



Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:
Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

Para leer el texto completo de la licencia, visita:
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/co/>

Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra
hacer obras derivadas

Bajo las condiciones siguientes:



Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



No Comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.

Evaluación de las metodologías de diseño de pavimentos flexibles para carreteras colombianas y brasileras

Edwin Velasco Ariza, Universidad Católica de Colombia, Programa de Especialización en Ingeniería de Pavimentos.

Oscar Ariza, Universidad Católica de Colombia, Programa de Especialización en Ingeniería de Pavimentos.

Davis Castellanos, Universidad Católica de Colombia, Programa de Especialización en Ingeniería de Pavimentos.

RESUMEN

Diseñar pavimentos por el método empírico de los países de Colombia y Brasil, basados fundamentalmente en el CBR del material de subrasante y de las capas de materiales granulares, a fin de proporcionar los espesores de las capas del pavimento que garanticen el cuidado del suelo de subrasante. El diseño empírico brasileros se regula por la especificación del Instituto de Investigaciones de Carreteras IPR/DNIT 1981. Para el caso colombiano, el Instituto Nacional de Vías (INVIAS 1998) considera unas estructuras típicas de pavimentos con tres variables de diseño relacionadas con la subrasante, el clima y el tránsito.

El presente trabajo, tiene como objetivo analizar las principales variables para el diseño de pavimentos en Colombia y en Brasil, con el fin de evaluar aspectos técnicos en el diseño por medio de los métodos empíricos tradicionales para los dos países

ABSTRACT

Design pavements by the empirical method of the countries of Colombia and Brazil, mainly in the CBR of the subgrade material and the layers of granular materials, a fin to provide the thicknesses of the pavement layers that guarantees the care of the subgrade floor. The Brazilian empirical design is regulated by the specification of the IPR / DNIT 1981. For the Colombian case, the National Roads Institute (Invias 1998) considers typical pavement structures with three design variables related to subgrade, weather and traffic.

This paper aims to analyze the main variables for the design of pavements in Colombia and Brazil, in order to evaluate technical aspects in the design by means of traditional empirical methods for the two countries

Palabras Clave: Métodos empíricos de diseño de pavimento, vehículos de carga, volúmenes, pavimentos flexibles, tránsito y CBR.

INTRODUCCION

Desde hace varias décadas atrás se ha creado la necesidad de realizar y mejorar líneas de comunicación terrestres que incluyen la construcción de carreteras y autopistas. Lo anterior, debido al incremento poblacional y transporte de productos agrícolas, entre otros. Es importante resaltar que el estado de la infraestructura vial contribuye directamente al sector económico de un determinado país. Sin embargo, algunas variables relacionadas con el diseño de los pavimentos, tales como: el estudio de la subrasante y los materiales de construcción, tránsito, clima, entre otros, influye directamente en el desempeño de los pavimentos durante su vida útil.

De acuerdo a lo anterior, en la ingeniería de pavimento se busca diseñar estructuras de pavimentos que atiendan los aspectos estructurales, durabilidad, seguridad y confort para los usuarios. Para tan fin, se deben estudiar las variables de diseño y posteriormente garantizar un adecuado control de calidad durante los procesos de construcción y operación de los pavimentos. En este sentido, se han realizado desde años anteriores estudios y análisis empíricos y mecanísticos los cuales han sido la base y punto de partida para la elaboración de los primeros diseños de pavimentos que se han observado desde muchos siglos atrás en civilizaciones como la romana, griega y vestigios dejados por tribus indígenas de diferentes regiones del mundo. A nivel Internacional, existe una tendencia en la adopción de métodos mecanísticos-empíricos para el diseño de pavimentos, que sustituye los métodos empíricos utilizados en los años pasados. Los métodos empíricos están directamente relacionados con el desempeño del pavimento ante las sollicitaciones de cargas provenientes del tránsito y el clima basados en la observación.

En este sentido, el diseño de pavimentos por el método empírico brasileño se fundamentaba en el CBR del material de subrasante y de las capas de materiales granulares, a fin de proporcionar los espesores de las capas del pavimento que garanticen el cuidado del suelo de subrasante. El diseño empírico brasileño se regula por la especificación del Instituto de Investigaciones de Carreteras IPR/DNIT 1981. Para el caso colombiano, el Instituto Nacional de Vías (Invia 1998) considera unas estructuras típicas de pavimentos con tres variables de diseño relacionadas con la subrasante, el clima y el tránsito. El presente trabajo, tiene como objetivo analizar las principales variables para el diseño de pavimentos en Colombia y en

Brasil, con el fin de evaluar aspectos técnicos en el diseño por medio de los métodos empíricos tradicionales para los dos países.

MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología para la realización del análisis comparativo de diseño de pavimentos con los métodos empíricos de Colombia y Brasil se dividió en tres etapas. La primera, corresponde a la descripción de los dos métodos de diseño. La segunda, corresponde a la escogencia de las variables de diseño hipotéticas, con el fin de realizar un análisis de sensibilidad referente al estudio de la subrasante y a la cuantificación del tránsito. Finalmente, se realizaron los análisis comparativos de los espesores de las estructuras de pavimentos, basadas en las dos metodologías empleadas.

Diseño de pavimentos por el método empírico – INVIAS 1998

El método de diseño de pavimentos empírico, para medios y altos volúmenes de tránsito del INVIAS, considera el diseño de estructuras típicas de pavimentos en función de seis cartas de diseño. Las seis cartas de diseño se fundamentan en las variables de diseño, tales como: clima (R), categoría de subrasante (S), categoría del nivel del tránsito (T) y materiales de construcción (Ver Tabla 1). Los intervalos referentes a R, S y T se presentan en las Tablas 2 a 4 respectivamente.

Para más información se remite en el anexo 1 donde se encuentran las tablas con los diferentes parámetros de entradas utilizados por el método INVIAS.

Posteriormente escogidas las variables de diseño referentes a R, S y T, se utilizan las cartas de diseño (ver anexo 1) para la selección de las estructuras típicas de pavimentos. En la metodología adoptada se consideró la elección de estructuras que no requieran bases estabilizadas con emulsión o cemento. Lo anterior, con el fin de realizar una comparativa de diseños con las dos metodologías.

Diseño de pavimentos por el método empírico brasileño – DNER 1960

El método brasileño empírico se basa en un ábaco del manual de Departamento Nacional de Infraestructura de Transportes de Brasil (Ver anexo 2), el cual determina los espesores de las capas granules (base, subbase y capas de

mejoramiento) de la estructura del pavimento, en función de los valores reportados del ensayo CBR para cada material, así como también en función del número de ejes equivalentes determinados en la categoría de tránsito.

Una vez obtenidos los valores del ábaco (anexo 2) procedemos a realizar el cálculo de las diferentes estructuras cuyos valores y estructuras se muestran en el siguiente capítulo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

RESULTADOS POR EL METODO COLOMBIANO (INVIAS):

METODO INVIAS															
CBR	2			4			6			8			10		
NIVEL DE TRANSITO	CR	BASE	SB-G	CR	BASE	SB-G	CR	BASE	SB-G	CR	BASE	SB-G	CR	BASE	SB-G
1000000	10	20	45	10	20	45	7,5	20	45	7,5	20	45	7,5	20	30
5000000	12	30	45	12	30	45	10	30	35	10	30	35	10	25	30
10000000	15	35	45	15	35	45	12	30	40	12	30	40	12	35	45

METODO INVIAS					
CBR	2	4	6	8	10
NIVEL DE TRANSITO	ESPEORES TOTALES	ESPEORES TOTALES	ESPEORES TOTALES	ESPEORES TOTALES	ESPEORES TOTALES
1000000	75	75	72,5	72,5	57,5
5000000	87	87	75	75	65
10000000	95	95	82	82	92

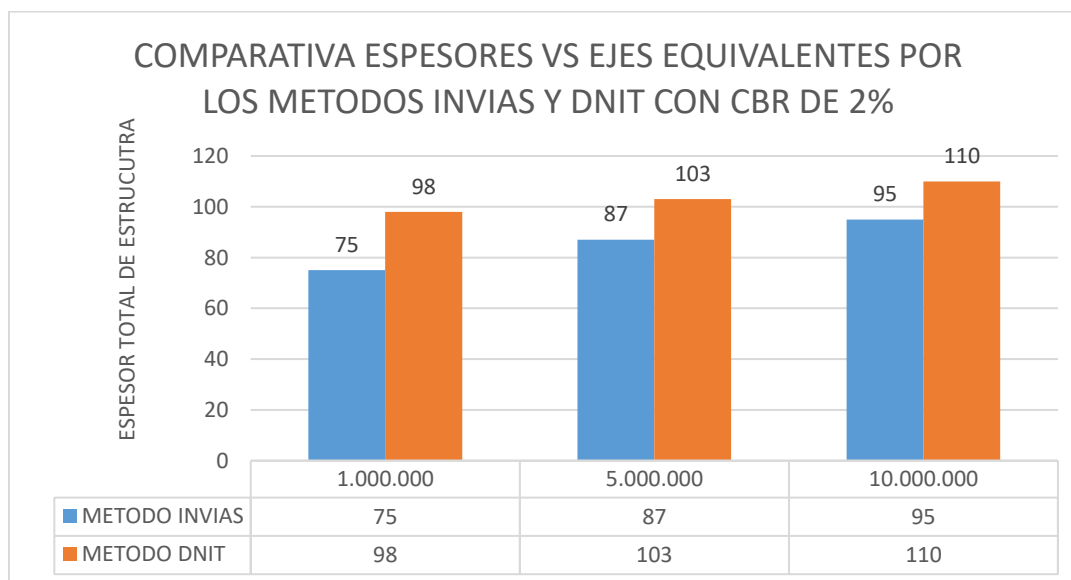
RESULTADOS POR EL METODO BRASILEÑO (DNIT):

METODO DNIT																	
CBR	2				4				6			8			10		
NIVEL DE TRANSITO	CR	BASE	SB-G	RLL	CR	BASE	SB-G	RLL	CR	BASE	SB-G	CR	BASE	SB-G	CR	BASE	SB-G
1.000.000	5	15	25	53	5	15	25	20	5	15	40	5	15	30	5	15	25
5.000.000	7,5	15	25	55,5	7,5	15	25	22,5	7,5	15	40	7,5	15	35	7,5	15	30
10.000.000	7,5	15	30	57,5	7,5	15	30	20,5	7,5	15	43	7,5	15	35	7,5	15	35

METODO DNIT																	
CBR	2				4				6			8			10		
NIVEL DE TRANSITO	CR	BASE	SB-G	RLL	CR	BASE	SB-G	RLL	CR	BASE	SB-G	CR	BASE	SB-G	CR	BASE	SB-G
1.000.000	98				65				60			50			45		
5.000.000	103				70				62,5			57,5			52,5		
10.000.000	110				73				65,5			57,5			57,5		

CUADRO COMPARATIVO EN METODO COLOMBIANO Y BRASILEÑO

DISEÑO POR CBR DE 2% Y SUS VARIANTES DE EJES



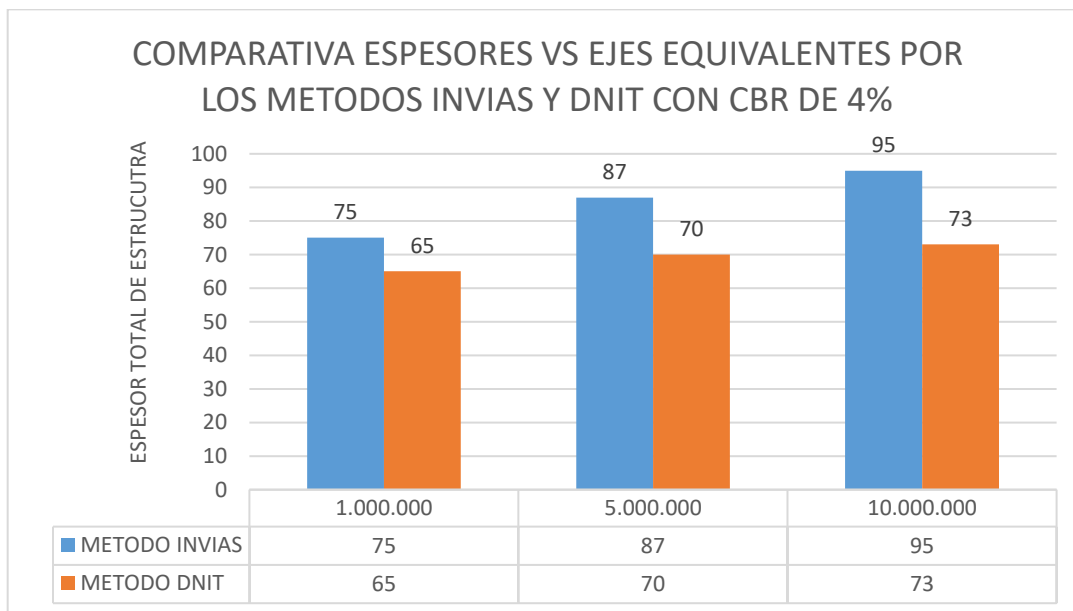
ANALISIS DE RESULTADOS

- El diseño colombiano omite una capa de relleno como no lo omite el diseño brasileño en vista posiblemente del tipo de suelo que obtenemos en Colombia y el tipo de suelo que comúnmente está en Brasil por ser suelo tropical.
- La capa de asfalto o rodadura que ambos utilizan en Colombia predomina el tener un espesor mínimo como lo indica la ASSHTO mientras que el método brasileño no lo toma en cuenta y prevalece la estructura en base del tipo de suelo.
- El tipo de material de relleno que utiliza la normativa brasileña predomina de tal forma que los espesores de los materiales como base granular y sub base que ambos diseños tienen varían de forma que la base granular en el diseño colombiano tiene un aumento de 5 centímetros y un aumento de 15 cm en la sub base granular en relación al diseño brasileño esto connota la importancia que se le da al relleno entorno al tipo de suelo y CBR que arroja y la necesidad de fortalecer o estabiliza el mismo para satisfacer la necesidad de tránsito y cargas que por el diseño se presume va a pasar.
- A medida que la cantidad en millones de ejes equivalentes aumenta en el diseño colombiano observamos que todas las capas que componen la estructura total su espesor aumentan con el fin de tener la capacidad de soportar el aumento de las cargas y ejes anteriormente nombrados.
- En el diseño brasileño a comparativa del diseño anterior por el mismo método, observamos que aumentan dos de las cuatro capas que componen la estructura total de su diseño donde hacen énfasis en aumentar el espesor de la carpeta asfáltica pasando de 5 centímetros a 7,5 centímetros y aumentando de igual forma 2,5 centímetros más la capa de relleno que en el anterior diseño estaba en 53 centímetros y ahora se posiciona en 55,5 centímetros de espesor esto demuestra que la importancia donde más gira los diseños por el método brasileño es la resistencia de la capa de rodadura y el soporte que genere la capa de relleno ante un suelo precario.
- El método colombiano nos permite ratificar que una capa como la sub base granular al tener un espesor de 45 centímetros en el diseño anterior y posterior aumento de ejes equivalentes presente el mismo espesor en este nuevo diseño se establece por parte de la metodología colombiana que se ha llegado al espesor máximo de la

capa que de verdad hace mejora las condiciones a la estructura total y que se procede es a dar un aumento en espesor a las capas de rodadura y base granular dando más importancia a las dos primeras capas de la estructura donde mayor carga presentara por el flujo vehicular.

- El método brasileño de forma contraria al método colombiano da prioridad en la estructura principal a la subbase granular y la capa de relleno debido a que prefiere aumentar los espesores de ellas antes que aumentar las dos primeras capas como lo hace el método colombiano que son la base granular y la carpeta de rodadura este diseño nuevo demuestra la importancia que genera para la metodología brasileña el mejorar las capas que soportan la estructura a las capas más superficiales por donde se da el mayor desgaste por cargas y flujo vehicular.

DISEÑO POR CBR DE 4% Y SUS VARIANTES DE EJES



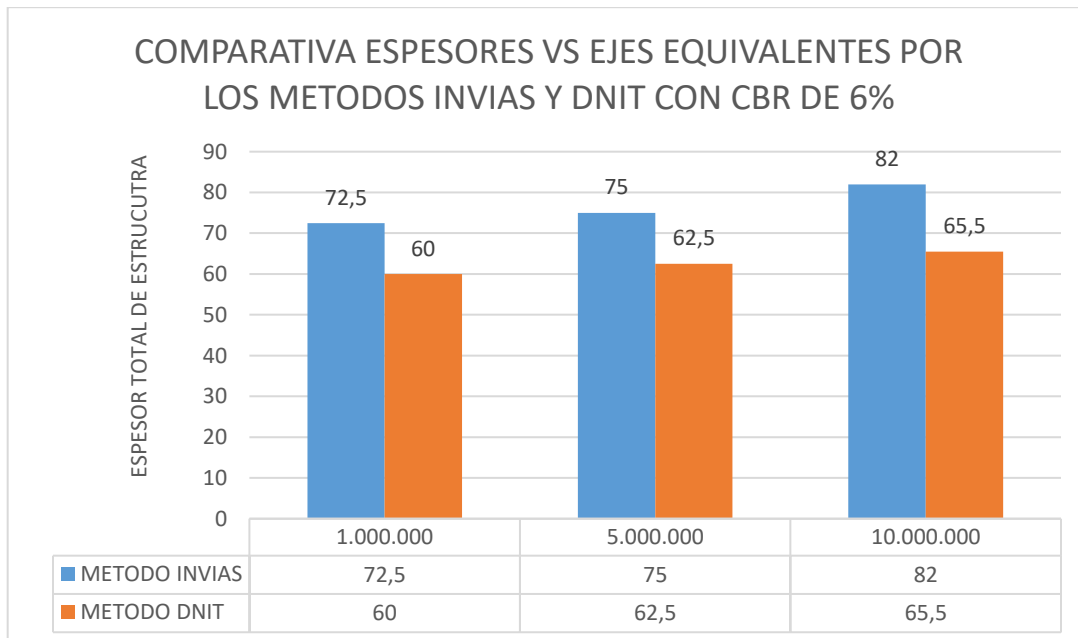
- El diseño por el método colombiano obtiene los mismos resultados en cuanto a espesor de las capas que componen la estructura total sin tener en cuenta que el CBR es del doble al primer diseño esto se debe a que el proceso de cálculo para este diseño va de la mano con el cálculo del módulo resiliente de la subrasante por ende obtenemos un resultado que está en el rango de la categoría S1 como lo obtuvo el

primer diseño por consiguiente se hace necesario esclarecer que es un fallo de la metodología al manejar rangos donde se desconoce la diferencia del CBR se valora el módulo resiliente pero obtenemos resultados y un diseño que se parece a un diseño de una estructura con un suelo en peor condición.

- La metodología brasileña al dar relevancia al CBR de la subrasante y al tipo de material que allí se encuentre en el estudio de suelos basa coherentemente su diseño por este tipo de metodología esto lo podemos analizar en los resultados obtenidos con el diseño que se adquirió cuando el CBR era del 2% y la cantidad de ejes equivalentes corresponde de igual forma a este diseño, se adquiere un diseño de forma tal que la capa de relleno utilizado disminuye 33 centímetros por consiguiente se pasa de un espesor total de 98 centímetros a un espesor de solamente 65 centímetros, disminución que no se observa por la metodología colombiana dado a que sus espesores tanto en el CBR de 2 como el de 4 sigue siendo igual.
- La capa de relleno utilizado en el diseño por método brasileño es pilar para el diseño y para que la estructura completa con un espesor total menor al espesor total por el método colombiano con 10 centímetros menos demuestra que esta capa presenta unas características tanto diámetro más grueso y calidad de material que permite obtener una mejor resistencia en menor espesor.
- A medida que la cantidad de ejes equivalentes aumenta se aumenta espesores en general en ambos diseños pero la tendencia de que el diseño por método colombiano se distancia del diseño por método brasileño se evidencia de tal forma que aumenta su diferencia a favor del primero y pasa de tener 10 centímetros de diferencia como en el diseño por ejes equivalentes de 1 millón a una diferencia de 17 centímetros con ejes equivalentes de 5 millones esto demuestra el mal proceder y diseño que se obtiene por metodología colombiana explicadas en el diseño de 1 millón de ejes y el acertado forma de hacer coherente el CBR con el módulo resiliente por parte de la metodología brasileña.
- La relación costo por el error del diseño en el método colombiano se entiende que a mayores espesores tanto en subbase y carpeta de rodadura que son de mayor dimensión a la encontrada en el método brasileño se entiende que su costo constructivo puede conllevar a un mayor costo constructivo al diseño del segundo método, pero adquiere la posibilidad de tener menores gastos operacionales.

- La relación beneficio y durabilidad se puede tener en cuenta por el posible sobre diseño que se presenta en el método colombiano que no es acorde a la realidad estructural y base del tipo de suelo pero que se denota al final de diseño como características y consecuencias del mismo.
- La capa de la base granular para el diseño brasileño es de una dimensión 20 centímetros menor a la base granular al obtenido por el diseño colombiano lo que en términos de función estructural puede generar un rendimiento que perjudica la capa de rodadura por ser la base granular el primer punto de dispersión de la carga que ejerce los vehículos que a corto plazo no se afectara pero a mediano y largo plazo no adquiere la misma resistencia y acción de resistencia que ejercerá la base granular diseñado por el método colombiano.

DISEÑO POR CBR DE 6% Y SUS VARIANTES DE EJES



- La capa de relleno que se venía instalando en los anteriores diseños por el método brasileño desaparece debido a que el CBR pasa a ser de un 6% que mejora las condiciones en cuanto al tipo de suelo que puede estarse presentando en el sitio a comparativa de los iniciales.
- Esta comparativa demuestra lo planteado anteriormente en que el diseño por el método colombiano presenta algún tipo de error o sobre

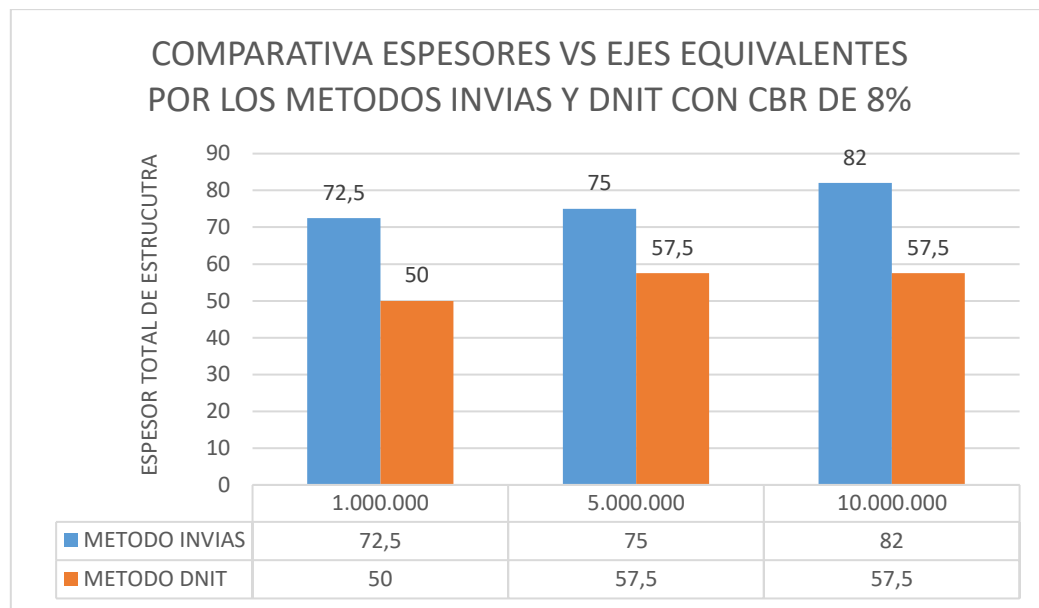
diseño a lo que puede ser relacionado con el diseño por el método DNIT que nos da un resultado de espesores en capas menores a los estipulados en el método INVIAS que por lo relacionado antes puede ingerir de forma tal que alguno de los 2 diseños o puede presentar un sobre diseño y un sobre costo de desarrollo de obra mayor o por el contrario el otro diseño presenta un diseño inapropiado para los requerimientos de carga y suelo con el que se diseña y puede presentar fallas estructurales y sobre costos por correcciones y refuerzos.

- El método INVIAS siempre tiene como característica un mínimo de 7,5 centímetros para la capa de rodadura como sugiere la normativa ASSHTO sin embargo la normativa DNIT parte de un mínimo de 5 centímetros lo cual sugiere que puede ser un espesor precario y con posible tendencia a presentar afectación a mediano plazo.
- Método INVIAS, diseño que por características de CBR del 6 % más el aumento de los ejes equivalentes a 5 millones mejora la base granular y pasa de ser una No 2 a una No 1 lo cual mejora características en busca de generar una mejor distribución de las cargas que aumentaron por el flujo vehicular.
- Los métodos INVIAS y DNIT para el diseño de pavimentos asfálticos llegan a estar basados de igual forma en el proceso, facilidad y comercialización del asfalto producto derivado del petróleo en vista que por hipótesis observamos que se presenta mayor facilidad en la compra de este producto a un menor precio en un país como Brasil que en un país como Colombia esto debido a los altos precios del combustible que maneja Colombia al poco mercado y plantas de asfalto que se hayan en el país en relación a la cantidad que tiene Brasil en su territorio, este factor puede ser importante a la hora de diseñar en vista que posiblemente prefieren ir haciendo mejoramiento y revisión de la estructura en periodos cortos y así tener mayor control de sus vías aunque genere una inversión más grande a largo plazo en comparativa de lo que se pueda generar en gastos en un diseño en Colombia de igual forma hay que tener claro que el tipo de clima cálido seco y semihúmedo en Colombia en su gran mayoría no presenta en la estructura del suelo un parecido a la estructura del suelo en Brasil y sus componentes pueden de igual forma ser un factor que decida en su gran mayoría su composición estructural.
- La proporción espesor del asfalto o carpeta de rodadura tiende a que en el mayor flujo vehicular entre el método INVIAS y DNIT se promedió

un espesor de casi el doble en relación del INVIAS con respecto al DNIT.

- La base granular utilizada en DNIT desde el diseño por ejes equivalentes de 1 millón hasta el de 10 millones siempre tiene el mismo espesor de 15 centímetros, solo se hace aumento en carpeta de rodadura y sub base granular

DISEÑO POR CBR DE 8% Y SUS VARIANTES DE EJES



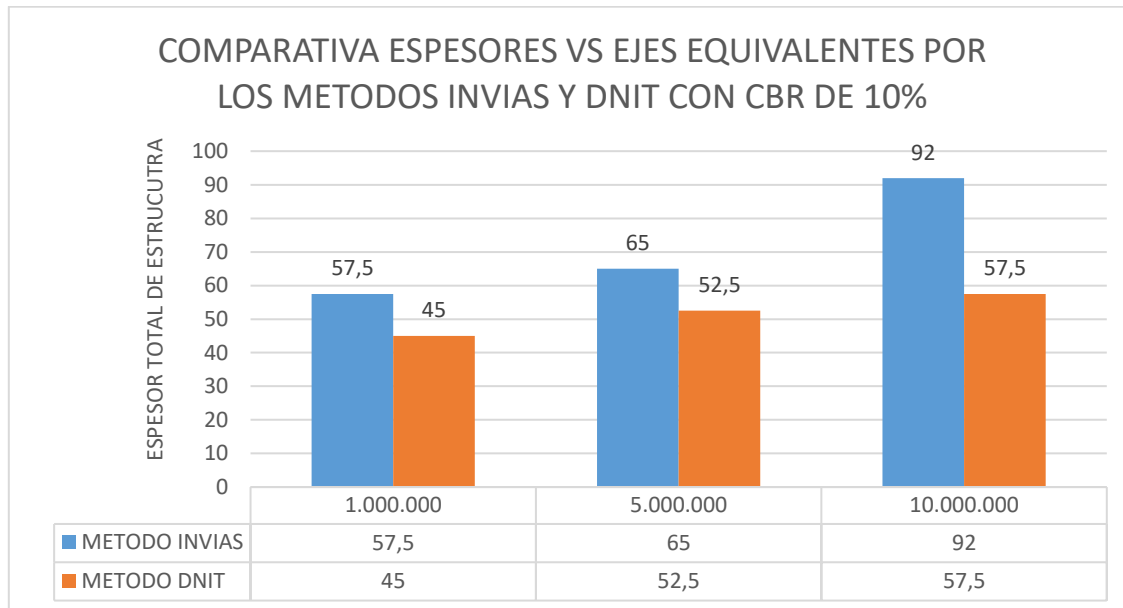
- En el diseño por INVIAS a pesar de que su CBR es de 8% se obtiene un diseño igual al que en los diseños con CBR 6 se asignaron en vista de lo que se viene explicando por el manejo de rangos tan amplios y el módulo resiliente que hace necesario para el proceso en vista de que uno los resultados no son coherentes con los rangos se observa este tipo de fallo.
- El método DNIT, aunque aumente su CBR siempre inicia con un mínimo de espesor de 5 centímetros y una base granular igualmente de 15 centímetros, pero va sujeto a una coherencia en cuanto a la disminución de sus espesores en cuanto la calidad de la sub rasante presente una mejoría en cuanto a su CBR esto permite por un lado

disminuir gastos y por otro lado llevar la línea de que a concepto técnico puede ser a largo plazo una constante de inversión.

- La anterior observación de igual forma se toma en vista de la comparativa de espesores para este 1 diseño debido a la diferencia de espesores que tenemos en cuanto a INVIAS con un total de 72,5 cm y el DNIT con solamente 50 cm esto puede ser fundamentado por un lado en el proceso de error que se analiza en el primero por sus rangos incoherentes a los módulos resilientes sin coincidir con los CBR y por otro lado la baja importancia que le da el método DNIT a los espesores de las 2 primeras capas como son carpeta de rodadura y base granular.
- Mismo error presente en el anterior diseño por parte del método INVIAS, se toman espesores de la misma dimensión para el diseño con CBR de 6 % implica que ignora la mejora en cuanto al CBR de 8 y la capacidad que adquiere este nuevo tipo de suelo y sus características en función de los rangos incoherentes que presentas las tablas y cartas de diseño en el método INVIAS.
- DNIT basa todo su proceso de diseño en la tendencia demostrada de tener como eje principal siempre la primera capa de la estructura como lo es la sub base granular y sin importar que sus ejes equivalentes aumentaron 5 veces más de lo inicial la base granular predomina con su espesor de 15 centímetros solamente y se hace una mejora relativa de 2,5 cm a la carpeta de rodadura.
- El método DNIT presenta un diseño igual para ejes equivalentes de 5 millones como el de 10 millones con CBR de 8, en vista de que obtenemos que cada espesor de cada capa es igual se genera la necesidad de saber porque sin importar que se duplica el flujo vehicular sus espesores siguen siendo el mismo, que afectación acarrea tener un cálculo que estime este tipo de diseño y valore que sea el adecuado para soportar un flujo inicial de 5 millones y otro de 10 millones.
- Ambos métodos tienen características que hace generar dudas en cuanto a diseño debido a que mientras el método INVIAS trabaja con rangos muy separados y olvida la mejoría del tipo de suelo en cuanto a su CBR y puede abarcar sobre dimensionamientos de la estructura en general en el método DNIT dejan muy cerrado el mínimo y máximo espesor de carpeta de rodadura y base granular lo cual a las experiencias en los procesos de construcción registradas en los distintos proyectos que se han realizado en el transcurso del tiempo

generan incertidumbre y la necesidad de caracterizar mejor estas 2 capas con el fin de mejorar prestación de servicio y durabilidad del proyecto.

DISEÑO POR CBR DE 10% Y SUS VARIANTES DE EJES



- En el diseño por INVIAS con un CBR de 10 observamos las hipótesis técnicas planteadas en anteriores observaciones realizadas a los distintos diseños en vista que su espesor total se reduce en 12,5 centímetros en comparación al mismo diseño y método realizado para un diseño con CBR de 8 este espesor se reduce en todas las capas de la estructura por consiguiente establecemos que para este tipo de suelo levemente mejor que el anterior en cuanto al criterio de CBR su comportamiento y estructura puede ser mucho menor a la anterior mientras que para los diseños con CBR de 6 y 8 no se fundamentó ningún cambio y se mantuvo el mismo tipo de estructura.
- El método DNIT aunque aumente su CBR en estos últimos diseños se mantiene en cuanto espesor total de la estructura por debajo de lo asignado a los diseños anteriores por el método INVIAS para este caso su diferencia es de 12,5 centímetros que repercuten de forma directa en el valor total de un proyecto de forma tal que permite asegurar y valorar un mayor ahorro en cuanto a gastos directos e

inmediatos durante un proceso constructivo pero genera la duda de en cuanto a gastos a medio y largo plazo sea óptimo.

- Aumentar el CBR en el método DNIT asegura constantemente un menor espesor total de la estructura en el primer diseño con tránsito de 1.000.000 de ejes equivalentes con un CBR de 2 el espesor total fue de 98 centímetros donde incluía de igual forma una 4 capa que era una capa de relleno ubicada por debajo de la capa de subbase granular mientras que el diseño calculado con el mismo eje equivalente pero con un CBR de 10 su espesor total es de 45 centímetros únicamente y conformada por 3 capas donde se excluye la capa de relleno esta relación de nota la capacidad e importancia que ejerce el tipo de suelo en el cual se diseña de tal forma que la diferencia entre el primer diseño y el ultimo es de 43 centímetros que en relación son el 80 % del espesor utilizado en la capa de relleno que como función principal es el de estabilizar el suelo.
- Ambos diseños por los métodos DNIT e INVIAS coinciden en que el espesor máximo utilizado para subbase granular debe ser máximo de 30 centímetros pero varían en los espesores de las capas superior como lo son base y carpeta de rodadura, el método INVIAS prefiere garantizar la capacidad de soporte de estas 2 primeras capas dejando una capa de rodadura con 10 centímetros de espesor mientras que su base granular es de 25 centímetros mientras que el método DNIT sugiere que con menores espesores de 7,5 y de 15 centímetros en carpeta de rodadura y base granular es suficiente para las cargas que ejercerá el tránsito de 5 millones de ejes es aquí donde se fundamenta el análisis de relacionar costo beneficio, costo operacional, tiempo de diseño y durabilidad de ambos diseños.
- El método INVIAS en este diseño a diferencia del método DNIT mantiene el espesor de subbase granular que se calcula con unos ejes equivalentes de 1 millón, pero mejora la carpeta de rodadura y base granular de forma tal que adhiere a estas capas 2,5 centímetros y 5 centímetros respectivamente con el fin de mejorar las capas que mayor afectación tiene a la recepción de cargas considerando ya que de por si la influencia de la sub base granular no se ve tan determinante por mantener un CBR de 10.
- El método DNIT presenta un diseño igual para ejes equivalentes de 10 millones con CBR de 10 que al mismo diseño, pero con CBR de 10, en vista de que obtenemos que cada espesor de cada capa es igual se genera la necesidad de saber porque su espesor total es igual

que concepto técnico genera que no baje el espesor total sabiendo que la prestación en cuanto a CBR es mejor ahora que en el diseño por CBR de 8.

- Aunque las observaciones anteriores generan una serie de incógnitas que presentan ambos diseños en la comparativa directa de los 2 diseños en estas mismas condiciones en cuanto a ejes y CBR por ambos métodos observamos que el método INVIAS aumenta en 27 centímetros el espesor total de su diseño con respecto al analizado con 5 millones de ejes e igual CBR de 10 y el método DNIT solo aumenta en 5 centímetros en relación al diseño anterior esto supone una diferencia entre los diseños finales de 34,5 centímetros para soportar unos ejes equivalentes iguales de 10 millones y con un tipo de suelo igual con CBR de 10 que hace que esta diferencia sea tan notoria para este último diseño y bajo que concepto se aplica.