



Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales



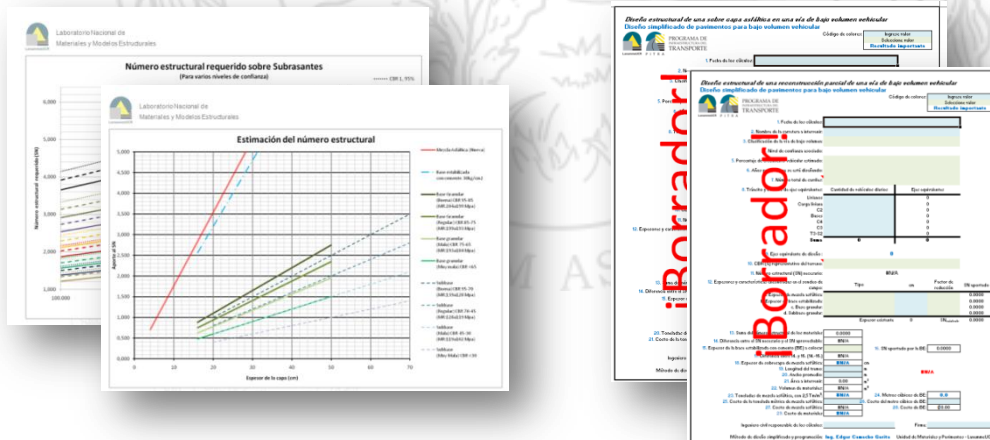
PROGRAMA DE
INFRAESTRUCTURA DEL
TRANSPORTE

Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA)

INFORME DE REVISIÓN

MANUAL PAB-2012

Preparado por:
Unidad de Gestión Municipal



San José, Costa Rica
Junio, 2012



Información técnica del documento


1. Informe LM-PI-GM-11-2012		2. Copia No. 1
3. Título y subtítulo: INFORME DE REVISIÓN: MANUAL PAB-2012		4. Fecha del Informe: Junio, 2012
7. Organización y dirección Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica Tel: (506) 2511-2500 / Fax: (506) 2511-4440		
8. Notas complementarias		
9. Resumen <i>Este informe es producto de la revisión detallada del Manual de diseño simplificado de pavimentos de bajo volumen, PAB-2012, realizado por los miembros de la Unidad de Gestión Municipal. Este documento posee recomendaciones hacia la versión escrita de dicho manual y hacia las hojas de cálculo, el motivo de estas recomendaciones es contribuir a mejorar el PAB-2012, considerando los posibles usos, alcance y personal a cargo de realizar futuros diseños de pavimentos utilizando esta beneficiosa herramienta.</i>		
10. Palabras clave Revisión, Manual, PAB-2012, Gestión, Municipal	11. Nivel de seguridad: Ninguno	12. Núm. de páginas 34
13. Preparado por: Miembros Unidad de Gestión Municipal		14. Revisado por: Ing. Jaime Allen Monge, MSc Coordinador Unidad de Gestión Municipal  Fecha: 19/06/2012



Tabla de contenido

1	INTRODUCCIÓN	5
2	REVISIÓN DEL DOCUMENTO “MANUAL DE INTERVENCIONES ESTRUCTURALES PARA RUTAS DE BAJO TRÁNSITO”	6
2.1	ASPECTOS GENERALES.....	6
2.2	METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO EXISTENTE.....	7
2.3	COEFICIENTE DE DRENAJE (M).....	8
2.4	FACTORES CAMIÓN.....	9
2.5	EJES EQUIVALENTES DE DISEÑO (ESALS)	9
2.6	EJEMPLO DE CÁLCULO	9
3	REVISIÓN DEL HOJAS DE CÁLCULO “DISEÑO SIMPLIFICADO DE PAVIMENTOS DE BAJO VOLUMEN”	10
3.1	CLASIFICACIÓN DE LAS VÍAS Y NIVEL DE CONFIANZA ASOCIADO	10
3.2	PERIODO DE DISEÑO.....	11
3.3	NÚMERO DE CARRILES.....	11
3.4	TRÁNSITO Y FACTORES CAMIÓN.....	11
3.5	FACTORES DE REDUCCIÓN.....	12
3.6	RESULTADO DEL DISEÑO.....	12
3.6.1	Generalidades	12
3.6.2	Sobrecapas asfálticas.....	13
3.6.3	Reconstrucción parcial	13

Revisión PAB-2012	Fecha de emisión: 06 de junio de 2012	Página 3 de 34
-------------------	---------------------------------------	----------------



3.6.4	Diseño nuevo.....	14
3.6.5	Sobrecapas granulares.....	15
4	Recomendaciones finales	15
5	Anexos	17





1 INTRODUCCIÓN

La Unidad de Gestión Municipal (UGM) realizó una revisión al “Manual de Diseño Simplificado de Pavimentos de Bajo Volumen” y de las hojas de cálculo en ambiente MS Excel “Diseño simplificado de pavimentos para bajo volumen vehicular”. Estos son los componentes del Manual PAB-2012 que será emitido próximamente por la Unidad de Materiales y Pavimentos (UMP) del PITRA, LanammeUCR, con el propósito de valorar su uso y aplicación en la red vial cantonal y otras rutas que cumplan con los parámetros establecidos de tránsito y cargas vehiculares.

El objetivo de esta revisión fue analizar los aspectos de carácter conceptual y metodológico así como la facilidad de comprensión y uso por parte de las Unidades Técnicas de Gestión Vial (UTGV) de las municipalidades y cualquier otro potencial usuario.

La revisión y las recomendaciones derivadas, se basan en el conocimiento y la experiencia obtenida por el personal de la UGM a través del trabajo realizado en conjunto con las municipalidades.

El objetivo principal es que los aportes sirvan para mejorar la calidad y aplicabilidad del manual y hojas de cálculo, de manera que se pueda dotar a los diferentes usuarios de herramientas sólidas fundamentadas técnicamente, para que las soluciones obtenidas sean prácticas y funcionales ante los problemas que se les presentan normalmente en la red vial del país.

Se espera que este aporte sea de valor para mejorar este manual y hojas de cálculo para incorporarlo al paquete de herramientas tecnológicas que se ofrecen a las municipalidades durante las actividades de capacitación y asistencia técnica.



2 REVISIÓN DEL DOCUMENTO “MANUAL DE INTERVENCIONES ESTRUCTURALES PARA RUTAS DE BAJO TRÁNSITO”

Las observaciones referentes a este documento que se indican a continuación corresponden a los resultados de la revisión del documento escrito de referencia en cuanto a aspectos conceptuales de fondo y no de forma.

Además, se hace referencia a las hojas de cálculo que forman parte del PAB-2012, en este caso se plantearon originalmente una serie de hojas de cálculo orientadas a usuarios no expertos (hojas simples), pero posteriormente se modificaron incorporando correcciones y para permitir al usuario manejar mayor número de variables (hojas avanzadas). En ambos casos se programaron las hojas para sobrecapas, reconstrucción parcial, diseño nuevo y sobrecapas granulares.

2.1 Aspectos generales

- El documento del PAB-12 se enfoca en la fundamentación de la metodología aplicada a partir de los conceptos de la guía de Diseño de Estructuras de Pavimento AASHTO 93, sin embargo, no constituye un manual que explique detalladamente y con ejemplos la utilización de los gráficos y las hojas de cálculo electrónicas que conforman el PAB-12.
- En la Tabla 1 del documento que forma parte del PAB-12 se hace referencia a los deterioros que determinan la condición del pavimento, así como la intervención asociada, sin embargo no se indica claramente como identificar estos deterioros o la metodología que se debe seguir para tal efecto. Con el objetivo de procurar un uso adecuado de la herramienta se recomienda definir claramente las condiciones mínimas que debe poseer la estructura para que cada tipo de intervención se aplique adecuadamente. Además se recomienda valorar si el “Manual de Auscultación Visual de Pavimentos de Costa Rica” MAV-2012 puede utilizarse como la metodología

Revisión PAB-2012	Fecha de emisión: 06 de junio de 2012	Página 6 de 34
-------------------	---------------------------------------	----------------

oficial de identificación de deterioros de manera que se integre con las indicaciones del PAB-2012 y los conceptos de evaluación y gestión de pavimentos a nivel de red que se manejan en el PITRA-LanammeUCR.

2.2 Metodología para la evaluación de la capacidad estructural del pavimento existente

La Guía AASHTO 1993 para el Diseño de Estructuras de Pavimento presenta tres metodologías diferentes para la evaluación de la capacidad estructural del pavimento existente: (a) capacidad estructural basada en inspección visual y pruebas de materiales, (b) capacidad estructural basada en ensayo no destructivo de deflexión (NDT) y (c) capacidad estructural basada en la vida remanente. Durante la revisión de la propuesta inicial del PAB-12 se identificó que se está aplicando una combinación entre las metodologías (a) y (c) ya mencionadas lo cual significa que la solución obtenida subestima la capacidad de los materiales existentes y por lo tanto sobre diseña las capas nuevas.

- La metodología de vida remanente estima el SN_{eff} aplicando un factor de condición al material nuevo, el cual se obtiene de las Figura 5.2 (Pág III-90 del Manual AASHTO 1993, ver anexo 1). Para esto se debe estimar la vida remanente a partir del conocimiento de las cargas que ha sufrido el pavimento, dato que en este caso no podemos obtener con base en la información disponible.

$$SN_{eff} = CF * S_{no}$$

Donde:

SN_{eff} =número estructural efectivo de la capa de pavimento existente.

CF= coeficiente de condición obtenido de la Figura 5.2 de AASHTO 1993 (ver anexo 1).

Sno= número estructural original (como si fuera nuevo) de la capa del pavimento.

- La metodología de inspección visual estima el SN_{eff} aplicando los factores de la Tabla 5.2 (Pág III-105 del Manual AASHTO 1993, ver Anexo 1) al material existente.

$$SN_{eff} = a1 * D1 + a2 * D2 * m2 + a3 * D3 * m3$$

Donde:

SN_{eff} = número estructural efectivo de la capa de pavimento existente.

$a1, a2, a3$ = coeficiente estructural de la capa de pavimento obtenido de la Tabla 5.2 de AASHTO 93.

$m2, m3$ = coeficiente de drenaje para las capas granulares de base y subbase.

2.3 Coeficiente de drenaje (m)

El apartado 5 del documento que forma parte del PAB-2012 indica que las condiciones de drenaje son consideradas como óptimas, lo cual implicaría la utilización de una coeficiente de drenaje $m=1$. Además, se establece que si existen reducciones en el aporte estructural de los materiales granulares por malos drenajes deberán ser consideradas por el profesional responsable.

Se considera adecuado fijar variables como los coeficientes de drenaje dado que la metodología establece un proceso de diseño simplificado. Sin embargo, si se plantean herramientas para usuarios avanzados se debería incorporar como variable los coeficientes de drenaje para que el profesional la considere en su diseño.

2.4 Factores camión

El apartado 4.2.1 del documento que forma parte del PAB-2012, indica los Factores Camión utilizados en la metodología, sin embargo, es recomendable que se comente en el documento a partir de cual información de referencia fueron calculados, ya que los usuarios de las municipalidades y otros, requieren conocer si estos datos pueden representar las condiciones de cargas vehiculares de la ruta en cuestión.

2.5 Ejes equivalentes de diseño (ESALS)

El documento no indica la limitación en cuanto las cargas que se tienen contempladas para cada tipo de hoja de cálculo. Es recomendable indicar el límite de ESALS de diseño que se tiene establecido para las hojas de cálculo para usuarios no expertos y las hojas de cálculo avanzadas.

Se realizó una revisión de los TPD para rutas cantonales con la base de datos de la UGM y se calcularon los ESALS de acuerdo a lo que se observa en el Anexo 4. Por lo tanto se recomienda que para las hojas simples que se utilicen para el diseño de rutas de menor tránsito, el límite en los ESALS de diseño sea 3 millones, mientras que para las hojas avanzadas que se utilizarán para vías de mayor tránsito el límite sea de 8 millones de ESALS. Esta propuesta se basa en el comportamiento estadístico de más de 200 conteos vehiculares realizados en rutas municipales en distintos cantones del país.

2.6 Ejemplo de cálculo

El manual posee un ejemplo de la utilización de los gráficos, sin embargo, la explicación es breve y puede omitir detalles del proceso que los usuarios requieren conocer para la comprensión de la metodología y su correcta aplicación. Además, en este ejemplo no se hace referencia a las hojas de cálculo que acompañan la metodología de diseño simplificado de pavimentos de bajo volumen vehicular.

Revisión PAB-2012	Fecha de emisión: 06 de junio de 2012	Página 9 de 34
-------------------	---------------------------------------	----------------

Por lo tanto, se recomienda incluir en el manual un ejemplo claro, donde se indique paso a paso el proceso de diseño simplificado para cada hoja de cálculo que ahora forma parte de la metodología: sobrecapas estructurales, reconstrucción parcial, diseño nuevo y sobre capas granulares.

3 REVISIÓN DEL HOJAS DE CÁLCULO “DISEÑO SIMPLIFICADO DE PAVIMENTOS DE BAJO VOLUMEN”

Las observaciones acerca de las hojas de cálculo “Diseño Simplificado de Pavimentos de Bajo Volumen”, se hacen para cada uno de los rubros establecidos o datos que el usuario debe ingresar durante el proceso de diseño al utilizar esta herramienta. Se indican los comentarios para cada rubro del 3.1 al 3.7 de manera general para las cinco hojas de cálculo (hoja simple de sobrecapas asfálticas, hoja avanzada de sobrecapas asfálticas, reconstrucción parcial, diseño nuevo y sobrecapas granulares), mientras que para el resultado del diseño se hacen observaciones particulares para cada caso.

3.1 Clasificación de las vías y nivel de confianza asociado

Las hojas de cálculo solamente tienen disponible tres categorías: primaria, secundaria y terciaria con niveles de confianza de 95%, 90% y 80% respectivamente. Sin embargo, se recomienda reducir estos valores, debido a que los procesos constructivos y control de calidad que generalmente se implementa en la construcción de las rutas de la red vial cantonal, no asegura una alta probabilidad de que la ruta llegue a la condición de servicio final establecida en el diseño.

Se recomienda ampliar el rango del nivel de confianza utilizado para el diseño, ya que la mayoría de los caminos de bajo volumen vehicular son caracterizados como rutas locales,

para las cuales la Guía de Estructuras de Pavimento AASHTO 93 establece un nivel de confianza de entre 50% y 80% (ver tabla 2.2 Anexo 2).

3.2 Periodo de diseño

Las hojas de cálculo simples permiten establecer un periodo de diseño de 10 y 20 años. Adicionalmente, se observó que los periodos de diseño establecidos para las hojas simples difieren de los periodos indicados para las hojas avanzadas. Se recomienda que tanto en las hojas simples como avanzadas sea posible utilizar el mismo periodo de diseño de 10, 15 y 20 años.

3.3 Número de carriles

Se recomienda que en lugar de seleccionar si la ruta es de uno o dos carriles, se seleccione el factor direccional y que permita variar entre 0,5 (2 carriles) y 1 (1 carril) por ejemplo 0,5, 0,6; 0,7; 0,8, 0,9 y 1. Ya que en vías de bajo volumen, por el tamaño de los carriles o demarcación de estos, los vehículos no siempre transitan por su respectivo carril.

3.4 Tránsito y factores camión

En cuanto al tránsito y cargas vehiculares asociadas, de la misma forma que se indicó en el apartado anterior, se recomienda incorporar a las hojas de cálculo simples un límite superior de ESALs de diseño de 3 millones, mientras que para las hojas avanzadas el límite recomendado sería de 8 millones de ESALs de diseño. Ambas recomendaciones se hacen de acuerdo al análisis de los datos de tránsito vehicular de municipios rurales y urbanos, considerando el percentil 95.

Las datos de factores camión pueden ser editados en las hojas avanzadas, por lo que se recomienda establecer una anotación en el manual escrito o una limitación inferior de valores mínimos que se programe en la hoja electrónica, de manera que se evite la utilización de

valores de factor camión que pueden subestimar las cargas vehiculares. Además, se recomienda ampliar la cota máxima que se puede introducir en este campo de las hojas para que el usuario pueda utilizar factores camión más elevados, según su criterio y/o características de la zona del proyecto a diseñar.

3.5 Factores de reducción

Los factores de reducción que se aplican a los materiales existentes deben revisarse de acuerdo a lo indicado en el apartado 2.2 de esta revisión, en lo referente a la aplicación de los coeficientes de aporte estructural para calcular el SN_{eff} .

Posteriormente, se planteó utilizar valores porcentuales para sustituir los factores de reducción utilizados de manera que se pudiera reflejar los valores de los coeficientes a_i que corresponde utilizar de acuerdo a la metodología de inspección visual para estimar SN_{eff} como se indica en el manual AASHTO 93. Se recomienda revisar que los resultados obtenidos por medio de esta solución reflejen adecuadamente los valores a_i que aparecen en la tabla 5.2 de AASHTO 93, ver anexo 1.

3.6 Resultado del diseño

3.6.1 Generalidades

En las hojas de cálculo simples, las cuales se encuentran en la página oficial del LanammeUCR, se presentaba la condición mencionada en 2.2 de esta revisión, en el que se mezclaban dos metodologías para la estimación del SN_{eff} . Al realizar el cálculo de espesores necesarios para la capa asfáltica, tanto para sobrecapa como para reconstrucción parcial, se obtenían capas de gran espesor aún para rutas de menos de 3 millones de ejes equivalentes.

Posteriormente, se incorporaron los valores porcentuales ya mencionados (hojas corregidas) y se aplicaron los mismos escenarios de de volumen vehicular. El resultado fue la obtención de espesores marcadamente menores a los calculados con las hojas originales. De manera ilustrativa en el Anexo 5 se muestran los resultados obtenidos entre las diferentes hojas de cálculo.

3.6.2 Sobrecapas asfálticas

Para el diseño de sobre capas se recomienda que junto con la nota de espesor mínimo (4 cm), aparezca que el espesor se indica suponiendo que la mezcla asfáltica contiene un agregado de tamaño máximo de 12,5 mm, si se utilizara otro agregado de mayor tamaño máximo debería aumentarse el espesor mínimo de la sobrecapa (3 veces el tamaño máximo del agregado).

3.6.3 Reconstrucción parcial

Esta hoja electrónica calcula los espesores de carpetas asfálticas con la opción de agregar una capa de base estabilizada con cemento, sin embargo se considera que no se ha incluido la opción de incorporar base granular, caso que es frecuentemente utilizado en las intervenciones de este tipo para las rutas de las red vial cantonal.

En los casos de reconstrucción parcial y diseño completo se recomienda que el espesor mínimo este en función del mínimo constructivo (en función del tamaño máximo del agregado) y del mínimo que recomienda la Guía AASHTO 93 (Ver pág II-35 de la Guía de Diseño AASHTO 1993, presente en el Anexo 3), en función de los ESALs.

3.6.4 Diseño nuevo

Para el dimensionamiento de los espesores se recomienda la verificación del cumplimiento del SN requerido sobre la base granular, cuando no se coloca base estabilizada, al igual que es verificado el cumplimiento del SN requerido sobre la subbase y la subrasante, ya que en la hoja de cálculo analizada esta verificación no se encontró. Esto puede hacer que los usuarios disminuyan el espesor de la carpeta cuando el paquete estructural este compuesto por carpeta asfáltica, base granular y subbase y aun así parezca que el diseño cumple con el SN requerido sobre subrasante y demás capas.

Además se recomienda indicar tanto en el documento escrito como en la hoja de cálculo, que celdas son las que se comparan para que los usuarios puedan hacer las verificaciones de forma visual (mediante el uso de símbolos o colores) y sepan que espesores deben aumentarse en caso de que sea necesario incrementar el paquete estructural.

También se recomienda aclarar la forma correcta de utilizar los gráficos de SN requerido sobre subbase y base, ya que existe incongruencia entre el valor de Mr seleccionado para el cálculo de SN aportado y el SN requerido de los gráficos, esto se da porque en las hojas electrónicas de cálculo el SN aportado se debe escoger un Mr que se encuentra dentro de un rango de valores según las características del material, mientras que en los gráficos de SN requerido se debe escoger un valor de Mr, (límites de los rangos definidos en las hojas de cálculo) es importante agregar una aclaración sobre esto, para guiar al usuario sobre la acción más recomendable a tomar y evitar posibles confusiones.

Otro punto a considerar es que esta hoja de cálculo (diseño completo) se plantea para un escenario en donde el máximo es de 3 millones, pero en los gráficos de SN requerido no es posible leer este valor. Se recomienda ampliar el rango de estos gráficos para que se puedan leer todos los valores posibles que permite la hoja de cálculo.

3.6.5 Sobrecapas granulares

Se recomienda hacer la aclaración, tanto en el documento escrito como en las hojas de cálculo, que la base granular no debe quedar expuesta y para evitar esto debe colocarse una capa de sello como un tratamiento superficial. Dada la información presentada en esta hoja, el diseño de estas estructuras queda condicionada a pavimentos donde todo el aporte estructural es brindado por las capas granulares, por lo tanto se recomienda plantear otro nombre que evite la confusión con caminos de lastre ya que “sobre capas granulares” puede confundirse con esto.

Es recomendable contar con una hoja de cálculo diferente que permita diseñar caminos de lastre, donde la especificación de base es poco utilizada, esto porque en caminos de muy bajo volumen es común contar con paquetes estructurales que están formados por una combinación de subrasante estabilizada, material de préstamo clasificado, subbase y capa granular de rodadura.

En la sección 311 del CR 2010 se brindan recomendaciones sobre capas de rodadura que pueden incorporarse a hojas de cálculo para contar con una opción de diseño económica y con fundamento técnico.

4 RECOMENDACIONES FINALES

- Determinar una asociación entre el estado del pavimento en el que es adecuado el tipo de intervenciones que se presentan en Manual de Diseño Simplificado de Pavimentos de Bajo Volumen y el valor del índice de condición que se genera al aplicar la metodología que se expone en el Manual de auscultación visual de pavimentos de Costa Rica.
- La integración entre los diferentes productos emitidos por el PITRA es importante, por lo que las metodologías de evaluación y gestión de pavimentos a nivel de red, tanto municipal como nacional, deben ser ratificadas por medio de herramientas que bajo

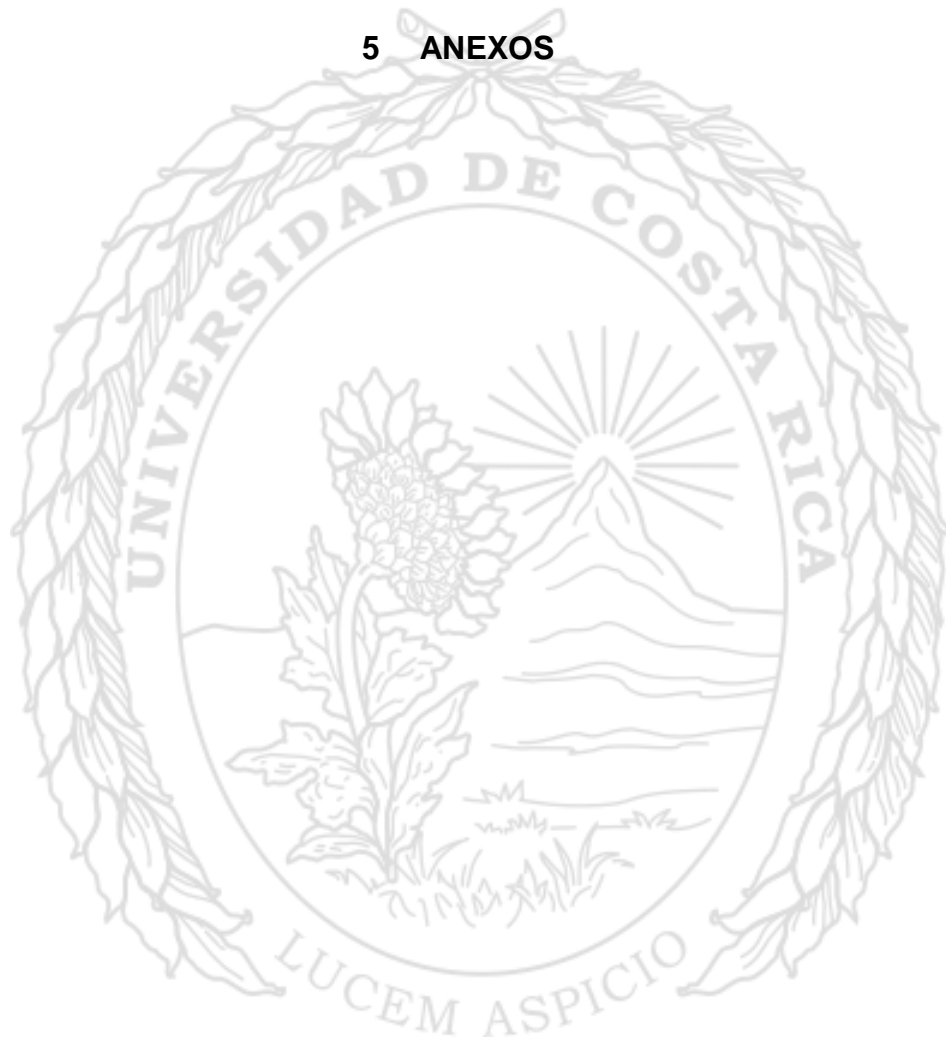
Revisión PAB-2012	Fecha de emisión: 06 de junio de 2012	Página 15 de 34
-------------------	---------------------------------------	-----------------

el mismo marco conceptual normen y faciliten las acciones hasta el nivel de proyecto. Tal es el caso de la Tabla 1 del documento del PAB-12, donde no existe concordancia entre las condiciones de referencia, objetivos y deterioros con las intervenciones asociadas.

- Valorar el cambio del nombre del Manual en cuestión, ya que la metodología planteada puede ser utilizada para caminos de tránsito moderado, por lo que se recomienda omitir la frase “Bajo Volumen” y hacer referencia a un diseño simplificado de pavimentos únicamente.
- Desarrollar un documento que sirva de guía práctica para explicar de manera clara y detallada el uso de los gráficos y de las hojas de cálculo, esto con el objetivo de contribuir a la adecuada utilización del PAB-12 y para que sea una herramienta que colabore con el mejoramiento del estado de la red vial costarricense.
- Se recomienda agregar como una de las limitaciones de la aplicación del PAB- 12 que este sea utilizado únicamente por ingenieros civiles o en construcción con conocimientos básicos de diseño de pavimentos, con el fin de que el profesional responsable del uso de esta herramienta posea un criterio técnico mínimo para su adecuada aplicación.
- Se recomienda integrar la posibilidad de colocar un Tratamiento Superficial Bituminoso (TSB) a las hojas de cálculo de reconstrucción parcial y diseño nuevo, o que se plantee una hoja de cálculo exclusiva para este propósito, ya que esta solución se aplica frecuentemente en la red vial cantonal.



5 ANEXOS

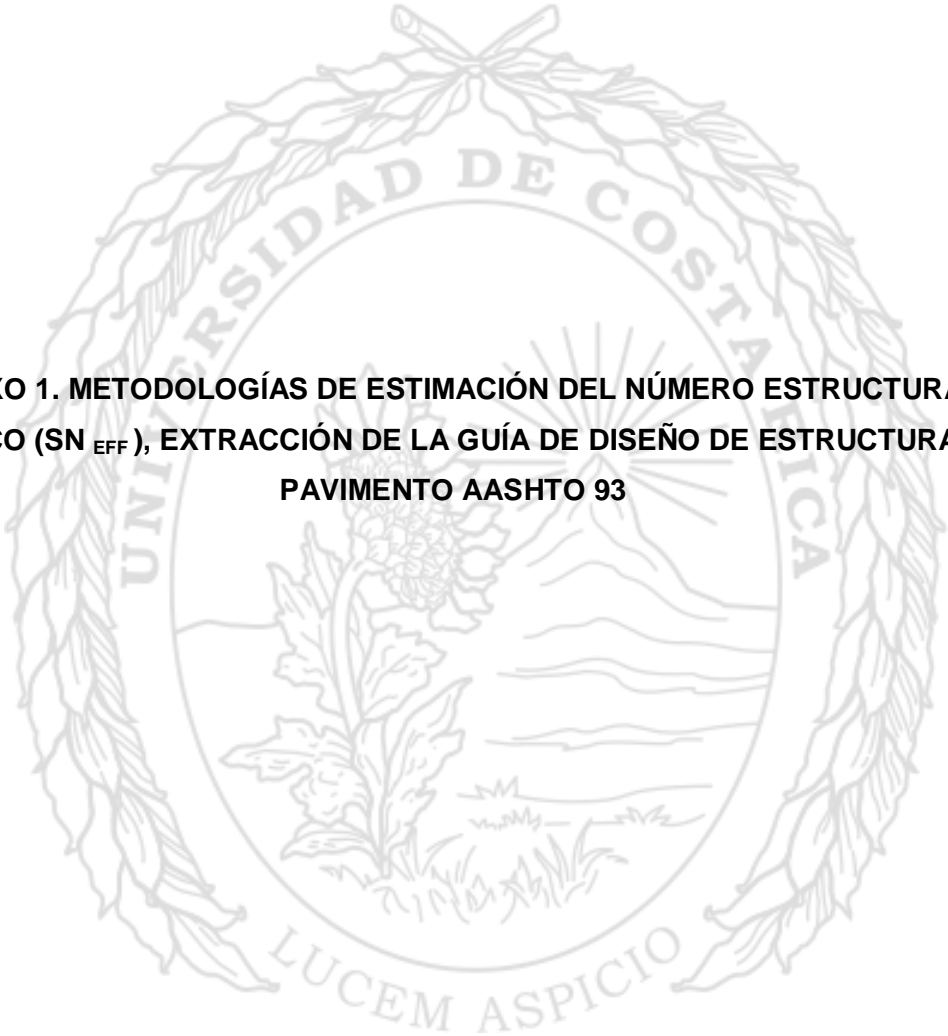




Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales



PROGRAMA DE
INFRAESTRUCTURA DEL
TRANSPORTE



**ANEXO 1. METODOLOGÍAS DE ESTIMACIÓN DEL NÚMERO ESTRUCTURAL
EFECTIVO (SN_{EFF}), EXTRACCIÓN DE LA GUÍA DE DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE
PAVIMENTO AASHTO 93**

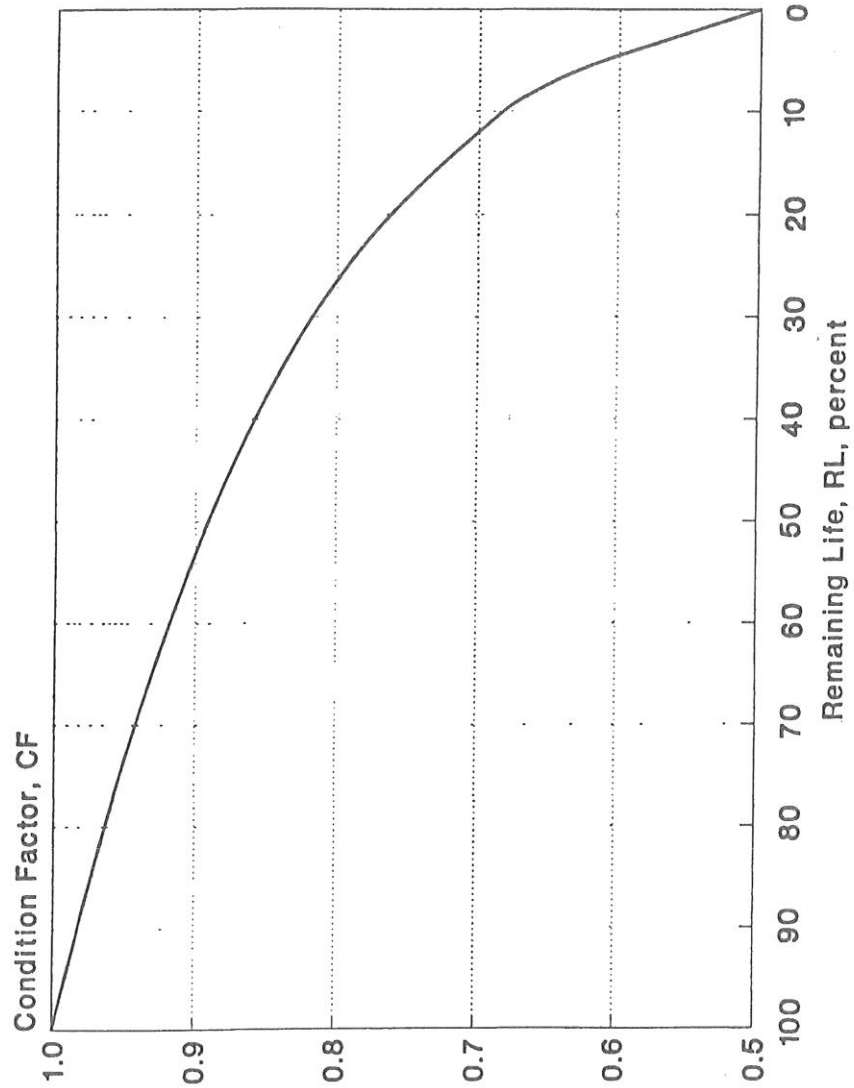


Figure 5.2. Relationship Between Condition Factor and Remaining Life

Rehabilitation with Overlays

III-101

- (3) *Samples of granular base and subbase* should be visually examined and a gradation run to assess degradation and contamination by fines
- (4) *The thickness of all layers* should be measured

Step 6: Determination of required structural number for future traffic (SN_f).

- (1) *Effective design subgrade resilient modulus*
Determine by one of the following methods
 - (a) Laboratory testing described in Step 5
 - (b) Backcalculation from deflection data
(NOTE: this value must be adjusted to be consistent with the value used in the AASHTO flexible pavement design equation as described below)
 - (c) A very approximate estimate can be made using available soil information and relationships developed from resilient modulus studies. However, if as-constructed soil data are used, the resilient modulus may have changed since construction due to changes in moisture content or other factors.

Regardless of the method used, the effective design subgrade resilient modulus must be (1) representative of the effects of seasonal variation and (2) consistent with the resilient modulus value used to represent the AASHTO Road Test soil. A seasonal adjustment, when needed, may be made in accordance with the procedures described in Part II, Section 2.3.1. M_R values backcalculated from deflections must be adjusted to be consistent with the laboratory-measured value used for the AASHTO Road Test soil in the development of the flexible pavement design equation. It is recommended that backcalculated M_R values be multiplied by a correction factor $C = 0.33$ for use in determination of SN_f for design purposes when an FWD load of approximately 9,000 pounds is used (9). This value should be evaluated and adjusted if needed by user agencies for their soil and deflection measurement equipment. Therefore, the following design M_R should be used to determine SN_f .

$$\text{Design } M_R = C \left(\frac{0.24P}{d_r} \right)$$

where recommended $C = 0.33$

Note also that the presence of a very stiff layer (e.g., bedrock) within about 15 feet of the top of the subgrade may cause the back-calculated M_R to be high. When such a condition exists, a value less than 0.33 for C may be warranted (9).

The designer is cautioned against using a value of M_R that is too large. The value of M_R selected for design is extremely critical to the overlay thickness. The use of a value greater than 3,000 psi is an indication that the soil is stiffer than the silty-clay A-6 soil at the Road Test site, and consequently will provide increased support and extended pavement life.

- (2) *Design PSI loss* PSI immediately after overlay (P1) minus PSI at time of next rehabilitation (P2)
- (3) *Overlay design reliability R (percent)* See Part I, Section 4.2, Part II, Table 2.2, and Part III, Section 5.2.15
- (4) *Overall standard deviation S_o for flexible pavement* See Part I, Section 4.3

Compute SN_f for the above design inputs using the flexible pavement design equation or nomograph in Part II, Figure 3.1. When designing an overlay thickness for a uniform pavement section, mean input values must be used. When designing an overlay thickness for specific points along the project, the data for that point must be used. A worksheet for determining SN_f is provided in Table 5.1.

Step 7: Determination of effective structural number (SN_{eff}) of the existing pavement

Three methods are presented for determining the effective structural number of a conventional AC pavement: an NDT method, a condition survey method, and a remaining fatigue life method. It is suggested that the designer use all three of these to evaluate the pavement, and then select a value for SN_{eff} based on the results, using engineering judgment and the past experience of the agency.

SN_{eff} from NDT for AC Pavements

The NDT method of SN_{eff} determination follows an assumption that the structural capacity of the pavement is a function of its total thickness and overall stiffness. The relationship between SN_{eff} , thickness, and stiffness is:

III-102

Design of Pavement Structures

Table 5.1. Worksheet for Determination of SN_f for AC Pavements

TRAFFIC:

Future 18-kip ESALs in design lane over design period, N_f = _____

EFFECTIVE ROAD-BED SOIL RESILIENT MODULUS:

Design resilient modulus, M_R = _____ psi

(Adjusted for consistency with flexible pavement model and for seasonal variations Typical design M_R is 2,000 to 10,000 psi for fine-grained soils, 10,000 to 20,000 for coarse-grained soils The AASHO Road Test soil value used in the flexible pavement design equation was 3,000 psi)

SERVICEABILITY LOSS:

Design PSI loss ($P_1 - P_2$) (1.2 to 2.5) = _____

DESIGN RELIABILITY:

Overlay design reliability, R (80 to 99 percent) = _____ percent

Overall standard deviation, S_o (typically 0.49) = _____

FUTURE STRUCTURAL CAPACITY:

Required structural number for future traffic is determined from flexible pavement design equation or nomograph in Part II, Figure 3.1

SN_f = _____

$$SN_{eff} = 0.0045D \sqrt[3]{E_p}$$

where

- D = total thickness of all pavement layers above the subgrade, inches
- E_p = effective modulus of pavement layers above the subgrade, psi

E_p may be backcalculated from deflection data as described in Step 4. Figure 5.8 may be used to determine SN_{eff} according to the above equation

SN_{eff} from Condition Survey for AC Pavements

The condition survey method of SN_{eff} determination involves a component analysis using the structural number equation

$$SN_{eff} = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3$$

where

- D_1, D_2, D_3 = thicknesses of existing pavement surface, base, and subbase layers
- a_1, a_2, a_3 = corresponding structural layer coefficients
- m_2, m_3 = drainage coefficients for granular base and subbase

Tabla 5.2

See Part II, Table 2.4, for guidance in determining the drainage coefficients. In selecting values for m_2 and m_3 , note that the poor drainage situation for the base and subbase at the AASHO Road Test would be given drainage coefficient values of 1.0

Depending on the types and amounts of deterioration present, the layer coefficient values assigned to materials in in-service pavement should in most cases be less than the values that would be assigned to the same materials for new construction. An exception to

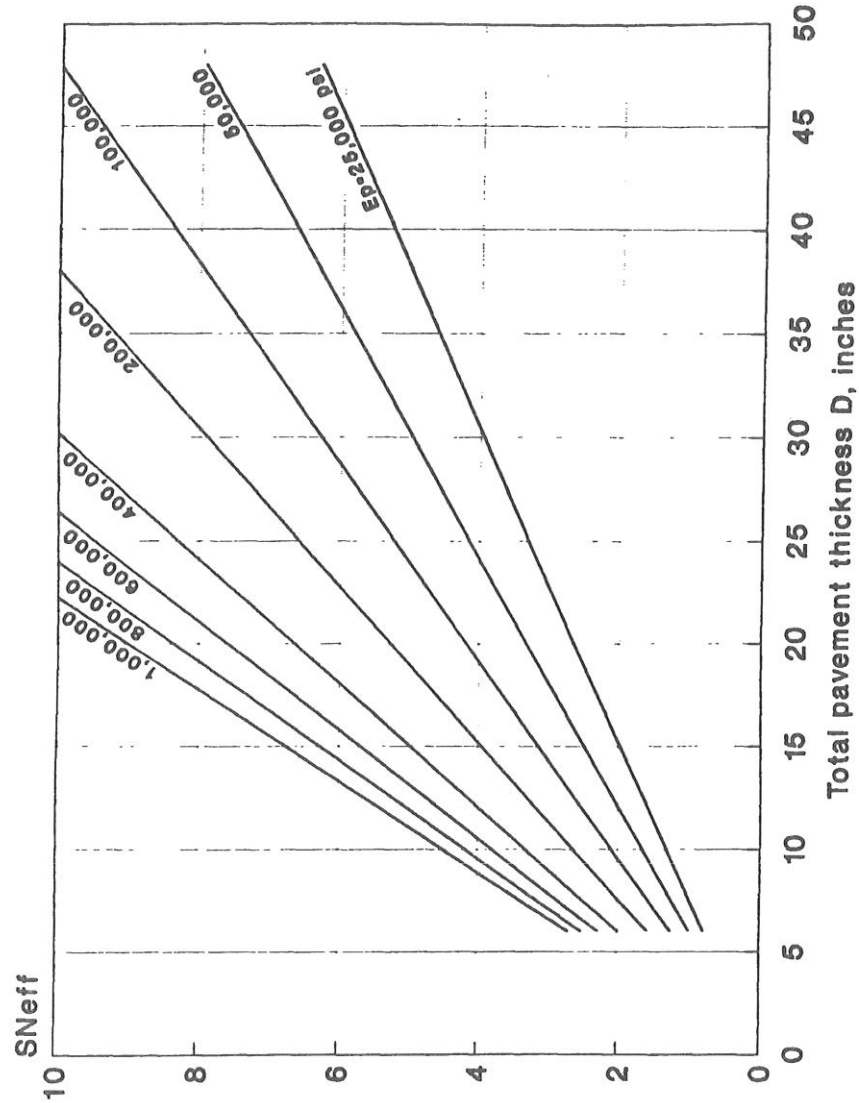


Figure 5.8. SN_{eff} from NDT Method

III-104

Design of Pavement Structures

this general rule might be for unbound granular materials that show no sign of degradation or contamination

For example, one State uses 0.44 for its new high-quality AC surface, but for overlay design purposes uses a reduced coefficient for the same material in an existing pavement. A value of 0.34 is assigned if the AC layer is in good condition, 0.25 if its condition is fair, and 0.15 if its condition is poor. The condition ratings are made on the basis of the amount of cracking present.

Limited guidance is presently available for the selection of layer coefficients for in-service pavement materials. Each agency must adopt its own set of values. Some suggested layer coefficients for existing materials are provided in Table 5.2.

The following notes apply to Table 5.2:

- (1) All of the distress is as observed at the pavement surface.
- (2) Patching all high-severity alligator cracking is recommended. The AC surface and stabilized base layer coefficients selected should reflect the amount of high-severity cracking remaining after patching.
- (3) In addition to evidence of pumping noted during condition survey, samples of base material should be obtained and examined for evidence of erosion, degradation and contamination by fines, as well as evaluated for drainability, and layer coefficients reduced accordingly.
- (4) The percentage of transverse cracking is determined as (linear feet of cracking/square feet of pavement) * 100.
- (5) Coring and testing are recommended for evaluation of all materials and are strongly recommended for evaluation of stabilized layers.
- (6) There may be other types of distress that, in the opinion of the engineer, would detract from the performance of an overlay. These should be considered through an appropriate decrease of the structural coefficient of the layer exhibiting the distress (e.g., surface raveling of the AC, stripping of an AC layer, freeze-thaw damage to a cement-treated base).

SN_{eff} from Remaining Life for AC Pavements

The remaining life of the pavement is given by the following equation:

$$RL = 100 \left[1 - \left(\frac{N_p}{N_{1.5}} \right) \right]$$

where

RL = remaining life, percent
N_p = total traffic to date, ESALs
N_{1.5} = total traffic to pavement "failure," ESALs

N_{1.5} may be estimated using the new pavement design equations or nomographs in Part II. To be consistent with the AASHTO Road Test and the development of these equations, a "failure" PSI equal to 1.5 and a reliability of 50 percent is recommended. SN_{eff} is determined from the following equation:

$$SN_{eff} = CF * SN_o$$

where

CF = condition factor determined from Figure 5.2
SN_o = structural number of the pavement if it were newly constructed

The designer should recognize that SN_{eff} determined by this method does not reflect any benefit for pre-overlay repair. The estimate of SN_{eff} obtained should thus be considered a lower limit value. The SN_{eff} of the pavement will be higher if pre-overlay repair of load-associated distress (alligator cracking) is done. This method for determining SN_{eff} is not applicable, without modification, to AC pavements which have already received one or more AC overlays.

A worksheet for determination of SN_{eff} is provided in Table 5.3.

Step 8: Determination of overlay thickness

The thickness of AC overlay is computed as follows:

$$D_{ol} = \frac{SN_{ol}}{a_{ol}} = \frac{(SN_f - SN_{eff})}{a_{ol}}$$

where

SN_{ol} = Required overlay structural number
a_{ol} = Structural coefficient for the AC overlay
D_{ol} = Required overlay thickness, inches
SN_f = Structural number determined in Step 6

Rehabilitation with Overlays

III-105

Table 5.2. Suggested Layer Coefficients for Existing AC Pavement Layer Materials

MATERIAL	SURFACE CONDITION	COEFFICIENT
AC Surface	Little or no alligator cracking and/or only low-severity transverse cracking	0.35 to 0.40
	< 10 percent low-severity alligator cracking and/or < 5 percent medium- and high-severity transverse cracking	0.25 to 0.35
	> 10 percent low-severity alligator cracking and/or < 10 percent medium-severity alligator cracking and/or > 5-10 percent medium- and high-severity transverse cracking	0.20 to 0.30
	> 10 percent medium-severity alligator cracking and/or < 10 percent high-severity alligator cracking and/or > 10 percent medium- and high-severity transverse cracking	0.14 to 0.20
	> 10 percent high-severity alligator cracking and/or > 10 percent high-severity transverse cracking	0.08 to 0.15
Stabilized Base	Little or no alligator cracking and/or only low-severity transverse cracking	0.20 to 0.35
	< 10 percent low-severity alligator cracking and/or < 5 percent medium- and high-severity transverse cracking	0.15 to 0.25
	> 10 percent low-severity alligator cracking and/or < 10 percent medium-severity alligator cracking and/or > 5-10 percent medium- and high-severity transverse cracking	0.15 to 0.20
	> 10 percent medium-severity alligator cracking and/or < 10 percent high-severity alligator cracking and/or > 10 percent medium- and high-severity transverse cracking	0.10 to 0.20
	> 10 percent high-severity alligator cracking and/or > 10 percent high-severity transverse cracking	0.08 to 0.15
Granular Base or Subbase	No evidence of pumping, degradation, or contamination by fines	0.10 to 0.14
	Some evidence of pumping, degradation, or contamination by fines	0.00 to 0.10

SN_{eff} = Effective structural number of the existing pavement, from Step 7

The thickness of overlay determined from the above relationship should be reasonable when the overlay is required to correct a structural deficiency. See Section 5.2.17 for discussion of factors which may result in unreasonable overlay thicknesses.

5.4.6 Surface Milling

If the AC pavement is to be milled prior to overlay, the depth of milling must be reflected in the SN_{eff} .

analyses. No adjustment need be made to SN_{eff} values determined by NDT if the depth of milling does not exceed the minimum necessary to remove surface ruts. If a greater depth is milled, the NDT-determined SN_{eff} may be reduced by an amount equal to the depth milled times a structural coefficient for the AC surface based on the condition survey.

5.4.7 Shoulders

See Section 5.2.10 for guidelines.

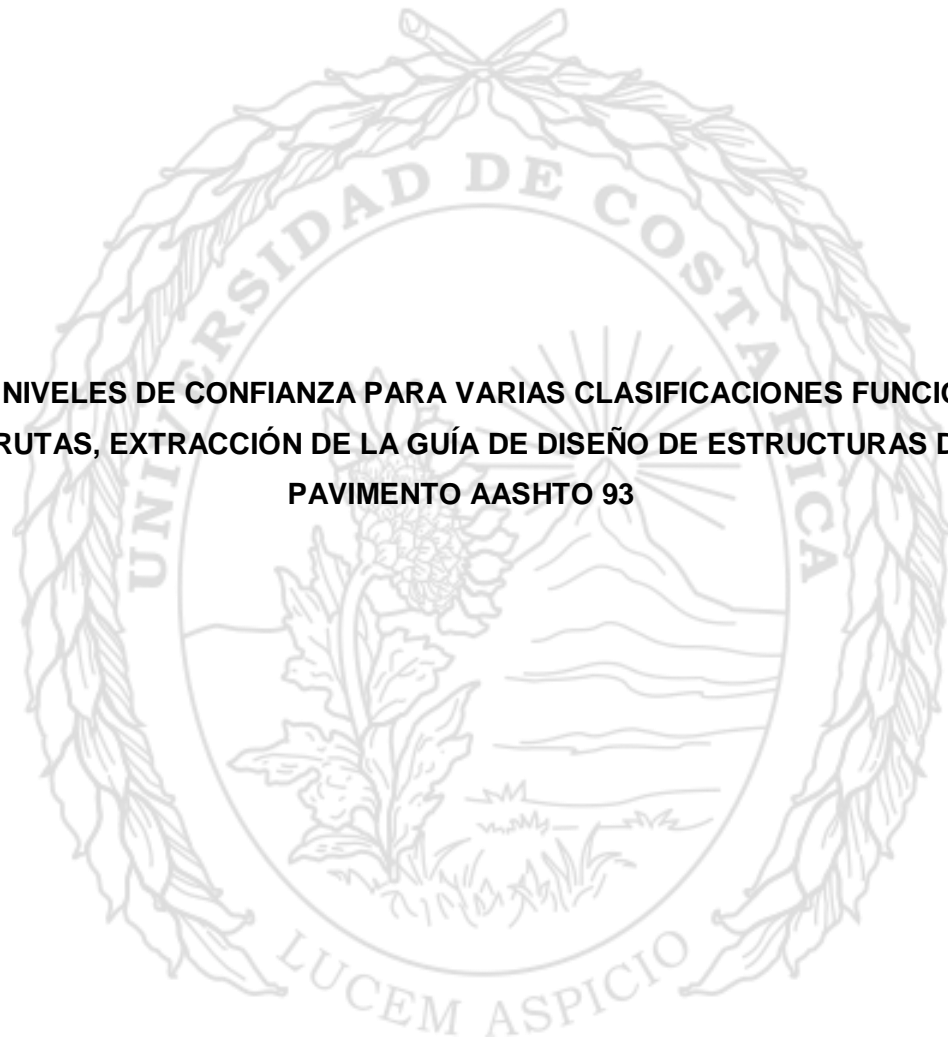


Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales



PROGRAMA DE
INFRAESTRUCTURA DEL
TRANSPORTE

P I T R A



**ANEXO 2. NIVELES DE CONFIANZA PARA VARIAS CLASIFICACIONES FUNCIONALES
DE RUTAS, EXTRACCIÓN DE LA GUÍA DE DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE
PAVIMENTO AASHTO 93**

Revisión PAB-2012	Fecha de emisión: 06 de junio de 2012	Página 25 de 34
-------------------	---------------------------------------	-----------------

Design Requirements

D_L = a lane distribution factor, expressed as a ratio, that accounts for distribution of traffic when two or more lanes are available in one direction, and

\hat{W}_{18} = the cumulative two-directional 18-kip ESAL units predicted for a specific section of highway during the analysis period (from the planning group)

Although the D_D factor is generally 0.5 (50 percent) for most roadways, there are instances where more weight may be moving in one direction than the other. Thus, the side with heavier vehicles should be designed for a greater number of ESAL units. Experience has shown that D_D may vary from 0.3 to 0.7, depending on which direction is "loaded" and which is "unloaded."

For the D_L factor, the following table may be used as a guide:

Number of Lanes in Each Direction	Percent of 18-kip ESAL in Design Lane
1	100
2	80-100
3	60-80
4	50-75

2.1.3 Reliability

Reliability concepts were introduced in Chapter 4 of Part I and are developed fully in Appendix EE of Volume 2. Basically, it is a means of incorporating some degree of certainty into the design process to ensure that the various design alternatives will last the analysis period. The reliability design factor accounts for chance variations in both traffic prediction (W_{18}) and the performance prediction (W_{18}), and therefore provides a predetermined level of assurance (R) that pavement sections will survive the period for which they were designed.

Generally, as the volume of traffic, difficulty of diverting traffic, and public expectation of availability increases, the risk of not performing to expectations must be minimized. This is accomplished by selecting higher levels of reliability. Table 2.2 presents recommended levels of reliability for various functional classifications. Note that the higher levels correspond

Table 2.2. Suggested Levels of Reliability for Various Functional Classifications

Functional Classification	Recommended Level of Reliability	
	Urban	Rural
Interstate and Other Freeways	85-99	90-99
Principal Arterials	80-99	75-95
Collectors	80-95	75-95
Local	50-80	50-80

NOTE: Results based on a survey of the AASHTO Pavement Design Task Force

to the facilities which receive the most use, while the lowest level, 50 percent, corresponds to local roads.

As explained in Part I, Chapter 4, design-performance reliability is controlled through the use of a reliability factor (F_R) that is multiplied times the design period traffic prediction (W_{18}) to produce design applications (W_{18}) for the design equation. For a given reliability level (R), the reliability factor is a function of the overall standard deviation (S_o) that accounts for both chance variation in the traffic prediction and normal variation in pavement performance prediction for a given W_{18} .

It is important to note that by treating design uncertainty as a separate factor, the designer should no longer use "conservative" estimates for all the other design input requirements. Rather than conservative values, the designer should use his best estimate of the mean or average value for each input value. The selected level of reliability and overall standard deviation will account for the combined effect of the variation of all the design variables.

Application of the reliability concept requires the following steps:

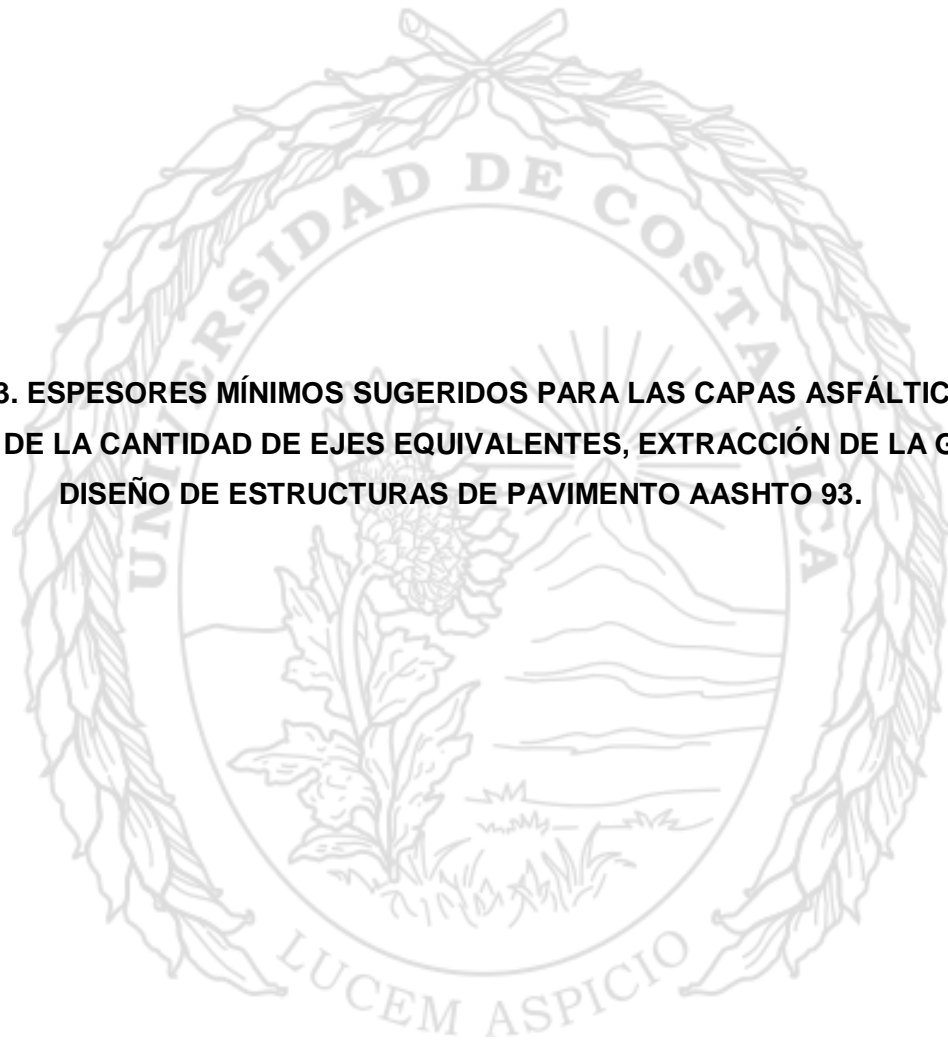
- (1) Define the functional classification of the facility and determine whether a rural or urban condition exists.
- (2) Select a reliability level from the range given in Table 2.2. The greater the value of reliability, the more pavement structure required.
- (3) A standard deviation (S_o) should be selected that is representative of local conditions. Values of S_o developed at the AASHTO Road Test did not include traffic error. However, the performance prediction error developed at the Road Test was .25 for rigid and .35 for flexible pavements. This corresponds to a total stand-



Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales



PROGRAMA DE
INFRAESTRUCTURA DEL
TRANSPORTE



**ANEXO 3. ESPESORES MÍNIMOS SUGERIDOS PARA LAS CAPAS ASFÁLTICAS EN
FUNCIÓN DE LA CANTIDAD DE EJES EQUIVALENTES, EXTRACCIÓN DE LA GUÍA DE
DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO AASHTO 93.**

Revisión PAB-2012	Fecha de emisión: 06 de junio de 2012	Página 27 de 34
-------------------	---------------------------------------	-----------------

Step 7. Compare the trial performance period with that calculated in Step 6. If the difference is greater than 1 year, calculate the average of the two and use this as the trial value for the start of the next iteration (return to Step 2). If the difference is less than 1 year, convergence is reached and the average is said to be the predicted performance period of the initial pavement structure corresponding to the selected initial SN. In the example, convergence was reached after three iterations and the predicted performance period is about 8 years.

The basis of this iterative process is exactly the same for the estimation of the performance period of any subsequent overlays. The major differences in actual application are that (1) the overlay design methodology presented in Part III is used to estimate the performance period of the overlay and (2) any swelling and/or frost heave losses predicted after overlay should restart and then progress from the point in time when the overlay was placed.

3.1.4 Selection of Layer Thicknesses

Once the design structural number (SN) for an initial pavement structure is determined, it is necessary to identify a set of pavement layer thicknesses which, when combined, will provide the load-carrying capacity corresponding to the design SN. The following equation provides the basis for converting SN into actual thicknesses of surfacing, base and subbase:

$$SN = a_1D_1 + a_2D_2m_2 + a_3D_3m_3$$

where

- a_1, a_2, a_3 = layer coefficients representative of surface, base, and subbase courses, respectively (see Section 2.3.5),
- D_1, D_2, D_3 = actual thicknesses (in inches) of surface, base, and subbase courses, respectively, and
- m_2, m_3 = drainage coefficients for base and subbase layers, respectively (see Section 2.4.1)

The SN equation does not have a single unique solution; i.e., there are many combinations of layer thicknesses that are satisfactory solutions. The thickness of the flexible pavement layers should be rounded to the nearest 1/2 inch. When selecting appropriate values for

the layer thicknesses, it is necessary to consider their cost effectiveness along with the construction and maintenance constraints in order to avoid the possibility of producing an impractical design. From a cost-effective view, if the ratio of costs for layer 1 to layer 2 is less than the corresponding ratio of layer coefficients times the drainage coefficient, then the optimum economical design is one where the minimum base thickness is used. Since it is generally impractical and uneconomical to place surface, base, or subbase courses of less than some minimum thickness, the following are provided as minimum practical thicknesses for each pavement course.

Minimum Thickness (inches)		
Traffic, ESAL's	Asphalt Concrete	Aggregate Base
Less than 50,000	1 0 (or surface treatment)	4
50,001–150,000	2 0	4
150,001–500,000	2 5	4
500,001–2,000,000	3 0	6
2,000,001–7,000,000	3 5	6
Greater than 7,000,000	4 0	6

Because such minimums depend somewhat on local practices and conditions, individual design agencies may find it desirable to modify the above minimum thicknesses for their own use.

Individual agencies should also establish the effective thicknesses and layer coefficients of both single and double surface treatments. The thickness of the surface treatment layer may be neglectable in computing SN, but its effect on the base and subbase properties may be large due to reductions in surface water entry.

3.1.5 Layered Design Analysis

It should be recognized that, for flexible pavements, the structure is a layered system and should be designed accordingly. The structure should be designed in accordance with the principles shown in Figure 3.2. First, the structural number required over the roadbed soil should be computed. In the same way, the structural number required over the subbase layer and the base layer should also be computed, using the applicable strength values for each. By working with differences between the computed structural numbers



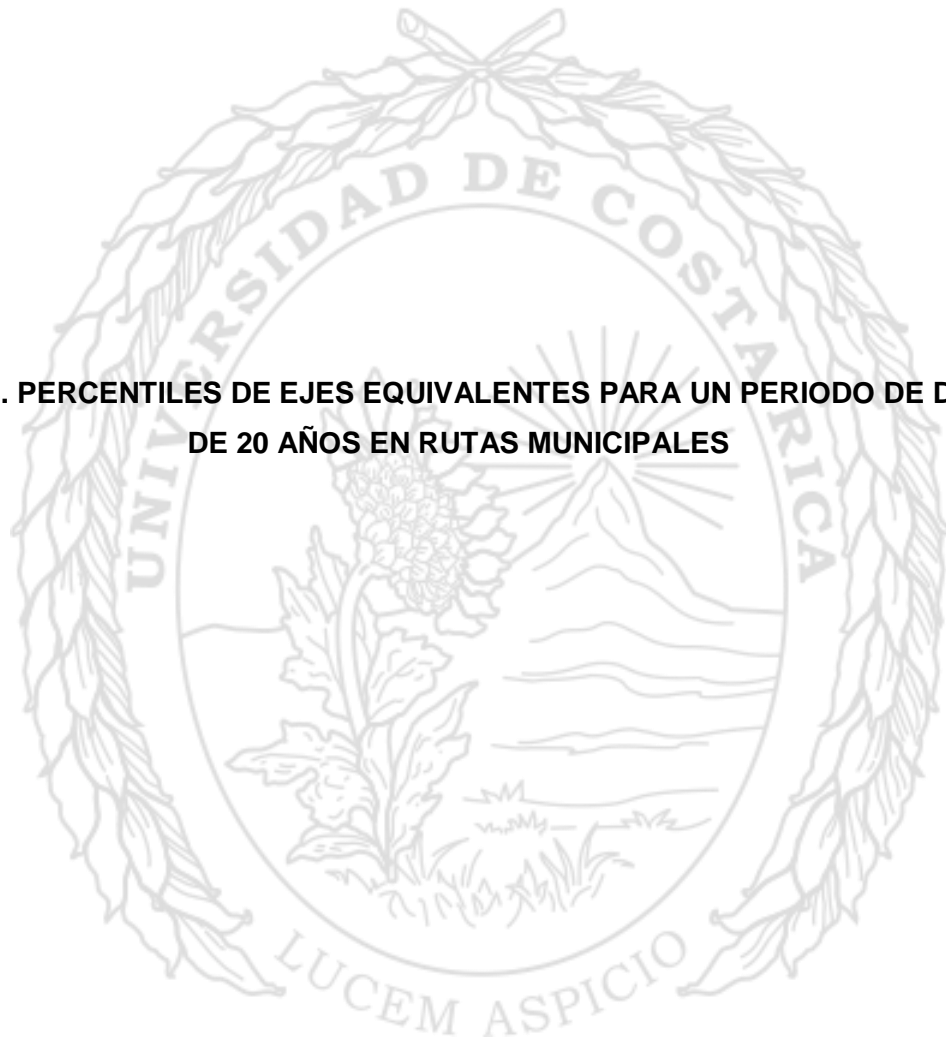
Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales



PROGRAMA DE
INFRAESTRUCTURA DEL
TRANSPORTE



ANEXO 4. PERCENTILES DE EJES EQUIVALENTES PARA UN PERIODO DE DISEÑO DE 20 AÑOS EN RUTAS MUNICIPALES



Cuadro A.4. Percentiles ESALs para un período de diseño de 20 años.

Percentil	ESALs a 20 años		
	Municipalidades rurales	Municipalidades de la GAM	General
Percentil 50	8.73E+05	1.41E+06	1.16E+06
Percentil 65	1.19E+06	2.20E+06	1.80E+06
Percentil 75	1.52E+06	3.40E+06	2.57E+06
Percentil 85	1.98E+06	5.56E+06	4.15E+06
Percentil 90	2.69E+06	6.63E+06	4.95E+06
Percentil 95	3.15E+06	8.60E+06	8.35E+06
Percentil 97	4.30E+06	9.78E+06	9.29E+06
Percentil 98	4.62E+06	9.90E+06	9.86E+06
Percentil 99	4.91E+06	1.34E+07	1.11E+07

Factor de crecimiento vehicular anual de 4%
 Factor camión varía según Municipio analizado
 Factor direccional de 0,7
 Factor de distribución por carril de 1
 GAM: Gran Área Metropolitana



Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales



PROGRAMA DE
INFRAESTRUCTURA DEL
TRANSPORTE



**ANEXO 5. COMPARACIÓN DE ESPESORES RECOMENDADOS PARA DIFERENTES
NIVELES DE TRÁNSITO VEHICULAR SEGÚN LAS HOJAS DE CÁLCULO**



Intervención: Capas Granulares

Parámetros	Capas granulares	
	Transito bajo	
Importancia	Terciaria	
Crecimiento	4%	
Período de diseño	10	
ESALs	1.04E+05	
	Hoja Original	Hoja Modificada
SN requerido	2.65	2.65
CBR subrasante	3%	
Espesor BG	25 cm	25 cm
Espesor SB	40 cm	40 cm
SN existente	0.24	1.66
Espesor de BG nueva	49 cm	20 cm

Los parámetros considerados:

- Base y sub base sin evidencia de bombeo de finos, degradación o contaminación por finos.
- Para definir el aprovechamiento del material existente se elige la cota inferior en función del nivel de deterioro.
- Mr de CA= 450000 psi, Base granular regular (CBR=75%-85%), Sub base mala (CBR= 30%-45%).

Intervención: Sobrecapas

Parámetros	Sobrecapa					
	Transito bajo		Transito medio		Transito muy alto	
Importancia	Secundaria		Secundaria		Primaria	
Crecimiento	4%		4%		4%	
Período de diseño	15 años		15 años		12 años ⁽¹⁾	
ESALS	1.73E+05		1.32E+06		8.44E+06	
	Hoja Original	Hoja Modificada	Hoja Original	Hoja Modificada	Hoja Original	Hoja Modificada
SN requerido	2.93	2.93	3.86	3.86	-	5.36
CBR subrasante	3%		3%		3%	
Espesor CA	10 cm	10 cm	10 cm	10 cm	-	10 cm
Espesor BE	0 cm	0 cm	0 cm	0 cm	-	0 cm
Espesor BG	25 cm	25 cm	25 cm	25 cm	-	25 cm
Espesor SB	40 cm	40 cm	40 cm	40 cm	-	40 cm
SN existente	0.68	2.8	0.68	2.8	-	2.8
Espesor de la	13 cm	4 cm	18 cm	6 cm	-	15 cm

(1) Período máximo de diseño en las hojas de cálculo avanzadas

Los parámetros considerados:

- <10% cuero de lagarto de baja severidad y/o <5% de grietas transversales de severidad media-alta.
- Base y sub base sin evidencia de bombeo de finos, degradación o contaminación por finos.
- Para definir el aprovechamiento del material existente se elige la cota inferior en función del nivel de deterioro.
- Mr de CA= 450000 psi, Base granular regular (CBR=75%-85%), Sub base mala (CBR= 30%-45%).

Intervención: Reconstrucción parcial

Parámetros	Reconstrucción parcial			
	Transito medio		Transito alto	
Importancia	Primaria		Primaria	
Crecimiento	4%		4%	
Período de diseño	15 años		15 años	
ESALs	1.33E+04		2.66E+06	
	Hoja Original	Hoja Modificada	Hoja Original	Hoja Modificada
SN requerido	4.09	4.09	4.49	4.49
CBR subrasante	3%		3%	
Espesor CA	0 cm	0 cm	0 cm	0 cm
Espesor BE	15 cm	15 cm	15 cm	15 cm
Espesor BG	25 cm	25 cm	25 cm	25 cm
Espesor SB	40 cm	40 cm	40 cm	40 cm
SN existente	0.68	2.8	0.68	2.8
Espesor de la carpeta nueva	9 cm	6 cm	11 cm	6 cm

Los parámetros considerados:

- Se toma en consideración que la carpeta asfáltica existente es removida.
- <10% cuero de lagarto de baja severidad y/o <5% de grietas transversales de severidad media-alta.
- En la realidad es recomendable que se coloque una base estabilizada reconforme la base para mejorar la capacidad estructural y obtener menores espesores, para esta comparación no se considera eso, ya que el objetivo era tener parámetros similares en todos los casos.
- Base y sub base sin evidencia de bombeo de finos, degradación o contaminación por finos.
- Para definir el aprovechamiento del material existente se elige la cota inferior en función del nivel de deterioro.
- Mr de CA= 450000 psi, Base granular regular (CBR=75%-85%), Sub base mala (CBR= 30%-45%).

PARA RECIBIR



Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

LM-PT-UGM-JA-015-12



[Handwritten signature]
19/06/12

[Handwritten signature]

LANAMME – PITRA

M E M O R A N D U M

PARA: Ing. Guillermo Loría Salazar – Coordinador Gral. PITRA
CC: Ing. José Pablo Aguiar Moya – Coordinador UMP
Ing. Jorge Arturo Castro Herrera – Coordinador UDAET

DE: Ing. Jaime Allen Monge – Coordinador Unidad de Gestión Municipal

ASUNTO: Revisión Informe PAB-2012

FECHA: 19 de Junio de 2012

Estimado don Guillermo:

Por éste medio le adjunto el informe LM-PI-GM-11-2012, Informe de Revisión del Manual PAB-2012, preparado por todo el personal de la Unidad de Gestión Municipal. El propósito de éste informe es aportar un insumo que sirva para la mejora del Manual PAB-2012, con el objetivo de brindar a las municipalidades herramientas que sirvan para mejorar su gestión vial. Estamos anuentes a brindar cualquier ayuda adicional que sea requerida con éste propósito.

Saludos cordiales,

[Handwritten signature]
Ing. Jaime Allen Monge
Coordinador Unidad de Gestión Municipal
PITRA-LanammeUCR

Adjunto LM-PI-GM-11-2012, Informe de Revisión Manual PAB-2012

