

## **DISEÑO DE PAVIMENTO PARA EL MEJORAMIENTO DE VIAS Terciarias EN EL MUNICIPIO DE LA JAGUA DE IBIRICO, DPTO DEL CESAR.**

**VIAS QUE COMUNICAN A LA VICTORIA DE SAN ISIDRO CON LA VEREDA  
ARGENTINA, YE ARGENTINA – VEREDA LA ESPERANZA, YE EL LIMON –  
VEREDA EL ZUMBADOR Y LA VIA RIO SORORIA – ESCUELA MANIZALES**



**DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO.**

**CONSULTOR: OMIN LTDA**

**DEPARTAMENTO DEL CESAR.**


**ORIGINAL**

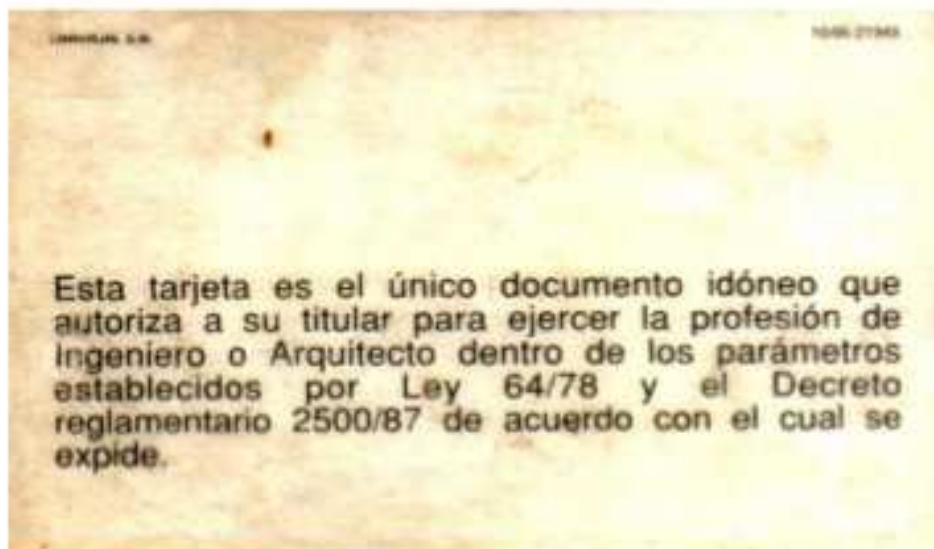


DISEÑO DE PAVIMENTO PARA EL MEJORAMIENTO DE VIAS Terciarias EN EL MUNICIPIO DE LA JAGUA DE IBIRICO,  
DPTO DEL CESAR. VIAS QUE COMUNICAN A LA VICTORIA DE SAN ISIDRO CON LA VEREDA ARGENTINA, YE  
ARGENTINA LA ESPERANZA, YE EL LIMON – VEREDA EL ZUMBADOR Y LA VIA RIO SORORIA – ESCUELA MANIZALES

## ESTADO DE REVISION Y APROBACION

**DISEÑO DE PAVIMENTO PARA EL MEJORAMIENTO DE VIAS Terciarias  
EN EL MUNICIPIO DE LA JAGUA DE IBIRICO, DPTO DEL CESAR.  
VIAS QUE COMUNICAN A LA VICTORIA DE SAN ISIDRO CON LA VEREDA  
ARGENTINA, YE ARGENTINA – VEREDA LA ESPERANZA, YE EL LIMON –  
VEREDA EL ZUMBADOR Y LA VIA RIO SORORIA – ESCUELA MANIZALES**

	Elaboró	Nombre	Obdulio David Mejía Arias
		Firma	
		Fecha	Enero de 2018
	Revisó	Nombre	
		Firma	
		Fecha	
	Aprobó	Nombre	
		Firma	
		Fecha	





## INTRODUCCIÓN

En atención a las necesidades de mejorar la infraestructura Vial de varias vías terciarias del Municipio de La Jagua de Ibirico y permitir la integración de las veredas a través de una red vial con la cabecera municipal y el resto del Departamento del Cesar, se pretende en el presente documento, diseñar la estructura de pavimento que comunicará a las veredas Ye El Limón – Vereda El Zumbador, La Victoria de San Isidro – Vereda Argentina, Ye Argentina – Vereda La Esperanza y Rio Sororia – Vereda Manizales.

Actualmente el corredor vial es de difícil acceso, presentando tramos con pendientes longitudinales superiores al 20% y una superficie en muy mal estado, por lo que se requiere de manera urgente mejorar las condiciones de transitabilidad y desplazamiento de la población asentada en la zona de influencia del proyecto.

Las vías son el alma del desarrollo y la agricultura es la base de la economía. Vías y agricultura van entrelazadas pues sin ellas el campesino se hunde en pobreza y los habitantes de las zonas urbanas estarán consumidos por el atraso, el monoconsumo y el asistencialismo.

## **CAPITULO I**

### **OBJETIVOS, ALCANCE Y METODOLOGÍA**

#### **1.1 JUSTIFICACION**

El diseño de la estructura de pavimento planteada en el presente proyecto nace de la necesidad de proporcionar un pavimento acorde con las características topográficas, geométricas y geotécnicas de la zona del proyecto con el propósito de proporcionar un permanente tráfico vehicular que permita integrar a estas zonas verdales con el resto del municipio y mejorar la calidad de vida de los beneficiarios.

Con la construcción pavimentación de ésta importante vía se mejora considerablemente la calidad de vida de las poblaciones beneficiarias y se genera desarrollo de las región. Buenas carreteras motivan todo: Movilidad-Inversión de todo tipo-Turismo...Valorizan la tierra.

#### **1.2 OBJETIVOS**

El objetivo del diseño de pavimentos, es contar con una estructura sostenible y económica que permita la circulación de los vehículos de una manera cómoda y segura, durante un periodo fijado por las condiciones de desarrollo.

El presente Estudio tiene el propósito de determinar las propiedades físico-mecánicas del terreno de fundación, evaluar las condiciones de la vía, definir y diseñar el pavimento requerido para la carretera por medio de métodos

convencionales dando una solución ingenieril acorde a las condiciones del sector a intervenir con el proyecto en mención.

### 1.3 ALCANCE

Se pretende con el presente proyecto el diseño de la estructura de pavimento de cuatro tramos en **Placa Huella en concreto**, de las vías de Ye El Limón – Vereda El Zumbador, La Victoria de San Isidro – Vereda Argentina, Ye Argentina – Vereda La Esperanza y Río Sororia – Vereda Manizales, Municipio de La Jagua, departamento del Cesar, con lo cual se espera mejorar las condiciones de vida de la población beneficiarias e incrementara la actividad agro pecuaria y comercial dado que la zona es una rica despensa de productos agrícolas y pecuarios que se ven afectada su movilización y comercialización; por la dificultad en acceder a ella.

El alcance principal es la realización del diseño de la estructura del pavimento de dicha vía. No obstante se llevarán a cabo otros objetivos complementarios, a saber:

- ♦ Caracterización física y mecánica de los materiales subsuperficiales que se encuentren a lo largo de la vía en estudio y la definición de su aptitud para servir como subrasante.
- ♦ Definición del perfil estratigráfico del subsuelo de las vías del proyecto y determinación de las zonas de comportamiento homogéneo desde el punto de vista geotécnico.
- ♦ Diseño de la estructura del pavimento ajustada a las condiciones geotécnicas del subsuelo y de las condiciones del tránsito que se espera circule por las vías durante su vida útil.

- ♦ Establecer las recomendaciones de construcción que deban observarse, de acuerdo con la subrasante y los materiales que conformen la estructura.

## 1.4 METODOLOGÍA

Para lograr el objetivo y alcance propuesto se desarrolló la siguiente metodología:

- + Recopilación y análisis de la información existente.
- + Ejecución de apiques en diferentes tramos.
- + Realización de ensayos de laboratorio sobre las muestras obtenidas durante la exploración geotécnica.
- + Caracterización de la subrasante.
- + Definición de materiales, recomendaciones y procesos constructivos.

## 1.5 TIPO DE PAVIMENTO PROPUESTO.

Se propone una alternativa única dada las fuertes pendientes reinantes en la zona, el tipo de tráfico, la dificultad para entrada de otros materiales y maquinarias especializadas para la construcción de pavimentos flexibles, las características geotécnicas de la zona y la economía de dicha alternativa a largo plazo.

**1.5.1 Placa Huella:** Una placa huella es un elemento estructural utilizado en las vías terciarias, con el fin de mejorar la superficie de tránsito vehicular en terrenos que presentan mal estado de transitabilidad y requiere un mejoramiento a mediano plazo (ver figura # 1).



Figura # 1: Modelo de placa Huella

✚ **Características especiales:** Esta estructura, se recomienda para pendientes mayores del 10%. Las cintas o placas en concreto reforzado, se colocarán en módulos de 2.50 metros y tendrán cada una las siguientes dimensiones: ancho de 0.90 metros, espesor de variable y una longitud entre centros de viguetas transversales de 2.50 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 2.50 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 las cunetas (Cuando la sección sea en corte), en la cuneta – bordillo, (Cuando la sección sea en relleno) o en la cuneta de un lado y en la cuneta bordillo del otro lado (cuando la sección sea mixta) según las exigencias y los anchos de la calzada especificados en el diseño.

**✚ Materiales a utilizar:** Los materiales estándar a utilizar en la construcción de placa huella serán los recomendados por el INVIAS. Para las cunetas, el concreto será con una resistencia a la flexión de 4.2 Mpa para las losas o huellas, viguetas intermedias, placas de acceso y vigas inicial y final el concreto deberá tener una resistencia de 3500 PSI y para la franja central y sobre anchos será una placa en concreto ciclópeo en proporción 60% concreto de 3500 PSI y 40% de piedra, materiales estos que deben cumplir las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras, INVIAS. En lo concerniente al Hierro: La cinta o huella llevará una armadura o parrilla en hierro de  $\phi$  de 3/8" – cada 0.20 metros 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.

## CAPITULO II

### GENERALIDADES DEL AREA DE ESTUDIO

#### 2.1 GENERALIDADES

Las vías en estudio actualmente se encuentran en superficie destapada en muy mal estado para el tráfico vehicular lo que hace de ésta zona de difícil acceso lo que a su vez impide una interacción para que el mismo estado llegue con sus programas a esta región y la calidad de vida de sus moradores sea relativamente de calidad baja.

#### 2.2 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

**2.2.1 El Departamento del Cesar.** Este se halla en el noreste del país, en la región del Caribe, y es el único de los que la conforman que no cuenta con territorio costero. La presencia de la Sierra Nevada de Santa Marta, de la Serranía de Perijá (prolongación de la cordillera oriental que lo separa de la república de Venezuela y del Departamento de Norte de Santander) y de los valles de los ríos Cesar y Magdalena, dan origen a diversos pisos térmicos.

El departamento del Cesar tiene una superficie de 22.905 km<sup>2</sup> que corresponden al 2% del total nacional y al 15.1% de la región Caribe. El Cesar limita al norte con los departamento del Magdalena y La Guajira, al oriente con la república de Venezuela y el departamento de

Norte de Santander, al sur con los departamentos de Norte de Santander y Santander, y al occidente con Santander, Bolívar y Magdalena.

En la figura # 2 se presenta el departamento del Cesar con su respectiva división política.



Fig. # 2: Localización del Departamento del Cesar

## 2.2.2 Municipio de La Jagua de Ibirico.

**2.2.2.1 Reseña histórica:** El español Juan de Ibirico, fundó la población en el año 1771. Los enfrentamientos con los indígenas fueron necesarios para poder establecer la fundación. Pero fue en el año de 1979 que nació el municipio de "La Jagua de Ibirico", con un precario presupuesto, hecho que se agravó con el incremento de las necesidades básicas de la comunidad, debido al desordenado crecimiento y el acelerado fenómeno inflacionario que se dio a partir de 1980. De ese modo, la categoría de municipio le llegó a La Jagua, encontrándola prácticamente desposeída de los más elementales servicios públicos.

Para 1980 empieza la expectativa de la bonanza carbonífera, pero el desarrollo socio-económico propiamente, solo comienza a partir de 1985, cuando se establece la primera compañía explotadora de carbón, lo cual produce un acelerado y vertiginoso crecimiento de la población urbana, que pasó de 3000 habitantes en 1975 a 7000 en 1985.

Tal vez la ilusión de adquirir trabajo rentable y mejorar las condiciones de vida por medio de la explotación minera y las operaciones colaterales derivadas de esta actividad, hicieron que la tasa de crecimiento poblacional se disparara en forma alarmante y ya en 1992 la población llegaba a 12000 habitantes en la cabecera.

**2.2.2.2 Localización.** El municipio está localizado en la región central del Departamento al pie de la Cordillera Oriental. Su área territorial es

de 728,93 kilómetros cuadrados, con una cabecera municipal de 123,5 hectáreas, localizada en posición geográfica a los 9°25 de latitud norte y 73°20' de longitud occidental. En su extensión territorial están comprendidos diferentes y muy particulares aspectos, entre ellos la variedad de pisos térmicos desde las ardientes llanuras hasta el clima medio de la serranía de los Motilones y Perijá allí nacen varios caudales hidrográficos; y hay una gran variedad minera, que incluye además de carbón, mármol, granito, calizas y otros minerales con perspectivas de explotación industrial.

El territorio municipal está limitado de la siguiente manera: al Norte con el municipio de Becerril; al sur con Chiriguaná; al este con la República de Venezuela y al Oeste con los municipios de Chiriguaná y El Paso.

La figura 3. Muestra la localización del Municipio en el Departamento del Cesar.



Fig No 3. - Localización del Municipio de La Jagua de Ibirico

**2.2.2.3 Características Climáticas.** El comportamiento climático de la región está influenciado por dos parámetros de gran significado: En primer lugar la posición geostacionaria de la Tierra alrededor del sol, que determina la zona de conversión intertropical y su estacionalidad, y en segundo lugar tenemos su relieve, determinado

por presencia de la Serranía del Perijá y Los Motilones y su influencia, determinando variedades climáticas.

El régimen pluviométrico presente es de tipo bimodal, estableciéndose dos períodos de lluvias en los meses de Abril a Junio y Septiembre a Noviembre, intercaladas con dos períodos de verano o lluvias escasas.

**2.2.2.4 Economía.** Desde el punto de vista económico y como característica sobresaliente antes de la era del carbón, La Jagua de Ibirico a través de toda su historia fue un pueblo básicamente agrícola. En época reciente fue centro arrocero de la región. También produjo cacao, caña de azúcar, café -que aunque en poca escala y se cultivó en gran escala sorgo y ajonjolí. En cuanto a cultivos tradicionales, especialmente de pancoger, yuca, plátano, ñame, ahuyama, malanga y batata fueron los más comunes y abundantes.

Fue a partir de los últimos 30 años cuando la agricultura empezó a tecnificarse y a cultivar grandes extensiones de tierras. Inicialmente se cultivó masivamente algodón; posteriormente arroz. Este ultimo adquirió tal importancia que la región se convirtió en el centro arrocero más importante del Cesar, e impulsó la formación de la Federación local de arroceros y la constitución de la infraestructura necesaria, con oficinas, molinos y bodegas de almacenamiento que le dieron una gran dinámica a la economía local.

Otro renglón económico de mucha importancia, lo representa el sector pecuario. Aproximadamente el 43% del área territorial del municipio se dedica a actividades de ganadería, la cual se explota en la producción de carne y leche, constituyendo este renglón una importante fuente de economía para el municipio, en donde sobresale la cría de ganado criollo, cebú y pardo suizo. También es importante y creciente la cría de ganado ovino especialmente camero.

En cuanto a la minería, se cree que las primeras vetas de carbón fueron descubiertas en 1874 por el investigador inglés Jhon May, quien alertó sobre la existencia de unos ricos yacimientos carboníferos en territorio de lo que hoy es el Cesar y La Guajira. Aseguraba May entonces, que eran carbones de tal calidad que serían la redención de estas provincias; para lo cual hizo algunas proyecciones e incluso explicó la forma como se podía explotar.

A partir de 1990 el carbón entró a ser considerado como una de las principales fuentes energéticas mundiales y es así que se ha convertido en objeto de producción económica y alternativa de desarrollo para la región.

**2.2.2.5 Vías De Comunicación.** De Valledupar se puede llegar por transporte terrestre aproximadamente a 1 hora con 45 minutos por carretera pavimentada, este se puede realizar a través de busetas y taxis que prestan su servicio hasta La Jagua de Ibirico y a los otros municipios aledaños.

**2.2.2.6 Geología Estructural:** En esta región se caracteriza por presencia de rocas sedimentarias de edad reciente y ocupan la parte plana del Municipio, que por su composición y características se consideran de edad Cuaternaria.

Para el sector del municipio en la Serranía de Perijá se utilizaron informalmente las unidades descritas por Govea y Dueñas (1975), acorde a lo plasmado en el esquema de ordenamiento territorial del Municipio de Becerril.

**a. Geología Estructural:** A continuación se hace una breve descripción de los pliegues y fallas que afectan las diferentes unidades litológicas reconocidas en el área municipal; los pliegues más notorios están relacionados con la región de Perijá predominantemente sedimentaria, mientras que la región plana del valle del río Cesar, predominan esencialmente los sedimentos aluviales.

- **Pliegues:** Los pliegues principales se localizan en la región Serranía de Perijá. En un sentido amplio se considera que la serranía es un anticlinorio cuyo núcleo está formado por rocas paleozoicas y sus flancos por sedimentos rojos mesozoicos y rocas cretáceas; esta estructura mayor se encuentra fallada y replegada. La zona plegada se continúa al oeste del área montañosa, en parte cubierta por sedimentos recientes; su presencia se ha determinado mediante estudios geofísicos de resistividad eléctrica, la interpretación de perfiles geológicos y

datos de pozos perforados. El anticlinal de Becerril es una estructura en el subsuelo, que se presenta al oeste de la Jagua de Ibirico y se prolonga hacia el norte hasta cerca del Municipio de este nombre, el núcleo de esta estructura lo constituyen rocas cretáceas, (García, C., 1.990). Un sinclinal con flancos muy suaves, menores de 100 de inclinación, se encuentran al norte del río Tucuy en la secuencia calcárea del Cogollo.

- **Sistema de Fallas NE-SW:** El sistema de fracturamiento NE-SW, controla el drenaje en la zona montañosa del departamento del Cesar y es muy notorio en imágenes de satélite, fotografías aéreas y mapas topográficos.

#### **b. Geología Regional:**

- **Región Serranía de Perijá:** La Serranía de Perijá, presentan algunas diferencias, que hacen conveniente que cada subregión geológica del municipio se trate independientemente.
- **Estratigrafía:** La región de Perijá, correspondiente a la parte nororiental del departamento, está formada esencialmente por rocas metamórficas y sedimentarias cuyas edades están comprendidas entre el Cambro-Ordoviciano y el Reciente. En superficie las rocas sedimentarias son altamente predominantes y cubren aproximadamente el 90% del área, le siguen en importancia las metamórficas y en último lugar las ígneas volcánicas.

- **Rocas Sedimentarias:** Son las más ampliamente distribuidas en la serranía de Perijá y sus edades varían del Devónico al Reciente, de una manera general se puede decir que la mayor parte de las épocas geológicas están presentes en Perijá
  - **Formación Rionegro, (Kir):** En la Serranía de Perijá, la secuencia cretácea se inicia con esta unidad, cuyo nombre se ha aplicado en el mismo sentido que en Venezuela. Se apoya sobre capas de la Unidad La Quinta y yace bajo el Grupo Cogollo, es detrítica, de composición especialmente arcósica, su espesor máximo alcanza 3.000 m en la sección tipo, aunque varía substancialmente. (Miller, 1.960) en Julivert, 1.968).
  - **Unidad La Quinta Sedimentaria, (Jqs):** Kunding, citado por Forero (1970), introdujo por primera vez el término La Quinta para los sedimentos rojos que yacen entre el Pérmico y el Cretáceo Inferior, de ambiente marino en los Andes de Mérida. La Sección tipo la ubicó en la Grita (Venezuela), estableciendo un espesor de 2.300 m. En la secuencia Triásica Jurásica es la principal unidad estratigráfica y ocupa la mayor extensión en el área de Perijá. Estas rocas están constituida por una sección monótona de limolitas rojas síliceas, ocasionalmente arenosas masivas con fractura concoidea, estratificación plana paralela, generalmente en láminas delgadas hasta

capas muy gruesas. Presentan laminación interna plana, paralela a ligeramente ondulada, algunas veces de arena fina, con venas de calcita y manifestaciones de malaquita. Están intercaladas con estratos medianos a gruesos y niveles conglomeráticos que tienen cantos de cuarzo lechoso, con estratificación inclinada y cruzada y capas que se acuñan. En ocasiones esta unidad es atravesada por diques de ignimbritas oscuras, con fragmentos volcánicos de 2 a 20 cm. Hacia el techo se encuentran localmente intercalaciones de toba líticas, que meteorizan a colores blanco o crema como puede observarse en el carreteable a la estación La Frontera, cerca al sitio el Limón. Esta unidad, predominantemente sedimentaria, ha sido correlacionada con la parte sedimentaria de la formación Girón y parcialmente con la Formación la Quinta, en Venezuela.

- **Grupo Cogollo, (Kmc):** Miller (1.960), en Julivert (1.968), utilizó este término para la serranía de Perijá y el Valle del río Cesar en el mismo sentido que Sutton (1.946) y Rod and Mayne (1.954), en Venezuela. Miller, lo divide en “Cogollo Inferior” que consta de calizas, calizas arenosas y areniscas calcáreas y tendría una edad Barremiano-Aptiano, y “Cogollo Superior”, con calizas menos macizas y de estratificación más fina, de edad Aptiano Cenomaniano. Este grupo presenta variaciones de espesor importantes lo mismo que las formaciones

Riónegro y la Luna. La anterior descripción se ajusta a propósito del presente estudio, pero agregando que en el Cogollo Superior se presenta una importante facies areno arcillosa descrita en varias localidades de la Serranía de Perijá. Por esta razón en los informes de Govea y Dueñas (1.975), y García (1.990), subdividen el Cogollo Superior en dos formaciones denominadas Lagunitas en la base y Aguas Blancas en el techo. El Grupo Cogollo se observó en esta región constituido de base a techo por una potente secuencia de caliza gris azulosa y gris oscura en capas medianas hasta muy gruesas, mayores de 5 m, variando de “mudstone” a “grainstone” con intercalaciones ocasionales de lutitas negras carbonosas y abundante contenido de fósiles: bivalvos y otros restos de conchas; son frecuentes en esta parte la presencia de dolinas y algunas cavernas con estalactitas y estalagmitas, como las ubicadas al noreste de Becerril, en los alrededores de los sitios de Yoba, La Pista y la Flecha. De la parte media al techo se distingue un nivel lodolítico carbonoso y muscovítico, otro areno y arcilloso y uno más superior calcáreo, con calizas lumaquéllicas de color gris claro; los estratos son delgados a medios. Tiene abundante paleofauna: Amonitas, pelecípodos, gasterópodos, crinoideos y algas. Microscópicamente se identificaron fosfatos, glauconita, óxidos de hierro, chert, cuarzo y dolomitización. García (1.990). En este nivel en el flanco occidental de la Serranía, al sur de Codazzi y del río

Sicarare, se observa que las diaclasas que afectan la unidad han sufrido disolución dando lugar a espacios hasta 1,5 m de ancho y varios metros de longitud. El Cogollo está en contacto concordante bajo la formación de Luna y transicional sobre la Formación Riónegro, o discordante sobre la Quinta. Su distribución es la siguiente: García (1.990), menciona su presencia en el anticlinal de Becerril y al noroccidente de este municipio en los pozos Río Maracas y Cesar.

- **Formación La Luna:** En la Serranía de Perijá reposa concordante y neto sobre el grupo Cogollo y en superficie no infrayace a ninguna otra unidad litoestratigráfica. García (1.990), postula un adelgazamiento de la Luna en sentido oeste y noroeste en la Cuenca del Cesar, teniendo como base el registro de la Unidad en 6 pozos perforados en los cuales la formación presenta un espesor variable entre 150 y 450 m. Consta de una secuencia alternante de lutitas negras carbonosas, limolitas, arcillolitas, calizas negras bituminosas que al partirlas espelen olor a petróleo, capas delgadas de chert y arenisca calcárea. Predomina la secuencia calcárea hacia el techo en estratos delgados a medianos, clasificadas como calizas de grano medio a fino. Tiene numerosas concreciones en forma de disco, ovaladas y elipsoidales desde pocos cm hasta 120 cm o más de diámetro, en las concreciones más pequeñas generalmente

se encuentra abundante pirita, algunas son ovaladas y localmente contienen fragmentos y restos de amonitas.

- **Formación Barco:** Aflora en forma de colinas aisladas al norte del Río Tucuy. La formación fue definida por Notestein y otros (1.944), en Ward y otros (1.973), en el filo oriental del Anticlinal Petróleá de la Concesión Barco, allí formada por 215 m de arenisca, shale y arcillolita intercaladas.
- **Formación Cuesta:** En el trabajo de García (1.990), se utiliza este nombre para describir los sedimentos semiconsolidados que conforman el tope del Sinclinal de la Loma y que afloran en la vía entre La Jagua de Ibirico y La Loma. Se hallan constituido por arenisca de color gris claro a blanco semiconsolidado, cuarzosa, de grano medio a grueso, con estratificación cruzada, intercaladas con conglomerados de matriz arenosa con cantos alargados denominados “Huevos de Paloma” de cuarzo ahumado de 3 cm de diámetro, areniscas con costras ferruginosas y arcillolitas limosas de colores violeta, gris y rojizo. La estratificación es en capas delgadas y ocasionalmente media. Su espesor varía entre 160 y 400 m al E. de la Loma y reposa discordante sobre el Terciario Inferior. García (1.990) reporta en el pozo Paso – 1,619 mts y considera que su espesor total puede ser de 800 m. En el

campo su expresión morfológica es de leves ondulaciones con alturas que no superan los 25 m.

## **2.3 TOPOGRAFIA DEL SITIO.**

En cuanto a la topografía del sitio donde se proyectan las obras se pudo determinar que es abrupta con pendientes transversales que varían del 10% al 80% y pendientes longitudinales hasta del 28%.

## CAPITULO III

### GEOTECNIA

Para la ejecución de los respectivos diseños se realizaron las siguientes actividades.

#### 3.1 INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA

Para identificar las características físicas y mecánicas de cada una de las capas del subsuelo y en especial de la subrasante, se definió un programa de Investigación del subsuelo, mediante la realización de apiques con equipo manual, toma de muestras alteradas para la clasificación del subsuelo y muestras inalteradas para la determinación de la resistencia de la subrasante a lo largo del proyecto.

**3.1.1 Trabajos de Campo:** Se realizó una visita de carácter técnico con el fin de inspeccionar los sitios donde se ejecutarían las exploraciones. Esta visita fue realizada conjuntamente con el personal que realizó la topografía y miembros de la comunidad veredal, quienes nos mostraron el corredor vial en los diferentes tramos. Cabe aclarar que la longitud de cada tramo es mayor a la considerada en el presente proyecto, pues solo se considera aquellos sectores con mayor dificultad desde el punto de vista geotécnico y topográfico e indicados por la misma comunidad. Se realizaron un total de trece (13) apiques que fueron llevados a profundidades entre 1.00 y 1.50 metros con separaciones máximas de 500 metros. La profundidad de

exploración de algunos apiques se vio limitada debido a la presencia del macizo rocoso o de aglomerados rocosos o suelos muy firmes.

La tabla # 1 muestran la ubicación de los apiques realizados y en las figuras # 4 a # 7 se muestra la localización de los mismos.

Tabla # 1

**LOCALIZACION DE APIQUES Y PROFUNDIDADES EXPLORADAS**

SECTOR	APIQUE #	ABSCISA	PROFUNDIDAD (mt)
VIA YE EL LIMON – VEREDA ZUMBADOR	1	K0+750	1.50
	2	K0+500	1.50
	3	K0+100	1.50
VIA RIO SORORIA – ESCUELA MANIZALES	1	K0+750	1.50
	2	K0+370	1.20
	3	K0+030	1.00
VIA LA VICTORIA DE SAN ISIDRO - ARGENTINA	1	K0+890	1.50
	2	K0+700	1.50
	3	K0+450	1.50
	4	K0+100	1.50
VIA LA YE ARGENTINA – VEREDA LA ESPERANZA	1	K0+960	1.50
	2	K0+450	1.50
	3	K0+040	1.50



Fig # 4 – Vista general de localización de Apiques a lo largo del sector a pavimentar en la vía La Victoria – Argentina.

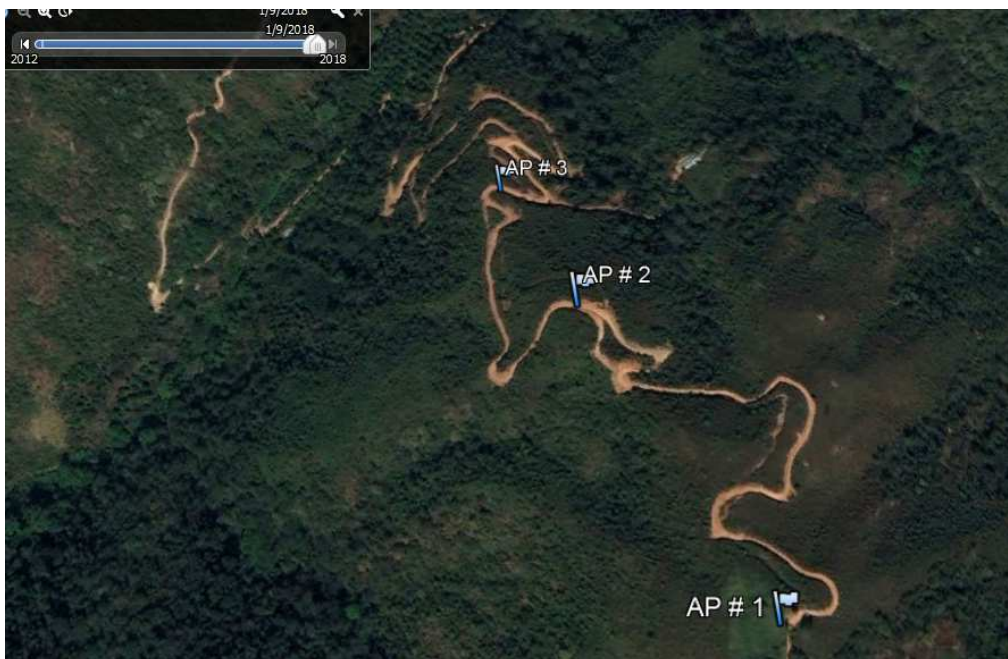


Fig # 5 – Vista general de localización de Apiques realizados en la vía La ye Argentina – Vereda La esperanza.

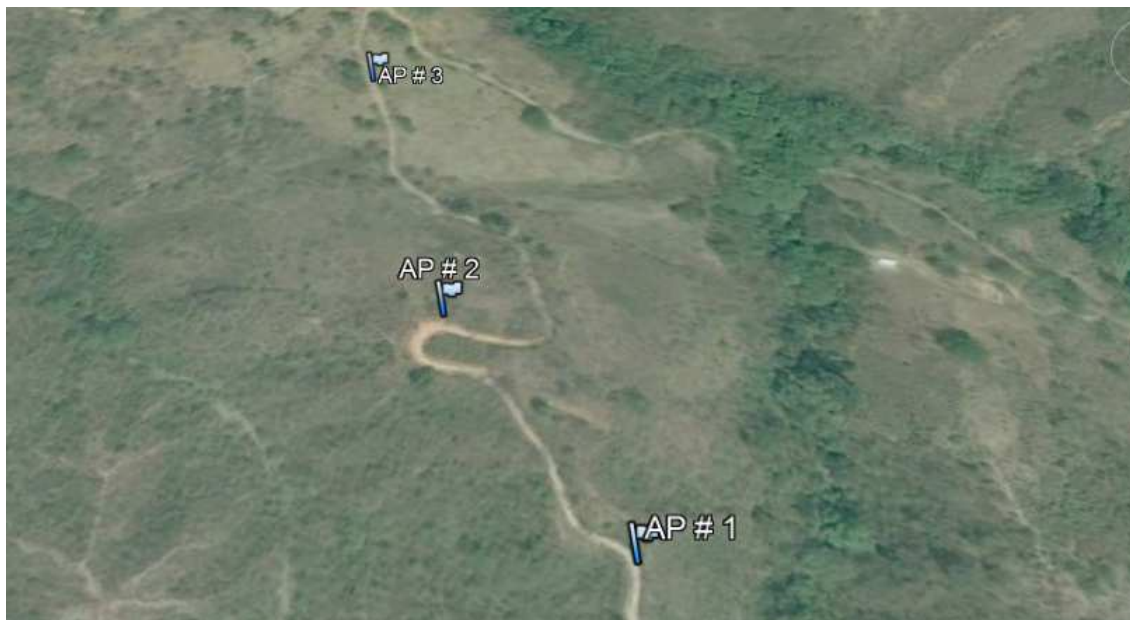


Fig # 6: - Localización de apiques en la vía La Ye E Limón – Vereda El Zumbador

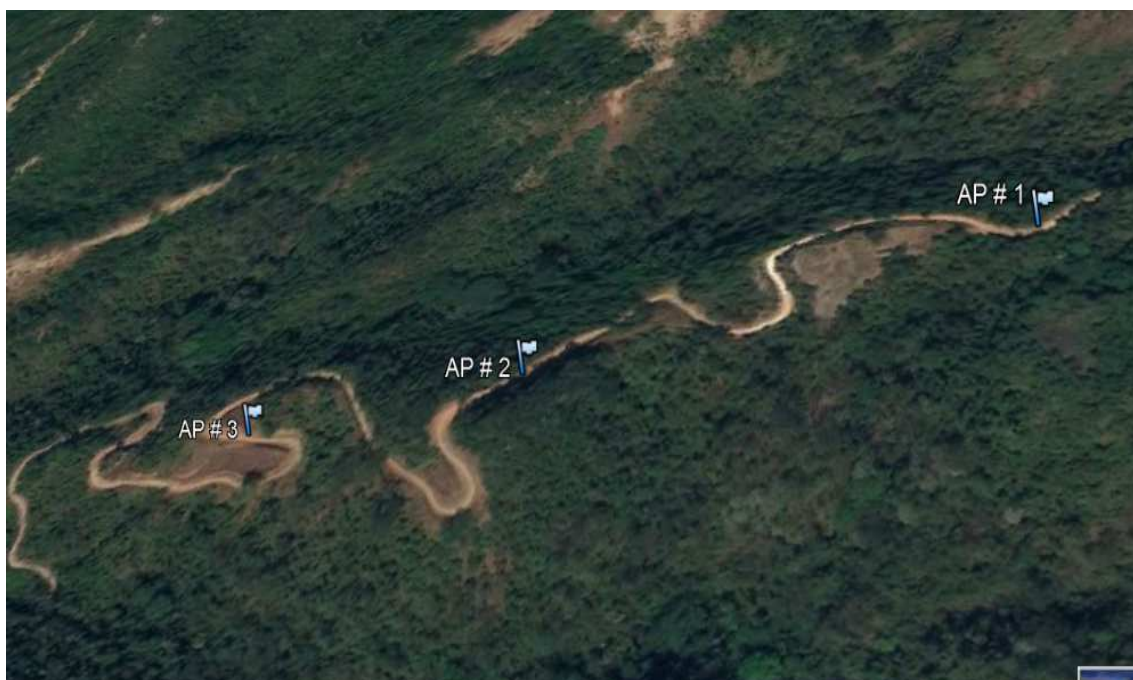


Fig # 7: Vista general y localización de Apiques en la vía Rio Sororia – Manizales Alto

**3.2 Ensayos de Laboratorio:** Sobre muestras alteradas representativas de cada una de las capas o estratos de suelo encontrados durante la realización de los apiques, se practicaron pruebas de laboratorio, tales como: clasificación, límite líquido y plástico, lavado sobre tamiz 200 y gradación.

A partir de las anteriores pruebas de laboratorio, se caracterizó, la subrasante encontrada, para definir su aptitud para servir como fundación o parte de la estructura del pavimento de la vía proyectada.

En el anexo de ensayos de Laboratorio se muestran los resultados obtenidos de las pruebas realizadas sobre las muestras representativas, tomadas a lo largo del proyecto.

### **3.3 ANALISIS DE INGENIERIA.**

**3.3.1 Análisis geotécnico:** Mediante este análisis se busca aportar un diagnostico del estado actual del subsuelo, a partir del cual se pueda establecer el tipo de intervención que se puede realizar en la vía en estudio, y con ello, definir los materiales más adecuados que conformarán la estructura del pavimento, para lograr un buen funcionamiento de la estructura durante su vida útil.

En el suelo de la subrasante por donde se desarrolla el proyecto se puede observar variabilidad de materiales con presencia de gravas, arenas y predominio de suelos arcillosos.

**3.3.2 Zonificación Geotécnica:** En concordancia con los resultados de los ensayos y pruebas de laboratorio, se definió la estratigrafía típica de la vía en estudio, la cual se muestra en los perfiles estratigráficos.

De acuerdo al estudio geotécnico realizado la vía a presenta variabilidad de materiales que obligan a trabajar con diferentes unidades de diseño. La tabla # 2 muestra un análisis de zonificación de acuerdo a las propiedades de la subrasante:

TABLA # 2  
CLASIFICACION DE LA SUBRASANTE DE LA VIA

SECTOR VIA LA VICTORIA - ARGENTINA

SUBSUELO TÍPICO SEGÚN LA AASHTO	APIQUE No										
	1	2	3	4							
A1											
A2	X	X	X								
A3											
A4				X							
A5											
A6											
A7											

SECTOR LA YE ARGENTINA - LA ESPERANZA

SUBSUELO TÍPICO SEGÚN LA AASHTO	APIQUE No										
	1	2	3	4							
A1											
A2											
A3											
A4											
A5											
A6			X								
A7	X	X									

SECTOR LA YE EL LIMON - VEREDA ZUMBADOR

SUBSUELO TÍPICO SEGÚN LA AASHTO	APIQUE No										
	1	2	3	4							
A1	X										
A2											
A3											
A4											
A5											
A6		X									
A7			X								

SECTOR RIO SORORIA - MANIZALES ALTO

SUBSUELO TÍPICO SEGÚN LA AASHTO	APIQUE No										
	1	2	3	4							
A1		X	X								
A2											
A3											
A4											
A5											
A6	X										
A7											

De la observación de la tabla # 2 y de los perfiles estratigráficos se concluye que el subsuelo de la vía, en estudio, hay predominio de suelos arcillosos que corresponden a suelos finos tipo arcillas arenosas, arenas arcillosas y/o arcillas de baja y media plasticidad.

De manera general se puede concluir que la vía presenta dos unidades de diseños a saber:

- **Unidad de diseño # 1:** El diseño será válido para los sectores de La Victoria – Argentina y Río Sororia – Manizales Alto, cuyos suelos se caracterizan por la presencia de arenas y gravas arcillosas.
- **Unidad de diseño # 2:** El diseño se aplicara para los sectores de la Ye Argentina – La Esperanza y La Ye El Limón – Vereda Zumbador.

Esta unidad se caracteriza por la presencia de arenas arcillosas y arcillas inorgánicas de plasticidad media a alta.

Por las anteriores consideraciones para el cálculo del CBR de diseño se han tenido en cuenta los valores obtenidos en las pruebas de resistencia realizadas para cada tramo.

### 3.4 Análisis De Resultados

**3.4.1 Resistencia de la Subrasante:** Para la evaluación de la capacidad de soporte del suelo se realizaron pruebas de laboratorio a las diferentes muestras extraídas en campo a través del ensayo de CBR.

De acuerdo a los ensayos de CBR realizados en el laboratorio se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla No. 3: Resultados CBR de Laboratorio.  
(UNIDAD DE DISEÑO # 1)

SECTOR	APIQUE #	ABSCISA	CLASIFICACION SUCS	CLASIFICACION AASHTO	CBR (%)
VIA LA VICTORIA DE SAN ISIDRO - ARGENTINA	1	K0+890	SM	A-2-4	7.80
	2	K0+700	SM	A-2-4	8.90
	3	K0+450	SC	A-2-4	6.70
VIA RIO SORORIA – ESCUELA MANIZALES	1	K0+750	ML	A-6	4.30
	2	K0+370	GC	A-1 - b	7.60
	3	K0+030	GC	A-1 - a	12.50

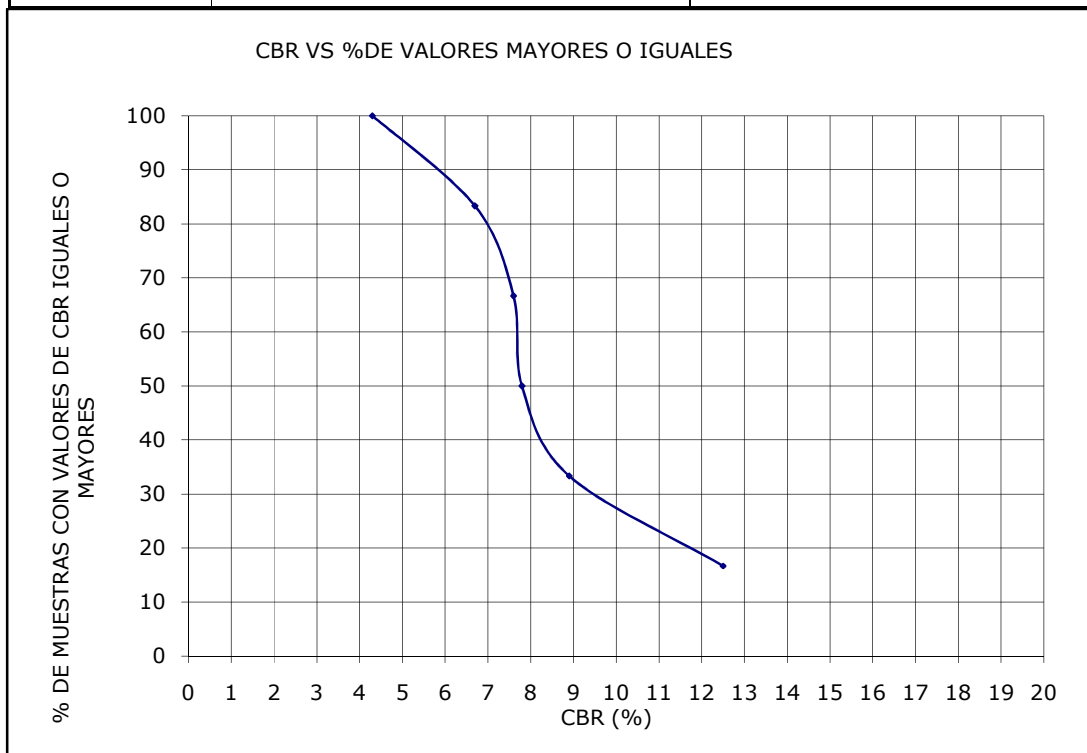
Tabla No. 4: Resultados CBR INALTERADO.  
(UNIDAD DE DISEÑO # 2)

SECTOR	APIQUE #	ABSCISA	CLASIFICACION SUCS	CLASIFICACION AASHTO	CBR (%)
VIA LA YE ARGENTINA – VEREDA LA ESPERANZA	2	K0+450	CL	A-7	3.48
	3	K0+040	SC	A-6	4.20
VIA YE EL LIMON – VEREDA ZUMBADOR	1	K0+750	CL	A-7	2.50
	2	K0+500	CL	A-7	2.80
	3	K0+100	SC	A-6	4.64

Para el cálculo del CBR de diseño se utilizaron los criterios del Instituto del Asfalto, para un percentil del 75% dada la importancia de la vía, y sus resultados aparecen en la tabla No 5 y 6.

Tabla No 5 - Determinación del CBR de Diseño Unidad de diseño # 1

CBR	NUMERO DE MUESTRAS DE CBR MAYORES O IGUALES	PORCENTAJE DE MUESTRAS CON VALORES DE CBR IGUALES O MAYORES
4.3	6	100
6.7	5	83
7.6	4	67
7.8	3	50
8.9	2	33
12.5	1	17

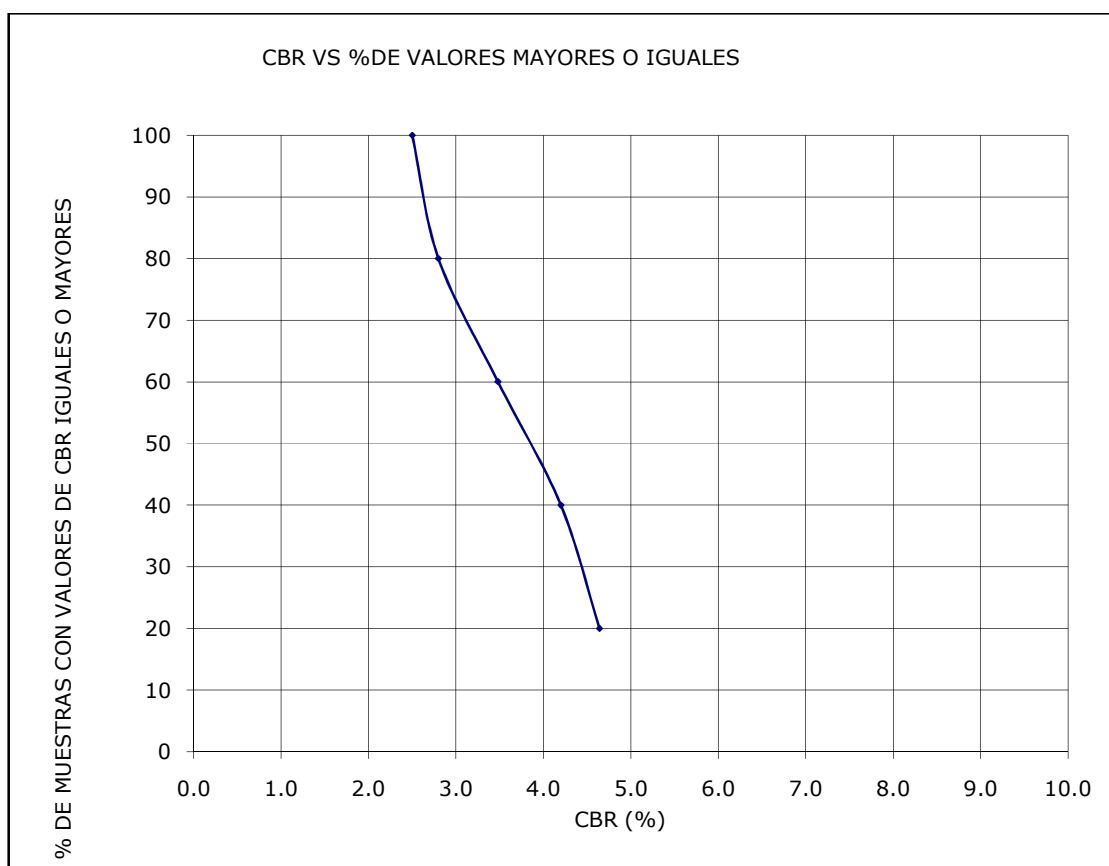


CBR promedio = 8.00%

CBR DE DISEÑO 7.50% Para un percentil del 75%

Tabla No 6 - Determinación del CBR de Diseño – Unidad de diseño # 2

CBR	NUMERO DE MUESTRAS DE CBR MAYORES O IGUALES	PORCENTAJE DE MUESTRAS CON VALORES DE CBR IGUALES O MAYORES
2.5	5	100
2.8	4	80
3.5	3	60
4.2	2	40
4.6	1	20



**CBR promedio= 3.50%**

**CBR para un percentil del 75%: 2.80%**

**3.4.2 Estratigrafía predominante:** En la vía en estudio se encontró como resultado de los trabajos de campo y de los ensayos de laboratorios realizados que la estratigrafía predominante para el proyecto está definida por las siguientes capas o estratos de suelos:

#### **3.4.2.1 Vía La Ye El limón –Vereda zumbador**

Desde el K0+000 al K0+550 los suelos corresponden a arcillas de plasticidad media a alta humedad baja, que según el Sistema unificado de clasificación de Suelos (SUCS) clasifica como CH y/o SC.

Al final del proyecto los materiales corresponde a un macizo rocoso en el que superficialmente se observan arenas limosas con lentes de rocas. La matriz de estos depósitos clasifican de acuerdo al SUCS como SM.

#### **3.4.2.2 Vía Río Sororia – Escuela de Manizales**

Este sector se caracteriza por pertenecer a un macizo rocoso que se encuentra meteorizado superficialmente con afloramientos de la roca madre en algunos sitios puntuales.

Del K0+000 al K0+700 los materiales característicos de la subrasante corresponden a suelos gravo arcillosos detectados superficialmente y que clasifican como una GC. En este tramo el macizo rocoso (Roca madre) aflora en varios sectores.

Del K0+700 al final del proyecto corresponde a una roca altamente meteorizada cuya matriz corresponde a un limo inorgánico no plástico (ML, según el SUCS). Alrededor del sitio donde se realizó el apique se observan presencia del macizo rocoso a nivel superficial.

#### **3.4.2.3 Vía Victoria de san Isidro – Vereda Argentina**

El sector presenta variabilidad de materiales, desde suelos finos, tipo arcillas inorgánicas, hasta suelos arenosos. En esta zona el macizo rocoso se encuentra altamente meteorizado.

Del K0+000 al K0+350 hay predominio de suelos areno arcillosos que se caracterizan por presentar baja plasticidad y que según el SUCS clasifica como SC y/o CL.

Del K0+350 al final del proyecto predominan suelos granulares no plásticos que según el sistema unificado de clasificación de suelos clasifica como SM, estos suelos son altamente erosivos y son arrastrados fácilmente por las corrientes de aguas dejando cárcavas a lo largo de la vía.

#### **3.4.2.4 Vía Ye Argentina – Vereda La Esperanza**

Es el sector más crítico caracterizado por presencia de arcillas inorgánicas de plasticidad media a alta, que según el SUCS clasifica como CL.

Este sector es de alto riesgo de accidente en épocas de lluvias pues al humedecerse por las lluvias se tornan resbaladizas y deben colocar cadenas a las llantas para poder transitar por ellas.

**3.4.3 Potencial expansivo de los suelos:** Los suelos expansivos presentan variaciones significativas de volumen debido a los cambios de humedad, produciendo hinchamiento o contracción de los suelos, cuando aumenta o disminuye la cantidad de agua presente. Estos cambios de volumen producen empujes verticales y horizontales, que para el caso de las vías se reflejan en agrietamientos y hundimientos que afectan su funcionamiento.

Dicho fenómeno se analizará a través de criterios cualitativos, haciendo uso de la metodología propuesta por Holtz y Gibbs<sup>1</sup>, la cual es recomendada por INVIAS<sup>2</sup>, el potencial expansivo de la subrasante puede ser estimado con base en las características de plasticidad de los suelos bajo el siguiente criterio:

Tabla # 7: Potencial Expansivo de los Suelos (INVIAS)

Potencial Expansivo	Límite Líquido (%)	Índice de Plasticidad (%)
Alto	> 60	> 35
Marginal	50 - 60	25 - 35
Bajo	< 50	< 25

Fuente: Manual de diseño de pavimentos asfálticos INVIAS

<sup>1</sup>Bureau of Reclamation EEUU, Holtz y Gibbs

<sup>2</sup>COLOMBIA. INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Manual de diseño de pavimentos asfálticos para vías con bajos volúmenes de tránsito. Bogotá: El instituto, 2007.

De igual forma se considerarán los criterios expuestos en la norma sismo resistente de Colombia (NSR-10), en la Tabla H.9.1-1, en la cual se clasifican los suelos expansivos.

Tabla # 8 (H.9.1-1): Potencial Expansivo de los Suelos (NSR-10)

Potencial de expansión	Expansión (%) medida en consolidómetro bajo presión vertical de 0.07 kgf/cm <sup>2</sup>	Límite líquido LL, en (%)	Límite de contracción en (%)	Índice de plasticidad, IP, en (%)	Porcentaje de partículas menores de una micra (μ)	Expansión libre EL, en (%), medida en probeta
Muy alto	> 30	> 63	< 10	> 32	> 37	> 100
Alto	20 – 30	50 – 63	6 – 12	23 – 45	18 – 37	> 100
Medio	10 – 20	39 – 50	8 – 18	12 – 34	12 – 27	50 100
Bajo	< 10	< 39	> 13	< 20	< 17	< 50

Para el caso particular de los suelos encontrados a nivel de cimiento de los terraplenes el potencial expansivo previsto, es el siguiente:

Tabla # 9: Evaluación Cualitativa Potencial Expansivo de los Suelos de subrasante

Sector	Apique	LL (%)	IP (%)	% pasa 200	Potencial expansivo	
					INVIAS	NSR-10
VIA YE EL LIMON – VEREDA ZUMBADOR	1	NP	NP	16.54	Bajo	Bajo
	2	31.70	8.06	44.28	Bajo	Bajo
	3	64.90	35.05	86.62	Medio	Marginal
VIA RIO SORORIA – ESCUELA MANIZALES	1	NP	NP	52.94	Bajo	Bajo
	2	28.00	6.69	17.51	Bajo	Bajo
	3	24.40	6.33	10.19	Bajo	Bajo
VIA LA VICTORIA DE SAN ISIDRO - ARGENTINA	1	NP	NP	28.61	Bajo	Bajo
	2	NP	NP	22.62	Bajo	Bajo
	3	31.00	11.22	25.05	Bajo	Bajo
	4	29.80	8.86	75.96	Bajo	Bajo
VIA LA YE ARGENTINA – VEREDA LA ESPERANZA	1	47.00	20.05	60.45	Bajo	Bajo
	2	49.60	22.41	66.25	Bajo	Bajo
	3	35.00	16.88	37.78	Bajo	Bajo

Se aprecia que los suelos de subrasante de cada sector, presentan un potencial expansivo predominantemente clasificado como bajo, con un solo punto encontrado en la vía al Zumbador que clasifica como medio.

De acuerdo a lo anterior, los suelos encontrados no son susceptibles de cambios de volumen que vayan a comprometer la estabilidad de la estructura de pavimento que sobre ella se construya. En el sector donde se encontró una susceptibilidad media se deberá hacer un tratamiento con cal al 5% en un espesor mínimo de 20 cm o el reemplazo de la subrasante en un espesor de unos 30 cm por un relleno seleccionado que cumpla las especificaciones del INVIAS.

**3.4.4 Evaluación del drenaje:** Durante la construcción de la estructura de pavimento deben construir las obras de drenaje requeridas e indicadas en el diseño hidráulico con el fin de garantizar que el agua no se infiltre a las capas inferiores de la estructura de pavimento y reblandezca el suelo de fundación.

Se debe garantizar que las juntas sean selladas con un material resistente a las condiciones climáticas de tal manera que se restrinja la penetración del agua superficial a las capas subyacentes de la base y sub-base, permitiendo mantener la capacidad óptima del pavimento y evitando la degradación del mismo.

Para evitar que la subrasante permanezca saturada, libre de charcos, proveer un área de circulación de rápido drenaje y obtener unas mejores condiciones de comportamiento de la estructura del pavimento se

construirán las vías con una pendiente longitudinal no menor del 0.50% y el bombeo de la sección transversal mayor o igual al 1%.

Es importante evitar que exista presencia de agua, dado que en caso de presentarse afectará en gran medida a la respuesta estructural del pavimento. El agua atrapada puede producir efectos nocivos como:

- + Reducción de la resistencia de materiales granulares.
- + Reducción de la resistencia de la subrasante.
- + Expulsión de finos.
- + Levantamientos diferenciales de suelos expansivos.

## **CAPITULO IV**

### **4. DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO PARA EL PROYECTO.**

En este volumen se presenta el diseño de estructura del pavimento, incluyendo las características de los materiales que se deben emplear, así como las recomendaciones constructivas requeridas para el buen desarrollo de la obra.

El objetivo del diseño de pavimentos rígidos, es contar con una estructura sostenible y económica que permita la circulación de los vehículos de una manera cómoda y segura, durante un periodo fijado por las condiciones de desarrollo.

El método de diseño utilizado se basa exclusivamente en los conceptos de fatiga mecánica para determinar mediante modelos matemáticos, el espesor y la calidad del concreto. Es decir, el diseño se orienta fundamentalmente a dimensionar la placa para unas condiciones de fundación generalizada y un tránsito tipificado, para diseñar el espesor del pavimento rígido. Los métodos de diseño de espesores de pavimentos más ampliamente usados a nivel mundial, corresponden al de la American Association of State Highways and Transportation Officials (AASHTO) y el de la Portland Cement Association (PCA).

El método escogido y utilizado para diseñar el espesor del pavimento en Placa Huella en Concreto, fue el establecido por las especificaciones de la asociación de cemento Pórtland "PCA" de los estados Unidos y contenidas en el manual de diseño del Instituto Colombiano de Productores de cemento I.C.P.C.

#### **4.1 METODOLOGIA DE LA PCA.**

En 1920 se produjeron las primeras ecuaciones para el diseño de pavimentos y en 1926 el profesor Westergaard publicó las ecuaciones de esfuerzo y deformación. En 1933 la Portland Cement Association (PCA) publicó el procedimiento para el diseño de espesores de concreto correlacionado con el tráfico, e introdujo los primeros conceptos de fatiga así como las primeras ecuaciones empíricas. Posteriormente, en 1966 y 1984, la PCA actualizó su método de diseño, siendo esta última la versión que rige en la actualidad.

Este método de diseño está basado en las teorías de Westergaard, Pickett y Ray, y se complementa con base en elementos finitos con los que se estudió el comportamiento de una losa de concreto de espesor variable y dimensiones establecidas, a la cual se le aplicaron cargas en el centro, bordes y esquinas, considerando diferentes condiciones de apoyo y soporte. Se deben controlar especialmente la fatiga (para prevenir el agrietamiento debido a las cargas) y la erosión (para limitar la deflexión en los bordes de la losa). La vida útil del pavimento termina cuando se da la ruptura del concreto por las repeticiones de carga.

El propósito de este método es obtener el espesor mínimo de la losa, para soportar las cargas que se le impondrán en determinado período de tiempo. Si el espesor es mayor de lo necesario, el pavimento prestará un buen servicio con bajos costos de mantenimiento, pero el costo inicial será alto. En caso de que el espesor no sea el adecuado, los costos prematuros y elevados de mantenimiento e interrupciones en el tráfico sobrepasarán los bajos costos iniciales. Una correcta ingeniería requiere que los diseños de espesores balanceen apropiadamente el costo inicial y los costos de mantenimiento.

Mientras que el método PCA 84 se centra en el tópico del diseño de espesores, otros aspectos de diseño son igualmente importantes para asegurar el buen funcionamiento y la duración del pavimento de concreto:

- Provisión para un soporte razonablemente uniforme.
- Prevención del bombeo de material de base en caso de que el tráfico esperado sea suficientemente alto como para causarlo.
- Diseño de juntas que garantice una adecuada transferencia de cargas y facilite el uso de sellos si son requeridos para hacerlas efectivas y prevenga daños de las mismas debido a filtraciones.
- Uso de mezclas que proporcionen un concreto de buena calidad con la resistencia y durabilidad necesarias, según las condiciones de exposición.

## 4.2 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA.

El espesor y características establecidas en el diseño para el pavimento Placa Huella en Concreto de la Vía Rural Bocas del Roncón – La Misión, Municipio de Becerril, se determinaron para la situación de soporte de la subrasante acorde a los C.B.R de diseño obtenido en el presente estudio y considerando dos condiciones básicas:

1. Los esfuerzos generados por las cargas del tráfico sobre las losas del pavimento son básicamente "de flexión".
2. La falla de las losas del pavimento ocurren por fatiga, considerando que los esfuerzos inducidos en las losas y originados por la carga no sobrepasan la resistencia a la flexión del concreto.

**4.2.1 Subrasante:** Se entiende como subrasante a la parte superior de las explanaciones sobre la cual se construye el pavimento su función básica es proporcionar a la estructura del pavimento un cimiento adecuado. Para lograr las condiciones adecuadas de la subrasante se hace necesario la optimización de la capa superior de esta por medio de compactación, desechando el material inservible y reemplazándolo por uno que posea las condiciones requeridas o por medio de la adición de estabilizantes que mejoren su resistencia.

De acuerdo con los estudios de suelos, a la subrasante se le debe realizar un proceso de compactación y nivelación a lo largo de todo el eje de la vía, para que éste sirva como un sustento ideal a las demás capas que conforman la estructura del pavimento.

Tabla # 10: Condiciones geotécnicas para el diseño

UNIDAD #	SECTOR	CBR DE DISEÑO (%)	OBSERVACIONES
1	VIA RIO SORORIA – ESCUELA MANIZALES  VIA YE EL LIMON – VEREDA ZUMBADOR.	7.50%	
2	VIA LA VICTORIA DE SAN ISIDRO – ARGENTINA  VIA LA YE ARGENTINA – VEREDA LA ESPERANZA	2.80%	

**4.2.2 Periodo de Diseño:** Teniendo en cuenta que pueden pasar un (1) año a partir de la fecha, para que entre en funcionamiento la vía en estudio y el hecho de que el periodo de diseño es de 20 años, se establece como periodo de diseño el comprendido 2018 y 2038.

**4.2.3 Subbase Granular:** Con el objetivo de proporcionar un mayor sustento a la estructura del pavimento, en especial a la capa de rodadura, se hace necesaria la colocación de una capa de subbase o

base. Generalmente bajo las losas de los pavimentos de concreto hidráulico se coloca una base granular. Los materiales que la conformen deben de ser resistentes al desgaste, no presentar partículas deleznable, y preferiblemente deben provenir de la trituración mecánica de su roca madre o de fragmentos de mayor tamaño.

**4.2.4 Transito de Diseño:** El mal estado de la vía, las fuertes pendiente topográficas limitan el tráfico pesado en la zona. Actualmente solo transitan vehículos de doble tracción con capacidad de transportar cargas hasta 5 Toneladas por lo que se considera para efectos de diseño una carga máxima de 8 Toneladas, valor este que tiene en cuenta el peso el vehículo mas la carga.

**4.2.5 Factor de seguridad de carga:** Los valores recomendados para este factor son 1.0 para calles y carretas con bajos volúmenes de tránsito; 1.1 para rutas con transito de peso y frecuencia medios, y 1.2 para vías con transito pesado y frecuente. Para el caso que nos corresponde y teniendo en cuenta el uso que tendrán las vías del proyecto se adopta como FSC el valor de 1.00.

**4.2.6 Propiedades del concreto:** Son dos las propiedades del concreto que influyen en el diseño y en su comportamiento a lo largo de su vida útil.

- Resistencia a la tensión por flexión o Módulo de Ruptura (MR)
- Módulo de elasticidad del concreto (Ec)

Debido a que los pavimentos de concreto trabajan principalmente a flexión es recomendable que su especificación de resistencia sea acorde con ello, por eso el diseño considera resistencia del concreto trabajando a flexión, que se conoce como resistencia a la flexión por tensión ( $S'_c$ ) o Módulo de ruptura ( $M_R$ ) normalmente especificada a los 28 días.

Existe una prueba normalizada por la ASTM C78 para la obtención del módulo de ruptura la cual consiste en aplicar carga a la viga de concreto en los tercios de su claro de apoyo (Figura # 8). Se puede realizar otra prueba similar aplicándole carga el centro del claro; los resultados obtenidos son diferentes aproximadamente entre 15% a 20% mayores.

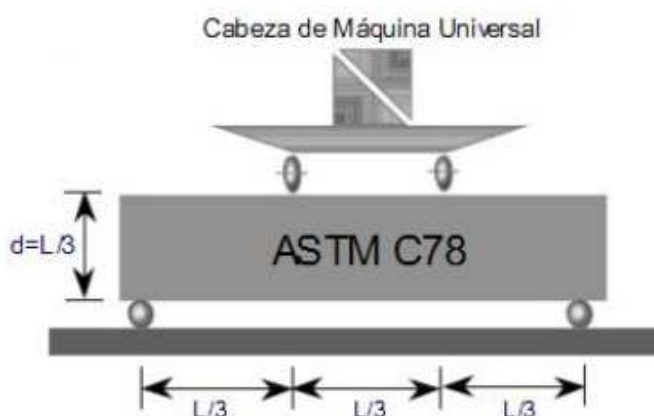


Figura # 8: Prueba para la obtención de módulo de rotura.

En la tabla # 11 se muestra el Módulo de Rotura ( $M_R$ ) recomendado dependiendo el tipo de vía.

Tabla # 11: Módulo de ruptura.

Tipo de pavimento	MR recomendado kg/cm <sup>2</sup>	psi
Autopistas	48.0	682.7
Carreteras	48.0	682.7
Zonas industriales	45.0	640.1
Urbanas principales	45.0	640.1
Urbanas secundarias	42.0	597.4

Para nuestro caso el módulo de rotura (MR) será de 42 Kg/cm<sup>2</sup>.

#### 4.2.7 Módulo de reacción K de la superficie en que se apoya el

**Pavimento:** Con el fin de prevenir fenómenos de bombeo, mejorar la capacidad de soporte del suelo de subrasante y proporcionar una superficie limpia y estable para los trabajos de pavimentación se debe usar una sub-base del siguiente espesor:

Tabla # 12: Espesores mínimos recomendados de subbase granular.

UNIDAD #	ESPESOR DE LA SUBBASE GRANULAR (mm)
1	150
2	200

Los anteriores espesores se deberán colocar previo al mejoramiento y/o estabilización de la subrasante.

Para los espesores de subbase granular recomendada se obtienen los siguientes módulos de reacción compuesto de la subrasante, acorde a lo consignado en la tabla # 13:

Tabla # 13: Relación entre el CBR y el Módulo de Reacción K del Conjunto.

VALOR DE K DE LA SUBRASANTE		VALOR DE K (MPa / m) DEL CONJUNTO SUBRASANTE - SUB - BASE GRANULAR			
C.B. R. (%)	K (MPa / m)	100 (mm)	150 (mm)	200 (mm)	300 (mm)
2	16	19	22	27	33
3	24	27	31	37	45
4	30	34	38	44	54
5	34	38	42	49	59
6	38	42	46	53	65
7	41	45	50	56	69
8	44	48	53	60	72
9	47	52	56	63	76
10	49	54	58	65	79
11	51	56	60	67	81
12	53	58	62	69	84
13	54	59	63	70	85
14	56	61	65	72	87
15	57	62	66	73	88
16	59	64	68	75	91
17	60	65	69	76	92
18	61	66	70	77	93
19	62	67	71	78	94
20	63	68	72	79	96

Tabla # 14: Valores de K del conjunto Subrasante subbase granular

UNIDAD #	CBR DE DISEÑO (%)	K de la Subrasante (Mpa/m)	K del conjunto subrasante – subbase granular (Mpa/m)
1	7.50%	42	58
2	2.80%	22	32

### 4.3 DETERMINACION DE LOS ESPESORES DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO

El procedimiento utilizado corresponde al método simplificado de diseño de pavimentos rígidos, el cual es un método sencillo cuando se conoce la carga común que transitará por la vía. El método nos permite obtener los espesores necesarios de losas de concreto en función del módulo de reacción de la fundación y de la magnitud de la carga.

Para este caso se tendrán en cuenta la carga máxima de un vehículo con eje Simple doble de 8 Tonelada, teniendo en cuenta el hecho que por la zona no se espera que transiten vehículos con grandes cargas, pues está limitado por la topografía de la zona.

#### DATOS:

Carga de diseño: Se adopta como carga de diseño la correspondiente a un eje Simple de 8 Ton.

FSC: Para el tipo de tráfico esperado se adopta un FS de 1.00 considerando la frecuencia y presencia de vehículos de peso medio.



---

Carga de cálculo:	8.00 Toneladas considerando el factor de seguridad de carga de 1.00.
CBR de Diseño:	7.50% para la Unidad # 1 y 2.80 para la unidad # 2
$K_{\text{Subrasante}}$ :	Para un CBR del 7.50% el K de la subrasante es de 42 Mpa/m y para el CBR de 2.80% el K de la subrasante es de 22 Mpa/m
K conjunto: <sup>3</sup>	Considerando la colocación de una subbase granular de 15.00 cm para la unidad # 1 y 20 cm para la unidad # 2, el K del conjunto Subrasante – subbase Granular es de 58 Mpa/m y 32 Mpa/m respectivamente.
Mr de concreto:	4.2 Mpa
Espesor requerido:	Este se determina en base al siguiente ábaco.

---

<sup>3</sup> Fuente: Canadian Portland Cement Association. – Ingeniería de pavimentos – Alfonso Montejo Fonseca.

Figura No 9 - Determinación de espesores de concreto hidráulico.

Unidad de Diseño # 1

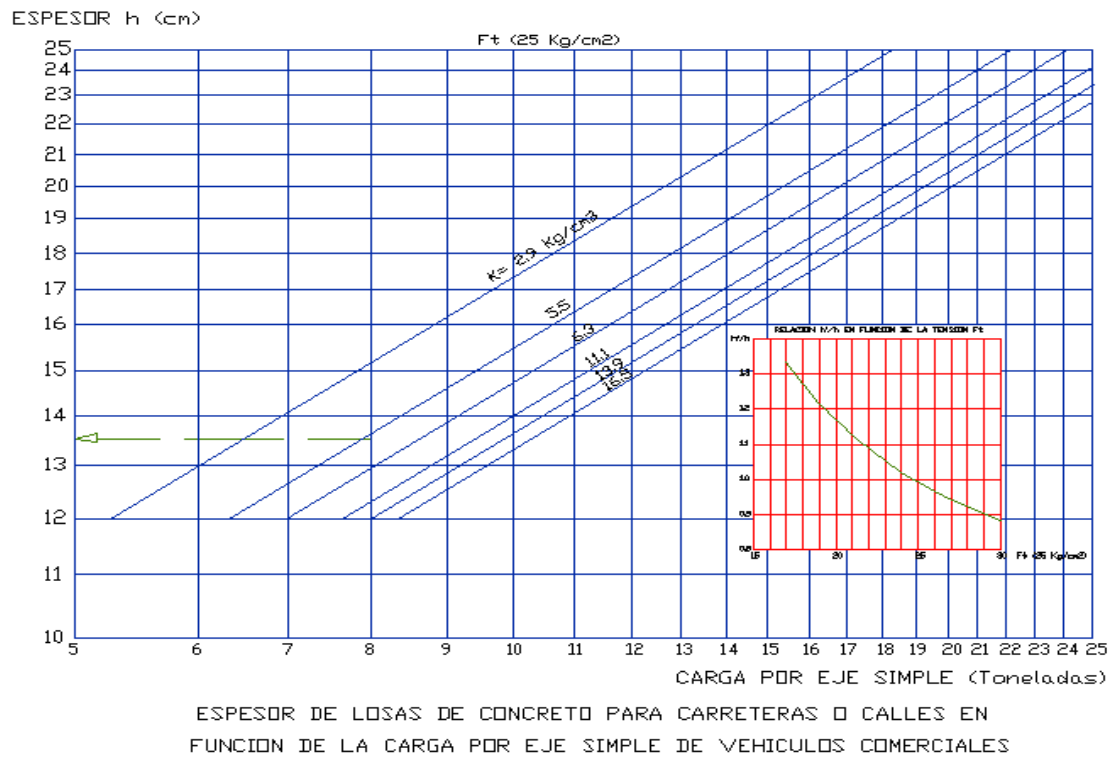
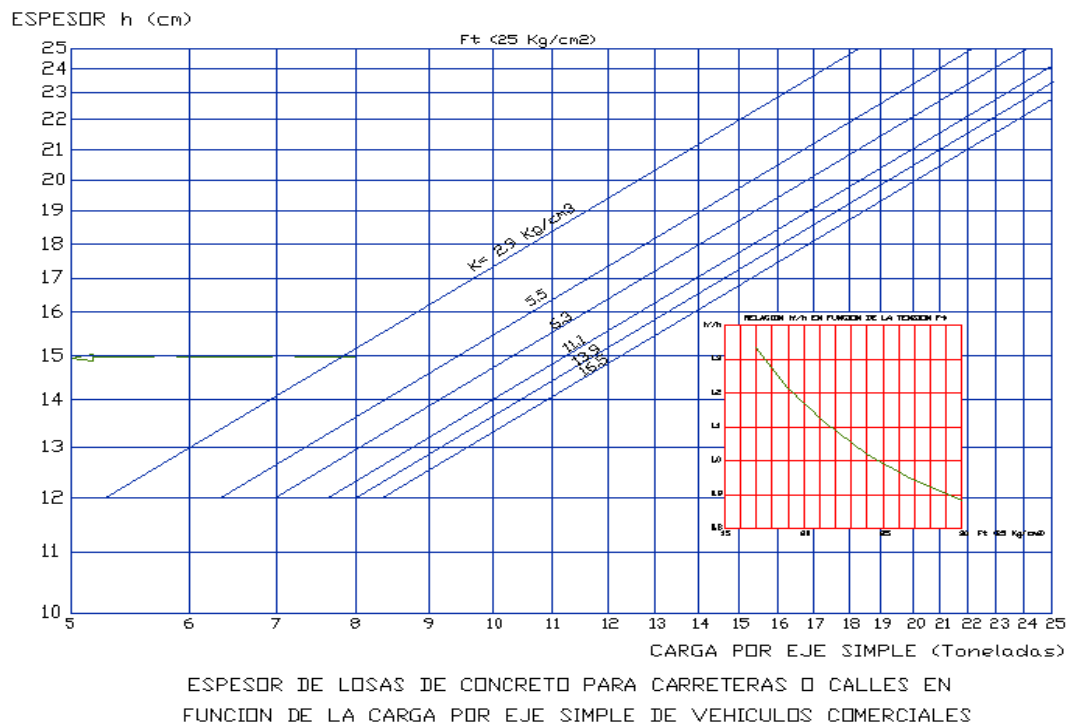


Figura No 10 - Determinación de espesores de concreto hidráulico.

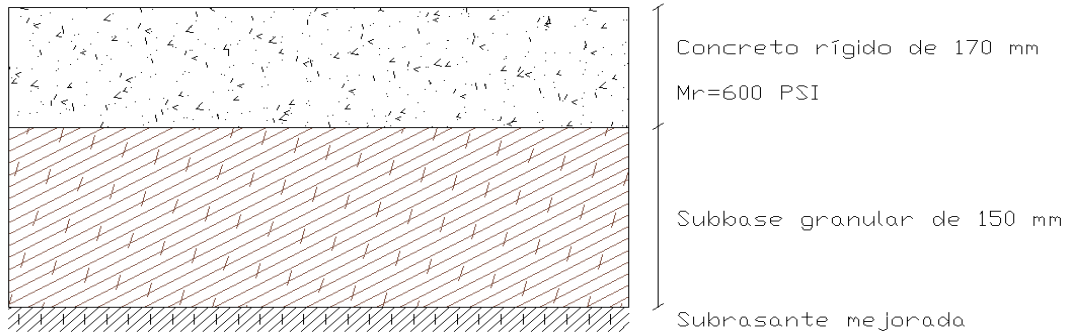
Unidad de Diseño # 2



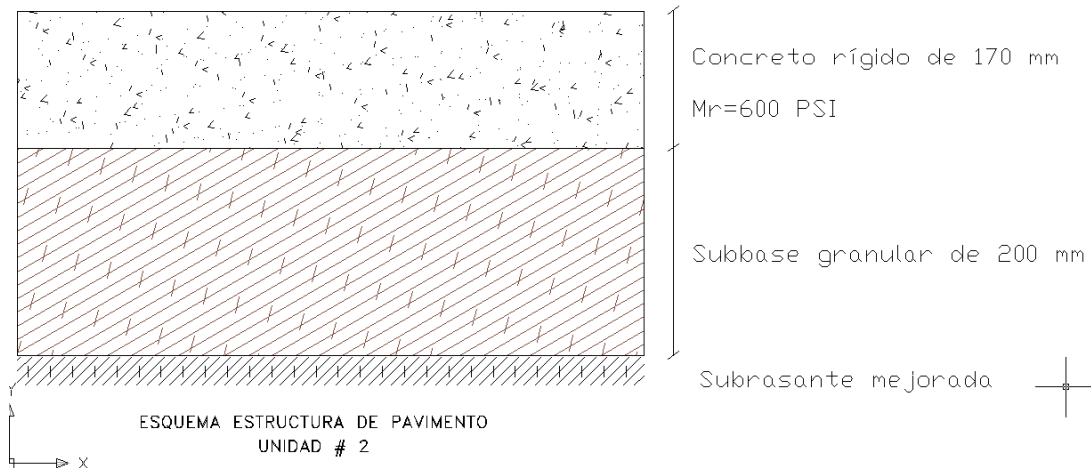
Teniendo en cuenta que el Módulo de rotura del concreto a utilizar será de 4.2 Mpa se aplicando la corrección por el esfuerzo del módulo de rotura con lo que se obtiene que los espesores obtenidos deben incrementarse en 12%, luego el espesor real a colocar es:

UNIDAD #	Espesor de losa requerido para $M_r$ de 5.0 Mpa (mm)	Espesor real a colocar con $M_r$ de 4.2 Mpa (mm)
1	135	150
2	150	170

De acuerdo a lo anterior las estructuras encontradas son las siguientes:



ESQUEMA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO  
UNIDAD # 1



#### 4.4 CONSIDERACIONES ESPECIALES

a) Separación entre juntas transversales:

$$S_{jt} = (21 \text{ a } 24) \times \text{Espesor pavimento.}$$

$$S_{jt} = 21 \times 0.17 = 3.57 \text{ mt}$$

Atendiendo la recomendación de que Relación largo/ancho  $< 1,5$

Ancho Placa Huella: 1.00 mt

Largo:  $1.5 \times B = 1.5$  mt.

Con el fin de disminuir el número de juntas se adopta un longitud de 2.50 metros como separación de juntas transversales y se refuerza la placa con el fin de tener en cuenta el efecto de las tensiones excesivas de alabeo. Esta solución admite que el concreto se agriete, pero la grietas de por sí no son perjudiciales en la medida que se mantengan firmemente unidas las caras de la losa de tal forma que esté garantizada la transmisión de la carga de una cara de la losa a la otra por el efecto de la trabazón del agregado grueso del concreto.

Para evitar la apertura de la grieta se coloca acero cuyas funciones son las siguientes:

- ✚ Mantiene las caras de las grietas firmemente unidas después de producirse ésta, por lo que funciona como barras de amarre.
- ✚ Evita la propagación de las grietas.
- ✚ No adiciona prácticamente capacidad estructural a las losas y por lo tanto el espesor se calcula igual que para las losas sin armaduras de acero.

La cantidad de acero longitudinal que se debe colocar, se calcula en función de la cantidad necesaria para evitar el deslizamiento de la losa suponiendo que se ha formado una grieta en su centro. El esquema de

análisis es similar al usado para el cálculo de las tensiones producidas en el concreto por la fricción entre la losa y la base, pero en el caso que nos ocupa, la fuerza total que compensa la fricción, debe ser tomada por las barras de acero que atraviesan la grieta.

**b) Acero mínimo por retracción y fraguado:**

La cantidad requerida de refuerzo por unidad de ancho o largo de la losa ( $A_s$ ) será:

$$A_s = (\gamma_c * h * L * f_a) / 2f_s$$

Donde:

$\gamma_c$  = peso unitario del concreto.

$h$  = espesor de la losa

$L$  = longitud de la losa.

$f_a$  = factor de fricción, que se adopta de la siguiente tabla:

Tipo de material bajo la losa	Factor de fricción ( $f_a$ )
Tratamiento superficial	2.2
Estabilización con cal	1.8
Estabilización con asfalto	1.8
Estabilización con cemento	1.8
Grava de río	1.5
Piedra triturada	1.5
Arenisca	1.2
Subrasante natural	0.9


$f_s$  = esfuerzo admisible del acero

#### **Armadura requerida en el sentido longitudinal:**

$$A_s = 2400 \times 0.17 \times 3.00 \times 1.50 / (2 \times 2100)$$

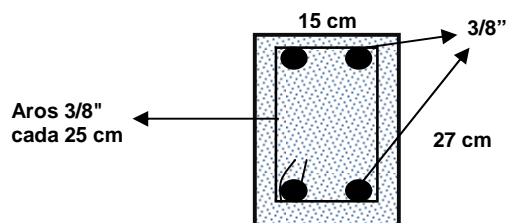
$$A_s = 0.87 \text{ cm}^2/\text{ml de placa huella}$$

Colocar una varilla de 3/8" cada 0.30 mt en la mitad de la losa.

 **Armadura Transversal:** El acero transversal por metro de longitud se coloca, por recomendación, igual a la mitad del acero longitudinal.

Se utilizará en las placas una armadura de hierro de diámetro 3/8", espaciadas cada treinta (30) cm en ambas direcciones.

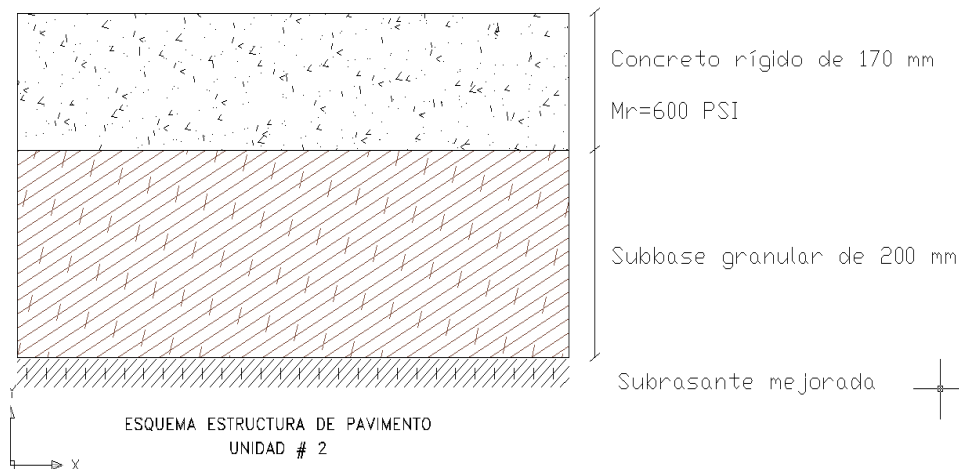
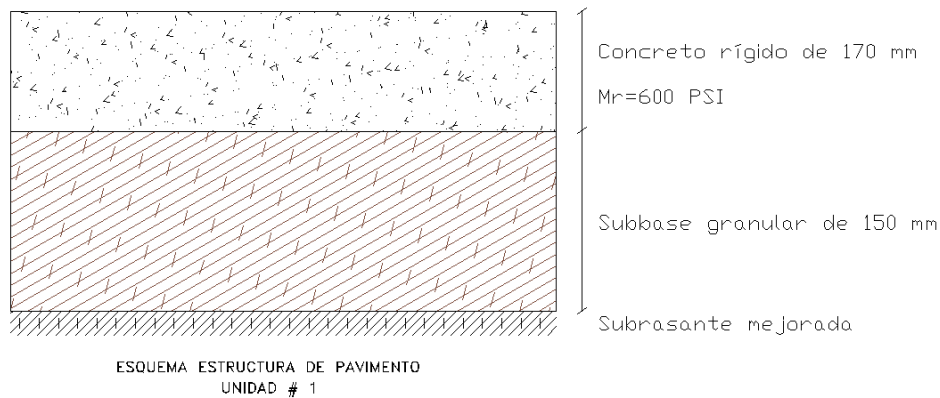
**c) Riostras o Viguetas de anclaje:** Las viguetas de anclaje o riostras deben tener sección de 15 cm de ancho por 27 cm de alto, se localizarán en los extremos de las placas cada 3 m y estarán reforzadas por cuatro (4) barras de acero de diámetro 3/8", colocadas dos (2) barras arriba y dos (2) barras abajo.



DETALLE VIGA RIOSTRA

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El análisis anteriormente efectuado propone la construcción de las siguientes estructuras de pavimento como se detalla en el siguiente esquema:



Debido a la conformación de un relieve bastante quebrado y accidentado con pendientes mayores del 10% es aconsejable aplicar el sistema de construcción de pavimento en **Placa Huella en concreto** debido a que la afluencia de vehículos es poca.

- ✚ La losa de concreto para la construcción el pavimento en **Placa Huella en concreto** y el material granular de base deben cumplir con las especificaciones establecidas por el INVIAS 2013.
- ✚ El ancho de cada placa huella deberá ser de 0.90 mt con un espesor indicado en el diseño y una longitud entre centros de viguetas transversales de 2.50 mt.
- ✚ 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 0.27 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 las cunetas (Cuando la sección sea en corte), en la cuneta – bordillo, (Cuando la sección sea en relleno) o en la cuneta de un lado y en la cuneta bordillo del otro lado (cuando la sección sea mixta) según las exigencias y los anchos de la calzada especificados en el diseño.
- ✚ Se recomienda utilizar una subbase en material granular compuesto por grava, Arena, mezclas de grava y arena, roca triturada, Escoria triturada o granulada, o combinaciones de estos materiales, para que actúen efectivamente contrarrestando el fenómeno de "BOMBEO" o "SURGENCIA", para proporcionar una capa drenante, para proporcionar una plataforma de trabajo más estable durante la construcción del pavimento y adicionalmente aumentar el modulo de reacción de subrrasante (K).
- ✚ El material de subbase debe cumplir con lo establecido en el artículo 320 – 13.

- ✚ El concreto debe cumplir con una resistencia a la flexión mínima de 4.2 Mpa. Se hace absolutamente necesario, que los materiales y los procedimientos constructivos a utilizar en el presente proyecto, sigan estrictamente las normas y especificaciones generales de construcción de carreteras INVIAS, debido a que los cálculos del presente análisis contemplaron la utilización de materiales que cumplen dichas especificaciones y se parte de la premisa que los métodos constructivos son los adecuados.
- ✚ Si durante la construcción de la estructura del pavimento se observan zonas con fallos puntuales, lo cual es fácilmente detectable al observar el suelo de subrasante al paso de la maquinaria y volquetas, se recomienda excavar el material de subrasante en por lo menos 30 cm y su reemplazo con 30 cm de rajón, el cual irá hincado en una profundidad no inferior a 10 cm dentro del material de subrasante y con una capa de recebo de material seleccionado y compactado, cuyo espesor será el necesario hasta llegar al nivel de subrasante previsto en el diseño.
- ✚ Con el fin de garantizar homogeneidad de la subrasante se debe retirar todo suelo inadecuado de las zonas que contiene material orgánico plástico u otros materiales extraños que tengan una calidad inferior a la predominante y sustituirlos por otros adecuados.
- ✚ Con el propósito de minimizar la infiltración del agua superficial y de materiales incompresibles al interior de la junta del pavimento, se deben utilizar sellos líquidos o sellos a compresión los cuales deben soportar esfuerzos alternados de compresión y de tensión, producidos por los cambios de temperatura y de humedad.
- ✚ El material sellante debe ser un material adherente al concreto, resistente a la infiltración de agua y a la penetración de partículas

sólidas entre las caras de la juntas. Además debe ser un material resistente a la fatiga, a la cizalladura, a la tracción, al envejecimiento y los ataques químicos.

- ✚ Para el sello de las juntas entre placas huellas se podrá emplear material pre moldeado, como Sika Rod 10mm con Sikaflex-15L M SL, o similares, que cumplan con las mismas especificaciones de sellado.

## **6. BIBLIOGRAFIA**

- INGENIERIA DE PAVIMENTOS – XI Simposio Colombiano sobre ingeniería de Pavimentos.
- DISEÑO DE PAVIMENTOS – Universidad del Cauca.
- METODOS PARA DISEÑO DE ESPESORES DE PAVIMENTOS DE CALLES Y CARRETERAS. – Michael Hernández Carrillo.
- INGENIERIA DE PAVIMENTOS – Fundamentos, estudios básicos y Diseño – Alfonso Montejó Fonseca.
- PAVIMENTOS – Cuaderno N° 3 – Michael Hernández Carrillo.



DISEÑO DE PAVIMENTO PARA EL MEJORAMIENTO DE VIAS Terciarias EN EL MUNICIPIO DE LA JAGUA DE IBIRICO,  
DPTO DEL CESAR. VIAS QUE COMUNICAN A LA VICTORIA DE SAN ISIDRO CON LA VEREDA ARGENTINA, YE  
ARGENTINA LA ESPERANZA, YE EL LIMON – VEREDA EL ZUMBADOR Y LA VIA RIO SORORIA – ESCUELA MANIZALES

---

## ANEXOS



DISEÑO DE PAVIMENTO PARA EL MEJORAMIENTO DE VIAS TERCARIAS EN EL MUNICIPIO DE LA JAGUA DE IBIRICO,  
DPTO DEL CESAR. VIAS QUE COMUNICAN A LA VICTORIA DE SAN ISIDRO CON LA VEREDA ARGENTINA, YE  
ARGENTINA LA ESPERANZA, YE EL LIMON – VEREDA EL ZUMBADOR Y LA VIA RIO SORORIA – ESCUELA MANIZALES

---

## **Anexo # 1**

### **Registros de perforación**



DISEÑO DE PAVIMENTO PARA EL MEJORAMIENTO DE VIAS TERCARIAS EN EL MUNICIPIO DE LA JAGUA DE IBIRICO,  
DPTO DEL CESAR. VIAS QUE COMUNICAN A LA VICTORIA DE SAN ISIDRO CON LA VEREDA ARGENTINA, YE  
ARGENTINA LA ESPERANZA, YE EL LIMON – VEREDA EL ZUMBADOR Y LA VIA RIO SORORIA – ESCUELA MANIZALES

---

## **Anexo # 2**

### **Resultados CBR**



DISEÑO DE PAVIMENTO PARA EL MEJORAMIENTO DE VIAS Terciarias EN EL MUNICIPIO DE LA JAGUA DE IBIRICO,  
DPTO DEL CESAR. VIAS QUE COMUNICAN A LA VICTORIA DE SAN ISIDRO CON LA VEREDA ARGENTINA, YE  
ARGENTINA LA ESPERANZA, YE EL LIMON – VEREDA EL ZUMBADOR Y LA VIA RIO SORORIA – ESCUELA MANIZALES

---

## **Anexo # 3**

### **Resultados ensayos de laboratorio**