

ANEXO 10
ESTUDIO Y DISEÑO DEL PAVIMENTO DE LA VIA

CONTENIDO

DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO.....	1
SECCION DE PAVIMENTO EXISTENTE.....	2
SECCIONES PROPUESTAS DE PAVIMENTO ASFALTICO.....	3
CALCULO DE ESALS.....	11
SELECCIÓN DE PAVIMENTO PARA EL PROYECTO.....	12
SECCION TIPO DE PAVIMENTO ASFALTICO.....	15
SECCION TIPO DE PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRAULICO.....	16

DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTOS

El diseño de la estructura del pavimento esta compuesta de dos partes básicamente:

1. La evaluación de la estructura existente
2. El diseño o configuración de capas de la estructura futura basada en el trafico proyectado para 20 años y el soporte de la sub-rasante natural o colocada

1-La evaluación de la estructura existente

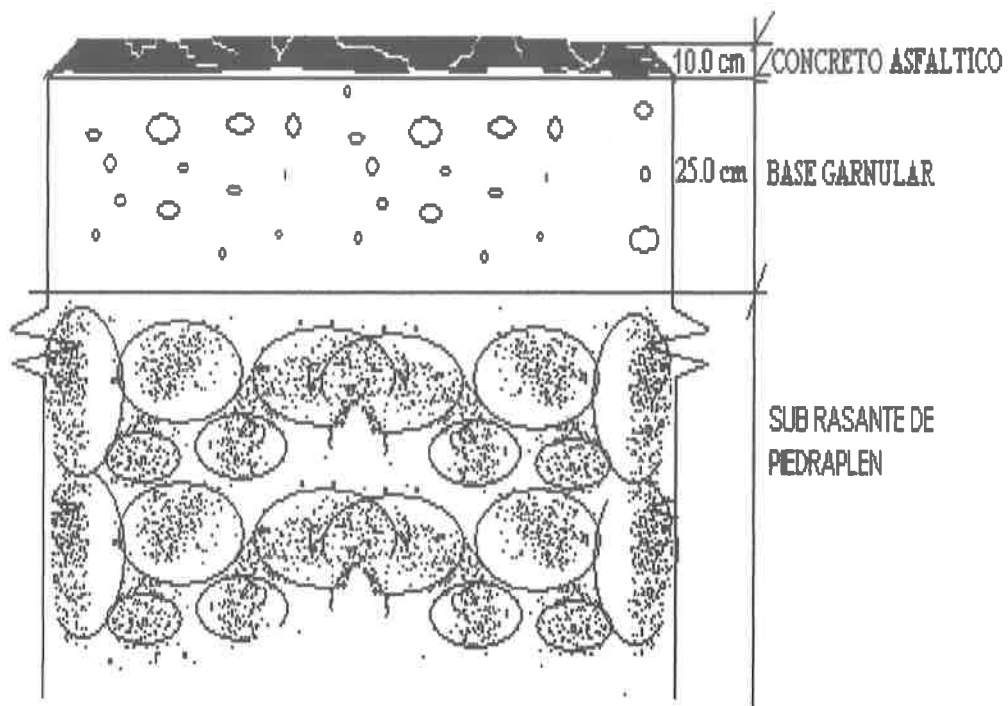
En el primer caso la parte de la evaluación en el campo consiste en las mediciones de deflexiones, observaciones del estado de la superficie, exploraciones por excavaciones del pavimento asfáltico (base y sub-rasante), ensayos de CBR en campo, toma de muestras para ensayos en el laboratorio, obtención de núcleos de la capa asfáltica y observaciones de la influencia del drenaje y humedad sobre la estructura.

Con los datos mencionados anteriormente se realizo un cálculo y estimación del valor estructural del pavimento (SN) que incluye la suma de las 2 capas existentes con su respectivos coeficientes estructurales y espesores. También se tomo en cuenta el valor de SN del pavimento total proporcionado por el MOP, mediante el uso del equipo FWD. Los valores calculados por la empresa fue de 2.36 y del MOP de 2.2 a 2.3 (Ver esquemas a continuación).

2-Diseño o configuración de capas de la estructura futura

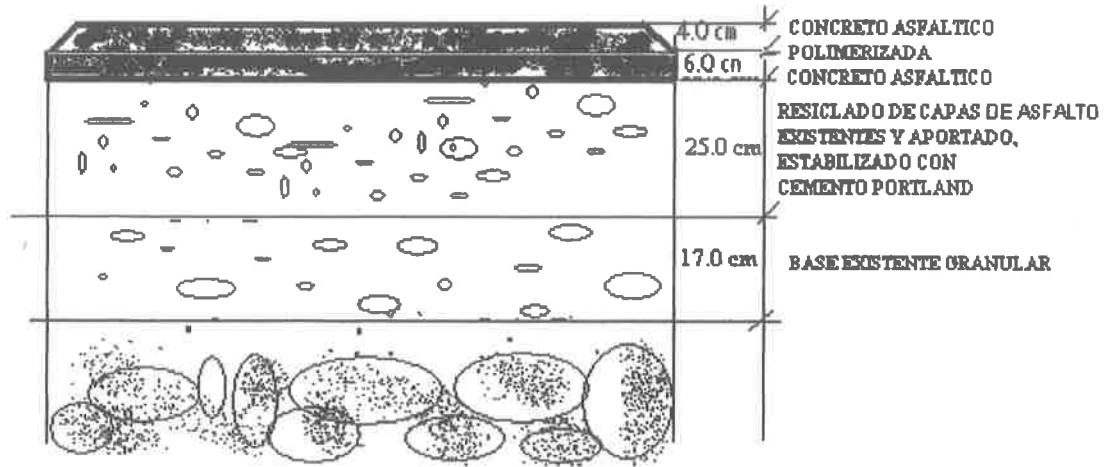
En el segundo caso tomando en cuenta los valores fisicos del material de las capas obtenidas en el campo y laboratorio, la proyección del trafico de 20 años convertidos a ESAL y el soporte de la sub-rasante se encuentra el SN requerido para los 20,344,560 ejes equivalentes y el valor asumido de resiliencia de la sub-rasante entre 24,249 psi. Y 17,579 psi. Se encuentra los valores requeridos del SN de 3.64 a 4.10 (ver cálculos en siguiente pagina "FLEXIBLE PAVEMENT ANALYSIS").

Cuando se combina estos requisitos con la experiencia de métodos de construcción en el país el proceso de selecciones de soluciones comienza a tomar forma para el diseño una estructura que dure los 20 años.



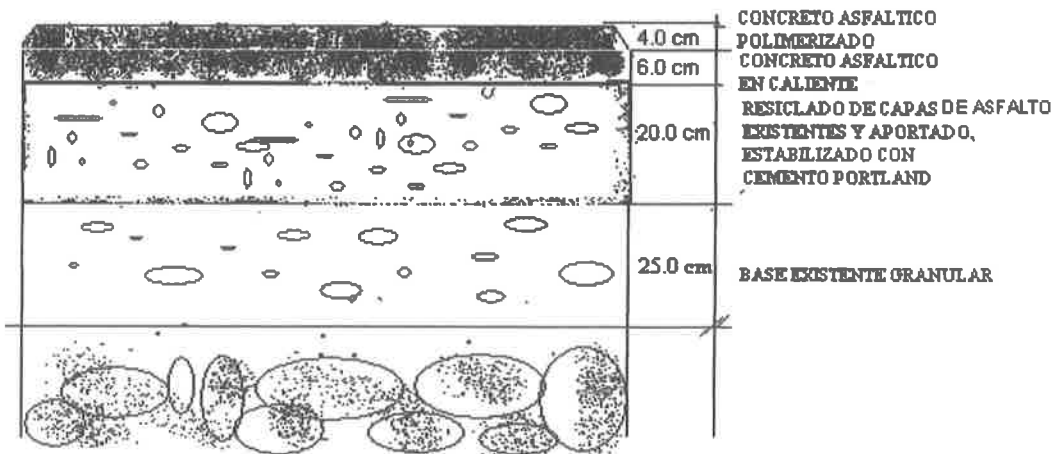
SECCION DEL PAVIMENTO EXISTENTE

ALTERNATIVA "A"



SECCION DEL PAVIMENTO PROYECTADO

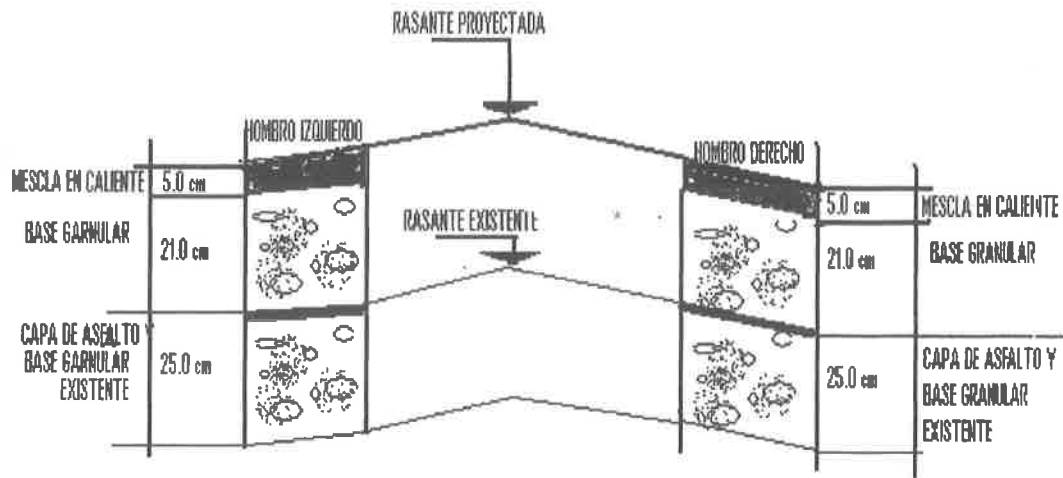
ALTERNATIVA "B"



SECCION DE PAVIMENTO PROYECTADO

ESTRUCTURA DE HOMBRO

ESTRUCTURA DE HOMBRO DERECHO E IZQUIERDO



	CM	PUL	COEFICIENTE	SN POR CAPA
MESCLA EN CALIENTE	5.0 cm	1.97	0.40	0.79
BASE GRANULAR	21.0 cm	8.27	0.12	1.00
BASE GRANULAR EXISTENTE	25.0 cm	9.84	0.12	1.18
TOTAL DE SN				2.97

VALOR ESTRUCTURAL CALCULADO DE HOMBRO IZQUIERDO Y DERECHO

Las condiciones como base para el diseño de la estructura son los siguientes:

La calidad de la base granular es buena con un CBR de alrededor del 85 y espesor de 25 cm., la sub-rasante, básicamente es un piedra-plen formado probablemente en fase de construcción del proyecto actual, posiblemente por la pobre condición del suelo o condición de saturación, por lo menos en las excavaciones de los pozos de cielo abierto es la evidencia presentada. Lo que es de poco valor es lo referente a la capa asfáltica actual la cual esta agrietada en su mayoría y se observa una gran cantidad de bacheo realizado anteriormente. La capa asfáltica existente cuenta con un espesor normalmente de 10 cm. la cual esta conformada por 2 o más capas.

La experiencia en el país de hacer un recarpeteo sobre una capa asfáltica dañada no ha sido favorable. Una solución más económica debería ser la utilización al máximo el material en la estructura del pavimento existente. Siguiendo esta lógica una solución es de reciclar la capa asfáltica conjuntamente con parte de la base o solamente la capa asfáltica y una parte de base granular. La nueva capa reciclada será una capa de material de base estabilizada con cemento Pórtland.

Debe protegerse esta nueva capa estabilizada con una capa de material de un coeficiente estructural mas alto y al mismo tiempo formar la superficie de rodamiento, entonces se coloca esta capa asfáltica compuesta de dos capas, una de asfalto en caliente de mezcla abierta y sobre esta una de alta resistencia contra ahuellamiento y agrietamiento que contiene la adición de polímeros en la mezcla en la forma de SBS. Este elastomer contiene Styring para evitar el ahuellamiento por el tráfico de la rueda en la misma trayectoria cuando el pavimento se caliente por el sol y la Butadine que evitaría el a-agrietamiento. La clasificación de asfalto líquido debe ser por lo menos un PG de 76-22.

A continuación se presenta un esquema de una sección de pavimento existente, luego un esquema de la sección de pavimento proyectada con alternativa A y B, y en seguida un esquema comparativa de la estructura de l pavimento existente con la estructura del pavimento a construir que presenta los valores del SN en los dos casos. El análisis es también para la alternativa A y B.

Se puede notar que el valor del SN del existente es la mitad de lo proyectado.

Para encontrar el valor de E: coeficiente estructural de la capa de reciclado estabilizado con cemento Portland (indicada en los cálculos del esquema de pavimento a construir), se realizara una mezcla de base y asfalto tomada del campo compactado en un cilindro de 6" de diámetro y a los 7 días resultó en una compresión de 600psi, lo cual corresponde a un valor de 0.19.

Se incluye adjuntando el cuadro de cálculo de ESAL, cuyo valor fue utilizado en el cálculo computarizado de los valores de SN.

En los siguientes ejemplos se muestra el cálculo por el programa de computación, la determinación del valor de SN requeridos según los parámetros indicado.

Se han utilizado dos valores de resiliencia de la sub-rasante, uno con un CBR de 40 y otro de 25. (Tal como se menciona anteriormente el SN requerido es 3.64 y 4.10 respectivamente). Los valores de SN para la solución para la construcción son igual ó mayor que los valores requeridos.

Según la guía AASHTO 1993 el espesor de concreto asfáltico como mínimo es de 4" para ESAL mayor que 7,000,000, entonces esta capa de 10 cm. (4 pulgadas), se conformaría primero con en una capa de 6 cms., de mezcla caliente abierta con plastomeros, que protegerá contra pequeñas fisuras de la caja estabilizada con cemento y la última 4 cm., de mezcla en caliente con asfalto polimerizado con elastómeros con las ventajas ya mencionadas.

Hasta este momento en la explicación de pavimentos se ha detallado aspectos solamente de los carriles de rodamiento que soportan la mayoría del Transito.

El esquema último adjunto se detallan los aspectos estructurales de los hombros. Los hombros externos cuentan con una base de asfalto de 5cm., y una base granular de 25 cm., de espesor igual que se encuentra como soporte del pavimento en el rodaje. Una vez construido los carriles del rodaje se deberán completar los 21 cm., con material base y colocar una capa de 5cm., de mezcla asfáltica en caliente. El valor de SN total es de 2.97, lo cual es suficientemente alto para soportar el tráfico.

La intención en el diseño es mantener la sección típica existente, ó sea el mismo ancho de carriles, y hombros.

Flexible Pavement Analysis

Structural Number	4.10
Design E 18's	20,344,560
Reliability	98.00
Overall Deviation (*)	0.45
Soil Resilient Mod.(*)	17,579
Initial Serviceability	4.20
Terminal Serviceability	2.50

UNITS
No Units

<hr/> <hr/>	
Solve For	
Structural Number	4.10
<hr/> <hr/>	

PgDn FOR LAYER DETERMINATION

Help Screen for the Resilient Modulus

Empirical relationships have been developed between the CBR (California Bearing Ratio) value (using dynamic compaction), the R-value, and the in-situ resilient modulus of the soil.

CBR Value: 25.0 or R-Value: _____
 Resilient Modulus, psi: 17,579 or Resilient Modulus, psi: _____

Subgrade Resilient Modulus: 17,579 psi
--

The correlations used in this program were developed under NCHRP Project 128, "Evaluation of AASHTO Interim Guide for the Design of Pavement Structures." This study found a non-linear relationship between resilient modulus and CBR or R-Value. Although equation 1.5.1 of the AASHTO Guide suggests a relationship of 1500 * CBR for the resilient modulus of the subgrade, this correlation is only valid for fine-grained soils with low CBR values. Other studies (Indiana, Ohio) have shown a correlations as low as 800 * CBR, and ranging from 750 to 3,000 times the CBR value. This range agrees with the correlation established in NCHRP Project 128.

PROYECTO: CA02 TRAMO DESVIODE ZACATECOLUZA - LIMITE DEPARTAMENTALUSULTAN
FECHA: 07 DE ABRIL DE 2006

CUADRO DE CALCULO DE EJES EQUIVALENTES CON TPDA.

CLASIFICACION DE VEHICULOS	TIPO DE VEHICULO	% DE VEHICULOS CARGADOS	PESO DE CARGA (TONELADAS)	TPDA 20 AÑOS	TPD POR 2 SENTIDOS 100%	TPD POR CARRIL DE DISEÑO 60%	% DE EQUIVALENCIA DE CARGA	TPD FINAL DE DISEÑO	ESAL'S FACTOR	ESAL'S DE DISEÑO 20 AÑOS
LP	AUTOS	100	1	21,000,640	21,000,640	12,600,384	100	12,600,384	0.0002	2,520
				ATRAS	21,000,640	12,600,384	100	12,600,384	0.0002	2,520
LC	CAMIONETA PICK-UP	100	2	33,550,070	33,550,070	20,130,042	100	20,130,042	0.0020	40,260
				ATRAS	33,550,070	20,130,042	100	20,130,042	0.0100	201,300
LP	MINIBUS	100	3	951,920	951,920	571,152	100	571,152	0.0100	5,712
				ATRAS	951,920	571,152	100	571,152	0.0320	18,277
PP	BUS	100	6	1,884,795	1,884,795	1,130,877	100	1,130,877	0.1750	197,903
				ATRAS	1,884,795	1,130,877	100	1,130,877	0.6010	679,657
C-2	CAMION DOS EJES	100	5	6,338,225	6,338,225	3,802,935	100	3,802,935	0.0810	308,038
				ATRAS	6,338,225	3,802,935	100	3,802,935	1.5900	6,008,637
C-3	CAMION TRES EJES	100	5	1,512,575	1,512,575	907,545	100	907,545	0.0810	73,511
				ATRAS-TANDEM	1,512,575	907,545	100	907,545	1.5000	1,361,318
T3-S2	CAMION RASTRA	100	5	5,166,575	5,166,575	3,099,945	100	3,099,945	0.0810	251,096
				ATRAS-TANDEM	5,166,575	3,099,945	100	3,099,945	1.5000	4,649,918
T3-S3	CAMION RASTRA	100	5	1,140,625	1,140,625	684,375	100	684,375	0.0810	55,434
				ATRAS-TRIDEM	1,140,625	684,375	100	684,375	1.5000	1,026,563
T2-S1	CAMION RASTRA	100	5	30,295	30,295	18,177	100	18,177	0.0810	1,472
				ATRAS-TRIDEM	30,295	18,177	100	18,177	0.0810	1,472
				30,295	30,295	18,177	100	18,177	0.0810	1,472

NOTA:

- * LOS FACTORES DE ESAL'S HAN SIDO TOMADOS TOMADOS DEL MANUAL CENTROAMERICANO PARA DISEÑO DE PAVIMENTOS
- * TRAFICO CONSIDERADO EN UN SENTIDO, CAMIONES CARGADOS AL 100%
- * DATOS TOMADOS DE PROYECCIONES DE TRANSITO CUADRO 5, DE LA UNIDAD DE PLANIFICACION VIAL GERENCIA DE ESTUDIO Y DISENOS VIALES DEL MOP.

20,344,560

SELECCIÓN DE PAVIMENTO PARA EL PROYECTO

1. Según las Bases del Contrato se requiere Diseños de la estructura del pavimento basados en una investigación para determinar la resistencia de materiales en el pavimento existente y el tráfico proyectado a los 20 años.

También requiere alternativas de Diseño utilizando diferentes materiales y métodos con sus respectivos costos estimados.

La selección de la alternativa del tipo de pavimento será por el análisis de costo más favorable durante el ciclo del uso del pavimento en los 20 años y el funcionamiento del mismo. Para ayudar en el proceso del análisis será utilizado un programa de computación para ayudar en la selección de alternativas.

2. La firma ha realizado la investigación en el campo y ensayos en el laboratorio para obtener los valores estructurales SN del pavimento existente y el estudio de tráfico para calcular el ESAL, ejes equivalentes, acumulados en los 20 años.

Con los datos ya mencionados la firma diseño un pavimento de asfalto y con la optimización de los materiales existentes se realizo una capa de reciclado con cemento Pórtland y sobre estas capas de asfalto polimerizados para dar más durabilidad que el concreto asfáltico en caliente normal.

La otra alternativa de pavimento fue diseñada con concreto hidráulico como sobrecapa del asfalto existente.

3. Los comentarios sobre los dos diseños de pavimentos son los siguientes:

- 3.1 El concreto hidráulico es un material más durable, como se ha demostrado al compararlo con el concreto asfáltico, debido a que se mantiene su forma y superficie por más tiempo a pesar de la carga del tráfico a la que es expuesto.

- 3.2 Las losas del concreto hidráulico cuenta con un asiento excelente siendo que las capas asfálticas existentes no muestran lugares de asentamientos, ni problemas de hinchamiento por suelos expansivos.

También la estructura de asfalto cuentan con un asiento excelente como no hay problemas de asentamiento o hinchamiento del pavimento existente.

- 3.3 El pavimento de concreto hidráulico tiene ventajas sobre el pavimento asfáltico en cuanto al mantenimiento. El pavimento asfáltico requiere mantenimiento más temprano y frecuente con la aplicación de sellos de grietas, sellos de superficie,

bacheo y recarpeteo antes de los 20 años de uso o sea un deterioro mas rápido que el concreto hidráulico.

- 3.4 Durante el período de construcción la colocación de concreto hidráulico es mucho mas rápido que las varias capas asfálticas
- 3.5 La capa de concreto hidráulico se coloca en una sola capa resultando en menos disturbios al tráfico comparado con el pavimento asfáltico donde la desviación del tráfico estará afectada por cada capa como de reciclado, la capa de asfalto intermediario y capa final de rodadura.
- 3.6 El concreto hidráulico mantiene el valor IRI a niveles más bajos y constante durante los 20 años de servicio que el asfalto cuya superficie en pocos años requiere tratamientos para mantener la superficie en un nivel de servicio aceptable.
- 3.7 Los datos de las dos alternativas del diseño de pavimento se introducen en un programa de computación llamado HDM-4, para la evaluación técnica y económica del proyecto que toma en cuenta el costo de intervenciones, costo de beneficio del usuario y comparación económica y funcional de las alternativas del proyecto, durante los 20 años.

Como se ha explicado en los párrafos anteriores el pavimento de asfalto es menos durable y requiere más intervenciones como sello de grietas, bacheo y recarpeteo que no se realizan en el pavimento hidráulico sino solamente sello de sisas. Todas estas intervenciones tienen un costo acumulado más el costo inicial del proyecto.

Según los cálculos de costos iniciales estimados de la construcción, el pavimento de asfalto es de \$ 277,483 por Km. y el costo del concreto es de \$ 230,907 por km., resultando en un 17% menos para el pavimento de concreto.

Con la evaluación de los datos del HDM-4, se encuentra para el concreto un incremento de costo para el mantenimiento durante los 20 años de unos 23%, en cambio el pavimento asfáltico cuenta con un incremento del 98%, mayormente con la intervención en el año 10, en la que se realice el fresado y colocado los 12 cms. En lugar de la intervención anterior por ejemplo si solamente se coloca un recarpeteo de 10 cms. aun hay un incremento que asciende a 50% mas sobre el costo inicial.

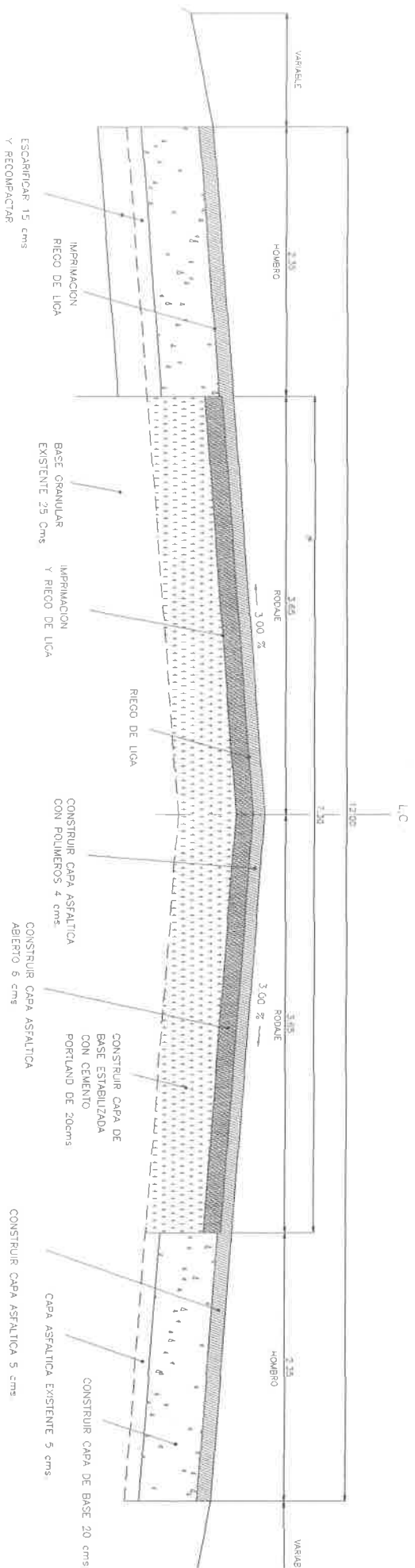
4. CONCLUSIONES

Después de lo expuesto anteriormente y cumpliendo con lo estipulado en las bases, la firma recomienda la construcción del pavimento de concreto hidráulico, según los detalles indicados en los diseños con ayuda de programas computarizados y el estudio de HDM-4. También se encontraran los detalles en los planos de construcción.

SECCION TIPO CA02E: TRAMO DESVIO ZACATECOLUCA - LD

USULUTAN

CONCRETO ASFALTICO



SECCION TIPO CA02E: TRAMO DESVIO ZACATECOLUCA - LD USULUTAN

CONCRETO HIDRAULICO

