Anexo Nº 7 - Dimensionamiento del Nuevo Paquete Estructural.

Inga. Perlys Carballar C.

DIMENSIONAMIENTO DEL PAQUETE ESTRUCTURAL PARA LA OBRA: LOTE No.5: SAN JOSE OBRERO – RUTA No.10.

1. DIMENSIONAMIENTO DE PAQUETE ESTRUCTURAL. 2

1.1 INTRODUCCIÓN 2
1.2 MÉTODO DE DISEÑO AASHTO 1993 PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES 2
1.2.1 Introducción al método 2
1.3 PAQUETE ESTRUCTURAL PROPUESTO 4
1.3.1 PAVIMENTO TIPO PROPUESTO. 4

2 VARIABLES A CONSIDERAR EN EL MÉTODO AASHTO 1993 5

2.1 VARIABLES DE TIEMPO 5
2.2 TRÁNSITO 5
2.3 CONFIABILIDAD 6
2.4 DESVÍO ESTÁNDAR 7
2.5 CARACTERÍSTICAS DE LA SUBRASANTE 8
2.6 NIVELES DE SERVICIABILIDAD 9
2.7 MATERIALES PARA EL PAVIMENTO 12
2.8 INCIDENCIA DEL DRENAJE EN EL AASHTO 1993 12
2.9 DISEÑO ESTRUCTURAL 13
2.10 PERÍODO DE ANÁLISIS Y VIDA ÚTIL 13
2.11 TRÁNSITO Y CÁLCULOS DE EJES EQUIVALENTES DE 8.2 TN 13
2.12 CONFIABILIDAD 16
2.13 DESVÍO ESTÁNDAR 16
2.14 CARACTERÍSTICAS DE LA SUBRASANTE Y DEL TERRAPLÉN 16
2.15 NIVELES DE SERVICIABILIDAD. PÉRDIDA DE SERVICIABILIDAD POR TRÁNSITO ΔPSIT 16
2.16 PÉRDIDA ADICIONAL DE SERVICIABILIDAD DEBIDO A HINCHAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS ΔPSISW 17
2.17 CÁLCULO DE LA PÉRDIDA DE SERVICIABILIDAD DE DISEÑO ΔPSI 17
2.18 DETERMINACIÓN DEL NÚMERO ESTRUCTURAL DE DISEÑO SN 17
2.19 FACTORES HIDROMETEREOLÓGICOS 18
2.20 CALIDAD DE LOS MATERIALES A EMPLEARSE 18
2.21 PAQUETE ESTRUCTURAL PROPUESTO PARA EL AREA DE ESTACIONAMIENTO 20
2.22 CALCULO DEL NÚMERO ESTRUCTURAL PARA EL PAQUETE ESTRUCTURAL DEL AREA DEL ESTACIONAMIENTO Y ESTRUCTURAS RESULTANTES POR EL MÉTODO AASHTO 1993. 20
2.23 CÁLCULO DEL REFUERZO PARA VEINTE AÑOS DE VIDA ÚTIL 22

3 CONCLUSIONES GENERALES. 24

Ing. Carlos D. Latorre G.
Representante Legal

Ing. Derlys Carballar C.

DIMENSIONAMIENTO DEL PAQUETE ESTRUCTURAL PARA LA OBRA: LOTE No.5: SAN JOSE OBRERO – RUTA No.10.

1. DIMENSIONAMIENTO DE PAQUETE ESTRUCTURAL.

1.1 INTRODUCCIÓN

En este estudio se presenta el Dimensionamiento Estructural para el cambio de Paquete del Llamado MOPC N° 69/2019. Licitación Pública Nacional (LPN) - Obras de Caminos Vecinales con Pavimentacion Tipo Empedrado y Asfalto en los Departamentos de Cordillera, San Pedro y Guaira – Direccion de Caminos Vecinales - ID 365640 - Obra: Lote No.5 - San Jose Obrero - Ruta 10. (Longitud 7,53 km).

En este llamado se previo Pavimento Tipo Empedrado y con este estudio se dimensionamiento se pretende el cambio a Carpeta Asfaltica de 3,0 cm de espesor.

Para eso se utilizará el método de dimensionamiento AASHTO 1993, con el software correspondiente.

1.2 MÉTODO DE DISEÑO AASHTO 1993 PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES

1.2.1 INTRODUCCIÓN AL MÉTODO

Debe recordarse que el método AASHTO surgió en 1958 de una serie de tramos experimentales, denominados roads tests, realizados en una zona determinada de Estados Unidos de América (Ottawa, Illinois), con clima e hidrología específicos, pues se pretendía que fuesen representativos de los escenarios imperantes en la mayor parte del territorio de dicho país y con condiciones muy especiales de tránsito, por tratarse de pistas no libradas al uso público.

Esto lógicamente introduce una especial consideración para los especialistas que pretenden extrapolar sus conclusiones a otras regiones del planeta, ya que es indispensable que se tomen los debidos resguardos para adecuarlas a las particularidades de cada lugar.

Las recomendaciones de AASHTO son claras en tal sentido.

Por otra parte, la versión 1993 de este método, presenta mayor cantidad de variables con relación al antiguo Método AASHTO, usado intensivamente en nuestros países en las décadas del '70 y '80, que solo consideraba el Factor Regional además del tránsito.

La gran innovación de esta última versión es la introducción del concepto de Serviciabilidad en el diseño de pavimentos, entendida como una medida de la

Ing. Carlos D. Latorre G.
Representante Legal

Ing. Kelly Larballar C.

capacidad del pavimento para brindar una superficie lisa y suave al usuario. Este parámetro varía entre 0 para pavimento intransitable y 5 para pavimento perfecto.

Para el caso de pavimentos flexibles, los datos del Road Test daban relaciones empíricas entre el espesor del concreto asfáltico, magnitud de cargas, tipo de ejes, número de aplicaciones de cargas y pérdida de serviciabilidad para un pavimento en las condiciones del Road Test.

Aparece el concepto de Confiabilidad que permite al proyectista diseñar un pavimento con un nivel apropiado de riesgo. El factor de Confiabilidad de diseño R permite tener en cuenta variaciones tanto en la predicción del tránsito como en el comportamiento del pavimento.

Se introduce el Módulo Resiliente que reemplaza al CBR como dato de entrada. Esto permite una mejor definición de las propiedades resistentes de los suelos de subrasante y de los materiales de las distintas capas estructurales.

Las condiciones de drenaje están tenidas en cuenta con los Coeficientes de drenaje m_i, aplicados a capas no estabilizadas y que se fijan en función de la calidad del drenaje y del tiempo que la estructura está sometida a niveles de humedad próximos a la saturación.

También se prevé el Efecto de hinchamiento por suelos expansivos y por congelamiento.

Igual consideración merece la adopción de los valores de Aporte estructural de cada capa, en función a las modalidades constructivas, comportamiento y características específicas de los materiales empleados.

No obstante ello, debe destacarse que las nuevas variables introducidas Desvío estándar, Confiabilidad de diseño, Niveles de serviciabilidad y Coeficientes de drenaje--, requerirán del especialista un profundo conocimiento de la zona en cuestión y fundamentalmente del comportamiento de obras similares, para asegurar con ello que la extrapolación que se pretende, pueda ser exitosa en la determinación del número estructural SN requerido por el tránsito de diseño.

Por otra parte, es un hecho suficientemente comprobado que, si se llegaran a aplicar, para un determinado diseño, varios o aún todos los métodos disponibles, los resultados obtenidos no serían similares, más aún los espesores resultantes podrían tener valores con apreciables diferencias.

Esta circunstancia debe llevar al proyectista a reflexionar sobre la intangibilidad de cualquiera de los métodos adoptados, y sobre todo de la absoluta necesidad de un cabal conocimiento de la zona de implantación de la futura mejora, acompañada por una pormenorizada evaluación del comportamiento en servicio de obras similares en el lugar.

Ello precisamente es así ya que no debiera olvidarse que todos los métodos disponibles han sido desarrollados en lugares o países con climas e hidrologías específicas y no necesariamente iguales a los de Paraguay y, las más de las veces, con características de tránsito también disímiles.

Por lo expuesto, para la evaluación de la ruta sujeta a mejora, se hará especial hincapié en el comportamiento de rutas similares de la zona, fundamentalmente en aquéllas en las que se tuvo oportunidad de participar, tanto en la etapa de proyecto como en la de ejecución, y en las condiciones meteorológicas e hidrológicas imperantes en el lugar.

Esta importante consideración dará al especialista estructural, las pautas para adecuar el método de diseño adoptado a las reales condiciones de la zona.

Téngase en cuenta que el desconocimiento de tales condiciones por parte de un especialista, aún en el caso de aquéllos con sólido prestigio, podría llegar a tener una desfavorable incidencia en el comportamiento de la obra o en su costo de ejecución.

Ing. Carlos D. Latorre G.
Representante Legal

Ingª Deslys Carballar P.

109 - ciento nueve

1.3 PAQUETE ESTRUCTURAL PROPUESTO

Para el estudio del Paquete Estructural Propuesto para el Lote No.5: San José Obrero – Ruta No.10 fueron llevados en cuentas las recomendaciones de los estudios geotécnicos realizados en obra y en base a los datos realizados por la Consultora Tecnodinamica S.R.L. en su Memoria de Ingeniería referente al Estudio de Transito del tramo mencionado mas arriba.

El Paquete Estructural propuesto y mencionado para Lote No.5: San Jose Obrero – Ruta No.10 es lo siguiente:

<u>Para el Período de diseño: 10 años</u>

Carpeta Asfáltica de espesor 4 cm.

Riego de liga (0,5 Lts/m2).

Imprimación asfáltica con CM-30 (1,2 Lts/m2).

Base de Macadam Hidraulico, de espesor 15 cm.

Subbase de Macadam Hidraulico, de espesor 15 cm.

Terraplen con suelo seleccionado en su ultimo 20 cm, CBR > 20%.

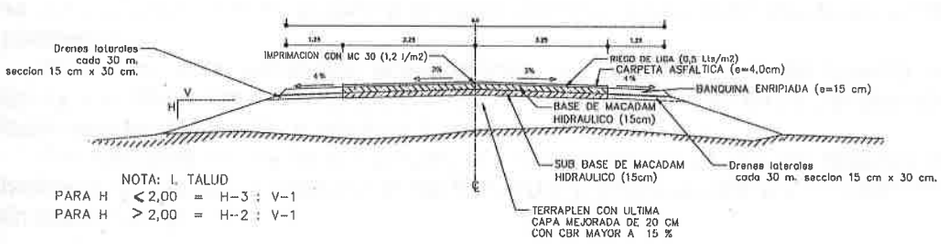
<u>Para el Período de diseño: 20 años</u>

Se prevé un refuerzo de 3 cm en la Carpeta Asfáltica quedando la misma en un espesor 7 cm.

1.3.1 PAVIMENTO TIPO PROPUESTO.

El Pavimento Tipo propuesto para Lote No.5: San Jose Obrero – Ruta No.10 es lo siguiente:

SECCION TRANSVERSAL TIPO



Ingt. Percy Caballero C

2 VARIABLES A CONSIDERAR EN EL MÉTODO AASHTO 1993

2.1 VARIABLES DE TIEMPO

Hay dos Variables de tiempo a tener en cuenta: período de análisis y vida útil del pavimento.

La vida útil es el lapso que media entre la construcción o rehabilitación del pavimento y el momento en que éste alcanza un grado de serviciabilidad mínimo.

El período de análisis es el tiempo total que cada estrategia de diseño debe cubrir. Puede ser igual que la vida útil, pero en casos en que se prevén reconstrucciones a lo largo del tiempo, el período de análisis comprende varios períodos de vida útil, el del pavimento original y los de los distintos refuerzos.

AASHTO recomienda los siguientes períodos de análisis:

TIPO DE CARRETERA:	PERÍODO DE DISEÑO
Urbana con altos volúmenes de tránsito.	30 - 50 años
Interurbana con altos volúmenes de tránsito.	20 - 50 años
Pavimentada con bajos volúmenes de tránsito.	15 - 25 años
Revestidas con bajos volúmenes de tránsito.	10 - 20 años

2.2 TRÁNSITO

AASHTO utiliza el número de repeticiones de ejes equivalentes de 18 kips (80 kN u 8,2 toneladas) denominados ESALs (*equivalent simple axial load* - carga axial simple equivalente).

La conversión de una determinada carga por eje a ESAL se hace a través de los LEF (*load equivalent factor*), en nuestro medio llamado factor equivalente de carga f_c.

En el Capítulo Tránsito de la versión 1993, AASHTO incorpora una serie de tablas con LEFs variando en función a la carga aplicada, la serviciabilidad final y el SN del pavimento.

Como ya fuera expresado anteriormente, las características del tránsito en Paraguay son diferentes a las consideradas por AASHTO, no solo en la composición vehicular sino también en lo referente a la magnitud de las cargas.

Por ello para el diseño estructural, en el proyecto se adopta los factores de equivalencia de cargas usuales en el MERCOSUR y preconizados por la AASTHO, según cuadro abajo:

Ing. Carlos D. Latorre G.
Representante Legal

Ing. Derlys Caballero C.

FACTORES DE EQUIVALENCIA DE CARGA				
Tipo de Eje	Cargas (tf)		FC- AASHTO	
	Con Sobrepeso	Sin Sobrepeso	Con Sobrepeso	Sin Sobrepeso
Simples (rueda simples)	6	3	0,3	0,02
Simples (rueda doble)	10,5	5	2,94	0,14
Tandem doble(rueda doble)	18	6	1,64	0,02
Tandem triple(rueda doble)	25,5	9	1,59	0,03

Se obtienen los TMDA que sirvieron para el cálculo del número estructural equivalente N8,2 Tn para 10 años y para 20 años, para este paquete estructural propuesto de acuerdo al transito que se tendrá en la traza del Tramo lote No.5: San Jose Obrero – Ruta No.10 que serán para vehiculos livianos e pesados según expresado en la Memoria de Ingieneria lo cual se califica el tramo como un tramo con bajo volumen de transito, que en el caso la estructura de pavimento podrá prescindir de la capa de sub-base.

El Número de Ejes Equivalentes (ESALs) para veiculos livianos y pesados utilizados para la verificación del dimensionamiento del Paquete Estructural del Tramo lote No.5: San Jose Obrero – Ruta No.10, son las siguientes:

Para 10 años = 720.000

Para 20 años = 1.820.000

2.3 CONFIABILIDAD

En todos los diseños la incertidumbre siempre ha sido tenida en cuenta a través del uso de coeficientes de seguridad, surgidos en base a la experiencia. Cuando mayores eran las incertidumbres, mayores eran los coeficientes de seguridad.

AASHTO ha introducido el concepto de Confiabilidad, que es en última instancia un coeficiente de seguridad, cuyo propósito es tener en cuenta la incertidumbre y variabilidad en el diseño, construcción y cargas.

Atento a ello, Confiabilidad es la probabilidad de que el sistema estructural que forma el pavimento cumpla su función prevista, dentro de la vida útil y bajo las condiciones ambientales que tienen lugar en ese lapso.

Así una Confiabilidad de 70 indica que hay un 30% de probabilidad que el pavimento comience a fallar antes de completar su período de diseño.

En cambio con una Confiabilidad de 90 existirá solo un 10% de probabilidad que el pavimento falle antes de su vida de diseño.

Por ello AASHTO advierte que "un nivel de confiabilidad alto implica un pavimento más costoso y por lo tanto mayores costos iniciales, pero también pasará más tiempo hasta que ese pavimento necesite una reparación y por ende los costos de mantenimiento serán menores. Por el contrario, un nivel de confiabilidad bajo da pavimentos más económicos, pero con un mayor costo de mantenimiento".

En tal sentido AASHTO considera que hay un nivel de confiabilidad óptimo, en el cual la suma de los costos iniciales y de mantenimiento da un mínimo. En el siguiente gráfico se representa la Confiabilidad vs. El Costo Total:

Ing. Carlos D. Latorre G.
Representante Legal

Ings. Derlys Carballar C.

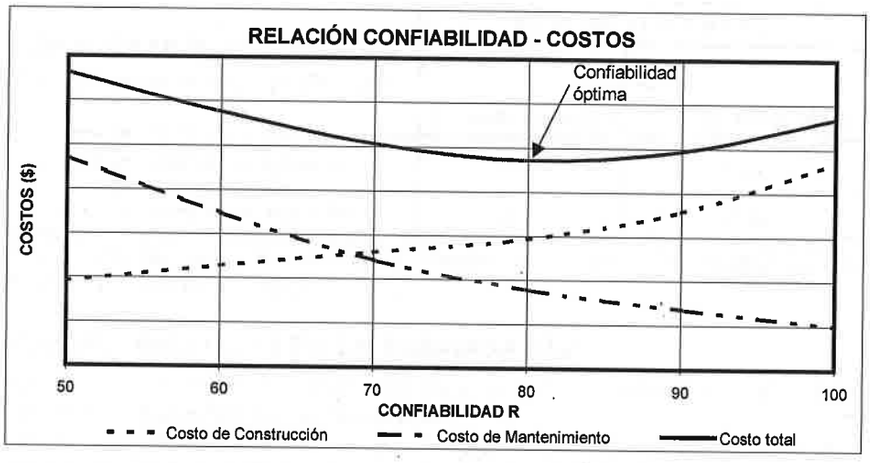


Figura 1. Relación Confiabilidad - Costo

El gráfico anterior es solo a título ilustrativo, ya que el trazado de las curvas de costo de ejecución y costo de mantenimiento dependerá de las características de cada lugar, y del criterio y experiencia del especialista vial.

Independientemente de estas consideraciones, AASHTO recomienda los siguientes niveles de confiabilidad:

* NIVELES DE CONFIABILIDAD	
CLASIFICACIÓN FUNCIONAL	NIVEL RECOMENDADO POR AASHTO PARA CARRETERAS
Carretera Interestatal o Autopista.	80 - 99.9
Red Principal o Federal.	75 - 95
Red Secundaria o Estatal.	75 - 95
Red Rural o Local.	50 - 80

Para una construcción por etapas, o sea, con vida útil menor al período de análisis, se deben componer las confiabilidades de cada etapa para tener la confiabilidad en todo el período de diseño. Para ello se utiliza la siguiente expresión:

$$R_{etapa} = (R_{total})^{1/n}$$

Donde n es el número de etapas previstas.

La confiabilidad utilizada para la verificación del dimensionamiento del Paquete Estructural del Tramo lote No.5: San Jose Obrero – Ruta No.10 es de 65%.

2.4 DESVÍO ESTÁNDAR

La Varianza $(SD)^2$ del comportamiento del pavimento y el Tránsito previsto para el período de diseño pueden ser estimados, para un caso de diseño en particular, si se dispone de suficiente información.

La tabla que se indica a continuación contiene valores de Desvío estándar, recomendados por AASHTO a partir de un análisis de Varianza que existía en el AASHO *Road Test*, y en base a predicciones futuras de tránsito:

Ing. Carlos D. Latorre G.
Representante Legal

Ing. Deslys Carballar C.

Variación en la predicción del comportamiento del pavimento	Desvío estándar (S_0)	
	Pavim. Rígidos	Pavim. Flexibles
Sin errores en el tránsito	0,34	0,44
Con errores en el tránsito	0,39	0,49

El desvio estándar utilizado en la verificación de este dimensionamiento del Paquete Estructural es de 0,49.

2.5 CARACTERÍSTICAS DE LA SUBRASANTE

En la década de 1940 el concepto de diseño de pavimentos estaba basado en las propiedades ingenieriles de la subrasante.

Estas propiedades eran la clasificación de suelos, resistencia al corte, susceptibilidad al hielo y drenaje.

Desde las postrimerías de la década del '50 se puso más énfasis en las propiedades fundamentales de la subrasante y se idearon ensayos para caracterizar mejor estos suelos.

De ello resultó que aquellos ensayos que utilizaban cargas estáticas o de baja velocidad de deformación, tales como el CBR y la compresión simple, fueran reemplazados por ensayos dinámicos y de repetición de cargas, como es el caso del Módulo Resiliente M_R, que representan mucho mejor lo que sucede bajo un pavimento en lo concerniente a tensiones y deformaciones.

Una rueda que se mueve imparte un pulso dinámico a todas las capas del pavimento y a la subrasante. Como respuesta a ese pulso dinámico, cada capa del pavimento sufre una deflexión. En un breve lapso, que depende de la velocidad del vehículo, el pulso de solicitación varía desde un valor muy bajo hasta un máximo.

El ensayo de Módulo Resiliente M_R sigue la normativa del AASHTO T 294-92 I y es no destructivo. Mediante un dispositivo especial se aplican cargas pulsantes, de distinta magnitud y duración, a muestras cilíndricas confinadas en una cámara triaxial la cual permite aplicarles una gran variedad de presiones de confinamiento.

En el nuevo método AASHTO (1986 y 1993), el Módulo Resiliente M_R reemplaza al CBR como variable para caracterizar la subrasante, la subbase y la base.

En este método deben utilizarse los valores medios resultantes de los ensayos de laboratorio, dado que las incertidumbres son tenidas en cuenta en la Confiabilidad R.

Cuando se considere factible que la subrasante pueda llegar a tener contenidos de humedad variables a lo largo del año, es necesario hacer un estudio de la variación del Módulo Resiliente M_R con la humedad, pudiéndose determinar luego el M_R medio de diseño.

Para los casos en que no se disponga de valores de M_R, AASHTO realizó su correlación con distintos ensayos como ser: Índice de grupo, CBR, etc., según puede apreciarse en la figura AASHTO 4.20.

Para el caso particular de suelos finos y bajo CBR, la ecuación 1.5.1 de la Guía AASHTO sugiere un M_R en libras por pulgada cuadrada (psi) igual a 1.500 veces el CBR.

En Ohio, por otra parte, se recomienda una relación M_R = 800 x CBR y en otros Estados Americanos se llega a un entorno ubicado entre 750 y 3.000 para el multiplicador del CBR.

Resulta evidente, por lo expuesto, lo aleatorio de la obtención del M_R partiendo del CBR.

Ing. Carlos D. Latorre G.
Representante Legal

Ing. Deriys Carballar C.

Por ello la correlación utilizada en este proyecto responde a un estudio realizado en el NCHRP Project 128 "*Evaluation of AASHO Interim Guide for Design of Pavements Structures*". Este estudio encontró que existe una relación no lineal entre el CBR y el M_R.

Los datos de tal estudio han sido volcados al software del método AASHTO, por lo que ingresando con el CBR de la subrasante surge directamente el correspondiente M_R.

A título de ejemplo en la tabla siguiente se indican los M_R, que surgen de la aplicación del software para tres CBR y los correspondientes factores de multiplicación.

CBR (%)	M_R (psi)	Factor
5	7.137	1.427
7	8.852	1.264
10	11.123	1.112

2.6 NIVELES DE SERVICIABILIDAD

Pérdida de serviciabilidad por tránsito ΔPSI_t

El concepto de Serviciabilidad del pavimento, introducido también por AASHTO, es la capacidad del pavimento para brindar un uso confortable y seguro a los usuarios y se define mediante el Índice de serviciabilidad presente ISP (Present Serviceability Index, PSI), que califica a los pavimentos entre 0 (muy pobre) y 5 (muy bueno).

En el diseño del pavimento el proyectista debe elegir la Serviciabilidad inicial y la final.

La inicial p_0 es función del diseño del pavimento y de la calidad de la construcción; la final o terminal p_t es función de la categoría del camino.

La Pérdida de serviciabilidad por tránsito ΔPSI_t será, por lo tanto, la diferencia entre p_0 y p_t.

AASHTO recomienda los siguientes valores:

Serviciabilidad inicial:

p_0 = 4,5 para pavimentos rígidos

p_0 = 4,2 para pavimentos flexibles

Serviciabilidad final:

p_t = 2,5 o más para caminos muy importantes

p_t = 2,0 para caminos de medio o menor tránsito

Pérdida de serviciabilidad debida a hinchamiento de suelos arcillosos ΔPSI_{SW}

Las arcillas son suelos susceptibles de sufrir hinchamiento, pero no todas son expansivas.

Se puede decir que las arcillas expansivas son aquéllas que tienen un Límite Líquido (LL) mayor que 50%, y, en general, una relación LL/IP menor que 2,5 aproximadamente; es decir, son los suelos A 7-6 de la clasificación AASHTO.

Ing. Carlos D. Latorre G.
Representante Legal

Ing. Deriys Carballar C.

Para determinar la Pérdida de serviciabilidad por hinchamiento de la subrasante se deben conocer: Constante de hinchamiento (θ), Levantamiento potencial vertical (V_R) y Probabilidad de hinchamiento (P_s).

La Constante de hinchamiento (θ), que puede variar entre 0,04 y 0,20, es un factor usado para estimar la velocidad en que se producirá la expansión de la subrasante.

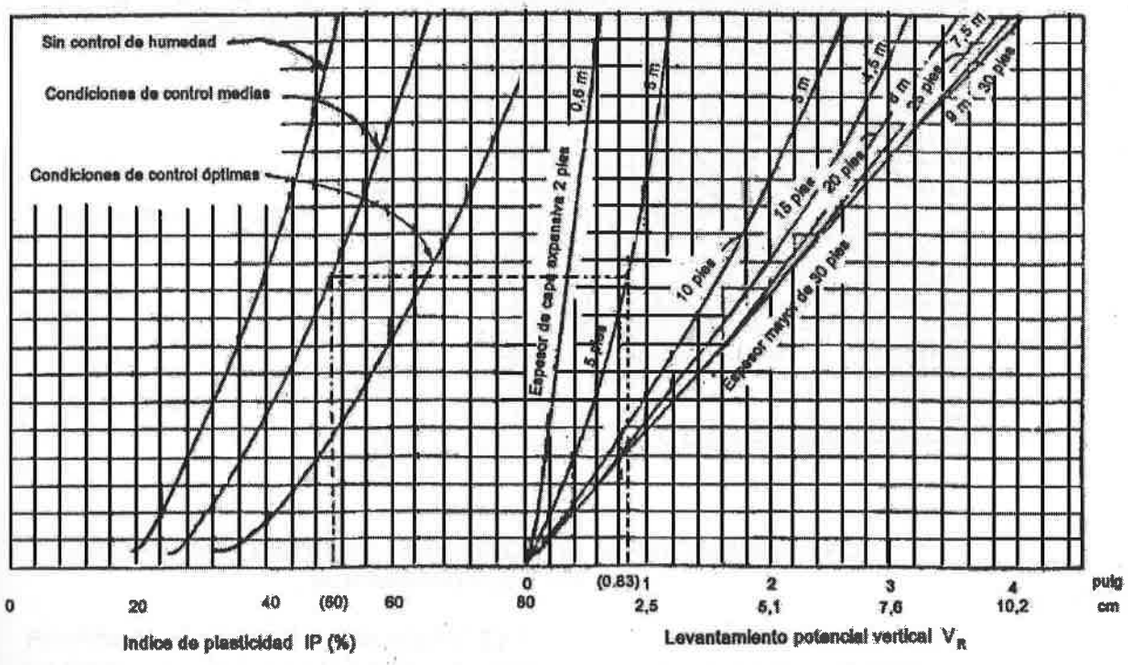
Se usan valores altos de θ cuando el suelo está expuesto a aportes importantes de humedad, debido a fuertes lluvias, drenaje insuficiente, etc. Se usan valores bajos cuando es muy difícil el ingreso de humedad a la subrasante.

La AASHTO contiene gráfico para determinar θ considerando el aporte de humedad y el estado de la subrasante (variando entre fracturada y cerrada).

El Levantamiento potencial vertical V_R representa la expansión vertical que puede sufrir la subrasante bajo condiciones extremas alta plasticidad de las arcillas y gran aporte de humedad--.

El valor de V_R se puede obtener mediante ensayos de laboratorio, por procedimientos empíricos, o aplicando la experiencia del proyectista.

No obstante se desarrolla el tipo de ábaco que se utiliza de manera en caso de que en la etapa de DFI tengamos presencia de material arcilloso con alto IP.



DETERMINACIÓN DEL LEVANTAMIENTO POTENCIAL VERTICAL V_R

La probabilidad de hinchamiento (P_s) para un determinado proyecto se expresa como el porcentaje de su longitud expuesta a la expansión por arcillas.

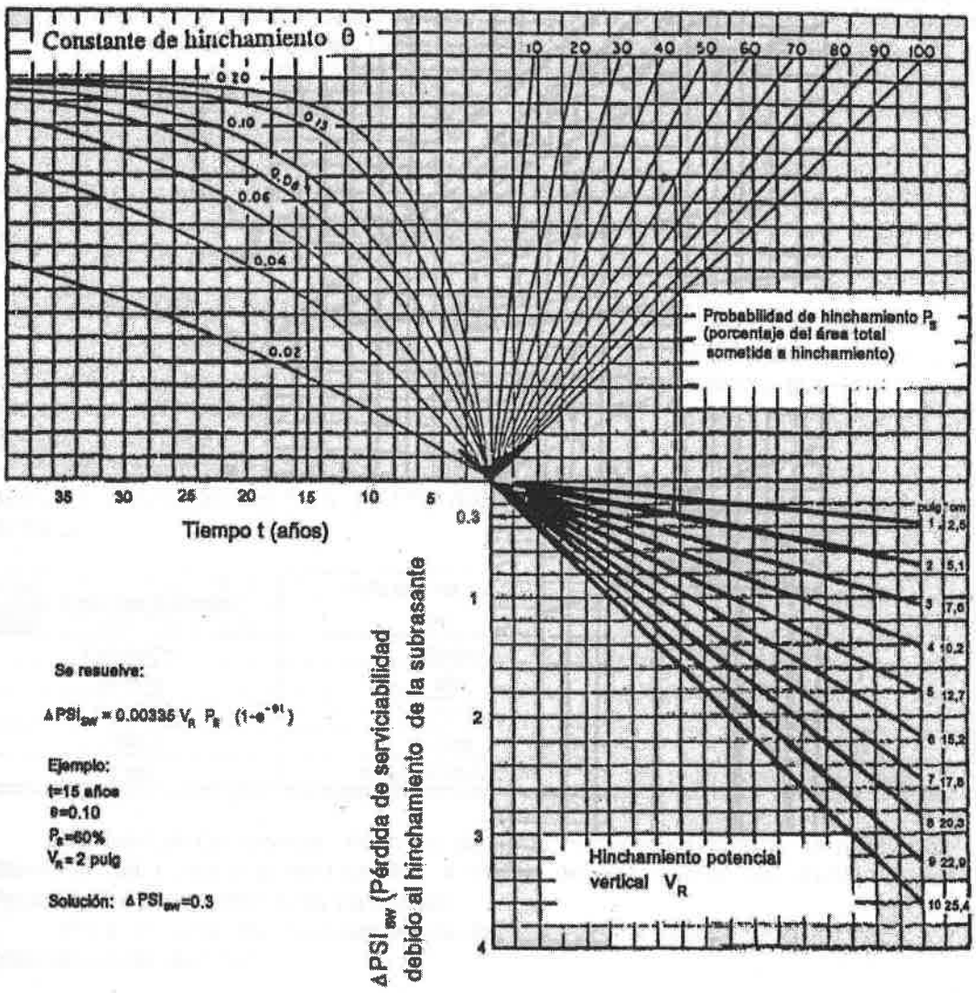
En una zona puntual existirá 100% de posibilidad de hinchamiento si el IP es mayor de 30% y el espesor de la capa expansiva es mayor de 60 cm, o si el V_R es mayor de 0,5 cm.

La Pérdida de serviciabilidad por existencia de subrasante expansiva (ΔPSI_{SW}) se puede obtener con el ábaco de AASHTO entrando con el período de análisis para

Ing. Carlos D. Latorre G.
Representante Legal

Ingª Deriys Barballar C.

la obra, la constante de hinchamiento θ, la probabilidad de hinchamiento P_S y el levantamiento potencial vertical V_R.



ÁBACO PARA OBTENER LA PÉRDIDA DE SERVICIABILIDAD POR SUBRASANTE EXPANSIVA

Pérdida de serviciabilidad de diseño □PSI

La Pérdida de serviciabilidad de diseño ΔPSI se obtiene restándole a la pérdida de serviciabilidad por tránsito ΔPSI_t, la pérdida de serviciabilidad debida a hinchamiento de suelos arcillosos ΔPSI_{SW}. O sea:

$$\Delta PSI = \Delta PSI_t - \Delta PSI_{SW}$$

Atento a que en el software empleado, se deben ingresar las Serviciabilidad inicial y final, la pérdida de serviciabilidad debida a hinchamiento de suelos arcillosos debe ser sumada a la Serviciabilidad final por tránsito.

Ing. Carlos D. Latorre G.
Representante Legal

Ings. Deriys Carballar P.

2.7 MATERIALES PARA EL PAVIMENTO

En el AASHTO 1986 y 1993 se ha introducido el uso de Módulos Elásticos para caracterizar los materiales, es decir que los coeficientes estructurales o de capa a_i a partir de esta última versión dejan de tener un valor fijo, para variar en función de sus módulos, estabilidades Marshall, CBR, resistencias a la compresión simple, etc.

En el Método AASHTO 93 se incluyen ábacos para la determinación de los coeficientes estructurales para concretos asfálticos, tratamientos superficiales, bases y subbases en función de las mencionadas variables.

Atento al profundo conocimiento que se tiene de los materiales de la zona, estos ábacos suelen no ser utilizados, ya que se aplican los coeficientes estructurales avalados por la experiencia y admitidos en forma generalizada por los organismos viales de nuestra zona.

2.8 INCIDENCIA DEL DRENAJE EN EL AASHTO 1993

Es bien conocido que un buen drenaje aumenta la capacidad portante de la subrasante y de las capas de base y subbase (el módulo resiliente aumenta cuando baja el contenido de humedad), mejorando la calidad del camino y permitiendo el uso de capas más delgadas.

En función de los tiempos requeridos para drenar la capa de base hasta un grado de saturación del 50% y 85%, AASHTO define las siguientes calidades de drenaje:

Calidad de drenaje	50% de saturación en:	85% de saturación en:
Excelente	2 horas	2 horas
Buena	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

La calidad de drenaje, determinada de la manera explicitada, se refleja en la obtención del número estructural SN a través de coeficientes de drenaje m_i que afectan solamente a las capas no ligadas.

Para el caso de pavimentos flexibles AASHTO recomienda los siguientes Coeficientes de drenaje:

Calidad de drenaje	Porcentaje de tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación			
	< 1%	1 a 5%	5 a 25%	> 25%
Excelente	1,40 a 1,35	1,35 a 1,30	1,30 a 1,20	1,2
Buena	1,35 a 1,25	1,25 a 1,15	1,15 a 1,00	1
Regular	1,25 a 1,15	1,15 a 1,05	1,00 a 0,80	0,8
Pobre	1,15 a 1,05	1,05 a 0,80	0,80 a 0,60	0,6
Muy pobre	1,05 a 0,95	0,95 a 0,75	0,75 a 0,40	0,4

Ing. Carlos D. Latorre G.
Representante Legal

Ing. Deriks Carballar C.

2.9 DISEÑO ESTRUCTURAL

2.10 PERÍODO DE ANÁLISIS Y VIDA ÚTIL

De acuerdo el método de dimensionamiento AASHTO 1993, el pavimento fue diseñado para una vida útil de 20 años.

2.11 TRÁNSITO Y CÁLCULOS DE EJES EQUIVALENTES DE 8.2 TN

Desarrollo de la aplicación de la metodología AASHTO con referencia a los factores de equivalencia de carga.

CALCULO DE LEF(FEC): METODO AASHTO para pavimentos flexibles:

$$W = \frac{W_X}{W_{18}} = \left[\frac{L_{18} + L_{2S}}{L_X + L_{2X}}\right]^{4.79} \left[\frac{10^{G/\beta_X}}{10^{G/\beta_{18}}}\right] \left[L_{2X}\right]^{4.33}$$

W: Inversa del factor equivalente, = 1/LEF
Lx: eje de carga a ser evaluado (kips)
L18: carga equivalente estándar, 18 kips
L2s: código para eje estándar: 1 (para eje simple), 2 (eje doble), 3: (eje triple)
L2x: código de configuración de eje evaluado

$$Log\left(\frac{1}{FEC}\right) = 4{,}79 \cdot Log(18+1) - 4{,}79 \cdot Log(Lx + L2) + 4{,}33 \cdot Log(L2) + \frac{Gt}{\beta x} - \frac{Gt}{\beta_{18}}$$

$$Gt = Log\left(\frac{4{,}2 - Pt}{4{,}2 - 1{,}5}\right)$$

$$\beta x = 0{,}40 + \frac{0{,}081 \cdot (Lx + L2)^{3{,}23}}{(SN+1)^{5{,}19} \cdot L2^{3{,}23}}$$

G: función de la relación entre la pérdida de serviciabilidad en el tiempo, t, y la pérdida potencial tomada en el punto donde ρt = 1.5

β: función que determina la relación entre la serviciabilidad y las aplicaciones de carga.

Como fuera expresado anteriormente para este diseño se adoptó los factores de equivalencia de cargas usuales en nuestro país y el MERCOSUR y preconizados por la AASTHO, según cuadro abajo:

Ing. Carlos D. Latorre G.
Representante Legal

Ings. Perlys Carballar C.

Artículo 2°.- Los límites de peso con los cuales circular los camiones y ómnibus por los caminos de la red vial nacional pavimentada, son como sigue:

EJE	RODADO	LIMITE (t)
Simple	Simple	6
Simple	Doble	10.5
Doble	Simple	10
Doble	Doble y Simple	14
Doble	Doble	18
Triple	Doble y Simple	21
Triple	Doble	25.5*

TOLERANCIAS:

1.- Vehículos simples
KGS.

1. Ómnibus y camiones 500

a) En un solo eje o conjunto de ejes 500

2. Unidad tractora y Semirremolque, Camión, Tractor y acoplado.

a) En un solo eje.

c) La suma de todos los ejes componentes de la Formación 1000

FACTORES DE EQUIVALENCIA DE CARGA

Tipo de Eje	Cargas (tf)		FC AASHTO	
	Con Sobrepeso	Sin Sobrepeso	Con Sobrepeso	Sin Sobrepeso
Simples (rueda simples)	6	3	0,3	0,02
Simples (rueda doble)	10,5	5	2,94	0,14
Tandem doble(rueda doble)	18	6	1,64	0,02
Tandem triple(rueda doble)	25,5	9	1,59	0,03

La composición de peso para los camiones a su vez se subdividió en 60% vehículos con sobrepeso e 40% sin sobrepeso.

Considerando los datos de conteo de tránsito realizado en el proyecto original, los factores de equivalencia de cargas y la composición de carga para los vehículos fue calculado el Factor de Equivalencia de Eje, según cuadro abajo, cuyo valor resultante es **FV=2,89.**

Ing. Carlos D. Latorre G.
Representante Legal

Ing. Deslys Carballar C.

AASHTO 93- FACTOR DE VEHICULO MEDIO

Clasificación Vehicular		Nº de Ejes				TMDA	% de Vehículos Pesados	Factores de Vehículos - AASHTO			
								Individual		Total	
Clase	Tipo	Simples (rueda simples)	Simples (rueda doble)	Tandem doble(rueda doble)	Tandem triple(rueda doble)			Con Sobrepes	Sin Sobrepes	Con Sobrepes	Sin Sobrepes
1.1	20	1	1			37	51%	3,24	0,16	1,64	0,08
1.2	31	1		1		6	8%	1,94	0,04	0,16	0
1.1.1.2	51	1	2	1		16	22%	7,82	0,32	1,71	0,07
1.1.3	42	1	1		1	4	5%	4,83	0,19	0,26	0,01
1.2.2	53	1		4		10	14%	6,86	0,04	0,94	0,01
Total						73	100%			4,71	0,17
60 % Vehiculos con sobrepeso y 40 % sin sobrepeso								FV=	2,89		

DENOMINACIÓN	TIPOS	CAMIONES	EJES	TON
CAMIÓN	20		1.1.	16.5
CAMION TRACTOR Y SEMIACOPLADO	30		1.1.1. SDD	27
CAMION	31		1.2 SD	24
CAMION	34		2.1 SD	20.5
CAMION Y ACOPLADO	40		1.1.1.1. SDDD	37.5
CAMION TRACTOR Y SEMIACOPLADO	41		1.1.2 SDD	34.5
CAMION TRACTOR Y SEMIACOPLADO	42		1.2.1 SDD	34.5
CAMION	45		2.2 SD	28
CAMION	47		1.3 SD	31.5
CAMION TRACTOR Y SEMIACOPLADO	51		1.1.1.2. SDDD	45
CAMION TRACTOR Y SEMIACOPLADO	52		1.2.1.1 SDDD	45
CAMION TRACTOR Y SEMIACOPLADO	53		1.2.2 SDD	42
CAMION Y ACOPLADO	54		2.1.1.1 SDDD	41.5
CAMION TRACTOR Y SEMIACOPLADO	57		1.1.3. SDD	42

Para la tasa de crecimiento fueron adoptados en base a los datos que actualmente se tiene de este tramo llevando en consideración el excesivo aumento de traficos pesados circulante en la misma.

Ing. Carlos D. Latorre G.
Representante Legal

Ing. Deslys Carballar C.

Se presenta a continuación el cuadro base de datos:

Liv. 3,15 %

Bus: 2,23%

Camiones (los primeros 10 años): 5,5%

Camiones (resto de los años): 3%

2.12 CONFIABILIDAD

Los valores de confiabilidad recomendados por AASHTO para distintos tipos de rutas fueron indicados mas arriba. En el presente caso este dimensionamiento del Tramo lote No.5: San Jose Obrero – Ruta No.10 fue considerada como red secundaria o Estatal, por lo que la Confiabilidad debe ubicarse, de acuerdo a tal recomendación, entre 55 % y 75 %, **lo cual fue adoptádo un valor R = 65 % para este cálculo de verificación del dimensionamiento del Paquete Estructural.**

2.13 DESVÍO ESTÁNDAR

La AASHTO recomienda valores de Desvío estándar para pavimentos rígidos y flexibles, y en función de la confianza que merezca la evolución del tránsito en el período de servicio.

Dada la particularidad de la ruta en estudio, se considera que la "variación en la predicción del comportamiento del pavimento" tendrá errores en el tránsito, por ello el desvío estándar S_0 fue adoptado igual a **0,49.**

2.14 CARACTERÍSTICAS DE LA SUBRASANTE Y DEL TERRAPLÉN

De acuerdo a los ensayos de los estudios geotécnicos realizados,el CBR de los suelos existentes para el tramo lote No.5: San Jose Obrero – Ruta No. es de 10%, lo cual para esta verificación del dimensionamiento del Paquete Estructural hemos considerado el **CBR = 10%.**

2.15 NIVELES DE SERVICIABILIDAD. PÉRDIDA DE SERVICIABILIDAD POR TRÁNSITO □PSIT

De acuerdo a lo indicado la Pérdida de serviciabilidad por tránsito ΔPSIt, y siguiendo la recomendación de AASHTO, se adopta para verificación del dimensionamiento del Paquete Estructural Propuesto,una **serviciabilidad inicial p0 de 4,2** correspondiente a pavimentos flexibles, y **una final pt de 2,0** indicada para caminos de menor tránsito, por lo que la pérdida a considerar será:

$$\Delta PSI_t = p_0 - p_t = 4,2 - 2,0 = 2,2$$

Es oportuno destacar que para utilizar el software del método, se requiere introducir solamente los valores p_0 y p_t.

Ing. Carlos D. Latorre G.
Representante Legal

Ing. Deslys Carballar T.

Asimismo, al valor de serviciabilidad final por tránsito p_t se le debe sumar la pérdida adicional de serviciabilidad debido a hinchamiento de suelos arcillosos, según se indica en el punto siguiente.

2.16 PÉRDIDA ADICIONAL DE SERVICIABILIDAD DEBIDO A HINCHAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS ΔPSISW

Como fuera expresado más arriba, la *Pérdida de serviciabilidad debida a hinchamiento de suelos arcillosos* ΔPSI_{SW}, esta pérdida se determina partiendo de: Constante de hinchamiento (θ), Levantamiento potencial vertical (V_R) y Probabilidad de hinchamiento (P_s).

Previo a la determinación de la Constante de hinchamiento (θ), es conveniente verificar primero si el Levantamiento potencial vertical (V_R) puede llegar a tener valores que signifiquen un riesgo de expansión del pavimento en servicio.

Por la misma razón en ÁBACO para obtener la perdida de Serviciabilidad por Subrasante Expansiva, resultará nula la pérdida de serviciabilidad debido a hinchamiento de suelos arcillosos ΔPSISW.

2.17 CÁLCULO DE LA PÉRDIDA DE SERVICIABILIDAD DE DISEÑO □PSI

La pérdida de serviciabilidad de diseño se obtiene de la siguiente manera:

$$\Delta PSI = \Delta PSI_t - \Delta PSI_{SW}$$

Se indicaba también en dicho punto que, atento a que el software del método empleado requiere el ingreso de la Serviciabilidad Inicial y Final, la pérdida de serviciabilidad debida a hinchamiento de suelos arcillosos debe ser sumada a la serviciabilidad final por tránsito.

Conforme fuera indicado en el punto anterior, el ΔPSI_{SW} es nulo, por lo que los valores de serviciabilidad inicial y final utilizados para la verificación del dimensionamiento del Paquete Estructural Propuesto, son las siguientes valores:

VIDA ÚTIL	10 años	20 años
Serviciabilidad Inicial p_0	**4,20**	**4,20**
Serviciabilidad Final por tránsito	**2,00**	**2,00**

2.18 DETERMINACIÓN DEL NÚMERO ESTRUCTURAL DE DISEÑO SN

Se han definido todas las variables para la determinación del Número Estructural SN, considerando las vidas útiles de 10 y 20 años.

Para el cálculo son necesarias las determinaciones de los datos referentes a las capas de Subrasante, Subbase de Macadam, Base de Macadam y Carpeta Asfáltica

Ing. Carlos D. Latorre G.
Representante Legal

Ing. Deolys Carballar

2.19 FACTORES HIDROMETEREOLÓGICOS

Considerando el uso de materiales granulares limpios para la capa de Base de Macadam y Sub base de Macadam y en función a la duración de la temporada de lluvias, el factor de drenaje adoptado para la Base de Macadam es de m = 1.1, y para la Sub base de Macadam es de m = 1.0.

2.20 CALIDAD DE LOS MATERIALES A EMPLEARSE

Para la verificación del dimensionamiento del Paquete Estructural se considera el uso de los siguientes materiales a continuación:

- Concreto Asfáltico en Caliente (superficie de rodadura):
  - a_1 = 0.44 **(ver Figura 1)**
- Base de Macadam Hidraulico CBR ≥ 100 % :
  - a2 = 0.11 **(ver Figura 2)**
  - Coeficiente de drenaje: m2 = 1.10 (excelente) para un tiempo de exposición a la humedad de la capa entre 5 y 25% y un módulo de resiliencia igual a 30 ksi.
- Sub base de Macadam Hidraulico CBR ≥ 40 %
  - a3 = 0.10 **(ver Figura 2)**
  - Coeficiente de drenaje: m3 = 1.00 (muy bueno) por considerarse una capa con poca permeabilidad.

Para la determinación de los coeficientes estructurales se utilizó las figuras correspondientes de la metodología AASHTO presentadas adelante:

FIGURA 1

Chart for estimating structural layer coefficient of dense graded asphalt mixes based on the elastic (resilient) modulus

Ing. Carlos D. Latorre G.
Representante Legal

Ings. Derlys Caballar C.

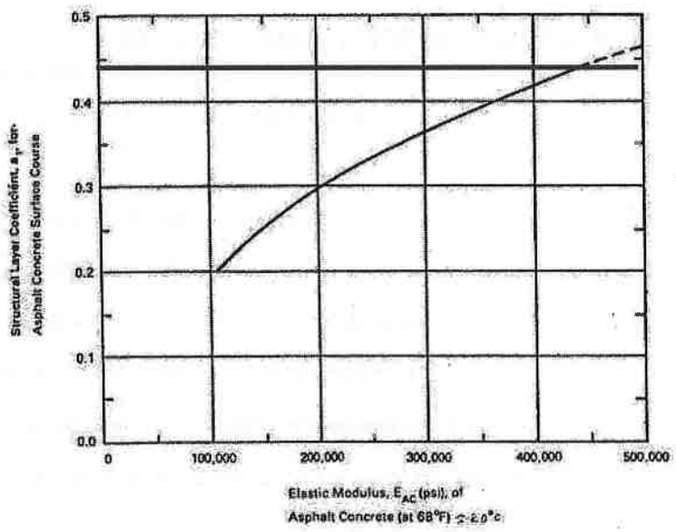
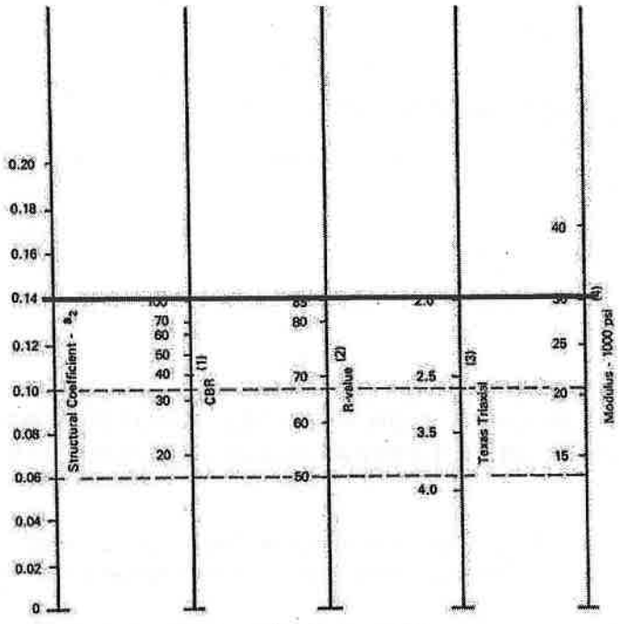


FIGURA 2

Variation in Granular Base Layer (a2) with Various Base Strength Parameters (3)



(1) Scale derived by averaging correlations obtained from Illinois.
(2) Scale derived by averaging correlations obtained from California, New Mexico and Wyoming.
(3) Scale derived by averaging correlations obtained from Texas.
(4) Scale derived on NCHRP project *(3)*.

Fuente: AASHTO

Ing. Carlos O. Latorre G.
Representante Legal

Inga Deylys Carballar C.

2.21 PAQUETE ESTRUCTURAL PROPUESTO PARA LOTE Nº.5: SAN JOSE OBRERO – RUTA NO.10.

El paquete estructural propuesto para la pavimentación del Tramo lote No.5: San Jose Obrero – Ruta No.10 es:

Carpeta Asfáltica de espesor 4 cm.

Riego de liga (0,5 Lts/m2).

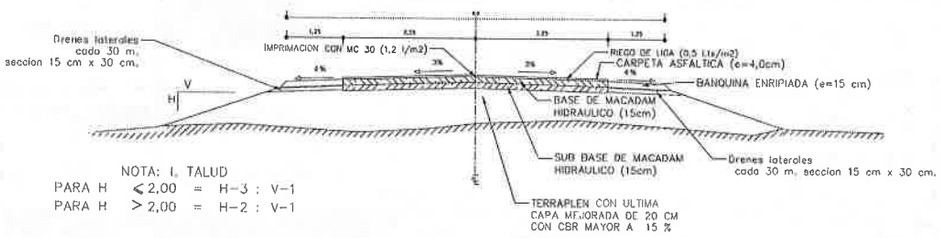
Imprimación asfáltica con CM-30 (1,2 Lts/m2).

Base de Macadam Hidraulico, de espesor 15 cm.

Subbase de Macadam Hidraulico, de espesor 15 cm.

Terraplen con suelo seleccionado en su último 20 cm, CBR > 20%.

SECCION TRANSVERSAL TIPO



2.22 CALCULO DEL NÚMERO ESTRUCTURAL PARA EL PAQUETE ESTRUCTURAL DEL LOTE NO.5: SAN JOSE OBRERO – RUTA Nº.10, ESTRUCTURAS RESULTANTES POR EL MÉTODO AASHTO 1993.

Definidos los coeficientes estructurales y de drenaje mencionados en este Informe, el correspondiente Número Estructural (SN) surge de la siguiente ecuación:

$$SN = \Sigma\ e\ .\ ai\ .\ mi$$

Siendo (e) el espesor de cada capa considerada, y (ai) y (mi) sus respectivos coeficientes de aporte estructural y de drenaje.

Se realizó el cálculo del SN para las distintas vidas útiles.

En consecuencia y de acuerdo a los SN determinados aplicando el software, al Paquete Estructural Propuesto en este Informe resultan:

Ingº Pedro Carballar C.

PAVIMENTO FLEXIBLE PROPUESTO DEL LOTE No.5: SAN JOSE OBRERO – RUTA Nº.10.

Para el Periodo de 10 años

VERIFICACION AASHTO 93 DISEÑO MODIFICADO (valores ai)

ALTERNATIVA - CONCRETO ASFALTICO FLEXIBLE

Tramo con bajo volumen de transito,la estructura de pavimento podrá prescindir de la capa de sub-base.

						R	zr
CBR suelo	10,00	R	65,0%			90	1,285
Zr	0,385	Zr*So	0,169541			85	1,035
So	0,44	SN+1	4,748197			80	0,841
Pi	4,20	ΔPSI	-0,037468	Mr		75	0,674
Pf	2,00	log(Mr) ...	1,3	76,83		70	0,525
EE (diseño)	720.000					65	0,385
		W18	721.739			60	0,253
SNr(Sugerido)	6,04		720.000			55	0,125
						50	0,000

			CAPAS	ESPESOR	ai	mi	SN
SNr	6,04	OK					
SN necesario	2,38	1/cm	ASF.1	4,0	0,44		1,76
			ASF.2		0,41		0,00
"So" Con error de Tránsito			ASF.3		0,33		0,00
Hormigón	0,39		GRA.4	15,0	0,11	1,10	1,82
Asfalto	0,49		GRA.5	15,0	0,10	1,00	1,50
"So" Sin error de Tránsito			GRA.6	20,0	0,095	1,00	1,90
Hormigón	0,34			54		TOTAL	6,98
Asfalto	0,44			SN Proyecto		2,75	OK

De acuerdo al cálculo del numero estructural para el Paquete Estructural del lote No.5: San Jose Obrero – Ruta No.10 resulta que el numero estructural necesario es de 2,38 y el numero estructural previsto para su dimensionamiento es de 2,75 por lo tanto verifica para los coeficientes estructurales y ejes equivalentes definidos más arriba, de manera que el paquete estructural inicialmente previsto verifica con el dimensionamiento de la AASTHO 1993.

Ingº Pedro Barballar C.

Memoria de Cálculo: Diseño Pavimento Asfáltico
Método AASHTO-93

ALTERNATIVA - CONCRETO ASFALTICO FLEXIBLE

Periodo de diseño: 10 años

Datos de Diseño:

1.	Tránsito: EE acumulados a 10 años	720.000	
2.	Suelo de Fundación: CBR	10,0	%

Datos de Proyecto:

3.	Nivel de Confiabilidad (R)	65,0%	%
4.	Desviación Normal (So)	0,44	
5.	Indice de Serviciabilidad Inicial (pi)	4,20	
6.	Indice de Serviciabilidad Final (pf)	2,00	

Cálculo Parámetros Fórmula AASHTO-93:

7.	Variación Indice de Serviciabilidad (DPSI)	2,2	
8.	Módulo Resiliente Subrasante (Mr)	76,8	MPa
9.	Coeficiente de Confiabilidad	0,385	

10. Cálculo del Número Estructural Requerido:

NE Requerido para estructura	6,04	cm.
NE Requerido para carpeta asfáltica	---	cm.

11. Diseño Estructura de Pavimento:

11.1 Coeficiente Estructural:	ai	mi
Capa 1: Mezcla Asfáltica en Caliente. Estabilidad Marshall 8.000 N	0,44	
Capa 2: Mezcla Asfáltica en Caliente. Estabilidad Marshall 8.000 N	0,41	
Capa 3: Mezcla Asfáltica en Caliente. Estabilidad Marshall 6.000 N	0,33	
Capa 4: Base de Macadam Hidraulico (e= 15 cm)	0,11	1,10
Capa 5: Sub base de Macadam Hidraulico (e= 15 cm)	0,10	1,00
Capa 6: Terraplen con suelo seleccionado en los ultimos 20 cm, CBR ≥ 40%	0,095	1,00

11.2 Diseño de Espesores:	Espesor (cm)	ai	mi	NEi (cm)	
Capa 1	4,0	0,44		1,76	
Capa 2	0,0	0,41		0,00	
Capa 3	0,0	0,33		0,00	
Capa 4	15,0	0,11	1,10	1,82	
Capa 5	15,0	0,10	1,00	1,50	
Capa 6	20,0	0,10	1,00	1,90	
	34,0	Numero Estructural		6,98	OK
		SN		2,75	1/cm

2.23 CÁLCULO DEL REFUERZO PARA VEINTE AÑOS DE VIDA ÚTIL

Considerando un mantenimiento racional del área en servicio y el cumplimiento fiel de las proyecciones del tránsito y fundamentalmente de la magnitud de las cargas aplicadas, se hará una estimación de la vida remanente del pavimento, luego de los diez años de vida útil considerados en el diseño.

Ingr. Perlyn Carballar (

Para ello es necesario fijar el aporte estructural remanente de cada capa del firme en servicio. Es decir que, al cabo de diez años de servicio, y siempre que se cumpla la hipótesis asumida, será necesario realizar un refuerzo **de 3,0 (tres) centímetros** de concreto asfáltico.

Para el Periodo de 20 años

VERIFICACION AASHTO 93 DISEÑO MODIFICADO (valores ai)

ALTERNATIVA - CONCRETO ASFALTICO FLEXIBLE

Tramo con bajo volumen de transito,la estructura de pavimento podrá prescindir de la capa de sub-base.

						R	zr
CBR suelo	10,00	R	65,0%			90	1,285
Zr	0,385	Zr*So	0,169541			85	1,035
So	0,44	SN+1	5,170798			80	0,841
Pi	4,20	ΔPSI	-0,057354	Mr		75	0,674
Pf	2,00	log(Mr) ...	1,3	76,83		70	0,525
EE (diseño)	1.820.000					65	0,385
		W18	1.824.294			60	0,253
SNr(Sugerido)	6,98		1.820.000			55	0,125
						50	0,000

SNr	6,98	OK	CAPAS	ESPESOR	ai	mi	SN
SN necesario	2,75	1/cm	ASF.1	7,0	0,44		3,08
			ASF.2		0,41		0,00
"So" Con error de Tránsito			ASF.3		0,33		0,00
Hormigón	0,39		GRA.4	15,0	0,11	1,10	1,82
Asfalto	0,49		GRA.5	15,0	0,10	1,00	1,50
"So" Sin error de Tránsito			GRA.6	20,0	0,095	1,00	1,90
Hormigón	0,34			57		TOTAL	8,30
Asfalto	0,44			SN Proyecto		3,27	OK

Ingr. Dorlan Carballar C

Memoria de Cálculo: Diseño Pavimento Asfáltico
Método AASHTO-93

ALTERNATIVA - CONCRETO ASFALTICO FLEXIBLE

Periodo de diseño: 20 años

Datos de Diseño:

1.	Tránsito: EE acumulados a 20 años	1.820.000	
2.	Suelo de Fundación: CBR	10,0	%

Datos de Proyecto:

3.	Nivel de Confiabilidad (R)	65,0%	%
4.	Desviación Normal (So)	0,44	
5.	Indice de Serviciabilidad Inicial (pi)	4,20	
6.	Indice de Serviciabilidad Final (pf)	2,00	

Cálculo Parámetros Fórmula AASHTO-93:

7.	Variación Indice de Serviciabilidad (DPSI)	2,2	
8.	Módulo Resiliente Subrasante (Mr)	76,8	MPa
9.	Coeficiente de Confiabilidad	0,385	

10. Cálculo del Número Estructural Requerido:

NE Requerido para estructura	**6,98**	cm.
NE Requerido para carpeta asfáltica	---	cm.

11. Diseño Estructura de Pavimento:

11.1 Coeficiente Estructural:	ai	mi
Capa 1: Mezcla Asfáltica en Caliente. Estabilidad Marshall 8.000 N	0,44	
Capa 2: Mezcla Asfáltica en Caliente. Estabilidad Marshall 8.000 N	0,41	
Capa 3: Mezcla Asfáltica en Caliente. Estabilidad Marshall 6.000 N	0,33	
Capa 4: Base de Macadam Hidraulico (e= 15 cm)	0,11	1,10
Capa 5: Sub base de Macadam Hidraulico (e= 15 cm)	0,10	1,00
Capa 6: Terraplen con suelo seleccionado en los ultimos 20 cm, CBR ≥ 40%	0,095	1,00

11.2 Diseño de Espesores:	Espesor (cm)	ai	mi	NEi (cm)	
Capa 1	**7,0**	0,44		3,08	
Capa 2	**0,0**	0,41		0,00	
Capa 3	**0,0**	0,33		0,00	
Capa 4	**15,0**	0,11	1,10	1,82	
Capa 5	**15,0**	0,10	1,00	1,50	
Capa 6	**20,0**	0,10	1,00	1,90	
	37,0	**Numero Estructural**		**8,30**	**OK**
		SN		**3,27**	**1/cm**

3 CONCLUSIONES GENERALES.

Visto que, utilizando los coeficientes estructurales y los ejes equivalentes mencionados, definidos en este informe para el dimensionamiento del Paquete Estructural del Lote No.5: San Jose Obrero – Ruta No.10 se concluye que el Paquete Estructural propuesto <u>verifica el dimensionamiento por el método de la AASTHO 1993</u>.

Por lo tanto, la Propuesta presentada, cumple con el dimensionamiento Estructural por el Método de la AASHTO-93 de manera que es la más viable y recomendada para su ejecución.

Ingr. Pablo Carballar