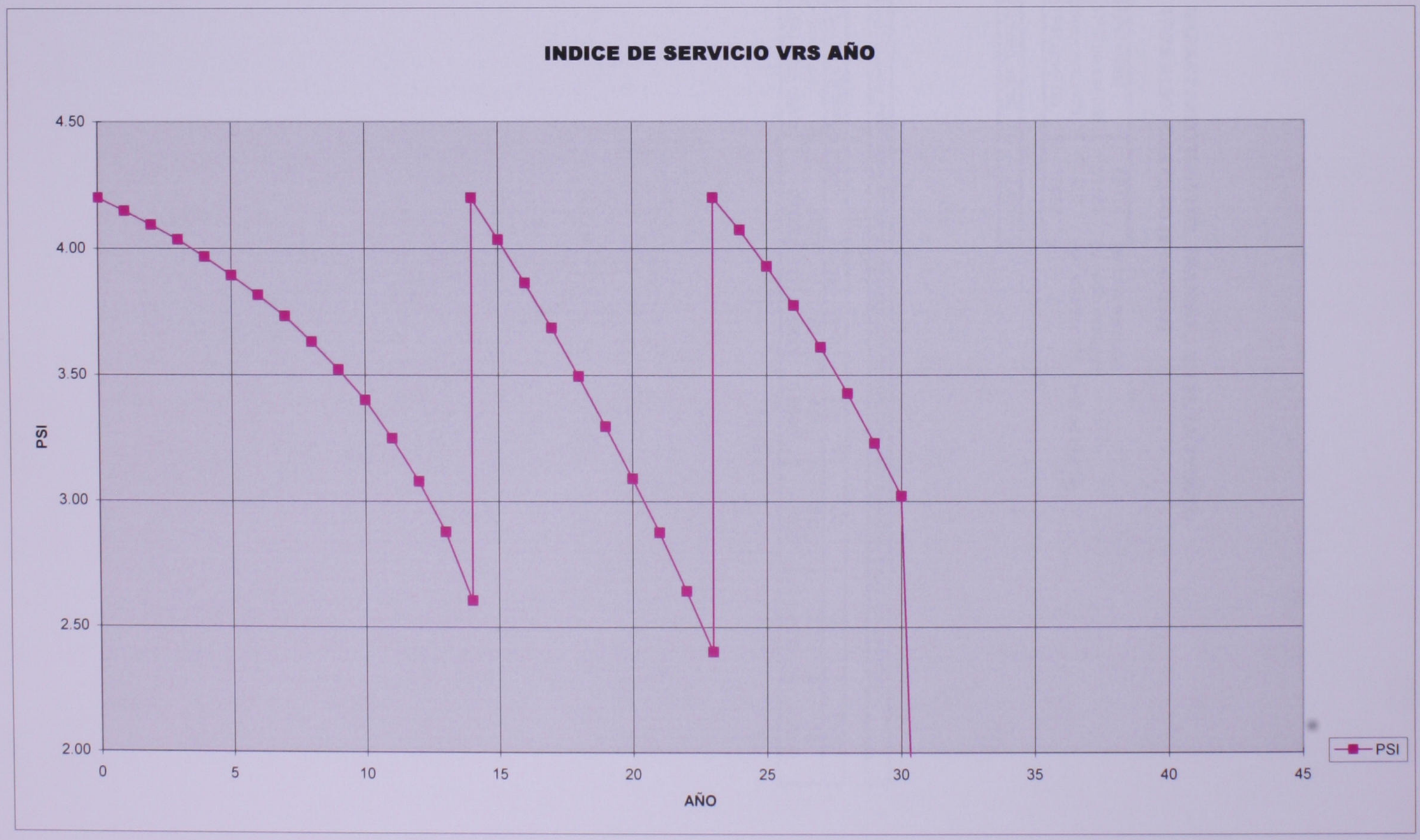
Datos de diseño	
EEq.	78610800.1
Pt	2.25
R (%)	85
So	0.4
tipo (N,U,R)	N
TPD dis.	14069.6
año diseño	30

Parámetros desempeño	
PSI min.	2.25
IRI max.	4.5

			Espesores		
	ai	mi	Disenho	Usuario	mínimos
Carpeta	0.4	1	7.54128109	15	5
Base	0.3	1	40.1247835	25	15
Sub-base	0.09	0.8	17	17	X
Sobrecapa A	0.4	1	10	6	10
Sobrecapa B	0.4	1	13.0557753	5	7.5

SN revisado	6.40864075

TRES RIOS -CARTAGO opción en pavimento flexible 4 carriles



CARACTERISTICAS DEL TRANSITO EN EL PROYECTO
TRES RIOS -CARTAGO (6 carriles)

TPD inicial	35174	ambos sentidos
TPD un sentido	17587	un sólo sentido
factor carril dis.	0.6	un sólo sentido, carril de diseño
TPD carril dis.	10552	

% crec. inicial	2.45

Distribución vehicular y factor camión por tipo de vehículo (dos sentidos, todos los carriles)

Tipo de vehículo	Livianos	Carga liviana	Bus	C2	C3	T3-S2
Porcentaje	58.0	22.6	4.3	9.0	2.5	3.6
EEQ / tipo vehíc.	0.0050	0.3900	0.9500	0.9500	1.4500	2.7000

ECUACION DE DISEÑO DE LA AASHTO: PAVIMENTOS FLEXIBLES

TRES RIOS -CARTAGO opción en pavimento flexible (6 carriles)

Material	MR (psi)	ai	mi
Carpeta	X	0.4	1
Base	600000	0.3	1
Sub-base	12000	0.09	0.8
Sub-rasante	6000	X	1
Sobrecapa	X	0.4	1

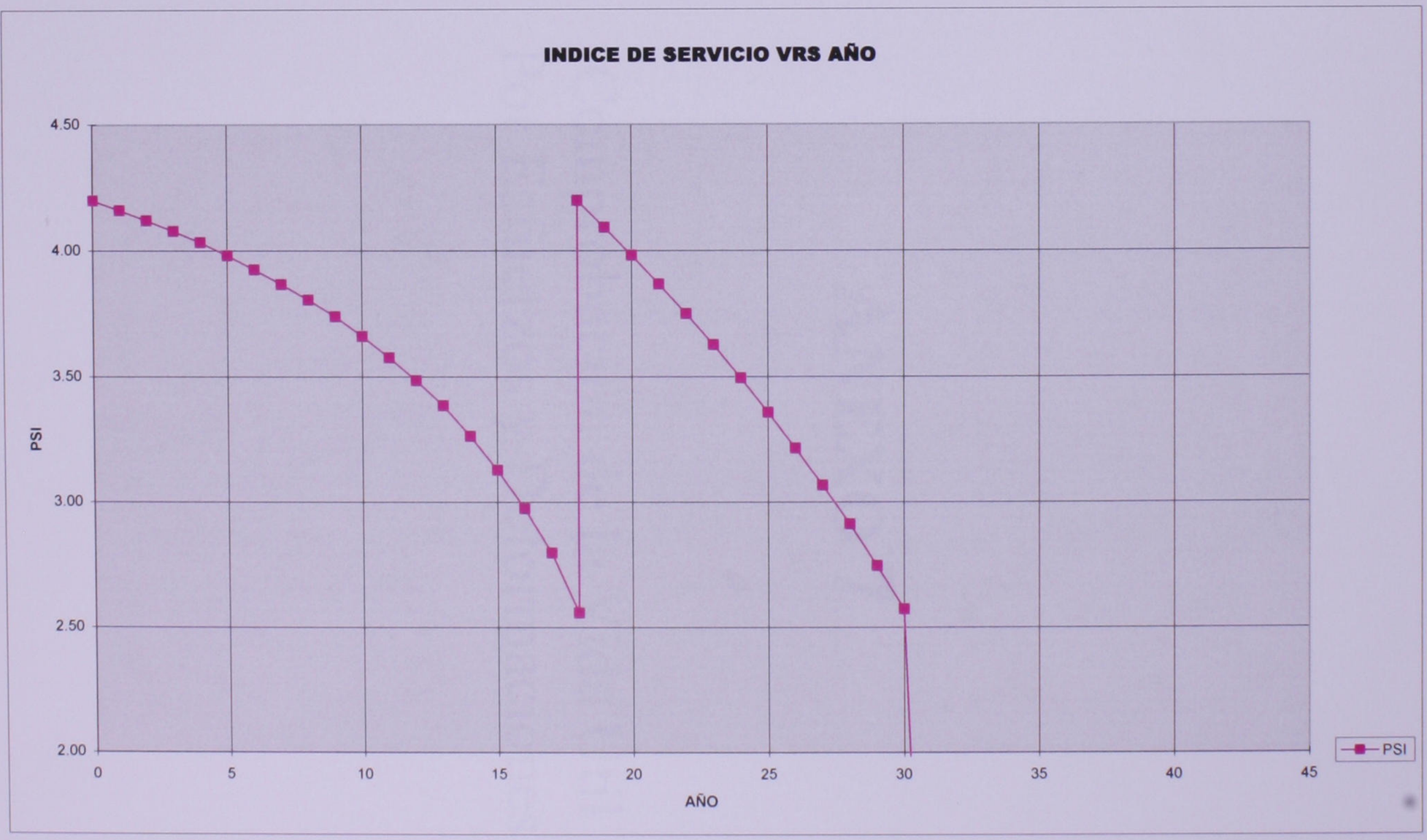
Datos de diseño	
EEq.	58958100.1
Pt	2.25
R (%)	85
So	0.4
tipo (N,U,R)	N
TPD dis.	10552.2
año diseño	30

Parámetros desempeño	
PSI min.	2.25
IRI max.	4.5

			Espesores		
	ai	mi	Disenho	Usuario	mínimos
Carpeta	0.4	1	7.11731781	15	5
Base	0.3	1	38.7250386	25	15
Sub-base	0.09	0.8	17	17	X
Sobrecapa A	0.4	1	10	7	10
Sobrecapa B	0.4	1	7.5	5	7.5

SN revisado	6.17655067

TRES RIOS -CARTAGO opción en pavimento flexible (6 carriles)



ANEXO 7

Comprobación de la Vida Util
Por Esfuerzos y Deformaciones

NUMBER OF PROBLEMS TO BE SOLVED = 1

```
**********************************************************************************************
*                                                                                            *
*     ESTADO DE ISRAEL 4 CARRILES                                                            *
*                                                                                            *
**********************************************************************************************
```

MATL = 1 FOR LINEAR ELASTIC LAYERED SYSTEM

NDAMA=1, SO DAMAGE ANALYSIS WILL BE PERFORMED

NUMBER OF PERIODS PER YEAR (NPY) = 1

NUMBER OF LOAD GROUPS (NLG) = 1

TOLERANCE FOR INTEGRATION (DEL) -- = .00100

NUMBER OF LAYERS (NL)---------- = 4

NUMBER OF Z COORDINATES (NZ)----- = 2

LIMIT OF INTEGRATION CYCLES (ICL)- = 80

COMPUTING CODE (NSTD)---------- = 9

THICKNESSES OF LAYERS (TH) ARE : 4.72000 9.00000 10.00000

POISSON'S RATIOS OF LAYERS (PR) ARE : .35000 .17000 .40000 .45000

ALL INTERFACES ARE FULLY BONDED

FOR PERIOD NO. 1 ELASTIC MODULI OF LAYERS ARE: .400000E+06 .600000E+06 .120000E+05 .675000E+04

LOAD GROUP NO. 1 HAS 2 CONTACT AREAS
CONTACT RADIUS (CR)---------- = 4.50000
CONTACT PRESSURE (CP)-------- = 90.00000
NO. OF POINTS AT WHICH RESULTS ARE DESIRED (NPT)-- = 3
WHEEL SPACING ALONG X-AXIS (XW)---------- = .00000
WHEEL SPACING ALONG Y-AXIS (YW)---------- = 13.50000
POINT NO. AND X AND Y COORDINATES ARE :
1 .00000 .00000 2 .00000 2.25000 3 .00000 6.75000

NUMBER OF LAYERS FOR BOTTOM TENSION (NLBT)---- = 2

NUMBER OF LAYERS FOR TOP COMPRESSION (NLTC)--- = 1

LAYER NO. FOR BOTTOM TENSION (LNBT) ARE : 1 2

LAYER NO. FOR TOP COMPRESSION (LNTC) ARE : 4

LOAD REPETITIONS (TNLR) IN PERIOD 1 FOR EACH LOAD GROUP ARE : 1290000.00

DAMAGE COEFFICIENTS (FT) FOR BOTTOM TENSION OF LAYER 1 ARE : .7960E-01 .3291E+01 .8540E+00

DAMAGE COEFFICIENTS (FT) FOR BOTTOM TENSION OF LAYER 2 ARE : .7960E-01 .3291E+01 .8540E+00

DAMAGE COEFFICIENTS (FT) FOR TOP COMPRESSION OF LAYER 4 ARE : .1365E-08 .4477E+01

DAMAGE ANALYSIS OF PERIOD NO. 1 LOAD GROUP NO. 1

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISP.	VERTICAL STRESS	MAJOR PRINCIPAL STRESS	INTERMEDIATE PRINCIPAL STRESS	MINOR PRINCIPAL STRESS	VERTICAL STRAIN	MAJOR PRINCIPAL STRAIN	MINOR PRINCIPAL STRAIN	HORIZONTAL PRINCIPAL STRAIN
1	4.72000	.1645E-01	.5644E+02	.5756E+02	.3418E+02	.3240E+02	.8186E-04	.8565E-04	.7264E-06	.4517E-05
1	13.72000	.1606E-01	.2508E+01	.2511E+01	-.4819E+02	-.5927E+02	.3463E-04	.3463E-04	-.8584E-04	-.8584E-04
1	23.72010	.1434E-01	.1561E+01	.1580E+01	.3357E+00	.3046E+00	.1874E-03	.1914E-03	-.8259E-04	-.8259E-04

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISP.	VERTICAL STRESS	MAJOR PRINCIPAL STRESS	INTERMEDIATE PRINCIPAL STRESS	MINOR PRINCIPAL STRESS	VERTICAL STRAIN	MAJOR PRINCIPAL STRAIN	MINOR PRINCIPAL STRAIN	HORIZONTAL PRINCIPAL STRAIN
2	4.72000	.1658E-01	.4884E+02	.5150E+02	.3217E+02	.3091E+02	.6457E-04	.7355E-04	.4056E-05	.8328E-05
2	13.72000	.1621E-01	.2578E+01	.2579E+01	-.4996E+02	-.6127E+02	.3581E-04	.3581E-04	-.8869E-04	-.8869E-04
2	23.72010	.1444E-01	.1594E+01	.1603E+01	.3388E+00	.3060E+00	.1926E-03	.1945E-03	-.8410E-04	-.8410E-04

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISP.	VERTICAL STRESS	MAJOR PRINCIPAL STRESS	INTERMEDIATE PRINCIPAL STRESS	MINOR PRINCIPAL STRESS	VERTICAL STRAIN	MAJOR PRINCIPAL STRAIN	MINOR PRINCIPAL STRAIN	HORIZONTAL PRINCIPAL STRAIN
3	4.72000	.1658E-01	.1812E+02	.3131E+02	.2306E+02	.1812E+02	-.2269E-05	.4225E-04	-.2269E-05	.1439E-04
3	13.72000	.1634E-01	.2603E+01	.2603E+01	-.4963E+02	-.6233E+02	.3606E-04	.3606E-04	-.9055E-04	-.9055E-04
3	23.72010	.1454E-01	.1619E+01	.1619E+01	.3420E+00	.3076E+00	.1965E-03	.1965E-03	-.8515E-04	-.8515E-04

AT BOTTOM OF LAYER 1 TENSILE STRAIN= .0000E+00 ALLOWABLE LOAD REPETITIONS= .10000E+31 DAMAGE RATIO= .00000E+00

AT BOTTOM OF LAYER 2 TENSILE STRAIN= -.9055E-04 ALLOWABLE LOAD REPETITIONS= .18715E+08 DAMAGE RATIO= .68930E-01

AT TOP OF LAYER 4 COMPRESSIVE STRAIN= .1965E-03 ALLOWABLE LOAD REPETITIONS= .53636E+08 DAMAGE RATIO= .24051E-01

```
****************************
* SUMMARY OF DAMAGE ANALYSIS *
****************************
```

AT BOTTOM OF LAYER 1 SUM OF DAMAGE RATIO= .00000E+00
AT BOTTOM OF LAYER 2 SUM OF DAMAGE RATIO= .68930E-01
AT TOP OF LAYER 4 SUM OF DAMAGE RATIO= .24051E-01

MAXIMUM DAMAGE RATIO= .68930E-01 **DESIGN LIFE IN YEARS= 14.51**

NUMBER OF PROBLEMS TO BE SOLVED = 1

****
*
* AUTOPISTA ESTADO DE ISRAEL 6 CARRILES *
*
****

MATL = 1 FOR LINEAR ELASTIC LAYERED SYSTEM

NDAMA=1, SO DAMAGE ANALYSIS WILL BE PERFORMED

NUMBER OF PERIODS PER YEAR (NPY) = 1

NUMBER OF LOAD GROUPS (NLG) = 1

TOLERANCE FOR INTEGRATION (DEL) -- = .00100

NUMBER OF LAYERS (NL)---------- = 4

NUMBER OF Z COORDINATES (NZ)----- = 2

LIMIT OF INTEGRATION CYCLES (ICL)- = 80

COMPUTING CODE (NSTD)---------- = 9

THICKNESSES OF LAYERS (TH) ARE : 4.72000 9.00000 10.00000

POISSON'S RATIOS OF LAYERS (PR) ARE : .35000 .17000 .40000 .45000

ALL INTERFACES ARE FULLY BONDED

FOR PERIOD NO. 1 ELASTIC MODULI OF LAYERS ARE: .400000E+06 .600000E+06 .120000E+05 .675000E+04

LOAD GROUP NO. 1 HAS 2 CONTACT AREAS
CONTACT RADIUS (CR)---------- = 4.50000
CONTACT PRESSURE (CP)-------- = 90.00000
NO. OF POINTS AT WHICH RESULTS ARE DESIRED (NPT)-- = 3
WHEEL SPACING ALONG X-AXIS (XW)---------- = .00000
WHEEL SPACING ALONG Y-AXIS (YW)---------- = 13.50000
POINT NO. AND X AND Y COORDINATES ARE :
1 .00000 .00000 2 .00000 2.25000 3 .00000 6.75000

NUMBER OF LAYERS FOR BOTTOM TENSION (NLBT)---- = 2

NUMBER OF LAYERS FOR TOP COMPRESSION (NLTC)--- = 1

LAYER NO. FOR BOTTOM TENSION (LNBT) ARE : 1 2

LAYER NO. FOR TOP COMPRESSION (LNTC) ARE : 4

LOAD REPETITIONS (TNLR) IN PERIOD 1 FOR EACH LOAD GROUP ARE : 970000.00

DAMAGE COEFFICIENTS (FT) FOR BOTTOM TENSION OF LAYER 1 ARE : .7960E-01 .3291E+01 .8540E+00

DAMAGE COEFFICIENTS (FT) FOR BOTTOM TENSION OF LAYER 2 ARE : .7960E-01 .3291E+01 .8540E+00

DAMAGE COEFFICIENTS (FT) FOR TOP COMPRESSION OF LAYER 4 ARE : .1365E-08 .4477E+01

DAMAGE ANALYSIS OF PERIOD NO. 1 LOAD GROUP NO. 1

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISP.	VERTICAL STRESS	MAJOR PRINCIPAL STRESS	INTERMEDIATE PRINCIPAL STRESS	MINOR PRINCIPAL STRESS	VERTICAL STRAIN	MAJOR PRINCIPAL STRAIN	MINOR PRINCIPAL STRAIN	HORIZONTAL PRINCIPAL STRAIN
1	4.72000	.1645E-01	.5644E+02	.5756E+02	.3418E+02	.3240E+02	.8186E-04	.8565E-04	.7264E-06	.4517E-05
1	13.72000	.1606E-01	.2508E+01	.2511E+01	-.4819E+02	-.5927E+02	.3463E-04	.3463E-04	-.8584E-04	-.8584E-04
1	23.72010	.1434E-01	.1561E+01	.1580E+01	.3357E+00	.3046E+00	.1874E-03	.1914E-03	-.8259E-04	-.8259E-04

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISP.	VERTICAL STRESS	MAJOR PRINCIPAL STRESS	INTERMEDIATE PRINCIPAL STRESS	MINOR PRINCIPAL STRESS	VERTICAL STRAIN	MAJOR PRINCIPAL STRAIN	MINOR PRINCIPAL STRAIN	HORIZONTAL PRINCIPAL STRAIN
2	4.72000	.1658E-01	.4884E+02	.5150E+02	.3217E+02	.3091E+02	.6457E-04	.7355E-04	.4056E-05	.8328E-05
2	13.72000	.1621E-01	.2578E+01	.2579E+01	-.4996E+02	-.6127E+02	.3581E-04	.3581E-04	-.8869E-04	-.8869E-04
2	23.72010	.1444E-01	.1594E+01	.1603E+01	.3388E+00	.3060E+00	.1926E-03	.1945E-03	-.8410E-04	-.8410E-04

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISP.	VERTICAL STRESS	MAJOR PRINCIPAL STRESS	INTERMEDIATE PRINCIPAL STRESS	MINOR PRINCIPAL STRESS	VERTICAL STRAIN	MAJOR PRINCIPAL STRAIN	MINOR PRINCIPAL STRAIN	HORIZONTAL PRINCIPAL STRAIN
3	4.72000	.1658E-01	.1812E+02	.3131E+02	.2306E+02	.1812E+02	-.2269E-05	.4225E-04	-.2269E-05	.1439E-04
3	13.72000	.1634E-01	.2603E+01	.2603E+01	-.4963E+02	-.6233E+02	.3606E-04	.3606E-04	-.9055E-04	-.9055E-04
3	23.72010	.1454E-01	.1619E+01	.1619E+01	.3420E+00	.3076E+00	.1965E-03	.1965E-03	-.8515E-04	-.8515E-04

AT BOTTOM OF LAYER 1 TENSILE STRAIN= .0000E+00 ALLOWABLE LOAD REPETITIONS= .10000E+31 DAMAGE RATIO= .00000E+00

AT BOTTOM OF LAYER 2 TENSILE STRAIN= -.9055E-04 ALLOWABLE LOAD REPETITIONS= .18715E+08 DAMAGE RATIO= .51831E-01

AT TOP OF LAYER 4 COMPRESSIVE STRAIN= .1965E-03 ALLOWABLE LOAD REPETITIONS= .53636E+08 DAMAGE RATIO= .18085E-01

****
* SUMMARY OF DAMAGE ANALYSIS *
****
AT BOTTOM OF LAYER 1 SUM OF DAMAGE RATIO= .00000E+00
AT BOTTOM OF LAYER 2 SUM OF DAMAGE RATIO= .51831E-01
AT TOP OF LAYER 4 SUM OF DAMAGE RATIO= .18085E-01

MAXIMUM DAMAGE RATIO= .51831E-01 **DESIGN LIFE IN YEARS= 22.59**

NUMBER OF PROBLEMS TO BE SOLVED = 1

****
*
* JACTE CURRIDABAT 4 CARRILES
*
****

MATL = 1 FOR LINEAR ELASTIC LAYERED SYSTEM

NDAMA=1, 3D DAMAGE ANALYSIS WILL BE PERFORMED

NUMBER OF PERIODS PER YEAR (NPY) = 1

NUMBER OF LOAD GROUPS (NLG) = 1

TOLERANCE FOR INTEGRATION (DEL) -- = .00100

NUMBER OF LAYERS (NL)---------- = 4

NUMBER OF Z COORDINATES (NZ)------ = 2

LIMIT OF INTEGRATION CYCLES (ICL)- = 80

COMPUTING CODE (NSTD)---------- = 9

THICKNESSES OF LAYERS (TH) ARE : 4.72000 9.00000 13.80000

POISSON'S RATIOS OF LAYERS (PR) ARE : .35000 .17000 .40000 .45000

ALL INTERFACES ARE FULLY BONDED

FOR PERIOD NO. 1 ELASTIC MODULI OF LAYERS ARE: .400000E+06 .600000E+06 .120000E+05 .675000E+04

LOAD GROUP NO. 1 HAS 2 CONTACT AREAS
CONTACT RADIUS (CR)---------- = 4.50000
CONTACT PRESSURE (CP)-------- = 80.00000
NO. OF POINTS AT WHICH RESULTS ARE DESIRED (NPT)-- = 3
WHEEL SPACING ALONG X-AXIS (XW)---------- = .00000
WHEEL SPACING ALONG Y-AXIS (YW)---------- = 13.50000
POINT NO. AND X AND Y COORDINATES ARE :
1 .00000 .00000 2 .00000 2.25000 3 .00000 6.75000

NUMBER OF LAYERS FOR BOTTOM TENSION (NLBT)---- = 2

NUMBER OF LAYERS FOR TOP COMPRESSION (NLTC)--- = 1

LAYER NO. FOR BOTTOM TENSION (LNBT) ARE : 1 2

LAYER NO. FOR TOP COMPRESSION (LNTC) ARE : 4

LOAD REPETITIONS (TNLR) IN PERIOD 1 FOR EACH LOAD GROUP ARE : 1680000.00

DAMAGE COEFFICIENTS (FT) FOR BOTTOM TENSION OF LAYER 1 ARE : .7960E-01 .3291E+01 .8540E+00

DAMAGE COEFFICIENTS (FT) FOR BOTTOM TENSION OF LAYER 2 ARE : .7960E-01 .3291E+01 .8540E+00

DAMAGE COEFFICIENTS (FT) FOR TOP COMPRESSION OF LAYER 4 ARE : .1365E-08 .4477E+01

DAMAGE ANALYSIS OF PERIOD NO. 1 LOAD GROUP NO. 1

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISP.	VERTICAL STRESS	MAJOR PRINCIPAL STRESS	INTERMEDIATE PRINCIPAL STRESS	MINOR PRINCIPAL STRESS	VERTICAL STRAIN	MAJOR PRINCIPAL STRAIN	MINOR PRINCIPAL STRAIN	HORIZONTAL PRINCIPAL STRAIN
1	4.72000	.1462E-01	.5017E+02	.5117E+02	.3038E+02	.2880E+02	.7277E-04	.7614E-04	.6458E-06	.4015E-05
1	13.72000	.1427E-01	.2229E+01	.2232E+01	-.4283E+02	-.5268E+02	.3078E-04	.3078E-04	-.7630E-04	-.7630E-04
1	23.72010	.1275E-01	.1388E+01	.1405E+01	.2984E+00	.2707E+00	.1665E-03	.1701E-03	-.7342E-04	-.7342E-04

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISP.	VERTICAL STRESS	MAJOR PRINCIPAL STRESS	INTERMEDIATE PRINCIPAL STRESS	MINOR PRINCIPAL STRESS	VERTICAL STRAIN	MAJOR PRINCIPAL STRAIN	MINOR PRINCIPAL STRAIN	HORIZONTAL PRINCIPAL STRAIN
2	4.72000	.1474E-01	.4341E+02	.4578E+02	.2860E+02	.2747E+02	.5740E-04	.6538E-04	.3605E-05	.7402E-05
2	13.72000	.1441E-01	.2292E+01	.2293E+01	-.4441E+02	-.5446E+02	.3183E-04	.3183E-04	-.7883E-04	-.7883E-04
2	23.72010	.1284E-01	.1417E+01	.1425E+01	.3011E+00	.2720E+00	.1712E-03	.1729E-03	-.7476E-04	-.7476E-04

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISP.	VERTICAL STRESS	MAJOR PRINCIPAL STRESS	INTERMEDIATE PRINCIPAL STRESS	MINOR PRINCIPAL STRESS	VERTICAL STRAIN	MAJOR PRINCIPAL STRAIN	MINOR PRINCIPAL STRAIN	HORIZONTAL PRINCIPAL STRAIN
3	4.72000	.1474E-01	.1611E+02	.2783E+02	.2050E+02	.1611E+02	-.2017E-05	.3755E-04	-.2017E-05	.1279E-04
3	13.72000	.1453E-01	.2313E+01	.2313E+01	-.4411E+02	-.5540E+02	.3205E-04	.3205E-04	-.8049E-04	-.8049E-04
3	23.72010	.1292E-01	.1439E+01	.1439E+01	.3040E+00	.2734E+00	.1747E-03	.1747E-03	-.7569E-04	-.7569E-04

AT BOTTOM OF LAYER 1 TENSILE STRAIN= .0000E+00 ALLOWABLE LOAD REPETITIONS= .10000E+31 DAMAGE RATIO= .00000E+00

AT BOTTOM OF LAYER 2 TENSILE STRAIN= -.8049E-04 ALLOWABLE LOAD REPETITIONS= .27576E+08 DAMAGE RATIO= .60923E-01

AT TOP OF LAYER 4 COMPRESSIVE STRAIN= .1747E-03 ALLOWABLE LOAD REPETITIONS= .90880E+08 DAMAGE RATIO= .18486E-01

****
* SUMMARY OF DAMAGE ANALYSIS *
****
AT BOTTOM OF LAYER 1 SUM OF DAMAGE RATIO= .00000E+00
AT BOTTOM OF LAYER 2 SUM OF DAMAGE RATIO= .60923E-01
AT TOP OF LAYER 4 SUM OF DAMAGE RATIO= .18486E-01

MAXIMUM DAMAGE RATIO= .60923E-01 **DESIGN LIFE IN YEARS= 16.41**

NUMBER OF PROBLEMS TO BE SOLVED = 1

****
*
* ZAPOTE CURRIDABAT 6 CARRILES
*
****

MATL = 1 FOR LINEAR ELASTIC LAYERED SYSTEM

NDAMA=1, SO DAMAGE ANALYSIS WILL BE PERFORMED

NUMBER OF PERIODS PER YEAR (NPY) = 1

NUMBER OF LOAD GROUPS (NLG) = 1

TOLERANCE FOR INTEGRATION (DEL) -- = .00100

NUMBER OF LAYERS (NL)---------- = 4

NUMBER OF Z COORDINATES (NZ)----- = 2

LIMIT OF INTEGRATION CYCLES (ICL)- = 80

COMPUTING CODE (NSTD)---------- = 9

THICKNESSES OF LAYERS (TH) ARE : 4.72000 9.00000 13.80000

POISSON'S RATIOS OF LAYERS (PR) ARE : .35000 .17000 .40000 .45000

ALL INTERFACES ARE FULLY BONDED

FOR PERIOD NO. 1 ELASTIC MODULI OF LAYERS ARE: .400000E+06 .600000E+06 .120000E+05 .675000E+04

LOAD GROUP NO. 1 HAS 2 CONTACT AREAS
CONTACT RADIUS (CR)---------- = 4.50000
CONTACT PRESSURE (CP)-------- = 80.00000
NO. OF POINTS AT WHICH RESULTS ARE DESIRED (NPT)-- = 3
WHEEL SPACING ALONG X-AXIS (XW)---------- = .00000
WHEEL SPACING ALONG Y-AXIS (YW)---------- = 13.50000
POINT NO. AND X AND Y COORDINATES ARE :
1 .00000 .00000 2 .00000 2.25000 3 .00000 6.75000

NUMBER OF LAYERS FOR BOTTOM TENSION (NLBT)---- = 2

NUMBER OF LAYERS FOR TOP COMPRESSION (NLTC)--- = 1

LAYER NO. FOR BOTTOM TENSION (LNBT) ARE : 1 2

LAYER NO. FOR TOP COMPRESSION (LNTC) ARE : 4

LOAD REPETITIONS (TNLR) IN PERIOD 1 FOR EACH LOAD GROUP ARE : 1260000.00

DAMAGE COEFFICIENTS (FT) FOR BOTTOM TENSION OF LAYER 1 ARE : .7960E-01 .3291E+01 .8540E+00

DAMAGE COEFFICIENTS (FT) FOR BOTTOM TENSION OF LAYER 2 ARE : .7960E-01 .3291E+01 .8540E+00

DAMAGE COEFFICIENTS (FT) FOR TOP COMPRESSION OF LAYER 4 ARE : .1365E-08 .4477E+01

DAMAGE ANALYSIS OF PERIOD NO. 1 LOAD GROUP NO. 1

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISP.	VERTICAL STRESS	MAJOR PRINCIPAL STRESS	INTERMEDIATE PRINCIPAL STRESS	MINOR PRINCIPAL STRESS	VERTICAL STRAIN	MAJOR PRINCIPAL STRAIN	MINOR PRINCIPAL STRAIN	HORIZONTAL PRINCIPAL STRAIN
1	4.72000	.1462E-01	.5017E+02	.5117E+02	.3038E+02	.2880E+02	.7277E-04	.7614E-04	.6458E-06	.4015E-05
1	13.72000	.1427E-01	.2229E+01	.2232E+01	-.4283E+02	-.5268E+02	.3078E-04	.3078E-04	-.7630E-04	-.7630E-04
1	23.72010	.1275E-01	.1388E+01	.1405E+01	.2984E+00	.2707E+00	.1665E-03	.1701E-03	-.7342E-04	-.7342E-04

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISP.	VERTICAL STRESS	MAJOR PRINCIPAL STRESS	INTERMEDIATE PRINCIPAL STRESS	MINOR PRINCIPAL STRESS	VERTICAL STRAIN	MAJOR PRINCIPAL STRAIN	MINOR PRINCIPAL STRAIN	HORIZONTAL PRINCIPAL STRAIN
2	4.72000	.1474E-01	.4341E+02	.4578E+02	.2860E+02	.2747E+02	.5740E-04	.6538E-04	.3605E-05	.7402E-05
2	13.72000	.1441E-01	.2292E+01	.2293E+01	-.4441E+02	-.5446E+02	.3183E-04	.3183E-04	-.7883E-04	-.7883E-04
2	23.72010	.1284E-01	.1417E+01	.1425E+01	.3011E+00	.2720E+00	.1712E-03	.1729E-03	-.7476E-04	-.7476E-04

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISP.	VERTICAL STRESS	MAJOR PRINCIPAL STRESS	INTERMEDIATE PRINCIPAL STRESS	MINOR PRINCIPAL STRESS	VERTICAL STRAIN	MAJOR PRINCIPAL STRAIN	MINOR PRINCIPAL STRAIN	HORIZONTAL PRINCIPAL STRAIN
3	4.72000	.1474E-01	.1611E+02	.2783E+02	.2050E+02	.1611E+02	-.2017E-05	.3755E-04	-.2017E-05	.1279E-04
3	13.72000	.1453E-01	.2313E+01	.2313E+01	-.4411E+02	-.5540E+02	.3205E-04	.3205E-04	-.8049E-04	-.8049E-04
3	23.72010	.1292E-01	.1439E+01	.1439E+01	.3040E+00	.2734E+00	.1747E-03	.1747E-03	-.7569E-04	-.7569E-04

AT BOTTOM OF LAYER 1 TENSILE STRAIN= .0000E+00 ALLOWABLE LOAD REPETITIONS= .10000E+31 DAMAGE RATIO= .00000E+00

AT BOTTOM OF LAYER 2 TENSILE STRAIN= -.8049E-04 ALLOWABLE LOAD REPETITIONS= .27576E+08 DAMAGE RATIO= .45692E-01

AT TOP OF LAYER 4 COMPRESSIVE STRAIN= .1747E-03 ALLOWABLE LOAD REPETITIONS= .90880E+08 DAMAGE RATIO= .13864E-01

****
* SUMMARY OF DAMAGE ANALYSIS *
****
AT BOTTOM OF LAYER 1 SUM OF DAMAGE RATIO= .00000E+00
AT BOTTOM OF LAYER 2 SUM OF DAMAGE RATIO= .45692E-01
AT TOP OF LAYER 4 SUM OF DAMAGE RATIO= .13864E-01

MAXIMUM DAMAGE RATIO= .45692E-01 **DESIGN LIFE IN YEARS= 21.89**

NUMBER OF PROBLEMS TO BE SOLVED = 1

****
* *
* CURRIDABAT TRES RIOS 4 CARRILES *
* *
****

MATL = 1 FOR LINEAR ELASTIC LAYERED SYSTEM

NDAMA=1, SO DAMAGE ANALYSIS WILL BE PERFORMED

NUMBER OF PERIODS PER YEAR (NPY) = 1

NUMBER OF LOAD GROUPS (NLG) = 1

TOLERANCE FOR INTEGRATION (DEL) -- = .00100

NUMBER OF LAYERS (NL)---------- = 4

NUMBER OF Z COORDINATES (NZ)------ = 2

LIMIT OF INTEGRATION CYCLES (ICL)- = 80

COMPUTING CODE (NSTD)---------- = 9

THICKNESSES OF LAYERS (TH) ARE : 5.00000 10.00000 6.30000

POISSON'S RATIOS OF LAYERS (PR) ARE : .35000 .17000 .40000 .45000

ALL INTERFACES ARE FULLY BONDED

FOR PERIOD NO. 1 ELASTIC MODULI OF LAYERS ARE: .400000E+06 .600000E+06 .120000E+05 .675000E+04

LOAD GROUP NO. 1 HAS 2 CONTACT AREAS
CONTACT RADIUS (CR)---------- = 4.50000
CONTACT PRESSURE (CP)-------- = 80.00000
NO. OF POINTS AT WHICH RESULTS ARE DESIRED (NPT)-- = 3
WHEEL SPACING ALONG X-AXIS (XW)---------- = .00000
WHEEL SPACING ALONG Y-AXIS (YW)---------- = 13.50000
POINT NO. AND X AND Y COORDINATES ARE :
1 .00000 .00000 2 .00000 2.25000 3 .00000 6.75000

NUMBER OF LAYERS FOR BOTTOM TENSION (NLBT)---- = 2

NUMBER OF LAYERS FOR TOP COMPRESSION (NLTC)--- = 1

LAYER NO. FOR BOTTOM TENSION (LNBT) ARE : 1 2

LAYER NO. FOR TOP COMPRESSION (LNTC) ARE : 4

LOAD REPETITIONS (TNLR) IN PERIOD 1 FOR EACH LOAD GROUP ARE : 2640000.00

DAMAGE COEFFICIENTS (FT) FOR BOTTOM TENSION OF LAYER 1 ARE : .7960E-01 .3291E+01 .8540E+00

DAMAGE COEFFICIENTS (FT) FOR BOTTOM TENSION OF LAYER 2 ARE : .7960E-01 .3291E+01 .8540E+00

DAMAGE COEFFICIENTS (FT) FOR TOP COMPRESSION OF LAYER 4 ARE : .1365E-08 .4477E+01

DAMAGE ANALYSIS OF PERIOD NO. 1 LOAD GROUP NO. 1

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISP.	VERTICAL STRESS	MAJOR PRINCIPAL STRESS	INTERMEDIATE PRINCIPAL STRESS	MINOR PRINCIPAL STRESS	VERTICAL STRAIN	MAJOR PRINCIPAL STRAIN	MINOR PRINCIPAL STRAIN	HORIZONTAL PRINCIPAL STRAIN
1	5.00000	.1352E-01	.4822E+02	.4906E+02	.2801E+02	.2694E+02	.7173E-04	.7458E-04	-.9917E-07	.2745E-05
1	15.00000	.1316E-01	.1893E+01	.1895E+01	-.3755E+02	-.4566E+02	.2673E-04	.2674E-04	-.6601E-04	-.6601E-04
1	25.00010	.1184E-01	.1207E+01	.1220E+01	.2608E+00	.2384E+00	.1446E-03	.1475E-03	-.6341E-04	-.6341E-04

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISP.	VERTICAL STRESS	MAJOR PRINCIPAL STRESS	INTERMEDIATE PRINCIPAL STRESS	MINOR PRINCIPAL STRESS	VERTICAL STRAIN	MAJOR PRINCIPAL STRAIN	MINOR PRINCIPAL STRAIN	HORIZONTAL PRINCIPAL STRAIN
2	5.00000	.1361E-01	.4190E+02	.4399E+02	.2637E+02	.2588E+02	.5718E-04	.6426E-04	.3125E-05	.4795E-05
2	15.00000	.1328E-01	.1948E+01	.1948E+01	-.3917E+02	-.4721E+02	.2772E-04	.2772E-04	-.6814E-04	-.6814E-04
2	25.00010	.1191E-01	.1230E+01	.1236E+01	.2625E+00	.2392E+00	.1484E-03	.1497E-03	-.6450E-04	-.6450E-04

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISP.	VERTICAL STRESS	MAJOR PRINCIPAL STRESS	INTERMEDIATE PRINCIPAL STRESS	MINOR PRINCIPAL STRESS	VERTICAL STRAIN	MAJOR PRINCIPAL STRAIN	MINOR PRINCIPAL STRAIN	HORIZONTAL PRINCIPAL STRAIN
3	5.00000	.1362E-01	.1727E+02	.2653E+02	.1920E+02	.1727E+02	.3154E-05	.3442E-04	.3154E-05	.9681E-05
3	15.00000	.1339E-01	.1974E+01	.1974E+01	-.3948E+02	-.4813E+02	.2812E-04	.2812E-04	-.6960E-04	-.6960E-04
3	25.00010	.1200E-01	.1248E+01	.1248E+01	.2653E+00	.2411E+00	.1512E-03	.1512E-03	-.6521E-04	-.6521E-04

AT BOTTOM OF LAYER 1 TENSILE STRAIN= .0000E+00 ALLOWABLE LOAD REPETITIONS= .10000E+31 DAMAGE RATIO= .00000E+00

AT BOTTOM OF LAYER 2 TENSILE STRAIN= -.6960E-04 ALLOWABLE LOAD REPETITIONS= .44504E+08 DAMAGE RATIO= .59320E-01

AT TOP OF LAYER 4 COMPRESSIVE STRAIN= .1512E-03 ALLOWABLE LOAD REPETITIONS= .17350E+09 DAMAGE RATIO= .15217E-01

****
* SUMMARY OF DAMAGE ANALYSIS *
****
AT BOTTOM OF LAYER 1 SUM OF DAMAGE RATIO= .00000E+00
AT BOTTOM OF LAYER 2 SUM OF DAMAGE RATIO= .59320E-01
AT TOP OF LAYER 4 SUM OF DAMAGE RATIO= .15217E-01

MAXIMUM DAMAGE RATIO= .59320E-01 **DESIGN LIFE IN YEARS= 16.86**

NUMBER OF PROBLEMS TO BE SOLVED = 1

****
*
* CURRIDABAT TRES RIOS 6 CARRILES
*
****

MATL = 1 FOR LINEAR ELASTIC LAYERED SYSTEM

NDAMA=1, SO DAMAGE ANALYSIS WILL BE PERFORMED

NUMBER OF PERIODS PER YEAR (NPY) = 1

NUMBER OF LOAD GROUPS (NLG) = 1

TOLERANCE FOR INTEGRATION (DEL) -- = .00100

NUMBER OF LAYERS (NL)---------- = 4

NUMBER OF Z COORDINATES (NZ)----- = 2

LIMIT OF INTEGRATION CYCLES (ICL)- = 60

COMPUTING CODE (NSTD)---------- = 9

THICKNESSES OF LAYERS (TH) ARE : 5.00000 10.00000 6.30000

POISSON'S RATIOS OF LAYERS (PR) ARE : .35000 .17000 .40000 .45000

ALL INTERFACES ARE FULLY BONDED

FOR PERIOD NO. 1 ELASTIC MODULI OF LAYERS ARE: .400000E+06 .600000E+06 .120000E+05 .675000E+04

LOAD GROUP NO. 1 HAS 2 CONTACT AREAS
CONTACT RADIUS (CR)---------- = 4.50000
CONTACT PRESSURE (CP)--------- = 80.00000
NO. OF POINTS AT WHICH RESULTS ARE DESIRED (NPT)-- = 3
WHEEL SPACING ALONG X-AXIS (XW)---------- = .00000
WHEEL SPACING ALONG Y-AXIS (YW)---------- = 13.50000
POINT NO. AND X AND Y COORDINATES ARE :
1 .00000 .00000 2 .00000 2.25000 3 .00000 6.75000

NUMBER OF LAYERS FOR BOTTOM TENSION (NLBT)---- = 2

NUMBER OF LAYERS FOR TOP COMPRESSION (NLTC)--- = 1

LAYER NO. FOR BOTTOM TENSION (LNBT) ARE : 1 2

LAYER NO. FOR TOP COMPRESSION (LNTC) ARE : 4

LOAD REPETITIONS (TNLR) IN PERIOD 1 FOR EACH LOAD GROUP ARE : 1980000.00

DAMAGE COEFFICIENTS (FT) FOR BOTTOM TENSION OF LAYER 1 ARE : .7960E-01 .3291E+01 .8540E+00

DAMAGE COEFFICIENTS (FT) FOR BOTTOM TENSION OF LAYER 2 ARE : .7960E-01 .3291E+01 .8540E+00

DAMAGE COEFFICIENTS (FT) FOR TOP COMPRESSION OF LAYER 4 ARE : .1365E-08 .4477E+01

DAMAGE ANALYSIS OF PERIOD NO. 1 LOAD GROUP NO. 1

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISP.	VERTICAL STRESS	MAJOR PRINCIPAL STRESS	INTERMEDIATE PRINCIPAL STRESS	MINOR PRINCIPAL STRESS	VERTICAL STRAIN	MAJOR PRINCIPAL STRAIN	MINOR PRINCIPAL STRAIN	HORIZONTAL PRINCIPAL STRAIN
1	5.00000	.1352E-01	.4822E+02	.4906E+02	.2801E+02	.2694E+02	.7173E-04	.7458E-04	-.9917E-07	.2745E-05
1	15.00000	.1316E-01	.1893E+01	.1895E+01	-.3755E+02	-.4566E+02	.2673E-04	.2674E-04	-.6601E-04	-.6601E-04
1	25.00010	.1184E-01	.1207E+01	.1220E+01	.2608E+00	.2384E+00	.1446E-03	.1475E-03	-.6341E-04	-.6341E-04

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISP.	VERTICAL STRESS	MAJOR PRINCIPAL STRESS	INTERMEDIATE PRINCIPAL STRESS	MINOR PRINCIPAL STRESS	VERTICAL STRAIN	MAJOR PRINCIPAL STRAIN	MINOR PRINCIPAL STRAIN	HORIZONTAL PRINCIPAL STRAIN
2	5.00000	.1361E-01	.4190E+02	.4399E+02	.2637E+02	.2588E+02	.5718E-04	.6426E-04	.3125E-05	.4795E-05
2	15.00000	.1328E-01	.1948E+01	.1949E+01	-.3917E+02	-.4721E+02	.2772E-04	.2772E-04	-.6814E-04	-.6814E-04
2	25.00010	.1191E-01	.1230E+01	.1236E+01	.2625E+00	.2392E+00	.1484E-03	.1497E-03	-.6450E-04	-.6450E-04

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISP.	VERTICAL STRESS	MAJOR PRINCIPAL STRESS	INTERMEDIATE PRINCIPAL STRESS	MINOR PRINCIPAL STRESS	VERTICAL STRAIN	MAJOR PRINCIPAL STRAIN	MINOR PRINCIPAL STRAIN	HORIZONTAL PRINCIPAL STRAIN
3	5.00000	.1362E-01	.1727E+02	.2653E+02	.1920E+02	.1727E+02	.3154E-05	.3442E-04	.3154E-05	.9681E-05
3	15.00000	.1339E-01	.1974E+01	.1974E+01	-.3948E+02	-.4813E+02	.2812E-04	.2812E-04	-.6960E-04	-.6960E-04
3	25.00010	.1200E-01	.1248E+01	.1248E+01	.2653E+00	.2411E+00	.1512E-03	.1512E-03	-.6521E-04	-.6521E-04

AT BOTTOM OF LAYER 1 TENSILE STRAIN= .0000E+00 ALLOWABLE LOAD REPETITIONS= .10000E+31 DAMAGE RATIO= .00000E+00

AT BOTTOM OF LAYER 2 TENSILE STRAIN= -.6960E-04 ALLOWABLE LOAD REPETITIONS= .44504E+08 DAMAGE RATIO= .44490E-01

AT TOP OF LAYER 4 COMPRESSIVE STRAIN= .1512E-03 ALLOWABLE LOAD REPETITIONS= .17350E+09 DAMAGE RATIO= .11412E-01

****
* SUMMARY OF DAMAGE ANALYSIS *
****
AT BOTTOM OF LAYER 1 SUM OF DAMAGE RATIO= .00000E+00
AT BOTTOM OF LAYER 2 SUM OF DAMAGE RATIO= .44490E-01
AT TOP OF LAYER 4 SUM OF DAMAGE RATIO= .11412E-01

MAXIMUM DAMAGE RATIO= .44490E-01 **DESIGN LIFE IN YEARS= 18.76**

NUMBER OF PROBLEMS TO BE SOLVED = 1

****
*
* TRES RIOS CARTAGO 4 CARRILES *
*
****

MATL = 1 FOR LINEAR ELASTIC LAYERED SYSTEM

NDAMA=1, SO DAMAGE ANALYSIS WILL BE PERFORMED

NUMBER OF PERIODS PER YEAR (NPY) = 1

NUMBER OF LOAD GROUPS (NLG) = 1

TOLERANCE FOR INTEGRATION (DEL) -- = .00100

NUMBER OF LAYERS (NL)---------- = 4

NUMBER OF Z COORDINATES (NZ)------ = 2

LIMIT OF INTEGRATION CYCLES (ICL)- = 80

COMPUTING CODE (NSTD)---------- = 9

THICKNESSES OF LAYERS (TH) ARE : 5.00000 10.00000 6.70000

POISSON'S RATIOS OF LAYERS (PR) ARE : .35000 .17000 .40000 .45000

ALL INTERFACES ARE FULLY BONDED

FOR PERIOD NO. 1 ELASTIC MODULI OF LAYERS ARE: .400000E+06 .600000E+06 .120000E+05 .675000E+04

LOAD GROUP NO. 1 HAS 2 CONTACT AREAS
CONTACT RADIUS (CR)---------- = 4.50000
CONTACT PRESSURE (CP)-------- = 85.00000
NO. OF POINTS AT WHICH RESULTS ARE DESIRED (NPT)-- = 3
WHEEL SPACING ALONG X-AXIS (XW)---------- = .00000
WHEEL SPACING ALONG Y-AXIS (YW)---------- = 13.50000
POINT NO. AND X AND Y COORDINATES ARE :
1 .00000 .00000 2 .00000 2.25000 3 .00000 6.75000

NUMBER OF LAYERS FOR BOTTOM TENSION (NLBT)---- = 2

NUMBER OF LAYERS FOR TOP COMPRESSION (NLTC)--- = 1

LAYER NO. FOR BOTTOM TENSION (LNBT) ARE : 1 2

LAYER NO. FOR TOP COMPRESSION (LNTC) ARE : 4

LOAD REPETITIONS (TNLR) IN PERIOD 1 FOR EACH LOAD GROUP ARE : 2262000.00

DAMAGE COEFFICIENTS (FT) FOR BOTTOM TENSION OF LAYER 1 ARE : .7960E-01 .3291E+01 .8540E+00

DAMAGE COEFFICIENTS (FT) FOR BOTTOM TENSION OF LAYER 2 ARE : .7960E-01 .3291E+01 .8540E+00

DAMAGE COEFFICIENTS (FT) FOR TOP COMPRESSION OF LAYER 4 ARE : .1365E-08 .4477E+01

DAMAGE ANALYSIS OF PERIOD NO. 1 LOAD GROUP NO. 1

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISP.	VERTICAL STRESS	MAJOR PRINCIPAL STRESS	INTERMEDIATE PRINCIPAL STRESS	MINOR PRINCIPAL STRESS	VERTICAL STRAIN	MAJOR PRINCIPAL STRAIN	MINOR PRINCIPAL STRAIN	HORIZONTAL PRINCIPAL STRAIN
1	5.00000	.1450E-01	.5121E+02	.5212E+02	.2985E+02	.2869E+02	.7601E-04	.7908E-04	-.4305E-08	.3063E-05
1	15.00000	.1412E-01	.1927E+01	.1929E+01	-.4047E+02	-.4914E+02	.2860E-04	.2860E-04	-.7097E-04	-.7097E-04
1	21.70010	.1314E-01	.1409E+01	.1426E+01	.3441E+00	.3112E+00	.1638E-03	.1676E-03	-.7193E-04	-.7193E-04

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISP.	VERTICAL STRESS	MAJOR PRINCIPAL STRESS	INTERMEDIATE PRINCIPAL STRESS	MINOR PRINCIPAL STRESS	VERTICAL STRAIN	MAJOR PRINCIPAL STRAIN	MINOR PRINCIPAL STRAIN	HORIZONTAL PRINCIPAL STRAIN
2	5.00000	.1459E-01	.4449E+02	.4672E+02	.2811E+02	.2758E+02	.6054E-04	.6807E-04	.3472E-05	.5270E-05
2	15.00000	.1424E-01	.1979E+01	.1980E+01	-.4221E+02	-.5079E+02	.2965E-04	.2965E-04	-.7325E-04	-.7325E-04
2	21.70010	.1323E-01	.1440E+01	.1440E+01	.3471E+00	.3118E+00	.1688E-03	.1706E-03	-.7346E-04	-.7346E-04

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISP.	VERTICAL STRESS	MAJOR PRINCIPAL STRESS	INTERMEDIATE PRINCIPAL STRESS	MINOR PRINCIPAL STRESS	VERTICAL STRAIN	MAJOR PRINCIPAL STRAIN	MINOR PRINCIPAL STRAIN	HORIZONTAL PRINCIPAL STRAIN
3	5.00000	.1460E-01	.1832E+02	.2828E+02	.2050E+02	.1832E+02	.3130E-05	.3673E-04	.3130E-05	.1046E-04
3	15.00000	.1436E-01	.2003E+01	.2003E+01	-.4256E+02	-.5178E+02	.3007E-04	.3007E-04	-.7480E-04	-.7480E-04
3	21.70010	.1333E-01	.1463E+01	.1463E+01	.3508E+00	.3130E+00	.1724E-03	.1724E-03	-.7453E-04	-.7453E-04

AT BOTTOM OF LAYER 1 TENSILE STRAIN= .0000E+00 ALLOWABLE LOAD REPETITIONS= .10000E+31 DAMAGE RATIO= .00000E+00

AT BOTTOM OF LAYER 2 TENSILE STRAIN= -.7480E-04 ALLOWABLE LOAD REPETITIONS= .35100E+08 DAMAGE RATIO= .64444E-01

AT TOP OF LAYER 4 COMPRESSIVE STRAIN= .1724E-03 ALLOWABLE LOAD REPETITIONS= .96294E+08 DAMAGE RATIO= .23491E-01

****
* SUMMARY OF DAMAGE ANALYSIS *
****
AT BOTTOM OF LAYER 1 SUM OF DAMAGE RATIO= .00000E+00
AT BOTTOM OF LAYER 2 SUM OF DAMAGE RATIO= .64444E-01
AT TOP OF LAYER 4 SUM OF DAMAGE RATIO= .23491E-01

MAXIMUM DAMAGE RATIO= .64444E-01 **DESIGN LIFE IN YEARS= 15.52**

NUMBER OF PROBLEMS TO BE SOLVED = 1

****
*
* TRES RIOS CARTAGO 6 CARRILES
*
****

MATL = 1 FOR LINEAR ELASTIC LAYERED SYSTEM

NDAMA=1, SO DAMAGE ANALYSIS WILL BE PERFORMED

NUMBER OF PERIODS PER YEAR (NPY) = 1

NUMBER OF LOAD GROUPS (NLG) = 1

TOLERANCE FOR INTEGRATION (DEL) -- = .00100

NUMBER OF LAYERS (NL)---------- = 4

NUMBER OF Z COORDINATES (NZ)------ = 2

LIMIT OF INTEGRATION CYCLES (ICL)- = 80

COMPUTING CODE (NSTD)---------- = 9

THICKNESSES OF LAYERS (TH) ARE : 5.00000 10.00000 6.70000

POISSON'S RATIOS OF LAYERS (PR) ARE : .35000 .17000 .40000 .45000

ALL INTERFACES ARE FULLY BONDED

FOR PERIOD NO. 1 ELASTIC MODULI OF LAYERS ARE: .400000E+06 .600000E+06 .120000E+05 .675000E+04

LOAD GROUP NO. 1 HAS 2 CONTACT AREAS
CONTACT RADIUS (CR)---------- = 4.50000
CONTACT PRESSURE (CP)-------- = 85.00000
NO. OF POINTS AT WHICH RESULTS ARE DESIRED (NPT)-- = 3
WHEEL SPACING ALONG X-AXIS (XW)---------- = .00000
WHEEL SPACING ALONG Y-AXIS (YW)---------- = 13.50000
POINT NO. AND X AND Y COORDINATES ARE :
1 .00000 .00000 2 .00000 2.25000 3 .00000 6.75000

NUMBER OF LAYERS FOR BOTTOM TENSION (NLBT)---- = 2

NUMBER OF LAYERS FOR TOP COMPRESSION (NLTC)--- = 1

LAYER NO. FOR BOTTOM TENSION (LNBT) ARE : 1 2

LAYER NO. FOR TOP COMPRESSION (LNTC) ARE : 4

LOAD REPETITIONS (TNLR) IN PERIOD 1 FOR EACH LOAD GROUP ARE : 1960000.00

DAMAGE COEFFICIENTS (FT) FOR BOTTOM TENSION OF LAYER 1 ARE : .7960E-01 .3291E+01 .8540E+00

DAMAGE COEFFICIENTS (FT) FOR BOTTOM TENSION OF LAYER 2 ARE : .7960E-01 .3291E+01 .8540E+00

DAMAGE COEFFICIENTS (FT) FOR TOP COMPRESSION OF LAYER 4 ARE : .1365E-08 .4477E+01

DAMAGE ANALYSIS OF PERIOD NO. 1 LOAD GROUP NO. 1

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISP.	VERTICAL STRESS	MAJOR PRINCIPAL STRESS	INTERMEDIATE PRINCIPAL STRESS	MINOR PRINCIPAL STRESS	VERTICAL STRAIN	MAJOR PRINCIPAL STRAIN	MINOR PRINCIPAL STRAIN	HORIZONTAL PRINCIPAL STRAIN
1	5.00000	.1450E-01	.5121E+02	.5212E+02	.2985E+02	.2869E+02	.7601E-04	.7908E-04	-.4305E-08	.3063E-05
1	15.00000	.1412E-01	.1927E+01	.1929E+01	-.4047E+02	-.4914E+02	.2860E-04	.2860E-04	-.7097E-04	-.7097E-04
1	21.70010	.1314E-01	.1409E+01	.1426E+01	.3441E+00	.3112E+00	.1638E-03	.1676E-03	-.7193E-04	-.7193E-04

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISP.	VERTICAL STRESS	MAJOR PRINCIPAL STRESS	INTERMEDIATE PRINCIPAL STRESS	MINOR PRINCIPAL STRESS	VERTICAL STRAIN	MAJOR PRINCIPAL STRAIN	MINOR PRINCIPAL STRAIN	HORIZONTAL PRINCIPAL STRAIN
2	5.00000	.1459E-01	.4449E+02	.4672E+02	.2811E+02	.2758E+02	.6054E-04	.6807E-04	.3472E-05	.5270E-05
2	15.00000	.1424E-01	.1979E+01	.1980E+01	-.4221E+02	-.5079E+02	.2965E-04	.2965E-04	-.7325E-04	-.7325E-04
2	21.70010	.1323E-01	.1440E+01	.1448E+01	.3471E+00	.3110E+00	.1688E-03	.1706E-03	-.7346E-04	-.7346E-04

POINT NO.	VERTICAL COORDINATE	VERTICAL DISP.	VERTICAL STRESS	MAJOR PRINCIPAL STRESS	INTERMEDIATE PRINCIPAL STRESS	MINOR PRINCIPAL STRESS	VERTICAL STRAIN	MAJOR PRINCIPAL STRAIN	MINOR PRINCIPAL STRAIN	HORIZONTAL PRINCIPAL STRAIN
3	5.00000	.1460E-01	.1832E+02	.2828E+02	.2050E+02	.1832E+02	.3130E-05	.3673E-04	.3130E-05	.1046E-04
3	15.00000	.1436E-01	.2003E+01	.2003E+01	-.4256E+02	-.5178E+02	.3007E-04	.3007E-04	-.7480E-04	-.7480E-04
3	21.70010	.1333E-01	.1463E+01	.1463E+01	.3508E+00	.3130E+00	.1724E-03	.1724E-03	-.7453E-04	-.7453E-04

AT BOTTOM OF LAYER 1 TENSILE STRAIN= .0000E+00 ALLOWABLE LOAD REPETITIONS= .10000E+31 DAMAGE RATIO= .00000E+00

AT BOTTOM OF LAYER 2 TENSILE STRAIN= -.7480E-04 ALLOWABLE LOAD REPETITIONS= .35100E+08 DAMAGE RATIO= .55840E-01

AT TOP OF LAYER 4 COMPRESSIVE STRAIN= .1724E-03 ALLOWABLE LOAD REPETITIONS= .96294E+08 DAMAGE RATIO= .20354E-01

****
* SUMMARY OF DAMAGE ANALYSIS *
****
AT BOTTOM OF LAYER 1 SUM OF DAMAGE RATIO= .00000E+00
AT BOTTOM OF LAYER 2 SUM OF DAMAGE RATIO= .55840E-01
AT TOP OF LAYER 4 SUM OF DAMAGE RATIO= .20354E-01

MAXIMUM DAMAGE RATIO= .55840E-01 **DESIGN LIFE IN YEARS= 17.91**

ANEXO 8

ANEXO 8

Diseño de Pavimentos
Rígidos

ECUACION DE DISEÑO DE LA AASHTO: PAVIMENTOS RIGIDOS

AUTOPISTA ESTADO DE ISRAEL, pavimento rígido 4 carriles

Material	k base (pci)	Ec (psi)	Sc (psi)	Cd	J
Losa	800	5000000	650	1	3.2
Sobrecapa	1700	5000000	650	1	3.2

Material	MR (psi)	k (pci)	Espesor	Mr comp.
Base	600000	800	28	X
Sub-base	12000	X	0	X
Sub-rasante	6750	X	X	X

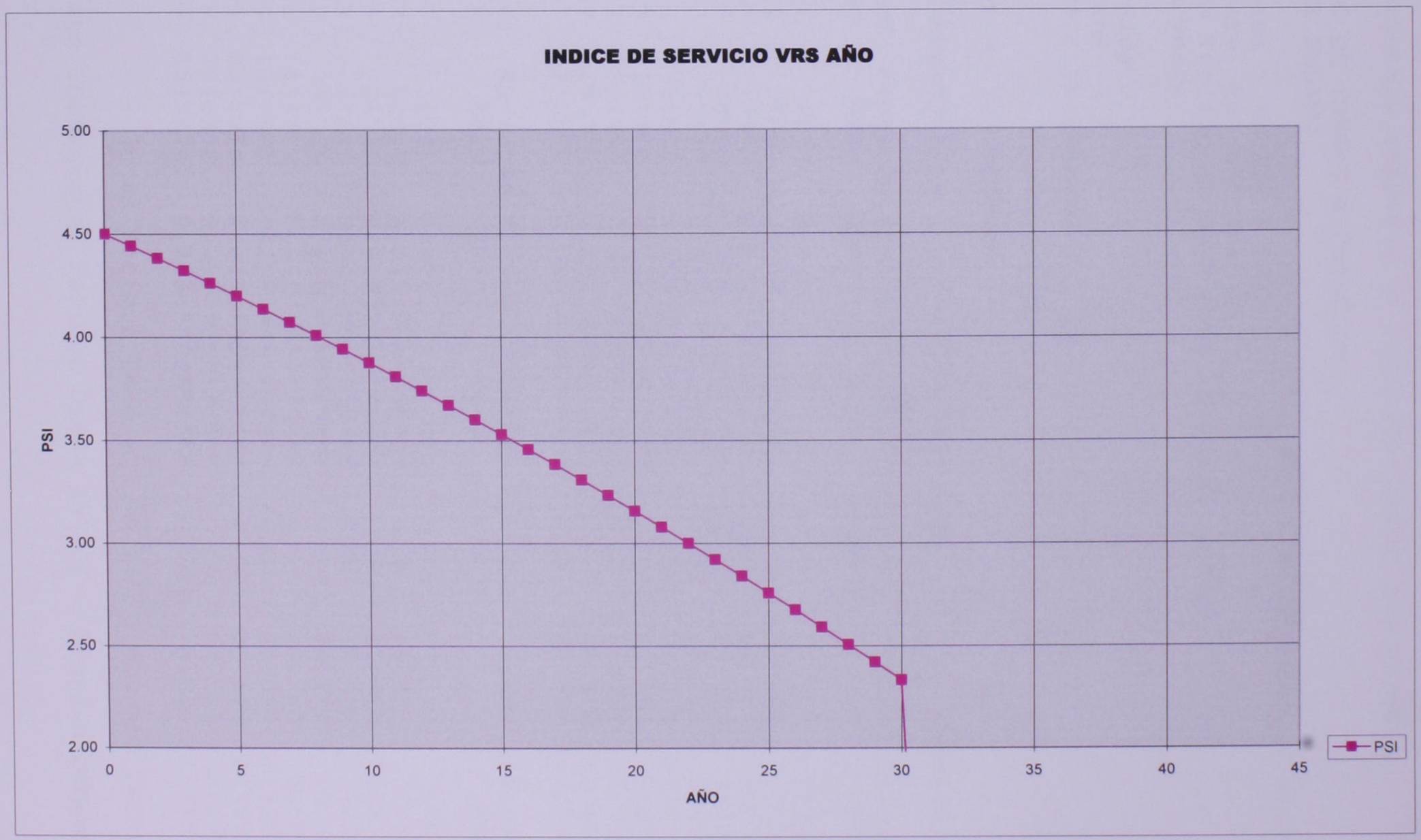
Espaldón (A/H)	A
Espaldón sobrecapa (A/H)	A

	Espesores (cm)		
	disenho	usuario	mínimos
Losa	27.6176692	28	15
Base	28	X	15
Sub-base	0	X	No aplica
Sobrecapa	18.4877365	15	15

Datos de diseño	
EEq.	38792673.8
Pt	2.25
R (%)	85
So	0.35
tipo (N,U,R)	N
TPD	14262
año diseño	30

Parámetros desempeño	
PSI min.	2.25
IRI max.	4.5

AUTOPISTA ESTADO DE ISRAEL, pavimento rígido 4 carriles



Project: ESTADO DE ISRAEL 4 CARRILES
Engineer: JORGE SOLANO
Input Data: Axle Load Category 4.Very Heavy
Subgrade / Subbase K 330.0 PCI
Modulus of Rupture MR 650.0 PSI
Avg. Daily Truck Traffic (2 way) ADTT 3900.00
Design Life 30 years
Doweled Joints
No Concrete Shoulders
Load Safety Factor 1.3
Estimated Pavement Thickness 9.0 IN

Design Thickness = 9.5 Inches

Load Repetitions ---Fatigue Analysis----- ----Erosion Analysis---

SAL	*LSF	Axle/ 1000	Expected Reps	Stress Ratio	Allowable Reps	Fatigue Consump	Power	Allowable Reps	Erosion
34	44.2	0.19	4057.	0.621	17334.	23.41	53.403	543657.	0.75
32	41.6	0.54	11530.	0.586	45110.	25.56	47.305	770268.	1.50
30	39.0	0.63	13452.	0.552	117818.	11.42	41.577	1121931.	1.20
28	36.4	1.78	38007.	0.517	361078.	10.53	36.218	1690640.	2.25
26	33.8	3.52	75161.	0.483	2028968.	3.70	31.229	2659759.	2.83
24	31.2	4.16	88826.	0.448	**********	0.00	26.609	4429160.	2.01
22	28.6	9.69	206906.	0.412	**********	0.00	22.359	7984980.	2.59
20	26.0	41.82	892962.	0.377	**********	0.00	18.478	16239221.	5.50
18	23.4	68.27	1457735.	0.341	**********	0.00	14.968	40743017.	3.58
16	20.8	57.07	1218587.	0.306	**********	0.00	11.826	165657477.	0.74

TAL	*LSF	Axle/ 1000	Expected Reps	Stress Ratio	Allowable Reps	Fatigue Consump	Power	Allowable Reps	Erosion
60	78.0	0.57	12171.	0.474	3641082.	0.33	55.769	480404.	2.53
56	72.8	1.07	22847.	0.445	**********	0.00	48.581	713309.	3.20
52	67.6	1.79	38221.	0.415	**********	0.00	41.889	1097572.	3.48
48	62.4	3.03	64698.	0.385	**********	0.00	35.692	1766802.	3.66
44	57.2	3.52	75161.	0.354	**********	0.00	29.991	3018429.	2.49
40	52.0	20.31	433669.	0.324	**********	0.00	24.786	5603166.	7.74
36	46.8	78.19	1669552.	0.293	**********	0.00	20.077	11799975.	14.15
32	41.6	109.54	2338953.	0.263	**********	0.00	15.863	30990433.	7.55
28	36.4	95.79	2045356.	0.232	**********	0.00	12.145	136337458.	1.50
24	31.2	71.16	1519444.	0.200	**********	0.00	8.923	**********	0.00

Total Fatigue Used = 74.95 Erosion Damage = 69.23

9.0 Inch Thickness Inadequate, Fatigue Used= 291.96 Erosion Damage = 117.21

ECUACION DE DISEÑO DE LA AASHTO: PAVIMENTOS RIGIDOS

AUTOPISTA ESTADO DE ISRAEL, pavimento rígido (6 carriles)

Material	k base (pci)	Ec (psi)	Sc (psi)	Cd	J
Losa	800	5000000	650	1	3.2
Sobrecapa		5000000	650	1	3.2

Material	MR (psi)	k (pci)	Espesor	Mr comp.	
Base	600000	800	28	X	
Sub-base	12000	X	0	X	
Sub-rasante	6750	X	X	X	

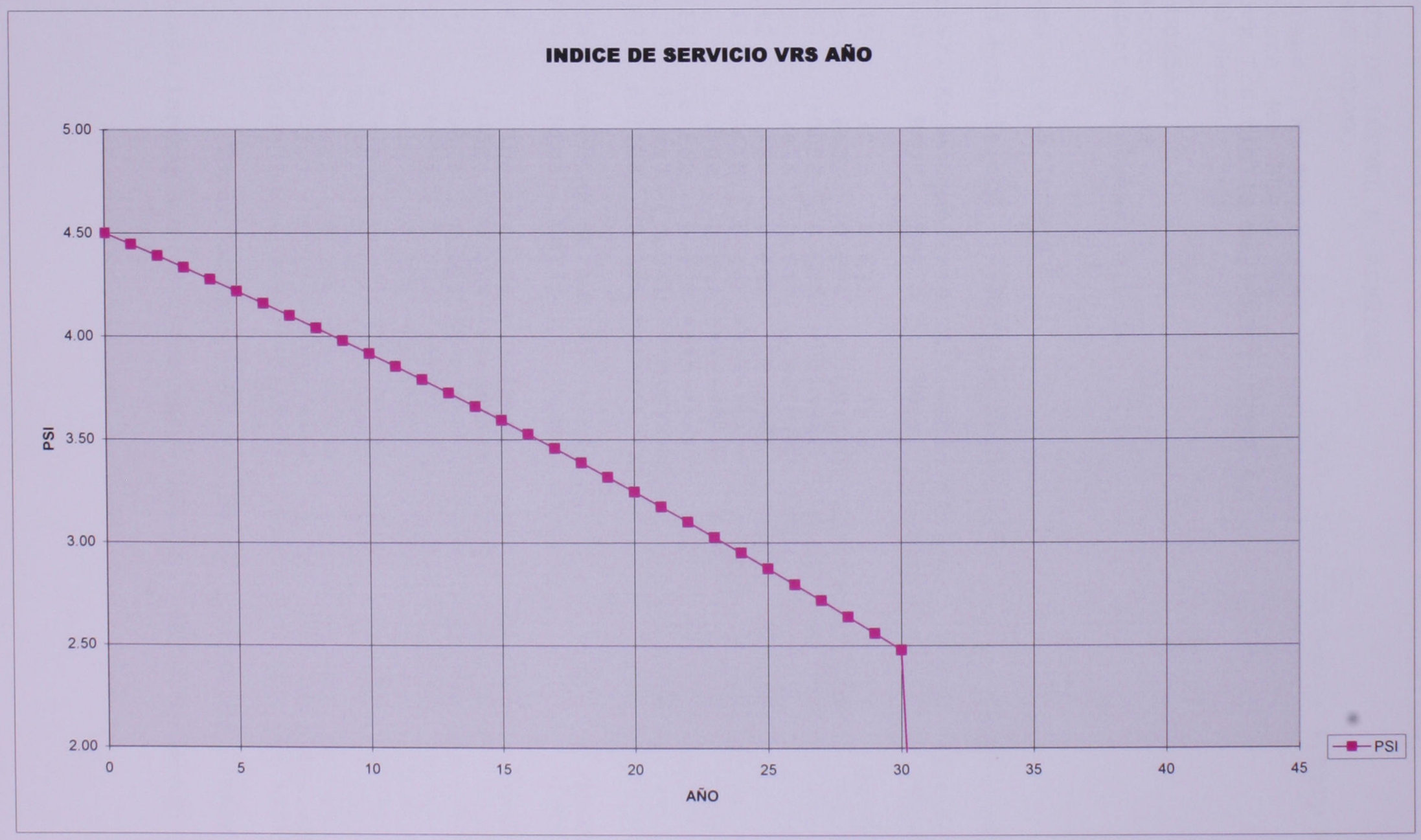
Espaldón (A/H)	A
Espaldón sobrecapa (A/H)	A

Datos de diseño	
EEq.	29094505.3
Pt	2.25
R (%)	85
So	0.35
tipo (N,U,R)	N
TPD	10696.5
año diseño	30

	Espesores (cm)		
	disenho	usuario	mínimos
Losa	26.306087	27	15
Base	28	X	15
Sub-base	0	X	No aplica
Sobrecapa	18.4877365	15	15

Parámetros desempeño	
PSI min.	2.25
IRI max.	4.5

AUTOPISTA ESTADO DE ISRAEL, pavimento rígido (6 carriles)



Project: ESTADO DE ISRAEL 6 CARRILES
Engineer: JORGE SOLANO
Input Data: Axle Load Category 4.Very Heavy
Subgrade / Subbase K 330.0 PCI
Modulus of Rupture MR 650.0 PSI
Avg. Daily Truck Traffic (2 way) ADTT 2916.00
Design Life 30 years
Doweled Joints
No Concrete Shoulders
Load Safety Factor 1.3
Estimated Pavement Thickness 9.5 IN

Design Thickness = 9.5 Inches

		Load Repetitions		---Fatigue Analysis-----			----Erosion Analysis---	
SAL	*LSF	Axle/ 1000	Expected Reps	Stress Ratio	Allowable Reps	Fatigue Consump	Power	Allowable Reps	Erosion
34	44.2	0.19	3033.	0.621	17334.	17.50	53.403	543657.	0.56
32	41.6	0.54	8621.	0.586	45110.	19.11	47.305	770268.	1.12
30	39.0	0.63	10058.	0.552	117818.	8.54	41.577	1121931.	0.90
28	36.4	1.78	28418.	0.517	361078.	7.87	36.218	1690640.	1.68
26	33.8	3.52	56197.	0.483	2028968.	2.77	31.229	2659759.	2.11
24	31.2	4.16	66415.	0.448	**********	0.00	26.609	4429160.	1.50
22	28.6	9.69	154702.	0.412	**********	0.00	22.359	7984980.	1.94
20	26.0	41.82	667660.	0.377	**********	0.00	18.478	16239221.	4.11
18	23.4	68.27	1089937.	0.341	**********	0.00	14.968	40743017.	2.68
16	20.8	57.07	911128.	0.306	**********	0.00	11.826	165657477.	0.55

TAL	*LSF	Axle/ 1000	Expected Reps	Stress Ratio	Allowable Reps	Fatigue Consump	Power	Allowable Reps	Erosion
60	78.0	0.57	9100.	0.474	3641082.	0.25	55.769	480404.	1.89
56	72.8	1.07	17083.	0.445	**********	0.00	48.581	713309.	2.39
52	67.6	1.79	28578.	0.415	**********	0.00	41.889	1097572.	2.60
48	62.4	3.03	48374.	0.385	**********	0.00	35.692	1766802.	2.74
44	57.2	3.52	56197.	0.354	**********	0.00	29.991	3018429.	1.86
40	52.0	20.31	324251.	0.324	**********	0.00	24.786	5603166.	5.79
36	46.8	78.19	1248311.	0.293	**********	0.00	20.077	11799975.	10.58
32	41.6	109.54	1748817.	0.263	**********	0.00	15.863	30990433.	5.64
28	36.4	95.79	1529297.	0.232	**********	0.00	12.145	136337458.	1.12
24	31.2	71.16	1136077.	0.200	**********	0.00	8.923	**********	0.00

Total Fatigue Used = 56.04 Erosion Damage = 51.76

9.0 Inch Thickness Inadequate, Fatigue Used= 218.30 Erosion Damage = 87.64

ECUACION DE DISEÑO DE LA AASHTO: PAVIMENTOS RIGIDOS
ZAPOTE - CURRIDABAT, pavimento rígido 4 carriles

Material	k base (pci)	Ec (psi)	Sc (psi)	Cd	J
Losa	900	5000000	650	1	3.2
Sobrecapa	1700	5000000	650	1	3.2

Material	MR (psi)	k (pci)	Espesor	Mr comp.
Base	600000	900	20	X
Sub-base	12000	X	0	X
Sub-rasante	6750	X	X	X

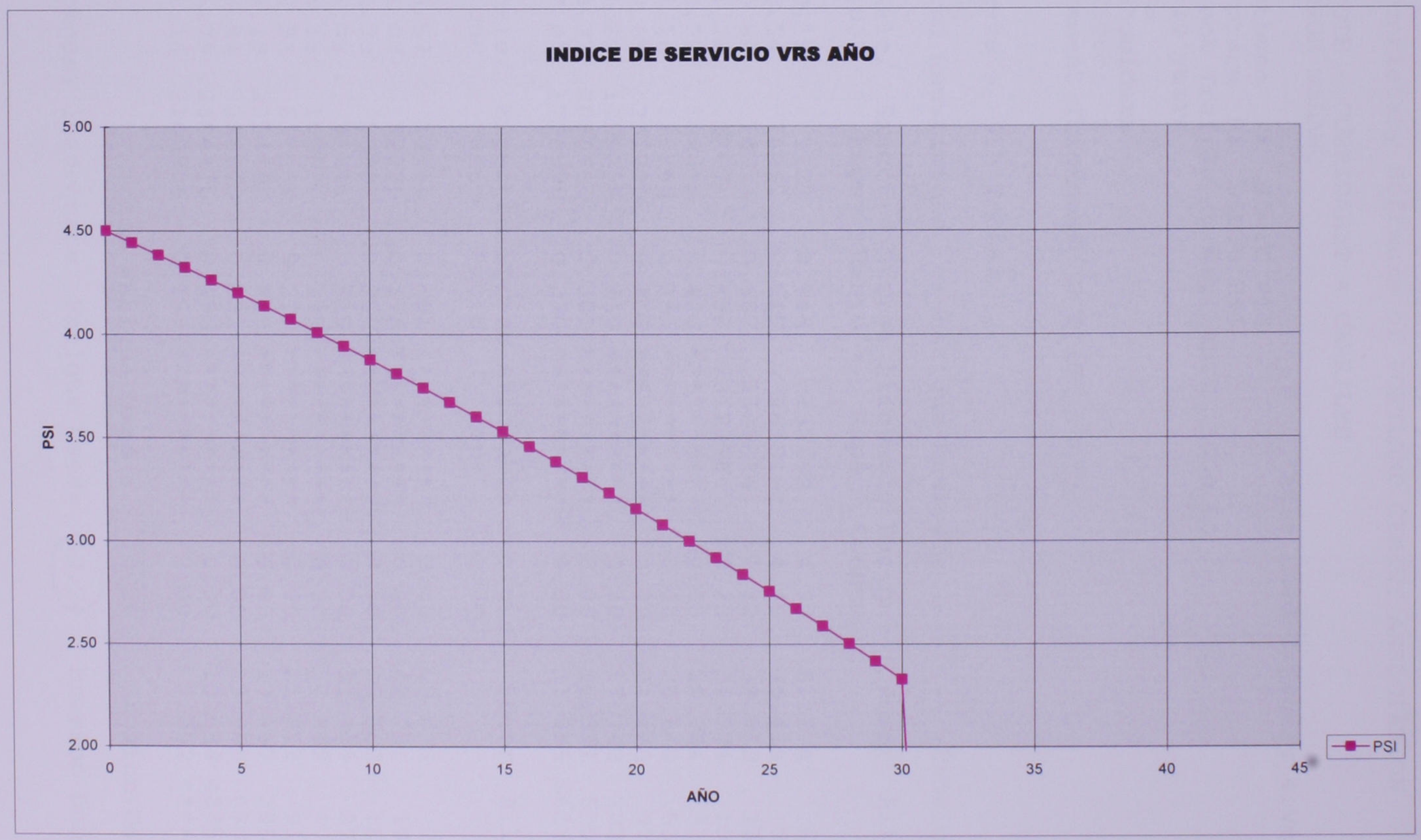
Espaldón (A/H)	A
Espaldón sobrecapa (A/H)	A

	Espesores (cm)		
	disenho	usuario	mínimos
Losa	28.6139179	29	15
Base	20	X	15
Sub-base	0	X	No aplica
Sobrecapa	18.4877365	15	15

Datos de diseño	
EEq.	50541996
Pt	2.25
R (%)	85
So	0.35
tipo (N,U,R)	N
TPD	18581.6
año diseño	30

Parámetros desempeño	
PSI min.	2.25
IRI max.	4.5

ZAPOTE - CURRIDABAT, pavimento rígido 4 carriles



Project: ZAPOTE - CURRIDABAT 4 CARRILES
Engineer: JORGE SOLANO
Input Data: Axle Load Category 4.Very Heavy
Subgrade / Subbase K 660.0 PCI
Modulus of Rupture MR 650.0 PSI
Avg. Daily Truck Traffic (2 way) ADTT 5500.00
Design Life 30 years
Doweled Joints
No Concrete Shoulders
Load Safety Factor 1.3
Estimated Pavement Thickness 9.5 IN

Design Thickness = 9.5 Inches

		Load Repetitions		---Fatigue Analysis-----			----Erosion Analysis---	
SAL	*LSF	Axle/ 1000	Expected Reps	Stress Ratio	Allowable Reps	Fatigue Consump	Power	Allowable Reps	Erosion
34	44.2	0.19	5721.	0.548	133192.	4.30	51.274	637058.	0.90
32	41.6	0.54	16261.	0.517	361910.	4.49	45.419	904363.	1.80
30	39.0	0.63	18971.	0.487	1549314.	1.22	39.919	1320978.	1.44
28	36.4	1.78	53600.	0.456	23123784.	0.23	34.774	1998786.	2.68
26	33.8	3.52	105996.	0.426	**********	0.00	29.984	3163716.	3.35
24	31.2	4.16	125268.	0.395	**********	0.00	25.548	5317511.	2.36
22	28.6	9.69	291790.	0.364	**********	0.00	21.468	9731134.	3.00
20	26.0	41.82	1259305.	0.333	**********	0.00	17.742	20321825.	6.20
18	23.4	68.27	2055780.	0.301	**********	0.00	14.371	53908729.	3.81
16	20.8	57.07	1718520.	0.270	**********	0.00	11.355	261797061.	0.66
TAL	*LSF	Axle/ 1000	Expected Reps	Stress Ratio	Allowable Reps	Fatigue Consump	Power	Allowable Reps	Erosion
60	78.0	0.57	17164.	0.401	**********	0.00	49.076	722654.	2.38
56	72.8	1.07	32220.	0.376	**********	0.00	42.751	1079317.	2.99
52	67.6	1.79	53901.	0.350	**********	0.00	36.862	1675658.	3.22
48	62.4	3.03	91241.	0.325	**********	0.00	31.409	2734621.	3.34
44	57.2	3.52	105996.	0.299	**********	0.00	26.392	4774128.	2.22
40	52.0	20.31	611585.	0.274	**********	0.00	21.812	9188137.	6.66
36	46.8	78.19	2354496.	0.248	**********	0.00	17.667	20679638.	11.39
32	41.6	109.54	3298523.	0.222	**********	0.00	13.959	63022489.	5.23
28	36.4	95.79	2884476.	0.196	**********	0.00	10.688	488528982.	0.59
24	31.2	71.16	2142806.	0.169	**********	0.00	7.852	**********	0.00

Total Fatigue Used = 10.24 Erosion Damage = 64.19

9.0 Inch Thickness Inadequate, Fatigue Used= 42.74 Erosion Damage = 113.53

ECUACION DE DISEÑO DE LA AASHTO: PAVIMENTOS RIGIDOS
ZAPOTE - CURRIDABAT, pavimento rígido (6 carriles)

Material	k base (pci)	Ec (psi)	Sc (psi)	Cd	J
Losa	900	5000000	650	1	3.2
Sobrecapa	1700	5000000	650	1	3.2

Material	MR (psi)	k (pci)	Espesor	Mr comp.
Base	600000	900	20	X
Sub-base	12000	X	0	X
Sub-rasante	6750	X	X	X

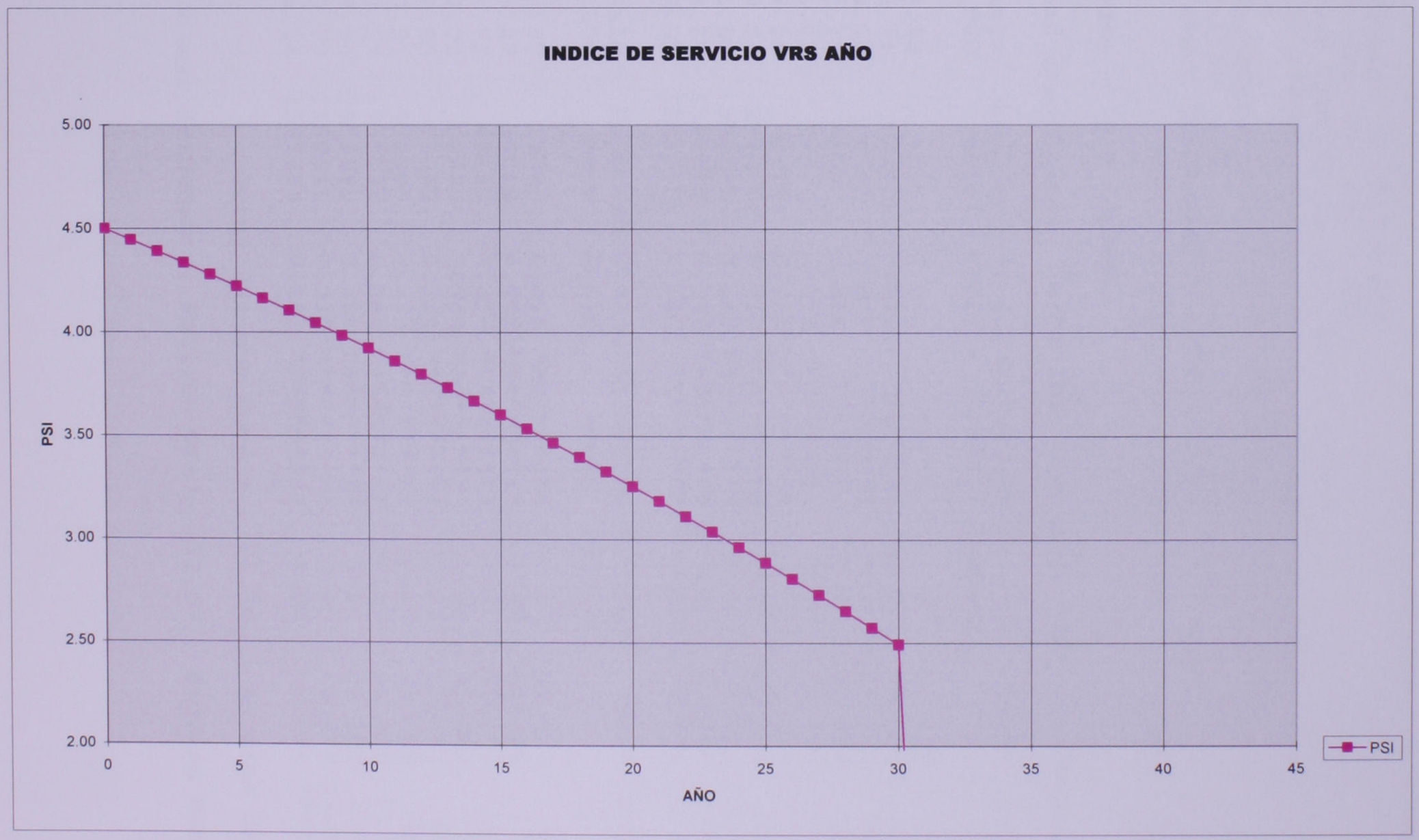
Espaldón (A/H)	A
Espaldón sobrecapa (A/H)	A

	Espesores (cm)		
	disenho	usuario	mínimos
Losa	27.2550574	28	15
Base	20	X	15
Sub-base	0	X	No aplica
Sobrecapa	18.4877365	15	15

Datos de diseño	
EEq.	37906497
Pt	2.25
R (%)	85
So	0.35
tipo (N,U,R)	N
TPD	13936.2
año diseño	30

Parámetros desempeño	
PSI min.	2.25
IRI max.	4.5

ZAPOTE - CURRIDABAT, pavimento rígido (6 carriles)



Project: ZAPOTE - CURRIDABAT 6 CARRILES
Engineer: JORGE SOLANO
Input Data: Axle Load Category 4.Very Heavy
Subgrade / Subbase K 660.0 PCI
Modulus of Rupture MR 650.0 PSI
Avg. Daily Truck Traffic (2 way) ADTT 4100.00
Design Life 30 years
Doweled Joints
No Concrete Shoulders
Load Safety Factor 1.3
Estimated Pavement Thickness 9.5 IN

Design Thickness = 8.0 Inches

		Load Repetitions		---Fatigue Analysis-----			----Erosion Analysis---	
SAL	*LSF	Axle/ 1000	Expected Reps	Stress Ratio	Allowable Reps	Fatigue Consump	Power	Allowable Reps	Erosion
34	44.2	0.19	4265.	0.591	40303.	10.58	60.444	400943.	1.06
32	41.6	0.54	12122.	0.558	100097.	12.11	53.542	566345.	2.14
30	39.0	0.63	14142.	0.525	271954.	5.20	47.059	821208.	1.72
28	36.4	1.78	39957.	0.492	1147577.	3.48	40.993	1229320.	3.25
26	33.8	3.52	79015.	0.459	16294286.	0.48	35.346	1915086.	4.13
24	31.2	4.16	93382.	0.426	**********	0.00	30.118	3141714.	2.97
22	28.6	9.69	217516.	0.392	**********	0.00	25.307	5530345.	3.93
20	26.0	41.82	938754.	0.359	**********	0.00	20.915	10793407.	8.70
18	23.4	68.27	1532491.	0.325	**********	0.00	16.941	24949031.	6.14
16	20.8	57.07	1281079.	0.291	**********	0.00	13.386	81135787.	1.58
TAL	*LSF	Axle/ 1000	Expected Reps	Stress Ratio	Allowable Reps	Fatigue Consump	Power	Allowable Reps	Erosion
60	78.0	0.57	12795.	0.429	**********	0.00	56.822	477953.	2.68
56	72.8	1.07	24019.	0.402	**********	0.00	49.498	709626.	3.38
52	67.6	1.79	40181.	0.375	**********	0.00	42.679	1091802.	3.68
48	62.4	3.03	68016.	0.348	**********	0.00	36.366	1757256.	3.87
44	57.2	3.52	79015.	0.321	**********	0.00	30.557	3001426.	2.63
40	52.0	20.31	455909.	0.293	**********	0.00	25.254	5569474.	8.19
36	46.8	78.19	1755170.	0.266	**********	0.00	20.456	11720962.	14.97
32	41.6	109.54	2458899.	0.238	**********	0.00	16.163	30738274.	8.00
28	36.4	95.79	2150246.	0.210	**********	0.00	12.374	134621613.	1.60
24	31.2	71.16	1597364.	0.181	**********	0.00	9.091	**********	0.00

Total Fatigue Used = 31.86 Erosion Damage = 84.63

8.5 Inch Thickness Inadequate, Fatigue Used= 132.97 Erosion Damage = 149.00

ECUACION DE DISEÑO DE LA AASHTO: PAVIMENTOS RIGIDOS
CURRIDABAT - TRES RIOS, pavimento rígido 4 carriles

Material	k base (pci)	Ec (psi)	Sc (psi)	Cd	J
Losa	600	5000000	650	1	3.2
Sobrecapa		5000000	650	1	3.2

Material	MR (psi)	k (pci)	Espesor	Mr comp.
Base	600000	600	17.8	X
Sub-base	12000	X	0	X
Sub-rasante	6750	X	X	X

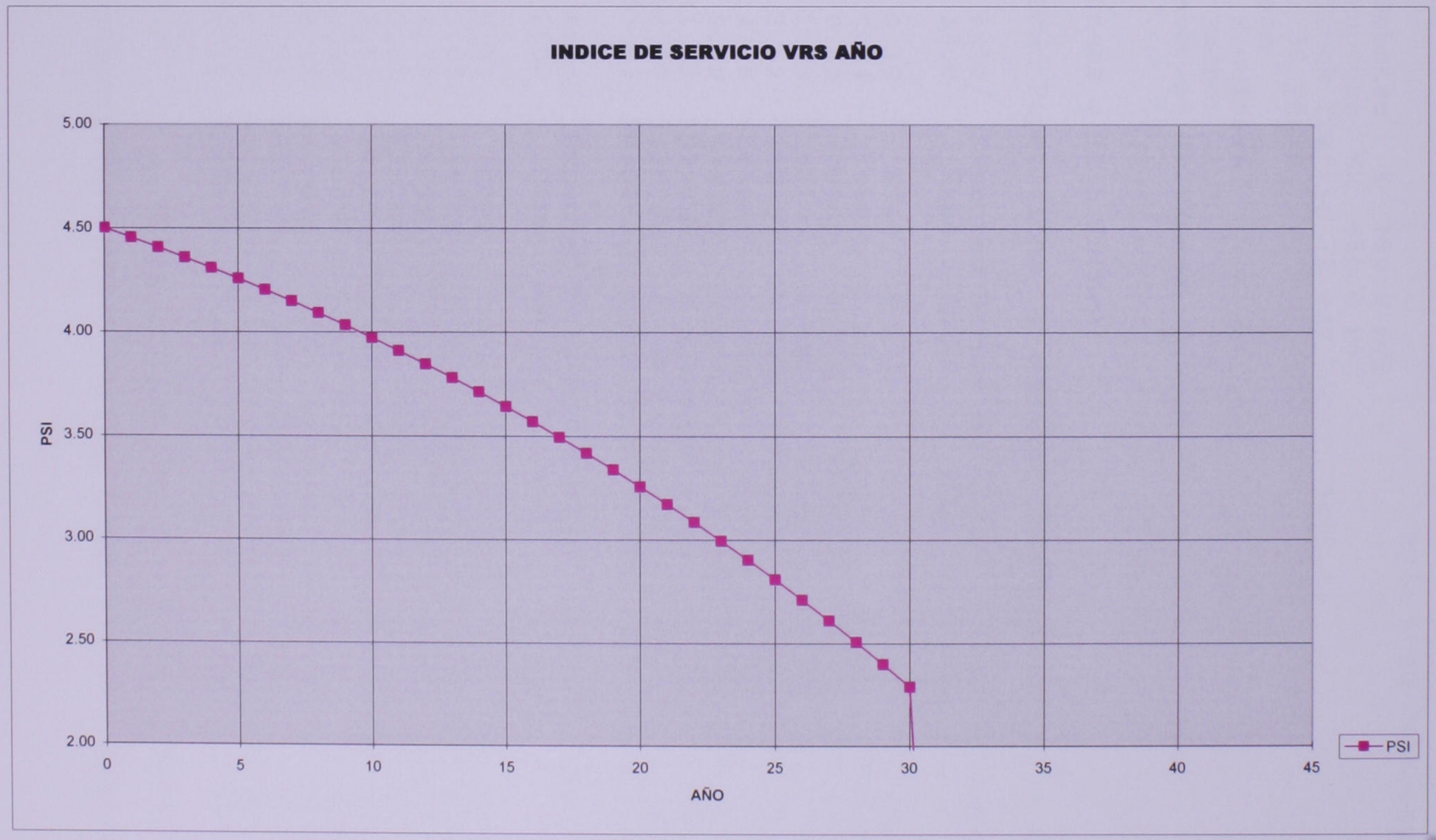
Espaldón (A/H)	A
Espaldón sobrecapa (A/H)	A

Datos de diseño	
EEq.	79185980.1
Pt	2.25
R (%)	85
So	0.35
tipo (N,U,R)	N
TPD	13947.2
año diseño	30

	Espesores (cm)		
	disenho	usuario	mínimos
Losa	31.6504164	32	15
Base	17.8	X	15
Sub-base	0	X	No aplica
Sobrecapa	18.4877365	15	15

Parámetros desempeño	
PSI min.	2.25
IRI max.	4.5

CURRIDABAT - TRES RIOS, pavimento rígido 4 carriles



Project: CURRIDABAT - TRES RIOS 4 CARRILES
Engineer: JORGE SOLANO
Input Data: Axle Load Category 4.Very Heavy
Subgrade / Subbase K 150.0 PCI
Modulus of Rupture MR 650.0 PSI
Avg. Daily Truck Traffic (2 way) ADTT 8425.00
Design Life 30 years
Doweled Joints
No Concrete Shoulders
Load Safety Factor 1.3
Estimated Pavement Thickness 9.0 IN

Design Thickness = 11.0 Inches

		Load Repetitions		---Fatigue Analysis-----			----Erosion Analysis---	
SAL	*LSF	Axle/ 1000	Expected Reps	Stress Ratio	Allowable Reps	Fatigue Consump	Power	Allowable Reps	Erosion
34	44.2	0.19	8764.	0.582	50503.	17.35	36.680	1607550.	0.55
32	41.6	0.54	24909.	0.550	123871.	20.11	32.492	2323028.	1.07
30	39.0	0.63	29060.	0.518	354551.	8.20	28.557	3479650.	0.84
28	36.4	1.78	82106.	0.485	1701239.	4.83	24.877	5459647.	1.50
26	33.8	3.52	162367.	0.453	39679724.	0.41	21.450	9121683.	1.78
24	31.2	4.16	191888.	0.420	**********	0.00	18.277	16690115.	1.15
22	28.6	9.69	446969.	0.387	**********	0.00	15.357	35325596.	1.27
20	26.0	41.82	1929026.	0.354	**********	0.00	12.692	98838836.	1.95
18	23.4	68.27	3149082.	0.320	**********	0.00	10.281	628370653.	0.50
16	20.8	57.07	2632461.	0.287	**********	0.00	8.123	**********	0.00
TAL	*LSF	Axle/ 1000	Expected Reps	Stress Ratio	Allowable Reps	Fatigue Consump	Power	Allowable Reps	Erosion
60	78.0	0.57	26292.	0.494	1022623.	2.57	46.933	778799.	3.38
56	72.8	1.07	49356.	0.463	10048019.	0.49	40.883	1164697.	4.24
52	67.6	1.79	82567.	0.432	**********	0.00	35.252	1811767.	4.56
48	62.4	3.03	139764.	0.401	**********	0.00	30.037	2965615.	4.71
44	57.2	3.52	162367.	0.369	**********	0.00	25.239	5201996.	3.12
40	52.0	20.31	936837.	0.338	**********	0.00	20.859	10092055.	9.28
36	46.8	78.19	3606660.	0.306	**********	0.00	16.896	23061847.	15.64
32	41.6	109.54	5052738.	0.274	**********	0.00	13.350	72902590.	6.93
28	36.4	95.79	4418493.	0.241	**********	0.00	10.221	679986172.	0.65
24	31.2	71.16	3282388.	0.209	**********	0.00	7.509	**********	0.00

Total Fatigue Used = 53.96 Erosion Damage = 63.11

10.5 Inch Thickness Inadequate, Fatigue Used= 177.14 Erosion Damage = 99.94

ECUACION DE DISEÑO DE LA AASHTO: PAVIMENTOS RIGIDOS
CURRIDABAT - TRES RIOS, pavimento rígido (6 carriles)

Material	k base (pci)	Ec (psi)	Sc (psi)	Cd	J
Losa	600	5000000	650	1	3.2
Sobrecapa	1700	5000000	650	1	3.2

Material	MR (psi)	k (pci)	Espesor	Mr comp.
Base	600000	600	17.8	X
Sub-base	12000	X	0	X
Sub-rasante	6750	X	X	X

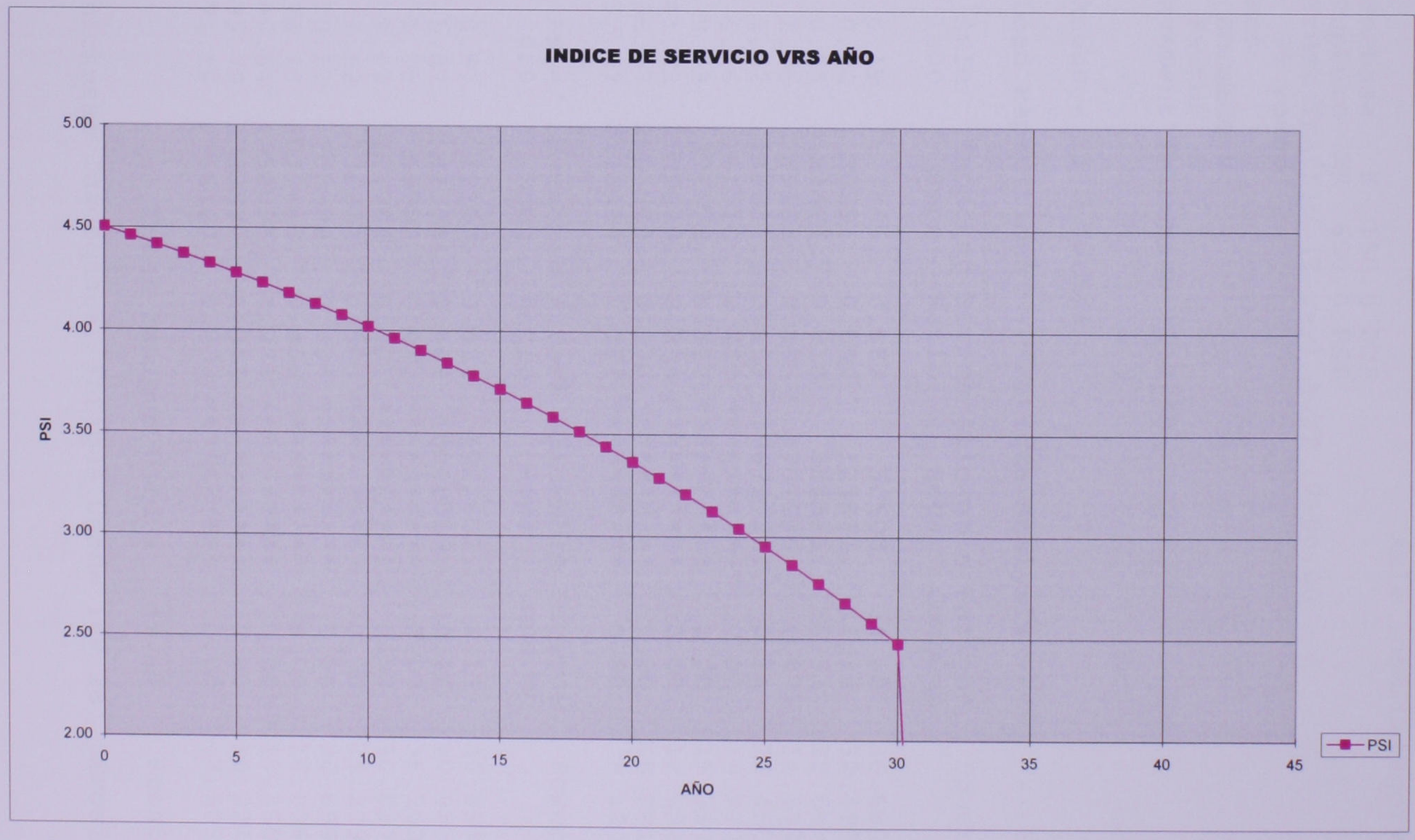
Espaldón (A/H)	A
Espaldón sobrecapa (A/H)	A

	Espesores (cm)		
	disenho	usuario	mínimos
Losa	30.2258176	31	15
Base	17.8	X	15
Sub-base	0	X	No aplica
Sobrecapa	18.4877365	15	15

Datos de diseño	
EEq.	59389485.1
Pt	2.25
R (%)	85
So	0.35
tipo (N,U,R)	N
TPD	10460.4
año diseño	30

Parámetros desempeño	
PSI min.	2.25
IRI max.	4.5

CURRIDABAT - TRES RIOS, pavimento rígido (6 carriles)



Project: CURRIDABAT - TRES RIOS 6 CARRILES
Engineer: JORGE SOLANO
Input Data: Axle Load Category 4.Very Heavy
Subgrade / Subbase K 150.0 PCI
Modulus of Rupture MR 650.0 PSI
Avg. Daily Truck Traffic (2 way) ADTT 7100.00
Design Life 30 years
Doweled Joints
No Concrete Shoulders
Load Safety Factor 1.3
Estimated Pavement Thickness 11.0 IN

Design Thickness = 11.0 Inches

		Load Repetitions		---Fatigue Analysis-----			----Erosion Analysis---	
SAL	*LSF	Axle/ 1000	Expected Reps	Stress Ratio	Allowable Reps	Fatigue Consump	Power	Allowable Reps	Erosion
34	44.2	0.19	7386.	0.582	50503.	14.62	36.680	1607550.	0.46
32	41.6	0.54	20991.	0.550	123871.	16.95	32.492	2323028.	0.90
30	39.0	0.63	24490.	0.518	354551.	6.91	28.557	3479650.	0.70
28	36.4	1.78	69193.	0.485	1701239.	4.07	24.877	5459647.	1.27
26	33.8	3.52	136831.	0.453	39679724.	0.34	21.450	9121683.	1.50
24	31.2	4.16	161710.	0.420	**********	0.00	18.277	16690115.	0.97
22	28.6	9.69	376675.	0.387	**********	0.00	15.357	35325596.	1.07
20	26.0	41.82	1625648.	0.354	**********	0.00	12.692	98838836.	1.64
18	23.4	68.27	2653826.	0.320	**********	0.00	10.281	628370653.	0.42
16	20.8	57.07	2218454.	0.287	**********	0.00	8.123	**********	0.00

TAL	*LSF	Axle/ 1000	Expected Reps	Stress Ratio	Allowable Reps	Fatigue Consump	Power	Allowable Reps	Erosion
60	78.0	0.57	22157.	0.494	1022623.	2.17	46.933	778799.	2.85
56	72.8	1.07	41594.	0.463	10048019.	0.41	40.883	1164697.	3.57
52	67.6	1.79	69582.	0.432	**********	0.00	35.252	1811767.	3.84
48	62.4	3.03	117784.	0.401	**********	0.00	30.037	2965615.	3.97
44	57.2	3.52	136831.	0.369	**********	0.00	25.239	5201996.	2.63
40	52.0	20.31	789500.	0.338	**********	0.00	20.859	10092055.	7.82
36	46.8	78.19	3039441.	0.306	**********	0.00	16.896	23061847.	13.18
32	41.6	109.54	4258094.	0.274	**********	0.00	13.350	72902590.	5.84
28	36.4	95.79	3723597.	0.241	**********	0.00	10.221	679986172.	0.55
24	31.2	71.16	2766167.	0.209	**********	0.00	7.509	**********	0.00

Total Fatigue Used = 45.47 Erosion Damage = 53.19

10.5 Inch Thickness Inadequate, Fatigue Used= 149.28 Erosion Damage = 84.22

ECUACION DE DISEÑO DE LA AASHTO: PAVIMENTOS RIGIDOS
TRES RIOS - CARTAGO, pavimento rígido 4 carriles

Material	k base (pci)	Ec (psi)	Sc (psi)	Cd	J
Losa	1000	5000000	650	1	3.2
Sobrecapa		5000000	650	1	3.2

Material	MR (psi)	k (pci)	Espesor	Mr comp.
Base	600000	1000	17.8	X
Sub-base	12000	X	0	X
Sub-rasante	6000	X	X	X

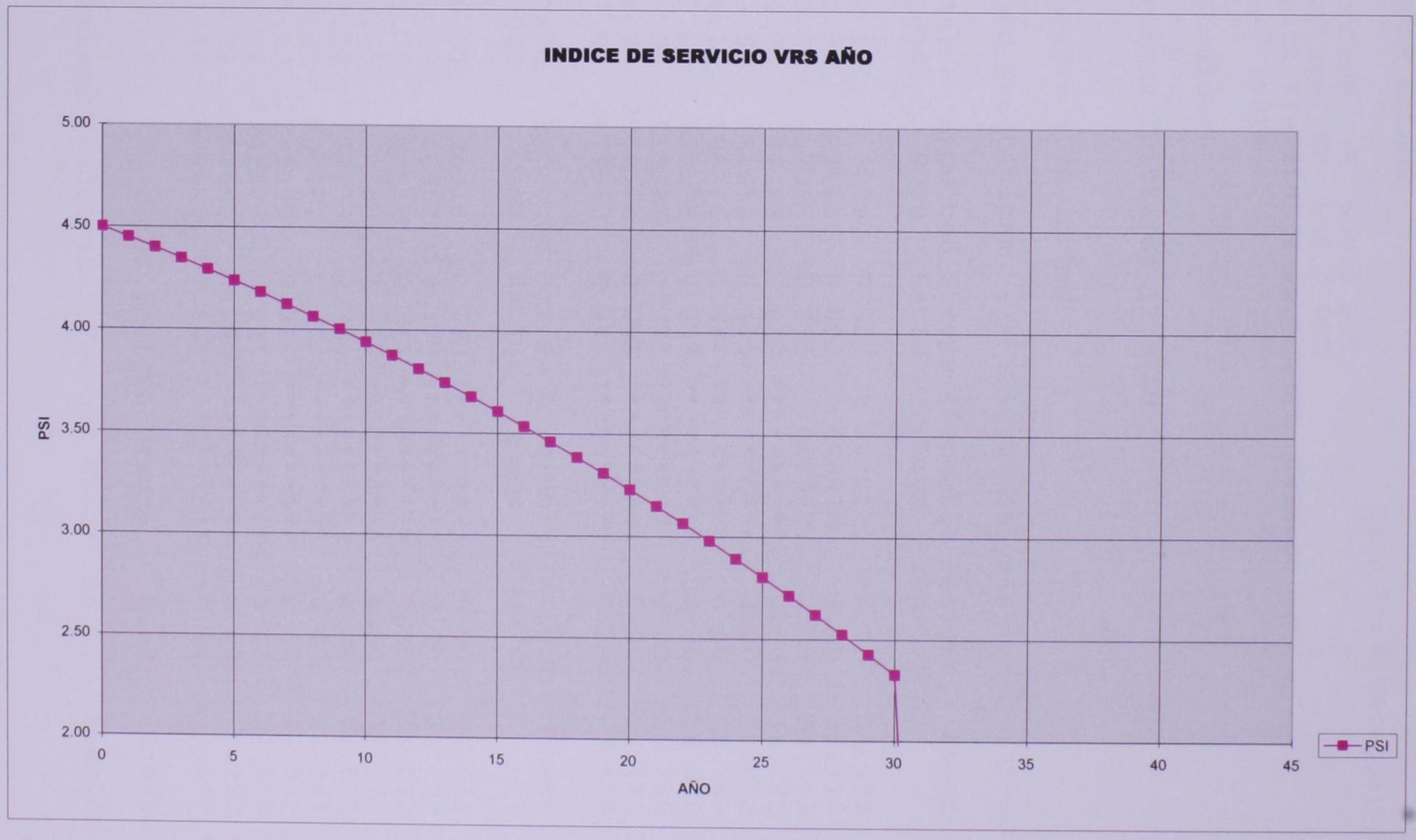
Espaldón (A/H)	A
Espaldón sobrecapa (A/H)	A

	Espesores (cm)		
	disenho	usuario	mínimos
Losa	30.5739635	31	15
Base	17.8	X	15
Sub-base	0	X	No aplica
Sobrecapa	18.4877365	15	15

Datos de diseño	
EEq.	78610800.1
Pt	2.25
R (%)	85
So	0.35
tipo (N,U,R)	N
TPD	14069.6
año diseño	30

Parámetros desempeño	
PSI min.	2.25
IRI max.	4.5

TRES RIOS - CARTAGO, pavimento rígido 4 carriles



Project: TRES RIOS - CARTAGO 4 CARRILES
Engineer: JORGE SOLANO
Input Data: Axle Load Category 4.Very Heavy
Subgrade / Subbase K 520.0 PCI
Modulus of Rupture MR 650.0 PSI
Avg. Daily Truck Traffic (2 way) ADTT 7920.00
Design Life 30 years
Doweled Joints
No Concrete Shoulders
Load Safety Factor 1.3
Estimated Pavement Thickness 11.0 IN

Design Thickness = 10.0 Inches

		Load Repetitions		---Fatigue Analysis-----			----Erosion Analysis---	
SAL	*LSF	Axle/ 1000	Expected Reps	Stress Ratio	Allowable Reps	Fatigue Consump	Power	Allowable Reps	Erosion
34	44.2	0.19	8239.	0.532	213213.	3.86	44.492	936492.	0.88
32	41.6	0.54	23415.	0.503	670570.	3.49	39.412	1337379.	1.75
30	39.0	0.63	27318.	0.473	4011537.	0.68	34.639	1970135.	1.39
28	36.4	1.78	77184.	0.443	**********	0.00	30.175	3017791.	2.56
26	33.8	3.52	152634.	0.414	**********	0.00	26.018	4863958.	3.14
24	31.2	4.16	180386.	0.384	**********	0.00	22.169	8406673.	2.15
22	28.6	9.69	420178.	0.353	**********	0.00	18.628	16108581.	2.61
20	26.0	41.82	1813399.	0.323	**********	0.00	15.395	36628378.	4.95
18	23.4	68.27	2960324.	0.293	**********	0.00	12.470	118470848.	2.50
16	20.8	57.07	2474669.	0.262	**********	0.00	9.853	**********	0.00
TAL	*LSF	Axle/ 1000	Expected Reps	Stress Ratio	Allowable Reps	Fatigue Consump	Power	Allowable Reps	Erosion
60	78.0	0.57	24716.	0.398	**********	0.00	44.643	927345.	2.67
56	72.8	1.07	46397.	0.373	**********	0.00	38.889	1391532.	3.33
52	67.6	1.79	77618.	0.348	**********	0.00	33.532	2175534.	3.57
48	62.4	3.03	131387.	0.323	**********	0.00	28.571	3588427.	3.66
44	57.2	3.52	152634.	0.298	**********	0.00	24.008	6371448.	2.40
40	52.0	20.31	880682.	0.272	**********	0.00	19.841	12619728.	6.98
36	46.8	78.19	3390475.	0.246	**********	0.00	16.071	30021131.	11.29
32	41.6	109.54	4749873.	0.221	**********	0.00	12.698	105123961.	4.52
28	36.4	95.79	4153646.	0.195	**********	0.00	9.722	**********	0.00
24	31.2	71.16	3085640.	0.168	**********	0.00	7.143	**********	0.00

Total Fatigue Used = 8.04 Erosion Damage = 60.33

9.5 Inch Thickness Inadequate, Fatigue Used= 34.11 Erosion Damage = 106.81

ECUACION DE DISEÑO DE LA AASHTO: PAVIMENTOS RIGIDOS
TRES RIOS - CARTAGO, pavimento rígido (6carriles)

Material	k base (pci)	Ec (psi)	Sc (psi)	Cd	J
Losa	1000	5000000	650	1	3.2
Sobrecapa	1700	5000000	650	1	3.2

Material	MR (psi)	k (pci)	Espesor	Mr comp.
Base	600000	1000	17.8	X
Sub-base	12000	X	0	X
Sub-rasante	6000	X	X	X

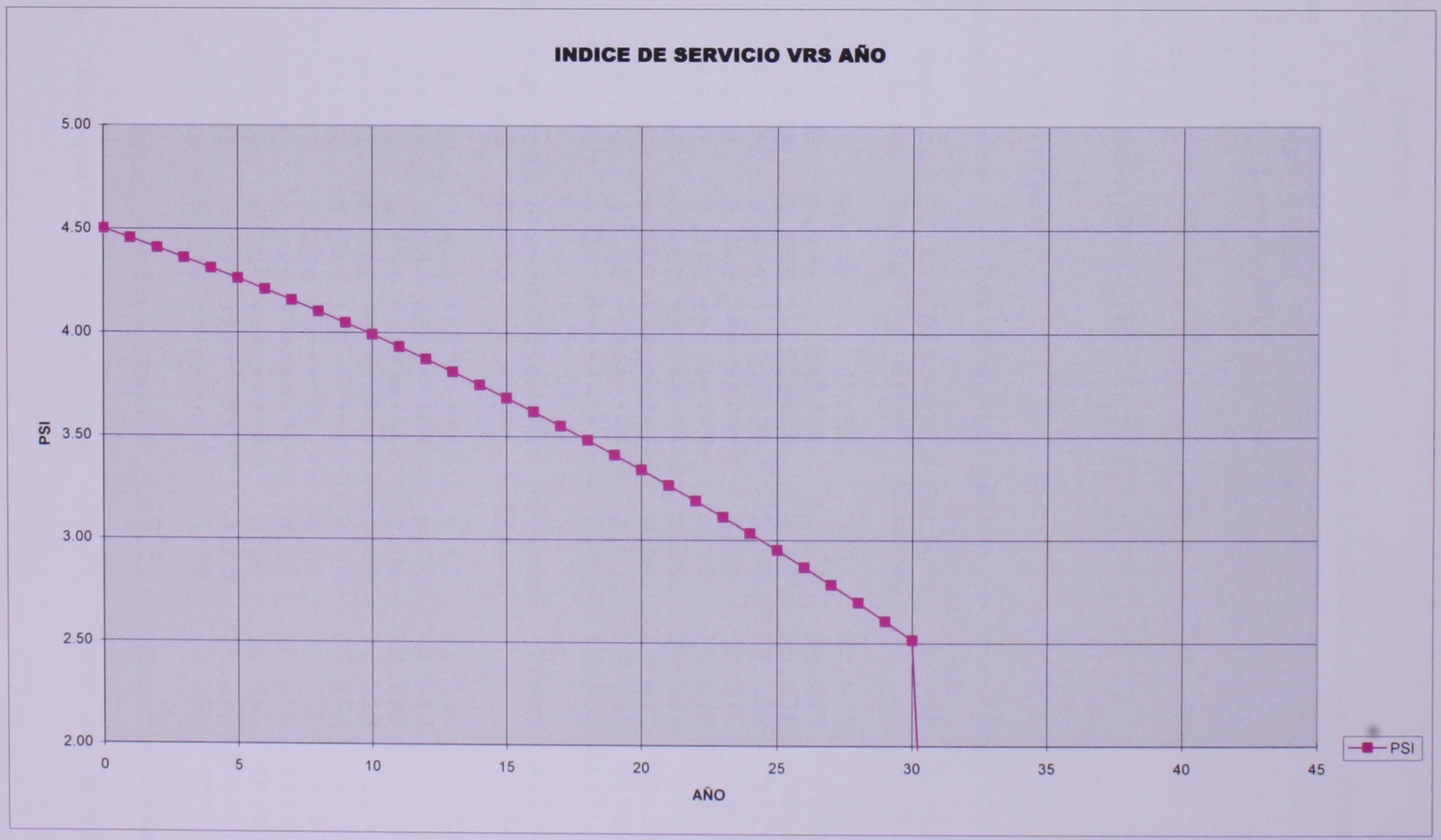
Espaldón (A/H)	A
Espaldón sobrecapa (A/H)	A

	Espesores (cm)		
	disenho	usuario	mínimos
Losa	29.1317332	30	15
Base	17.8	X	15
Sub-base	0	X	No aplica
Sobrecapa	18.4877365	15	15

Datos de diseño	
EEq.	58958100.1
Pt	2.25
R (%)	85
So	0.35
tipo (N,U,R)	N
TPD	10552.2
año diseño	30

Parámetros desempeño	
PSI min.	2.25
IRI max.	4.5

TRES RIOS - CARTAGO, pavimento rígido (6carriles)



Project: TRES RIOS - CARTAGO 6 CARRILES
Engineer: JORGE SOLANO
Input Data: Axle Load Category 4.Very Heavy
Subgrade / Subbase K 520.0 PCI
Modulus of Rupture MR 650.0 PSI
Avg. Daily Truck Traffic (2 way) ADTT 6450.00
Design Life 30 years
Doweled Joints
No Concrete Shoulders
Load Safety Factor 1.3
Estimated Pavement Thickness 10.0 IN

Design Thickness = 9.5 Inches

SAL	*LSF	Axle/ 1000	Load Repetitions Expected Reps	Stress Ratio	Fatigue Analysis----- Allowable Reps	Fatigue Consump	Power	Erosion Analysis--- Allowable Reps	Erosion
34	44.2	0.19	6710.	0.572	67687.	9.91	51.935	601098.	1.12
32	41.6	0.54	19069.	0.540	165304.	11.54	46.005	852679.	2.24
30	39.0	0.63	22248.	0.508	518410.	4.29	40.434	1244142.	1.79
28	36.4	1.78	62858.	0.476	3081400.	2.04	35.222	1879581.	3.34
26	33.8	3.52	124304.	0.444	**********	0.00	30.370	2968168.	4.19
24	31.2	4.16	146905.	0.412	**********	0.00	25.878	4971240.	2.96
22	28.6	9.69	342190.	0.380	**********	0.00	21.744	9045597.	3.78
20	26.0	41.82	1476821.	0.347	**********	0.00	17.971	18698857.	7.90
18	23.4	68.27	2410870.	0.315	**********	0.00	14.556	48537862.	4.97
16	20.8	57.07	2015356.	0.282	**********	0.00	11.501	219313043.	0.92

TAL	*LSF	Axle/ 1000	Load Repetitions Expected Reps	Stress Ratio	Fatigue Analysis----- Allowable Reps	Fatigue Consump	Power	Erosion Analysis--- Allowable Reps	Erosion
60	78.0	0.57	20129.	0.424	**********	0.00	51.122	628926.	3.20
56	72.8	1.07	37786.	0.397	**********	0.00	44.533	937237.	4.03
52	67.6	1.79	63212.	0.371	**********	0.00	38.398	1450189.	4.36
48	62.4	3.03	107001.	0.344	**********	0.00	32.718	2354521.	4.54
44	57.2	3.52	124304.	0.317	**********	0.00	27.492	4077291.	3.05
40	52.0	20.31	717222.	0.290	**********	0.00	22.721	7740821.	9.27
36	46.8	78.19	2761182.	0.262	**********	0.00	18.404	16984045.	16.26
32	41.6	109.54	3868268.	0.235	**********	0.00	14.541	48790775.	7.93
28	36.4	95.79	3382704.	0.207	**********	0.00	11.133	293327960.	1.15
24	31.2	71.16	2512926.	0.179	**********	0.00	8.180	**********	0.00

Total Fatigue Used = 27.78 Erosion Damage = 86.98

9.0 Inch Thickness Inadequate, Fatigue Used= 110.20 Erosion Damage = 151.55

TRES RIOS - CARTAGO

DISEÑO DE LOSA ADHERIDA

SOBRE LOSA EXISTENTE

ESTRUCTURA ACTUAL:		PAVIMENTO SIN LOSA:	
Losa	= 20 cm		
Base granular	= 25 cm	Base Granular	= 25 cm
Súbase granular	= 15 cm	Súbase granular	= 15 cm
CBR	= 4%		
MR	= 6.000 psi		
Kc	= 120 pci	Kc ajustado	= 160 pci
4 CARRILES		6 CARRILES	
TPD	= 35.174 vpd		
i	= 2.45		
% pesados	= 19.4%		
ADT	= 35174 x 1.45 x 0.8		
ADTT	= 40803 X 0.194		
ADTT	= 7916	ADTT	= 5940

Según PCA losa necesaria = 11" = 28 cm

ESPESOR DE SOBRELOSA = 28 – 15 CM = 13 cm **USAR 15 CM**

01-24-:1 Proprietary Software of PORTLAND CEMENT ASSOCIATION

Project: TRES RIOS-CARTAGO S-L
Engineer: JORGE SOLANO
Input Data: Axle Load Category 4.Very Heavy
Subgrade / Subbase K 160.0 PCI
Modulus of Rupture MR 650.0 PSI
Avg. Daily Truck Traffic (2 way) ADTT 5940.00
Design Life 30 years
Doweled Joints
No Concrete Shoulders
Load Safety Factor 1.3
Estimated Pavement Thickness 11.0 IN

Design Thickness = 11.0 Inches

	Load Repetitions		---Fatigue Analysis-----			----Erosion Analysis---		
SAL *LSF	Axle/ 1000	Expected Reps	Stress Ratio	Allowable Reps	Fatigue Consump	Power	Allowable Reps	Erosion
34 44.2	0.19	6179.	0.576	61053.	10.12	36.488	1633651.	0.38
32 41.6	0.54	17562.	0.544	148888.	11.80	32.321	2361751.	0.74
30 39.0	0.63	20489.	0.512	451174.	4.54	28.407	3539772.	0.58
28 36.4	1.78	57888.	0.480	2468529.	2.35	24.746	5558798.	1.04
26 33.8	3.52	114476.	0.447	**********	0.00	21.337	9299532.	1.23
24 31.2	4.16	135289.	0.415	**********	0.00	18.181	17051787.	0.79
2 28.6	9.69	315133.	0.382	**********	0.00	15.277	36231366.	0.87
20 26.0	41.82	1360049.	0.350	**********	0.00	12.625	102275076.	1.33
18 23.4	68.27	2220243.	0.317	**********	0.00	10.227	675691769.	0.33
16 20.8	57.07	1856002.	0.283	**********	0.00	8.080	**********	0.00
TAL *LSF	Axle/ 1000	Expected Reps	Stress Ratio	Allowable Reps	Fatigue Consump	Power	Allowable Reps	Erosion
60 78.0	0.57	18537.	0.485	1681079.	1.10	46.109	819981.	2.26
56 72.8	1.07	34798.	0.455	27615064.	0.13	40.166	1227449.	2.83
52 67.6	1.79	58213.	0.424	**********	0.00	34.633	1912091.	3.04
48 62.4	3.03	98540.	0.394	**********	0.00	29.510	3136600.	3.14
44 57.2	3.52	114476.	0.363	**********	0.00	24.797	5520784.	2.07
40 52.0	20.31	660512.	0.332	**********	0.00	20.493	10772891.	6.13
36 46.8	78.19	2542856.	0.300	**********	0.00	16.599	24893347.	10.22
32 41.6	109.54	3562405.	0.269	**********	0.00	13.116	80887613.	4.40
28 36.4	95.79	3115234.	0.237	**********	0.00	10.042	883144570.	0.35
24 31.2	71.16	2314230.	0.205	**********	0.00	7.377	**********	0.00

Total Fatigue Used = 30.03 Erosion Damage = 41.75

10.5 Inch Thickness Inadequate, Fatigue Used= 100.01 Erosion Damage = 66.56

oject: TRES RIOS-CARTAGO S-L
gineer: JORGE SOLANO

Input Data: Axle Load Category 4.Very Heavy
Subgrade / Subbase K 160.0 PCI
Modulus of Rupture MR 650.0 PSI
Avg. Daily Truck Traffic (2 way) ADTT 7916.00
Design Life 30 years
Doweled Joints
No Concrete Shoulders
Load Safety Factor 1.3
Estimated Pavement Thickness 9.0 IN

Design Thickness = 11.0 Inches

SAL	*LSF	Axle/ 1000	Load Repetitions Expected Reps	Fatigue Stress Ratio	Fatigue Allowable Reps	Fatigue Consump	Erosion Power	Erosion Allowable Reps	Erosion
34	44.2	0.19	8235.	0.576	61053.	13.49	36.488	1633651.	0.50
32	41.6	0.54	23404.	0.544	148888.	15.72	32.321	2361751.	0.99
30	39.0	0.63	27304.	0.512	451174.	6.05	28.407	3539772.	0.77
28	36.4	1.78	77145.	0.480	2468529.	3.13	24.746	5558798.	1.39
26	33.8	3.52	152557.	0.447	**********	0.00	21.337	9299532.	1.64
24	31.2	4.16	180295.	0.415	**********	0.00	18.181	17051787.	1.06
2	28.6	9.69	419966.	0.382	**********	0.00	15.277	36231366.	1.16
20	26.0	41.82	1812483.	0.350	**********	0.00	12.625	102275076.	1.77
18	23.4	68.27	2958829.	0.317	**********	0.00	10.227	675691769.	0.44
16	20.8	57.07	2473420.	0.283	**********	0.00	8.080	**********	0.00

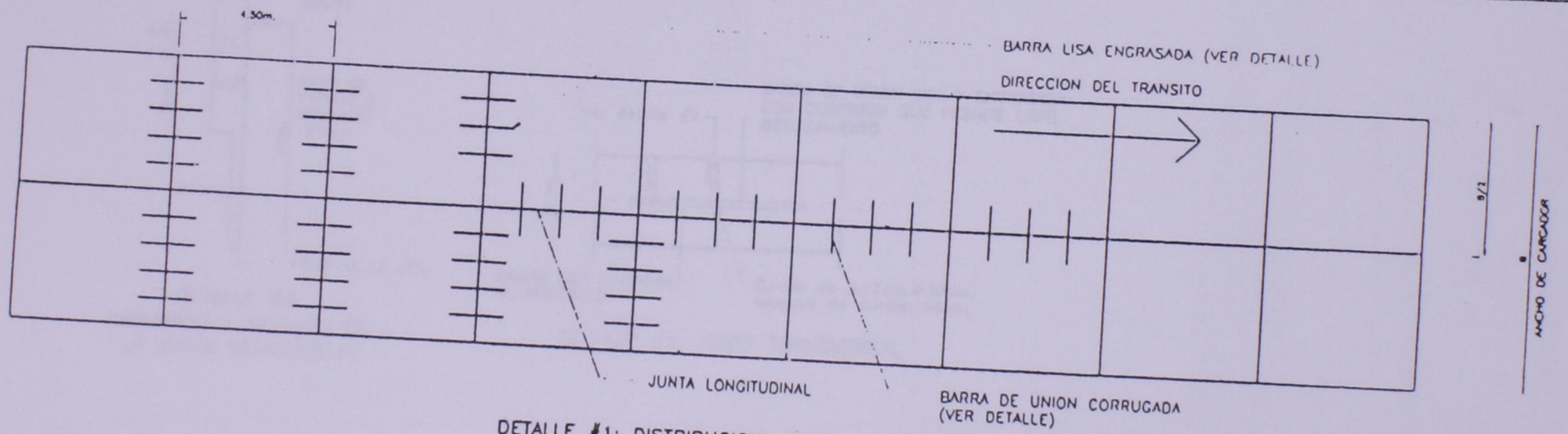
TAL	*LSF	Axle/ 1000	Load Repetitions Expected Reps	Fatigue Stress Ratio	Fatigue Allowable Reps	Fatigue Consump	Erosion Power	Erosion Allowable Reps	Erosion
60	78.0	0.57	24704.	0.485	1681079.	1.47	46.109	819981.	3.01
56	72.8	1.07	46374.	0.455	27615064.	0.17	40.166	1227449.	3.78
52	67.6	1.79	77579.	0.424	**********	0.00	34.633	1912091.	4.06
48	62.4	3.03	131321.	0.394	**********	0.00	29.510	3136600.	4.19
44	57.2	3.52	152557.	0.363	**********	0.00	24.797	5520784.	2.76
40	52.0	20.31	880237.	0.332	**********	0.00	20.493	10772891.	8.17
36	46.8	78.19	3388762.	0.300	**********	0.00	16.599	24893347.	13.61
32	41.6	109.54	4747475.	0.269	**********	0.00	13.116	80887613.	5.87
28	36.4	95.79	4151548.	0.237	**********	0.00	10.042	883144570.	0.47
24	31.2	71.16	3084082.	0.205	**********	0.00	7.377	**********	0.00

Total Fatigue Used = 40.02 Erosion Damage = 55.64

10.5 Inch Thickness Inadequate, Fatigue Used= 133.27 Erosion Damage = 88.70

ANEXO 9

Detalle de Juntas en Pavimentos Rígidos y Transición Bajo Puentes

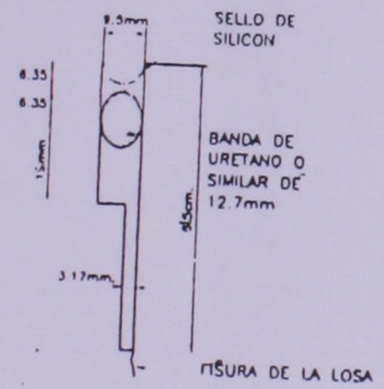


DETALLE #1: DISTRIBUCION GENERAL DE JUNTAS

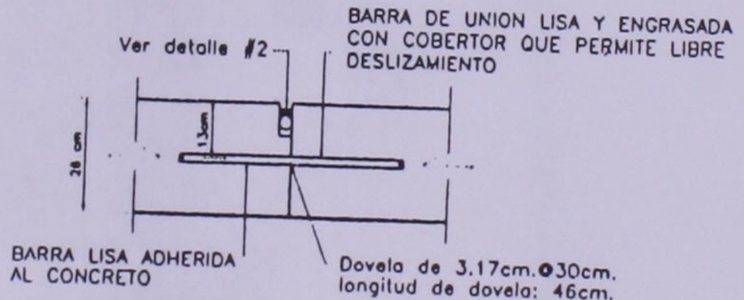
DETALLE

SIN ESCALA

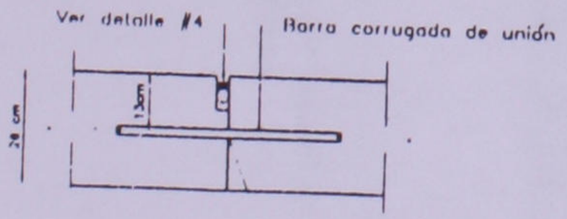
MOPT	PROYECTO:	5
	TRES RIOS - CARTAGO	18



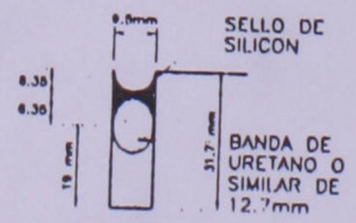
DETALLE #2:
RANURADO Y SELLADO DE LA JUNTA TRANSVERSAL



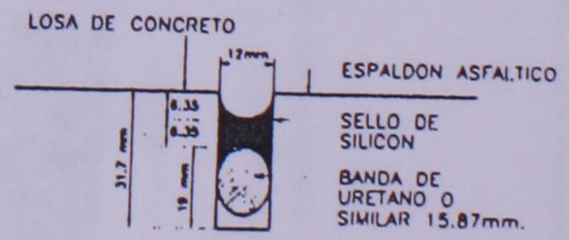
DETALLE #1: JUNTA TRANSVERSAL



DETALLE #3: JUNTA LONGITUDINAL



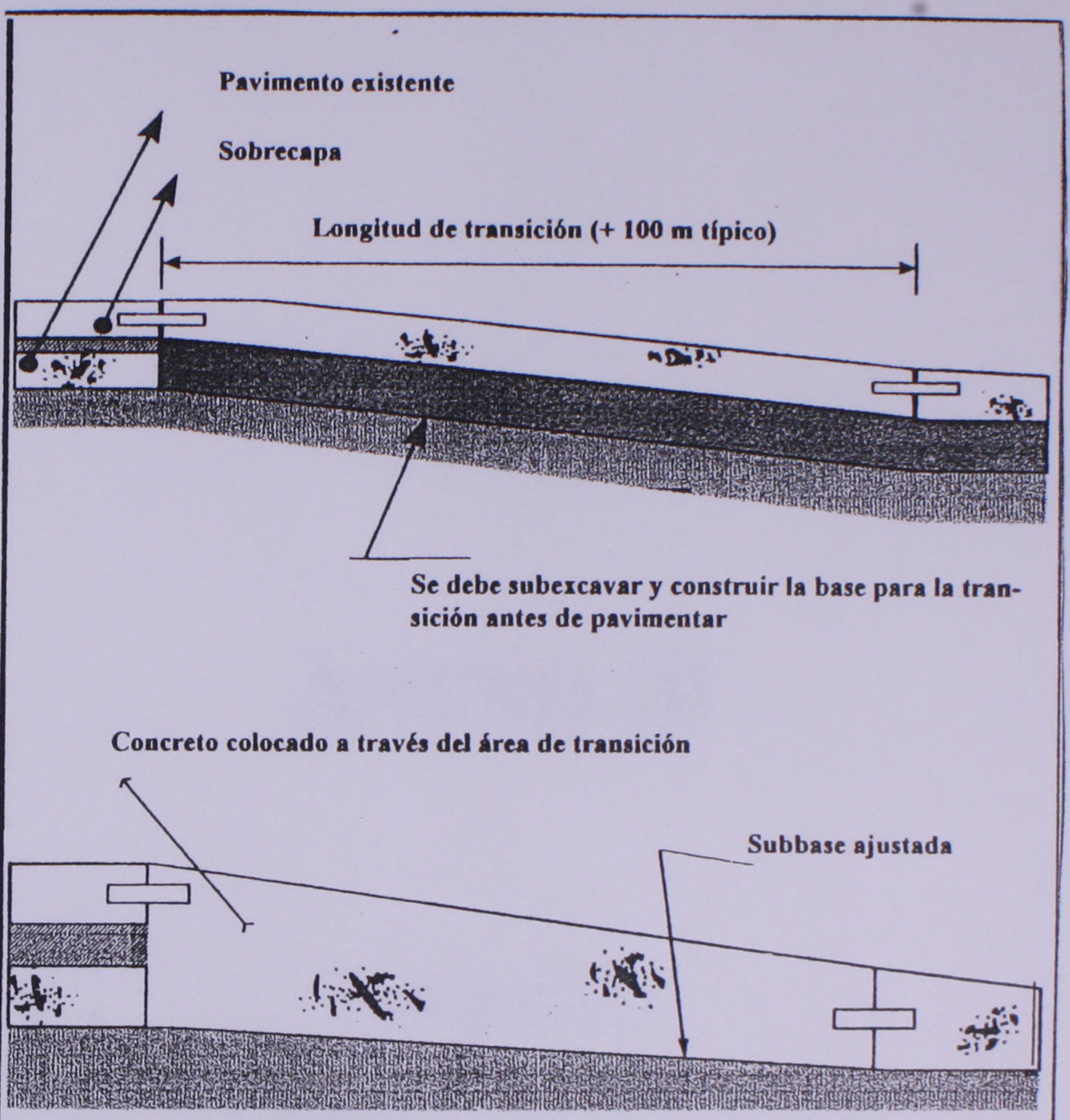
DETALLE #4:
RANURADO Y SELLADO DE LA JUNTA LONGITUDINAL



DETALLE #5:
RANURADO Y SELLADO DE LA JUNTA LONGITUDINAL CON EL ESPALDON EN CONCRETO ASFALTICO

DETALLES EN JUNTAS

SIN ESCALA



Nota: Se debe reconformar y recompactar la subbase existente en las áreas de transición y de reconstrucción.

Figura 14: Transición típica usada para ajustar con la losa de aproximación de un puente para mantener la luz vertical libre bajo el puente.

ANEXO 10

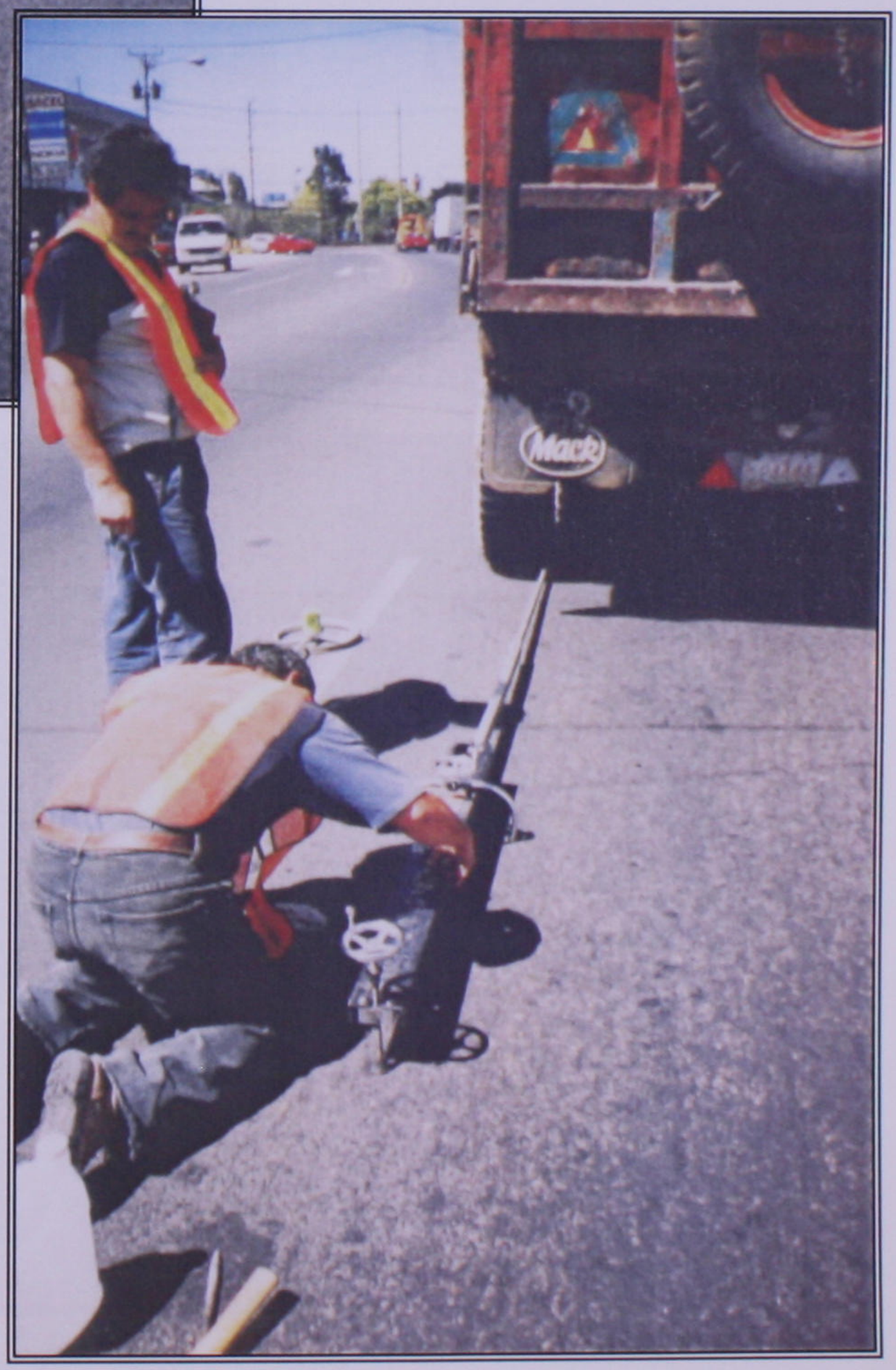
Fotografías

Radial Zapote

Determinación con
Viga Benkelman
Estación 0+147
Lado derecho

Radial Zapote

Determinación de temperatura ambiente y temperatura del pavimento



Radial Zapote

Deflexión con Viga Benkelman
Estación 0+100 lado izquierdo

Radial Zapote

Estación 1+850
Lado Izquierdo
Deflexión con
Viga Benkelman

Radial Zapote

Estación 1+500
Lado Izquierdo
Determinación en
carril externo

18. 7. 2000
Trinchera 9 Contacto lastre-relleno

Espesores de pavimento y subrasante
19. 7. 2000

Trinchera en Autopista Florencio del Castillo

Trinchera en Autopista Estado de Israel

IMNSA

URS