



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA
UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TEMA:
PAVIMENTACIÓN DE LA CALLE MONTGOMERY SANCHEZ, DISEÑO DE MEZCLA
ASFÁLTICA CON MATERIALES DE LA PLANTA ASFALTADORA DEL GAD DE
MACHALA

TRABAJO PRACTICO DEL EXAMEN COMPLEXIVO PREVIO A LA OBTENCION DEL
TITULO DE INGENIERO CIVIL

AUTOR:
LLANOS SAENZ JEFFERSON ALEXANDER

MACHALA - EL ORO

CESION DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, LLANOS SAENZ JEFFERSON ALEXANDER, con C.I. 0705902138, estudiante de la carrera de INGENIERÍA CIVIL de la UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA, en calidad de Autor del siguiente trabajo de titulación PAVIMENTACIÓN DE LA CALLE MONTGOMERY SANCHEZ, DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CON MATERIALES DE LA PLANTA ASFALTADORA DEL GAD DE MACHALA

- Declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional. En consecuencia, asumo la responsabilidad de la originalidad del mismo y el cuidado al remitirme a las fuentes bibliográficas respectivas para fundamentar el contenido expuesto, asumiendo la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera EXCLUSIVA.

- Cedo a la UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA de forma NO EXCLUSIVA con referencia a la obra en formato digital los derechos de:
 - a. Incorporar la mencionada obra al repositorio digital institucional para su democratización a nivel mundial, respetando lo establecido por la Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0), la Ley de Propiedad Intelectual del Estado Ecuatoriano y el Reglamento Institucional.

 - b. Adecuarla a cualquier formato o tecnología de uso en internet, así como incorporar cualquier sistema de seguridad para documentos electrónicos, correspondiéndome como Autor(a) la responsabilidad de velar por dichas adaptaciones con la finalidad de que no se desnaturalice el contenido o sentido de la misma.

Machala, 17 de noviembre de 2015



LLANOS SAENZ JEFFERSON ALEXANDER
C.I. 0705902138

INTRODUCCIÓN

En los países desarrollados, por ejemplo los del viejo continente se emplean diferentes métodos para calcular el espesor de la carpeta asfáltica, entre ellos tenemos , el método SHELL, el método provisional del Laboratorio Central de Ponts et Chaussées de París, el método provisional checoslovaco, y métodos Computacionales, ya que el desarrollo industrial y agrícola, crece mucho más rápido que en países subdesarrollados como los de Sudamérica, el tráfico, con su efecto destructivo, crece más rápidamente que el acondicionamiento y refuerzo de los pavimentos. (1)

En países vecinos como la hermana Colombia, que tiene condiciones naturales parecidas a las nuestras, adoptan el Método INVIAS 98, el cual no toma en consideración tantos aspectos con la ASSHTO 93, además de utilizar la ecuación de la norma ASSTHO 93 también emplea gráficos de las deformaciones horizontales y verticales del Método SHELL. (2)

En nuestro País se utiliza mucho el Método “AASHTO 93”, se lo aplica por el hecho de que en nuestro país existen variedades de climas, con grandes precipitaciones, suelos muy irregulares e inestables, además que con este método podemos elegir el grado de confiabilidad que más convenga en los estudios. Para el Diseño de la Mezcla Asfáltica se la desarrolla por el Método Marshall, que es el más común y los equipos de ensayos son más fáciles de encontrar.

El clima y la precipitación son unos de los indicadores que más se debe tomar en cuenta al momento de realizar los diseños, ya que nosotros cada año tenemos la llegada del fenómeno del niño. También se debe tomar en cuenta el alivio del tráfico que se va a dar a las vías principales que limitan a nuestra vía de estudio.

El objetivo general de esta investigación es diseñar la Carpeta Asfáltica y de su respectiva Mezcla Asfáltica con los materiales de la Planta Asfaltadora del GAD de Machala, para poder obtener un pavimento eficiente y económico.

Los métodos más competitivos que hemos adoptado son los métodos ASSHTO 93, para Diseñar nuestra carpeta asfáltica porque es el que reúne las condiciones más favorables para la ubicación geográfica que tenemos, y el Método MARSHALL para diseñar la mezcla asfáltica por ser el que se acopla con los materiales que posee el GAD de Machala, además de ser el más económico.

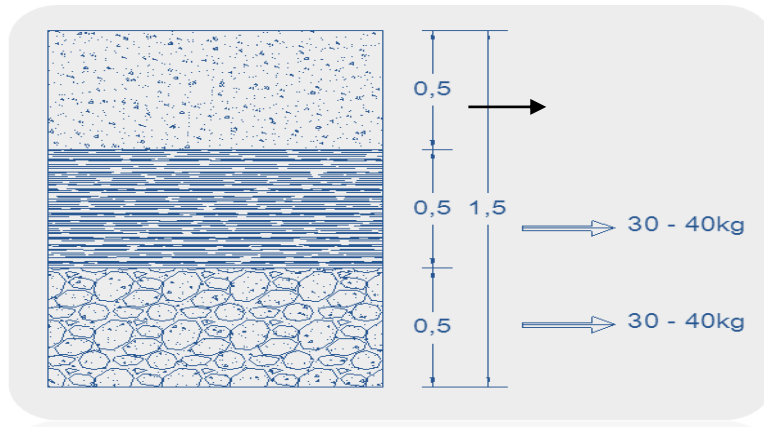
DESARROLLO

ESTUDIO DE CALICATAS

ESTUDIO DE SUELOS DE LA SUB-RASANTE.

El estudio de suelos es muy importante dentro del diseño de cualquier tipo de estructura, la importancia principal en nuestro caso radica en determinar las propiedades de la sub-rasante.

ESTRATIGRAFIA DEL SUELO DE SUB-RASANTE.



TRAMO:

Abs. 0 + 000: Perforación N^o 01: Encontramos material de mejoramiento, arena y arcilla de baja compresibilidad, color café claro.

Abs. 0 + 150: Perforación N^o 02: Encontramos material de mejoramiento, arena y arcilla de baja compresibilidad, color café claro.

TOMA DE MUESTRAS.-

Siguiendo la norma para sub-rasantes se tomaron muestras a cada 500 metros de longitud aproximadamente, de preferencia en los puntos que interceptan el proyecto longitudinal de la vía con el perfil natural del terreno.

Las perforaciones se realizaron a cielo abierto, aproximadamente en una sección de 1.00 m², para esto retiramos la capa vegetal y tomamos muestras a 0.50 m hasta 1.00 m, 1.50 m de profundidad; las colocamos en bolsas de plástico con su respectiva tarjeta de identificación previo a su sellado.

Se tomaron cantidades aproximadas de 2 a 5 kg a muestras de 0.40, 0.90 m y 1.50 m de profundidad, y de 40 a 60 kg a muestras de profundidad de 0.10 m

ENSAYOS A MATERIALES.

1. CONTENIDO DE HUMEDAD.
2. LÍMITES DE CONSISTENCIA.
3. CLASIFICACIÓN S.U.C.S.
4. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO.
5. PROCTOR.
6. CBR.

Estos ensayos fueron realizados en el laboratorio de suelos de la Facultad de ingeniería civil de la Universidad Técnica de Machala.

DISEÑO DEL PAQUETE ESTRUCTURAL

DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE POR EL MÉTODO AASHTO/93

El método AASHTO 93 supone que un pavimento recién construido comienza a dar un servicio de alto nivel. A medida que el tiempo transcurre, y con él las repeticiones de carga de tránsito, el nivel de servicio baja. (3)

Para el diseño del pavimento flexible de la vía “Montgomery Sánchez Reyes”, utilizaremos el método AASHTO/93, American State Highways and Transportation Officials, este método toma en cuenta la confiabilidad, módulo resiliente de materiales, coeficientes de drenaje y efecto de sub-rasantes expansivas o sometidas a congelamiento y deshielo.

Las variables a considerar en este método son:

- Variable de tiempo.
- Confiabilidad.
- Desviación estándar.
- Serviciabilidad.
- Propiedades de los materiales.
- Coeficiente de drenaje en la sub-base.
- Sub-rasantes expansivas o sometidas a expansión por congelamiento.

LA ECUACIÓN BÁSICA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES

La ecuación básica de diseño de pavimentos flexibles es la siguiente:

$$\text{Log}_{10}(W_{18}) = ZR(S_o) + 9.36x \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10}[\Delta PSI(4.2 - 2.0)]}{\frac{0.4 + 1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32x \log_{10}(MR) - 8.07$$

En donde:

W_{18} = Número de aplicaciones de carga de un eje equivalente a 8.2 ton (80 KN \approx 18 Kips)

Z_R = Valor "Z" correspondiente a la curva estandarizada

S_o = Error estándar de la predicción de tráfico y de ejecución (0.49)

ΔPSI = Diferencia entre el índice de servicio inicial (P_o) y el índice final de servicio, (P_f) (Pérdida de Serviciabilidad)

M_r = Módulo resiliente de la sub-rasante (psi)

SN = Número estructural

TPDA

Este TPDA fue realizado en la vía "Montgomery Sánchez" por lo tanto es una vía urbana con un tráfico considerable. Una vez conocido estas características ya puedo obtener algunos resultados por medio de tablas que se describen a continuación.

PERIODO DE ANALISIS

VARIABLES DE TIEMPO

Tenemos que tener en cuenta dos variables: Período de Análisis y Período de Vida útil del Pavimento.

DETERMINACIÓN DE LA CONFIABILIDAD.

CONFIABILIDAD.-

Con el parámetro de Confiabilidad "R", se trata de llegar a cierto grado de certeza en el método de diseño, para asegurar que las diversas alternativas de la sección estructural que se obtengan, durarán como mínimo el período de diseño. (4)

En la tabla de la AASHTO se puede apreciar los valores de los factores indicados, para diferentes porcentajes de confiabilidad que se lo denota con Z_R , pero antes de encontrar el valor de Z_R encontramos el valor de R teniendo en cuenta el tipo de vía.

Una vez seleccionado el valor de "R" que el Proyectista considere adecuado, se busca el valor de Z_R .

DETERMINACIÓN DE LA DESVIACIÓN ESTANDAR

DESVIO ESTÁNDAR.- Otro dato a tener en cuenta es el desvío estándar de todas las variables.

DETERMINACIÓN DE LA SERVICIABILIDAD

NIVELES DE SERVICIABILIDAD

En el diseño del pavimento se debe elegir la serviciabilidad inicial y la final. La inicial (**po**), es función del diseño del pavimento y de la calidad de la construcción. La final

(pt) es función de la categoría del camino y es adoptada en base a ésta y a criterio del proyectista.

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

En el método AASHTO/93 se reemplaza el CBR de la sub-rasante, de sub-base y base por el módulo resiliente que es un módulo de deformación dinámico que tiene en cuenta sólo las deformaciones recuperables, no las permanentes o plásticas, se lo representa con la letra M_R .

COEFICIENTE DE DRENAJE (SUB – BASE Y BASE)

Este coeficiente es aplicado a base y sub-bases no tratadas.

NUMERO DE CARGAS PREVISTAS (W 18)

Una vez realizado el censo del tránsito de la vía en estudio se proyecta el paquete estructural para una vida útil.

DETERMINACIÓN DEL NUMERO DE EJES SIMPLES

EJES COMERCIALES.- Se refiere a ejes comerciales al tráfico pesado por lo tanto sería igual al tráfico total menos el tráfico liviano.

ESPECTRO DE CARGA DEL SITIO EN ESTUDIO

El espectro de carga no es más que el TPDA expresado en porcentaje.

NUMERO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO, CALCULO DEL W18

Se usan los factores de equivalencia para serviciabilidad final para calcular el respectivo número de carga previstas (W18)

- Si W18 está comprendido entre 10 000 y 100 000 entramos a la curva del CBR con 60 %;
- Si W18 está comprendido entre 100 000 y 1000 000 entramos a la curva del CBR con 75 %;
- Si W18 es mayor a 1000 000 entramos a la curva del CBR con 80 %. Y de esta manera obtenemos el CBR de diseño.

DETERMINACIÓN DE ESPESORES

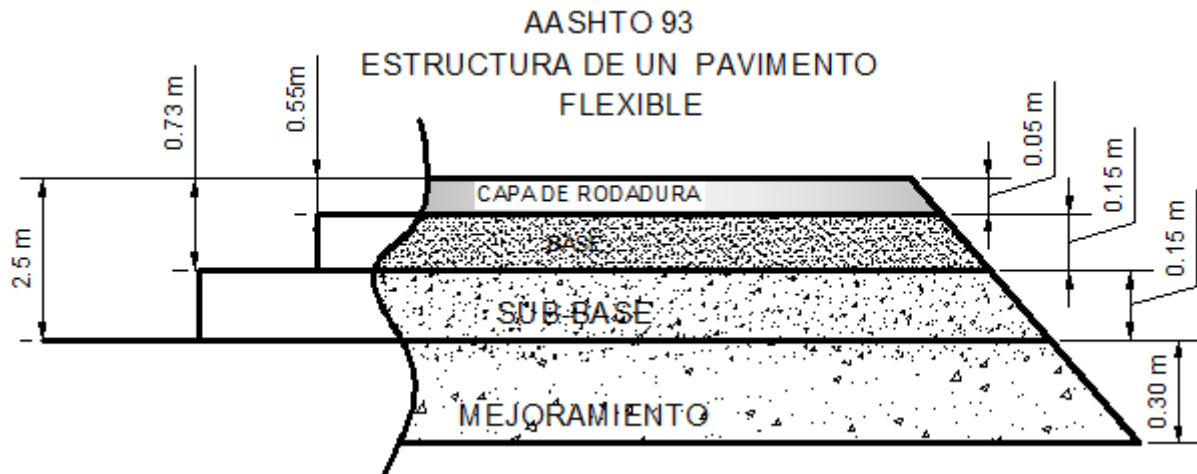
El cálculo de los espesores de la capa que conforman el paquete estructural se obtiene mediante la siguiente expresión que liga al número estructural (SN).

$$SN = a_1D_1 + a_2D_2m_2 + a_3D_3m_3$$

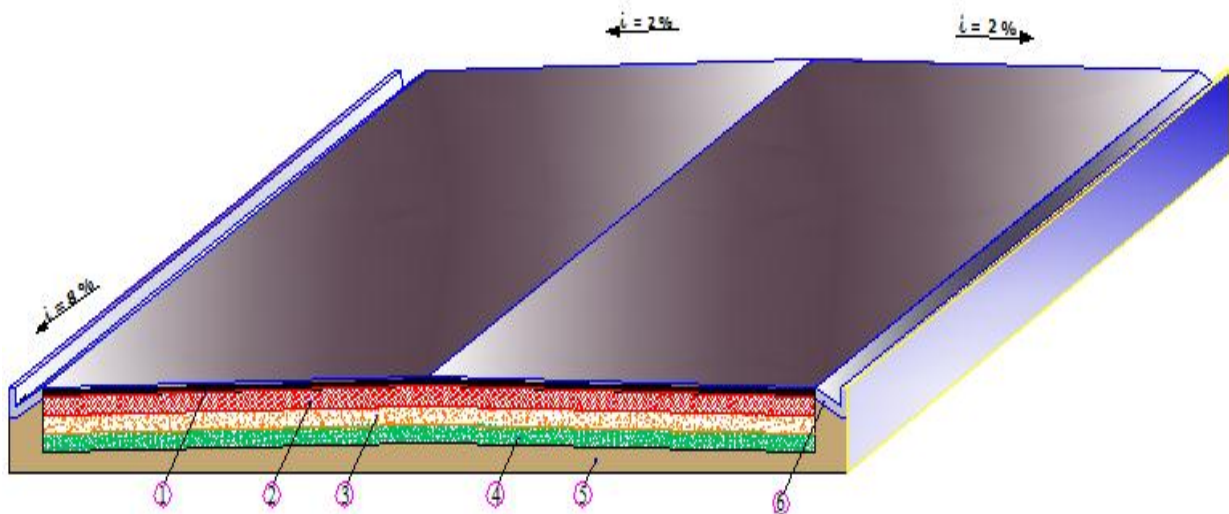
Dónde:

a_1, a_2, a_3 , son los coeficientes estructurales o de capa, en pulgadas.
 m_2, m_3 , son los coeficientes de drenaje.
 D_1, D_2, D_3 , son los espesores de capas, en pulgadas.

UBICACIÓN DE LOS NUMEROS ESTRUCTURALES CALCULADOS (SN)



DISEÑO DEL PAQUETE ESTRUCTURAL



1	carpeta de rodadura	E	=	5	cm
2	Capa de Base	E	=	15	Cm
3	Capa de Sub base	E	=	15	Cm
4	Mejoramiento	E	=	30	Cm

DISEÑO DE LA CARPETA ASFÁLTICA DEL PROYECTO

El objetivo general del procedimiento de diseño consiste en determinar una combinación y graduación económica de agregados y asfaltos, que produzca una mezcla con las siguientes características:

- Suficiente estabilidad para que satisfaga las exigencias del servicio sin desplazamientos o distorsiones.
- Suficiente cantidad de asfalto para obtener un pavimento durable, que resulte el recubrimiento completo de las partículas de agregado pétreo, impermeabilizando y ligando las mismas entre sí bajo una compactación adecuada.
- Suficiente trabajabilidad para permitir una eficiente colocación de las mezclas con que se pavimentará, sin que se produzca separación de estas.
- Suficientes vacíos con aire en la mezcla compactada para proveer una reserva de espacio que impida exudaciones y pérdida de estabilidad al producirse una pequeña compactación adicional bajo las cargas del tránsito, como posibles aumentos de volumen de asfalto a altas temperaturas.

MÉTODO MARSHALL

El método original de Marshall sólo es aplicable a mezclas asfálticas en caliente que contengan agregados con tamaño máximo de 25 mm (1"). Por su parte, el método Marshall modificado se desarrolló para tamaños de agregado mayores a 38 mm (1,5"); fue para diseño en laboratorio y control en campo de mezclas asfálticas en caliente de granulometría densa. (5)

El método Marshall utiliza especímenes de prueba estándar de 64 mm (2 ½") de alto y 102 mm (4") de diámetro; se preparan mediante un procedimiento para calentar, combinar y compactar mezclas de asfalto-agregado (ASTM D1559). (6)

Para la realización del estudio de mezclas asfálticas para este proyecto hemos utilizado material de la cantera del CONSEJO PROVINCIAL DEL ORO, tomamos muestras de tres tolvas (¾", 3/8", y arena), realizamos con estas muestras el análisis granulométrico, ensayo de peso específico, aparente y porcentaje de absorción para cada tamaño de material, estos análisis se encuentran en los anexos.

En la necesidad de determinar en qué proporciones mezclar los agregados, empleamos un procedimiento de tanteo, del cual obtuvimos:

- 35 % para agregado grueso (¾")
- 30 % para agregado mediano (3/8")
- 35 % arena

CONFECCIÓN DE BRIQUETAS

Tomamos las cantidades para cada porcentaje, calentamos en una bandeja metálica a una temperatura entre 120° C a 160° C, seguidamente colocamos la cantidad de cemento asfáltico indicada, aumentando 3 gr al peso por pérdidas de manipulación, calentándolo a una temperatura no mayor a 130° C.

Mezclamos los agregados con el cemento asfáltico, tomando en cuenta que la temperatura del asfalto debe ser mayor a la de los agregados, colocamos la mezcla en

el molde con un mínimo de temperatura de 110° C, colocando el material uniformemente y se compacta a 50 golpes por lado (tráfico mediano), se retira el molde y se repite el procedimiento anterior para las tres primeras briquetas, y luego para los demás porcentajes de asfalto.

Una vez fabricadas las briquetas de procedemos a realizar los respectivos ensayos los cuales son:

- Determinación del peso específico bulk de las briquetas compactadas
- Determinación de la estabilidad y flujo
- Determinación del peso específico máximo de una mezcla asfáltica (rice)
- Análisis de densidad de vacíos

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Los valores de aquellas muestras que no tengan exactamente la altura de 2.5 pulgadas, deben corregirse de acuerdo la (norma asstho 93).

FACTORES DE CORRECCION

FACTORES DE CORRECCION		
PARA ESTABILIDAD MARSHAL		
Espesor de briketa		Factor de corrección
(cm)	(pulg)	
6,67	2,626	0,96
6,83	2,689	0,93
6,99	2,752	0,9
7,15	2,815	0,87
7,31	2,878	0,84
7,47	2,941	0,81
7,63	3,004	0,78
7,79	3,067	0,75
7,95	3,130	0,72
8,11	3,193	0,69

Fuente: Método Marshall

Los valores de estabilidad corregida y los valores de flujo se promedian excluyendo los datos que se encuentren notoriamente alejados de los demás y se dibujan los gráficos que establezcan las siguientes relaciones:

Densidad vs. % de cemento asfáltico

Estabilidad vs. % de cemento asfáltico

Flujo vs. % de cemento asfáltico

% de vacíos con aire en la mezcla total vs. % de cemento asfáltico

% de vacíos con aire en agregados minerales vs. % de cemento asfáltico

La selección del contenido óptimo de asfalto es el siguiente:

- | | |
|----------------------------|--------|
| a) Para Estabilidad | 6.20 % |
| b) Para Peso Unitario | 6.75 % |
| c) Para vacíos | 6.55 % |
| Promedio Cemento Asfáltico | 6.50 % |

Con el valor promedio de cemento óptimo de asfalto nos regresamos a la curvas y determinamos de nuevo el valor de estabilidad, peso unitario real, vacíos con aire, vacíos en los agregados minerales y flujo.

a) Estabilidad (libras)	=	2140 lb.
b) Flujo (1/100 pulgadas)	=	13.14
c) % Vacíos con aire	=	5.30
d) % Vacíos en los agregados minerales	=	13.75

Cumplimos con el mínimo de 1200 libras para estabilidad a 50 golpes, de 8-16 de curva de flujo y un mínimo de 14 % en vacíos con agregados.

Es muy importante que la temperatura de la mezcla al salir de la planta de asfalto sea de 140° C; y la temperatura de la mezcla entregada en la vía fluctúe los 120° C, la misma que debe ser tendida en la superficie completamente limpia y seca.

Criterio De Diseño Sugerido Por El Ministerio De Obras Públicas Para El Ensayo Marshall

ENSAYO ACUERDO MÉTODO MARSHALL	DE AL	TRÁFICO					
		PESADOS		MEDIOS		LIVIANO	
		MÍN	MÁX	MÍN	MÁX	MÍN	MÁX
N° DE GOLPES		75		50		35	
Estabilidad (libras)		1.800	-	1.200	-	750	-
Flujo (pulgadas/100)		8	16	8	16	8	18
% Vacíos con aire							
Carpeta		3	5	3	5	3	5
Base		3	8	3	8	3	8

Fuente: Método Marshall

El porcentaje de cemento asfáltico que debe intervenir en la fabricación de la mezcla en la obra es el valor óptimo obtenido en el diseño. Que para nuestro proyecto es del 6.5%.

- ☞ Se dibujan los resultados obtenidos en un gráfico, "CBR vs. % valores menores o iguales" y se unen con una curva los valores dibujados.
- ☞ El CBR de diseño es el que alcanza un valor en las ordenadas de entre 60, 70 a 80 % por ser un tráfico de volumen considerable, con una clasificación de vía **de III orden**.

En este proyecto obtenemos el CBR al 80 % en las ordenadas.

CONCLUSIONES:

Para poder cumplir con nuestro objetivo, hemos optado por aplicar ciertos Métodos uno de ellos fue el método ASSHTO 93 para determinar nuestro paquete estructural, según la investigación es el más aplicable en nuestra región, y el Método que utilizamos para diseñar nuestra Mezcla Asfáltica fue el MARSHALL, ya a que este abarca el diseño aplicando los materiales de la Planta Asfaltadora del GAD de Machala, además este aplica para mezclas asfálticas en caliente para pavimentación.

RESULTADOS:

PAQUETE ESTRUCTURAL DE NUESTRO PAVIMENTO

1	carpeta de rodadura	E	=	5	cm
2	Capa de Base	E	=	15	cm
3	Capa de Sub base	E	=	15	cm
4	Mejoramiento	E	=	30	cm
5	Sub rasante				
6	Cuneta y bordillo				

DOSIFICACIÓN DE LA MEZCLA ASFÁLTICA

AGREGADOS	%
	USADO
MATERIAL $\frac{3}{4}$	35
MATERIAL $\frac{3}{8}$	30
ARENA	35
TOTAL	100

CEMENTO ASFALTICO PORCENTAJE EN PESO TOTAL DE LA MEZCLA:	6.5
--	-----

Citas Bibliográficas

1. KUCERA K. cálculo racional de Firmes Flexibles. Informes de la Construcción. 1970 Marzo; 22(218).
2. Sánchez Sabogal F. Copernico. [Online].; 2013 [cited 2015 Octubre Mrtes. Available from: http://copernico.escuelaing.edu.co/vias/pagina_via/modulos/MODULO%2013.pdf.
3. de Chavarría R. Nuevas alternativas para el diseño de pavimentos flexibles. Tesis. Universidad de El Salvador; 2014 Octubre.
4. RICO RODRIGUEZ A, TELLEZ GUTIERREZ R, GARNICA ANGUAS P. PAVIMENTOS FLEXIBLES. PROBLEMATICA, METODOLOGIAS DE DISEÑO Y TENDENCIAS. Monografía. México: Instituto Mexicano del transporte; 1998. Report No.: 1.
5. GARNICA ANGUAS , DELGADO ALAMILLA H, SANDOVAL SANDOVAL D. The National Academies of Sciences-Engineering-Medicine. [Online].; 2005 [cited 2015 Octubre Jueves. Available from: <http://www.imt.mx/archivo.blicacionTecnica/pt271.pdf>.
6. FLORES FLORES , GOMEZ LOPEZ A, DELGADO ALAMILLA , GARNICA ANGUAS P. CARACTERIZACION GEOMECANICA DE MEZCLAS ASFALTICAS. Monografía. México: Instituto Mexicano del Transporte, Secretaría de Comunicaciones y Transporte; 2005. Report No.: ISSN: 0188-7297.

ANEXOS

DISEÑO DEL ÀVIMENTO FLEXIBLE POR EL MÉTODO AASHTO 93

Tabla I

TPDA.

TIPO VEHICULO	PESO	CANTIDAD
Vehículos livianos	< 2.5 Ton	60
Buses	2.5-6.0 Ton	20
Camiones	6.5-9.0 Ton	45

TPDA. Realizado a la vía a Montgomery Sánchez

PERIODO DE ANÁLISIS

Tabla II

PERIODO DE ANÁLISIS

TIPO DE CAMINO	PERIODO DE ANÁLISIS
Gran volumen de transito urbano	30 – 50 años
Gran volumen de transito rural	20 – 50 años
Bajo volumen pavimentado	15 – 25 años

Valores recomendados por la AASHTO

DETERMINACIÓN DE LA CONFIABILIDAD

Tabla III

NIVELES DE CONFIABILIDAD

Clasificación de La vía	Urbana	Rural
AUTOPISTAS	85-99.9	80-99.9
TRONCALES	80-99	75-95
LOCALES	80-95	75-95
RAMALES Y VÍA AG.	50-80	50-80

Niveles de confiabilidad recomendados por AASHTO

Tabla IV

VALORES DE CONFIABILIDAD (R) (ZR)

R %	ZR	R %	ZR
50	0	75	0.685
60	0.25	80	0.84
70	0.53	90	1.28

Relaciones entre confiabilidad y zr en una distribución normal según AASHTO

DETERMINACIÓN DE LA DESVIACIÓN ESTANDAR

Tabla V

TABLA DE DESVÍO ESTANDAR.

CONDICION DE DISEÑO	DE SVIO ESTANDAR (S ₀)
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento sin errores de tránsito.	0.34 (Pavimentos Rígidos)
	0.44 (Pavimentos Flexibles)
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento con errores de tránsito.	0.39 (Pavimentos Rígidos)
	0.49 (Pavimentos Flexibles)

Desvío Estándar con errores y sin errores de tráfico, AASHTO 93.

DETERMINACIÓN DE LA SERVICIABILIDAD

TABLA VI

NIVELES DE SERVICIABILIDAD

Serviciabilidad inicial (po)	Serviciabilidad final (pt)
4.2 Pavimento flexible	2.5 o más caminos poco importantes
4.5 Pavimento rígido	2.0 Caminos de menos transito

Fuente AASHTO 93

Pérdida de serviciabilidad = $P_o - P_t$

Escogemos $P_o=4,2$ y $P_t=2$

NÚMERO DE EJES SIMPLES

TABLA IX

VEHICULOS	CANTIDAD	EJES SIMPLE/VEHICULOS	No. DE EJES SIMPLES
Autos, camionetas y jeep	60	2	120
Buses	20	2	40
Camiones	45	2	90
TOTAL	125		250

TPDA. Realizado a la vía a Montgomery Sánchez

Ejes comerciales= 250-120=130 ejes simples

Tabla X

ESPECTRO DE CARGA DEL SITIO EN ESTUDIO

< 2.5 TN	60/ 120 x 100	48 %
2.5-6.5 TN	20 / 120 x 100	16 %
6.5-9 TN	45 / 120 x 100	36%

% TPDA. Realizado a la vía a Montgomery Sánchez

Tabla XI

CÁLCULO A 8.2 TN DEL MÉTODO AASHTO

NUMERO DE CARRILES EN AMBAS DIRECCIONES	COEFICIENTE DE DISTRIBUCIÓN
2	50%
4	40 – 50 %
6 o mas	30 – 40 %

Fuente: AASHTO 93

Ejes comerciales simples = $0.5 * 130 = 65$

Automóviles diarios = $0.5 * 120 = 60$

TABLA XII

TASA DE CRECIMIENTO ANUAL

TIPO DE VEHÍCULOS	TASA DE CRECIMIENTO
Automóviles	9%
Vehículos comerciales (pesados)	7%

Fuente: MOP

CÁLCULO DEL NÚMERO ACUMULADO DE EJES EN FUNCIÓN DE LA TASA DE CRECIMIENTO.

$$\text{No de ejes acumulados} = \frac{N^{\circ} \text{ actual} * \{(1+i)^{\text{No. de años}} - 1\}}{i}$$

Automóviles = 8178,45

Ejes simples comerciales = 6139,95

De acuerdo a los espectros de carga y a los factores de equivalencia de la ASSHTO se transforman en ejes de 8,2 ton.

TABLA XIII

FACTOR DE EQUIVALENTE

Carga por eje	Número estructural para pavimentos (SN)					
	1	2	3	4	5	6
Klpa						
2	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
4	0,0020	0,0030	0,0020	0,0020	0,0020	0,0020
6	0,0090	0,0120	0,0110	0,0100	0,0090	0,0090
8	0,0300	0,0350	0,0360	0,0330	0,0310	0,0290
10	0,0600	0,0600	0,0600	0,0600	0,0600	0,0600
12	0,1600	0,1800	0,1900	0,1800	0,1700	0,1700
14	0,3200	0,3400	0,3500	0,3500	0,3400	0,3300
16	0,5890	0,5980	0,6130	0,6120	0,6030	0,5960
18	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
20	1,6100	1,5900	1,5600	1,5500	1,5700	1,5900
22	2,4900	2,4400	2,3500	2,3100	2,3500	2,4100
24	3,7100	3,6200	3,4300	3,3300	3,4000	3,5100
26	5,3600	5,2100	4,8800	4,6800	4,7700	4,9600
28	7,5400	7,3100	6,7800	6,4200	6,5200	6,8300
30	10,3800	10,0300	9,2400	8,6500	8,7300	9,1700
32	14,0000	13,5100	12,3700	11,4600	11,4800	12,1700
34	18,5500	17,8700	16,3000	14,9700	14,8700	15,6300
36	24,2000	23,3000	21,1600	19,2800	19,0200	19,9300
38	31,1400	29,9500	27,1200	24,5500	24,0300	25,1000
40	39,5700	38,0200	34,3400	30,9200	30,0400	31,2500

Tomado de Interim Guide of pavement Structures AASHTO 72

TABLA XIV

CÁLCULO DEL W18

Ejes simples (TN)	%	KIPS	SN = 3		SN = 4		SN = 5	
			Factor equivalente	6139,95	Factor equivalente	6139,95	Factor equivalente	6139,95
< 2.5	0,48	5.43	0,008435	24,86	0,00772	22,75	0,007005	20,64
2.5 - 6.5	0,16	14.13	0,367095	360,63	0,36703	360,57	0,357095	350,81
6.5 - 9	0,36	19.57	1,4396	3182,07	1,43175	3164,72	1,44745	3199,42
AUTOS	8178,45		0,0002	1,64	0,0002	1,64	0,0002	1,64
TOTAL NUMERO DE EJES POR DIA				3569,19		3549,67		3572,51
NUMERO DE EJES POR ANO*365			1302755,40		1295629,66		1303964,69	
			$W_{18} = 0.13 \cdot 10^6$		$W_{18} = 0.12 \cdot 10^6$		$W_{18} = 0.13 \cdot 10^6$	

Tabla de resultados

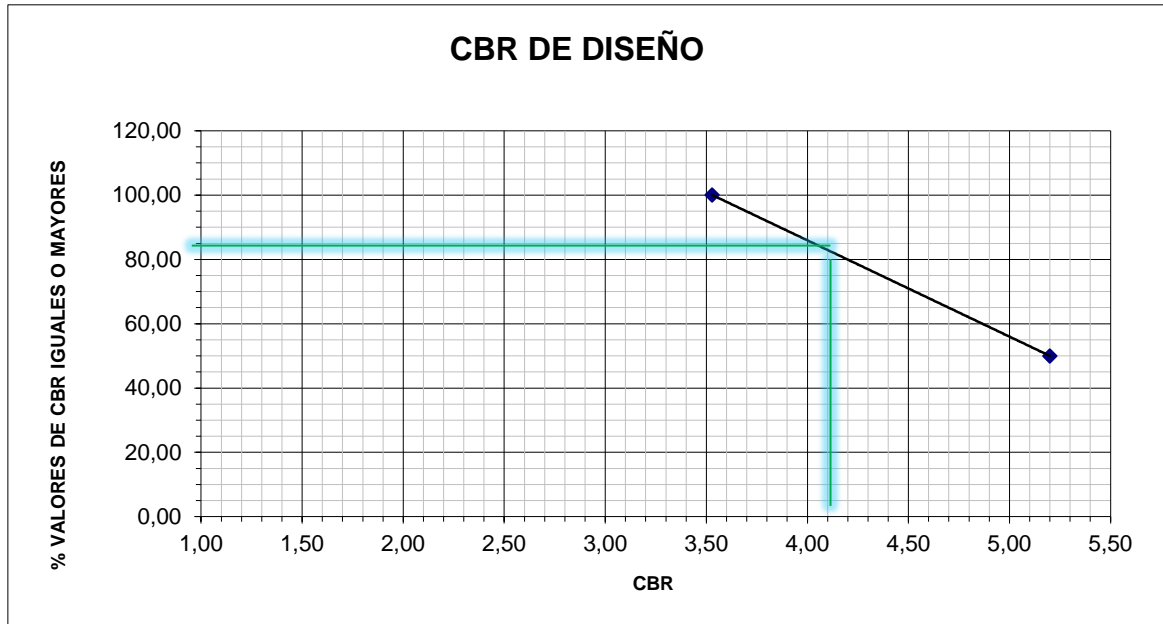
CÁLCULO DEL CBR DE DISEÑO

TABLA XV

VALORES DE CBR ORDENADO DE MAYOR A MENOR

ABSCISAS	VALORES DE CBR OBTENIDOS ORDENADOS DE MENOR A MAYOR	NUMERO DE VALORES IGUALES O MAYORES	% DE VALORES DE CBR IGUALES O MAYORES
0+050	3,53	2	100,00
0+150	5,20	1	50,00

Tabla de resultados



CBR DE DISEÑO = 4,2%

CÁLCULO DEL MÓDULO RESILIENTE (Mr)

CBR = < 10 % MR= 1500*CBR

CBR 10-20 % MR= 3000*CBR*0,65

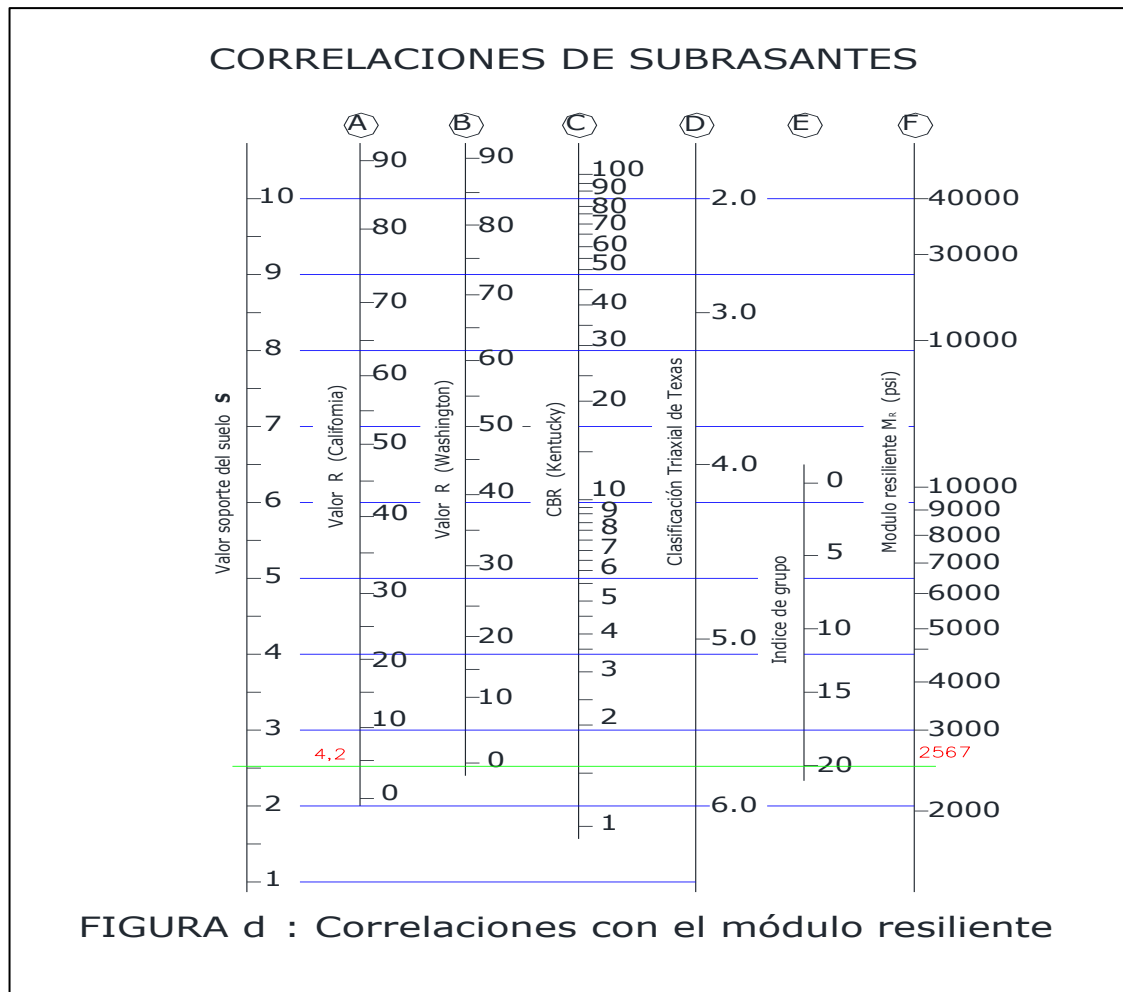
CBR >20 % MR= 4326*ln*(CBR)+241

CBR = < 10 %

MR= 1500*4,2

MR=6300 PSI

O entramos con el CBR a la figura de Correlaciones con el módulo resiliente y encontramos Mr.



Fuente: AASHTO 93

RESUMEN DE DATOS OBTENIDOS ANTERIORMENTE

Confiabilidad $R = 80\%$, $Z_R = 0.84$

$W_{18} = 0.13 \times 10^7$

Desvío estándar $S_o = 0.49$

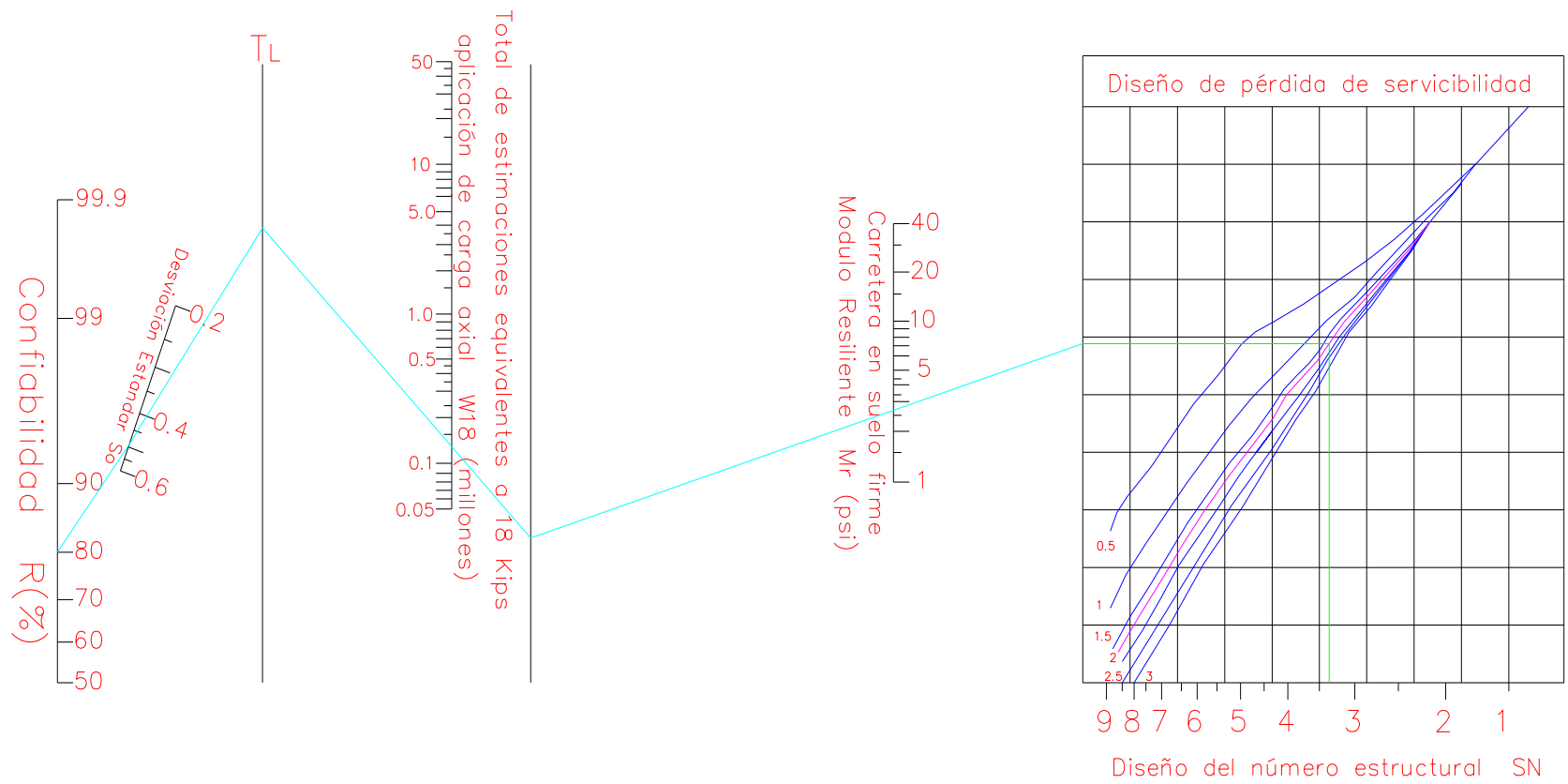
Mr. = 2567 psi

Serviciabilidad inicial $p_o = 4.2$

Serviciabilidad final $p_t = 2.0$

Pérdida de serviciabilidad $\Delta PSI = p_o - p_t = 2.2 \approx 2$

Con estos datos entramos a la fig. y encontramos el valor de SN, así mismo en las tablas adjuntas leemos el valor de a_1 , a_2 , a_3



SN = 3.46

FIGURA a: Gráfico de diseño para pavimentos flexibles basado en el empleo de valores inferiores para cada entrada

Fuente: AASHTO 93

CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE DRENAJE DE LA SUB – BASE (m3)

Datos a considerar:

Pendiente longitudinal $S= 6.00 \% = 0.060$ (representativa a la vía)

Pendiente transversal $Sx= 2.00 \% = 0.02$ (bombeo de la vía)

Espesor de capa drenante $H=0.45$ m (asumido espesor de la sub-base)

Ancho de la base permeable $W= 3$ m (ancho total de la vía es de 6 m)

PARÁMETROS A CONSIDERAR EN EL TIEMPO DE DRENAJE

- Longitud resultante “LR”

$$LR = W \left[\left(\frac{S}{Sx} \right)^2 + 1 \right]^{\frac{1}{2}} \quad LR = 3 \left[\left(\frac{0.060}{0.02} \right)^2 + 1 \right]^{\frac{1}{2}}$$

LR=9,47m

- Pendiente resultante “SR”

$$SR = (S^2 + Sx^2)^{1/2} \quad SR = (0.060^2 + 0.02^2)^{1/2}$$

SR=0,063

- Factor de pendiente “St”

$$St = LR * \frac{SR}{H} \quad St = 9,47 * \frac{0.063}{0.45}$$

St=1,33

Con el valor de St entramos a la fig. y encontramos el factor de tiempo **T=0,21**

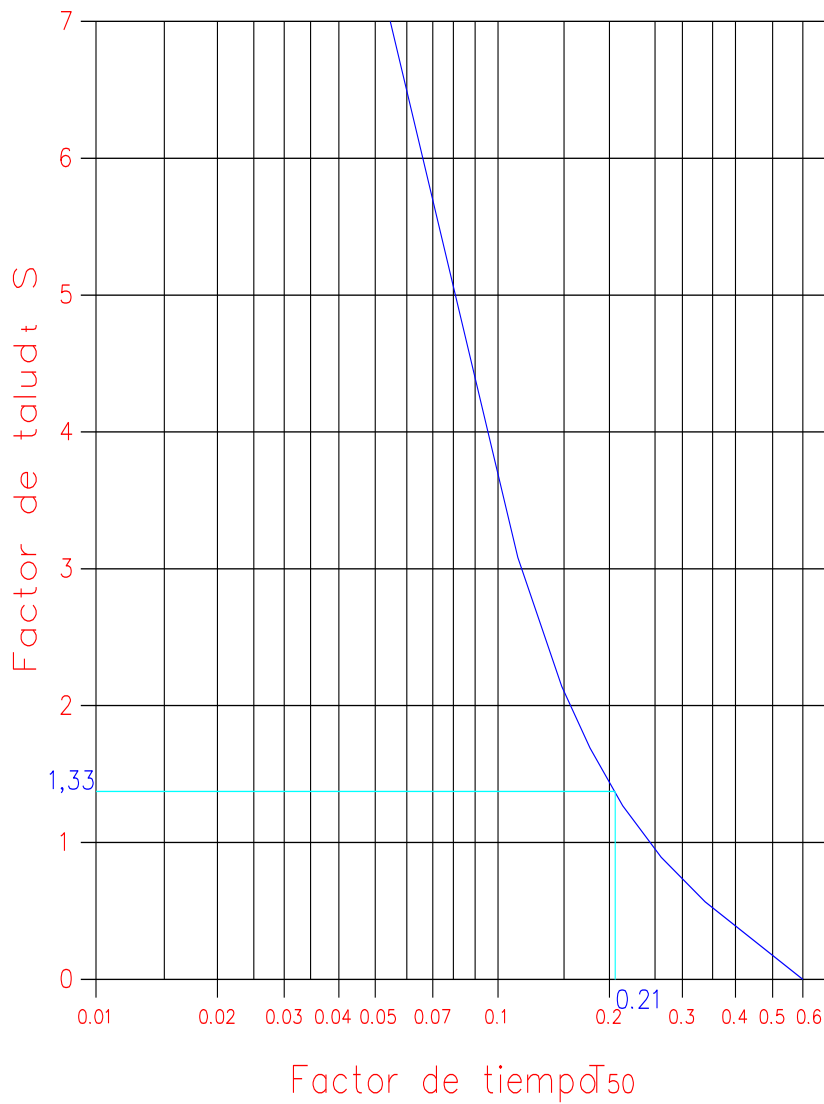


FIGURA b: Factor de tiempo para un drenaje del 50%

Fuente: AASHTO 93

DETERMINAR LAS PROPIEDADES DRENANTES DEL PAVIMENTO

Material de sub-base clase III con CBR del 79%
 Porcentaje de finos (pasante del tamiz # 200) = 13,7 %
 Se trata de suelos arcillosos:

D10	= 0.25	Tamaño efectivo de las partículas
Cu	= 87	Coefficiente de uniformidad
Cc	= 0,53	Coefficiente de curvatura
IP	= 5.3 %	
Densidad seca máxima	= 2.167 g/m ³	
Gravedad especifica de los sólidos Gs	= 2.561 g/cm ³	
Volumen total Vt	= 2684 cm ³	
Peso de la fase solidad Ws	= 4897 g.	

CÁLCULOS DE LAS PROPIEDADES DRENANTES DEL PAVIMENTO

Volumen de los sólidos (vs)

$$V_s = W_s / G_s = (4897 \text{ g} / \text{cm}^3) / (2.561 \text{ g} / \text{cm}^3)$$

$$V_s = 1912,14 \text{ cm}^3$$

Volumen de vacíos (Vv)

$$V_v = V_T - V_s = 2684 \text{ cm}^3 - 1912,14 \text{ cm}^3$$

$$V_v = 771,86 \text{ cm}^3$$

Porosidad (n)

$$n = (V_v / V_t)$$

$$n = (771,86 / 2684)$$

$$n = 0,288 = \text{Nemáx.}$$

Tabla XVI

AGUA QUE PUEDE DRENAR POR GRAVEDAD

CANTIDAD DE AGUA QUE PUEDE DRENAR POR GRAVEDAD. CANTIDAD DE FINOS									
	<2.5 %			5%			10%		
MATERIAL	Tipos de finos			Tipos de finos			Tipos de finos		
Predominante	Filler	Limo	Arcilla	Filler	Limo	Arcilla	Filler	Limo	Arcilla
Gava	70	60	40	60	40	20	40	30	10
Arena	57	50	35	50	35	15	25	18	8

Fuente: AASHTO 93

Por las propiedades de nuestro material elegimos C=10 C = 10.

Porosidad Efectiva

$$Ne = (N_{\text{máx.}} \times C) / 100 \quad n = N_{\text{máx.}} = 0.288$$

$$Ne = 0.288 \times 10/100$$

$$Ne = 0,0288$$

Coefficiente de permeabilidad "K"

$$K = (6.214 \times 10^5 \times D_{10}^{1.478} \times N_{\text{máx.}}^{6.654}) / F_{200}^{0.597} \quad ; \text{ pies/días}$$

$$N_{\text{máx.}} = 0.288$$

$$F_{200} = \% \text{ pasante del tamiz \# 200} = 13,7\%$$

$$D_{10} = 0.25 \text{ tamaño efectivo de las partículas}$$

$$K = (6.214 \times 10^5 \times 0,25^{1.478} \times 0.288^{6.654}) / 0.137^{0.597}$$

$$K = 66,33 \text{ pies / días}$$

$$K = 20,22 \text{ m / días}$$

Pendiente de Drenaje "m"

$$m = (Ne \times LR^2) / (H \times K)$$

$$m = (0.029 \times 9.47^2) / (0.45 \times 20,22)$$

$$m = 0,29 \text{ m (día)}$$

Tiempo de Drenaje "t"

$$t = T \times m \times 24$$

$$t = 0.21 \times 0,29 \times 24$$

$$t = 1,46 \text{ horas}$$

$$t = 0,061 \text{ días}$$

Grado de Saturación "S"

Con los valores de St y $T50$ entramos al abaco y encontramos $U=0,487$ Para obtener el "S" debemos de calcular:

$$V_w = V_v - (U \times Ne)$$

$$V_w = 771,86 - (0.487 \times 0.029)$$

$$V_w = 771,846$$

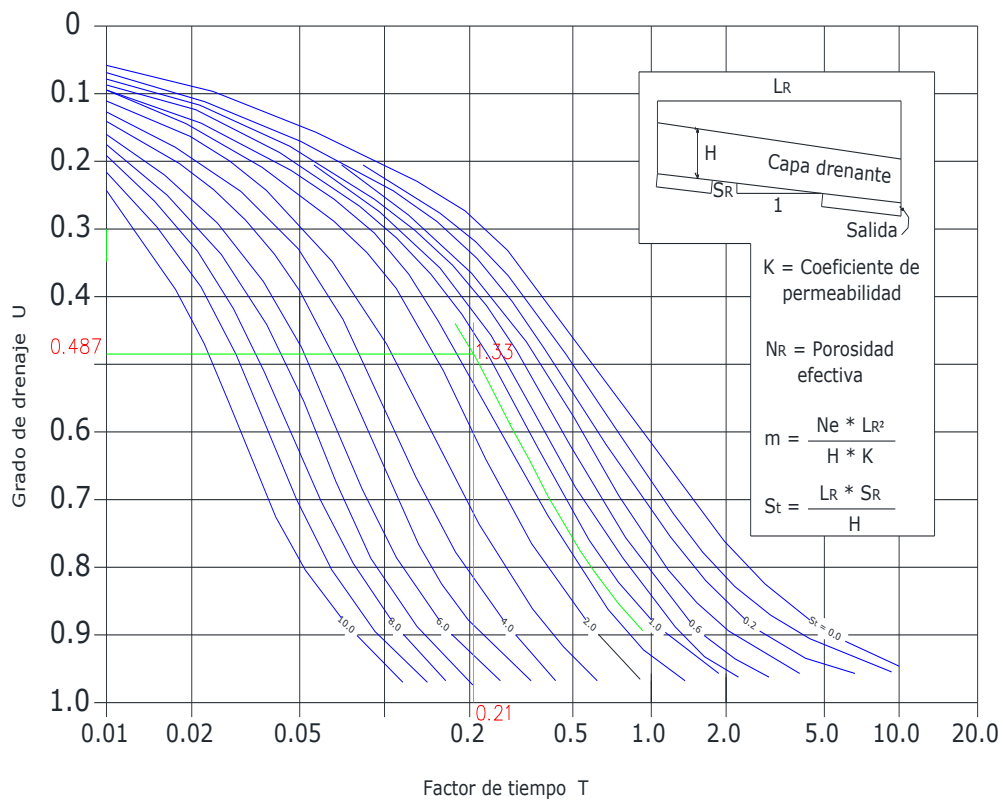


FIGURA c : Factor de tiempo para un drenaje de capas saturadas

Fuente: AASHTO 93

$$S = (V_w/V_v) * 100$$

$$S = (771,846/771,86) * 100$$

$$S = 99.99\%$$

Con un $S=99,99\%$ el tiempo de drenaje en horas es, $t=1,46$ horas, con la tabal XVII vemos la calidad del drenaje.

TABLA XVII

CALIDAD DE DRENAJE

CALIDAD DE DRENAJE	50 % DE SATURACIÓN EN:	85 % DE SATURACIÓN EN:
Excelente	2 horas	2 horas
Bueno	1 día	2 a 5 horas
Regular	1 semana	5 a 10 horas
Pobre	1 mes	Más de 10 horas
Muy Pobre	El agua no drena	Mucho más de 10 horas

Fuente: AASHTO 93

Calidad de drenaje = Excelente.

Porcentaje de tiempo en el que el pavimento permanece en niveles próximos de saturación (P)

$$P = (S + R) \times 100/365$$

Dónde:

S = días de deshielo en primavera (S = 0)

R = días con lluvia

Días de lluvia al año “R”

Según el INAMHI son de 60 días al año.

$$R = 60 \text{ días}$$

$$R = (60) \text{ días}$$

$$P = R \times 100/365$$

$$P = (60) (100)/365$$

$$P = 16.44\%$$

Con el porcentaje de tiempo P=16,44% y la calidad de drenaje EXCELENTE Vamos a la tabla XVIII y obtenemos el coeficiente de drenaje m3.

$$m3 = 1.10$$

Tabla XVIII

CALIDAD DE DRENAJE

CALIDAD DE DRENAJE	% DE TIEMPO EN QUE EL PAVIMENTO ESTÁ EXPUESTO A NIVELES DE HUMEDAD PRÓXIMOS A LA SATURACIÓN				
	CONDICIONES	< 1%	1 – 5 %	5 – 25 %	> 25 %
Excelente		1.25 – 1.20	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10
Bueno		1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00
Regular		1.15 – 1.00	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90
Pobre		1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80
Muy Pobre		1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80 – 0.70	0.70

Fuente: AASHTO 93

CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE DRENAJE PARA BASE “m2”

Material de Base clase II con un CBR del 89 %.

Datos de Entrada

Pendiente longitudinal S = 5.0% = 0.050 (representativa a la vía)

Pendiente transversal Sx = 2.00 % = 0.02 (bombeo de la vía)

Espesor de capa drenante H = 0.15 m = 15 cm (asumido espesor de la base)

Ancho de la base permeable W = 3 m (ancho de la vía es de 6 m) 1/2 de ancho

PARÁMETROS A CONSIDERAR.

Longitud resultante de la base (LR):

$$LR = W((S/SX)^2 + 1)^{1/2}$$

$$LR = 3((0.050/0.02)^2 + 1)^{1/2}$$

$$LR = 8.078 \text{ m}$$

Pendiente resultante de la base (SR):

$$SR = (S^2 + SX^2)^{1/2}$$

$$SR = (0.050^2 + 0.02^2)^{1/2}$$

$$SR = 0,054$$

Factor de pendiente (St):

$$St = LR \times \frac{SR}{H}$$

$$St = (8,078)(0,054/0,15)$$

$$St = 2,91$$

Con $St=2,91$ y con el gráfico obtenemos el factor de tiempo $T=0,15$

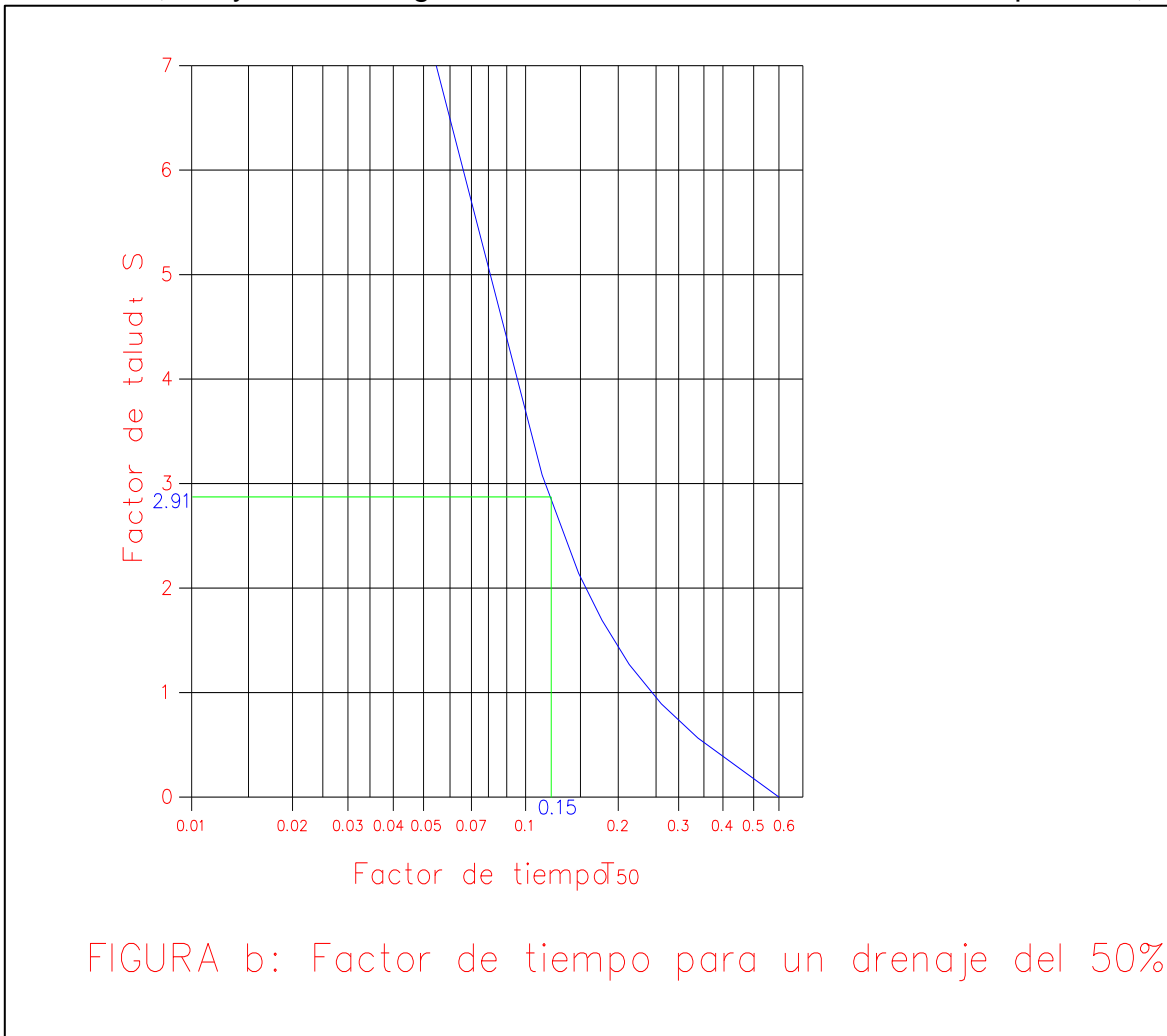


FIGURA b: Factor de tiempo para un drenaje del 50%

Fuente: AASHTO 93

PROPIEDADES DRENANTES DEL PAVIMENTO.

Las propiedades del material a considerarse en la base drenante del pavimento son:

Porcentajes de finos (pasante del tamiz # 200)	= 5,90%
D_{10}	= 0.37mm Tamaño efectivo de las partículas
C_u	= 69.2 Coeficiente de uniformidad
C_c	= 4,68 Coeficiente de curvatura
Índice de plasticidad IP	= 0.00%
Densidad seca máxima G_d	= 2210 Kg/m ³
Humedad óptima	= 7%
Gravedad específica de los sólidos G_s	= 2.251 Kg/m ³
Volumen total V_t	= 2667 cm ³
Peso de la fase sólida W_s	= 4876 kg

CÁLCULO DE LAS PROPIEDADES DRENANTES

Volumen de los sólidos (Vs):

$$V_s = \frac{W_s}{G_s}$$

$$V_s = \frac{4876}{2.251} = \mathbf{2166,15 \text{ cm}^3}$$

Volumen de vacíos (Vv):

$$V_v = V_T - V_s$$

$$V_v = (2667 - 2166,15) = \mathbf{500.85 \text{ cm}^3}$$

Porosidad (n):

$$n = \frac{V_v}{V_t} = (500,85/2667)$$

$$n = \mathbf{0.188 = N_{\text{máx}}}$$

TABLA XIX

DRENAJE DE AGUA

CANTIDAD DE AGUA QUE PUEDE DRENAR POR GRAVEDAD. CANTIDAD DE FINOS									
	<2.5 %			5%			10%		
MATERIAL	Tipos de finos			Tipos de finos			Tipos de finos		
Predominante	Filler	Limo	Arcilla	Filler	Limo	Arcilla	Filler	Limo	Arcilla
Gava	70	60	40	60	40	20	40	30	10
Arena	57	50	35	50	35	15	25	18	8

Fuente: AASHTO 93

Con las propiedades de nuestro material obtenemos: $C = 10$.

Calculo de la porosidad efectiva (Ne):

$$N_e = N_{\text{máx}} * \frac{C}{100} \quad \therefore \quad n = N_{\text{máx}} = 0.188$$

$$N_e = \mathbf{0.0188}$$

Cálculo del coeficiente de permeabilidad (K):

$$K = \frac{6.214 * 10^5 * D_{10}^{1.478} * n^{6.654}}{F_{200}^{0.597}} = \frac{\text{pies}}{\text{días}}$$

$$K = \frac{6.214 * 10^5 * 0,37^{1.478} * 0,188^{6.654}}{0,059^{0.597}} = \frac{\text{pies}}{\text{días}}$$

Resultado de K:

$$K = 11.46 \text{ pies/días}$$

$$K = \mathbf{3,49 \text{ m/día}}$$

Pendiente de Drenaje “m”:

$$m = \frac{(Ne \cdot LR^2)}{H \cdot K} = (0,019 \cdot 8,08^2) / (0,15 \cdot 3,49) \quad m = 2,37 \text{ días}$$

Tiempo de Drenaje “t”:

$$t = T \cdot m \cdot 24 \quad t = (0,15 \cdot 2,37 \cdot 24) \quad t = 8,53 \text{ horas} \\ t = 0,36 \text{ días}$$

Con $St=2,91$ y $T=0,15$ vamos al ábaco y encontramos el valor de grado de drenaje **$U=0,548$**

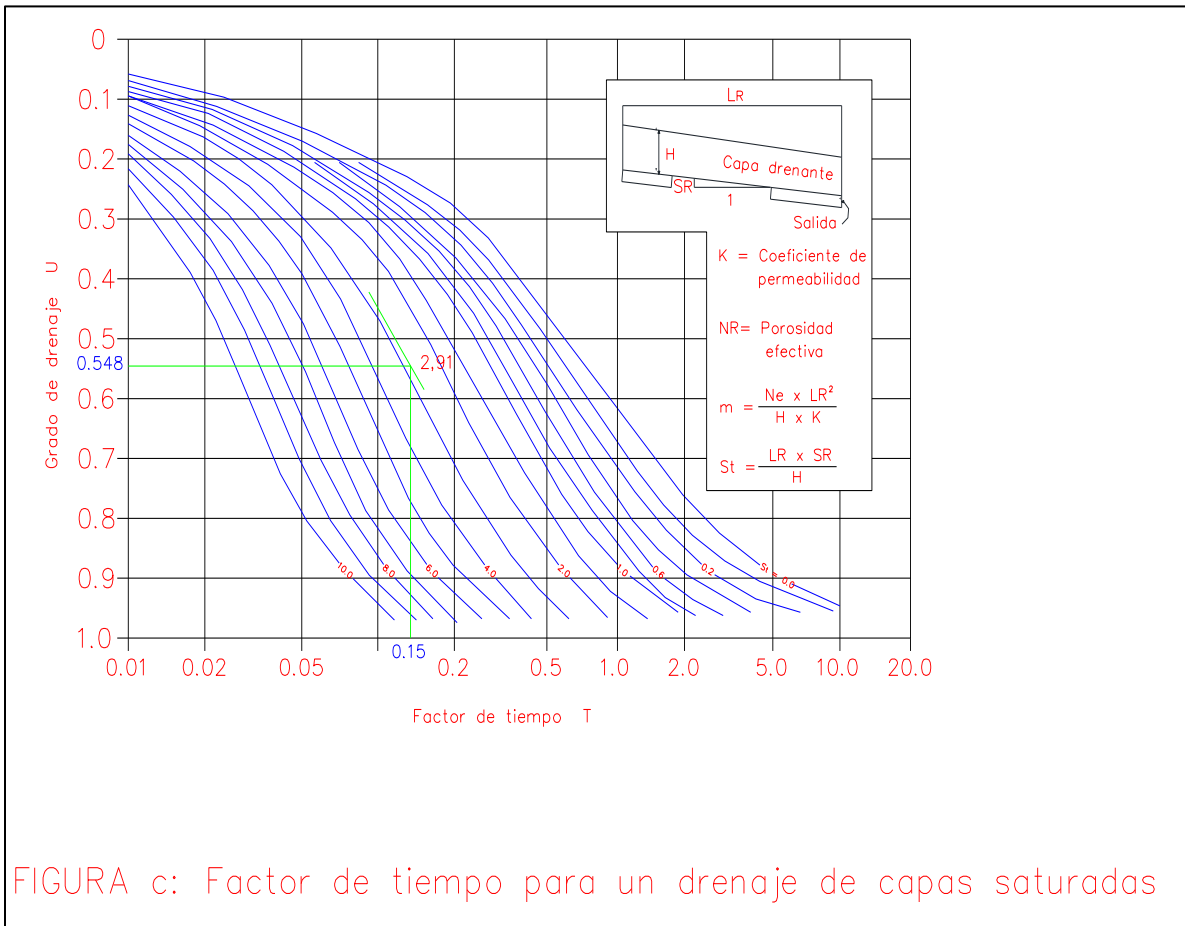


FIGURA c: Factor de tiempo para un drenaje de capas saturadas

Fuente: AASHTO 93

Grado de Saturación “S”

$$V_w = V_v - (Ne \cdot U) \\ V_w = 500,85 \text{ cm}^3 - (0,019 \cdot 0,548) \\ V_w = 500,84 \text{ cm}^3$$

$$S = \frac{V_w}{V_v} * 100$$

$$S = 99,99 \%$$

Con S=99,99% y el tiempo de drenaje t=8,53 nos vamos a la tabla XX y observamos que la calidad de drenaje en **REGULAR**

Tabla XIX

CALIDAD DE DRENAJE

CALIDAD DE DRENAJE	50 % DE SATURACIÓN EN:	85 % DE SATURACIÓN EN:
Excelente	2 horas	2 horas
Bueno	1 día	2 a 5 horas
Regular	1 semana	5 a 10 horas
Pobre	1 mes	Más de 10 horas
Muy Pobre	El agua no drena	Mucho más de 10 horas

Fuente: AASHTO 93

Porcentaje de tiempo en el que el pavimento permanece en niveles próximos de saturación (P)

$$P = (S + R) \times 100/365$$

Dónde:

S = días de deshielo en primavera (S = 0)

R = días con lluvia

Días de lluvia al año "R"

Según el INAMHI son de 60 días al año.

$$R = 60 \text{ días}$$

$$R = (60) \text{ días}$$

$$P = R * 100/365$$

$$P = (60) (100)/365$$

$$P = 16.44\%$$

Con el porcentaje de tiempo P=16,44% y la calidad de drenaje **REGULAR** Vamos a la tabla XXI y obtenemos el coeficiente de drenaje m3.

$$m_2 = 0,90$$

Tabla XXI

CALIDAD DE DRENAJE

CALIDAD DE DRENAJE	% DE TIEMPO EN QUE EL PAVIMENTO ESTÁ EXPUESTO A NIVELES DE HUMEDAD PRÓXIMOS A LA SATURACIÓN			
	< 1%	1 – 5 %	5 – 25 %	> 25 %
Excelente	1.25 – 1.20	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10
Bueno	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00
Regular	1.15 – 1.00	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90
Pobre	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80
Muy Pobre	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80 – 0.70	0.70

Fuente: AASHTO 93

DETERMINACIÓN DE ESPESORES

$$SN = a_1D_1 + a_2D_2m_2 + a_3D_3m_3$$

Donde:

a_1, a_2, a_3 , son los coeficientes estructurales o de capa, en pulgadas.

m_2, m_3 , son los coeficientes de drenaje.

D_1, D_2, D_3 , son los espesores de capas, en pulgadas.

ESTABILIDAD Y FACTIBILIDAD DE CONSTRUCCIÓN

TABLA XXI

ESPESORES MÍNIMOS

ESPESORES MÍNIMOS DE CONCRETO ASFÁLTICO Y BASE GRANULAR		
NÚMERO DE ESALS	CONCRETO ASFÁLTICO	BASE GRANULAR
Menos de 50000	2.5 cm	10 cm
50000 – 150000	5.0 cm	10 cm
150000 – 500000	6.5 cm	10 cm
500000 – 2000000	7.5 cm	15 cm
2000000 – 7000000	9.0 cm	15 cm
Más de 7000000	10.0 cm	15 cm

Fuente: MOP 001-F-2000, Cap. 4 Estructura del Pavimento

Las variables de Diseño con los cálculos verificados son:

Confiabilidad $R = 80\%$

$SN_3 = 3,46$

CBR DE DISEÑO

CBR SR = **4,2 %** suelo de subrasante de la vía

CBR SB = **78 %** material de río Calichana (sub-base clase 3)

CBR B = **89 %** material de río Calichana (base clase 2)

MÓDULOS RESILIENTES

Con los valores de CBR nos vamos a las figuras I, g, h, respectivamente, para obtener los módulos resilientes.

Mr base = **29100 psi**

Mr sub-base = **19400 psi**

Mr subrasante = **2567 psi**

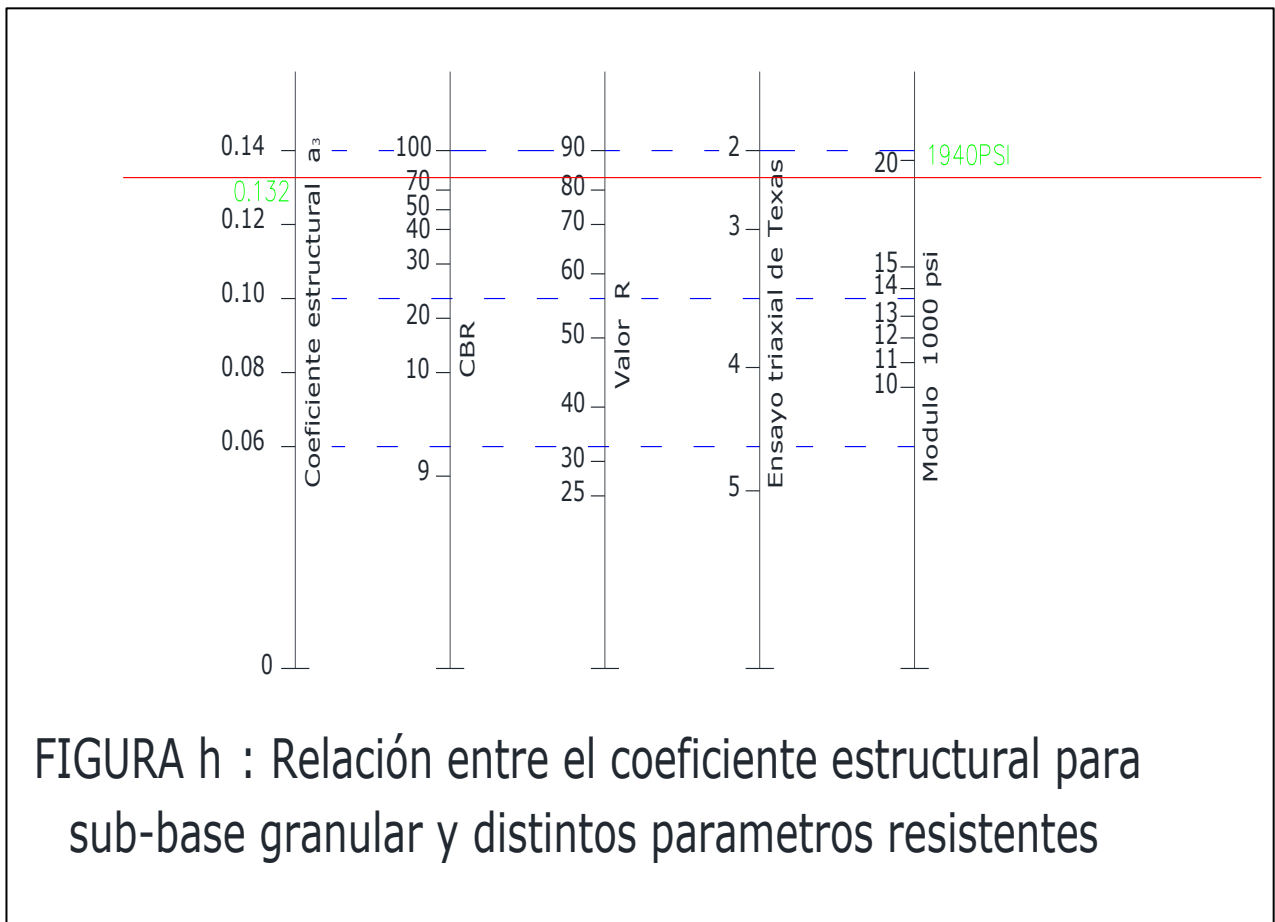


FIGURA h : Relación entre el coeficiente estructural para sub-base granular y distintos parametros resistentes

Fuente: AASHTO 93

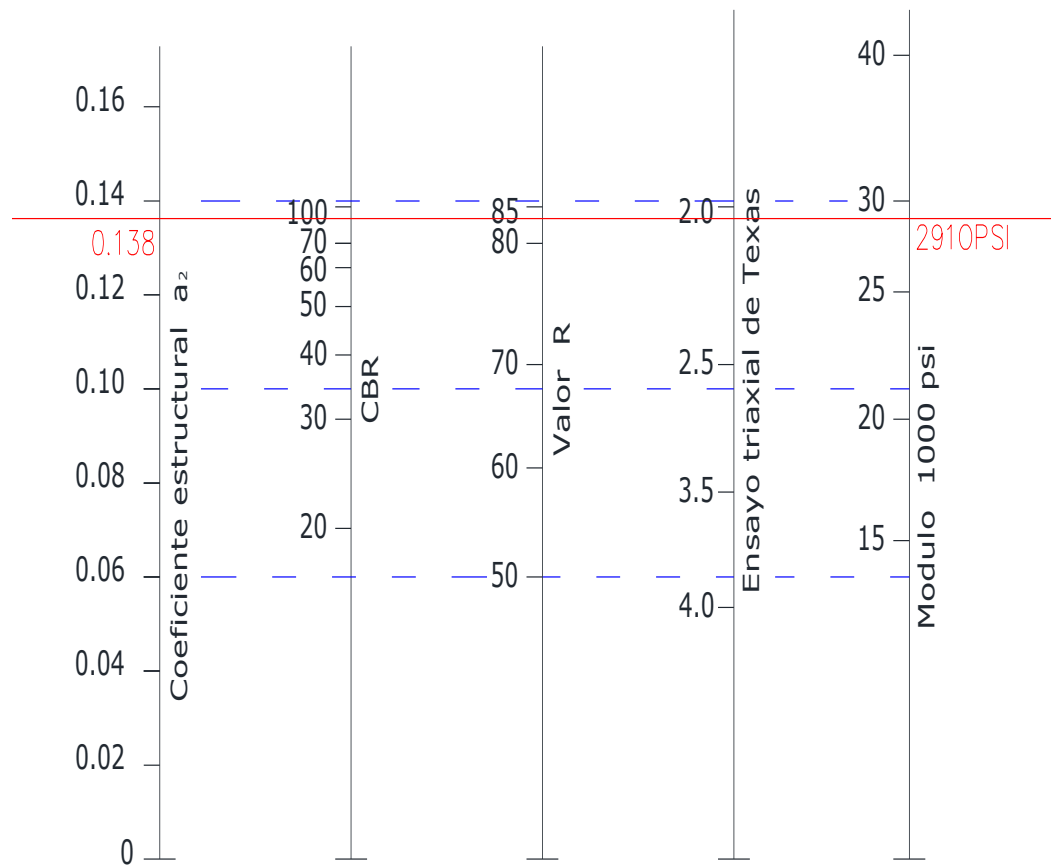


FIGURA g : Relación entre el coeficiente estructural para base granular y distintos parametros resistentes

Fuente: AASHTO 93

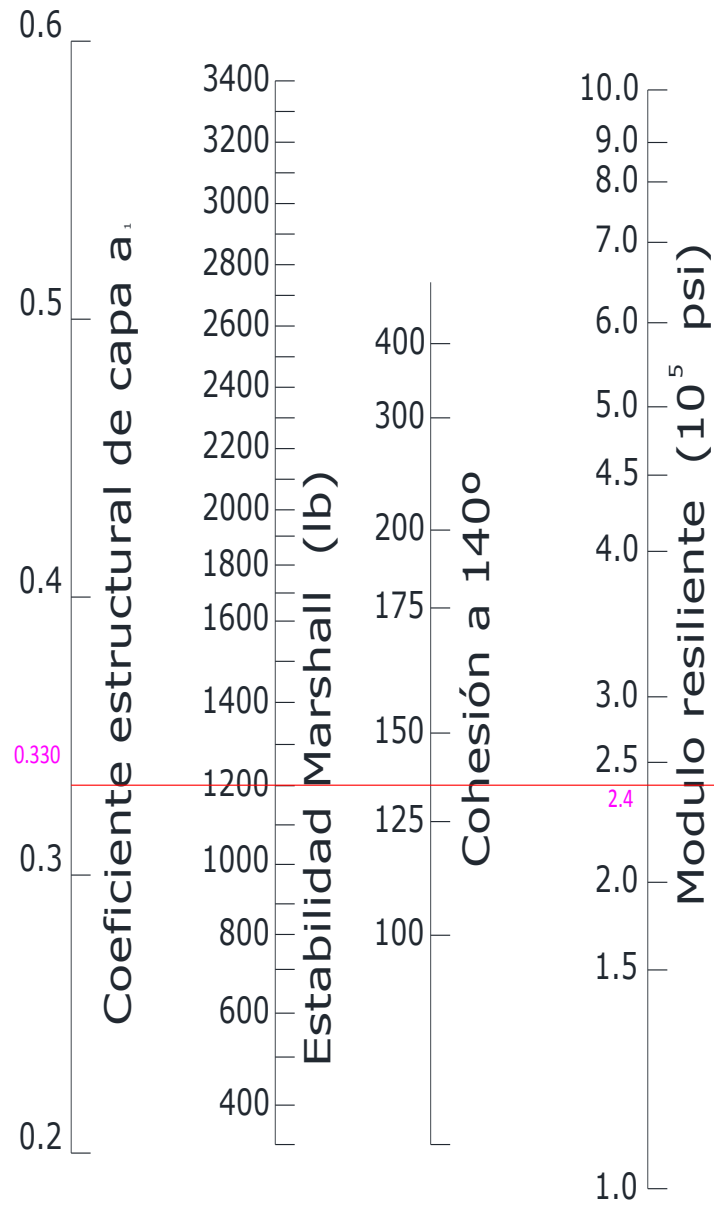


FIGURA i : Coeficiente para capas estructurales, para capas asfálticas relacionados con varios ensayos

Fuente: AASHTO 93

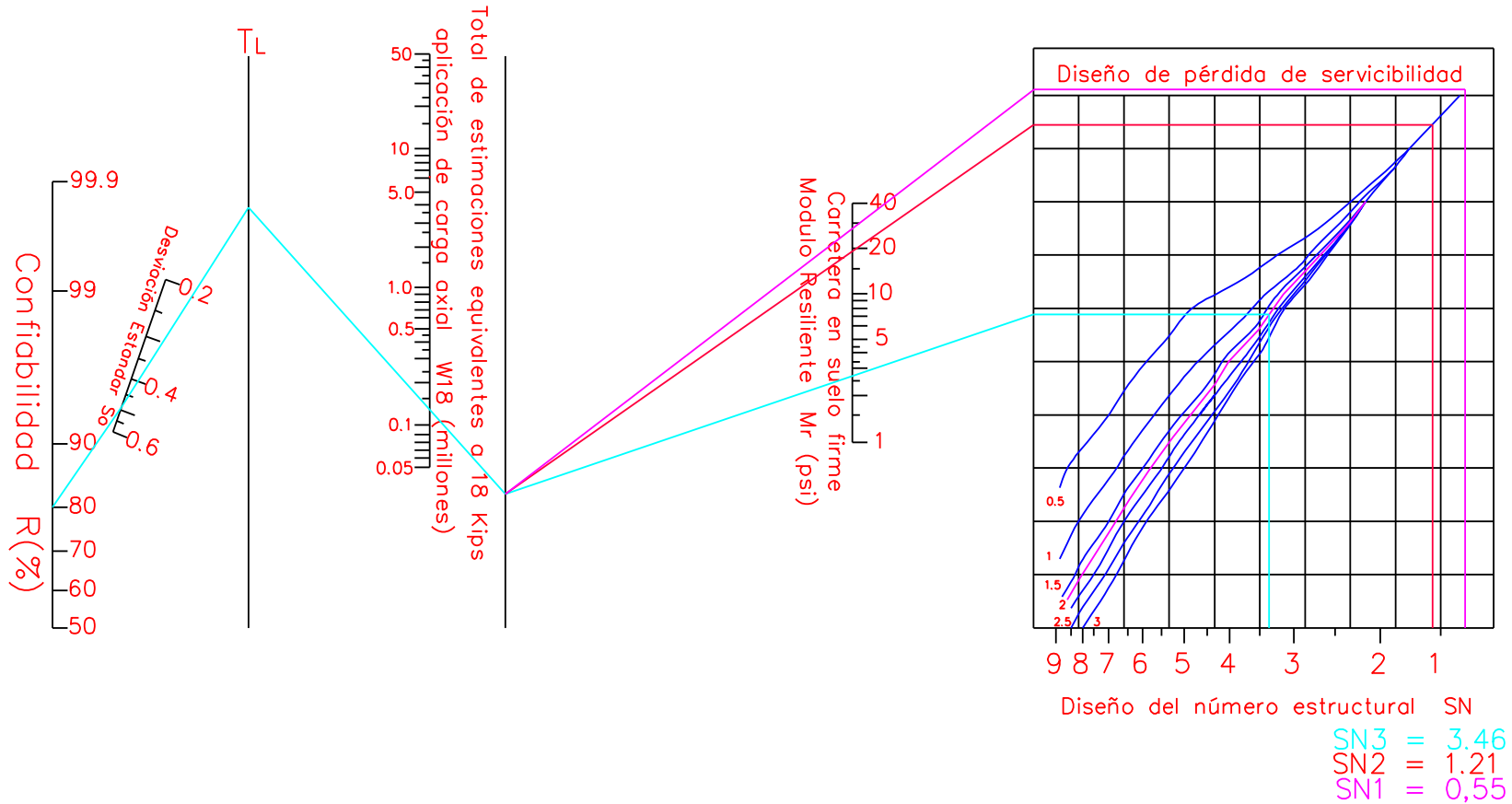


FIGURA a: Gráfico de diseño para pavimentos flexibles basado en el empleo de valores inferiores para cada entrada

DATOS:

$W_{18} = 0.13 \times 10^7$ Esals

Confiabilidad $R = 80\%$

Desvío estándar $S_o = 0.49$

Serviciabilidad inicial $p_o = 4.2$

Serviciabilidad final $p_t = 2.0$

Pérdida de Serviciabilidad $\Delta PSI = p_o - p_t = 2.2$

SN1 = 0,55

SN2 = 1.21

SN3 = 3.46

MÓDULOS RESILIENTES DE (SR, SB, B)

Con los datos de los módulos Resilientes utilizamos las figuras, l, g, h, para obtener los diferentes números estructurales

COEFICIENTES ESTRUCTURALES:

Relacionando con el M_r (con las figuras indicadas) obtenemos los siguientes:

a1 = 0.330 figura l con estabilidad Marshall 1200 lb.

a2 = 0.136 figura g con M_r base 29100 psi

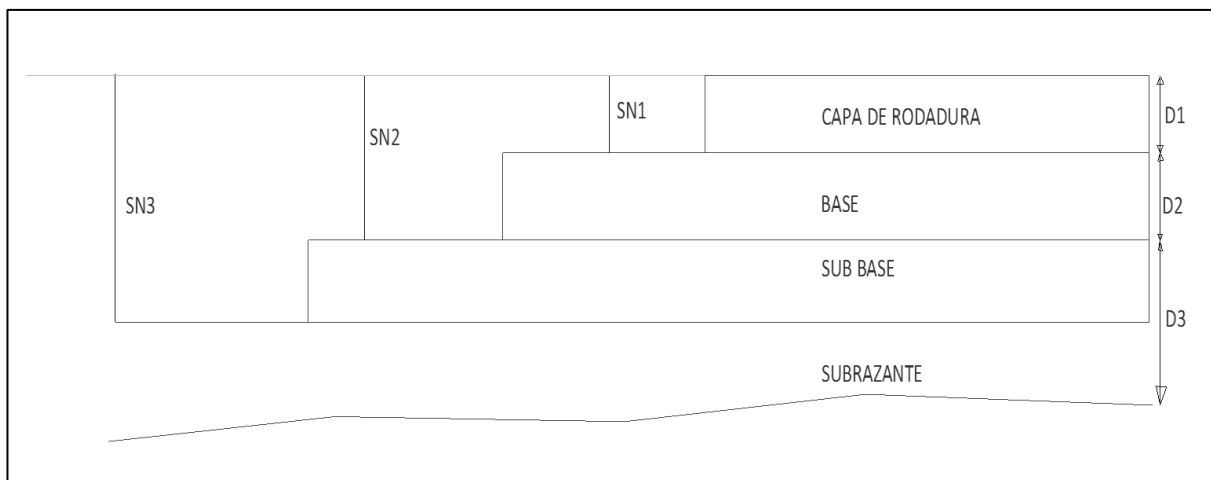
a3 = 0.129 figura h con M_r sub-base 19400 psi

Coefficientes de drenaje:

Coefficiente de drenaje para base: **m2 = 0.90**

Coefficiente de drenaje para sub-base: **m3 = 1.10**

CÁLCULO DE ESPESORES DE LA CAPA ASFÁLTICA



$$D_1 \geq \frac{SN_1}{a_1}$$

$$D_1 \geq \frac{0.55}{0.33} = 1,67 \text{ pulg} \rightarrow D_1 = 5.08 \text{ cm}$$

$$D_1 = 2 \text{ pulg}$$

$$SN_1 = D_1 \times a_1 = 1.67 \times 0.33 = 0.55$$

$$\mathbf{SN_1 = 0.55}$$

$$D_2 \geq \frac{SN_2 - SN_1}{a_2 * m_2}$$

$$D_2 \geq \frac{1.21 - 0.55}{0.136 * 0.90} = 5.40 \text{ pulg} \rightarrow D_2 = 13,70 \text{ cm}$$

$$D_2 = 6 \text{ pulg} = 15.24 \text{ cm}$$

$$SN_2 = D_2 * (a_2 * m_2) = 6 * (0.136 * 0.90) = 0.734$$

$$\mathbf{SN_2 = 0.73}$$

$$D_3 \geq \frac{(SN_3 - (SN_2 + SN_1))}{a_3 * m_3}$$

$$D_3 \geq \frac{(3.46 - (0.73 + 0.55))}{0.129 * 1.10} = 15.36 \text{ pulg} \rightarrow D_3 = 39 \text{ cm}$$

$$D_3 = 17.72 \text{ pulg} = 18 \text{ pulg}$$

$$SN_3 = D_3 * (a_3 * m_3) = 17,72 * (0.129 * 1,10) = 2.5$$

$$\mathbf{SN_3 = 2.5}$$

Sumatoria para comprobar "SN"

$$\Sigma (SN_1 + SN_2 + SN_3) \cong SN$$

$$\Sigma(0.55 + 0.73 + 2.5) = \mathbf{3.78} \cong \mathbf{3.46}$$

$$\mathbf{4} \cong \mathbf{4}$$

Al realizar la sumatoria comprobamos que si es lo correcto.

Esquema del paquete estructural del pavimento.

Espesores de la carpeta asfáltica del pavimento:

Capa de rodadura = 2.00 pulg. = 5.08 cm = **5 cm**

Base = 6.00 Pulg. = 15.24 cm = **15 cm**

Sub – base = 6.00 pulg. = 15,24 cm = **15 cm**

Mejoramiento = 11.81 pulg = 30cm = **30cm**

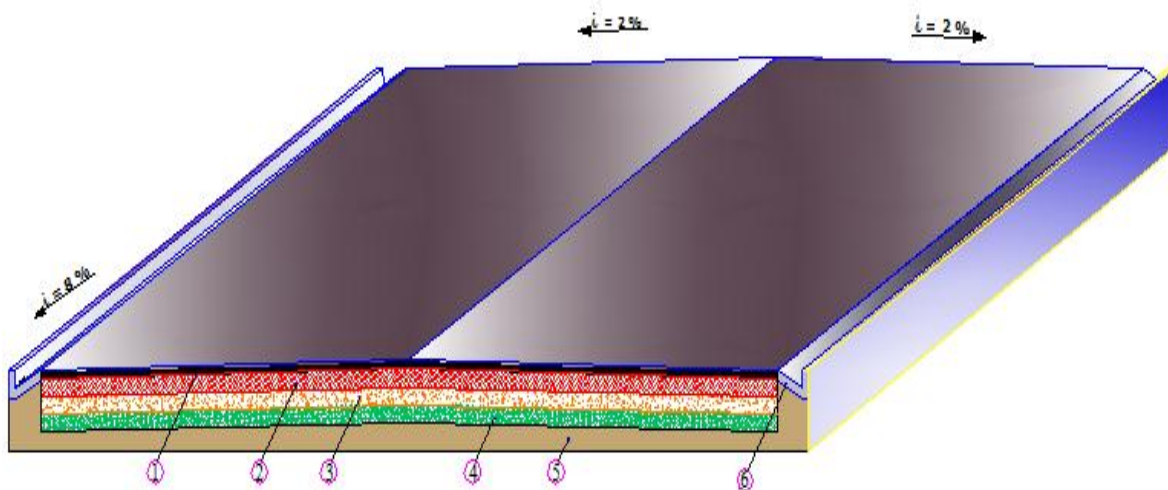
Total paquete. Estructural = 26.00 pulg. = 66,04 cm = **65cm**

$$\mathbf{NE = a_1 * D_1 + a_2 * D_2 * m_2 + a_3 * D_3 * m_3}$$

$$\mathbf{4 = (0.33 * 1,67 + 0.136 * 5.40 * 0.90 + 0.129 * 17,72 * 1,10) = 3,64}$$

$$\mathbf{4 = 3,64}$$

DISEÑO DE CARPETA ASFÁLTICA DEL PROYECTO



1	carpeta de rodadura	E	=	5	cm
2	Capa de Base	E	=	15	cm
3	Capa de Sub base	E	=	15	cm
4	Mejoramiento	E	=	30	cm
5	Sub rasante				
6	Cuneta y bordillo				

COMPROBACIÓN DEL CÁLCULO DEL NÚMERO ESTRUCTURAL.

CÁLCULO MEDIANTE SOFTWARE SN= 2.4 m

Ecuación AASHTO 93

Tipo de Pavimento
 Pavimento flexible Pavimento rígido

Confiability (R) and Standard Deviation (So)
 80% Zr=-0.841 So 0.49

Serviciabilidad inicial y final
 PSI inicial 4.2 PSI final 2

Módulo resiliente de la subrasante
 Mr 6300 psi

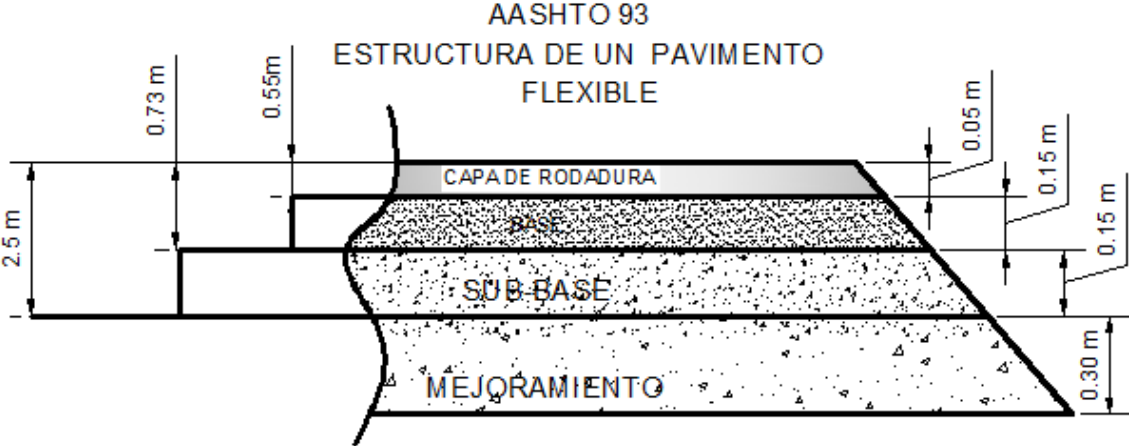
Información adicional para pavimentos rígidos
 Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi) Coeficiente de transmisión de carga - (J)
 Módulo de rotura del concreto - Sc (psi) Coeficiente de drenaje - (Cd)

Tipo de Análisis
 Calcular SN **W18 =** 130000
 Calcular W18

Número Estructural
SN = 2.44

Calcular Salir

CÁLCULO REALIZADO MANUALMENTE SN = 2.5m.



Urkund Analysis Result

Analysed Document: TRABAJO FINAL.pdf (D16410002)
Submitted: 2015-11-26 18:05:00
Submitted By: jefferson91@outlook.es
Significance: 10 %

Sources included in the report:

TESIS ADRIAN ARCE 5.docx (D11918534)
complexivo ivan paredes.docx (D16390220)
Torres CAPITULO IV lourdes torres.docx (D13083942)
Leonardo Blacio CAPITULO_VII.pdf (D13034258)
<https://www.clubensayos.com/Ciencia/METODO-DE-AASHTO-93-PARA-PAVIMENTOS-FLEXIBLES/2198194.html>
<https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/disenio-asfalto.pdf>

Instances where selected sources appear:

9



ING. WILMER EDUARDO ZAMBRANO