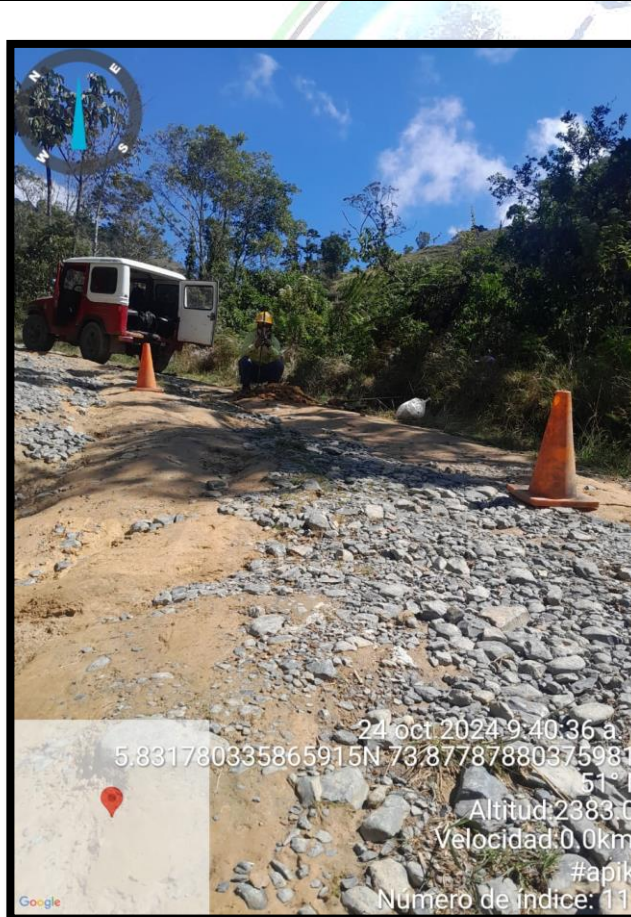




FWF GEOINGENIERIA S.A.S  
NIT: 900730123-4  
LABORATORIO DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS  
CONSULTORIA, INTERVENTORIA Y CONSTRUCCION

# 2024

## “ELABORACIÓN DE ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PLACA HUELLAS EN LOS DIFERENTES PUNTOS CRÍTICOS DE LAS VÍAS Terciarias DEL MUNICIPIO DE FLORIÁN, SANTANDER.”



**FWF GEOINGENIERIA S.A.S.**

**Barbosa Santander.**

**30-11-2024**



**FWF GEOINGENIERIA S.A.S**  
**NIT: 900730123-4**  
LABORATORIO DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS  
CONSULTORIA, INTERVENTORIA Y CONSTRUCCION

**“ELABORACIÓN DE ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE  
PLACA HUELLAS EN LOS DIFERENTES PUNTOS CRÍTICOS DE LAS VÍAS  
TERCIARIAS DEL MUNICIPIO DE FLORIÁN, SANTANDER”**



**BARBOSA SANTANDER**  
**NOVIEMBRE 2024**



## TABLA DE CONTENIDO

|                                                | Pág.      |
|------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO</b> | <b>5</b>  |
| 1.1. DATOS DE ENTRADA DE DISEÑO                | 5         |
| <b>2. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO</b> | <b>6</b>  |
| 2.1. INTRODUCCIÓN                              | 6         |
| 2.2. METODOLOGÍA ADOPTADA                      | 6         |
| 2.3. VARIABLES DE DISEÑO                       | 7         |
| 2.3.1. TRANSITO                                | 7         |
| 2.3.2. PERIODO DE DISEÑO                       | 7         |
| 2.3.3. CARACTERÍSTICAS DE LA SUB RASANTE       | 8         |
| 2.4. CARACTERÍSTICAS DE LA SUB-BASE            | 8         |
| 2.5. PLACA HUELLA EN CONCRETO REFORZADO        | 9         |
| 2.5.1. DIMENSIONES DE LA PLACA                 | 10        |
| 2.5.2. REFUERZO LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL     | 10        |
| 2.5.3. MATERIALES DE PLACA-HUELLA              | 11        |
| 2.6. OTROS ELEMENTOS DE LA ESTRUCTURA          | 11        |
| 2.6.1. RIOSTRA Y JUNTAS                        | 11        |
| 2.6.2. BERMA CUNETA                            | 13        |
| 2.6.3. PIEDRA PEGADA                           | 13        |
| 2.7. DRENAJE                                   | 13        |
| 2.8. ESQUEMA FINAL DE LA ESTRUCTURA            | 14        |
| <b>3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>       | <b>15</b> |



## LISTA DE FIGURAS

|                |                                                                   |   |
|----------------|-------------------------------------------------------------------|---|
| <b>Tabla 1</b> | Resultado ensayos de CBR de la sub-rasante .....                  | 8 |
| <b>Tabla 2</b> | Requisitos de los agregados para sub – bases granulares. ....     | 9 |
| <b>Tabla 3</b> | Franjas granulométricas del material de sub – base granular. .... | 9 |

## LISTA DE FIGURAS

Pág.

|                 |                                                             |    |
|-----------------|-------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1</b> | Sección transversal estructura típica de placa huella ..... | 6  |
| <b>Figura 2</b> | Vehículo de diseño. Camión C-3 .....                        | 7  |
| <b>Figura 3</b> | Planta de distribución del refuerzo .....                   | 10 |
| <b>Figura 4</b> | Corte transversal para el refuerzo .....                    | 11 |
| <b>Figura 5</b> | Corte transversal riostra .....                             | 12 |
| <b>Figura 6</b> | Detalle junta transversal .....                             | 12 |
| <b>Figura 7</b> | Corte Berma Cuneta .....                                    | 13 |
| <b>Figura 8</b> | Diseño final estructura .....                               | 14 |



## 1. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO

### 1.1. Datos de entrada de diseño

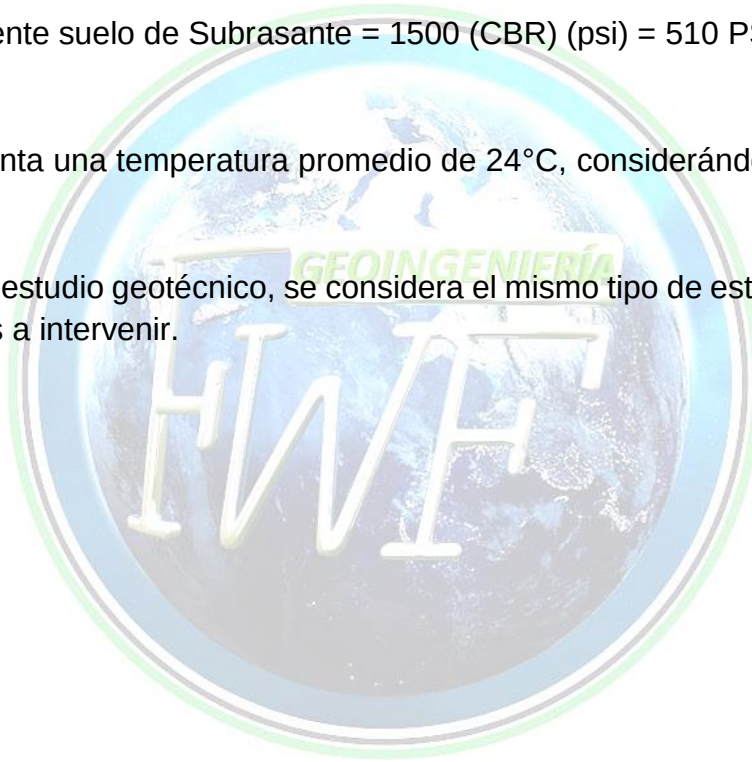
CBR de diseño = 3.4 %

Modulo Resiliente suelo de Subrasante = 340 Kg/cm<sup>2</sup>

Modulo Resiliente suelo de Subrasante = 1500 (CBR) (psi) = 510 PSI

La zona presenta una temperatura promedio de 24°C, considerándose como clima templado.

De acuerdo al estudio geotécnico, se considera el mismo tipo de estructura para las diferentes vías a intervenir.



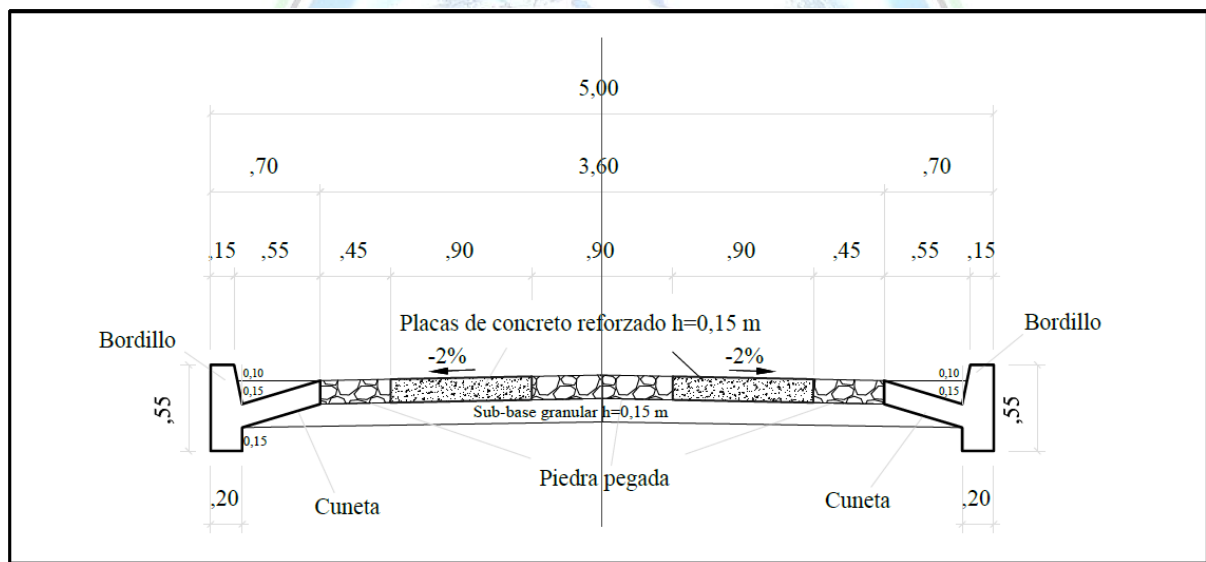


## 2. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO

### 2.1. INTRODUCCIÓN

La estructura de pavimento que se plantea es un sistema llamado placa huella, empleado para vías terciarias de carácter veredal, con volúmenes bajos de tránsito con pocos vehículos al día. El sistema típico está compuesto por una capa de subbase con materiales adecuados que cumplan las especificaciones del INVIAS, y sobre esta un par de placas de concreto reforzado, intercaladas con una mezcla de concreto ciclópeo con cantos rodados junto con sus bordillos y cunetas. Esto con el fin de garantizar condiciones satisfactorias de circulación durante su periodo de servicio.

**Figura 1** Sección transversal estructura típica de placa huella.



**Fuente.** Guía de diseño de pavimentos con placa-huella. INVIAS 2015.

### 2.2. METODOLOGÍA ADOPTADA

La metodología de diseño empleada es por medio de la Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-Huella propuesta por el INVIAS en el año 2015, donde se involucran las variables de diseño como tránsito, capacidad de soporte de la subrasante, resistencia del concreto y de los materiales empleados con agregados y barras de acero.



## 2.3. VARIABLES DE DISEÑO

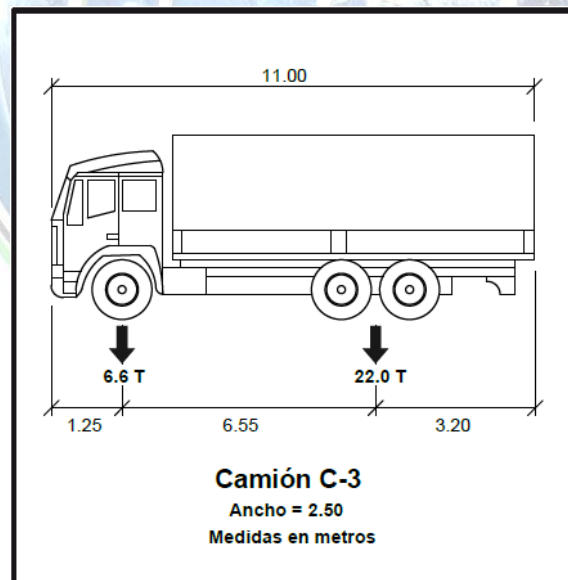
### 2.3.1. Transito

Para el sistema de placa huella no es recomendable hacer un estudio de transito puesto que solo emplearía para que la estructura falle por acumulación de fatiga, y este no es el caso de la placa huella, ya que el mecanismo de falla de esta estructura es por carga ultima.

Por lo tanto se elige el camión de diseño un camión tipo C-3, siendo este el de más capacidad que puede circular por una vía tipo placa huella, teniendo en cuenta que al circular vehículos de menor peso no habrá problema con la resistencia de las losas de concreto.

El camión de diseño está basado en el transporte de productos agropecuarios, forestales o mineros extraídos de la zona vereda, este tiene una distribución de un eje sencillo en la parte delantera de 6,6 ton y un eje tándem en la parte trasera de 22 ton, con una longitud de 11m, tal como la figura siguiente.

**Figura 2** Vehículo de diseño. Camión C-3.



**Fuente.** Guía de diseño de pavimentos con placa-huella. INVIAS 2015.

### 2.3.2. Periodo de diseño

El periodo de diseño de una placa huella prestando condiciones de servicio adecuadas es de no menos de 20 años, siempre y cuando se garantice la limpieza de las obras de drenaje y la rocería de las zonas laterales de la vía.



### 2.3.3. Características de la sub rasante

Las condiciones de la Sub-rasante se recomienda primero rectificar el perfil longitudinal de tal manera que sea aceptable con pequeñas correcciones en las curvas verticales, esto puede hacerse con un material de afirmado.

Con los resultados obtenidos que se muestran a continuación se determina lo siguiente:

**Tabla 1** Resultado ensayos de CBR de la sub-rasante.

| Apique | USCS  | Wn %  | % CBR Promedio con PDC | % Promedio CBr inalterado |
|--------|-------|-------|------------------------|---------------------------|
| 1      | A-7-6 | 19.05 | 3.5                    | 5.6                       |
| 2      | A-7-6 | 12.00 | 3.2                    |                           |

Fuente. Autores.

Por las condiciones del terreno presentando características similares en comportamiento se determina realizar un diseño de placa huella para todos los sectores. La determinación del CBR de diseño se realizó al porcentaje de valores  $\geq$  correspondientes al 75%, por lo cual, el CBR de diseño a partir de valores de campo es de **3.4 %**.

### 2.4. CARACTERÍSTICAS DE LA SUB-BASE

Los materiales de sub - base deben ser pétreos o granulares y de características uniformes, libres de terrones de arcilla, materia orgánica u otros elementos. Con base en la guía se determina que el espesor de la capa debe ser de **25 cm**, en toda la sección transversal, en esta sección debe configurarse el bombeo en las tangentes de -2% y el peralte. Esto garantiza que la superficie donde se construye los elementos restantes sea limpia y nivelada según corresponda, también incrementa la rigidez de la superficie de apoyo, y de la piedra pegada.

Las características de los agregados se basan en el tránsito bajo Clase C, y debe cumplir las características mínimas que se muestran en la siguiente tabla exigida por el INVIAS.



**Tabla 2** Requisitos de los agregados para sub – bases granulares.

| CARACTERÍSTICA                                                                                                                                    | NORMA DE ENSAYO INV | SUB-BASE GRANULAR |          |          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-------------------|----------|----------|
|                                                                                                                                                   |                     | CLASE C           | CLASE B  | CLASE A  |
| Dureza (O)                                                                                                                                        |                     |                   |          |          |
| Desgaste en la máquina de los Ángeles (Gradación A), máximo (%)<br>- 500 revoluciones (%)                                                         | E-218               | 50                | 50       | 50       |
| Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%)                                                                                     | E-238               | -                 | 35       | 30       |
| Durabilidad (O)                                                                                                                                   |                     |                   |          |          |
| Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%)<br>- Sulfato de sodio<br>- Sulfato de magnesio                                              | E-220               | 12<br>18          | 12<br>18 | 12<br>18 |
| Limpieza (F)                                                                                                                                      |                     |                   |          |          |
| Límite líquido, máximo (%)                                                                                                                        | E-125               | 25                | 25       | 25       |
| Índice de plasticidad, máximo (%)                                                                                                                 | E-125 y E-126       | 6                 | 6        | 6        |
| Equivalente de arena, mínimo (%)                                                                                                                  | E-133               | 25                | 25       | 25       |
| Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznales, máximo (%)                                                                              | E-211               | 2                 | 2        | 2        |
| Resistencia del material (F)                                                                                                                      |                     |                   |          |          |
| CBR (%): porcentaje asociado al valor mínimo especificado de la densidad seca, medido en una muestra sometida a cuatro días de inmersión, mínimo. | E-148               | 30                | 30       | 40       |

**Fuente.** Capítulo 320 de las especificaciones generales de construcción de carreteras –INVIAS.

**Tabla 3** Franjas granulométricas del material de sub – base granular.

| TIPO DE GRADACIÓN                                                | TAMIZ (mm / U.S. Standard) |        |       |       |       |       |        |        |         |
|------------------------------------------------------------------|----------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|---------|
|                                                                  | 50.0                       | 37.5   | 25.0  | 12.5  | 9.5   | 4.75  | 2.00   | 0.425  | 0.075   |
|                                                                  | 2"                         | 1 1/2" | 1"    | 1/2"  | 3/8"  | No. 4 | No. 10 | No. 40 | No. 200 |
|                                                                  | % PASA                     |        |       |       |       |       |        |        |         |
| <b>SBG-50</b>                                                    | 100                        | 70-95  | 60-90 | 45-75 | 40-70 | 25-55 | 15-40  | 6-25   | 2-15    |
| <b>SBG-38</b>                                                    | -                          | 100    | 75-95 | 55-85 | 45-75 | 30-60 | 20-45  | 8-30   | 2-15    |
| <b>Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)</b> | 0 %                        | 7 %    |       |       |       | 6 %   |        |        | 3 %     |

**Fuente.** Capítulo 320 de las especificaciones generales de construcción de carreteras –INVIAS.

## 2.5. PLACA HUELLA EN CONCRETO REFORZADO

La placa huella se debe diseñar en concreto reforzado, para que garantice la resistencia ante los esfuerzos y deformaciones por efecto de las cargas impuestas por los vehículos de diseño.



### 2.5.1. Dimensiones de la placa

Las dimensiones propuestas de las losas con base en la topografía el terreno, son las siguientes:

- Ancho = 0,90 m
- Longitud = 2,50 m
- Espesor = 0,15 m

Cabe resaltar que se considera un ancho de vía mínimo de 5m esto debido a que los camiones o buses puedan circular sobre las placas y no sobre la piedra pegada, además garantiza el paso de otro vehículo o motocicleta sin tener problemas de espacio.

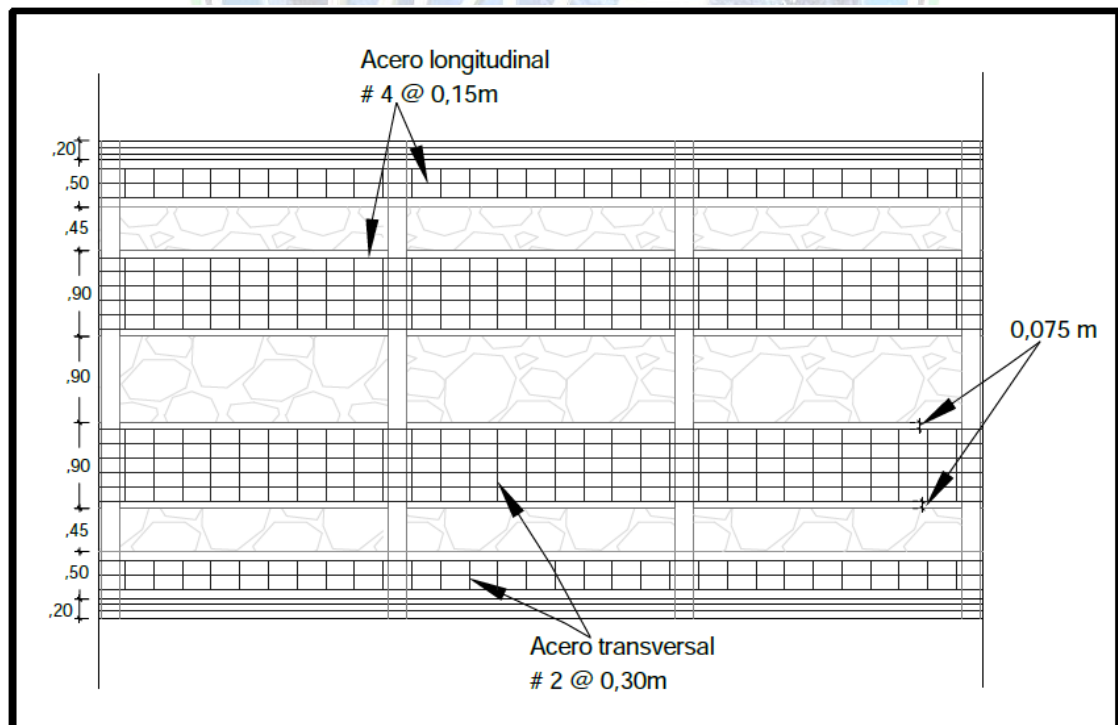
### 2.5.2. Refuerzo longitudinal y transversal

Las placas deberán tener un refuerzo longitudinal con varilla número 4 cada 15 cm, el refuerzo transversal varillas numero 2 cada treinta centímetros.

La longitud mínima de traslape de las varillas longitudinales debe ser de 60 cm.

A continuación, se muestra el esquema en planta y perfil con detalles del refuerzo.

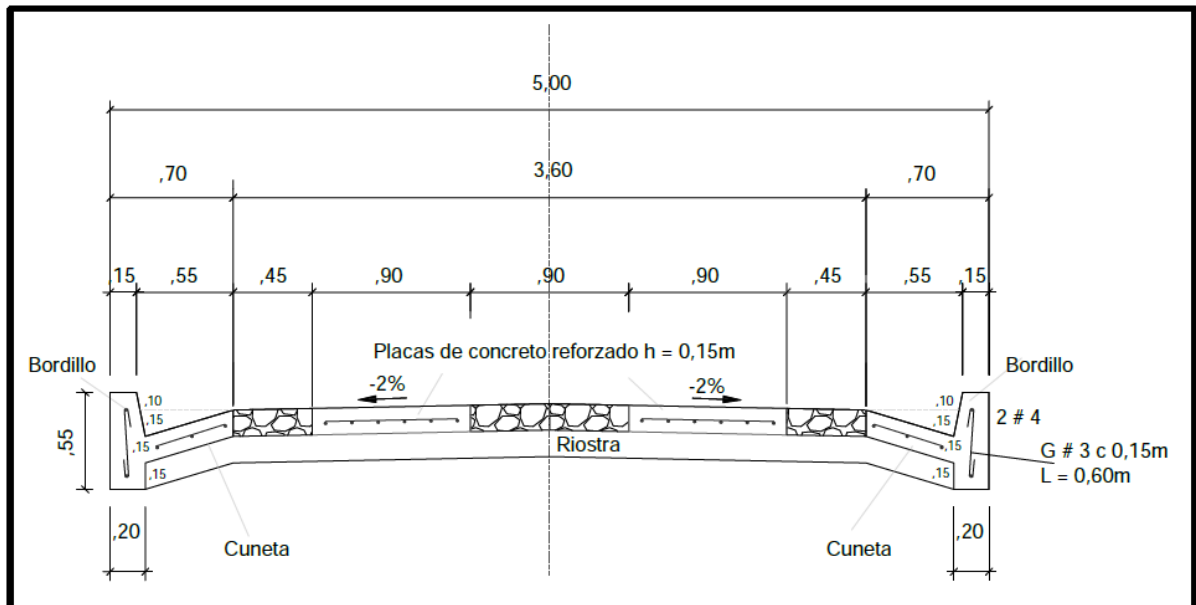
**Figura 3** Planta de distribución del refuerzo.



**Fuente.** Guía de diseño de pavimentos con placa-huella. INVIAS 2015.



**Figura 4** Corte transversal para el refuerzo.



**Fuente.** Guía de diseño de pavimentos con placa-huella. INVIAS 2015.

El acero de refuerzo deberá colocarse en la mitad del espesor de la placa huella, por lo tanto, el recubrimiento debe ser de 7,5 cm en la cara superior de la placa, esto con el fin de que la parrilla absorba los esfuerzos tanto positivos como negativos.

### 2.5.3. Materiales de placa-huella

- Concreto reforzado: el concreto deberá ser una mezcla homogénea con resistencia mínima a la compresión a los 28 días de  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$  o 3000 PSI.
- El acero no debe tener una resistencia menor a  $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$ , en varillas corrugadas que cumplan las normas NTC-2289.

## 2.6. OTROS ELEMENTOS DE LA ESTRUCTURA

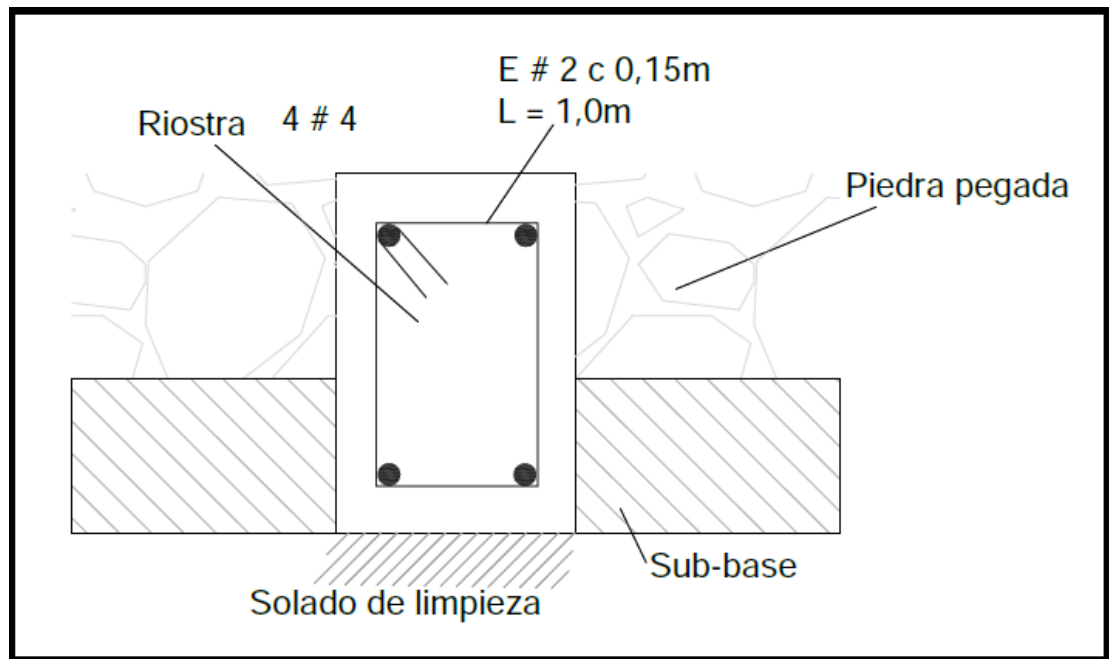
### 2.6.1. Riostra y Juntas

#### Riostra

La longitud de la riostra es igual al ancho de carril para este caso de 5 m, con un ancho de 20 cm, y deberá tener cuatro varillas número 4, con estribos de una varilla numero 2 cada 15 cm.



**Figura 5** Corte transversal riostra.

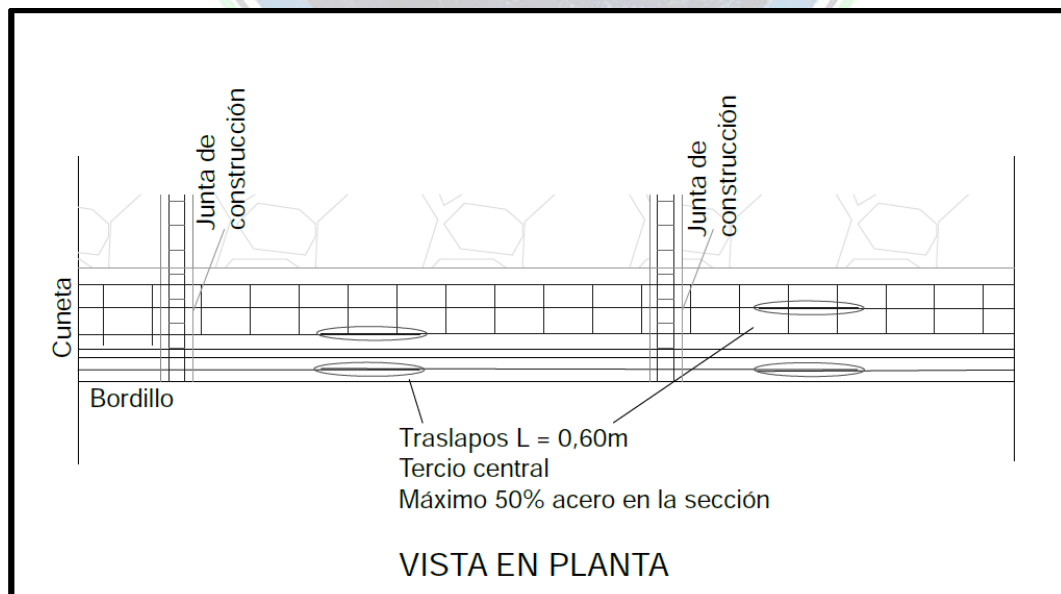


**Fuente.** Guía de diseño de pavimentos con placa-huella. INVIAS 2015.

### Junta Transversal

La junta transversal se deja en la unión entre la riostra y las placas de concreto tal como se muestra en la siguiente figura.

**Figura 6** Detalle junta transversal.



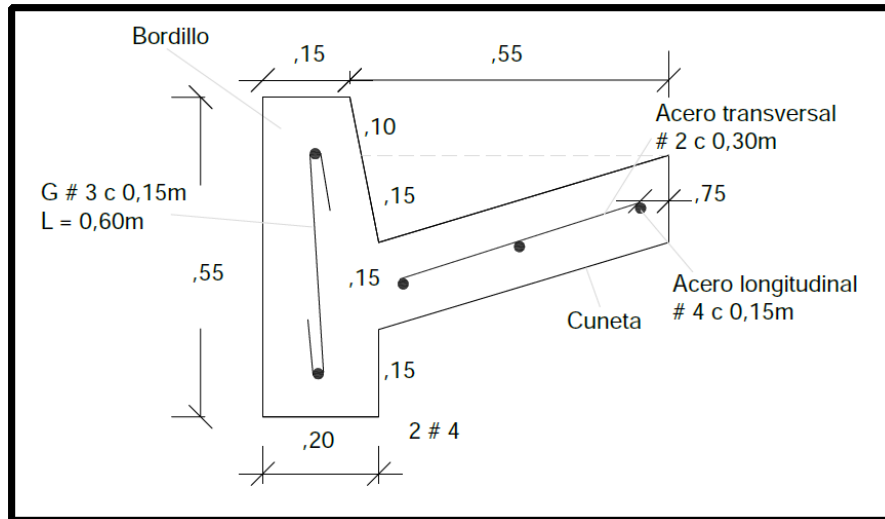
**Fuente.** Guía de diseño de pavimentos con placa-huella. INVIAS 2015.



### 2.6.2. Berma Cuneta

La berma y cuneta debe soportar esfuerzos producidos por el vehículo de diseño en algunos casos, por lo tanto, debe tener el refuerzo con las siguientes características.

**Figura 7** Corte Berma Cuneta.



**Fuente.** Guía de diseño de pavimentos con placa-huella. INVIAS 2015.

### 2.6.3. Piedra pegada

La piedra pegada se usa con el fin de disminuir gastos en la construcción, sin embargo no posee características de resistencia, y no transmite esfuerzos a la sub-base.

Se usara un concreto ciclópeo compuesto por 60% de concreto simple y 40% de agregado, donde el concreto no se debe ser menor de  $f'c = 3000$  PSI, el tamaño máximo de agregado 38 mm y asentamiento de 5cm.

La piedra debe ser de rio puesto que tiene mayor resistencia al desgaste y debe tener un tamaño entre 8 y 12 cm.

## 2.7. DRENAJE

En cualquier tipo de pavimento, el drenaje, es un factor determinante en el comportamiento de la estructura del pavimento a lo largo de su vida útil, y por lo tanto lo es también en el diseño del mismo. Es muy importante evitar que exista



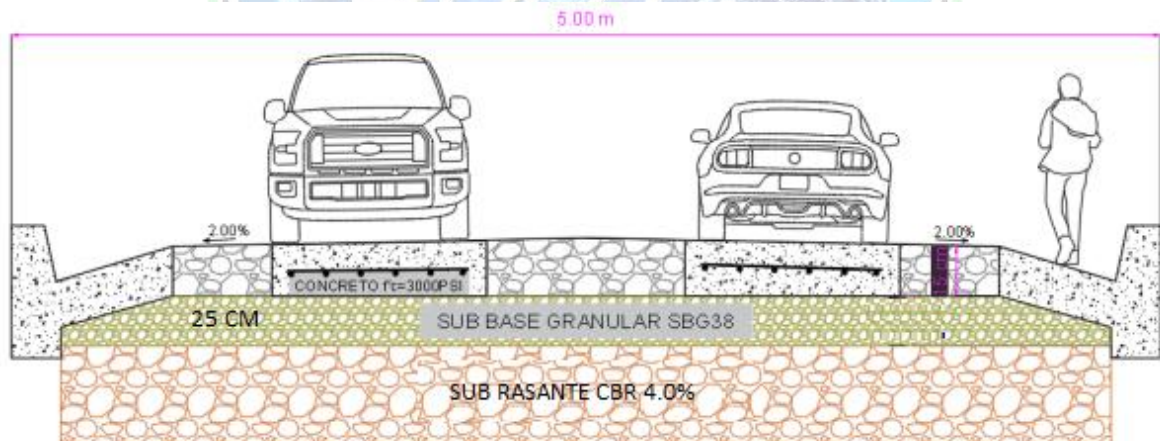
presencia de agua en la estructura de soporte, dado que en caso de presentarse esta situación afectará en gran medida la respuesta estructural del pavimento.

Aspectos que debemos de cuidar para evitar que el agua penetre en la estructura de soporte:

- Mantener perfectamente selladas las juntas del pavimento.
- Sellar las juntas entre pavimento y acotamiento o cuneta.
- Utilizar cunetas, bordillos, subdrenajes, etc.

## 2.8. ESQUEMA FINAL DE LA ESTRUCTURA

*Figura 8* Diseño final estructura.



Fuente. Autores



### 3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo a las características encontradas en los suelos se hacen las siguientes observaciones y recomendaciones.

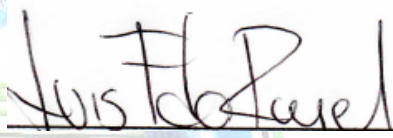
- ✓ La correlación de la capacidad de soporte del suelo se desarrolló por medio de CBR a partir del ensayo de PDC, puesto que no fue posible extraer muestras inalteradas por las condiciones granulares del suelo.
- ✓ Se determinó que los materiales encontrados en la sub-rasante poseen un potencial expansivo bajo, por lo cual la vía no es vulnerable a aumentos de volumen drásticos, sin embargo, es importante evitar esta condición de saturación y la compactación de la sub-rasante antes de la aplicación de las capas de la estructura a diseñar.
- ✓ La resistencia de los materiales que servirán como soporte de la estructura de pavimento, son aceptables como capas de sub-rasante, ya que se encuentran clasificados como resistencia pobre a regular y regular, donde a partir de la información, no es necesario implementar un mejoramiento, sin embargo, en proceso constructivo pueden salir fallos puntuales que requieran algún tipo de mejoramiento.
- ✓ Para garantizar la recolección y evacuación de las aguas de escorrentía producto de las aguas pluviales se debe contemplar una red eficiente de drenajes como filtros, cunetas y alcantarillas que estén ubicados estratégicamente de acuerdo a los diseños hidráulicos ya que estos no se encuentran dentro del alcance del presente estudio.
- ✓ Las capas intermedias del pavimento existente se componen fundamentalmente por arcillas de alta plasticidad con arenas y algunas capas de arenas limosas (A-7-6), los espesores de estos materiales varían entre los 0.20 y los 1.5 m.
- ✓ La durabilidad de los pavimentos está supeditada en un gran porcentaje a la eficiencia en el sistema de drenaje, razón que indica la necesidad de implementar las obras, como es el caso de cunetas revestidas en concreto a lo largo de los tramos a intervenir y en ambos lados de la vía.



- ✓ La estructura de pavimento fue diseñada con base en la Guía de Diseño de Pavimentos con Placa Huella propuesta por el INVIAS en 2015, donde se definió el diseño final siguiente:
- ✓ Una capa de material de sub-base de 25 cm compactada al 95% del Proctor modificado cuyos agregados cumplan las especificaciones mínimas del INVIAS. Seguido unas losas de concreto de 90 cm de ancho x 2,50 m de largo x 15 cm de espesor en concreto reforzado de  $f'c = 3000$  PSI, con intercalaciones de piedra rajón pegada como se indica en este informe.
- ✓ Durante la etapa constructiva los materiales deberán someterse a controles de calidad en cuanto a plasticidad, durabilidad, gradación, estabilidad, compactación y demás que estipulen las normas vigentes, para así garantizar el buen desempeño en conjunto con la estructura del pavimento.
- ✓ La colocación de la piedra pegada debe hacerse luego de fundida y fraguada la placa huella, la riostra y berma-cuneta, donde se colocará un concreto simple de 5 cm de espesor sobre la sub-base y luego manualmente se coloca el agregado ciclópeo distribuyéndolo uniformemente, por último, se coloca el concreto simple llenando los vacíos de manera que sea estético y funcional.
- ✓ El pavimento garantizara un buen desempeño en su periodo de diseño siempre y cuando se garantice la limpieza de las obras de drenaje y la rocería de las zonas laterales de la vía.
- ✓ Para que la estructura se mantenga dentro de las condiciones de durabilidad seguridad y confort para los usuarios, es recomendable hacer un seguimiento al pavimento mediante inspecciones visuales que permitan identificar deterioros que puedan ser corregidos a tiempo y programar mantenimientos preventivos para no incurrir en gastos elevados a futuro.
- ✓ Los análisis, conclusiones y recomendaciones indicados en este informe están basados en las observaciones de campo, exploración del suelo a nivel puntual y resultados de laboratorio obtenidos de las muestras ensayadas, por lo que cualquier cambio en las condiciones del subsuelo no previstas en el presente



documento deben ser informadas al ingeniero de suelos quien modifique o recomiende los ajustes necesarios acordes con la situación.

| <u>Fecha de Realización</u> | <u>Descripción</u>                               | <u>Aprobó</u>                                                                                                                              |
|-----------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 30/ 11 / 2024               | Diseño de Estructura de Pavimento – Placa Huella | <br>Ing. Luis Fernando Rangel V.<br>MP. 25202-322135 CND |