



DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLA

FELIX ANDRES CONTRERAS GONZALEZ

JUAN CAMILO MUÑOZ HERNANDEZ

ING. HERNANDO VILLOTA BOSSO

INTRODUCCION

Este manual de diseño y construcción de placa huella representa un aporte al desarrollo de la construcción vial en Colombia. En este documento se muestra a detalle el paso a paso mediante un registro fotográfico y una descripción sobre cada etapa de la construcción. A parte se incluye información general sobre los materiales, dimensiones, acabados, recomendaciones, descripciones; necesarias para la debida construcción de la placa huella.

DESCRIPCION

Una placa huella se refiere a la elaboración, transporte, colocación y vibrado de una mezcla de concreto hidráulico reforzado, dispuesto en dos placas separadas por piedra pegada (concreto ciclópeo), de acuerdo con los lineamientos, cotas, secciones y espesores indicados los diseños.

MATERIALES

A. Concreto

Para las cintas o huellas, viguetas intermedias, placas de acceso y vigas inicial y final, el concreto será clase D con una resistencia a la compresión de 3.000 PSI; para las cunetas, el concreto será clase E con una resistencia de 2.500 PSI ò “Cuneta de concreto fundida en sitio” y para las placas o franjas centrales y sobre anchos será una placa en concreto ciclópeo clase G, materiales estos que deben cumplir las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras, INVIAS.

B. Hierro

La cinta o huella llevará una armadura o parrilla en hierro de 3/8 de pulgada cada 0.20 metros en ambos sentidos; cuando la pendiente es pronunciada, se reemplazarán 3 de los hierros longitudinales de 3/8 de pulgada, por 3 de ½ pulgada. Las placas de acceso llevarán igualmente hierro de 3/8 de pulgada en ambos sentidos.

En cuanto al hierro de las viguetas intermedias y vigas extremas, se colocará flejes rectangulares cada 0.20 metros y 4 varillas longitudinales, ambos de 3/8 de pulgada.

EQUIPOS

- A. Equipo de Mezclado Se permite la utilización de concreto premezclado clase D, o concreto realizado en obra mediante mezcladoras con capacidad no mayor a 3 m³. De mezclarse manualmente deberá contar con autorización previa del interventor o supervisor de obra.
- B. Formaleta Las formaletas son elementos necesarias para confinar y dar forma al concreto, de acuerdo con las líneas mostradas en los diseños. Las formaletas podrán ser de madera o metálicas y se deberán poder ensamblar firmemente y tener la resistencia suficiente para contener la mezcla de concreto, sin que se deforme en el tiempo de fraguado del concreto. Las formaletas de madera deberán ser de espesor uniforme y de un mismo tipo de madera (tabla cepillada o de triplex).

CARACTERISTICAS

La construcción de placa huellas se realizara de mediante cintas o placas en concreto reforzado que serán colocadas en módulos de 3.0 metros y tendrán las siguientes dimensiones: ancho de 0.90 metros, espesor de 0.15 metros y una longitud entre centros de viguetas transversales de 3.0 metros. Entre estas cintas se construirá una placa de concreto clase G, también en un ancho de 0.90 metros, todas las cintas serán arriostradas por unas viguetas reforzadas de 0.15 metros de ancho por 0.25 metros de altura localizadas cada de 3.0 metros, las vigas inicial y final serán de 0.20 metros de ancho por 0.30 metros de altura e irán en todo el ancho hasta la cuneta. Se construirá una placa de sobre ancho en concreto ciclópeo para rematar en una cuneta que puede ser en V o con bordillo según el diseño de construcción.

DISEÑO DE PLACA HUELLAS

1. METODOLOGIA DE DISEÑO AASTHO

El método AASTHO es uno de los métodos más dinámicos y más específicos que se tiene para el diseño de pavimento rígido, pues en el influyen muchas variables tales como:

- Desviación normal estándar.
- Error estándar combinado
- Índice de servicio final y variación en el índice de servicio
- Coeficiente de drenaje
- Coeficiente de transmisión de cargas
- Módulo de elasticidad
- Factor de perdida de soporte
- Módulo de reacción K de la superficie en la que se apoya el pavimento.
- Determinación del espesor del pavimento.

Utilizando todos los factores mencionados anteriormente, se dará progreso a la evaluación y debido diseño de la placa de concreto para la Placa Huella

1.1. Desviación Normal Estándar

La guía sugiere los niveles de confiabilidad R indicados en la siguiente tabla de acuerdo con el tipo de carretera que se trate.

Tipo de carretera	Niveles de confiabilidad	
	Urbana	Interurbana
Autopistas y carreteras importantes	85 - 99,9	80 - 99,9
Arterias principales	80 - 99	75 - 95
Colectoras	80 - 95	75 - 95
Locales	50 - 80	50 - 80

Tabla 1. Niveles de confiabilidad a adoptar en función del tipo de carretera

Como se muestra anteriormente existen cuatro tipos de carretera según el método de diseño Aastho del 93, para el caso aplicable en la ejecución de placa huella y tomando como base que es red terciaria tomaremos el dato de 70 ya que se encuentra en tipo de carretera Local y de nivel de confiabilidad Urbana.

$$R = 70$$

1.2. Error estándar combinado.

Representa la desviación estándar conjunta que conjuga la desviación estándar de la ley de predicción de tránsito en el periodo de diseño con la desviación estándar de la ley de predicción del comportamiento del pavimento.

La guía aastho recomienda adoptar para S_o valores comprendidos entre los siguientes intervalos:

- Pavimentos rígidos: 0.30- 0.40
 - 0.35= Construcción nueva
 - 0.40= Sobre capas.

Teniendo en cuenta que será una construcción nueva, se asumirá el $S_o=0,35$

$$S_o = 0.35$$

1.3. Índice de Servicio Final y variación, el índice de servicio.

La sección de índice de servicio final, se debe basar en el índice ms bajo que pueda ser tolerado antes de que sea necesario efectuar una rehabilitación, un esfuerzo o una reconstrucción.

La guía Aastho recomienda adoptar el valor de 2.0 para tráficos lentos.

En cuanto al índice de servicio inicial que a su vez interviene para determinar la variación de serviciabilidad y que depende de la calidad de la construcción.

$$P_0 = 4.50$$

$$P_T = 2.0$$

$$Cd = 1.0$$

1.4. Coeficiente de Drenaje

La calidad del drenaje que viene determinada por el tiempo que tarda el agua infiltrada en ser evacuada del pavimento y el porcentaje del tiempo a lo largo del año durante el cual el pavimento está expuesto a niveles de humedad aproximándose a la saturación.

Calidad del drenaje	Porcentaje de tiempo en el que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad próximos a la saturación			
	Menos del 1%	1% - 5%	5% - 25%	Más del 25%
Excelente	1.25 - 1.20	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10
Bueno	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00
Mediano	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90
Malo	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80
Muy malo	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80 - 0.70	0.70

Tabla 2. Valores de Coeficiente de drenaje

Según la tabla 3 extraída del diseño de pavimentos AASTHO 93 para un terreno en donde su nivel de saturación es mayor al 5% pero menor que 10% según los frentes visitados para toma de datos, y la calidad del drenaje varía entre malo, bueno y mediano se optara por tomar un valor que se encuentre en la media de lo anteriormente señalado.

1.5. Coeficiente de transmisión de cargas, J

Este factor se introduce para tener en cuenta la capacidad del pavimento de concreto para transmitir las cargas a través de las discontinuidades.

Los casos de carreteras de poco tráfico, soportando un tráfico reducido de camiones, pueden irse a los valores más bajos de J, puesto que entonces habrá menos pérdida del efecto de la trabazón de los agregados.

Berma	De asfalto		De concreto	
Dispositivos de transmisión de cargas	Si	No	Si	No
Tipo de pavimento				
1. No reforzado o reforzado con juntas	3.2	3.8 - 4.4	2.5 - 3.1	3.6 - 4.2
2. Reforzado continuo	2.9 - 3.2	--	2.3 - 2.9	

Tabla 3. Valores del coeficiente del valor de carga

Para los valores dispuestos en la tabla 4 se tomara como según lo indica la norma los valores menores, en este caso tomaremos un valor medio entre un dispositivo de transición de cargas "Reforzado Continuo" en donde al caso de nuestra placa huella se tendrá Berma de concreto

$$J = 2.7$$

1.6. Módulo de elasticidad del concreto.

Según el código colombiano de construcciones sismo resistentes indica que para cargas instantáneas el valor del módulo de elasticidad puede considerarse igual a las expresiones citadas en la siguiente tabla (Tabla No 5).

Tipo de agregado y origen	Módulo de elasticidad E_c (MPa – kg/cm ²)
Grueso – Ígneo	$E_c = 5,500 \sqrt{f_c'} - 17\,500 \sqrt{f_c'}$
Grueso – Metamórfico	$E_c = 4\,700 \sqrt{f_c'} - 15\,000 \sqrt{f_c'}$
Grueso – Sedimentario	$E_c = 3\,600 \sqrt{f_c'} - 11\,500 \sqrt{f_c'}$
Sin información	$E_c = 3900 \sqrt{f_c'} - 12.500 \sqrt{f_c'}$

Tabla 4. Correlación entre la resistencia a la compresión y el módulo de rotura

1.7. Factor de pérdida de soporte.

Este factor viene a indicar la pérdida del apoyo del apoyo potencial debido bien a la erosión de la subbase o bien al asentamiento diferencial de la subrasante.

Para ello el método AASTHO nos indica en una tabla el tipo de base o subbase contra el Factor de perdida de soporte como se indica a continuación en la Tabla 6.

Tipo de base o subbase	Factor de pérdida de soporte LS
Bases granulares tratadas con cemento (E: 7.000 a 14.000 MPa)	0,0 a 1,0
Subbases tratadas con cemento (E: 3.500 a 7.000 MPa)	0,0 a 1,0
Bases asfálticas (E: 2.500 a 7.000 MPa)	0,0 a 1,0
Subbases estabilizadas con asfalto (E: 300 a 2.000 MPa)	0,0 a 1,0
Estabilización con cal (E: 150 a 1000 MPa)	1,0 a 3,0
Materiales granulares sin tratar (E: 100 a 300 MPa)	1,0 a 3,0
Suelos finos y subrasantes naturales (E: 20 a 300 MPa)	2,0 a 3,0

Tabla 5. Valores del factor de pérdidas de soporte en función del tipo de base o subbase

Según la anterior tabla se tendrá en cuenta el “MATERIALES GRANULARES SIN TRATAR” para lo que nos da un Factor promedio de 2.

$$L_s = 2.0$$

Para el cálculo final y el diseño del espesor del pavimento obtenemos los siguientes datos:

- R
- S_o
- P_0
- PT

- C_d
- J
- E_c
- L_s
- K
- M_r
- W_{18}

Se evaluara con los anteriores datos, con el programa “Ecuacion AASTHO 93”; a continuación se muestra una imagen de interface del programa.

Tabla 6. Evaluación del Diseño Ecuación AASTHO 93¹
DIMENSIONES ESTANDARIZADAS

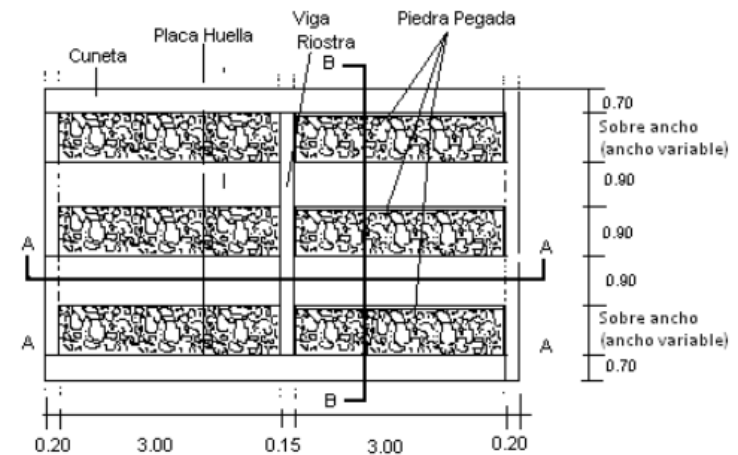


Imagen 1. Vista en planta de placa huella

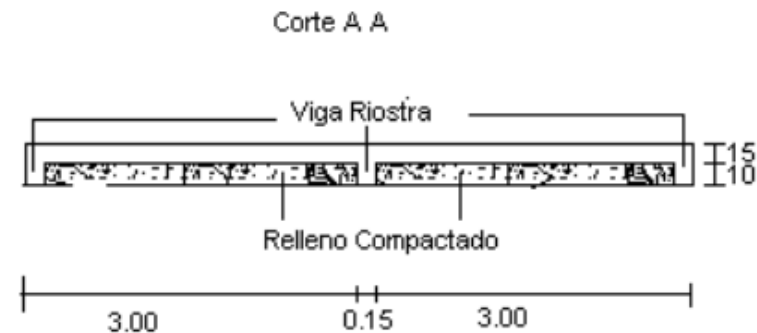


Imagen 2. Corte longitudinal AA

¹ Calculo del numero estructural AASTHO 1993 Elaborado por Ing. Luis Ricardo Vasquez Varela Manizales. Octubre 2000

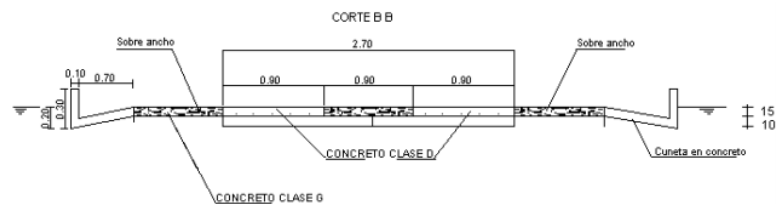


Imagen 3. Corte transversal BB

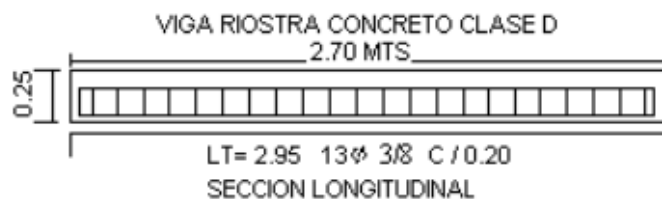
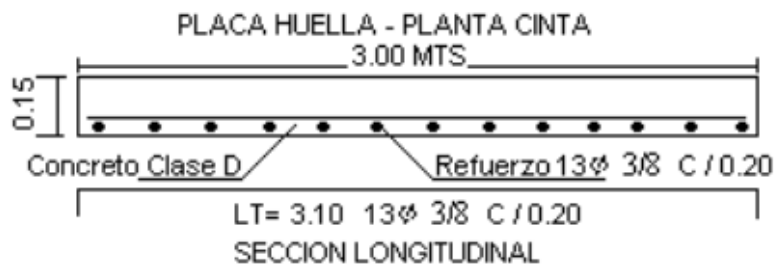


Imagen 4. Despiece de aceros

CONSTRUCCION DE PLACA HUELLAS

1. SOCIALIZACIÓN CON LA COMUNIDAD.

Antes de iniciar la ejecución del proyecto se debe realizar la socialización a la comunidad sobre el proyecto a ejecutar; esta socialización se debe realizar junto con líderes sociales, personas delegadas, interventoría y entidad encargada la cual supervisara las obras ejecutadas en conjunto con la interventoría delegada.



Imagen 5. Socialización Municipio del Hato.

2. LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO DEL PROYECTO.

Se debe realizar la localización topográfica del proyecto según el manual de interventoría del INVIAS, los equipos de topografía deben tener una precisión de

máximo 1" en rango angular y 3mm en distancia. En la localización se ubicara el lugar a ejecutar las obras, y se puede desarrollar alternamente el replanteo del proyecto en donde se debe evidenciar accesos a la obra, alcantarillas existentes, desagües, vegetación, viviendas, etc.



Imagen 6. Equipos de topografía (PRISMA, TRIPODE, ESTACION).

3. INSTALACIÓN DE LA VALLA INFORMATIVA DEL PROYECTO.

La valla informativa debe estar ubicada al inicio del proyecto, en ella se debe evidenciar la entidad contratante, el contratista, el interventor, el objeto del contrato.



Imagen 7. Valla informativa municipio de Oiba.

4. ADECUACIÓN Y CONFORMACIÓN DEL TERRENO

En este paso dependiendo del lugar de construcción de la placa huella, se podrá hacer necesario alguna de las siguientes opciones:

4.1. EXCAVACIÓN Y NIVELACIÓN DEL SUELO.

Se debe hacer excavaciones que no sean mayores a 0.25 metros, para realizar la conformación del terreno en donde se situara la placa huella. En algunos casos será necesario realizar excavaciones de mayor profundidad y que requieran mover mayor volumen de suelo; esto será conforme a la localización del proyecto.



Imagen 8. Excavación municipio de Oiba.

4.2. ALISADO DE SUELO.

Se debe adecuar el terreno, compactarlo hasta generar un espesor de 0.10mts el cual debe cumplir con la capacidad de soporte CBR del suelo (95%)



Imagen 9. Regado y compactación de material.

4.3. RELLENO Y COMPACTACIÓN DE SUELO

En algunas situaciones se debe realizar Relleno de material para generar la compactación del suelo, estos casos puede ser cuando se construyen tuberías, ya que se hace necesario extraer material y rellenar nuevamente con el material extraído, al igual que en la construcción de canales y/o Box culvert.



Imagen 10. Excavación y relleno de material Municipio de Oiba.

5. UBICACIÓN DE LA FORMALETA.

Después de tener compactado el suelo se colocara la formaleta longitudinalmente guardando la separación entre módulos de 3.0 metros, dentro de estos módulos se debe ubicar cajones en la parte central de la madera lateral con el fin de fundir en concreto ciclópeo; estos

cajones tendrán un ancho de 0,90 metros por 3,00 metros de largo y se ubicaran a lo largo de la vía separados a 0,15 metros uno del otro. Esta formaleta debe ser estable y lo suficientemente resistente para dar forma al concreto durante el fraguado.



Imagen 11. Ubicación de la formaleta.

6. MALLA DE REFUERZO PARA CINTAS

Las mallas de refuerzo se ubican en el area de las cintas (PLACA HUELLA) las cuales deben tener una medida de 3/8 de pulgada y deben ser amarradas con alambre que deberá tener un diámetro equivalente de 0.625 ó 0.00800 pulgadas. En los espacios de 0,15 metros que quedaron entre los cajones de la formaleta anteriormente ubicados, se colocara el acero de refuerzo para las vigas.



Imagen 12. Amarre de malla de refuerzo.



Imagen 13. Ubicación de Vigas de refuerzo.

6.1 ALAMBRE DE AMARRE.

El alambre estipulado debe ser equivalente a un diámetro de 0.625 ó 0.008000 Inch para realizar

tanto el amarre de las vigas de reforzamiento, como las mallas de refuerzo de las cintas de concreto.



Imagen 14. Alambre de amarre.

Los amarres de los aceros se deben hacer con alambre en todas las intersecciones.

7. MEZCLA DE CONCRETO (OBRA)

La mezcla de concreto se realiza en obra utilizando los materiales necesarios como grava, arena, cemento portland y agua; de igual manera se debe garantizar que el diseño de mezcla cumpla con la resistencia a la compresión de 3000 Psi y que los equipos especiales tales como trompo mezclador manual se encuentren en

un estado optimo para su utilización.



Imagen 15. Preparación de Concreto Hidráulico clase D (3000 Psi).

8. FUNDICION DE PLACA HUELLA

Se procederá a fundir las cintas de 0.90 metros de ancho y las vigas de reforzamiento con concreto clase D dejando un espacio de 0.90 metros entre las cintas que esta delimitado por los cajones de la formaleta anteriormente ubicados.





Imagen 16. Fundición de placa huella Municipio de Oiba.

9. TOMA DE MUESTRAS PARA ENSAYO DE LABORATORIO A CONCRETOS.

Durante la fundición se deberán tomar muestras del concreto, para posteriormente realizar las pruebas y comprobar que el concreto si cumple con la especificación del Concreto Hidráulico clase D (3000 Psi).



Imagen 17. Toma de muestras, testigos de concreto.

10. ESPINA DE PESCADO

Durante el fraguado inicial de las cintas se debe realizar un rayado en forma de esqueleto de pescado, a una distancia de 0,20 metros una línea de la otra, con el fin de proporcionar mayor adherencia y tracción de las llantas del vehículo con la vía, se debe sobreponer una tela en la placa huella para generar mayor rugosidad, no obstante su figura en V tiene como función generar desagüe hacia las cunetas así evitar saturaciones y posibles incorporaciones de flujo a la estructura de concreto.



Imagen 18. Rayado en forma de esqueleto de pescado.

11. FRANJA CENTRAL

Posteriormente se retirara los cajones de formaleta ubicados en el centro de la placa huella, para fundir la placa central que debe tener un ancho de 0.90 metros en donde se instalara concreto ciclópeo

clase G con piedra rajón que no sea mayor al espesor de la placa huella.



Imagen 19. Fundida de la placa central.

12. SOBRE ANCHOS

Los sobre anchos se fundirán al mismo tiempo que la franja central en concreto ciclópeo clase G que tendrán una medida variable; se recomienda que el mínimo sea de 0.50 metros.



Imagen 20. Fundida de sobre anchos.

13. FORMALETA DE CUNETAS

Se debe realizar la colocación de la formaleta paralela al sobreancho ya construido con una separación de 0,70 metros a cada lado con el fin de construir la cuneta.



Imagen 21. Formaleta de cunetas.

14. INSTALACION DE ACERO PARA CUNETAS

Después de tener la formaleta colocada, se pondrá el acero de refuerzo de 3/8 de pulgada y deben ser amarradas con alambre que deberá tener un diámetro equivalente de 0.625 ó 0.00800 pulgadas para la cuneta.



Imagen 22. Acero de refuerzo para cunetas.

15. FUNDICIÓN DE CUNETAS

Posteriormente se fundirá las cunetas con concreto hidráulico clase D. Durante la fundición se deberán tomar muestras del concreto, para posteriormente realizar las pruebas y comprobar que el concreto si cumple con la especificación del Concreto Hidráulico clase D (3000 Psi).



Imagen 23. Fundición de cunetas.

16. CONSTRUCCION DE BORDILLO LATERAL DE LA VIA.

Finalmente se construirá una bordillo de 0.10 metros de ancho por 0.30 metros de altura a cada lado de la vía, con el fin de demarcar la misma.



Imagen 24. Construcción de bordillo lateral

17. FINALIZACIÓN DE CONSTRUCCION.

Una vez finalizados los pasos anteriormente descritos, se da por finalizada la obra de construcción de placa huella, obteniendo como resultado una vía acorde a las necesidades de la población beneficiada ayudando a la población a realizar desplazamientos por una vía que cumple con las especificaciones básicas y limitantes de la red terciaria nacional.

18. ENTREGA DE OBRA.

Como último proceso se debe hacer la entrega tanto a la entidad como al municipio y población en general.



Imagen 25. Entrega de proyecto por parte del contratista, interventoría y entidad a la alcaldía municipal de Oiba.

RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS

- Cuando se deba hacer placa huellas en sitios inestables como laderas con problemas de erosión, altas pendientes, caídas de materiales, es recomendable hacer muros de contención así como disipadores de energía, que retengan el material y la fuerza con la que pueda caer sobre la placa, esto para evitar fallas de la estructura, daños y taponamiento de las cunetas u obras de arte, que pueden generar represamiento de material.
- Cuando se vaya a construir obras de arte de gran envergadura como Box culvert o tuberías superiores a las 30 pulgadas, se sugiere hacer la excavación, el monte de la estructura o construcción de la misma y compactar con el mismo material.
- En el alcance de este manual no se involucraron obras de arte, debido a que son netamente criterios del diseñador hidráulico el cual debe fijar las pautas de diseño así como en asociación con el especialista estructural determinar la construcción del mismo.

RECOMENDACIONES DE DISEÑO

- Aunque en esta cartilla se recomienda el método de diseño AASTHO, no se desmiente que métodos como el de la PCA son ampliamente aplicables,
- Al aplicar cualquier tipo de diseño de pavimentos se recomienda al constructor que dicho diseño debe ser apto para el sector de construcción, procurar en disminuir costos que pudiese llegar a presentar por la falta de un apropiado diseño de pavimentos.
- De igual manera enfocarse en el principio de la Ingeniería contemporánea en donde la prioridad es la confiabilidad de las estructuras a construir es por ello que se aconseja no llevar al límite más bajo el diseño de pavimento.

FELIX ANDRES CONTRERAS GONZALEZ

JUAN CAMILO MUÑOZ HERNANDEZ

TUTOR: Ing HERNANDO VILLOTA POSSO

