

# DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS



Diagnóstico, optimización, diseño de pavimento rígido y flexible de la vía san Nicolás en la  
vereda Barzalosa

José Raúl álzate Valencia

Andrés Edilson Franco Muñoz

Andrés Felipe Tarquino León

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Cundinamarca

Sede / Centro Tutorial Girardot (Cundinamarca)

Programa Ingeniería Civil

Noviembre de 2019

# DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

Diagnóstico, optimización, diseño de pavimento rígido y flexible de la vía san Nicolás en la  
vereda Barzalosa

José Raúl álzate Valencia

Andrés Edilson Franco Muñoz

Andrés Felipe Tarquino León

Monografía Presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Civil

Asesor

Juan Pablo Álvarez Velandia

Ingeniero Civil

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Cundinamarca

Sede / Centro Tutorial Girardot (Cundinamarca)

Programa Ingeniería Civil

Noviembre de 2019

# DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

## DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a mi familia quien ha sido una fuente constante de apoyo y motivación durante esta etapa de formación en búsqueda de alcanzar el tan apreciado sueño de ser ingeniero civil.

ANDRES EDILSON FRANCO MUÑOZ

Este trabajo va dedicado primeramente a dios ya que él es mi fuente de sabiduría, mi familia por estar en los momentos difíciles y compartir el sueño de ser un ingeniero civil y a la Uniminuto en general por hacer posible este trabajo.

ANDRES FELIPE TARQUINO LEON

A mi familia que son el motivo para superarme, por el apoyo que me brindan y la confianza que han depositado para realizar en mí este maravilloso logro de ser el ingeniero civil de la familia

A mis parientes y amigos que se alegran por ver realizados mis sueños de ser un gran profesional y a todas esas personas que de una u otra manera me inspiraron apoyo seguridad y conocimientos a lo largo de este proceso de formación, esto es inolvidable, y los llevare en mi corazón

JOSE RAUL ALZATE VALENCIA

### **AGRADECIMIENTOS**

Primeramente, agradecidos con Dios por habernos brindado salud, sabiduría y fuerzas para no desfallecer en momentos difíciles presente a lo largo de esta etapa.

También agradecemos a nuestras familias por su incondicional apoyo, consejos y muestras de amor que nos brindan día a día con el fin alcanzar nuestros sueños.

Queremos dar gracias a la Corporación Universitaria Minuto de Dios y a todos los miembros administrativos y al cuerpo de docentes que nos brindaron la oportunidad y nos guiaron para hacer este sueño realidad.

Le agradecemos a los compañeros con los cuales compartimos a lo largo de esta etapa formativa el sueño de ser ingenieros civiles.

DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

---

---

**Firma del presidente del jurado**

---

**Firma del jurado**

---

**Firma del jurado**

**Girardot, Noviembre del 2019**

# DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

## TABLA DE CONTENIDO

<b>RESUMEN</b> .....	<b>12</b>
<b>PALABRAS CLAVES</b> .....	<b>12</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>13</b>
<b>KEYWORDS</b> .....	<b>13</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>14</b>
<b>1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	<b>15</b>
1.1 DELIMITACION DEL PROBLEMA .....	16
1.1.1 GEOLOCALIZACION .....	17
1.2 PREGUNTA DE INVESTIGACION.....	18
<b>2. JUSTIFICACION</b> .....	<b>19</b>
<b>3. OBJETIVOS</b> .....	<b>20</b>
OBJETIVO GENERAL.....	20
OBJETIVO ESPECIFICOS .....	20
<b>4. MARCO REFERENCIAL</b> .....	<b>21</b>
MARCO CONCEPTUAL.....	21
MARCO TEORICO.....	23
<b>5. ESTADO DEL ARTE</b> .....	<b>36</b>
<b>6. MARCO LEGAL</b> .....	<b>37</b>
<b>7. METODOLOGÍA</b> .....	<b>38</b>
7.1 ACTIVIDADES EJECUTADAS .....	38
<b>9. PROCESOS Y PROCEDIMIENTOS</b> .....	<b>41</b>
9.1 TOPOGRAFIA .....	41
9.2 DISEÑO DE UN PAVIMENTO RIGIDO.....	56
GENERALIDADES .....	56
DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	57
GEOLOGIA.....	59
MÉTODO UTILIZADO .....	63
DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA .....	64

# DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

<i>CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES</i> .....	83
Afirmado. ....	83
<i>9.3 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE</i> .....	85
<i>MÉTODO UTILIZADO</i> .....	85
<i>METODOLOGÍA</i> .....	87
<i>DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA</i> .....	88
<i>ESTIMACIÓN DEL TRANSITO DE DISEÑO</i> .....	89
<i>CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES</i> .....	108
Subbase granular. ....	108
Base granular. ....	111
<b>10. RESULTADOS</b> .....	<b>114</b>
<i>10.1 DESCRIPCIÓN GENERAL</i> .....	114
<i>10.2 CARACTERIZACIÓN SUB-RASANTE</i> .....	114
<i>10.3 ENSAYOS DE LABORATORIO</i> .....	114
<i>10.4 CALCULO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RIGIDO</i> .....	115
<i>10.5 CALCULO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE</i> .....	116
<i>10.6 OPTIMIZACIÓN</i> .....	118
<i>10.7 COSTO DE MATERIAL</i> .....	121
<b>11. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b> .....	<b>122</b>
<b>12. CONCLUSIONES</b> .....	<b>124</b>
<b>13. RECOMENDACIONES</b> .....	<b>126</b>
<b>14. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>128</b>
<b>15. ANEXOS</b> .....	<b>129</b>

# DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

## TABLA DE IMÁGENES

IMAGEN 1 Estado actual de la via .....	16
IMAGEN 2 Estado actual de la via .....	16
IMAGEN 3 Geolocalizacion.....	17
IMAGEN 4 Sistema unificado de clasificación, símbolos de grupo para suelos limosos y arcillosos .....	25
IMAGEN 5 Representación esquemática de vehículos de transporte de carga más comunes en el país. ....	27
IMAGEN 6 Estructura típica de un pavimento rígido .....	34
IMAGEN 7 Estructura típica de un pavimento articulado .....	35
IMAGEN 8 Posicionamiento en placa de GPS 1 instalada en terreno .....	41
IMAGEN 9 Posicionamiento en placas de GPS 2 instalada en terreno .....	42
IMAGEN 10 Localización general pareja de puntos GPS corregimiento Barzalosa - municipio de Girardot .....	42
IMAGEN 11 Listado de coordenadas SIRGAS utilizadas en el procesamiento de coordenadas.....	45
IMAGEN 12 Vectores resultantes del procesamiento de los puntos GPS1 y GPS2 ..	46
IMAGEN 13 Elementos geométricos de curvas .....	54
IMAGEN 14 Elemento de curvas espirales.....	54
IMAGEN 15 Sección tipos pavimento Rígido. ....	55
IMAGEN 16 Sección tipos pavimento Flexible .....	56
IMAGEN 17 Vía a intervenir.....	57
IMAGEN 18 Localización del Municipio .....	58
IMAGEN 19 Localización de la zona de estudio con las coordenadas geográficas del proyecto, en magna sirgas. ....	58



## DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

IMAGEN 20 Levantamiento topográfico de la zona en estudio .....	59
IMAGEN 21 Geología de la zona de estudio, mapa sin escala.....	60
IMAGEN 22 Apique #1 .....	66
IMAGEN 23 Apique #2 .....	66
IMAGEN 24 Apique #3 .....	67
IMAGEN 25 Resistencias de CBR del Tramo 1, organizados de menor a mayor.....	71
IMAGEN 26 Relación entre la clasificación del suelo y los valores de CBR y K ....	74
IMAGEN 27 Repeticiones de carga esperada por ejes .....	76
IMAGEN 28 Tránsito ejes simples. ....	78
IMAGEN 29 Tránsito ejes tándem.....	78
IMAGEN 30 Cálculo del consumo de erosión y esfuerzo para el diseño de pavimento rígido. ....	79
IMAGEN 31 Tabla 6.2. Recomendaciones para la selección de los pasadores de carga .....	80
IMAGEN 32 Detalle pasador de carga y espesor de dilatación.....	80
IMAGEN 33 Recomendación para la distribución de las varillas de anclaje .....	81
IMAGEN 34 Distribución de las barras de transferencia .....	81
IMAGEN 35 Distribución de las barras de transferencia .....	82
IMAGEN 36 Esquema del dimensionamiento del pavimento rígido .....	82
IMAGEN 37 Tabla 320-2. Requisitos de los agregados para Afirmados. ....	84
IMAGEN 38 Tabla 320-3. Franjas granulométricas del material de Afirmado. ....	84
IMAGEN 39 esquemas espesor de capas según numero estructural .....	87
IMAGEN 40 Valores de ZR en la curva normal para diversos grados de confiabilidad (Tabla I-I).....	97

# DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

IMAGEN 41 Valores recomendados para la desviación estándar ( $S_o$ ) (Tabla II). ....	98
IMAGEN 42 Coeficiente estructural a partir del CBR de la base granular (Figura 8 AASTHO). ....	100
IMAGEN 43 Coeficiente estructural a partir del módulo elástico del concreto asfáltico. ....	101
IMAGEN 44 • SN Subrasante = 3.42 .....	103
IMAGEN 45 □ SN Base = 2.27 .....	104
IMAGEN 46 SN Subbase= 2.87 .....	104
IMAGEN 47 Esquema estructura pavimento flexible. ....	108
IMAGEN 48 Requisitos de los agregados de Sub-Bases Granulares (Tabla 320-2). ....	110
IMAGEN 49 Franjas granulométricas del material de Sub-Base Granular (Tabla 320-3). ....	110
IMAGEN 50 Requisitos de calidad para los agregados “bases granulares” (Tabla 330-2). ....	112
IMAGEN 51 Franjas granulométricas del material de base granular (Tabla 330-3). ....	113
IMAGEN 52 Estructura de pavimento rígido resultante .....	116
IMAGEN 53 Esquema estructura pavimento flexible resultante. ....	117
IMAGEN 54 Vista en planta de la optimización general. ....	118
IMAGEN 55 Secciones típicas optimizadas propuestas .....	119
IMAGEN 56 Perfil longitudinal optimizado .....	119
IMAGEN 57 Sección transversal pavimento flexible .....	120
IMAGEN 58 Sección transversal pavimento flexible .....	120
IMAGEN 59 Resumen de los resultados de los ensayos de laboratorio. ....	122

# DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

## TABLA DE ANEXOS

ANEXO 1A. ENSAYOS DE LABORATORIO .....	129
ANEXO 2B TOPOGRAFIA .....	147
ANEXO 3C OPTIMIZACION DE LA VIA.....	180
ANEXO 4 D COSTOS DE MATERIAL SIN TRANSPORTE NI MANO DE OBRA .....	187
ANEXO 5 E REGISTRO FOTOGRAFICO LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO.....	188
ANEXO 6 F REGISTRO FOTOGRAFICO ESTUDIO DE SUELOS Y ENSAYOS DE LABORATORIO .....	190

## RESUMEN

Las vías son de vital importancia en el desarrollo de una región, pues son las que permiten el transporte, el comercio, la comunicación y el turismo entre sociedades. Es por eso que en el país se han venido desarrollando proyectos de ampliación de la malla vial en vías primarias y secundarias, pero en las vías terciarias son muy pocos los proyectos que se realizan como es el caso del camellón San Nicolás en la vereda Barzalosa del municipio de Girardot.

Por este motivo se ha planteado el realizar estudios de diagnóstico y optimización del estado de la vía con el cual se pueda plantear la estructura de pavimento flexible y rígido con el fin de determinar la más óptima para el sector.

Para determinar la estructura del pavimento hay cierta cantidad de métodos empíricos y mecanizados, basados en información recolectada de campo y llevada a laboratorio para su posterior análisis. Se tomó como guía para el diseño del pavimento flexible el método AASTHO 1993 (American association of state highways and transportation officials) y para el diseño del pavimento rígido el PCA (Portland cement association) y se realizó un presupuesto de cada uno de estos con el que se pudo determinar que por el tránsito y el nivel socioeconómico de la región el más adecuado es el flexible.

**PALABRAS CLAVES:** malla vial, vías terciarias, estructura del pavimento, presupuesto, tránsito.

## ABSTRACT

The roads are of vital importance in the development of a region, since they are the ones that allow transport, commerce, communication and tourism between societies. That is why in the country have been developing projects to expand the road network in primary and secondary roads, but in the tertiary roads there are very few projects that are carried out as is the case of the San Nicolás camellon in the Barzalosa side of the Girardot municipality.

For this reason, it has been proposed to carry out diagnostic studies and optimization of the state of the road with which the flexible and rigid pavement structure can be raised in order to determine the most optimal for the sector.

To determine the structure of the pavement there are a number of empirical methods such as mechanized, based on information collected from the field and taken to the laboratory for further analysis. The AASTHO 1993 (American association of state highways and transportation officials) method was used as a guide for the design of the flexible pavement and the PCA (Portland cement association) was designed for the rigid pavement design and a budget of each of these was made with the that it could be determined that the most adequate is the flexible and the most appropriate for the region's traffic and socioeconomic status.

**KEYWORDS:** road mesh, tertiary roads, pavement structure, budget, traffic.

## INTRODUCCIÓN

El presente escrito es presentado como requisito para optar por el título de Ingeniero Civil según lineamientos requeridos en la Universidad Minuto De Dios la cual se basa en realizar una investigación en la cual se pondrán en práctica los conocimientos que se han adquiridos durante la etapa formativa; el sector escogido para la realización de este proyecto es la vía san Nicolás en la vereda barzalosa, el cual presenta ciertas afectaciones por su mal estado que causan malestar a la comunidad y a la población turista que visita el sector.

En el trabajo presentado se especificarán los métodos mediante los cuales se calcularon las dos estructuras de pavimento (rígido y flexible) y la metodología que se realizó a lo largo del desarrollo de este, desde los estudios de suelos, con los que obtendremos muestras para la realización de laboratorios de granulometría, cbr, proctor y límites líquidos y plásticos, con el levantamiento topográfico obtenemos ancho de vía, rasante de vía, curvas horizontales y verticales, pendientes y la longitud total de la vía con el fin de optimizar el trazado existente de esta. Se realizó un presupuesto con la finalidad de escoger el más adecuado según el nivel socioeconómico del sector.

Ya para terminar se darán ciertas recomendaciones a tener en cuenta al realizar el proyecto las cuales son de vital importancia para mantener la vía en óptimo estado.

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Al observar la dificultad con la que transitan los diferentes tipos de vehículos, los ciclistas y peatones que hacen uso de esta por distintas labores cotidianas entre ellas el comercio, el turismo y el transporte diario de los habitantes propios del sector. El cual presenta variedad de inconvenientes por motivos de no contar con una pavimentación adecuada para el tráfico que maneja y además el inadecuado drenaje que se le da a las aguas de escorrentías que terminan deteriorándola y que en temporada de lluvia hace intransitable provocando acanalamiento a lo largo y ancho de la vía y estancamiento de aguas que facilitan la proliferación de plagas , en temporada seca el levantamiento de partículas de polvo termina afectando la salud de la comunidad y la estética del sector.

Es por eso que se plantea hacer el diagnóstico del estado actual y así poder realizar el diseño de la pavimentación de esta vía con el fin de mejorar la transitabilidad del sector y la calidad de vida de los ciudadanos.

# DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

## IMAGEN 1 Estado actual de la via



Fuente: Autores

## IMAGEN 2 Estado actual de la via



Fuente: Autores

### 1.1 DELIMITACION DEL PROBLEMA

Este proyecto se llevó acabo en el municipio de Girardot, el cual está localizado aproximadamente a 130 km de la ciudad de Bogotá, más exactamente en la vía San Nicolás de la

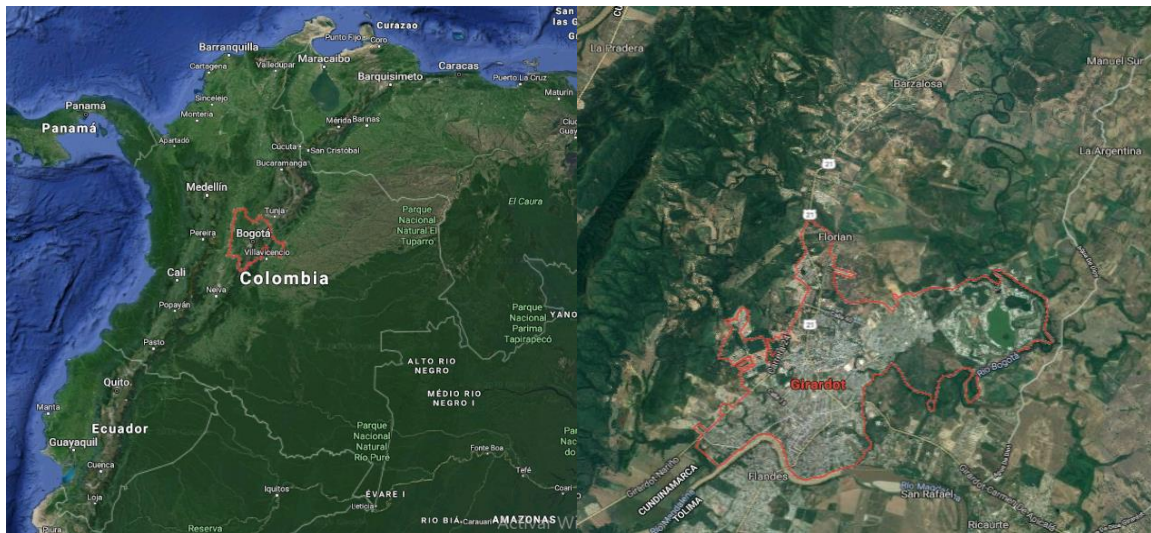


# DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

vereda Barzalosa ubicada en el km 6+520 m en la margen izquierda de la vía que lo comunica con el municipio de Tocaima.

## 1.1.1 GEOLOCALIZACION

IMAGEN 3 Geolocalizacion



Fuente: Google Maps

**1.2 PREGUNTA DE INVESTIGACION**

¿Qué tipo de estructura de pavimento es el más adecuado para la vía San Nicolás en la vereda barzalosa?

## 2. JUSTIFICACION

El inadecuado estado de la vía San Nicolás en la vereda barzalosa causa problemas, tanto en la movilidad para el comercio de productos agrícolas o el turismo, también se ven afectados en cuanto a la salud y en la estética del sector que causa una desvalorización directa a sus predios es por eso que se planteó el diseño de la estructura del pavimento con el fin de dar una solución radical a esta problemática social, cultural y ambiental que aqueja a esta comunidad, que se verá beneficiada directamente, también los turistas y las poblaciones futuras que pueden habitar el sector, a su vez estos tipos de proyectos hacen de la ciudad de Girardot un sitio más cómodo para vivir o visitar y cabe recordar que somos la ciudad turística por excelencia del centro del país.

### **3. OBJETIVOS**

#### **OBJETIVO GENERAL**

Determinar qué tipo de pavimento es el más adecuado para solucionar esta problemática en la vía San Nicolás

#### **OBJETIVO ESPECIFICOS**

- Diagnosticar el estado actual de la vía mediante la realización de un estudio de suelos
- diseñar dos tipos de pavimentos (rígido y flexible) basándonos en los métodos AASTHO 1993 y el PCA
- realizar un levantamiento topográfico y posterior diseño geométrico optimizando el trazado actual de la vía.
- Elaborar un presupuesto para así determinar cuál es el más óptimo para este proyecto.

#### 4. MARCO REFERENCIAL

##### MARCO CONCEPTUAL

**Estudio geotécnico:** ES el conjunto de actividades que permiten obtener la información geológica y geotécnica del terreno, necesaria para la redacción de un proyecto de construcción.

**Cbr:** Mide la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo, para poder evaluar la calidad del terreno para subrasante, sub base y base de pavimentos.

**Proctor:** Es una prueba de laboratorio que sirve para determinar la relación entre el contenido de humedad y el peso unitario seco de un suelo compactado.

**Limite líquido:** Se define como el contenido de agua necesario para que la ranura de un suelo ubicado en el equipo de Casagrande, se cierre después de haberlo dejado caer 25 veces desde una altura de 10 mm.

**Curvas verticales:** Son curvas que se diseñan cuando se interceptan dos tangentes, en forma vertical, de un tramo de carretera.

**Cóncavas:** la curva es cuando presenta su concavidad hacia abajo cuando dados dos puntos cualquier el segmento que los une queda por debajo de la curva.

## DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

**Convexa:** Es la zona que se asemeja al exterior de una circunferencia o una superficie esférica, es decir, que tiene su parte sobresaliente dirigida al observador. Es el concepto opuesto a la 'concavidad'.

**Límite plástico:** El límite de plasticidad o límites de consistencia, se utilizan para caracterizar el comportamiento de los suelos finos, aunque su comportamiento varía a lo largo del tiempo.

**Curva horizontales:** Se define como arcos de circunferencia de un solo radio que son utilizados para unir dos tangentes.

**Curvas Espirales:** Las curvas espirales de transición se utilizan para mejorar la comodidad y la seguridad de los usuarios en las carreteras.

**Curvas Circulares simples:** Las curvas circulares simples se definen como arcos de circunferencia de un solo radio que son utilizados para unir dos alineamientos rectos de una vía.

**Secciones típicas de la vía:** Es un corte vertical normal al alineamiento horizontal, el cual permite definir la disposición y dimensiones de los elementos que forman la carretera en el punto correspondiente a cada sección y su relación con el terreno natural.

**Cunetas:** Es una zanja o canal que se abre a los lados de las vías terrestres de comunicación (caminos, carreteras, auto vías...) y que, debido a su menor nivel, recibe las aguas pluviales y las conduce hacia un lugar que no provoquen daños o inundaciones.

**Pendientes:** Magnitud que indica la inclinación de la superficie de una carretera con relación a la horizontal.

## DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

**Bombeos:** Pendiente transversal en las entre tangencias horizontales de la vía, que tiene por objeto facilitar el escurrimiento superficial del agua. Está pendiente, va generalmente del eje hacia los bordes.

**Peraltes:** Se denomina peralte a la pendiente transversal que se da en las curvas a la plataforma de una vía férrea o a la calzada de una carretera, con el fin de compensar con una componente de su propio peso, la inercia (o fuerza centrípeta, aunque esta denominación no es acertada) del vehículo, y lograr que la resultante total .

**Andenes:** Es, generalmente, Es una plataforma elevada de cemento, hormigón o, en algunos casos de madera, que permite el fácil acceso a un medio de transporte como puede ser un tren, subte, micro, etc. Por arriba de los andenes, es por donde la gente circula, separándoles de la vía férrea.

### MARCO TEORICO

Estudios Geotecnicos; Al evaluar un pavimento existente la exploración del suelo y los ensayos de laboratorio realizados a los distintos materiales utilizados en las capas del pavimento juegan un papel muy importante, debido a que éstos proporcionan información de gran valor a la hora de tomar decisiones con respecto al estado en que se encuentran los materiales de la estructura de pavimento. Para la obtención de la información geotécnica básica de las propiedades del suelo, deben efectuarse ensayos de campo y laboratorio que determinen su distribución y propiedades físicas. Una investigación de suelos debe comprender:

- Determinación del perfil del suelo: La cual consiste en ejecutar perforaciones en el terreno, con el objeto de determinar la cantidad y extensión de los diferentes tipos del suelo, la forma como estos están dispuestos en capas y la determinación de aguas freáticas. Lógicamente, la ubicación,

## DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

profundidad y número de perforaciones deben ser tales que permitan determinar toda variación importante de la calidad de los suelos.

- Toma de muestras de las diferentes capas de suelos: En cada perforación deberá tomarse muestras representativas de las diferentes capas encontradas. Las muestras pueden ser de dos tipos: Alteradas e inalteradas. En vías se recomienda hacer sondeos con espaciamientos entre 350 y 600 m, teniendo en cuenta las semejanzas del material a partir de uno de los cortes presentes. En general, las muestras obtenidas sirven para determinar las propiedades y clasificación del material extraído valiéndose de los siguientes ensayos:

- Humedad natural
- Granulometría
- Límites de consistencia.
- Humedad Natural (ESCOBAR, 2012)

**Clasificación Del Suelo** Los suelos con propiedades similares se clasifican en grupos y subgrupos basados en su comportamiento ingenieril. Los sistemas de clasificación proporcionan un lenguaje común para expresar en forma concisa las características generales de los suelos, que son infinitamente variadas sin una descripción detallada. Actualmente, dos sistemas de clasificación que usan la distribución por tamaño de grano y plasticidad de los suelos son usados comúnmente por los ingenieros de suelos. Estos son el sistema de clasificación AASHTO y el sistema unificado de clasificación de suelos. Los ingenieros geotécnicos usualmente prefieren el sistema unificado. **Sistema unificado de clasificación de suelos** La forma original de este sistema fue propuesto por Casagrande en 1942 para usar en la construcción de aeropuertos emprendida



## DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

por el cuerpo de ingenieros del ejército durante la según guerra mundial. El sistema unificado de clasificación se presenta en las siguientes tablas; clasifica los suelos en dos amplias categorías:

### IMAGEN 4 Sistema unificado de clasificación, símbolos de grupo para suelos limosos y arcillosos

Símbolo de grupo	Criterios
CL	Inorgánico; $LL < 50$ ; $PI > 7$ ; se grafica sobre o arriba de la línea <i>A</i> (véase zona CL en la figura 2.12)
ML	Inorgánico; $LL < 50$ ; $PI < 4$ ; o se grafica debajo de la línea <i>A</i> (véase la zona ML en la figura 2.12)
OL	Orgánico; $(LL - \text{seco en horno}) / (LL - \text{sin secar}) < 0.75$ ; $LL < 50$ (véase zona OL en la figura 2.12)
CH	Inorgánico; $LL \geq 50$ ; $PI$ se grafica sobre o arriba de la línea <i>A</i> (véase la zona CH en la figura 2.12)
MH	Inorgánico; $LL \geq 50$ ; $PI$ se grafica debajo de la línea <i>A</i> (véase la zona MH en la figura 2.12)
OH	Orgánico; $(LL - \text{seco en horno}) / (LL - \text{sin secar}) < 0.75$ ; $LL \geq 50$ (véase zona OH en la figura 2.12)
CL-ML	Inorgánico; se grafica en la zona sombreada en la figura 2.12
Pt	Turba, lodos y otros suelos altamente orgánicos

Para la clasificación apropiada con este sistema, debe conocerse algo o todo de la información siguiente:

1. Porcentaje de grava, es decir, la fracción que pasa la malla de 76.2 mm y es retenido en la malla No. 4 (abertura de 4.75mm)
2. Porcentaje de arena, es decir, la fracción que pasa la malla No. 4 (abertura de 4.75mm) y es retenido en la malla, No. 200 (abertura de 0.075mm)

## DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

3. Porcentaje de limo y arcilla, es decir, la fracción de finos que pasan la malla No. 200 (abertura de 0.075 mm)

4. Coeficiente de uniformidad (Cu) y coeficiente de curvatura (Cz) 5. Limite líquido e índice de plasticidad de la porción de suelo que pasa la malla No. 40.

Los símbolos de grupo para suelos tipo grava de grano grueso son GW, GP, GM, GC, GC-GM, GW-GM, GW-GC, GP-GM, y GP-GC. Similarmente, los símbolos de grupos para suelos de grano fino son CL, ML, OL, CH, MH, OH, CL-ML y Pt. (ESCOBAR, 2012)

Clasificación Vehicular Siguiendo los lineamientos regulativos de la clasificación del tipo de vehículos por peso y por ejes, la resolución 4100 de 2004, expedida por el Ministerio de Transporte, dictamina la siguiente clasificación:

Tipo A En esta categoría se agrupan los automóviles, camperos, camionetas, y microbuses, según la clasificación del Instituto Nacional de Vías -INVIAS- este grupo se denomina con la letra A.

Tipo B En esta categoría se agrupan las busetas y los buses, según el INVIAS, este grupo se denomina con la letra B.

Tipo C Este grupo, que se designa con la letra C, según lo registrado en la resolución 4100 del 2004, en que los vehículos de carga se designan de acuerdo con la configuración de sus ejes de la siguiente manera: A. Con el primer dígito se designa el número de ejes del camión o del tractocamión (Cabezote) B. La letra S significa semiremolque y el dígito inmediato indica el número de sus ejes C. La letra R significa remolque y el dígito inmediato indica el número de sus ejes D. La letra B significa remolque balanceado y el dígito inmediato indica el número de sus

## DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

ejes La diferencia entre el semiremolque y el remolque radica en que el primero le trasmite parte de la carga a la unidad tractora y el segundo transmite toda la carga al pavimento a través de sus propias llantas.

### IMAGEN 5 Representación esquemática de vehículos de transporte de carga más comunes en el país.





Designación	Configuración	Descripción
2		Camión de dos ejes Camión sencillo
3		Camión de tres ejes Dobletroque
3S2		Tractocamión de tres ejes con semirremolque de dos ejes
3S3		Tractocamión de tres ejes con semirremolque de tres ejes

Figura 1.1. Representación esquemática de los vehículos de transporte de carga más comunes en el país (fuente: resolución 4100 de 2004)

(INVIAS, 2019 ultima actualizacion)

Clasificación de las vías En este manual las vías se clasifican según la entidad territorial que las administra, las características propias y finalmente por su ancho. Estas clasificaciones tienen como objetivo el de ayudarle a los diseñadores a aproximarse a la selección del tránsito, especialmente para aquellos lugares en los que no se tienen registros históricos o en los que se trata de pavimentar una vía por la que circulan pocos vehículos pesados.

# DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

Según La Entidad Territorial De Que Depende La Vía

Vías Nacionales (Primarias) - Vp Su administración la hace la nación a través de un ministerio o un instituto asociado al estado, en Colombia generalmente están a cargo del Instituto Nacional de Vías - INVIAS. Estas se pueden considerar como las carreteras más importantes del país, están casi todas pavimentadas y hacen parte de la red primaria de vías. De estas vías se consiguen registros de conteos de tránsito en el INVIAS lo que permite hacer análisis más completos; por su importancia se pueden llamar Primarias.

Vías Departamentales (Secundarias) - Vs Están a cargo de los departamentos, normalmente hacen parte de la red secundaria, aunque algunas pueden tener características similares a las de las vías nacionales. Estas carreteras unen municipios de uno o más departamentos, en buena parte de ellas la superficie sobre la que circulan los vehículos corresponde a la de materiales granulares, que pueden ser seleccionados o no. Estas carreteras por su importancia se denominan como Secundarias.

Carreteras Municipales (Terciarias O Vasculares) - Vt Son las que dependen administrativamente de los municipios. Dependiendo de la importancia que tengan pueden estar pavimentadas o no, algunas pueden unir dos o más municipios sin llegar a ser departamentales. En principio con esta red se sirve a las veredas y a los caseríos.

Otras En el país existen otras figuras administrativas como son los distritos (capitales, turísticos, especiales) o las Áreas Metropolitanas, en ese caso las características de las vías se pueden asimilar a alguna de las definidas en los anteriores numerales. (INVIAS, 2019 ultima actualizacion)

## DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

**Diseño De Juntas** En las losas que conforman un pavimento se dan esfuerzos como consecuencia del paso de los vehículos y de los movimientos de contracción y dilatación del concreto y a las diferencias en la temperatura, o en la humedad, entre la cara superficial y la de soporte de la losa, estos esfuerzos se controlan con el diseño de las juntas ( Ref. 9.16 y Ref. 9.17).

**Clasificación De Las Juntas** Las juntas en los pavimentos tienen diferentes funciones y según ellas se pueden clasificar en juntas de construcción, de contracción, de alabeo y de expansión o aislamiento. También se pueden clasificar según su alineación, en longitudinales y transversales.

**Juntas De Construcción** Lo más frecuente es construir los pavimentos de concreto por carriles, generando juntas longitudinales. Estas juntas se diseñan siguiendo las recomendaciones del numeral. Además de las juntas longitudinales descritas, se presentan juntas de construcción transversales, cuando se suspenden las labores de colocación del concreto, bien sea por la finalización de la jornada laboral, por alguna interrupción en el suministro del material o por averías en alguno de los equipos empleados para su producción, transporte o colocación. Pero esa interrupción debe ser tan larga como para que el concreto ya colocado haya alcanzado su fraguado final. El tiempo en que esto sucede depende de las propiedades del concreto, del empleo o no de aditivos retardantes y de las condiciones climáticas.

**Juntas De Retracción O Contracción** Con este nombre se denominan las juntas que se hacen para liberar los esfuerzos que se desarrollan, en las primeras horas después de construido el pavimento, cuando el concreto sufre contracciones mientras se seca y enfría. Estas juntas se hacen cortando el concreto, después de que pasan dos horas de haber terminado las labores de enrasado, nivelado y rayado, pero antes de pasadas 12 horas, si el corte se va a realizar con equipos de aserrado dotados de discos adiamantados. El momento del corte depende de la

## DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

conjugación de muchas variables, sobretodo del contenido de cemento, las temperaturas del concreto y ambiente durante la construcción del pavimento, la calidad de los agregados y la fricción de la losa con su soporte. Las juntas también se pueden cortar mientras el concreto está fresco cuando se trata de obras con bajo nivel de tránsito, con velocidad de circulación restringida o en aquellas vías en las que la regularidad superficial no sea un parámetro de gran importancia. Juntas 94 El espaciamiento de estas fisuras, llamadas de retracción o contracción, oscila entre 15 y 40 m, según las características del concreto, la fricción de la losa con su apoyo y las condiciones climáticas durante la construcción del pavimento y apenas termina ésta.

Juntas De Alabeo El concreto se puede agrietar si se ve sometido a cambios diferenciales en la humedad y en la temperatura. En un día caluroso, la superficie del pavimento tiene mayor temperatura que su apoyo, obligando a las losas a levantarse en el centro y a apoyarse en los extremos, lo que produce esfuerzos que pueden generar fisuras; en la noche, el fenómeno se invierte y los esfuerzos de tracción se desarrollan en la cara inferior del pavimento. Los gradientes de humedad también inducen esfuerzos en el pavimento, pero de menor magnitud y casi siempre opuestos a los generados por los gradientes térmicos; esto se debe a que una mayor temperatura, en condiciones normales, va acompañada, de un menor contenido de humedad. Las fisuras inducidas en el pavimento por los gradientes térmicos y por la retracción del concreto, son características propias del comportamiento del material, e inevitables, por lo cual el diseño de las juntas está orientado, a controlar la dirección y aparición descontrolada de dichas fisuras. Pero se ha comprobado, por medio de la observación de antiguos pavimentos construidos con juntas muy separadas entre sí, que las fisuras por ello generadas, llamadas de alabeo, tienen una separación que oscila entre 4,5 y 6 m y se localizan intercaladas entre las de contracción.

## DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

Juntas De Expansión O Aislamiento Reciben este nombre las juntas que se hacen dentro del pavimento para aislarlo de otras estructuras, de otros pavimentos, o cuando hay cambios bruscos de dirección. Estas juntas, generalmente tienen la forma de rombo, de círculo, de triángulo o de semicírculo, cuando su función es la de aislar un elemento ajeno al pavimento, como pueden ser los sumideros, las cajas de inspección o cualquier otro elemento que esté dentro del pavimento. Sin embargo, también pueden tener forma de línea recta, cuando se construye con el fin de aislar los pavimentos de concreto de otros tipos de pavimentos, cuando se presentan cambios bruscos de dirección, en las intersecciones viales o cuando es necesario aislar el pavimento de estructuras fijas, como es el caso de los puentes. La particularidad de estas juntas es que son anchas, del orden de 10 a 15 mm.

**Juntas Longitudinales** Las juntas longitudinales pueden ser de alabeo o de construcción. El objetivo básico de estas juntas es el de controlar las fisuras que se pueden presentar en los pavimentos cuando se construyen con anchos superiores a los 4,5 metros. En nuestro medio, en el cual existe la tradición de construir los pavimentos por carriles, con un ancho cercano a los 3,6 m, las juntas longitudinales son normalmente de construcción. Cuando el pavimento que se construye no tiene confinamiento lateral, es necesario dotar las juntas longitudinales con barras de anclaje, para impedir el desplazamiento de las losas de un carril, respecto a las del otro. Los aceros, como se dijo deben cumplir con el Artículo INV 500-07 y lo que sea aplicable del Artículo 640-07, se admiten aceros con resistencia de 187,5 MPa (40000 psi) y 280 MPa (60000 psi). La selección del diámetro, separación, longitud y resistencia de las barras de anclaje, se puede hacer según los criterios indicados en la Tabla 6-1.

**Juntas Transversales** Las juntas transversales agrupan a las de contracción, alabeo, expansión y construcción, pues, cuando el pavimento se da al servicio, es muy difícil determinar la función de

## DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

cada una de ellas. El diseño de las juntas transversales se realiza, con el fin de controlar las fisuras del concreto por contracción y alabeo; por lo tanto, el espaciamiento entre ellas, debe ser menor que seis metros. Se ha demostrado que cuando la separación se aproxima a 4,5 m, permiten controlar prácticamente todas las fisuras y el comportamiento del pavimento a lo largo de su vida de servicio es mejor. (INVIAS, 2019 ultima actualizacion)

**PAVIMENTOS** Un pavimento está constituido por un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y constituyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Estas estructuras estratificadas se apoyan sobre la subrasante de una vía obtenida por el movimiento de tierras en el proceso de exploración y que han de resistir adecuadamente los esfuerzos que las cargas repetidas del tránsito le transmiten durante el periodo para el cual fue diseñada la estructura del pavimento. Un pavimento debe cumplir adecuadamente sus funciones deben reunir los siguientes parámetros:

- Ser resistente a la acción de las cargas impuestas por el tránsito
- Ser resistente ante los agentes de intemperismo
- Presentar una textura superficial adaptada a las velocidades previstas de circulación de los vehículos, por cuanto ella tiene una decisiva influencia en la seguridad vial. Además debe ser resistente al desgaste producido por el efecto abrasivo de las llantas de los vehículos.
- Debe presentar una regularidad superficial, tanto transversal como longitudinal, que permitan una adecuada comodidad a los usuarios en función de las longitudes de onda de las deformaciones y de la velocidad de circulación.
- Debe ser durable



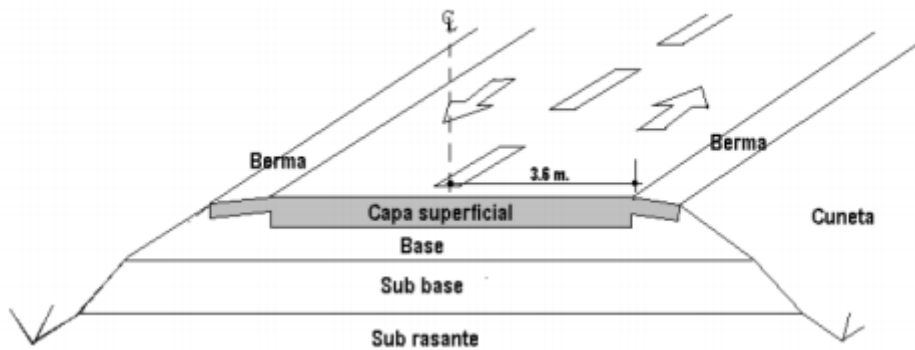
## DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

- Debe ser económico
- El ruido de rodadura, en el interior de los vehículos que afectan al usuario, así como en el exterior, que influyen en el entorno, deber ser adecuadamente moderado.
- Deber poseer el color adecuado para evitar reflejos y deslumbramiento y ofrecer una adecuada seguridad al tránsito.

Clasificación De Los Pavimentos En nuestro medio los pavimentos se clasifican en: pavimentos flexibles, semirrígido, rígidos y articulados.

Pavimentos Flexibles: Este tipo de pavimentos están formados por una carpeta bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la subbase. No obstante puede prescindirse de cualquiera de estas dependencias de las necesidades particulares de cada obra. .

**Figura 3. Estructura típica de un pavimento asfáltico (flexible)**



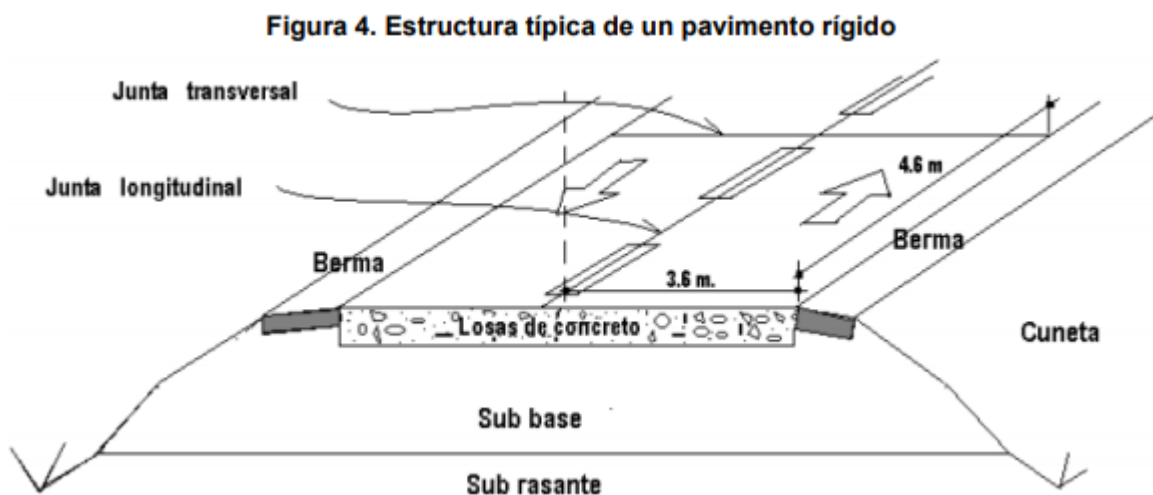
Estructura típica de un pavimento asfáltico (flexible) Pavimento semirrígido: Aunque este tipo de pavimentos guarda básicamente la misma estructura de un pavimento flexible, una de sus capas se encuentra rigidizada artificialmente con un aditivo que puede ser: asfalto, emulsión, cemento, cal y químicos. El empleo de estos aditivos tiene la finalidad básica de corregir o modificar las propiedades mecánicas de los materiales locales que no son aptos para la construcción de las

## DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

capas del pavimento, teniendo en cuenta que los adecuados se encuentran a distancias tales que encarecerían notablemente los costos de construcción.

**Pavimento Rígido:** son aquellos que fundamentalmente están constituidos por una losa de concreto hidráulico, apoyada sobre la subrasante o sobre una capa, de material seleccionado, la cual se denomina subbase del pavimento rígido. Debido a la alta rigidez del concreto hidráulico, así como de su elevado coeficiente de elasticidad, la distribución de los esfuerzos se produce en una zona muy amplia. Además, como el concreto es capaz de resistir, en ciertos grados, esfuerzos a la tensión, el comportamiento de un pavimento rígido es suficientemente satisfactorio aun cuando existan zonas débiles en la subrasante. La capacidad estructural de un pavimento rígido depende de la resistencia de las losas y por lo tanto, el apoyo de las capas subyacentes ejerce poca influencia en el diseño del espesor del pavimento.

### IMAGEN 6 Estructura típica de un pavimento rigido

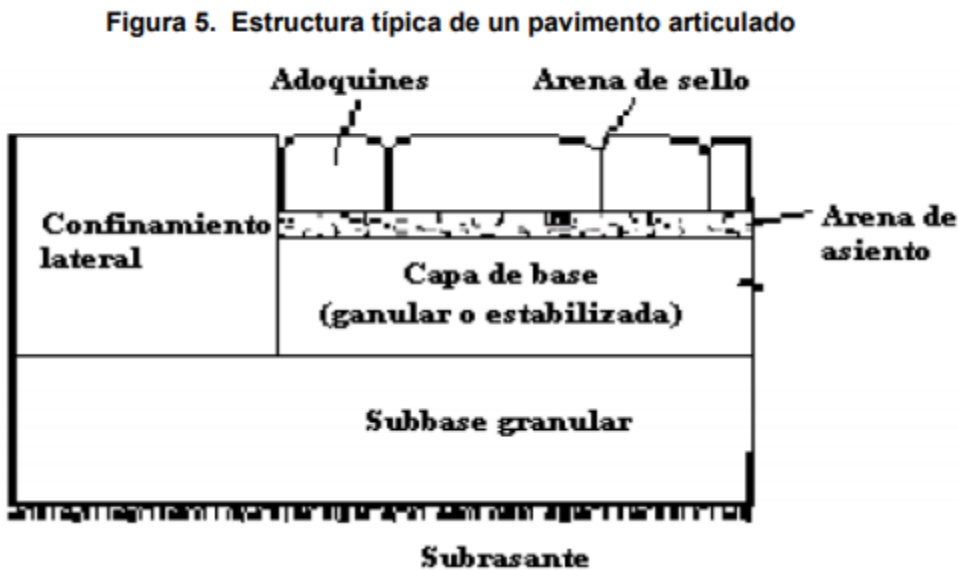


**Pavimento Articulado:** los pavimentos articulados están compuestos por una capa de rodadura que está elaborada con bloques de concreto prefabricado, llamados adoquines, de espesor

## DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

uniforme e iguales entre sí. Esta puede ir sobre una capa delgada de arena la cual, a su vez, se apoya sobre la capa de base granular o directamente sobre la subrasante, dependiendo de la calidad de esta y de la magnitud y frecuencia de las cargas por dicho pavimento.

### IMAGEN 7 Estructura típica de un pavimento articulado



(ESCOBAR, 2012)

## 5. ESTADO DEL ARTE

A este tipo de vías (afirmado) se les suele hacer mantenimiento de formas inapropiadas por parte de los entes públicos encargados de estas labores o por obra de la sociedad, estos no son periódicos es decir se hacen a pedido por la queja de la comunidad y lo que se hace es hacer zanjias para el drenaje de aguas lluvias a un lado de la vía, luego se le riega recebo y se deja que el transito diario lo compacte y así solucionan el problema temporalmente que con el pasar del tiempo y por efecto de las condiciones climáticas cambiantes actuales hacen que su deterioro sea más rápido.

Otra solución empleada es mediante la placa huella sectorial o concreto rígido en ciertos tramos de la vía, pero en este caso esta presenta inconvenientes en toda su longitud.

## 6. MARCO LEGAL

Para el diseño de los pavimentos rígidos y flexibles, se emplean como normas fundamentales y principales el manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito, y manual de diseño de pavimentos asfálticos para vías con bajos volúmenes de tránsito.(INVIAS 2015)

- Método de la PORTLAND CEMENT ASSOCIATION (PCA).
- Método AASHTO 93 para diseño de pavimentos rígidos
- Norma INVIAS sección 100 (suelos)
- Norma INVIAS sección 200 (agregados pétreos)

## 7. METODOLOGÍA

Para poder realizar este proyecto se desarrolló una investigación, usando datos recolectados en topografía (planimetría, altimetría y georreferenciación), estudio de suelos (ensayos de laboratorio), como base para la optimización, diseño de la estructura en pavimento rígido – flexible

### 7.1 ACTIVIDADES EJECUTADAS

- Visitas periódicas a la zona de estudio
- Investigación de antecedentes
- Diagnostico
- Topografía
- Estudio de suelos
- Representación gráfica (dibujo y optimización)
- Diseño de estructuras de pavimentos rígido y flexible
- Presupuesto

## **8. DISEÑO COMPROBATORIO**

### **VISITAS PERIODICAS A LA ZONA DE ESTUDIO**

En un tiempo comprendido entre los meses de agosto y septiembre se procedió a realizar visitas a campo que ayudaron a la recolección de datos de forma visual.

### **INVESTIGACION DE ANTECEDENTES**

En la investigación de antecedentes se realizó una encuesta muy básica en la cual la comunidad implicada directamente en la zona de estudio proporciono información importante para el proceso de análisis de estudios de suelos y estado vial.

### **DIAGNOSTICO**

Mediante las visitas periódicas se logra definir diagnóstico del corredor vial existente por medio de diferentes eventos observados en tiempos de lluvia, tiempos soleados y tráfico diario.

### **TOPOGRAFIA**

Por medio de esta actividad se logra establecer la geometría de la vía existente, tanto en curvas verticales, horizontales, pendientes y detalles como anchos de vía, secciones transversales y escorrentía superficial.

# DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

## **ESTUDIO DE SUELOS**

En los estudios de suelo se desarrollaron trabajos en situ y laboratorio que arrojan datos y resultados necesarios para el apoyo al diseño de pavimentos en la vía.

## **REPRESENTACION GRAFICA (DIBUJO Y OPTIMIZACION)**

En esta actividad realizamos plano en planta, perfil longitudinal, secciones transversales, geometría optimizada del corredor existente como curvas verticales, horizontales (sobre anchos), pendientes y recomendación de manejo de aguas superficiales por medio de cunetas.

## **DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE PAVIEMNTO RIGIDO Y FLEXIBLE**

Por medio de todos los datos recolectados en todas las actividades anteriores se procede a diseñar estructuras de pavimentos por medio de software especializados.

## **PRESUPUESTO**

Se plantean 2 presupuestos con precios establecidos en el año 2019 por medio de la empresa NAUTILA (agregados pétreos) para la vía en pavimento rígido y flexible de la via que se comprende entre las abscisas K0+000 a la K0+702.83 que se pueden observar en el anexo D



## 9. PROCESOS Y PROCEDIMIENTOS

### 9.1 TOPOGRAFIA

#### GEOREFERENCIACION

Para el levantamiento topográfico en la vía se requiere realizar un traslado de coordenadas mediante la Georreferenciación, por el método estático diferencial de dos vértices amarrados al Sistema Magna-Sirgas, en coordenadas planas de Gauss a partir de un punto base certificado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC. Se determinó instalar una pareja de mojones GPS en la calle 17 entre carreras 2 y 2B, en el casco urbano del corregimiento de Barzalosa, en el municipio de Girardot (Cund.), de modo que al contar con buena intervisibilidad entre los puntos se pueda cubrir el proyecto de manera adecuada. En las figuras 1 y 2 se muestran los posicionamientos realizados.

#### **IMAGEN 8 Posicionamiento en placa de GPS 1 instalada en terreno**



Fuente: Autores

# DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

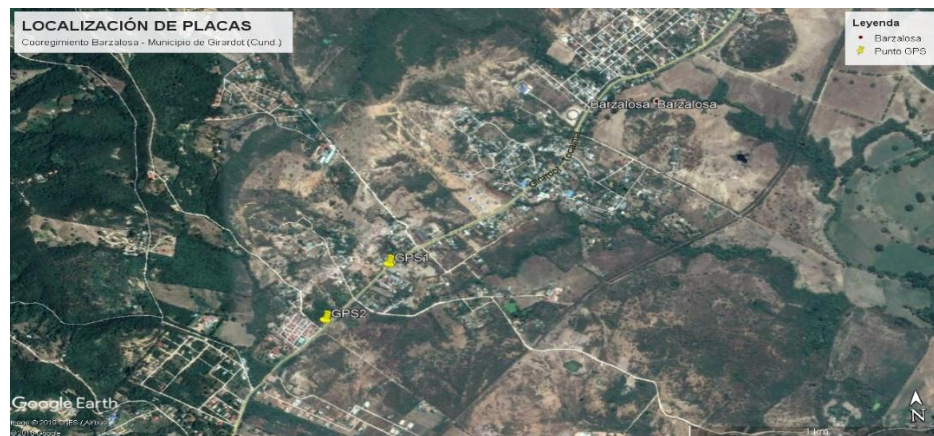
## IMAGEN 9 Posicionamiento en placas de GPS 2 instalada en terreno



Fuente: Autores

Para éste trabajo se utilizaron placas en bronce de 5.5 cm de diámetro, de 1 cm de espesor, las cuales fueron embebidas en mojonos ubicados en las zonas estratégicas del proyecto, según se muestra en las Figuras 3 y 4:

## IMAGEN 10 Localización general pareja de puntos GPS corregimiento Barzalosa - municipio de Girardot



Fuente: Google Maps

## DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

Los equipos GPS de doble frecuencia tuvieron sesiones GPS superiores a una hora, con el fin de garantizar la precisión del rastreo de acuerdo a la distancia de los vértices de apoyo en cada caso, de acuerdo a la fórmula:

- Tiempo de Posicionamiento = 25 minutos de inicio + 5 minutos por cada kilómetro de distancia al vértice de apoyo

Teniendo en cuenta la fórmula anterior, para cada caso los tiempos de rastreo, según archivos RINEX, fueron los siguientes:

**Tabla 1. Tiempos de rastreo, según archivos RINEX**

PUNTO	DIST. APROX. (KM.)		TIEMPO TEÓRICO (HORAS)		TIEMPO DE RASTREO				CHEQUEO
	IBAG	IBGE	IBAG	IBGE	HRS	MIN	SEG	DECIM AL	
GPS1	47.29	43.92	4.358	4.077	6	46	0	6.767	OK
GPS2	47.09	43.73	4.341	4.061	6	12	0	6.200	OK

Fuente: Autores

## METODOLOGÍA DE CÁLCULO

La toma de datos se hizo con la Georreferenciación para extraer las coordenadas con las cuales se da inicio al post proceso y amarre de coordenadas reales del punto a determinar, en este caso los puntos de control para el levantamiento topográfico del proyecto.

Para la pareja de puntos, las coordenadas reales obtenidas fueron rastreadas a partir de la estación de rastreo pertenecientes a la red MAGNA-ECO denominada IBGE, así como de la estación permanente de la red denominada “TOPORED”, cuyos RINEX se encuentran anexos al presente documento.

Como primer paso de cálculo, se procedió a descargar los datos crudos de los rovers utilizados, con ayuda del software Hi Target Geomatics Office, el cual también permite realizar la conversión de éstos archivos crudos a formato RINEX.

Una vez superado éste paso, mediante el mismo software, se procesan los archivos RINEX de navegación y observación de las bases continuas y se cargan a su vez los archivos procedentes de las antenas GPS con el fin de configurar las alturas, controles y demás parámetros de los equipos que realizaron el rastreo. Una vez realizada la configuración de los puntos, se procede a insertar las coordenadas navegadas publicadas para la TOPORED:

IMAGEN 11 Listado de coordenadas SIRGAS utilizadas en el procesamiento de coordenadas




**RESEÑA ESTACIÓN PERMANENTE**

SITUACIÓN	
Estado: Activo Nombre: Ibagué Fecha de instalación: 10-08-2018 Altura instrumental: 0.00 Metros	Código <b>IBGE</b> Red <b>TOPORED</b>
País: Colombia Departamento: Tolima Ciudad: Ibagué	
Localización: Calle 77 N° 2-37 Construcción: Pilar fundido en concreto, las marcas de las coordenadas se encuentran en la parte superior del mástil.	

**COORDENADAS**

**GEOGRAFICAS WGS-84**


- Latitud: 04° 26' 11.05346" N
- Longitud: 75° 10' 56.23154" W
- Altura elipsoidal: 1092.580

---

**MAGNA-SIRGAS ORIGEN BOGOTÁ**

- Norte: 982420.955
- Este: 877375.074

Las coordenadas de esta estación están debidamente calculadas a partir de vértices pertenecientes a la RED GEODÉSICA NACIONAL del INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. Para Mayor información contactar con Casa del Topógrafo S. A. S.



**INSTRUMENTACIÓN**

**RECEPTOR:**

- Marca: Hi-Target
- Modelo: VNet8T-D


**ANTENA:**

- Marca: Hi-target
- Modelo: HITAT35101CR+HITS
- Link de calibración antena según NOAA:  
[https://www.ngs.noaa.gov/ANTCAL/loads/flatfile.html#HITAT35101CR\\_HITS.txt](https://www.ngs.noaa.gov/ANTCAL/loads/flatfile.html#HITAT35101CR_HITS.txt)


---

**INFORMACIÓN ADICIONAL**

- Intervalo de grabación: 15 segundos
- Formato de Archivos Estáticos: RINEX
- Periodos de grabación: 24/7, Corte de archivo 23:50 Horas.
- Correcciones RTK: Protocolo NTRIP - VRS
- Email de contacto: [jforero@casadeltopografo.com](mailto:jforero@casadeltopografo.com)



**TOPORED**



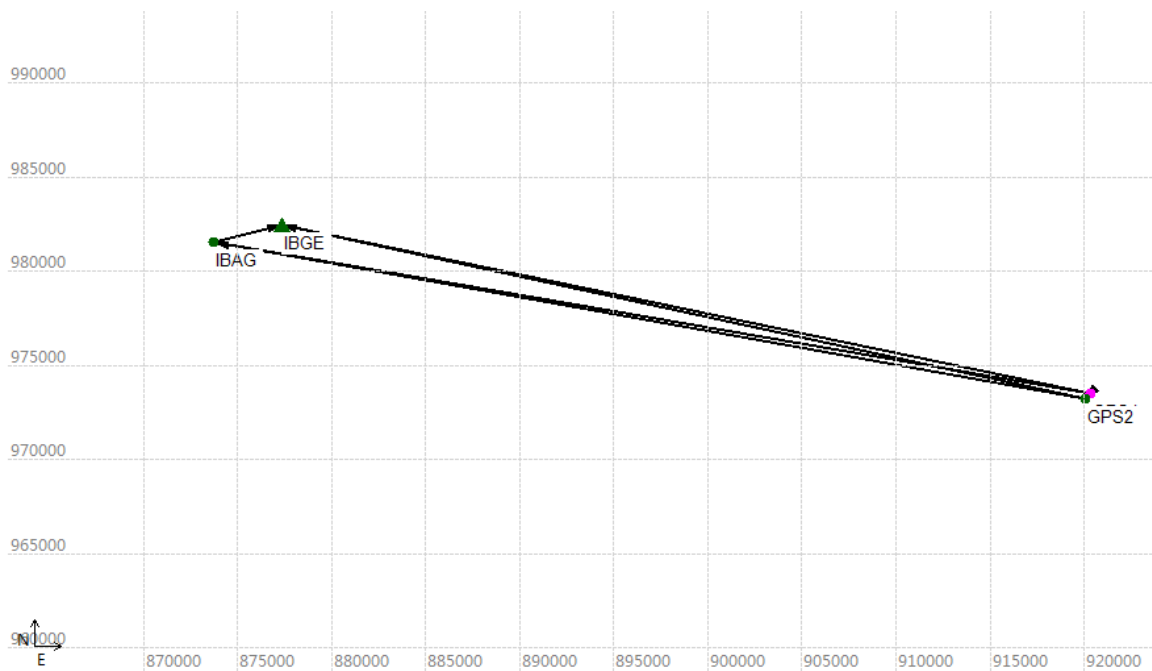
TOPORED es un producto propiedad de CASA DEL TOPOGRAFO S.A.S., Constituido por una Red CORS activa con monitoreo continuo de observaciones GNSS, capaz de emitir correcciones en protocolo NTRIP, compuesta por 22 estaciones permanentes distribuidas a lo largo de la República de Colombia. Para mayor información contactarnos al Teléfono: (1) 457 2128, Celular: 322 9471086 o visita: [www.casadeltopografo.com/topored](http://www.casadeltopografo.com/topored)

Fuente: Casa del topógrafo

Una vez registradas estas coordenadas dentro del software usado, se procede a realizar el procesamiento y ajuste de las redes, obteniendo así los vectores resultado, que se aprecian en la Imagen 8.

## DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

### IMAGEN 12 Vectores resultantes del procesamiento de los puntos GPS1 y GPS2



Fuente: Software magna pro 4

Una vez ajustados satisfactoriamente los vectores, se realiza la conversión de coordenadas N y E mediante el software MagnaPro 4, en la época 2019.5, para generar el siguiente resultado:

# DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

**Tabla 2. Cuadro de coordenadas de los puntos GPS, época 2019.5**

COORDENADAS 2019.5						
PUNTO	GEOGRÁFICAS			PLANAS DE GAUSS		
	B	L	H(m)	N(m)	E(m)	H(m)
GPS1	004:21:21.36166N	074:47:41.55331W	327.3812	973468.9308	920370.0213	327.3812
GPS2	004:21:12.77820N	074:47:49.83451W	329.6219	973205.4964	920114.4127	329.6219
IBAG	004:25:40.96304N	075:12:53.01261W	1216.2241	981501.9392	873772.6041	1216.2241
IBGE	004:26:11.06230N	075:10:56.22602W	1092.5851	982421.2260	877375.2448	1092.5851

Fuente: Software magna pro 4

**Tabla 3. Cuadro de coordenadas de los puntos GPS, época 2018.0**

COORDENADAS 2018.0						
PUNTO	GEOCÉNTRICAS			PLANAS DE GAUSS		
	X	Y	Z	N(m)	E(m)	H(m)
GPS1	1668114.7337	- 6137512.8039	481224.5291	973468.926	920370.011	327.381
GPS2	1667874.1573	- 6137601.2474	480961.7898	973205.492	920114.402	329.622

## DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

IBAG	1623166.4287	-	489244.2932	981501.934	873772.594	1216.224
IBGE	1626598.3888	-	490156.6980	982421.221	877375.235	1092.585

Fuente: Software magna pro 4

### EQUIPOS, Y SOFTWARE UTILIZADOS

En este numeral, se relaciona el manejo de los equipos utilizados como el GPS doble frecuencia y el programa de descarga y convertidor de RINEX. Para el proyecto se utilizaron dos equipos GPS Doble Frecuencia marca HI TARGET, referencia V60.

### RECURSO TÉCNICO UTILIZADO:

- GPS Doble Frecuencia marca HI TARGET, referencia V60.
- 1 Computador Portátil HP para Campo.

Para la captura, descarga, procesamiento de datos topográficos y control de la Información se utilizaron los siguientes programas:

- Hi Target Geomatics Office para descarga de datos y procesamiento de coordenadas.
- Se utilizaron además programas de hoja de cálculo y diseño.



# DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

## EQUIPOS TOPOGRAFICOS UTILIZADOS

- Estación total TOPCON GTS 233W
- Nivel de precisión SOKKIA B40
- Computador portátil

## POLIGONAL

Para el inicio del levantamiento topográfico se desarrolla una poligonal abierta comprendida de dos GPS denominados GPS #1 Y GPS #2, como también los deltas # 1,2,3,4,5,6,7,8,9 con una distancia total de 1232.163 m y las siguientes coordenadas.

**Tabla 4. Cartera topográfica poligonal abierta**

CARTERA TOPOGRAFICA POLIGONAL ABIERTA PRINCIPAL							
PUNTO	DISTANCIA	RUMBO	AZIMUT	NORTE	ESTE	ELEVACION	DESCRIPCION
1				973205.501	920114.417	329.614	GPS 2
2	367.052	N44°8'11"E	44°8'11"	973468.929	920370.020	327.381	GPS 1
3	103.228	N38°38'5"E	38°38'5"	973549.565	920434.471	327.309	DELTA 1
4	72.628	N70°28'5"E	70°28'5"	973573.847	920502.920	324.153	DELTA 2
5	90.563	N33°30'25"W	327°30'25"	973650.233	920454.270	323.139	DELTA 3
6	40.871	N18°50'32"E	18°50'32"	973688.914	920467.470	322.073	DELTA 4
7	45.429	N65°34'4"W	295°34'4"	973708.520	920426.490	321.471	DELTA 5
8	119.533	N33°39'26"W	327°39'26"	973809.509	920362.542	330.381	DELTA 6
9	125.144	N32°49'29"W	328°49'29"	973916.581	920297.760	337.631	DELTA 7
10	146.854	N34°29'47"W	326°29'47"	974039.035	920216.698	341.240	DELTA 8
11	120.862	N31°55'36"W	329°55'36"	974143.627	920156.133	341.675	DELTA 9
DISTANCIA							
TOTAL	1232.163						

Fuente: Autores

# DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

## NIVELACION POLIGONO

Después de haber realizado el polígono de referencia para el levantamiento topográfico con detalles del proyecto vial, se procede a desarrollar una nivelación simple por método taquimétrico para dar mayor precisión a cada una de las cotas de los deltas que en este caso son nuestros puntos principales de amarre y ejecución del proyecto.

**Tabla 5. Cartera Nivelación**

CARTERA DE NIVELACION POLIGONO PRINCIPAL					
PUNTO	V+	AI	V-	COTA	DESCRIPCION
1	1.24	330.854		329.614	GPS 2
C#1	0.971	329.741	2.084	328.770	CAMBIO #1
2	1.748	329.129	2.366	327.381	GPS 1
3	0.676	327.985	1.82	327.309	DELTA 1
4	1.879	326.032	3.832	324.153	DELTA 2
5	1.478	324.617	2.893	323.139	DELTA 3
6	1.693	323.766	2.544	322.073	DELTA 4
7	4.578	326.049	2.295	321.471	DELTA 5
C#2	6.127	331.332	0.844	325.205	CAMBIO #2
8	6.587	336.968	0.951	330.381	DELTA 6
C#3	3.587	339.466	1.089	335.879	CAMBIO #3
9	4.687	342.318	1.835	337.631	DELTA 7
10	1.978	343.218	1.078	341.240	DELTA 8
11			1.543	341.675	DELTA 9

# DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

## LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO

Se procede a realizar el levantamiento topográfico con estación topográfica desarrollando armadas en cada uno de los deltas instalados en la poligonal abierta principal tomando cada uno de los detalles importantes a procesar en el diseño vial teniendo en cuenta altura instrumental del equipo, altura del prisma, código de identificación de cada uno de los detalles, comprobación inicial en cada una de las armadas y con un total de 642 puntos radiados en el levantamiento inicial ver cartera topográfica en Anexo B

## OPTIMIZACIÓN GEOMÉTRICA DE LA VÍA EXISTENTE

La optimización de la vía se desarrolló teniendo en cuenta la información recolectada por medio del levantamiento topográfico inicial realizado en el tramo vial estudiado que como resultado nos dio un abscisado desde el K0+000 hasta el K0+702.83, un promedio de ancho de 4.65m con algunas pendientes mayores del 15%, y radios de curvatura horizontal que no aplican con eficiencia para un tráfico idóneo.

Para los siguientes elementos geométricos de la vía se logra optimizar los siguientes aspectos:

## CURVAS VERTICALES CÓNCAVAS

La curva #1 iniciando en la abscisa K0+129.04 con una elevación de 321.99 m, terminando en la abscisa K0+169.04 con una elevación de 322.50 m, con longitud de curvatura de 40m, mejorando la pendiente existente en el terreno mostrada en el Anexo C

## DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

La curva #2 iniciando en la abscisa K0+189.80 con una elevación de 323.35 m, terminando en la abscisa K0+249.80 con una elevación de 327.39 m, con longitud de curvatura de 60m, mejorando la pendiente existente en el terreno mostrada en el Anexo D

### **CURVAS VERTICALES CONVEXAS**

La curva #3 iniciando en la abscisa K0+274.81 con una elevación de 330.37 m, terminando en la abscisa K0+324.81 con una elevación de 334.27 m, con longitud de curvatura de 50m, mejorando la pendiente existente en el terreno mostrada en el Anexo D

La curva #4 iniciando en la abscisa K0+395.73 con una elevación de 336.87 m, terminando en la abscisa K0+475.73 con una elevación de 339.17 m, con longitud de curvatura de 80m, mejorando la pendiente existente en el terreno mostrada en el Anexo D

La curva #5 iniciando en la abscisa K0+573.34 con una elevación de 341.21 m, terminando en la abscisa K0+653.34 con una elevación de 341.73 m, con longitud de curvatura de 80m, mejorando la pendiente existente en el terreno mostrada en el Anexo D

### **CURVAS CIRCULARES SIMPLES**

Para las curvas circulares se realizaron mejoras que arrojan como resultado los siguientes datos que se incluyen en la tabla siguiente, y un ensanche de curvatura en costado derecho de 1

## DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

m. entre las abscisas K0+093 al k0+140 y peralte del 2% de derecha a izquierda en sentido descendente.

### **CURVAS ESPIRALES**

En el alineamiento existente no existe un alineamiento horizontal definido geoméricamente por lo cual se realiza una optimización con elementos geoméricos de curvatura (curvas espirales) que arrojan como resultado los siguientes datos que se incluyen en la tabla siguiente.

# DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

## IMAGEN 13 Elementos geométricos de curvas

N° CURVA	DIRECCION	DELTA	RADIO DE CURVA	TANGENTE	LONG. CURVA	CUERDA	EXTERNA	LONG. ORDENADA MEDIA	P.I	P.C	P.T	P.I NORTE	P.I ESTE
PI:1	N11° 55' 40"W	39°38'07"	25.00	9.01	17.29	16.95	1.57	1.48	0+083.62	0+074.61	0+091.90	973654.03	920457.50
PI:2	N37° 08' 02"W	9°14'03"	30.00	2.42	4.84	4.83	0.10	0.10	0+176.01	0+173.59	0+178.42	973721.12	920416.59
PI:3	N30° 07' 52"W	3°08'56"	120.00	3.30	6.60	6.59	0.05	0.05	0+329.44	0+326.14	0+332.74	973853.88	920334.12
PI:4	N31° 34' 21"W	0°15'57"	2000.00	4.64	9.28	9.28	0.01	0.01	0+387.32	0+382.68	0+391.96	973903.12	920303.70
PI:5	N31° 12' 54"W	4°08'44"	130.00	4.71	9.41	9.40	0.09	0.09	0+680.31	0+675.60	0+685.01	974152.21	920149.46

Fuente. Autores

## IMAGEN 14 Elemento de curvas espirales

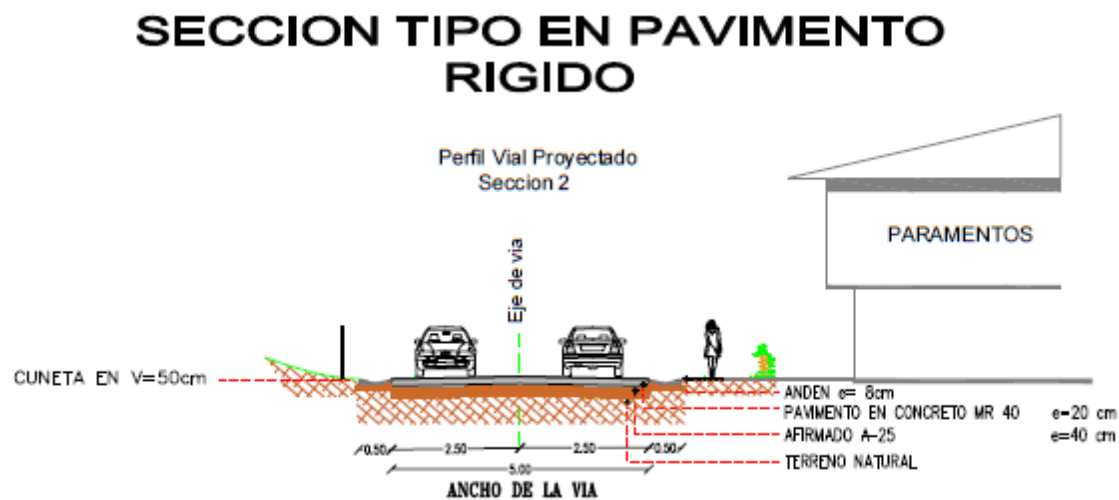
ESPIRAL	VALOR DE A	RADIO	LONGITUD	DIRECCION INICIO	PUNTO DE INICIO	PUNTO FINAL	DELTA	VALOR DE K	VALOR A
PI9	48.08	RADIO ENTRADA INFINITY RADIO SALIDA 154.106	15.00	N31° 55' 50.79"W	NORTE920161.44 ESTE974131.74	NORTE 920153.71 ESTE 974144.59	2°47'18"	VALOR K 7.50	VALOR A 48.08
PI8	194.31	RADIO ENTRADA INFINITY RADIO SALIDA 2517.020	15.00	N32° 06' 05.40"W	NORTE920203.74 ESTE974063.91	NORTE 920195.78 ESTE 974076.62	0°10'15"	VALOR K 7.50	VALOR A 194.31
PI7	110.66	RADIO ENTRADA INFINITY RADIO SALIDA 816.354	15.00	N31° 26' 22.35"W	NORTE920278.87 ESTE973943.74	NORTE 920271.01 ESTE 973956.51	0°31'35"	VALOR K 7.50	VALOR A 110.66
PI6	54.06	RADIO ENTRADA INFINITY RADIO SALIDA 97.489	30.00	N37° 22' 20.09"W	NORTE920370.79 ESTE973792.92	NORTE 920353.85 ESTE 973817.64	8°48'57"	VALOR K 14.99	VALOR A 54.06
PI5	34.50	RADIO ENTRADA INFINITY RADIO SALIDA 59.497	20.00	N27° 44' 32.11"W	NORTE920402.80 ESTE973747.33	NORTE 920392.53 ESTE 973764.46	9°37'48"	VALOR K 9.99	VALOR A 34.50
PI4	12.25	RADIO ENTRADA 30.00 RADIO SALIDA INFINITY	5.00	N32° 31' 00.85"W	NORTE920414.07 ESTE973726.20	NORTE 920411.62 ESTE 973730.56	4°46'29"	VALOR K 2.50	VALOR A 12.25
PI3	21.21	RADIO ENTRADA INFINITY RADIO SALIDA 30.000	15.00	N56° 04' 30.32"W	NORTE920428.66 ESTE973713.00	NORTE 920416.99 ESTE 973722.35	14°19'26"	VALOR K 7.48	VALOR A 21.21
PI2	9.46	RADIO ENTRADA 8.96 RADIO SALIDA INFINITY	10.00	N24° 05' 33.52"W	NORTE920480.56 ESTE973689.35	NORTE 920453.53 ESTE 973696.27	31°56'57"	VALOR K 4.95	VALOR A 9.46
PI1	9.46	RADIO ENTRADA INFINITY RADIO SALIDA 8.957	10.00	N7° 53' 23.29"E	NORTE920461.03 ESTE973679.50	NORTE 920460.56 ESTE 973689.35	31°58'57"	VALOR K 4.95	VALOR A 9.46

Fuente. Autores

## SECCIONES TÍPICAS

Las secciones propuestas se identifican por el tipo de pavimento a emplear en este caso el diseño de un pavimento rígido mostrado en la imagen B1, y un pavimento flexible mostrado en la imagen B2, con diferente estructura, cantidades de material, y costo de material, pero igual ancho de vía, pendientes, bombeos, curvas y recomendación de manejo de aguas superficiales (cunetas en V) con un ancho de 0.50 m y andenes con espesor de 0.08 m con ancho a delimitar.

IMAGEN 15 Sección tipos pavimento Rígido.



Fuente. Autores

IMAGEN 16 Sección tipos pavimento Flexible

**SECCION TIPO EN ASFALTO**



Fuente. Autores

**9.2 DISEÑO DE UN PAVIMENTO RIGIDO**

**GENERALIDADES**

En el presente informe se presenta el Diseño de la Estructura del Pavimento Rígido para la Construcción de la Vía San Nicolás localizada en la Vereda Barzalosa, municipio de Girardot, departamento de Cundinamarca.

Para el diseño de la estructura del pavimento rígido se utilizó el MÉTODO DE LA PORTLAND CEMENT ASSOCIATION (PCA). A continuación se presenta un registro fotográfico del predio donde se construirá la vía.



# DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

## IMAGEN 17 Vía a intervenir.



Fuente: Autores

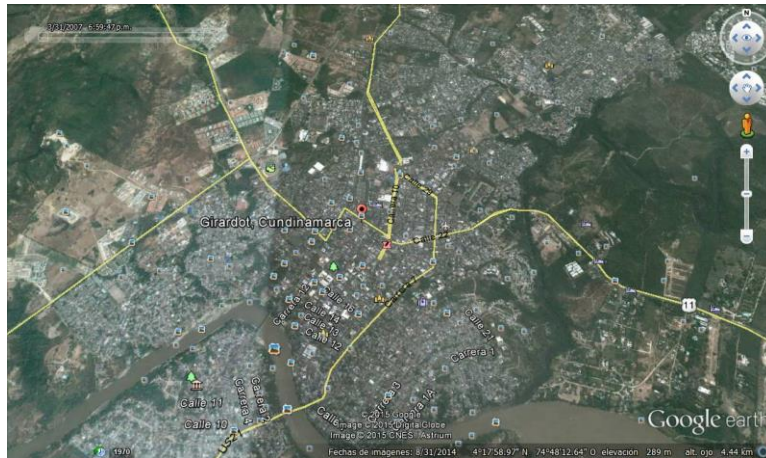
## DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

El Municipio de Girardot se encuentra localizado en el centro del país, a orillas del río Magdalena en las desembocaduras de los ríos Bogotá, Sumapaz y Coello. Limita al norte con los municipios de Nariño y Tocaima, al sur con el municipio de Flandes y el Río

# DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

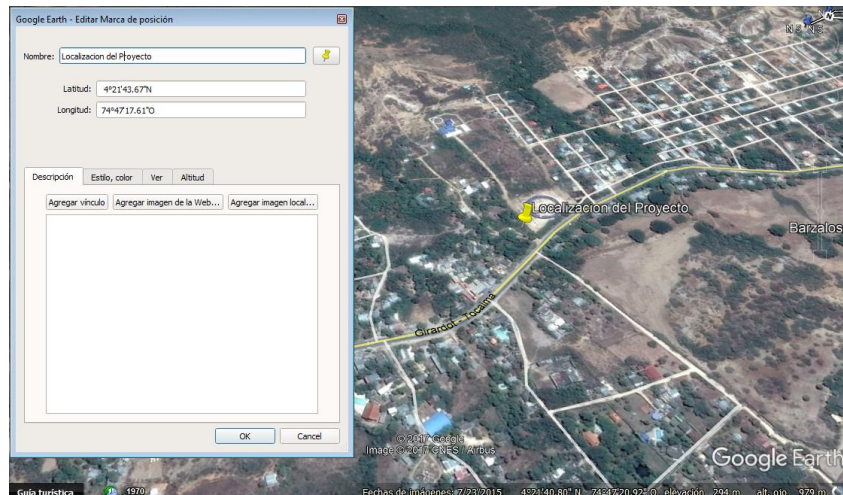
Magdalena, al oeste con el municipio de Nariño, el río Magdalena y el municipio de Coello y al este con el municipio de Ricaurte y el Río Bogotá.

## IMAGEN 18 Localización del Municipio



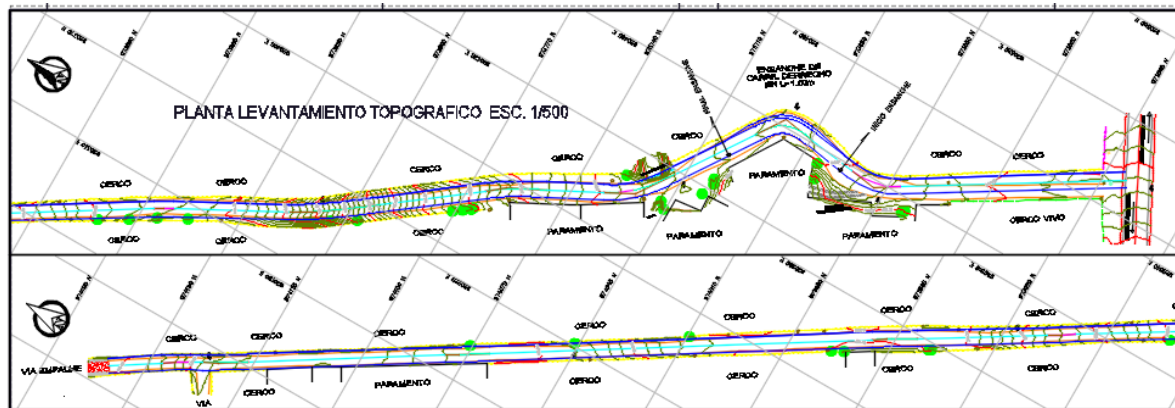
Fuente: Google Maps

## IMAGEN 19 Localización de la zona de estudio con las coordenadas geográficas del proyecto, en magna sirgas.



Fuente: Google Maps

**IMAGEN 20 Levantamiento topográfico de la zona en estudio**

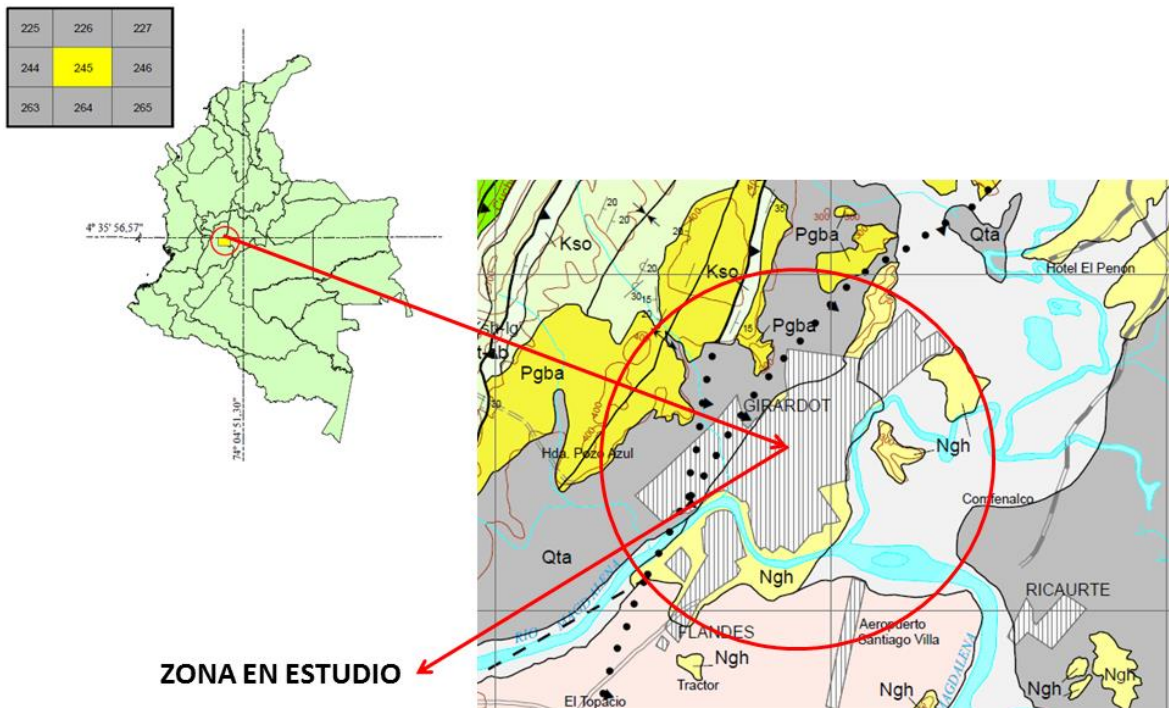


Fuente: Autores

**GEOLOGIA**

De acuerdo con lo descrito en la Plancha 245 correspondiente al municipio de Girardot del Servicio Geológico Colombiano (SGC, antes INGEOMINAS), las características geológicas que predominan en la zona del proyecto y alrededores, están influenciadas por Terrazas Aluviales Altas (Qta), y por la formación Barzalozza, el cual está constituida por un conjunto de conglomerados en la parte inferior, Arcillolitas abigarradas con algunas intercalaciones de conglomerada en la parte media y Arcillolitas con vetas de yeso en intercalaciones de areniscas en parte superior.

**IMAGEN 21 Geología de la zona de estudio, mapa sin escala.**



Fuente: Instituto colombiano de Geología y Minería “INGEOMINAS”

Las formaciones que tienen el municipio de Girardot son: San Juan de Rio Seco o Gualanday, Guaduas, Grupo Honda, Guadalupe. Algunas de sus características son:

**Formación Guadalupe (Tkg).**

Esta formación está constituida esencialmente por arcillolitas, limonitas, abigarradas intercaladas con areniscas del paleoceno inferior.

## DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

### **Formación Guaduas.**

Corresponde a una secuencia de arcillolitas y lutitas de color rojizo dominante, que ha recibido los nombres de Formación o Grupo Guaduas (Hubach, 1957), Formación Seca (Porta, 1965-1966) o Grupo Guaduala (Beltrán and Gallo, 1968); de esto nombres el más usado en la literatura geológica es Formación Guaduas. Estas denominaciones se han usado para describir las rocas de composición arcillosa, ubicada estratigráficamente por encima del Cretácico Superior y por debajo del Grupo Gualanday, en los valles medio y superior del Magdalena de La Cordillera Oriental.

Por lo regular ocupa áreas planas o ligeramente onduladas del Valle del Magdalena. La secuencia consta de arcillolitas y lutitas abigarradas con intercalaciones de areniscas grises y amarillo crema de grano fino alguna veces con aspecto de “sal y pimienta”. Las areniscas varían en su composición desde ortocuarcitas, en la base, hasta arcoscicas, en la parte superior. Localmente se presentan intercalaciones de conglomerado con clastos de chert y cuarzo.

### **Formación San Juan de Río Seco o Gualanday (Tisj2).**

Esta unidad está dividida de más antigua a joven en los miembros Armadillos, Almácigos y la Cruz, el inferior y el superior con predominio de gravas y conglomerados y el intermedio de lutitas rojas.

### **Grupo Honda (T6, T6a).**

La unidad está constituida por alternancia de gravas, areniscas y lutitas rojas, la unidad descansa discordantemente sobre el infrayacente y presenta espesores hasta de 100 metros.

Las rocas sedimentarias del Grupo Honda, constituidas por intercalaciones de areniscas y arcillolitas, están cubierta por vegetación arbustiva baja y rastrojos, con taludes desprotegidos. Los procesos de remoción en masa identificados en esta unidad son desprendimientos y desplomes de bloques de areniscas, ocasionados en la mayoría de los casos por socavación y pérdida de soporte.

### **Depósitos recientes y terrazas (Q).**

Pertenece al cuaternario y están compuestos por arenas, gravas, limos, arcillas, terrazas, coluvios, deslizamientos, morrenas y fluvio glaciares. Las terrazas están conformadas por abanicos procedentes de la cordillera central, que contiene material andesítico (cantos y tobas) en abundancia.

## **MÉTODO UTILIZADO**

Para el diseño de la estructura del pavimento rígido se utilizó el MÉTODO DE LA PORTLAND CEMENT ASSOCIATION (PCA).

Se emplean los siguientes factores de diseño:

- Tipos de juntas y bermas
- Resistencia a la flexión del concreto a 28 días (Módulo de Rotura, MR).
- Valor K de la Subrasante o del conjunto Subrasante – Subbase.
- Factor de seguridad de carga por eje.
- Numero esperado de repeticiones de las diversas cargas por eje en el carril de diseño y durante el periodo de diseño.
- Determinación del consumo de fatiga para control del agrietamiento y determinación del consumo de erosión para controlar la erosión de la fundación, el bombeo y el desnivel entre losas.
- Determinación del espesor de la losa de concreto.

# DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

## DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA

### Tipos de juntas y bermas

El pavimento rígido se diseñara con juntas que tengan varillas de trasferencia y cunetas de confinamiento en concreto.

### Resistencia a la flexión del concreto a 28 días (MR)

Para el diseño del pavimento rígido se tiene en cuenta la Tabla 3-1 de la página 83 del Manual de Diseño de Pavimentos de Concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito del Invias, de la cual teniendo en cuenta el número de vehículos comerciales se determina la calidad del concreto a la flexión.

**Tabla 6. Resistencia que debe alcanzar el concreto**

Calidad del concreto	Número de camiones por día			
	>300	150 – 300	25 – 150	<25
A flexión (MPa)	4.5	4.2	4.0	3.8

Fuente. Manual de diseño de pavimentos de concreto del Invias.

No se cuenta con conteos ni con series históricas del tránsito para el dimensionamiento del tramo de vía en mención, la cual para el diseño se asemeja a una vía local, por lo que es necesario asumir una carga que permita diseñar una estructura resistente, durable, confiable, cómoda y segura para 20 años de vida útil, por lo cual se recurre a la tabla 2.2 del Manual de Diseño de Pavimentos para Bajos Volúmenes de Transito del INVIAS, de la



## DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

cual se toma un TPDS de 180 vehículos mixtos, de los cuales 47 son vehículos comerciales.

**Tabla 7. Tabla 2.2 Composición vehicular típica**

**Tabla 1. Composición vehicular típica descrita en el manual de bajos volúmenes de tránsito (INVIAS 2007)**

TPD	A	B	C2P	C2G	C3-C4	C5	>C5
180	74.4	9.1	12.2	4.1	0.1	0	0
300	61.7	8.4	13	14.3	2.2	0.3	0.1
410	56	12	14.1	16.6	1.2	0.1	0

Fuente: Manual de bajos volúmenes de tránsito (INVIAS 2007)

Por consiguiente, de acuerdo con la tabla mencionada se toma un módulo de rotura de 4.0 Mpa.

### Valor K de la Subrasante o del conjunto de Subrasante – Subbase.

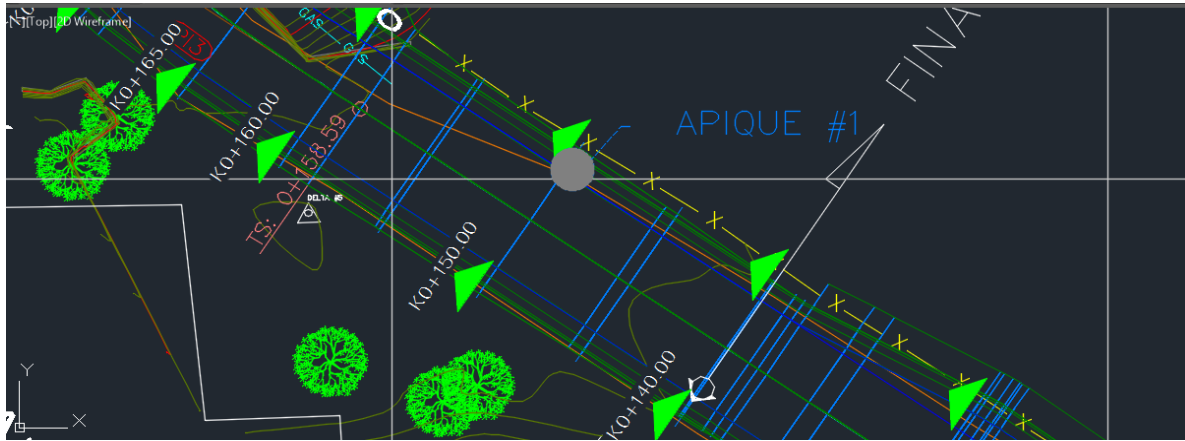
Tabla 8 localización de apiques

# APIQUE	ABSCISA	MARGEN	COTA TERRENO	COTA EXCAVACION	PROFUNDIDAD
1	K0+150	DERECHO	321.750	320.25	1.50
2	K0+350	IZQUIERDO	335.00	333.50	1.50
3	K0+550	DERECHO	341.00	339.50	1.50

Fuente: Autores

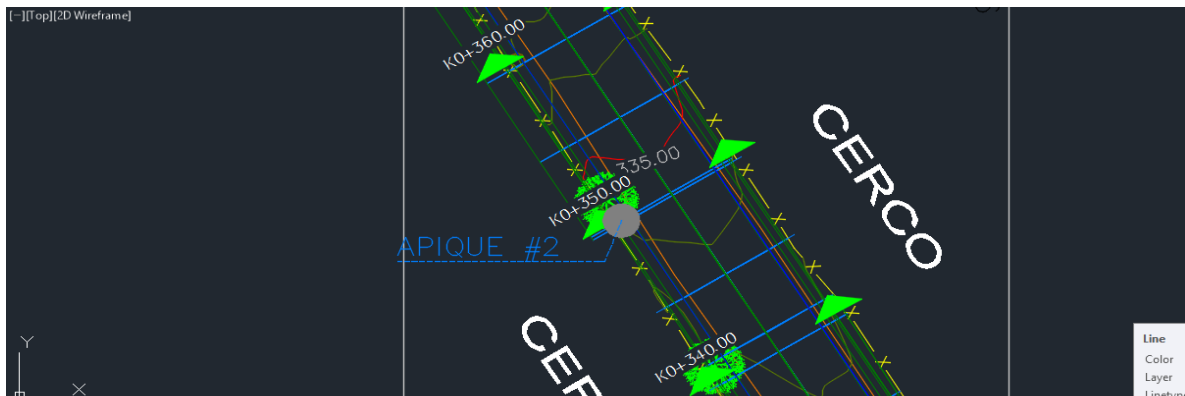
Para diseñar la estructura del pavimento más conveniente desde el punto de vista técnico y económico, se realizó tres (3) calicatas de 0.80 x 0.80 m, a una profundidad de 1.50 m, distribuidos a lo largo de la vía San Nicolás. A continuación se presenta la localización de los apiques en los tramos en estudio.

IMAGEN 22 Apique #1



Fuente: Autores

IMAGEN 23 Apique #2



Fuente: Autores

**IMAGEN 24 Apique #3**



Fuente: Autores

En las exploraciones se registraron las condiciones estratigráficas del subsuelo y se recuperaron simultáneamente muestras representativas a diferentes profundidades. A tales muestras se les realizaron las pruebas de laboratorio que a continuación se listan:

- Humedad natural
- Lavado sobre tamiz No 200
- Análisis granulométrico
- Límites Atterberg.
- Límites de consistencia.
- Proctor modificado.
- Ensayo de Penetración del C.B.R. en muestras alteradas.

## DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

Las muestras que se tomaron para establecer las características físicas y mecánicas del suelo de subrasante fueron alteradas y permitieron determinar los CBR.

A continuación se presenta un resumen de los valores obtenidos en campo en las calicatas realizadas.

**Tabla 9. Resumen de los resultados de los ensayos de laboratorio.**

CALICATA	MUESTRA	PROF. INICIAL	PROF. FINAL	% Pasa	LL, %	LP, %	IP, %	$\omega$ , %	IC	IG	Grs./cm <sup>3</sup>	CBR 1"	AASHTO	S.U.C.S
No. 1	2	0,60	1,50	84,2	30,7	19,9	10,8	11,0	1,8	8,1	1,854	1,7	A-6	CL
No. 2	2	0,60	1,50	75,7	26,5	17,3	9,2	10,4	1,7	4,9	1,861	1,9	A-4	CL
No. 3	2	0,60	1,50	78,2	27,3	21,2	6,1	11,8	2,5	3,4	1,866	2,0	A-4	ML-CL
Convenciones														
P.I - P.F	Profundidad Inicial y Final			$\omega$	Humedad natural				AASHTO Clasificación Sistema AASHTO					
%	Pasa Tamiz N°200			IC	Indice de consistencia				SUCS Clasificación Sistema Unificado					
LL:	Limite liquido			IG	Indice de Grupo									
LP	Limite plástico			Grs./cm <sup>3</sup>	Densidad suelo seco									
IP	Indice de plasticidad													

Fuente: Autores

El tipo de suelo encontrado se clasifica como arcilla de baja compresibilidad, de plasticidad media, de color café oscuro, condición del suelo húmedo pero sin agua visible, de consistencia muy dura, de cementación fuerte, de estructura homogénea, de resistencia en seco muy alta, de dilatancia nula y de tenacidad mediana.

No se detectó en las calicatas hasta la profundidades exploradas nivel de agua freática, pero los suelos estudiados se encuentran con humedades comprendidas entre el 10.0% al 12%,

## DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

razón por la cual, hay que tener en cuenta que la presencia de agua puede disminuir la resistencia de los tipos de suelos encontrados, por consiguiente es un factor fundamental de control.

### **Capacidad portante de la subrasante.**

Se utiliza para el cálculo del CBR de Diseño el Método del Percentil propuesto por el Instituto del Asfalto, el cual recomienda tomar un valor total, del 60, el 75 o el 87.5 % de los valores individuales sea igual o mayor que él, de acuerdo con el tránsito que se espera circule sobre el pavimento. En el cuadro 4, se presenta los límites para selección de resistencia expuestos por el Ingeniero Alfonso Montejo Fonseca, del libro de Ingeniería de Pavimentos tomo 1, Tercera edición, Universidad Católica de Colombia, 2008, página 68, ISBN 958-97617-9-8.

**Tabla 10. Tabla 3.8. Límites para selección de resistencia**

Número de ejes 8.2 toneladas en el carril de diseño (N)	Percentil a seleccionar para hallar la resistencia
$<10^4$	60
$10^4 - 10^6$	75
$>10^6$	87.5

Fuente. Alfonso Montejo Fonseca.

Se ordenan los valores de resistencia de menor a mayor y se determina el número y el porcentaje de valores iguales o mayores a cada uno. Ver cuadro 5.

## DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

**Tabla 11. Resistencias de CBR del Tramo 1, organizados de menor a mayor.**

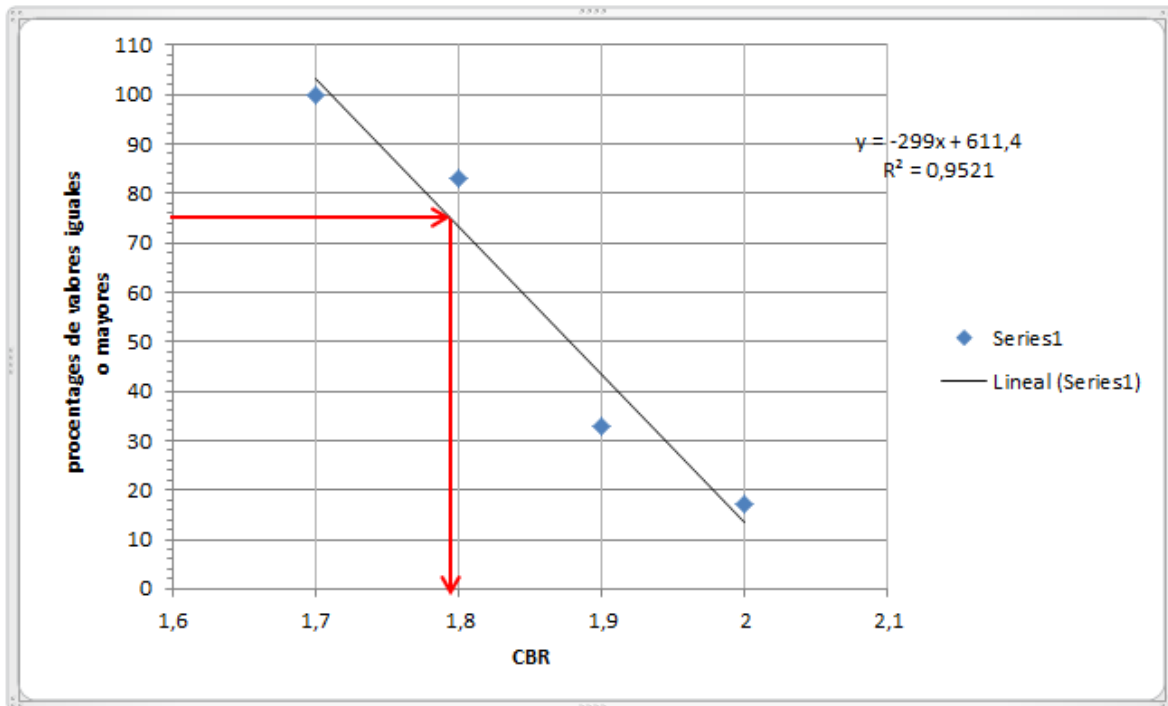
C.B.R. según laboratorio	Número de valores iguales o mayores	% de valores iguales o mayores
1.7	6	$6/6*100=100$
1.8	5	$5/6*100=83$
1.9	2	$2/6*100=33$
2.0	1	$1/6*100=17$

Fuente: Autores

Se dibuja un gráfico que relacione los valores de CBR con los porcentajes anteriormente calculados. Imagen 19.

## DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

**IMAGEN 25 Resistencias de CBR del Tramo 1, organizados de menor a mayor.**



Fuente: Autores

Con base en el cálculo realizado el C.B.R. de diseño es del 1.79%.

### **Módulo combinado de subrasante para diseño.**

De acuerdo con el estudio geotécnico realizado se determinaron CBR con valores muy bajos, por consiguiente, se propone la utilización de un relleno en material granular que obre como capa de mejoramiento, sobre la capa de subrasante, este mejoramiento permite una plataforma uniforme de apoyo que aminora la diferencia de capacidad portante a lo largo del tramo, constituyendo finalmente la subrasante de apoyo sobre la cual se dispondrá la estructura del pavimento.

## DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

Se determina que una profundidad adecuada para el relleno es aproximadamente de 40 cm, con un CBR mayor o igual del 10%. Una vez determinado el espesor del relleno granular, se considera tener en cuenta el mejoramiento de la capacidad portante del conjunto de material de apoyo de la estructura del pavimento, para lo cual se utiliza la ecuación de Ivanov para determinar el valor de capacidad equivalente:

$$Mr_{1-2} = \frac{Mr_2}{1 - \left[ \left( \frac{2}{\pi} \right) \left( 1 - \frac{1}{n^{3.5}} \right) \tan^{-1} \left( n \frac{h_1}{2a} \right) \right]} \quad n = \left( \frac{Mr_1}{Mr_2} \right)^{1/2.5}$$

Donde:

$Mr_{1-2}$  = Módulo ponderado de las capas en  $\text{kg/cm}^2$

$Mr_2$  = Modulo de la capa inferior en  $\text{kg/cm}^2$

$Mr_1$  = Modulo de la capa superior en  $\text{kg/cm}^2$

$h_1$  = Espesor de la capa superior en cm

$2a$  = 30.44cm

El módulo resiliente ponderado esta dado en  $\text{kg/cm}^2$ .

De los valores obtenidos el CBR es de 1.75% y se convierte a Modulo resiliente mediante la ecuación de correlación:



## DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

$$Mr_2 = 100 \times \text{CBR} = 100 \times 1.79 = 179 \text{ kg/cm}^2.$$

Se asume para la capa de mejoramiento un CBR igual al 10%, el cual se convierte a módulo resiliente, así:

$$Mr_1 = 100 \times \text{CBR} = 100 \times 10 = 1000 \text{ kg/cm}^2.$$

### Determinación del módulo resiliente ponderado de las capas.

$$n = \left( \frac{1000}{179} \right)^{0.4} = 1.99$$

$$Mr_{1-2} = \frac{179}{1 - \left[ \left( \frac{2}{\pi} \right) \left( 1 - \frac{1}{1.99^{3.5}} \right) \tan^{-1} \left( 1.99 * \frac{40}{30.44} \right) \right]}$$

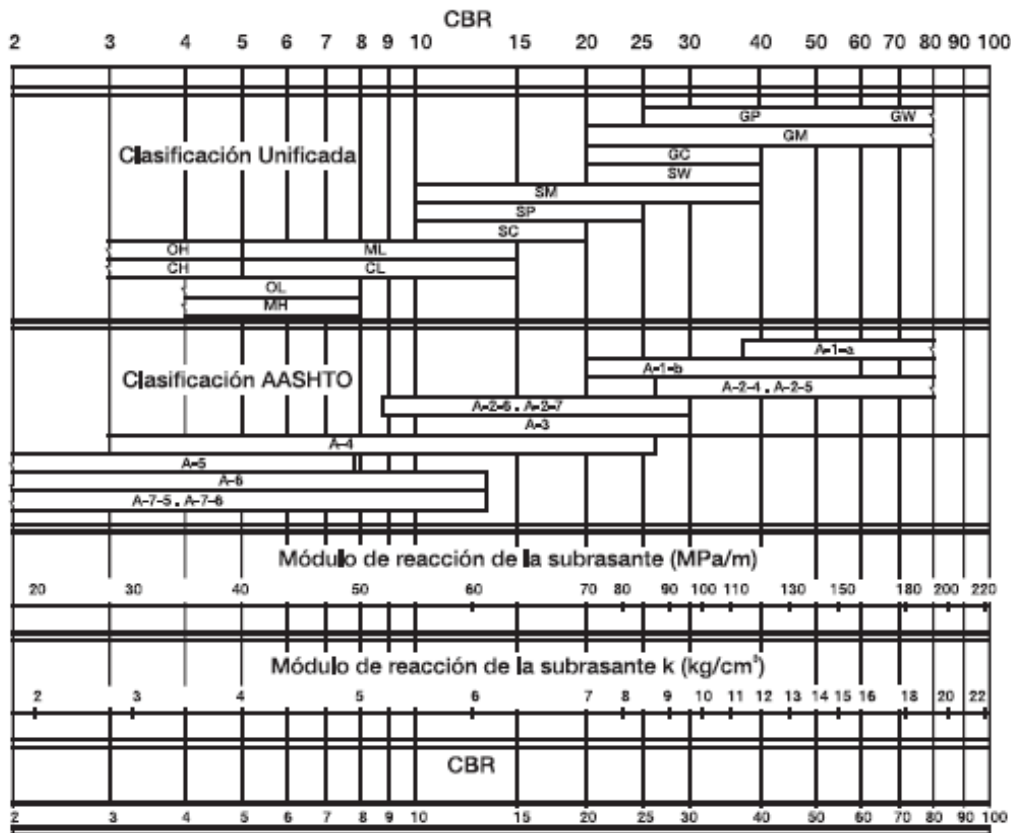
$$Mr_{1-2} = \frac{179}{1 - (0.64 \times 0.91 \times 1.21)} Mr_{1-2} = 606.17 \text{ kg/cm}^2$$

Del anterior valor se obtiene el CBR equivalente, así:

$$Mr_{1-2} = \frac{Mr_{1-2}}{100} \qquad Mr_{1-2} = \frac{606.1}{100} = 6.06\%$$

Con base en el cálculo realizado el C.B.R. de diseño es del 6.06%. De acuerdo con la tabla 2-12 "relación entre la clasificación del suelo y los valores de CBR y K", del manual de diseño de pavimentos de concreto del INVIAS, Pag. 77, para un CBR de 6.06% le corresponde un módulo de reacción K de la subrasante de 44 Mpa/m.

**IMAGEN 26** Relación entre la clasificación del suelo y los valores de CBR y K



Fuente. Manual de diseño de pavimentos de concreto de Invias.

**Factor de seguridad de carga por eje**

Se asume un factor de seguridad para tránsito pesado bajo de 1.0.

## DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

### Numero esperado de repeticiones de las diversas cargas por eje en el carril de diseño y durante el periodo de diseño

Se determina el tránsito de diseño para 20 años que es lo recomendado por la metodología.

Se asume un carril de diseño con un 100% de vehículos comerciales.

Se asume una tasa de crecimiento anual del 4.0%, a la cual le corresponde un factor de proyección del tránsito de 1.5. En el cuadro 7, se presenta las Tasas anuales de crecimiento de tránsito (r) y sus correspondientes factores de proyección expuestos por el Ingeniero Alfonso Montejo Fonseca, del libro de Ingeniería de Pavimentos tomo 1, tabla 8.3 Tercera edición.

Cuadro 1. Tabla 8.3. Tasas anuales de crecimiento de tránsito (r) y sus correspondientes factores de proyección.

Tasa de crecimiento anual de tránsito %	Factores de proyección	
	20 años	40 años
1	1.1	1.2
1 1/2	1.2	1.3
2	1.2	1.5
2 1/2	1.3	1.6
3	1.3	1.8
3 1/2	1.4	2.0
4	1.5	2.2
4 1/2	1.6	2.4

## DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

Tasa de crecimiento anual de tránsito %	Factores de proyección	
	20 años	40 años
5	1.6	2.7
5 1/2	1.7	2.9
6	1.8	3.2

Los factores representan valores para la mitad del período de diseño y son ampliamente usados en la práctica corriente.

Fuente. Ingeniería de Pavimentos de Alfonso Montejó Fonseca tomo 1.

$N = 365 \times 47 \times 1.5 \times 1 \times 1 \times 20 = 514.650$  Vehículos comerciales.

### IMAGEN 27 Repeticiones de carga esperada por ejes

VEHICULO	CANTIDAD DE VEHICULOS EN EL PERIODO DE DISEÑO	SENCILLO SIMPLE	SENCILLO DOBLE	TANDEM	TRIDEM
		60 KN	110 KN	190 KN	240 KN
Bus Metropolitano	182.942	182.942	182.942		
C2P	245.263	245.263	245.263		
C2G	82.425	82.425	82.425		
C3	2.010	2.010		2.010	
C5	2.010	2.010		2.010	
<b>Total</b>	<b>514.650</b>	<b>514.650</b>	<b>510.630</b>	<b>4.020</b>	

Fuente: Autores

## DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

**Determinación del consumo de fatiga para el control del agrietamiento y determinación del consumo de erosión para controlar la erosión de la fundación, el bombeo y el desnivel entre losas.**

### Datos de entrada

Modelación de la estructura. Parámetros que intervienen en el dimensionamiento de la estructura con su respectivo valor:

PARÁMETRO DE DISEÑO	VALOR
Módulo de reacción K.	44 Mpa/m
Tránsito de diseño	514.650 EE.
Módulo de rotura (MR)	4.0 Mpa/m
Confinamiento de estructura	Si: Sardinell, pasadores y anden.
Factor de seguridad de carga	1.0
Consumo de fatiga	<100%
Consumo de erosión	<100%
Espesor de la losa propuesto	200 mm

### Cálculos y definición diseño óptimo.

Para los cálculos de la estructura del pavimento rígido, se adopta la metodología de la PCA- 84, con ayuda del programa de computador y sus resultados son anexos del presente informe.

**IMAGEN 28 Tránsito ejes simples.**

#	Carga Eje (kN)	Repeticiones Esperadas
1	60	514650
2	110	510630
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

Fuente. PCA - 84

**IMAGEN 29 Tránsito ejes tándem**

#	Carga Eje (kN)	Repeticiones Esperadas
1	150	4020
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

Fuente. PCA - 84

**IMAGEN 30** Cálculo del consumo de erosión y esfuerzo para el diseño de pavimento rígido.

BS-PCA - DISEÑO PAVIMENTOS RIGIDOS PCA

Opciones Sensibilidad Terminar

Resistencia K del Apoyo : 44 Mpa/m

Espesor de la Losa : 200 mm

Módulo de Rotura Losa : 4 Mpa

Con Bermas

Con Pasadores

TRANSITO

kN

Factor de Seguridad Carga : 1

Factor de Mayoración de Repeticiones : 1

Ejes Sencillos Ejes Tandem Ejes Tridem

Total Consumo Esfuerzo (%) : 49.735

Total Consumo Erosión (%) : 3.4054

Cargar

Guardar

Calcular

Imprimir

Salir

Fuente. PCA – 84.

El espesor de 200 mm propuesto cumple con los criterios de fatiga y erosión.

**Selección de los pasadores de cargas.**

Para un espesor de losa de 200 mm, se colocaran barras de transferencias de diámetro de 1”, con una longitud total de 350 mm y separados entre centros 300 mm. Ver tabla 6-2 ‘recomendaciones para la selección de los pasadores de carga’ Pág. 96 del Manual de Diseño de Pavimentos de Concreto del INVIAS.

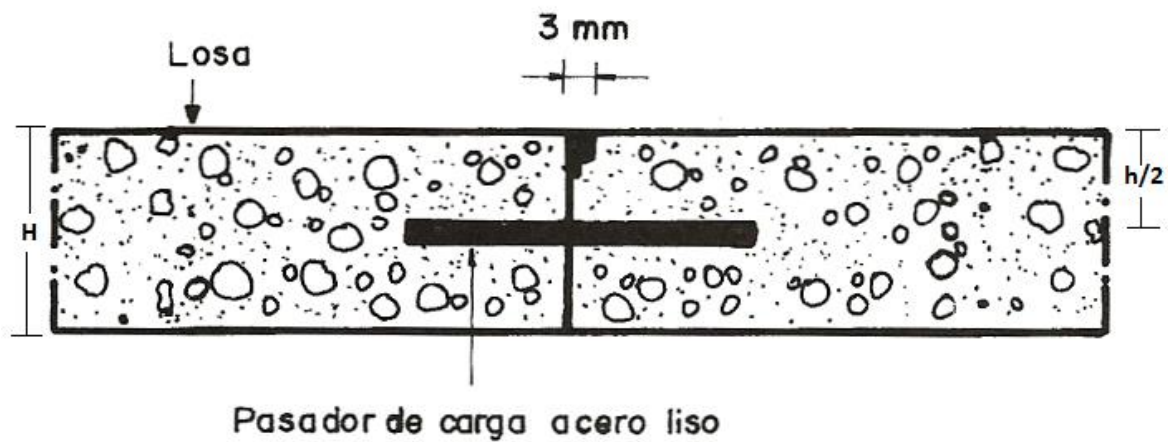
## DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

**IMAGEN 31** Tabla 6.2. Recomendaciones para la selección de los pasadores de carga

Espesor del pavimento	Diámetro del pasador		Longitud	Separación entre centros
	mm	Pulgada		
0 - 100	13	1/2	250	300
110 - 130	16	5/8	300	300
140 - 150	19	3/4	350	300
160 - 180	22	7/8	350	300
190 - 200	25	1	350	300
210 - 230	29	1 1/8	400	300
240 - 250	32	1 1/4	450	300
260 - 280	35	1 3/8	450	300
290 - 300	38	1 1/2	500	300

Fuente. Manual de diseño de pavimentos de concreto de Invias.

**IMAGEN 32** Detalle pasador de carga y espesor de dilatación.



Fuente. Alfonso Montejo Fonseca.

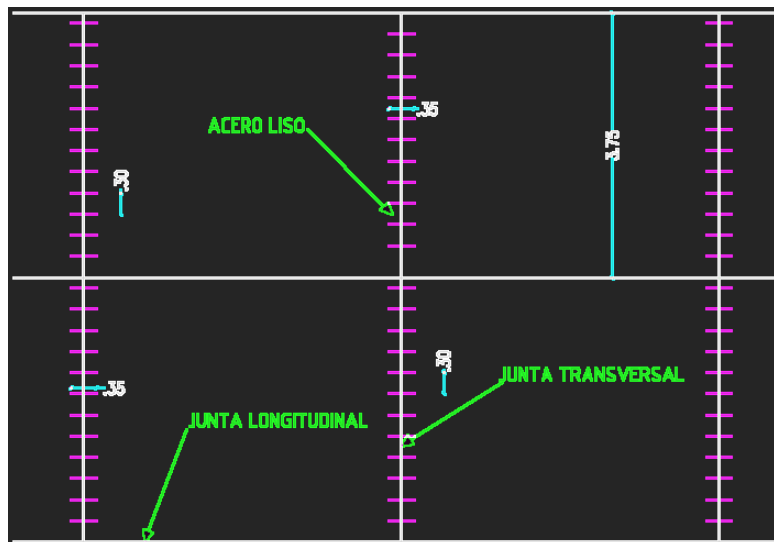


**IMAGEN 33 Recomendación para la distribución de las varillas de anclaje**

Espesor de losa (mm)	Barras de $\phi$ 9,5 mm (3/8")			Barras de $\phi$ 12,7 mm (1/2")			Barras de $\phi$ 15,9 mm (5/8")					
	Longitud (m)	Separación entre barras según el ancho del carril (m)			Longitud (m)	Separación entre barras según el ancho del carril (m)			Longitud (m)	Separación entre barras según el ancho del carril (m)		
		3,05 (m)	3,35 (m)	3,65 (m)		3,05 (m)	3,35 (m)	3,65 (m)		3,05 (m)	3,35 (m)	3,65 (m)
<b>Acero de <math>f_y = 187,5</math> MPa (40.000 psi)</b>												
150	0,45	0,80	0,75	0,65	0,60	1,20	1,20	1,20	0,70	1,20	1,20	1,20
175		0,70	0,60	0,55		1,20	1,10	1,00		1,20	1,20	1,20
200		0,60	0,55	0,50		1,05	1,00	0,90		1,20	1,20	1,20
225		0,55	0,50	0,45		0,85	0,85	0,80		1,20	1,20	1,20
250		0,45	0,45	0,40		0,85	0,80	0,70		1,20	1,20	1,10
<b>Acero de <math>f_y = 280</math> MPa (60.000 psi)</b>												
150	0,65	1,20	1,10	1,00	0,85	1,20	1,20	1,20	1,00	1,20	1,20	1,20
175		1,05	0,95	0,85		1,20	1,20	1,20		1,20	1,20	1,20
200		0,90	0,80	0,75		1,20	1,20	1,20		1,20	1,20	1,20
225		0,80	0,75	0,65		1,20	1,20	1,20		1,20	1,20	1,20
250		0,70	0,65	0,60		1,20	1,15	1,10		1,20	1,20	1,20

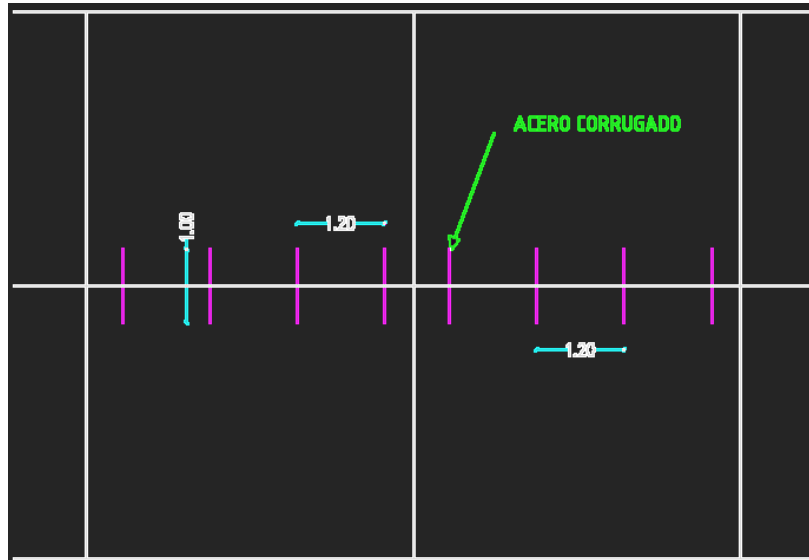
Fuente. Manual de diseño de pavimentos de concreto de Invias.

**IMAGEN 34 Distribución de las barras de transferencia**



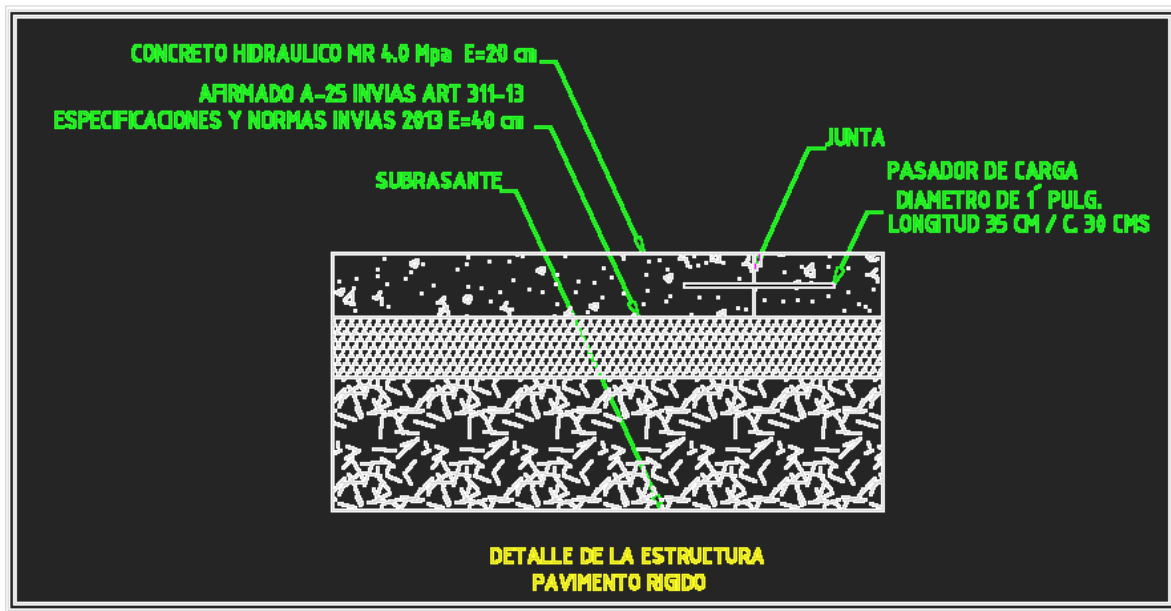
Fuente: Autores

IMAGEN 35 Distribución de las barras de transferencia



Fuente: Autores

IMAGEN 36 Esquema del dimensionamiento del pavimento rígido



Fuente: Autores

## CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

### **Afirmado.**

La capa de Afirmado contribuye a la reducción de esfuerzos provocados por el tránsito, de modo que ellos lleguen en magnitud aceptable a la subrasante, actúa como plataforma de construcción para las capas superiores, sirve como capa de transición entre la subrasante y la base, bajo ciertas circunstancias, puede actuar como capa drenante. Las exigencias en cuanto a su calidad son mayores en climas húmedos que en climas secos por las mayores posibilidades de su saturación.

Es deseable, además, que el CBR no sea menor de 15 a una densidad equivalente al 95 % de la máxima del ensayo modificado de compactación (Norma de Ensayo INV E-142-13). En relación con la humedad de preparación y ensayo de las muestras de laboratorio para la determinación de la resistencia, ellas dependerán de las condiciones climáticas y de las posibilidades de ingreso de agua hasta el material proveniente de la parte superior, asumiendo que el pavimento dispondrá de los dispositivos de subdrenaje que requiera.

En el Cuadro 5, se presenta las franjas granulométricas exigidas de acuerdo con la Norma Invias 2013.

Se recomienda utilizar un material tipo Afirmado A-25, que satisfaga los requisitos de calidad indicados en la especificaciones INVIAS ART 311-13, Tabla 311-1. Además, se deberá ajustar a la franja granulométrica que se muestran en la Tabla 311-2. A continuación se presenta los requisitos de calidad y las franjas granulométricas:

DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

**IMAGEN 37 Tabla 320-2. Requisitos de los agregados para Afirmados.**

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	REQUISITO
<b>Dureza (O)</b>		
Desgaste en la máquina de los Ángeles (Gradación A), máximo (%) - 500 revoluciones	E-218	50
<b>Durabilidad (O)</b>		
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%) - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	E-220	12 18
<b>Limpieza (F)</b>		
Límite líquido, máximo (%)	E-125	40
Índice de plasticidad (%)	E-125 y E-126	4 - 9
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznales, máximo (%)	E-211	2
Contracción lineal	E-127 o E-129	Tabla 311 - 3
<b>Resistencia del material (F)</b>		
CBR (%): porcentaje asociado al grado de compactación mínimo especificado (numeral 311.5.2.2.2); el CBR se medirá sobre muestras sometidas previamente a cuatro días de inmersión.	E-148	≥ 15

Fuente: Invias 2013

**IMAGEN 38 Tabla 320-3. Franjas granulométricas del material de Afirmado.**

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)							
	37.5	25.0	19.0	9.5	4.75	2.00	0.425	0.075
	1 ½"	1"	¾"	3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200
	% PASA							
A-38	100	-	80-100	60-85	40-65	30-50	13-30	9-18
A-25	-	100	90-100	65-90	45-70	35-55	15-35	10-20
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	0 %	7 %			6 %			3 %

Fuente: Invias 2013

### 9.3 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

Para el diseño de la estructura del pavimento asfáltico se utilizó el Método AASHTO 1993. A continuación, se ilustra fotográficamente la vía a intervenir.

#### MÉTODO UTILIZADO

Método AASHTO 1993. El diseño busca determinar un “Número Estructural SN” para el pavimento flexible que pueda soportar el nivel de carga esperado.

Para determinar el número estructural SN requerido, se utiliza la hoja de cálculo de Excel del Ing. Luis Ricardo Vásquez, que involucra los siguientes parámetros.

Ecuación:

$$\text{Log}_{10}W_{18} = Z_R * S_O + 9.36 * \text{Log}_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\text{Log}_{10}\left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 * \text{Log}_{10}M_R - 8.07$$

Parámetros

“ $W_{18}$ ” El tránsito en ejes equivalentes acumulados para el período de diseño seleccionado.

“ $Z_R$ ” Grado de confiabilidad.

“ $R$ ” Parámetro de confiabilidad.

## DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

“ $S_o$ ” Desviación estándar del sistema.

“ $M_r$ ” El módulo de resiliencia efectivo del material usado de la subrasante.

“ $\Delta PSI$ ” La pérdida o diferencia entre los índices de servicio inicial y final deseados.

Número estructural (SN)

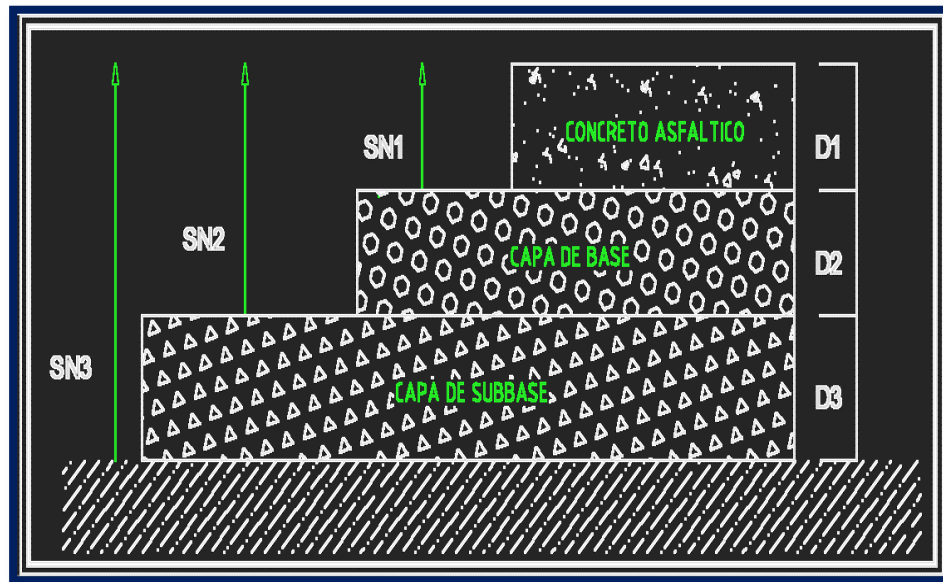
$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3$$

$a_1, a_2$  y  $a_3 =$  Coeficiente de capa representativos de Carpeta, Base y Subbase respectivamente.

$D_1, D_2$  y  $D_3 =$  Espesor de la carpeta, Base y Subbase respectivamente en pulgadas.

$m_2 m_3 =$  Coeficientes de drenaje para Base y Subbase respectivamente.

IMAGEN 39 esquemas espesor de capas según numero estructural



Fuente: Autores

## METODOLOGÍA

Se emplea la siguiente metodología:

- Selección del período de diseño estructural.
- Estimación del tránsito de diseño.
- Determinación de las características ambientales de los materiales relacionados con la calidad drenante.
- Determinación de la capacidad portante del suelo de subrasante a través del ensayo de CBR.

## DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

- Determinación de la capacidad portante equivalente del suelo mejorado.
- Determinación del nivel de confiabilidad
- Determinación de la desviación estándar del sistema
- Determinación del grado de confiabilidad
- Determinación de la pérdida de Serviciabilidad.
- Determinación de los módulos resilientes y valores del coeficiente estructural de los materiales.
- Dimensionamiento de la estructura del pavimento flexible.
- Optimización de las dimensiones del pavimento obtenido.

### **DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA**

Período de diseño

De acuerdo con la tabla 2.3 del Manual de Diseño de Pavimentos Asfálticos en Vías con Medios y Altos Volúmenes de Transito del INVIAS, Pág. 9, se estima un período de diseño estructural:

Categoría de la vía: III

Período de diseño estructural (n): 10 años



## DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

Tabla 12. Período de diseño estructural recomendados (Tabla 2.3).

Categoría de la Vía	Periodo de Diseño (P.D.E) años	
	Rango	Recomendado
I	10-30	20
II	10-20	15
III	10-20	10
Especiales	7-20	10-15

Fuente: Manual de bajos volúmenes de tránsito (INVIAS 2007)

### ESTIMACIÓN DEL TRANSITO DE DISEÑO

#### Definición del tránsito de diseño.

No se cuenta con conteos ni con series históricas del tránsito para el dimensionamiento de la estructura del pavimento, la cual para el diseño se asemeja a una vía local, por lo que es necesario asumir una carga que permita diseñar una estructura resistente, durable, confiable, cómoda y segura para 10 años de vida útil, por lo cual se recurre a la tabla 3.6 del manual de diseño de pavimentos para bajos volúmenes de tránsito del INVIAS, tomando como tránsito promedio diario TPDS de 410 vehículos mixtos, de los cuales 180 son vehículos comerciales.

# DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

Tabla 13. Rangos de tránsito contemplados en la norma (Tabla 3.6.).

TPD	A	B	C2P	C2G	C3-C4	C5	>C5
180	74.4	9.1	12.2	41	0.1	0	0
300	61.7	8.4	13	14.3	2.2	0.3	0.1
410	56	12	14.1	16.6	1.2	0.1	0

VEHÍCULOS	AUTOS	BUSES	C2P	C2G	C3	C5
COMPOSICIÓN						
VEHICULAR (%)	56%	12%	14,10%	16,60%	1,20%	0,10%

Fuente: Manual de bajos volúmenes de tránsito (INVIAS 2007)

Se distribuye el tránsito tomando un TPD de 410 vehículos mixtos por día y se emplea la ecuación que permite estimar el N número de ejes equivalentes de 8.2 toneladas de los vehículos comerciales en el carril de diseño y durante el período de diseño.

$$N = 365 \times TPD \times \frac{A}{100} \times \frac{B}{100} \times \frac{(1+r)^n - 1}{Ln(1+r)} \times F.C.$$

N = Número de ejes equivalentes.

TPD = Tránsito promedio diario inicial.

A = Porcentaje de vehículos pesados (buses y camiones) en el conteo.

## DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

B = Porcentaje de vehículos pesados en el carril de diseño.

r = Rata anual de crecimiento del tránsito.

n = Período de diseño estructural.

FC. = Factor camión.

$$FC = \frac{\sum Ci * Fi}{\sum Ci}$$

Ci = Es la cantidad de vehículos comerciales diarios del tipo (i).

Fi = Es el factor de equivalencia que corresponde a cada pasada del vehículo comercial tipo (i).

Se determina el factor camión o el factor daño empleando los factores de equivalencia de la tabla 3.5, del manual de diseño de pavimentos asfálticos en vías con medios y altos volúmenes de tránsito del INVIAS, Pág. 17.

Tabla xxxx Factores de equivalencia de carga (Tabla 3.5).

Tipo de vehículo		Factor de equivalencia
Buses	Bus	0.40
	Bus metropolitano	1.00
C2P	C2P	1.17

## DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

C2G	C2G	3.44
C3 y C4	C3	3.76
	C2 C1	3.37
	C4	6.73
	C3 S1	2.22
	C2 S2	3.42
C5	C3 S2	4.40
>C5	>C5	4.72

Fuente: Manual de diseño de pavimentos asfálticos en vías con medios y altos volúmenes de tránsito (INVIAS 1998)

$$F_c = \frac{1 \times 0.12 + 1.14 \times 0.141 + 3.44 \times 0.166 + 3.76 \times 0.012 + 4.76 \times 0.001}{0.44}$$

$$F_c = 2.04$$

$$N = 365 \times 410 \times \frac{44}{100} \times \frac{50}{100} \times \frac{(1+0.05)^{10} - 1}{\ln(1+0.05)} \times 2.04 =$$

N= 865.715 Ejes equivalentes de 8.2 Ton.

Teniendo en cuenta que esta vía sirve como entrada y salida principal del Barrio San Nicolás y tiene un programa de rehabilitación, mejoramiento y pavimentación, se hace necesario considerar un tránsito atraído, un tránsito generado, un tránsito desarrollado y la

## DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

consideración especial del tránsito de carga de materiales que se utilizara durante el proceso constructivo de varias urbanizaciones. Por lo tanto, se considera un crecimiento del 70% del tránsito de diseño calculado.

$$N = 865.715 * 70\%$$

$$N = 1.471.716 \text{ Ejes equivalentes de } 8.2 \text{ Ton.}$$

Se hace la corrección del tránsito proyectado para una confiabilidad del 90%, de acuerdo a recomendaciones del Invias en su Manual de Diseños de pavimentos flexibles con medios y altos volúmenes de tránsito.

$$N' = 1.159 \times N$$

$$N' = 1.159 \times 1.471.716 = 1.705.719 \text{ Ejes de } 8.2 \text{ Ton.}$$

De acuerdo con la tabla 3.6 del manual de diseño de pavimentos asfálticos en vías con medios y altos volúmenes de tránsito del INVIAS, El transito corresponde a un rango T2.

Tabla 14. Rangos de tránsito contemplados en la norma (Tabla 3.6).

Designación	Rangos de transito Acumulado por carril de diseño
T1	$0.5 - 1 * 10^6$
T2	$1 - 2 * 10^6$
T3	$2 - 4 * 10^6$

## DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

T4	$4 - 6 * 10^6$
T5	$6 - 10 * 10^6$
T6	$10 - 15 * 10^6$
T7	$15 - 20 * 10^6$
T8	$20 - 30 * 10^6$
T9	$30 - 40 * 10^6$

Fuente: Manual de diseño de pavimentos asfálticos en vías con medios y altos volúmenes de tránsito (INVIAS 1998)

### **DETERMINACION DE LAS CARACTERISTICAS AMBIENTALES DE LOS MATERIALES RELACIONADOS CON LA CALIDAD DRENANTE.**

Se toman las características ambientales tales como humedad y temperatura sobre las propiedades de los materiales.

De acuerdo con el estudio de suelos realizado el material de subrasante está constituido por limos de baja compresibilidad, lo cual representa para la sub-base y la base una calidad de drenaje regular que puede llegar a períodos de saturación importantes. Por consiguiente para la seguridad del dimensionamiento de la estructura, se asume un coeficiente de drenaje  $m=0.80$ , que corresponde según la tabla IX y X de la Guía de diseño AASHTO-93, Pág. 3-38 y 3-39, a una calidad de drenaje regular con períodos de tiempo de saturación entre 5% y 25% anual.

## DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

Tabla 15. Características de drenaje de material de base y/o sub-base granular (Tabla IX).

Nivel de drenaje	Agua eliminada dentro de
Excelente	Dos (2) horas
Buena	Un (1) día
<b>Regular</b>	<b>Una (1) semana</b>
Pobre	Un (1) mes
Muy pobre	El agua no drena

Fuente. Guía de diseño AASHTO - 93.

Tabla 16 Valor recomendados del coeficiente de ajuste (m) para los coeficientes estructurales de las capas de base y/o sub base no-tratadas

	Porcentaje del tiempo durante el cual la estructura del pavimento está sometido a condiciones de humedad cercanas a saturación			
Calidad de drenaje de la base o sub-base	Menos del 1%	Entre el 1 y 5%	Entre el 5 y 25%	Más del 25%
Excelente	1.40-1.35	1.35-1.30	1.30-1.20	1.20
Buena	1.35-1.25	1.25-1.15	1.15-1.00	1.00
Regular	1.25-1.15	1.15-1.05	1.05-0.80	0.80
Pobre	1.15-1.05	1.05-0.80	0.80-0.60	0.60

## DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

Muy pobre	1.05-0.95	0.95-0.75	0.75-0.40	0.40
-----------	-----------	-----------	-----------	------

Fuente. Guía de diseño AASHTO - 93.

### **NIVEL DE CONFIANZA (R).**

Los valores de nivel de confianza están supeditados al tipo en escala de orden de importancia de la vía, para nuestro caso por ser una vía local se asume un valor de 90%.

Tabla 17 Desviación estándar global (Tabla I pág. 3-9 AASTHO-93)

Niveles recomendados de confiabilidad (R)

Clasificación de la vía	Urbana	Rural
Autopistas	85-99,9	80-99,9
Troncales	80-99	75-95
Locales	80-95	75-95
Ramales y vías agrícolas	50-80	50-80

Fuente. Guía de diseño AASHTO – 93

### **GRADO DE CONFIABILIDAD (ZR).**

Una vez obtenido el nivel de confiabilidad que es del 90%, se determina el valor del grado de confiabilidad, cuya valor aplicado es de -1.282. Ver tabla 11.



**IMAGEN 40 Valores de ZR en la curva normal para diversos grados de confiabilidad (Tabla I-I).**

Confiabilidad (R)	Valor de ZR
50	- 0,000
60	- 0,253
70	- 0,524
75	- 0,674
80	- 0,841
85	- 1,037
90	- 1,282
91	- 1,340
92	- 1,405
93	- 1,476
94	- 1,555
95	- 1,645
96	- 1,751
97	- 1,881
98	- 2,054
99	- 2,327
99,9	- 3,090
99,99	- 3,750

Fuente. Guía de diseño AASHTO – 93

**DESVIACION ESTANDAR DEL SISTEMA ( $S_o$ ).**

Para la selección del  $S_o$  se tiene en cuenta la desviación estándar del diseño, la variación de las propiedades de los materiales, la variación de las condiciones climáticas y la variación de la calidad de la construcción. Con base en lo anterior para el diseño se asumirá un valor de 0.45 que es lo recomendado por el método. Ver tabla 11.

**IMAGEN 41 Valores recomendados para la desviación estándar (So)  
(Tabla II).**

Condición de Diseño	Desviación Estándar
Variación de la predicción en el comportamiento del pavimento (sin error de tráfico)	0,25
Variación total en la predicción del comportamiento del pavimento y en la estimación del tráfico	0,35 — 0.50 <i>(0.45 valor recomendado)</i>

Fuente. Guía de diseño AASHTO – 93

### **DETERMINACIÓN DE LA PÉRDIDA DE SERVICIABILIDAD ( $\Delta$ PSI).**

Se estiman los siguientes valores para pavimentos flexibles:

Período de Serviabilidad inicial  $p_o = 4.2$

Período de Serviabilidad final  $p_t = 2.0$

### **DETERMINACIÓN DE LOS MÓDULOS RESILIENTES Y LOS VALORES DEL COEFICIENTE ESTRUCTURAL DE LOS MATERIALES.**

Para materiales de subrasante con CBR del  $\leq 7.2\%$  se utiliza la fórmula:

$$MR = 1500 * (CBR) \text{ en PSI.}$$

$$MR = 1500 * (5.8) = 8.700 \text{ PSI}$$

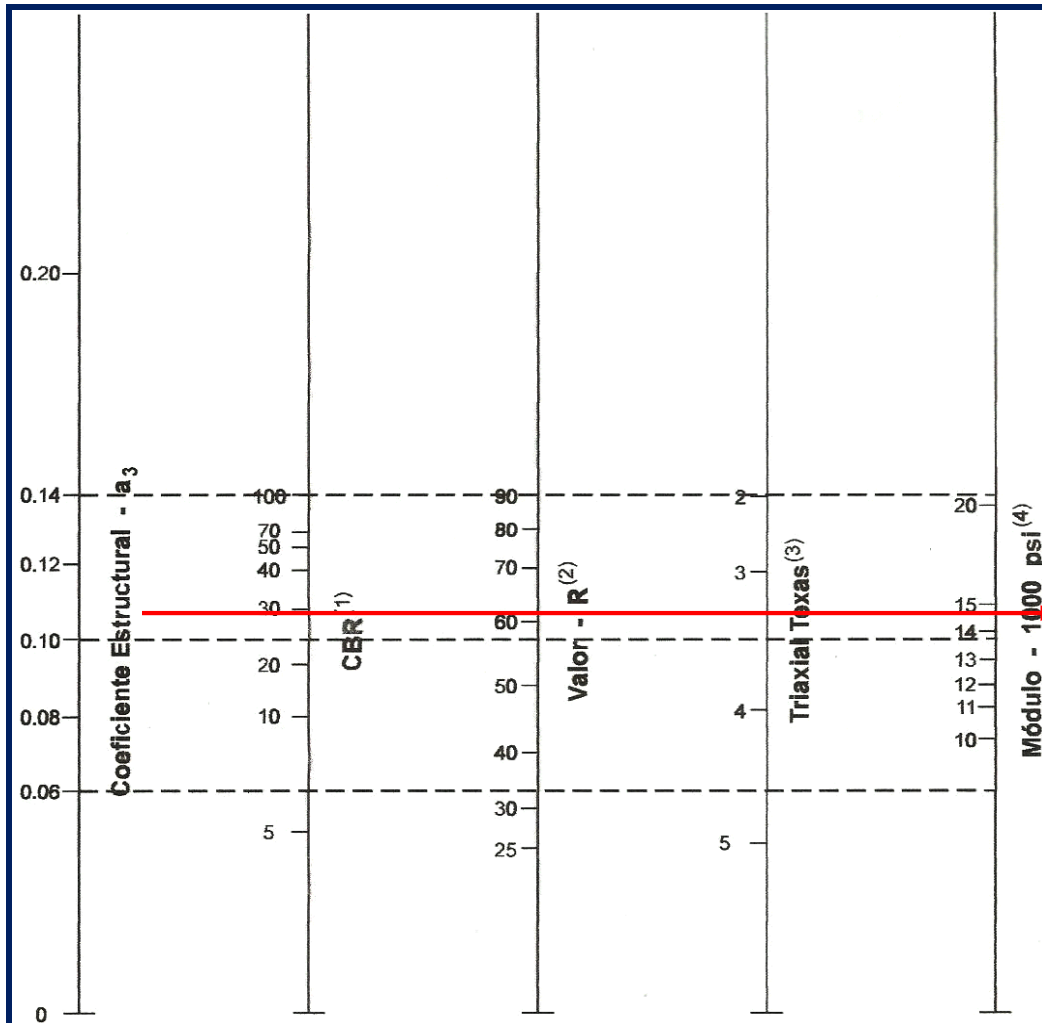
Para materiales de Subbases granulares con un CBR mínimo del 30% se emplea la figura 9 de la Guía de diseño AASHTO-93, Pág. 3-35 para determinar el MR.

# DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

MR= 14.800 PSI

COEFICIENTE ESTRUCTURAL -  $a_3 = 0.11$

Coeficiente estructura a partir del CBR de la subbase granular (Figura 9 AASTHO).



Fuente. Guía de diseño AASHTO - 93

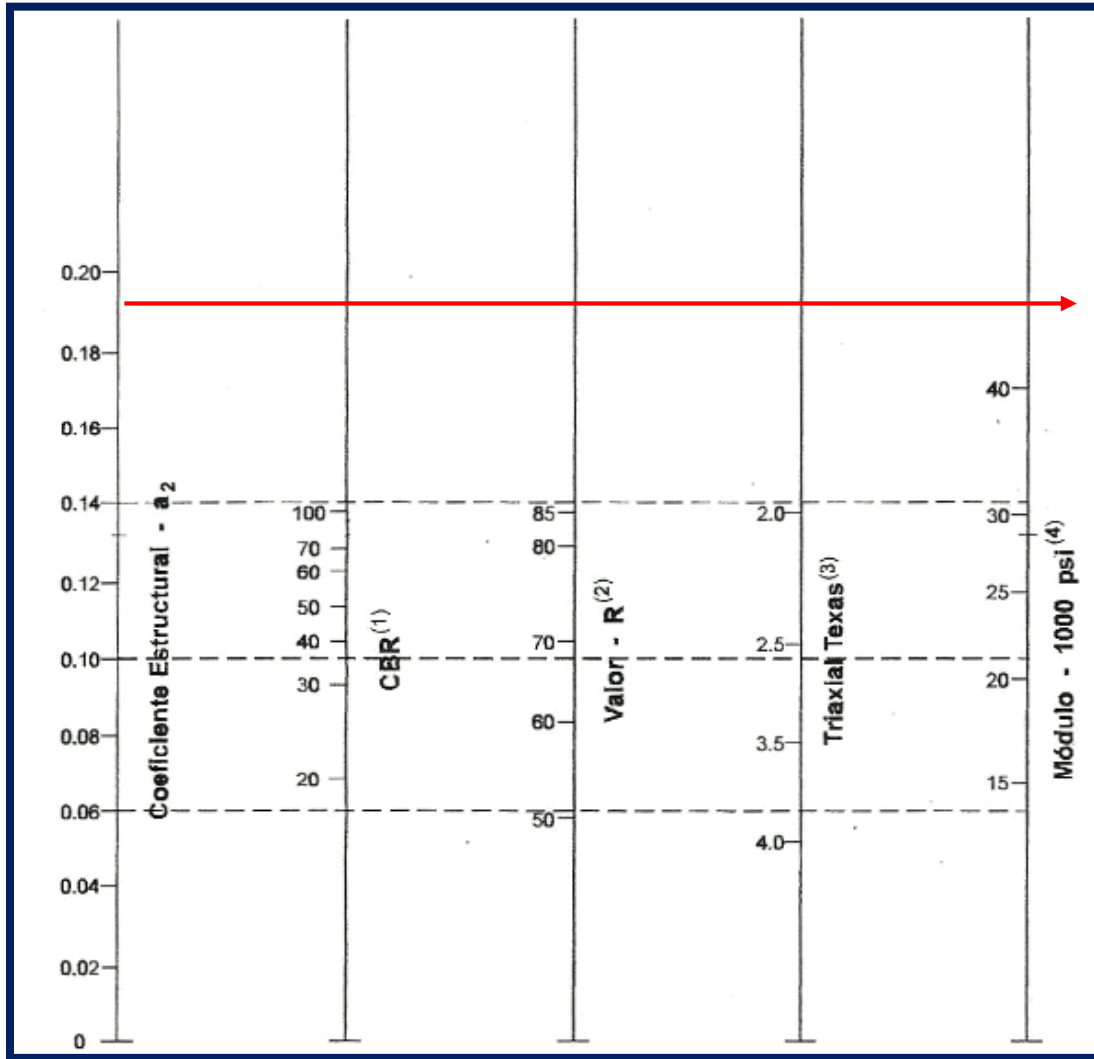
Para materiales de Bases granulares con un CBR mínimo del 80% se emplea la figura 8 de la Guía de diseño AASHTO-93, Pág. 3-34.

# DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

MR= 28.000 PSI

Coefficiente estructural – a<sub>2</sub>= 0.13

**IMAGEN 42 Coeficiente estructural a partir del CBR de la base granular (Figura 8 AASTHO).**

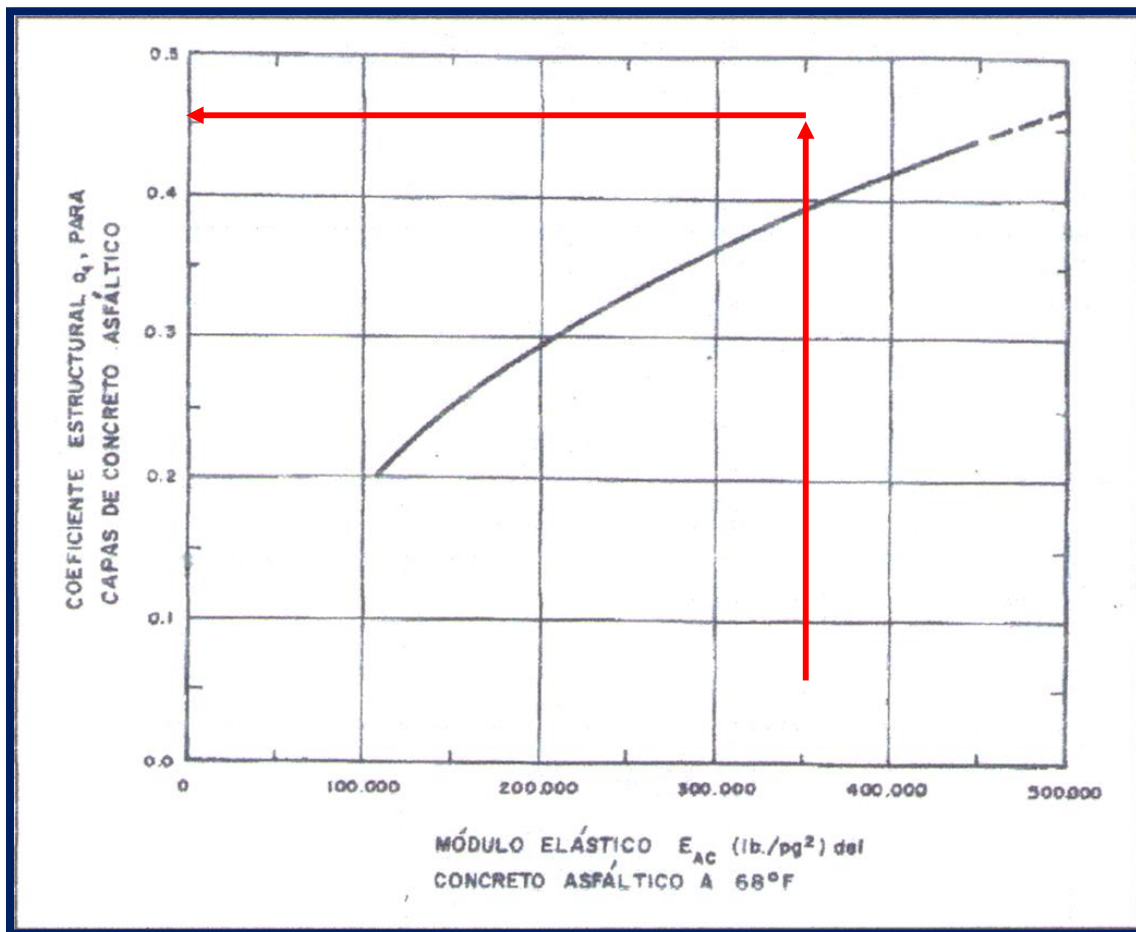


Fuente. Guía de diseño AASHTO - 93

## DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

Para mezclas asfálticas en caliente se emplea la figura 6 de la Guía de Diseño AASHTO-93, Pág. 3-34, la cual presenta un Módulo de elasticidad =350000 Psi. y un Coeficiente estructural  $a_1 = 0.39$

**IMAGEN 43** Coeficiente estructural a partir del módulo elástico del concreto asfáltico.



Fuente. Guía de diseño AASHTO – 93

# DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

## DIMENSIONAMIENTO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

### Datos de entrada.

Características de los materiales.

- Módulo de resiliencia de la carpeta asfáltica = 350.000 psi.
- Módulo de resiliencia de la Base Granular = 28.000 psi.
- Módulo de resiliencia de la Subbase Granular = 14.800 psi.

### Datos de tráfico y propiedades de la subrasante.

- Números de ejes equivalentes total (w18) = 1.705.719 E.E.
- Factor de confiabilidad (R) = 90.00%
- Desviación estándar normal ( $Z_R$ ) = -1.282
- Desviación estándar global ( $S_o$ ) = 0.45
- Módulo de resiliencia de la subrasante (MR psi) = 8.700
- Serviciabilidad inicial ( $P_i$ ) = 4.2
- Serviciabilidad Final ( $P_f$ ) = 2.0
- Período de Diseño. = 10

### Datos para estructuras del refuerzo – coeficientes estructurales y de Drenaje (a-m).

- Concreto asfáltico convencional ( $a_1$ ) = 0.39
- Base granular ( $a_2$ ) = 0.13

## DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

- Subbase granular ( $a_3$ ) = 0.11
- Base granular ( $m_2$ ) = 0.80
- Subbase granular ( $m_3$ ) = 0.80

A continuación se presenta los cálculos del número estructural o capacidad de la estructura para soportar las cargas bajo las condiciones (variables independientes) de diseño.

### IMAGEN 44 • SN Subrasante = 3.42

The image shows a screenshot of an Excel spreadsheet titled "Ecuación AASHTO 93". The interface is divided into several sections for inputting design parameters:

- Tipo de Pavimento:** Radio buttons for "Pavimento flexible" (selected) and "Pavimento rígido".
- Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So):** A dropdown menu set to "90 % Zr=-1.282" and a text box for "So" with the value ".45".
- Serviciabilidad inicial y final:** Text boxes for "PSI inicial" (4.2) and "PSI final" (2).
- Módulo resiliente de la subrasante:** A text box for "Mr" with the value "8700 psi".
- Información adicional para pavimentos rígidos:** Text boxes for "Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi)", "Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)", "Coeficiente de transmisión de carga - (J)", and "Coeficiente de drenaje - (Cd)".
- Tipo de Análisis:** Radio buttons for "Calcular SN" (selected) and "Calcular W18".
- Número Estructural:** A text box showing the result "SN = 3.42".
- Other values:** A text box for "W18" with the value "1705719".

At the bottom, there are "Calcular" and "Salir" buttons.

Fuente. Ecuación AASHTO Excel 93

# DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

**IMAGEN 45** □ **SN Base = 2.27**

**Ecuación AASHTO 93**

Tipo de Pavimento:  Pavimento flexible  Pavimento rígido

Confianza (R) y Desviación estándar (So): 90 % Zr=-1.282 So .45

Serviciabilidad inicial y final: PSI inicial 4.2 PSI final 2

Módulo resiliente de la subrasante: Mr 28000 psi

Información adicional para pavimentos rígidos:

Módulo de elasticidad del concreto - E<sub>c</sub> (psi)  Coeficiente de transmisión de carga - (J)

Módulo de rotura del concreto - S<sub>c</sub> (psi)  Coeficiente de drenaje - (C<sub>d</sub>)

Tipo de Análisis:  Calcular SN  Calcular W18

Número Estructural: SN = 2.27

W18 = 1705719

Calcular Salir

Fuente. Ecuación AASHTO Excel 93

**IMAGEN 46** SN Subbase= 2.87

**Ecuación AASHTO 93**

Tipo de Pavimento:  Pavimento flexible  Pavimento rígido

Confianza (R) y Desviación estándar (So): 90 % Zr=-1.282 So .45

Serviciabilidad inicial y final: PSI inicial 4.2 PSI final 2

Módulo resiliente de la subrasante: Mr 14800 psi

Información adicional para pavimentos rígidos:

Módulo de elasticidad del concreto - E<sub>c</sub> (psi)  Coeficiente de transmisión de carga - (J)

Módulo de rotura del concreto - S<sub>c</sub> (psi)  Coeficiente de drenaje - (C<sub>d</sub>)

Tipo de Análisis:  Calcular SN  Calcular W18

Número Estructural: SN = 2.87

W18 = 1705719

Calcular Salir

Fuente. Ecuación AASHTO Excel 93



## DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

Espesor carpeta asfáltica:

$$D_1 = \frac{SN_{CR}}{a_1} = \frac{2.27}{0.39} = 5.82''$$

Espesor de la Base Granular:

$$SN_{\text{Base}} = SN_2 - SN_1 = 2.87 - 2.27 = 0.60$$

$$D_2 = \frac{SN_{BG}}{a_2 m_2} = \frac{0.60}{0.13 \times 0.80} = 5.77''$$

Espesor de la Subbase Granular:

$$SN_{\text{Subbase}} = SN_3 - SN_2 = 3.42 - 2.87 = 0.55$$

$$D_3 = \frac{SN_{SBG}}{a_3 m_3} = \frac{0.55}{0.11 \times 0.80} = 6.25''$$

Según la AASHTO el dimensionamiento es:

Subbase granular SBG-1: CBR > 30%	=	15.9 cm
Base Granular BG-2: CBR > 80%	=	14.6 cm
Mezcla densa en caliente MDC-19	=	<u>14.8 cm</u>
Espesor total de la estructura	=	45.3 cm

## DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

### Optimización del pavimento obtenido

Este dimensionamiento se varía sin modificar el número estructural con valores mínimos para mezclas asfálticas y bases granulares que recomienda la guía de la AASHTO – 93 en su tabla XI pág. 3-46.

Tabla 18 - Espesores mínimos para capas de concreto asfáltico y base, en función del tráfico esperado (Tabla XI).

Cargas equivalentes (período diseño)	Espesor mínimo (cm)	
	Mezcla asfáltica (todas las capas)	Base y/o sub-base granular
<50.000	2.5(*)	10.0
50.000-150.000	5.0	10.0
150.000-500.000	6.25	10.0
500.000-2.000.000	7.5	15.0
2.000.000-7.000.000	8.75	15.0
>7.000.000	10.0	15.0

Fuente. AASHTO – 93.

El N calculado para el presente diseño es de 1.705.719 E.E. que corresponde al rango entre 500.000 y 2.000.000 E.E que sugiere una mezcla asfáltica de 7.5 cm como mínimo y una base granular mínima de 15 cm. Se estima un espesor de 7.5 cm de mezcla asfáltica y 20 cm de base granular.

## DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

Con estos valores y sin alterar el valor del número estructural calculado para la subrasante, calculamos el nuevo espesor del pavimento, así:

$$SN = a_1 D_1 + a_2 m_2 D_2 + a_3 m_3 D_3$$

$$3.42 = 0.39 * 3'' + 0.13 * 0.80 * 8'' + 0.11 * 0.80 D_3$$

Se despeja  $D_3$ .

$$D_3 = 16.1'' = 40 \text{ cm}$$

Estructura del pavimento flexible:

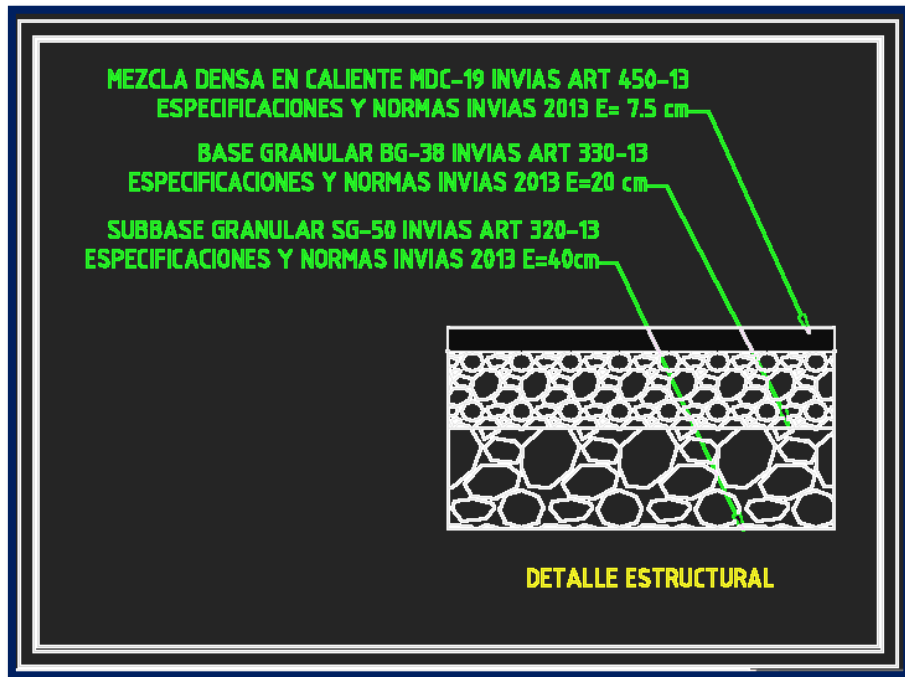
Subbase granular SBG-1: CBR > 30%	=	40 cm
-----------------------------------	---	-------

Base Granular BG-2: CBR > 80%	=	20 cm
-------------------------------	---	-------

Mezcla densa en caliente MDC-19	=	<u>7.5 cm</u>
---------------------------------	---	---------------

Espesor total de la estructura	=	67.5 cm
--------------------------------	---	---------

**IMAGEN 47 Esquema estructura pavimento flexible.**



Fuente: Autores

## CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

### Subbase granular.

La capa de subbase contribuye a la reducción de esfuerzos provocados por el tránsito, de modo que ellos lleguen en magnitud aceptable a la subrasante, la cual actúa como plataforma de construcción para las capas superiores, sirve como capa de transición entre la subrasante y la base, bajo ciertas circunstancias, puede actuar como capa drenante. Las exigencias en cuanto a su calidad son mayores en climas húmedos que en climas secos por las mayores posibilidades de su saturación.

## DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

Es deseable, además, que el CBR no sea menor de 30 a una densidad equivalente al 95 % de la máxima del ensayo modificado de compactación (Norma de Ensayo INV E - 142). En relación con la humedad de preparación y ensayo de las muestras de laboratorio para la determinación de la resistencia, ellas dependerán de las condiciones climáticas y de las posibilidades de ingreso de agua hasta la subbase proveniente de la parte superior, asumiendo que el pavimento dispondrá de los dispositivos de subdrenaje que requiera. En la tabla 7, se presenta las franjas granulométricas exigidas de acuerdo con la Norma Invias 2013.

Se recomienda utilizar una subbase granular 50, Clase C, que satisfaga los requisitos de calidad indicados en la especificaciones INVIAS ART 320-13, Tabla 320-2. Además, se deberá ajustar a la franja granulométrica que se muestran en la Tabla 320-3. A continuación se presenta los requisitos de calidad y las franjas granulométricas:

**IMAGEN 48 Requisitos de los agregados de Sub-Bases Granulares (Tabla 320-2).**

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	SUB-BASE GRANULAR		
		CLASE C	CLASE B	CLASE A
<b>Dureza (O)</b>				
Desgaste en la máquina de los Ángeles (Gradación A), máximo (%) - 500 revoluciones (%)	E-218	50	50	50
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%)	E-238	-	35	30
<b>Durabilidad (O)</b>				
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%) - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	E-220	12 18	12 18	12 18
<b>Limpieza (F)</b>				
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
<b>Resistencia del material (F)</b>				
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: Invias 2013

**IMAGEN 49 Franjas granulométricas del material de Sub-Base Granular (Tabla 320-3).**

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 ½"	1"	1/2"	3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200
% PASA									
SBG-50	100	70-95	60-90	45-75	40-70	25-55	15-40	6-25	2-15
SBG-38	-	100	75-95	55-85	45-75	30-60	20-45	8-30	2-15
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	0 %	7 %				6 %			3 %

Fuente: Invias 2013

## DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

### **Base granular.**

Dados los mayores niveles de exigencia a que estará sometida esta capa, sus materiales deberán ser de mejor calidad. Los materiales triturados de alta calidad son los más recomendables, aunque también se permite el empleo de materiales naturales cuya fracción gruesa tenga al menos 40 % de partículas con caras angulares o irregulares. El mejor comportamiento se obtiene cuando el material elaborado presenta índices de aplanamiento y alargamiento inferiores al 35%, desgaste menor de 40%, equivalente de arena superior al 30%, índice plástico inferior a 6%, producto plástico (% pasa # 200 \* Índice plástico) no superior a 60% y CBR no menor del 80 al 100% .

La granulometría del material, de la cual se muestran las franjas recomendadas por las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del INVIAS debe ser sensiblemente paralela a los límites de la franja escogida, para asegurar la máxima estabilidad mecánica, y deberá permitir el cumplimiento de valor del producto plástico indicado atrás. Además, es conveniente que el control de la granulometría se realice también luego de compactada la capa, por cuanto la estabilidad puede verse afectada por la rotura de partículas durante la compactación y el servicio.

Se recomienda utilizar una Base Granular BG-27, Clase B, que satisfaga los requisitos de calidad indicados en las especificaciones INVIAS ART 330-13, Tabla 330-2. Además, se deberá ajustar a la franja granulométrica que se muestran en la Tabla 330-3. A continuación se presenta los requisitos de calidad y las franjas granulométricas:

DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

**IMAGEN 50** Requisitos de calidad para los agregados “bases granulares” (Tabla 330-2).

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	BASE GRANULAR		
		CLASE C	CLASE B	CLASE A
<b>Dureza (O)</b>				
Desgaste en la máquina de los Ángeles (Gradación A), máximo (%) - 500 revoluciones - 100 revoluciones	E-218	40 8	40 8	35 7
Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%)	E-238	-	30	25
Evaluación de la resistencia mecánica por el método del 10 % de finos - Valor en seco, mínimo (kN) - Relación húmedo/seco, mínimo (%)	E-224	- -	70 75	90 75
<b>Durabilidad (O)</b>				
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%) - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	E-220	12 18	12 18	12 18
<b>Limpieza (F)</b>				
Límite líquido, máximo (%)	E-125	25	-	-
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-125 y E-126	3	0	0
Equivalente de arena, mínimo (%)	E-133	30	30	30
Valor de azul de metileno, máximo (Nota 1)	E-235	10	10	10
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznable, máximo (%)	E-211	2	2	2
<b>Geometría de las Partículas (F)</b>				
Índices de alargamiento y aplanamiento, máximo (%)	E-230	35	35	35
Caras fracturadas, mínimo (%) - Una cara - Dos caras	E-227	50 -	70 50	100 70
Angularidad de la fracción fina, mínimo (%)	E-239	-	35	35
<b>Resistencia del material (F)</b>				
CBR (%): porcentaje asociado al grado de compactación mínimo especificado (numeral 330.5.2.2.2); el CBR se medirá sobre muestras sometidas previamente a cuatro días de inmersión.	E-148	≥ 80	≥ 80	≥ 95

Fuente: Invias 2013



DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

**IMAGEN 51 Franjas granulométricas del material de base granular (Tabla 330-3).**

TIPO DE GRADACIÓN	TAMIZ (mm / U.S. Standard)							
	37.5	25.0	19.0	9.5	4.75	2.00	0.425	0.075
	1 ½"	1"	¾"	3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200
% PASA								
<b>BASES GRANULARES DE GRADACIÓN GRUESA</b>								
BG-40	100	75-100	65-90	45-68	30-50	15-32	7-20	0-9
BG-27	-	100	75-100	52-78	35-59	20-40	8-22	0-9
<b>BASES GRANULARES DE GRADACIÓN FINA</b>								
BG-38	100	70-100	60-90	45-75	30-60	20-45	10-30	5-15
BG-25	-	100	70-100	50-80	35-65	20-45	10-30	5-15
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	0 %	7 %			6 %			3 %

Fuente: Invias 2013

## 10. RESULTADOS

### 10.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

Después de haber recolectado la información anterior, y haber seguido los métodos y normativas para este proyecto se logra evidenciar que la comunidad implicada y afectada directamente al proyecto no controla ningún mantenimiento correctivo ni preventivo a la vía lo cual genera inconsistencias al momento de realizar tráfico normalizado.

### 10.2 CARACTERIZACIÓN SUB-RASANTE

Se realizaron en total 3 apiques lo cuales fueron necesarios para poder obtener muestras del material existente en la vía para dar inicio a los estudios de suelos y así poder determinar la estructura de un pavimento rígido y flexible en la misma zona.

Tabla 19. localización de apiques (abscisas)

# APIQUE	ABSCISA	MARGEN	COTA TERRENO	COTA EXCAVACION	PROFUNDIDAD
1	K0+150	DERECHO	321.750	320.25	1.50
2	K0+350	HIZQUIERDO	335.00	333.50	1.50
3	K0+550	DERECHO	341.00	339.50	1.50

Fuente: Autores

### 10.3 ENSAYOS DE LABORATORIO

La extracción de muestras realizadas por medio de los apiques desarrollados en el proyecto dieron facilidad para dar resultados que ayudan a dar análisis y determinación a diseño de

## DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

estructuras de pavimento requeridas, todo esto bajo la normatividad (INVIAS) Ver completo Anexo A

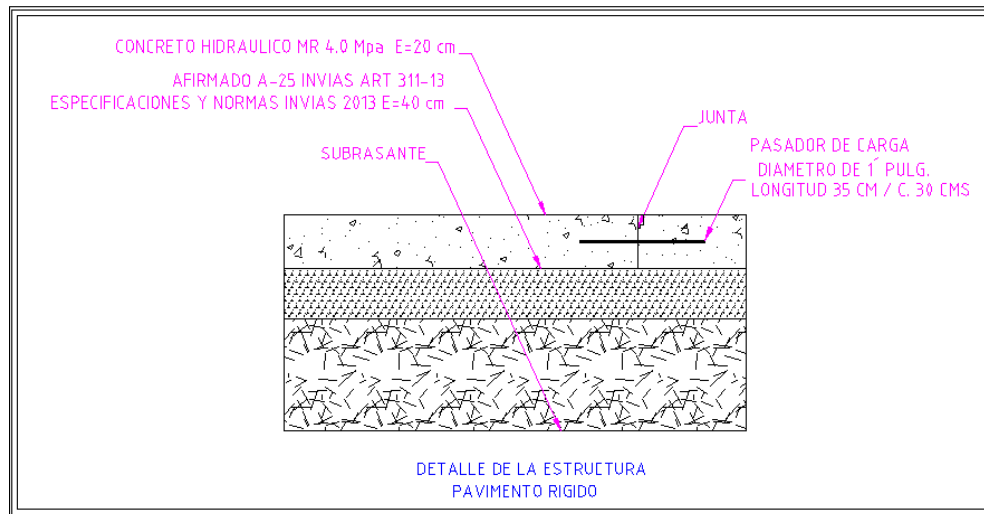
### 10.4 CALCULO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RIGIDO

Para el diseño de la estructura del pavimento rígido se utilizó el MÉTODO DE LA PORTLAND CEMENT ASSOCIATION (PCA).

Se emplean los siguientes factores de diseño:

- Tipos de juntas y bermas
- Resistencia a la flexión del concreto a 28 días (Módulo de Rotura, MR).
- Valor K de la Subrasante o del conjunto Subrasante – Subbase.
- Factor de seguridad de carga por eje.
- Numero esperado de repeticiones de las diversas cargas por eje en el carril de diseño y durante el periodo de diseño.
- Determinación del consumo de fatiga para control del agrietamiento y determinación del consumo de erosión para controlar la erosión de la fundación, el bombeo y el desnivel entre losas.
- Determinación del espesor de la losa de concreto.

**IMAGEN 52 Estructura de pavimento rígido resultante**



Fuente: Autores

**10.5 CALCULO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE**

Método AASHTO 1993. El diseño busca determinar un “Número Estructural SN” para el pavimento flexible que pueda soportar el nivel de carga esperado.

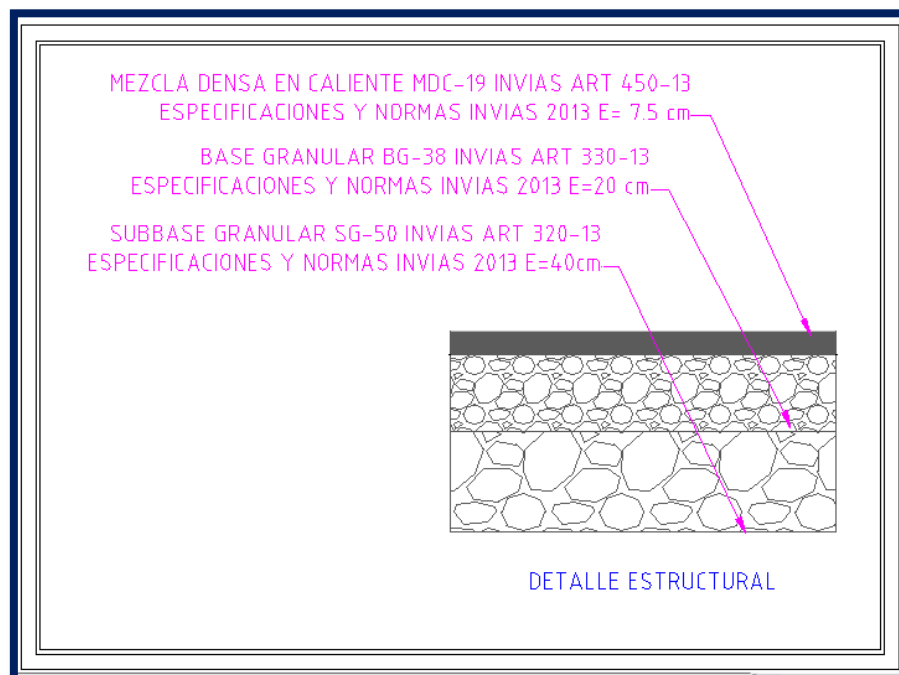
Se emplea la siguiente metodología:

- Selección del período de diseño estructural.
- Estimación del tránsito de diseño.
- Determinación de las características ambientales de los materiales relacionados con la calidad drenante.
- Determinación de la capacidad portante del suelo de subrasante a través del ensayo de CBR.
- Determinación de la capacidad portante equivalente del suelo mejorado.
- Determinación del nivel de confiabilidad

## DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

- Determinación de la desviación estándar del sistema
- Determinación del grado de confiabilidad
- Determinación de la pérdida de Serviciabilidad.
- Determinación de los módulos resilientes y valores del coeficiente estructural de los materiales.
- Dimensionamiento de la estructura del pavimento flexible.
- Optimización de las dimensiones del pavimento obtenido.

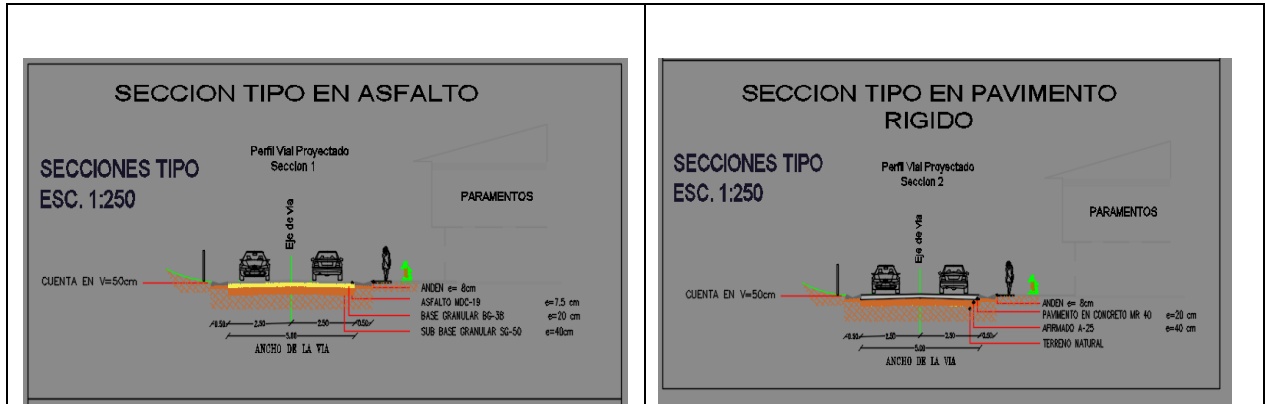
### **IMAGEN 53 Esquema estructura pavimento flexible resultante.**



Fuente: Autores

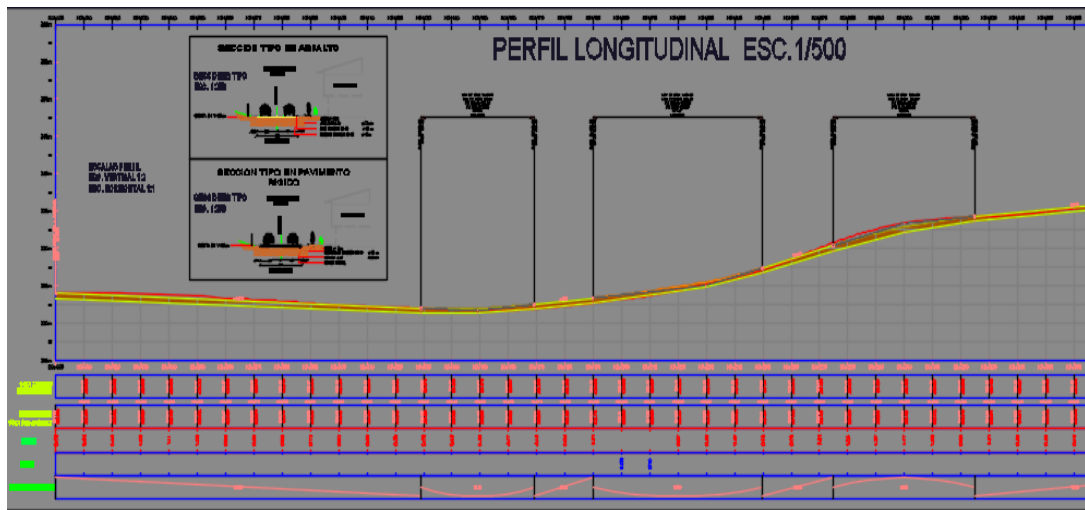


IMAGEN 55 Secciones típicas optimizadas propuestas



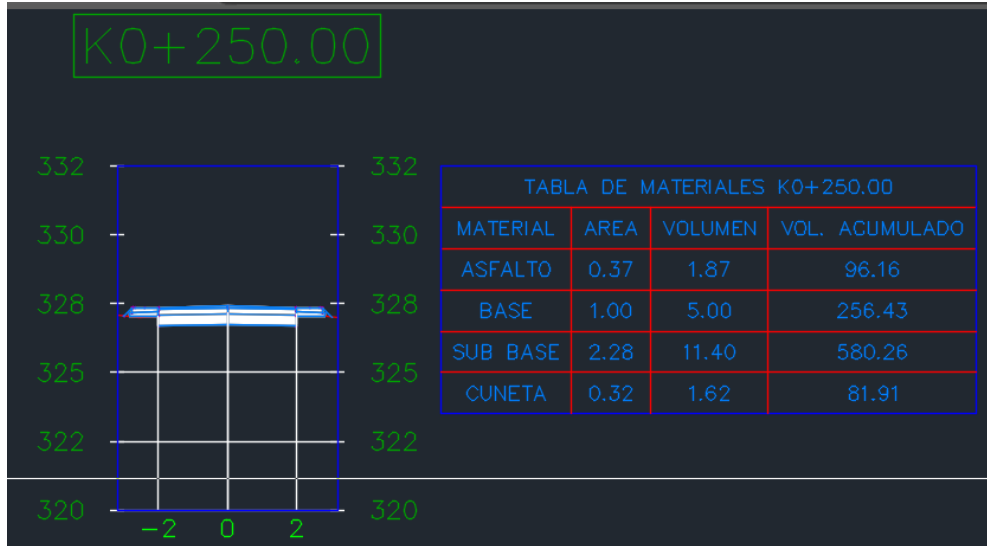
Fuente: Autores

IMAGEN 56 Perfil longitudinal optimizado



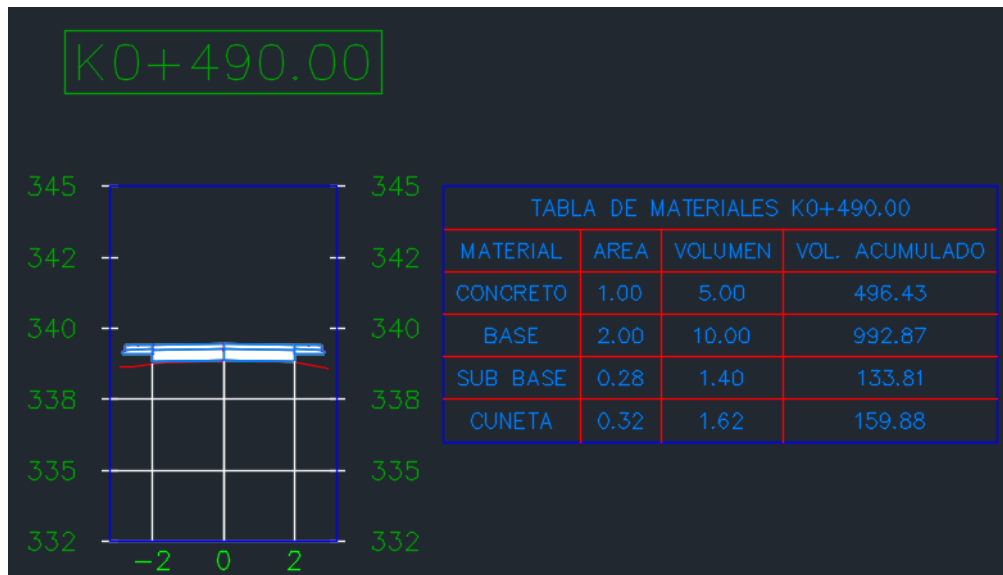
Fuente: Autores

**IMAGEN 57 Sección transversal pavimento flexible**



Fuente: Autores

**IMAGEN 58 Sección transversal pavimento flexible**



Fuente: Autores



### **10.7 COSTO DE MATERIAL**

Se realizó un presupuesto de material en base a cantidades arrojadas por medio de las dos propuestas de pavimentos el cual se puede ver en el Anexo D

**11. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

A continuación se presenta un resumen de los valores obtenidos en campo en las calicatas realizadas.

**IMAGEN 59 Resumen de los resultados de los ensayos de laboratorio.**

CALICATA	MUESTRA	PROF. INICIAL	PROF. FINAL	% Pasa	LL, %	LP, %	IP, %	ω, %	IC	IG	Grs./cm3	CBR 1"	AASHTO	S.U.C.S
No. 1	2	0,60	1,50	84,2	30,7	19,9	10,8	11,0	1,8	8,1	1,854	1,7	A-6	CL
No. 2	2	0,60	1,50	75,7	26,5	17,3	9,2	10,4	1,7	4,9	1,861	1,9	A-4	CL
No. 3	2	0,60	1,50	78,2	27,3	21,2	6,1	11,8	2,5	3,4	1,866	2,0	A-4	ML-CL
Convenciones														
P.I - P.F	Profundidad Inicial y Final			ω	Humedad natural				AASHTO Clasificación Sistema AASHTO					
%	Pasa Tamiz N°200			IC	Indice de consistencia				SUCS Clasificación Sistema Unificado					
LL:	Limite líquido			IG	Indice de Grupo									
LP	Limite plástico			Grs./cm3	Densidad suelo seco									
IP	Indice de plasticidad													

Fuente: Autores

El tipo de suelo encontrado se clasifica como arcilla de baja compresibilidad, de plasticidad media, de color café oscuro, condición del suelo húmedo pero sin agua visible, de consistencia muy dura, de cementación fuerte, de estructura homogénea, de resistencia en seco muy alta, de dilatancia nula y de tenacidad mediana.

No se detectó en las calicatas hasta la profundidades exploradas nivel de agua freática, pero los suelos estudiados se encuentran con humedades comprendidas entre el 10.0% al 12%, razón por la cual, hay que tener en cuenta que la presencia de agua puede disminuir la resistencia de los tipos de suelos encontrados, por consiguiente es un factor fundamental de control.

## DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

Teniendo en cuenta lo anterior se deduce que al diseñar 2 tipos de estructuras de pavimentos totalmente diferentes sobre el mismo proyecto podemos afirmar que el pavimento flexible es más económico en materiales por un 22% respecto al pavimento rígido y que es más opcional para aplicar por su fácil mantenimiento y aplicación.

## 12. CONCLUSIONES

- Realizada la inspección visual, se logra obtener información que nos afirma que la vía se encuentra con una estructura compuesta por afirmado, que con el tiempo y el transcurso del flujo vehicular ha ido mostrando sus partículas finas las cuales se vuelven polvo con cada vehículo que pasa afectando así la comunidad que allí vive diariamente ya que las velocidades no tienen control por falta de reductores de velocidad y una buena señalización, y también aspectos como el manejo de aguas lluvias que los mismo usuarios tratan de canalizar con zanjas al borde de la vía costado derecho como se puede evidenciar con más frecuencia en el K0+060 al K0+170
- Con la información obtenida por medio del levantamiento topográfico inicial se evidencia que la vía no cuenta con geometría regular ya que sus anchos de vía varían considerablemente llegando a ser en su parte más angosta de 3.50 m y en su parte más ancha de 5.85 m, esto implica inseguridad en la vía, también fue considerado la carencia de bombeos, peraltes, ángulos de giro, y pendientes muy pronunciadas, por lo cual fue planteado la optimización de la vía geoméricamente ajustándonos a lo existente.
- Analizando y de acuerdo a los estudios de suelos se deduce que el tipo de suelo encontrado es arcilloso, con humedades de 10% y 12% pero no cuenta con presencia de nivel freático, arrojando un CBR promedio del 1.79% por lo tanto se plantea hacer un mejoramiento de la sub-rasante teniendo en cuenta las 2 estructuras resultantes propuestas en este proyecto.

## DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

- Por el dimensionamiento arrojado en la estructura de las dos alternativas de pavimento, concluimos que la mas adecuada para aplicar en este proyecto teniendo en cuenta el aspecto socio económico del sector es el pavimento flexible ya que su costo es un 22% más bajo en materiales, y es más fácil su mantenimiento.
- Fue necesario plantear la optimización geométrica de la vía con el fin de garantizar seguridad de los conductores y peatones, agilizar el tránsito con alternativas de sobre anchos en curvas y homogeneidad en los carriles a lo largo de la vía.
- Se concluye que es necesario tener prioridad con este tipo de proyectos ya que la ciudad de Girardot se encuentra en proceso de expansión urbana y actualmente la mayoría de los predios aledaños a la vía están siendo vendidos con el fin de proyectar urbanizaciones, y centros turísticos.

## 13. RECOMENDACIONES

- Para dar un buen manejo de aguas lluvias en la vía, se sugiere la construcción de cunetas tipo V con un ancho de 0.50 m mínimo en concreto tanto en el costado derecho como en el izquierdo sobre todo el tramo del corredor vial y así evitar encharcamientos, y socavación del material a instalar en la estructura del pavimento.
- Se sugiere utilizar Subbase granular con un CBR mínimo del 30% y Base granular con un CBR mínimo del 80%.
- La Subbase y Base granular en todo caso deberán cumplir los requisitos de calidad contemplados en el Artículo 300 de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del INVIAS - 13.
- Se propone retirar en su totalidad el material existente en el vía a intervenir.
- Al realizar el levantamiento topográfico se deduce que la vía no cuenta con un ancho de vía establecido por lo que sugiere en la optimización de la vía un ancho de 5 m sobre todo el tramo vial que se comprende desde la abscisa K0+000 hasta la K0+702.83., dar un sobre ancho al costado derecho de 1 m para optimizar la curva que se localiza entre las abscisas K0+093.10 hasta la K0+140, adicional a esto agregar una señalización vial ya que no se cuenta con esta la cual debe ser cumplida con el código de señalización del INVIAS 2015.
- Se recomienda proyectar una línea de rasante como la propuesta en la optimización, conservando lo más cerca posible a la existente ya que en la mayoría del tramo existen entradas, paramentos y cercos que se encuentran a nivel de la vía.



## 14. BIBLIOGRAFÍA

- INVIAS. (26 de JUNIO de 2015). Obtenido de <https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-ydocumentos/documentos-tecnicos/3807-manual-de-diseno-de-pavimentos-de-concretopara-vias-con-bajos-medios-y-altos-volumenes-de-transito/file>
- SABOGAL , F. S. Obtenido de Modulo 12 diseño de pavimentos asfálticos para calles y carreteras [http://copernico.escuelaing.edu.co/vias/pagina\\_via/modulos/MODULO%2012.pdf](http://copernico.escuelaing.edu.co/vias/pagina_via/modulos/MODULO%2012.pdf)
- Sabogal, F. S. (12 de 23 de 2016). SlideShare. Obtenido de <https://es.slideshare.net/castilloaroni/mdulo-6-evaluacin-de-la-sub-rasante-fernandosnchez-sabogal>
- INVIAS. (26 de JUNIO de 2015) Obtenido de <https://www.invias.gov.co/index.php/documentos-tecnicos> (manual de diseño de pavimentos asfálticos para vías con bajos volúmenes de tránsito.
- Escobar. (5 de abril de 2010). [blogspot.com](http://viveelpatrimonioenlamesacund.blogspot.com/2010/04/ubicacion.html). Obtenido de <http://viveelpatrimonioenlamesacund.blogspot.com/2010/04/ubicacion.html>



15. ANEXOS

ANEXO 1A. ENSAYOS DE LABORATORIO

- APIQUE N°1, CON PROFUNDIDAD 0,00 A 1,50.

DESCRIPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE SUELOS (PROCEDIMIENTO VISUAL Y MANUAL) INV E – 102 – 13							
PROFUNDIDAD (m)	CONVENCIÓN M.O.P.T.	SISTEMA DE CLASIFICACIÓN S.U.C.S	SISTEMA DE CLASIFICACIÓN AASHTO	CLASIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	CBR %	TIPO DE MUESTRA	HUMEDAD EN %
0,00	0,00 0,60	SM	A-4	ARENA LISMOA, MATERIAL DE MEJORAMIENTO (RECEBO)			4,3%
0,60							CL
1,50							

Fuente: Autores

- Profundidad: 0,00 a 0,60 M

# DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

CLASIFICACIÓN SUELOS (AASHTO Y SUCS)				
<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS GRUESO Y FINO INV E – 213 – 13</b>				
RETENIDO No 10		PASA No 10		
PESO INICIAL =	1913,6	INICIAL	1913,6	
PESO FINAL =	1022,0	FINAL	358,0	
<b>TAMIZ</b>		<b>PESO. RETENIDO INDIVIDUAL</b>	<b>% RETENIDO INDIVIDUAL</b>	<b>% QUE PASA</b>
Pulg	mm			
3"	76,20	0,0	0,0	100,0
2-1/2"	63,50	0,0	0,0	100,0
2"	50,80	0,0	0,0	100,0
1-1/2"	38,10	0,0	0,0	100,0
1"	25,40	23,7	1,2	98,8
3/4"	19,05	38,8	2,0	96,7
1/2"	12,70	69,8	3,6	93,1
3/8"	9,52	54,7	2,9	90,2
N°4	4,76	270,9	14,2	76,1
N°10	2,00	206,1	10,8	65,3
N°40	0,430	233,1	12,2	53,1
N°60	0,250	59,7	3,1	50,0
N°80	0,180	30,4	1,6	48,4
N°100	0,150	11,0	0,6	47,8
No 200	0,074	23,8	1,2	46,6
<b>F</b>	891,6			
<b>SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS PARA PROPÓSITOS DE INGENIERÍA INV E – 181 – 13</b>				
LÍMITE LIQUIDO	NL	AASHTO		
LÍMITE PLASTICO	NP	A-4		
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	NP	S.U.C.S		
ÍNDICE DE GRUPO	0	SM		
<b>OBSERVACIONES:</b>				
Humedad natural:	4,3			
GRAVAS:	%	23,9		
ARENAS:	%	29,5		
FINOS:	%	46,6		
<b>DETERMINACIÓN EN EL LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO, ROCA Y MEZCLAS DE SUELO -AGREGADO INV E – 122 – 13</b>				
TARA N°	1			
PESO DEL SUELO + TARA HUMEDO (gr)	218,3			
PESO DEL SUELO + SECO (gr)	211,3			
PESO DE TARA	49,3			
% DE HUMEDAD	4,3			
<b>DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS INV E – 125 – 13</b>				
<b>ENSAYO N°</b>	1	2	3	
TARA N°				
N° DE GOLPES				
PESO SUELO+TARA HUMEDO	<b>NL</b>			
PESO SUELO+TARA SECO				
PESO TARA				
% DE HUMEDAD				
<b>LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS INV E – 126 – 13</b>				
<b>ENSAYO N°</b>	1	2	3	
TARA N°				
PESO SUELO+TARA HUMEDO	<b>NP</b>			
PESO SUELO+TARA SECO				
PESO TARA				
% DE HUMEDAD				

Fuente: Autores

- Profundidad: 0,60 a 1,50 M

# DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

CLASIFICACIÓN SUELOS (AASHTO Y SUCS)				
<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS GRUESO Y FINO INV E – 213 – 13</b>				
RETENIDO No 10		PASA No 10		
PESO INICIAL =	1780,7	INICIAL	1780,7	
PESO FINAL =	281,0	FINAL	212,3	
TAMIZ		PESO. RETENIDO INDIVIDUAL	% RETENIDO INDIVIDUAL	% QUE PASA
Pulg	mm			
3"	76,20	0,0	0,0	100,0
2-1/2"	63,50	0,0	0,0	100,0
2"	50,80	0,0	0,0	100,0
1-1/2"	38,10	0,0	0,0	100,0
1"	25,40	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,05	0,0	0,0	100,0
1/2"	12,70	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,52	4,6	0,3	99,7
Nº4	4,76	35,7	2,0	97,7
Nº10	2,00	28,4	1,6	96,1
Nº40	0,430	127,1	7,1	89,0
Nº60	0,250	35,7	2,0	87,0
Nº80	0,180	18,6	1,0	86,0
Nº100	0,150	5,1	0,3	85,7
No 200	0,074	25,8	1,4	84,2
<b>F</b>	<b>1499,7</b>			
<b>SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS PARA PROPÓSITOS DE INGENIERÍA INV E – 181 – 13</b>				
LÍMITE LIQUIDO	<b>31</b>	<b>AASHTO</b>		
LÍMITE PLASTICO	<b>20</b>	<b>A-6</b>		
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	<b>11</b>	<b>S.U.C.S</b>		
ÍNDICE DE GRUPO	<b>8</b>	<b>CL</b>		
<b>OBSERVACIONES:</b>				
Humedad natural:	<b>11,0</b>			
GRAVAS:	%	2,3		
ARENAS:	%	13,5		
FINOS:	%	84,2		
<b>DETERMINACIÓN EN EL LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO, ROCA Y MEZCLAS DE SUELO -AGREGADO INV E – 122 – 13</b>				
TARA Nº	2			
PESO DEL SUELO + TARA HUMEDO (gr)	379,8			
PESO DEL SUELO + SECO (gr)	347,7			
PESO DE TARA	54,9			
% DE HUMEDAD	11,0			
<b>DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS INV E – 125 – 13</b>				
<b>ENSAYO Nº</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	
TARA Nº	1	2	3	
Nº DE GOLPES	30	24	18	
PESO SUELO+TARA HUMEDO	29,9	27,9	30,0	
PESO SUELO+TARA SECO	25,8	23,7	24,6	
PESO TARA	11,7	10,2	8,6	
% DE HUMEDAD	29,1	31,1	33,8	
<b>LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS INV E – 126 – 13</b>				
<b>ENSAYO Nº</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	
TARA Nº	4	5		
PESO SUELO+TARA HUMEDO	24,0	29,2		
PESO SUELO+TARA SECO	20,8	25,7		
PESO TARA	4,7	8,1		
% DE HUMEDAD	19,9	19,9		
<b>LÍMITE LIQUIDO</b>				
<b>DETERMINACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTICULAS DE LOS SUELOS INV E - 213-13</b>				

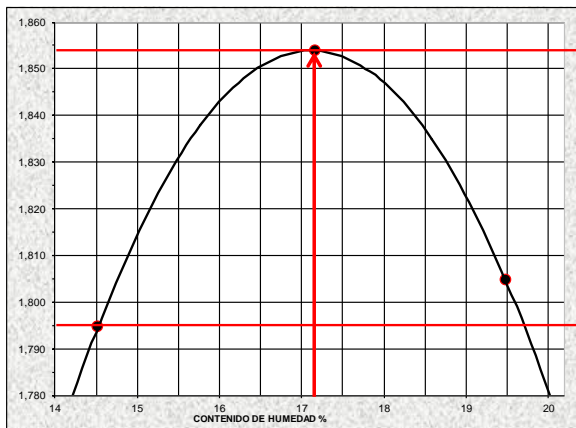
Fuente: Autores

- Profundidad: 0,60 a 1,50 M

# DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

## RELACIONES HUMEDAD – PESO UNITARIO SECO EN LOS SUELOS (ENSAYO MODIFICADO DE COMPACTACIÓN) INV E – 142 – 13

ENSAYO		UND	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>DENSIDAD</b>										
No. de Capas:			5	5	5					
Golpes por Capa:			56	56	56					
Molde No.			1	1	1					
Humedad deseada										
Peso molde + suelo compactado	Gr.		6.621	6.858	6.826					
Peso del molde	Gr.		2.463	2.463	2.463					
Peso del suelo compactado	Gr.		4.158	4.395	4.363					
Volumen del molde	Cm3		2.032	2.032	2.032					
Densidad suelo húmedo	Gr./cm3		2,046	2,163	2,147					
Contenido de humedad	%		14,0	16,7	19,0					
Densidad suelo seco	Gr./cm3		1,795	1,854	1,805					
Densidad suelo seco	Lbs./pie3		112,0	115,7	112,6					
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>										
Peso recipiente + suelo húmedo	Gr.		289,3	269,0	239,6					
Peso recipiente + suelo seco	Gr.		260,4	238,5	212,0					
Peso del recipiente	Gr.		54,3	55,5	66,6					
Peso del suelo seco	Gr.		206,1	183,0	145,4					
Peso del agua evaporada	Gr.		28,9	30,5	27,6					
Contenido de humedad	%		14,0	16,7	19,0					
Contenido de humedad Natural	%		11,0	11,0	11,0					



C.B.R. AL 100% DE COMPACTACION      1,7 %  
C.B.R. AL 95% DE COMPACTACION      1,3 %



1,854 Grs./cm3  
1,761 Grs./cm3

Fuente: Autores

- Profundidad: 0,60 a 1,50 M

# DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

## CBR DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO Y SOBRE MUESTRA INALTERADA (PUNTOS PARA C.B.R) INV E – 148 – 13

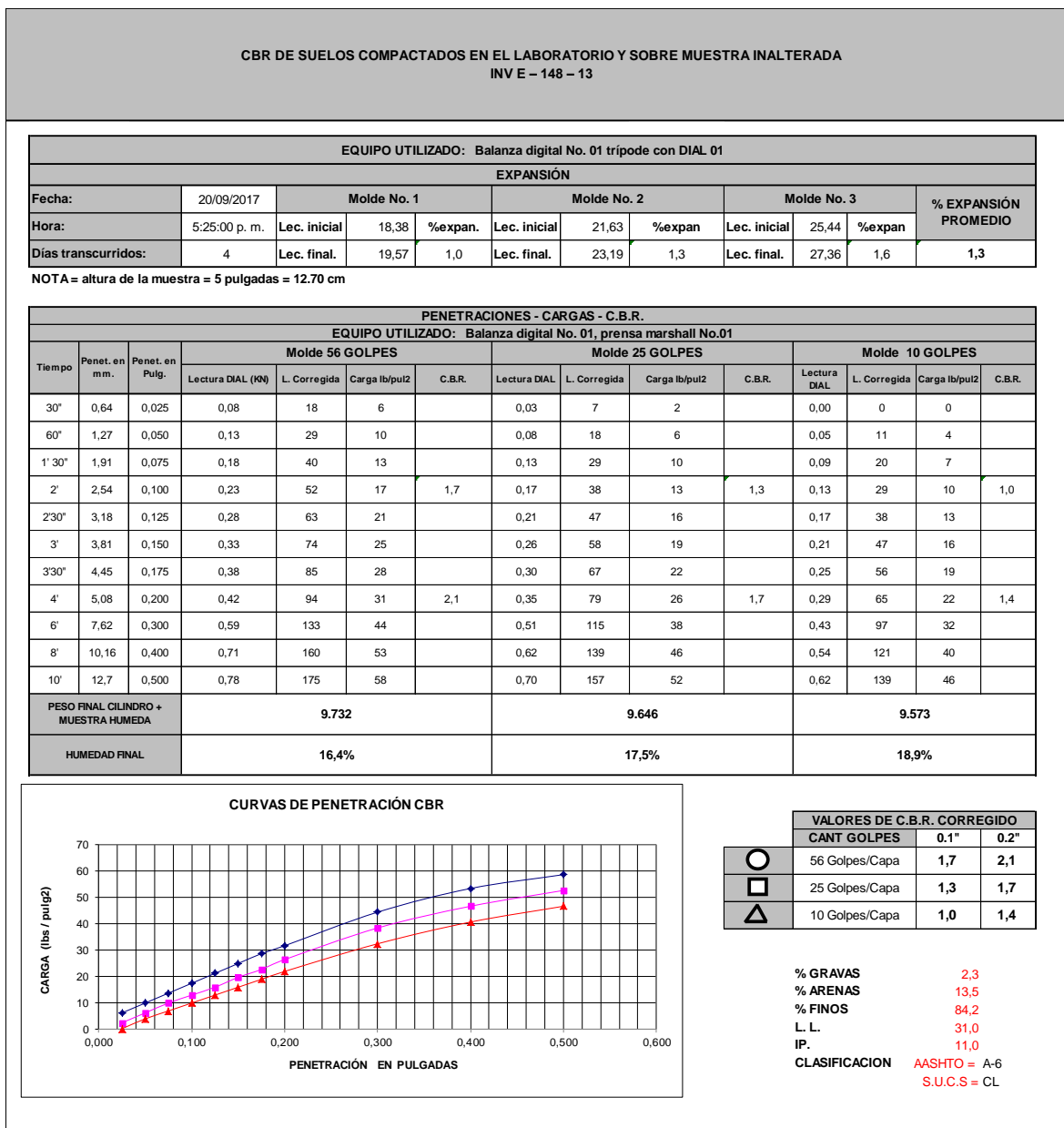
ENSAYO	UND	1	2	3	4	5
<b>DENSIDAD</b>						
No. de Capas:		5	5	5		
Golpes por Capa:		56	25	10		
Molde No.		1	2	3		
Peso molde + suelo compactado	Grs.	9.545	9.435	9.332		
Peso del molde	Grs.	4.592	4.638	4.641		
Peso del suelo compactado	Grs.	4.953	4.797	4.691		
Volumen suelo compactado	Cm3	2.280	2.280	2.280		
Densidad suelo húmedo	Grs./cm3	2,172	2,104	2,057		
Contenido de humedad	%	17,2	17,2	17,2		
Densidad suelo seco	Grs./cm3	1,854	1,795	1,756		
Densidad suelo seco	Lbs./pie3	115,7	112,0	109,5		
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
Peso recipiente + suelo húmedo	Grs.	239,4	241,6	306,4		
Peso recipiente + suelo seco	Grs.	213,0	214,2	269,3		
Peso del recipiente	Grs.	59,4	55,1	53,6		
Peso del suelo seco	Grs.	153,6	159,1	215,7		
Peso del agua evaporada	Grs.	26,4	27,4	37,1		
Contenido de humedad	%	17,2	17,2	17,2		

RESULTADOS OBTENIDOS	
HUMEDAD ÓPTIMA %	17,2
DENSIDAD MÁXIMA LBS/PIE <sup>3</sup>	115,7

Fuente: Autores

- Profundidad: 0,60 a 1,50

# DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS



Fuente: Autores

- Profundidad: 0,60 a 1,50 M

# DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

## APIQUE N°2, CON PROFUNDIDAD 0,00 A 1,50.

DESCRIPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE SUELOS (PROCEDIMIENTO VISUAL Y MANUAL) INV E – 102 – 13							
PROFUNDIDAD (m)	CONVENCIÓN M.O.P.T.	SISTEMA DE CLASIFICACIÓN S.U.C.S	SISTEMA DE CLASIFICACIÓN AASHTO	CLASIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	CBR %	TIPO DE MUESTRA	HUMEDAD EN %
0,00		ML	A-4	LIMO EN GENERAL DE BAJA COMPRESIBILIDAD, DE COLOR HABANO CON OXIDACIONES DE COLORES ROJAS, AMARILLAS Y CAFÉ, PARTICULAS SUB-ANGULOSAS MENORES A 2" MATERIAL DE MEJORAMIENTO (RECEBO).			10,9%
0,60				CL			A-4
1,50							

Fuente: Autores

- Profundidad: 0,00 a 0,60 M

# DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

CLASIFICACIÓN SUELOS (AASHTO Y SUCS)				
<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS GRUESO Y FINO INV E – 213 – 13</b>				
RETENIDO No 10		PASA No 10		
PESO INICIAL =	1783,0	INICIAL	1783,0	
PESO FINAL =	662,0	FINAL	612,4	
<b>TAMIZ</b>		<b>PESO. RETENIDO INDIVIDUAL</b>	<b>% RETENIDO INDIVIDUAL</b>	<b>% QUE PASA</b>
Pulg	mm			
3"	76,20	0,0	0,0	100,0
2-1/2"	63,50	0,0	0,0	100,0
2"	50,80	0,0	0,0	100,0
1-1/2"	38,10	0,0	0,0	100,0
1"	25,40	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,05	0,0	0,0	100,0
1/2"	12,70	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,52	0,0	0,0	100,0
Nº4	4,76	17,0	1,0	99,0
Nº10	2,00	32,6	1,8	97,2
Nº40	0,430	218,7	12,3	85,0
Nº60	0,250	112,1	6,3	78,7
Nº80	0,180	95,3	5,3	73,3
Nº100	0,150	69,8	3,9	69,4
No 200	0,074	116,5	6,5	62,9
<b>F</b>	1121,0			
<b>SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS PARA PROPÓSITOS DE INGENIERÍA INV E – 181 – 13</b>				
LÍMITE LIQUIDO	<b>23</b>	<b>AASHTO</b>		
LÍMITE PLASTICO	<b>18</b>	<b>A-4</b>		
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	<b>4</b>	<b>S.U.C.S</b>		
ÍNDICE DE GRUPO	<b>1</b>	<b>ML</b>		
<b>OBSERVACIONES:</b>				
Humedad natural:	10,9			
GRAVAS:	%	1,0		
ARENAS:	%	36,2		
FINOS:	%	62,9		
<b>DETERMINACIÓN EN EL LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO, ROCA Y MEZCLAS DE SUELO -AGREGADO INV E – 122 – 13</b>				
TARA Nº	3			
PESO DEL SUELO + TARA HUMEDO (gr)	436,5			
PESO DEL SUELO + SECO (gr)	399,1			
PESO DE TARA	54,4			
% DE HUMEDAD	10,9			
<b>DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS INV E – 125 – 13</b>				
<b>ENSAYO Nº</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	
TARA Nº	6	7	8	
Nº DE GOLPES	33	24	18	
PESO SUELO+TARA HUMEDO	32,8	29,1	28,3	
PESO SUELO+TARA SECO	29,0	24,8	24,7	
PESO TARA	11,5	6,1	9,8	
% DE HUMEDAD	21,7	23,0	24,2	
<b>LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS INV E – 126 – 13</b>				
<b>ENSAYO Nº</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	
TARA Nº	9	10		
PESO SUELO+TARA HUMEDO	36,5	30,2		
PESO SUELO+TARA SECO	32,6	26,2		
PESO TARA	11,4	4,5		
% DE HUMEDAD	18,4	18,4		

Fuente: Autores

- Profundidad: 0,60 a 1,50 M



# DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

CLASIFICACIÓN SUELOS (AASHTO Y SUCS)				
<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS GRUESO Y FINO INV E – 213 – 13</b>				
RETENIDO No 10		PASA No 10		
PESO INICIAL =	1791,9	INICIAL	1791,9	
PESO FINAL =	434,6	FINAL	405,9	
TAMIZ		PESO. RETENIDO INDIVIDUAL	% RETENIDO INDIVIDUAL	% QUE PASA
Pulg	mm			
3"	76,20	0,0	0,0	100,0
2-1/2"	63,50	0,0	0,0	100,0
2"	50,80	0,0	0,0	100,0
1-1/2"	38,10	0,0	0,0	100,0
1"	25,40	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,05	0,0	0,0	100,0
1/2"	12,70	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,52	0,0	0,0	100,0
N°4	4,76	11,6	0,6	99,4
N°10	2,00	17,1	1,0	98,4
N°40	0,430	160,1	8,9	89,5
N°60	0,250	71,7	4,0	85,5
N°80	0,180	59,1	3,3	82,2
N°100	0,150	15,4	0,9	81,3
No 200	0,074	99,6	5,6	75,7
<b>F</b>	<b>1357,3</b>			
<b>SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS PARA PROPÓSITOS DE INGENIERÍA INV E – 181 – 13</b>				
LÍMITE LIQUIDO	27	AASHTO		
LÍMITE PLASTICO	17	A-4		
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	9	S.U.C.S		
ÍNDICE DE GRUPO	5	CL		
<b>OBSERVACIONES:</b>				
Humedad natural:	10,4			
GRAVAS:	%	0,6		
ARENAS:	%	23,6		
FINOS:	%	75,7		
<b>DETERMINACIÓN EN EL LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO, ROCA Y MEZCLAS DE SUELO -AGREGADO INV E – 122 – 13</b>				
TARA N°	4			
PESO DEL SUELO + TARA HUMEDO (gr)	404,9			
PESO DEL SUELO + SECO (gr)	373,8			
PESO DE TARA	74,9			
% DE HUMEDAD	10,4			
<b>DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS INV E – 125 – 13</b>				
<b>ENSAYO N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	
TARA N°	11	12	13	
N° DE GOLPES	32	25	19	
PESO SUELO+TARA HUMEDO	21,6	31,0	25,4	
PESO SUELO+TARA SECO	18,2	25,8	21,5	
PESO TARA	4,7	6,2	7,6	
% DE HUMEDAD	25,2	26,5	28,1	
<b>LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS INV E – 126 – 13</b>				
<b>ENSAYO N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	
TARA N°	14	15		
PESO SUELO+TARA HUMEDO	30,1	27,9		
PESO SUELO+TARA SECO	27,3	25,0		
PESO TARA	11,1	8,2		
% DE HUMEDAD	17,3	17,3		
<b>LÍMITE LIQUIDO</b>				
<b>DETERMINACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTICULAS DE LOS SUELOS INV E - 213-13</b>				

Fuente: Autores

- Profundidad: 0,60 a 1,50 M

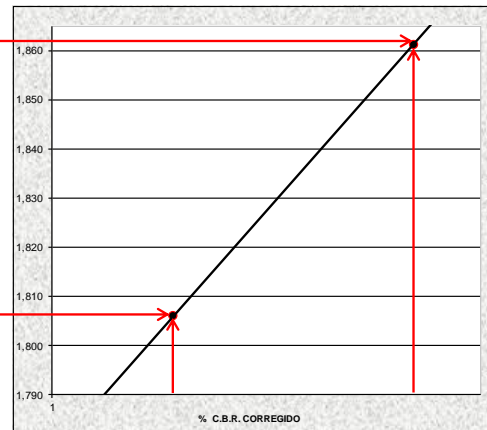
# DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

## RELACIONES HUMEDAD – PESO UNITARIO SECO EN LOS SUELOS (ENSAYO MODIFICADO DE COMPACTACIÓN) INV E – 142 – 13

ENSAYO		UND	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>DENSIDAD</b>										
No. de Capas:			5	5	5					
Golpes por Capa:			56	56	56					
Molde No.			1	1	1					
Humedad deseada										
Peso molde + suelo compactado	Gr.		7.081	7.354	7.367					
Peso del molde	Gr.		2.805	2.805	2.805					
Peso del suelo compactado	Gr.		4.276	4.549	4.562					
Volumen del molde	Cm3		2.120	2.120	2.120					
Densidad suelo húmedo	Gr./cm3		2,017	2,146	2,152					
Contenido de humedad	%		11,7	15,3	18,8					
Densidad suelo seco	Gr./cm3		1,806	1,861	1,811					
Densidad suelo seco	Lbs./pie3		112,7	116,1	113,0					
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>										
Peso recipiente + suelo húmedo	Gr.		239,6	393,6	263,3					
Peso recipiente + suelo seco	Gr.		220,3	350,9	232,3					
Peso del recipiente	Gr.		55,1	71,5	67,4					
Peso del suelo seco	Gr.		165,2	279,4	164,9					
Peso del agua evaporada	Gr.		19,3	42,7	31,0					
Contenido de humedad	%		11,7	15,3	18,8					
Contenido de humedad Natural	%		10,4	10,4	10,4					



C.B.R. AL 100% DE COMPACTACION **1,9 %**  
C.B.R. AL 95% DE COMPACTACION **1,4 %**



**1,861 Grs/cm3**  
**1,768 Grs/cm3**

Fuente: Autores

- Profundidad: 0,60 a 1,50 M

# DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

## CBR DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO Y SOBRE MUESTRA INALTERADA (PUNTOS PARA C.B.R) INV E – 148 – 13

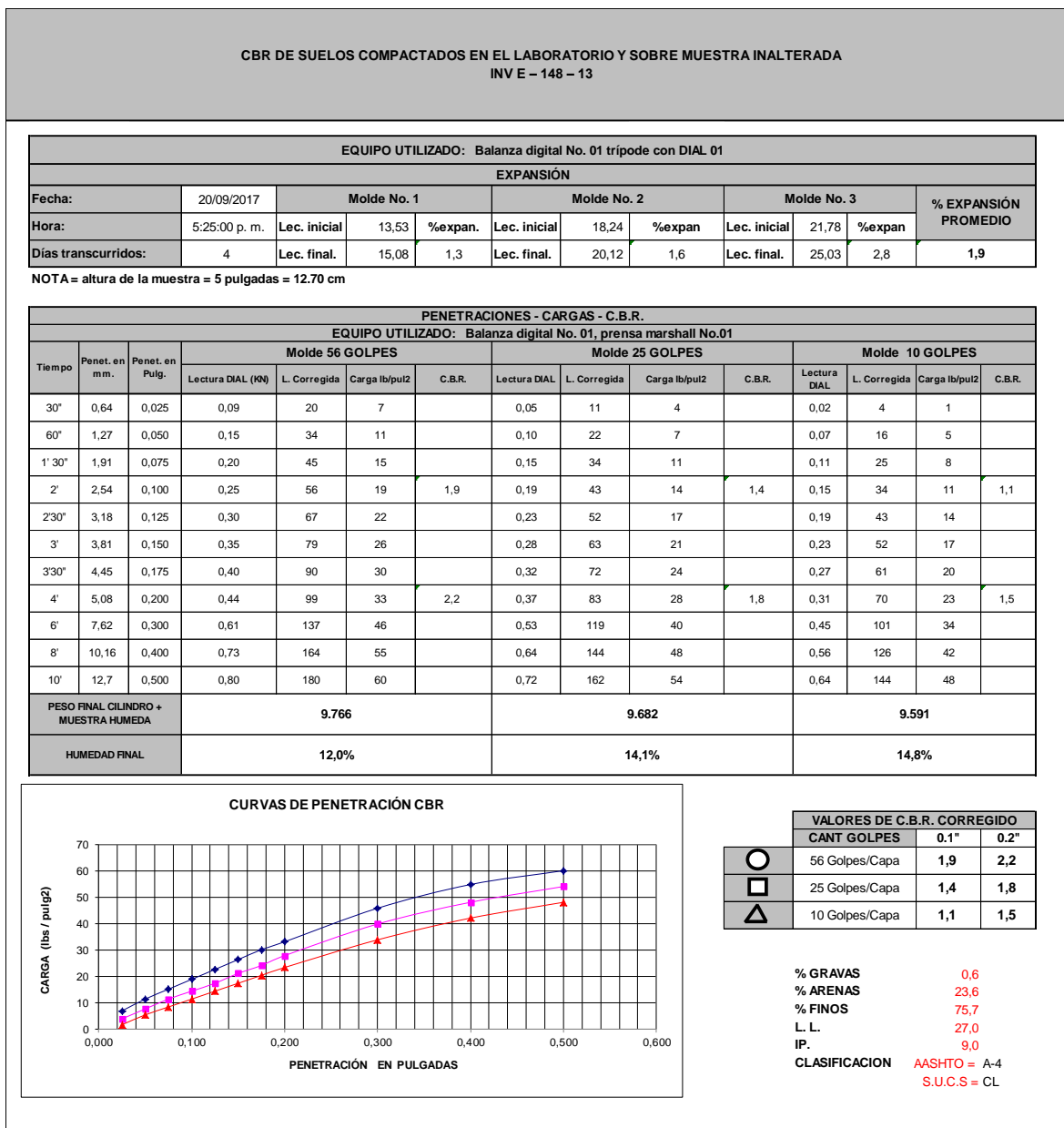
ENSAYO	UND	1	2	3	4	5
<b>DENSIDAD</b>						
No. de Capas:		5	5	5		
Golpes por Capa:		56	25	10		
Molde No.		4	5	6		
Peso molde + suelo compactado	Grs.	9.509	9.445	9.368		
Peso del molde	Grs.	4.615	4.696	4.716		
Peso del suelo compactado	Grs.	4.894	4.749	4.652		
Volumen suelo compactado	Cm3	2.280	2.280	2.280		
Densidad suelo húmedo	Grs./cm3	2,146	2,083	2,040		
Contenido de humedad	%	<b>15,3</b>	<b>15,3</b>	<b>15,3</b>		
Densidad suelo seco	Grs./cm3	1,861	1,806	1,769		
Densidad suelo seco	Lbs./pie3	<b>116,2</b>	<b>112,7</b>	<b>110,4</b>		
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
Peso recipiente + suelo húmedo	Grs.	244,2	262,5	257,7		
Peso recipiente + suelo seco	Grs.	219,1	233,5	228,3		
Peso del recipiente	Grs.	55,2	44,1	36,7		
Peso del suelo seco	Grs.	163,9	189,4	191,6		
Peso del agua evaporada	Grs.	25,1	29,0	29,4		
Contenido de humedad	%	<b>15,3</b>	<b>15,3</b>	<b>15,3</b>		

RESULTADOS OBTENIDOS	
HUMEDAD ÓPTIMA %	<b>15,3</b>
DENSIDAD MÁXIMA LBS/PIE <sup>3</sup>	<b>116,2</b>

Fuente: Autores

- Profundidad: 0,60 a 1,50 M

# DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS



Fuente: Autores

- Profundidad: 0,60 a 1,50 M

# DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

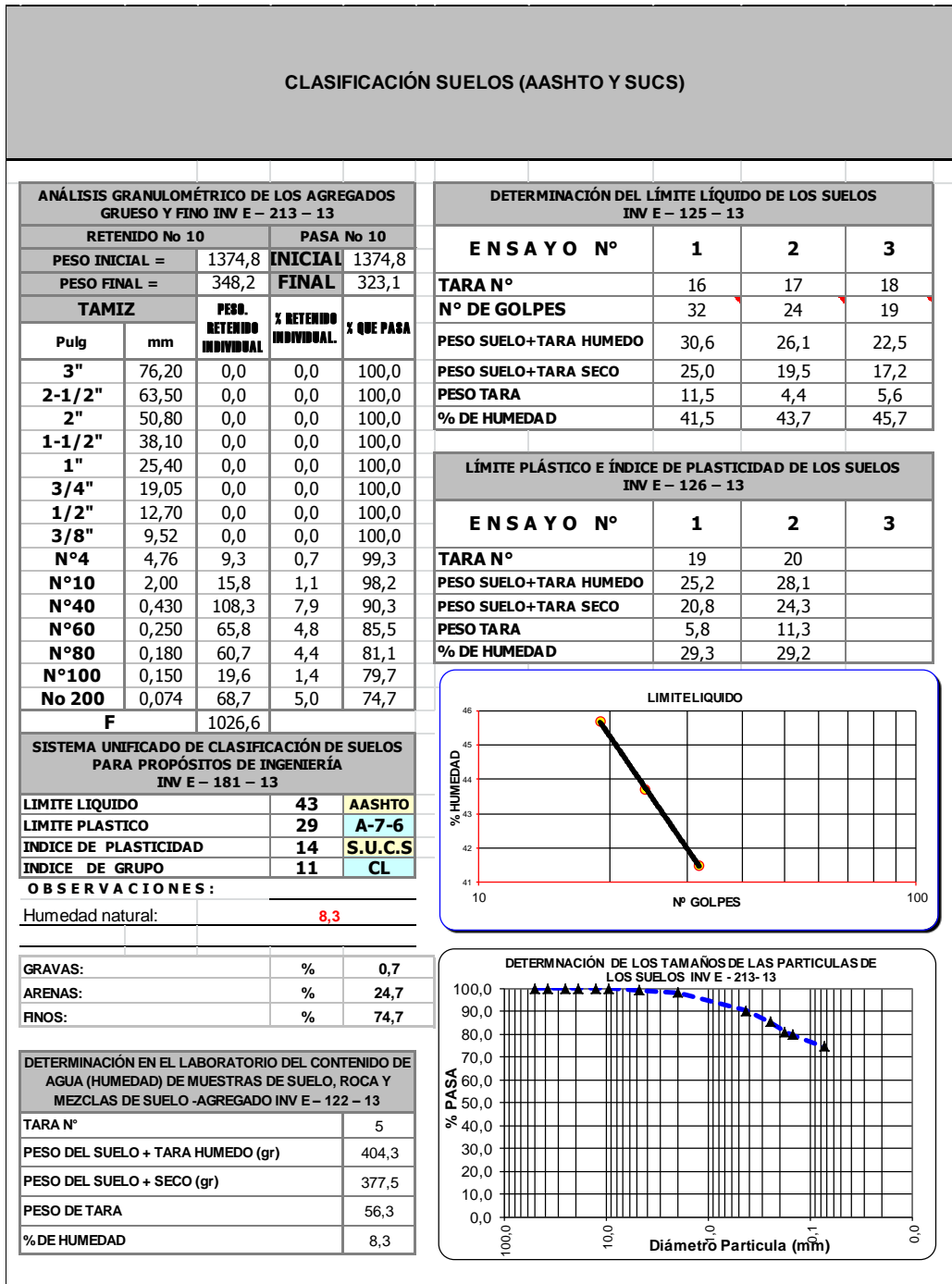
- APIQUE N°3, CON PROFUNDIDAD 0,00 A 1,50.

DESCRIPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE SUELOS (PROCEDIMIENTO VISUAL Y MANUAL) INV E – 102 – 13							
PROFUNDIDAD (m)	CONVENCIÓN M.O.P.T.	SISTEMA DE CLASIFICACIÓN S.U.C.S	SISTEMA DE CLASIFICACIÓN AASHTO	CLASIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	CBR %	TIPO DE MUESTRA	HUMEDAD EN %
0,00		CL	A-7-6	ARCILLA DE BAJA COMPRESIBILIDAD, DE PLASTICIDAD MEDIA, DE COLOR CAFÉ CLARO, CON PARTICULAS SUB-ANGULOSAS MENORES A 2", CONDICIÓN DEL SUELO HÚMEDO PERO SIN AGUA VISIBLE, DE CONSISTENCIA DURA, DE CEMENTACIÓN MODERADA, DE ESTRUCTURA HOMOGÉNEA, DE RESISTENCIA EN SECO DURA, DE DILATANCIA NULA Y DE TENACIDAD MEDIANA.			8,3%
0,60		ML-CL	A-4	LIMO Y ARCILLA EN GENERAL DE BAJA COMPRESIBILIDAD, DE PLASTICIDAD MEDIA, DE COLOR HABANO, CON OXIDACIONES DE COLORES AMARILLO, CAFÉ Y ROJO, CONDICIÓN DEL SUELO HÚMEDO PERO SIN AGUA VISIBLE, DE CONSISTENCIA MUY DURA, DE CEMENTACIÓN FUERTE, DE ESTRUCTURA HOMOGÉNEA, DE RESISTENCIA EN SECO MUY ALTA, DE DILATANCIA NULA Y DE TENACIDAD MEDIANA.	2,0%		11,8%
1,50							

Fuente: Autores

- Profundidad: 0,00 a 0,60 M

# DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS



Fuente: Autores

- Profundidad: 0,60 a 1,50 M

# DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

CLASIFICACIÓN SUELOS (AASHTO Y SUCS)										
<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS GRUESO Y FINO INV E – 213 – 13</b>					<b>DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS INV E – 125 – 13</b>					
RETENIDO No 10		PASA No 10			<b>ENSAYO N°</b>		<b>1</b>		<b>2</b>	
PESO INICIAL =		1764,8			INICIAL		1764,8			
PESO FINAL =		385,0			FINAL		353,7			
<b>TAMIZ</b>		<b>PESO. RETENIDO INDIVIDUAL</b>		<b>% RETENIDO INDIVIDUAL</b>		<b>% QUE PASA</b>				
Pulg	mm									
3"	76,20	0,0		0,0		100,0				
2-1/2"	63,50	0,0		0,0		100,0				
2"	50,80	0,0		0,0		100,0				
1-1/2"	38,10	0,0		0,0		100,0				
1"	25,40	0,0		0,0		100,0				
3/4"	19,05	0,0		0,0		100,0				
1/2"	12,70	0,0		0,0		100,0				
3/8"	9,52	0,0		0,0		100,0				
N°4	4,76	11,1		0,6		99,4				
N°10	2,00	20,2		1,1		98,2				
N°40	0,430	113,5		6,4		91,8				
N°60	0,250	70,4		4,0		87,8				
N°80	0,180	68,3		3,9		83,9				
N°100	0,150	24,6		1,4		82,5				
No 200	0,074	76,9		4,4		78,2				
<b>F</b>		1379,8								
<b>SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS PARA PROPÓSITOS DE INGENIERÍA INV E – 181 – 13</b>										
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>		<b>27</b>		<b>AASHTO</b>						
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>		<b>21</b>		<b>A-4</b>						
<b>ÍNDICE DE PLASTICIDAD</b>		<b>6</b>		<b>S.U.C.S</b>						
<b>ÍNDICE DE GRUPO</b>		<b>3</b>		<b>ML-CL</b>						
<b>OBSERVACIONES:</b>										
Humedad natural:		11,8								
<b>GRAVAS:</b>		%		0,6						
<b>ARENAS:</b>		%		21,2						
<b>FINOS:</b>		%		78,2						
<b>DETERMINACIÓN EN EL LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO, ROCA Y MEZCLAS DE SUELO -AGREGADO INV E – 122 – 13</b>										
TARA N°		6								
PESO DEL SUELO + TARA HUMEDO (gr)		424,2								
PESO DEL SUELO + SECO (gr)		386,9								
PESO DE TARA		69,7								
% DE HUMEDAD		11,8								
<b>LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS INV E – 126 – 13</b>										
<b>ENSAYO N°</b>		<b>1</b>		<b>2</b>		<b>3</b>				
TARA N°		24		25						
PESO SUELO+TARA HUMEDO		26,9		35,0						
PESO SUELO+TARA SECO		23,0		30,8						
PESO TARA		4,6		11,0						
% DE HUMEDAD		21,2		21,2						
<b>LIMITELÍQUIDO</b>										
<b>DETERMINACIÓN DE LOS TAMAÑOS DE LAS PARTICULAS DE LOS SUELOS INV E - 213-13</b>										

Fuente: Autores

- Profundidad: 0,60 a 1,50 M

# DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

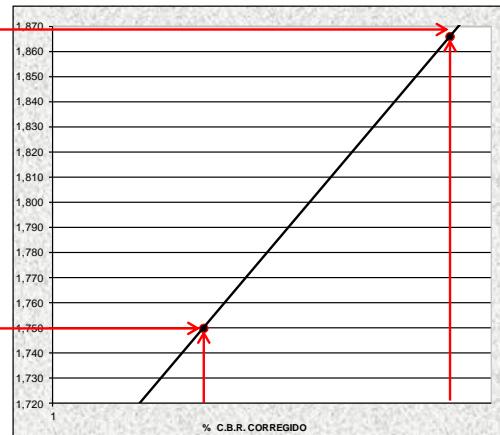
## RELACIONES HUMEDAD – PESO UNITARIO SECO EN LOS SUELOS (ENSAYO MODIFICADO DE COMPACTACIÓN) INVE – 142 – 13

ENSAYO		UND	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>DENSIDAD</b>										
No. de Capas:			5	5	5					
Golpes por Capa:			56	56	56					
Molde No.			1	1	1					
Humedad deseada										
Peso molde + suelo compactado	Grs.		6.987	7.393	7.216					
Peso del molde	Grs.		2.805	2.805	2.805					
Peso del suelo compactado	Grs.		4.182	4.588	4.411					
Volumen del molde	Cm <sup>3</sup>		2.120	2.120	2.120					
Densidad suelo húmedo	Grs./cm <sup>3</sup>		1,973	2,164	2,081					
Contenido de humedad	%		<b>12,7</b>	<b>16,0</b>	<b>18,5</b>					
Densidad suelo seco	Grs./cm <sup>3</sup>		1,750	1,866	1,756					
Densidad suelo seco	Lbs./pie <sup>3</sup>		<b>109,2</b>	<b>116,4</b>	<b>109,5</b>					
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>										
Peso recipiente + suelo húmedo	Grs.		216,3	267,5	281,0					
Peso recipiente + suelo seco	Grs.		198,0	239,8	245,0					
Peso del recipiente	Grs.		54,3	66,4	50,6					
Peso del suelo seco	Grs.		143,7	173,4	194,4					
Peso del agua evaporada	Grs.		18,3	27,7	36,0					
Contenido de humedad	%		<b>12,7</b>	<b>16,0</b>	<b>18,5</b>					
Contenido de humedad Natural	%		<b>11,8</b>	<b>11,8</b>	<b>11,8</b>					



C.B.R. AL 100% DE COMPACTACION **2,0 %**

C.B.R. AL 95% DE COMPACTACION **1,6 %**



**1,866 Grs./cm<sup>3</sup>**

**1,773 Grs./cm<sup>3</sup>**

Fuente: Autores

- Profundidad: 0,60 a 1,50 M



# DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

## CBR DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO Y SOBRE MUESTRA INALTERADA (PUNTOS PARA C.B.R) INV E – 148 – 13

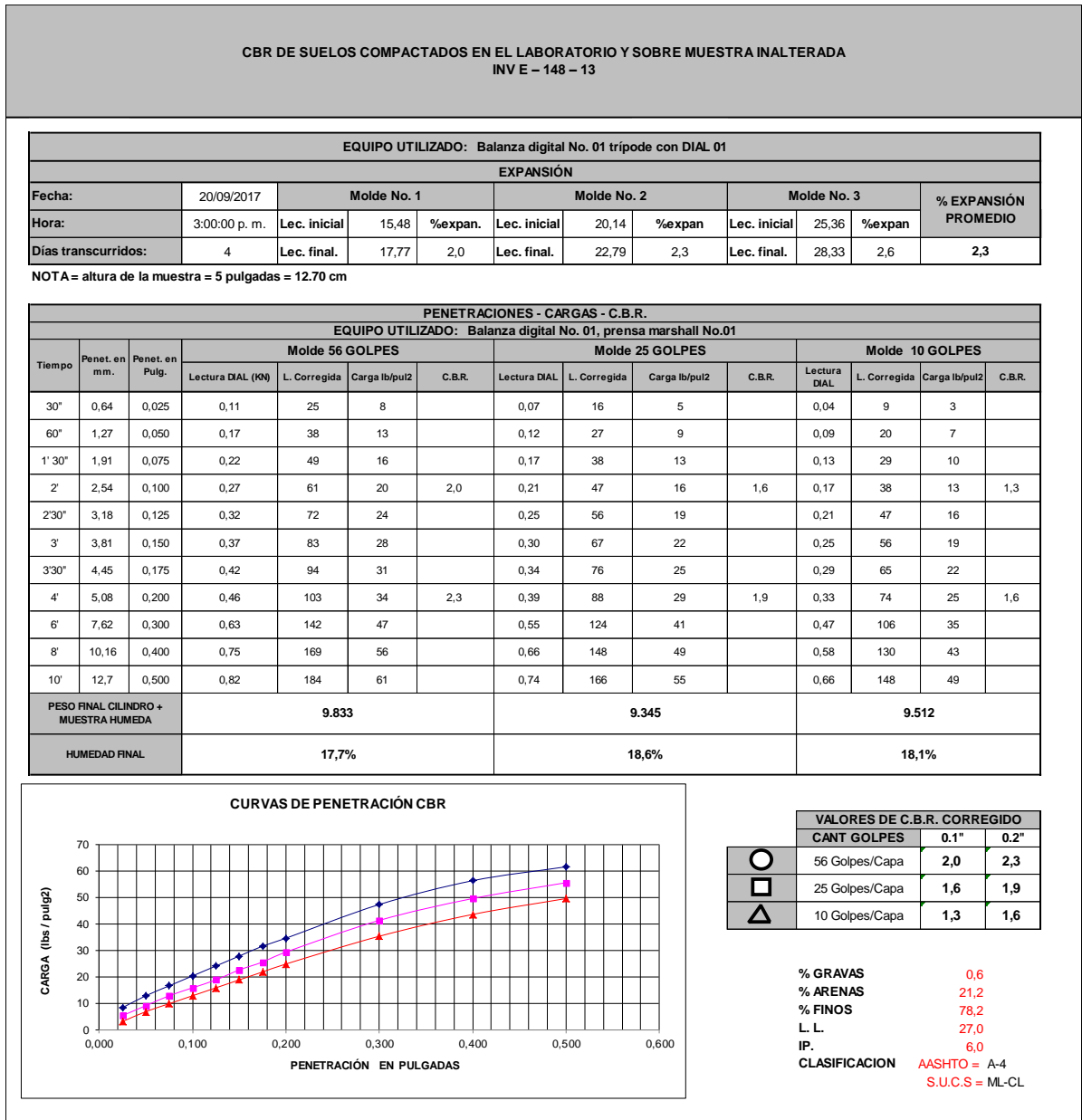
ENSAYO	UND	1	2	3	4	5
<b>DENSIDAD</b>						
No. de Capas:		5	5	5		
Golpes por Capa:		56	25	10		
Molde No.		7	8	9		
Peso molde + suelo compactado	Grs.	9.645	9.184	9.096		
Peso del molde	Grs.	4.722	4.567	4.684		
Peso del suelo compactado	Grs.	4.923	4.617	4.412		
Volumen suelo compactado	Cm3	2.280	2.280	2.280		
Densidad suelo húmedo	Grs./cm3	2,159	2,025	1,935		
Contenido de humedad	%	<b>15,7</b>	<b>15,7</b>	<b>15,7</b>		
Densidad suelo seco	Grs./cm3	1,866	1,750	1,673		
Densidad suelo seco	Lbs./pie3	<b>116,4</b>	<b>109,2</b>	<b>104,4</b>		
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
Peso recipiente + suelo húmedo	Grs.	244,6	236,9	271,9		
Peso recipiente + suelo seco	Grs.	218,7	211,8	242,6		
Peso del recipiente	Grs.	53,9	52,1	55,6		
Peso del suelo seco	Grs.	164,8	159,7	187,0		
Peso del agua evaporada	Grs.	25,9	25,1	29,3		
Contenido de humedad	%	<b>15,7</b>	<b>15,7</b>	<b>15,7</b>		

RESULTADOS OBTENIDOS	
HUMEDAD ÓPTIMA %	<b>15,7</b>
DENSIDAD MÁXIMA LBS/PIE <sup>3</sup>	<b>116,4</b>

Fuente: Autores

- Profundidad: 0,60 a 1,50 M

# DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS



Fuente: Autores

- Profundidad: 0,60 a 1,50 M

DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

ANEXO 2B TOPOGRAFIA

CARTERA DE POLIGONAL ABIERTA PRINCIPAL

<b>CARTERA TOPOGRAFICA POLIGONAL ABIERTA PRINCIPAL</b>							
PUNTO	DISTANCIA	RUMBO	AZIMUT	NORTE	ESTE	ELEVACION	DESCRIPCION
1				973205.501	920114.417	329.614	GPS 2
2	367.052	N44°8'11"E	44°8'11"	973468.929	920370.020	327.381	GPS 1
3	103.228	N38°38'5"E	38°38'5"	973549.565	920434.471	327.309	DELTA 1
4	72.628	N70°28'5"E	70°28'5"	973573.847	920502.920	324.153	DELTA 2
5	90.563	N33°30'25"W	327°30'25"	973650.233	920454.270	323.139	DELTA 3
6	40.871	N18°50'32"E	18°50'32"	973688.914	920467.470	322.073	DELTA 4
7	45.429	N65°34'4"W	295°34'4"	973708.520	920426.490	321.471	DELTA 5
8	119.533	N33°39'26"W	327°39'26"	973809.509	920362.542	330.381	DELTA 6
9	125.144	N32°49'29"W	328°49'29"	973916.581	920297.760	337.631	DELTA 7
10	146.854	N34°29'47"W	326°29'47"	974039.035	920216.698	341.240	DELTA 8
11	120.862	N31°55'36"W	329°55'36"	974143.627	920156.133	341.675	DELTA 9
DISTANCIA TOTAL	1232.163						

# DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

## CARTERA DE NIVELACION POLIGONAL PRINCIPAL

<b>CARTERA DE NIVELACION POLIGONAL ABIERTA PRINCIPAL</b>					
<b>PUNTO</b>	<b>V+</b>	<b>AI</b>	<b>V-</b>	<b>COTA</b>	<b>DESCRIPCION</b>
1	1.24	330.854		329.614	GPS 2
C#1	0.971	329.741	2.084	328.770	CAMBIO #1
2	1.748	329.129	2.366	327.381	GPS 1
3	0.676	327.985	1.82	327.309	DELTA 1
4	1.879	326.032	3.832	324.153	DELTA 2
5	1.478	324.617	2.893	323.139	DELTA 3
6	1.693	323.766	2.544	322.073	DELTA 4
7	4.578	326.049	2.295	321.471	DELTA 5
C#2	6.127	331.332	0.844	325.205	CAMBIO #2
8	6.587	336.968	0.951	330.381	DELTA 6
C#3	3.587	339.466	1.089	335.879	CAMBIO #3
9	4.687	342.318	1.835	337.631	DELTA 7
10	1.978	343.218	1.078	341.240	DELTA 8
11			1.543	341.675	DELTA 9

# DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

## CARTERA TOPOGRAFICA DEL LEVANTAMIENTO

<b>CARTERA TOPOGRAFICA</b>				
<b>PUNTO</b>	<b>NORTE</b>	<b>ESTE</b>	<b>ELEVACION</b>	<b>DESCRIPCION</b>
1	973468.929	920370.020	327.381	DEL
2	973205.501	920114.417	329.614	DEL
3	973549.565	920434.471	327.309	DEL
4	973573.847	920502.920	324.153	DEL
5	973650.233	920454.270	323.139	DEL
6	973585.320	920524.925	323.030	BV
7	973586.162	920524.469	323.073	LB
8	973583.319	920519.043	323.270	LB
9	973582.461	920519.446	323.244	BV
10	973579.557	920514.133	323.456	BV
11	973580.522	920513.695	323.491	LB
12	973577.939	920508.709	323.785	LB
13	973576.948	920509.164	323.750	BV
14	973571.870	920497.090	324.477	LB
15	973570.935	920497.511	324.432	BV
16	973568.284	920492.459	324.752	BV
17	973569.244	920492.081	324.773	LB
18	973566.267	920486.387	325.083	LB
19	973565.416	920486.842	325.052	BV
20	973569.784	920484.699	325.119	EJE
21	973572.795	920490.415	324.799	EJE
22	973575.380	920495.381	324.499	EJE
23	973578.342	920501.085	324.189	EJE
24	973581.484	920507.084	323.832	EJE
25	973583.889	920511.761	323.567	EJE
26	973586.754	920517.221	323.317	EJE
27	973589.533	920522.605	323.136	EJE
28	973592.922	920520.855	323.088	LB
29	973593.844	920520.441	323.060	BV
30	973591.020	920514.959	323.224	BV
31	973590.132	920515.454	323.257	LB
32	973587.329	920510.087	323.507	LB
33	973588.184	920509.605	323.483	BV
34	973585.766	920504.893	323.732	BV
35	973584.910	920505.290	323.785	LB
36	973581.711	920499.202	324.155	LB

## DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

37	973582.781	920498.648	324.104	BV
38	973579.678	920493.084	324.406	BV
39	973578.839	920493.556	324.454	LB
40	973576.225	920488.551	324.718	LB
41	973577.020	920488.182	324.655	BV
42	973573.993	920482.407	325.015	BV
43	973573.196	920482.705	325.048	LB
44	973579.299	920480.243	325.088	CRV
45	973582.602	920485.391	324.665	CRV
46	973586.569	920491.998	324.198	CRV
47	973586.894	920492.004	324.261	POST
48	973588.794	920497.092	324.187	POST
49	973592.337	920506.254	323.632	HIDRA
50	973597.484	920513.190	323.070	MLL
51	973594.694	920507.733	323.334	MLL
52	973591.883	920502.281	323.774	MLL
53	973591.289	920500.647	323.840	CR
54	973598.671	920495.931	324.001	CR
55	973604.267	920492.394	323.992	CR
56	973612.859	920487.418	323.881	CR
57	973621.646	920482.064	323.661	CR
58	973630.227	920476.578	323.680	CR
59	973638.556	920471.104	323.335	CR
60	973647.713	920465.436	322.878	CR
61	973654.320	920462.499	322.753	CR
62	973633.296	920471.207	323.373	POST
63	973629.352	920466.461	323.348	CRV
64	973623.366	920470.199	323.670	CRV
65	973616.689	920473.852	323.759	CRV
66	973607.964	920479.216	323.919	CRV
67	973599.654	920484.274	324.125	CRV
68	973591.531	920489.250	324.128	CRV
69	973596.454	920518.572	323.070	TN
70	973593.512	920513.619	323.257	TN
71	973590.511	920507.954	323.549	TN
72	973588.049	920503.284	323.755	TN
73	973584.800	920497.484	324.163	TN
74	973581.963	920492.052	324.391	TN
75	973579.069	920486.822	324.701	TN
76	973576.098	920480.988	324.989	TN
77	973586.623	920497.855	324.053	REGIS

## DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

78	973591.403	920498.914	323.846	VALLA
79	973596.112	920496.441	323.837	VALLA
80	973588.606	920496.505	324.151	CARRE
81	973587.538	920494.849	324.169	EJE
82	973586.567	920493.167	324.204	CARRE
83	973598.144	920486.132	323.980	CARRE
84	973599.258	920488.178	324.105	CARRE
85	973600.290	920489.949	324.046	CARRE
86	973612.721	920482.330	323.956	CARRE
87	973611.680	920480.807	323.891	CARRE
88	973610.442	920478.753	323.832	CARRE
89	973623.029	920471.252	323.566	CARRE
90	973624.183	920473.242	323.602	CARRE
91	973625.284	920475.008	323.665	CARRE
92	973633.588	920470.005	323.381	CARRE
93	973632.432	920468.026	323.399	CARRE
94	973631.259	920466.050	323.359	CARRE
95	973640.134	920461.409	323.207	CARRE
96	973641.064	920463.480	323.199	CARRE
97	973642.099	920465.482	323.166	CARRE
98	973688.914	920467.470	322.073	DEL
99	973629.562	920465.508	323.680	CRV
100	973629.628	920465.282	323.632	POST
101	973629.779	920465.100	323.552	PARA
102	973639.214	920459.752	323.330	PARA
103	973636.628	920454.873	323.916	PARA
104	973640.242	920454.072	324.021	PARA
105	973649.880	920449.068	324.165	PARA
106	973652.067	920452.889	323.122	PARA
107	973660.996	920448.664	323.257	PARA
108	973670.951	920443.791	324.494	PARA
109	973671.539	920445.034	324.390	PORT
110	973672.722	920448.075	324.309	PORT
111	973675.910	920455.913	322.514	PARA
112	973674.045	920455.123	322.590	ARBOL
113	973672.364	920450.326	323.987	ARBOL
114	973672.730	920447.443	324.431	ENTRA
115	973671.866	920445.442	324.454	ENTRA
116	973664.630	920447.322	323.538	ENTRA
117	973665.356	920449.368	323.431	ENTRA
118	973661.813	920451.450	322.940	ENTRA

## DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

119	973656.957	920452.453	322.787	ENTRA
120	973642.048	920455.261	323.926	ARBOL
121	973641.145	920456.069	323.697	ARBOL
122	973648.981	920463.660	322.989	CARRE
123	973647.860	920460.767	323.038	CARRE
124	973646.508	920457.826	323.129	CARRE
125	973652.766	920454.919	322.987	CARRE
126	973653.633	920458.371	322.936	CARRE
127	973654.329	920461.120	322.835	CARRE
128	973657.733	920460.670	322.741	CARRE
129	973657.114	920457.273	322.836	CARRE
130	973656.264	920453.938	322.866	CARRE
131	973660.943	920453.003	322.744	CARRE
132	973660.838	920457.081	322.718	CARRE
133	973660.727	920460.602	322.624	CARRE
134	973663.853	920461.157	322.458	CARRE
135	973664.297	920457.360	322.615	CARRE
136	973664.154	920452.943	322.700	CARRE
137	973667.504	920453.595	322.642	CARRE
138	973666.294	920457.987	322.561	CARRE
139	973665.525	920461.658	322.399	CARRE
140	973670.830	920462.840	322.283	CARRE
141	973671.808	920459.322	322.432	CARRE
142	973672.254	920456.192	322.479	CARRE
143	973675.575	920457.385	322.319	CARRE
144	973674.948	920461.166	322.366	CARRE
145	973674.518	920464.045	322.307	CARRE
146	973679.807	920465.390	322.290	CARRE
147	973679.989	920461.472	322.263	CARRE
148	973680.134	920458.277	322.150	CARRE
149	973684.803	920459.037	322.082	CARRE
150	973684.578	920462.559	322.166	CARRE
151	973684.866	920465.750	322.169	CARRE
152	973689.509	920465.178	322.056	CARRE
153	973692.624	920464.052	321.981	CARRE
154	973690.202	920460.846	322.092	CARRE
155	973687.866	920458.504	322.029	CARRE
156	973688.806	920458.186	322.032	CARRE
157	973689.664	920457.304	322.029	CARRE
158	973691.950	920460.505	322.087	CARRE
159	973694.017	920463.084	321.937	CARRE



## DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

160	973694.557	920463.354	321.947	CR
161	973691.931	920465.080	321.996	CR
162	973688.260	920466.111	322.153	CR
163	973684.740	920466.628	322.164	CR
164	973677.923	920466.059	322.152	CR
165	973671.007	920464.360	322.351	CR
166	973667.479	920463.195	322.415	CR
167	973664.259	920462.433	322.431	CR
168	973660.495	920461.866	322.593	CR
169	973657.648	920461.733	322.604	CR
170	973688.915	920467.468	322.072	DEL
171	973650.233	920454.270	323.138	DEL
172	973708.520	920426.490	321.471	DEL
173	973699.135	920438.988	321.914	PARA
174	973687.758	920456.706	322.170	PARA
175	973687.997	920457.054	322.116	POST
176	973694.435	920463.453	321.934	CR
177	973696.668	920460.418	321.945	CR
178	973700.736	920454.420	321.924	CR
179	973704.710	920448.296	321.928	CR
180	973708.532	920442.899	321.654	CR
181	973713.552	920434.842	321.639	CR
182	973716.184	920431.157	321.650	CR
183	973713.226	920429.870	321.734	CARRE
184	973711.111	920428.763	321.716	CARRE
185	973709.379	920427.790	321.610	CARRE
186	973704.671	920434.623	321.553	CARRE
187	973707.439	920436.329	321.678	CARRE
188	973709.992	920437.770	321.658	CARRE
189	973704.879	920446.029	321.785	CARRE
190	973701.418	920444.302	321.833	CARRE
191	973698.982	920442.796	321.782	CARRE
192	973694.004	920450.607	321.954	CARRE
193	973697.014	920452.638	321.993	CARRE
194	973699.280	920454.452	321.926	CARRE
195	973695.966	920459.880	321.999	CARRE
196	973692.947	920457.634	322.058	CARRE
197	973690.768	920456.054	322.030	CARRE
198	973689.361	920457.684	322.037	CARRE
199	973691.610	920460.362	322.092	CARRE
200	973690.376	920461.178	322.091	CARRE

## DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

201	973693.039	920463.510	321.971	CARRE
202	973694.560	920461.976	321.956	CARRE
203	973695.274	920435.970	323.247	PARA
204	973701.069	920433.614	321.663	ARBOL
205	973700.367	920432.170	321.844	ARBOL
206	973702.082	920427.466	321.547	ARBOL
207	973699.773	920427.827	321.662	PARA
208	973699.537	920422.167	321.542	PARA
209	973708.853	920421.155	321.538	PARA
210	973710.569	920416.666	321.516	ARBOL
211	973712.682	920418.530	321.696	ARBOL
212	973809.509	920362.542	330.831	DEL
213	973806.285	920365.658	330.655	CR
214	973806.657	920366.448	330.783	CR
215	973801.572	920370.445	329.590	CR
216	973796.461	920374.133	328.236	CR
217	973791.064	920378.282	327.175	CR
218	973782.965	920384.190	325.632	CR
219	973781.803	920382.703	326.031	POST
220	973777.657	920388.422	325.085	CR
221	973768.959	920394.999	324.304	CR
222	973764.068	920398.704	323.828	CR
223	973759.647	920401.714	323.723	CR
224	973758.174	920399.543	324.049	POST
225	973756.405	920393.506	324.122	POST
226	973756.077	920393.212	324.177	PARA
227	973750.531	920407.190	323.361	CR
228	973744.340	920410.599	322.960	CR
229	973738.341	920402.437	322.831	PARA
230	973734.963	920404.091	322.700	PARA
231	973738.141	920414.092	322.637	CR
232	973731.575	920417.900	322.242	CR
233	973730.092	920416.316	322.483	POST
234	973726.521	920421.092	321.832	CR
235	973726.744	920420.277	321.988	ARBOL
236	973717.450	920415.091	321.968	PARA
237	973718.175	920416.451	321.977	POST
238	973717.717	920416.126	321.973	POST
239	973721.459	920420.989	322.094	GAS
240	973714.105	920429.948	321.595	GAS
241	973715.759	920430.790	321.785	BOX

## DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

242	973715.092	920426.418	322.047	BOX
243	973715.120	920426.395	322.251	BOX
244	973719.455	920422.294	322.275	BOX
245	973719.486	920422.261	322.090	BOX
246	973723.672	920422.357	321.800	BOX
247	973723.670	920422.305	321.343	PATA
248	973719.443	920422.231	321.999	PATA
249	973715.024	920426.450	321.796	PATA
250	973715.734	920430.814	321.649	PATA
251	973712.370	920418.603	321.529	PATA
252	973710.705	920416.644	321.516	PATA
253	973710.884	920416.687	321.710	BOX
254	973712.397	920418.551	321.789	BOX
255	973714.344	920417.188	321.841	BOX
256	973713.786	920415.644	321.805	BOX
257	973713.928	920414.506	321.790	BOX
258	973716.011	920430.769	321.468	PATA
259	973715.261	920426.503	320.771	PATA
260	973719.597	920422.506	319.798	PATA
261	973723.663	920422.701	320.801	PATA
262	973725.963	920426.214	321.364	CORO
263	973724.096	920428.453	319.335	PATA
264	973721.893	920431.725	319.173	PATA
265	973719.034	920432.713	321.039	CORO
266	973717.260	920424.808	319.659	TUBO
267	973718.005	920424.089	319.672	TUBO
268	973716.618	920425.446	319.681	TUBO
269	973712.682	920417.989	320.059	TUBO
270	973713.603	920417.300	319.983	TUBO
271	973712.408	920418.178	320.275	PATA
272	973710.969	920416.351	320.379	PATA
273	973713.925	920416.969	320.073	PATA
274	973713.477	920415.744	320.166	PATA
275	973713.521	920414.549	320.166	PATA
276	973716.842	920424.151	321.845	CARRE
277	973715.287	920422.540	321.853	CARRE
278	973713.468	920421.085	321.776	CARRE
279	973718.762	920417.254	322.001	CARRE
280	973719.906	920418.760	322.014	CARRE
281	973721.077	920420.217	321.997	CARRE
282	973726.391	920417.150	322.198	CARRE

## DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

283	973724.846	920414.700	322.219	CARRE
284	973723.612	920412.607	322.149	CARRE
285	973731.081	920407.561	322.419	CARRE
286	973732.593	920410.166	322.543	CARRE
287	973734.046	920413.237	322.467	CARRE
288	973743.402	920408.233	323.012	CARRE
289	973741.949	920405.484	323.012	CARRE
290	973740.527	920402.977	322.955	CARRE
291	973750.132	920397.928	323.486	CARRE
292	973751.723	920400.512	323.507	CARRE
293	973753.044	920402.371	323.520	CARRE
294	973758.225	920398.388	323.967	CARRE
295	973756.975	920396.583	323.979	CARRE
296	973756.010	920394.876	323.873	CARRE
297	973762.646	920389.547	324.504	CARRE
298	973764.636	920392.126	324.615	CARRE
299	973766.081	920393.719	324.647	CARRE
300	973774.191	920387.632	325.382	CARRE
301	973772.319	920385.493	325.396	CARRE
302	973770.918	920383.697	325.363	CARRE
303	973916.581	920297.760	337.631	DEL
304	973917.025	920298.656	337.731	POST
305	973916.556	920299.186	337.681	CR
306	973909.913	920303.342	337.126	CR
307	973902.673	920307.794	336.614	CR
308	973894.872	920312.670	336.548	CR
309	973884.936	920318.748	335.611	POST
310	973883.194	920320.234	335.522	CR
311	973876.508	920324.619	334.864	CR
312	973868.521	920329.336	334.529	CR
313	973865.092	920331.998	334.351	CR
314	973859.893	920335.046	334.365	CR
315	973859.772	920334.566	334.514	POST
316	973837.177	920348.268	334.037	CR
317	973833.883	920349.517	333.815	POST
318	973829.624	920352.246	333.400	CR
319	973821.855	920356.242	332.936	CR
320	973816.392	920359.465	332.363	CR
321	973811.124	920362.809	331.385	CR
322	973808.494	920364.038	331.006	POST
323	973803.373	920356.951	331.911	CR

## DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

324	973804.045	920358.262	331.164	ARBOL
325	973799.331	920359.842	330.890	CR
326	973796.407	920362.835	329.589	ARBOL
327	973795.303	920363.468	329.358	POST
328	973793.386	920364.288	329.103	CR
329	973789.487	920367.174	328.442	CR
330	973785.299	920370.376	327.692	CR
331	973780.755	920373.657	326.745	CR
332	973774.764	920378.017	325.962	CR
333	973770.758	920381.201	325.621	ARBOL
334	973768.417	920382.442	325.431	CR
335	973767.975	920383.142	325.426	ARBOL
336	973765.631	920384.883	325.283	ARBOL
337	973765.351	920385.489	325.224	ARBOL
338	973762.303	920386.511	324.837	CR
339	973760.377	920387.667	324.549	POST
340	973755.131	920392.331	324.213	PARA
341	973772.647	920381.822	325.582	CARRE
342	973774.908	920384.495	325.628	CARRE
343	973776.183	920385.907	325.608	CARRE
344	973781.909	920382.422	326.199	POST
345	973781.582	920381.620	326.242	CARRE
346	973780.212	920379.347	326.271	CARRE
347	973778.917	920377.214	326.144	CARRE
348	973787.275	920371.198	327.443	CARRE
349	973789.453	920373.608	327.629	CARRE
350	973791.457	920376.224	327.559	CARRE
351	973797.423	920371.755	328.673	CARRE
352	973795.640	920368.611	328.806	CARRE
353	973794.247	920366.084	328.787	CARRE
354	973803.628	920360.135	330.390	CARRE
355	973805.287	920362.289	330.569	CARRE
356	973806.739	920364.036	330.500	CARRE
357	973812.561	920359.976	331.539	CARRE
358	973811.357	920357.969	331.592	CARRE
359	973810.142	920355.985	331.443	CARRE
360	973808.381	920353.070	333.849	CR
361	973813.634	920350.390	333.528	CR
362	973818.073	920348.003	333.492	CR
363	973821.806	920346.000	333.766	CR
364	973825.771	920344.130	334.042	CR

## DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

365	973830.693	920341.911	334.143	CR
366	973835.351	920340.000	334.184	CR
367	973835.530	920340.313	334.176	POST
368	973840.075	920337.529	333.963	CR
369	973845.256	920335.193	334.040	ARBOL
370	973844.509	920334.968	333.827	CR
371	973849.056	920332.415	333.864	CR
372	973854.266	920330.428	334.212	ARBOL
373	973853.271	920330.096	333.831	CR
374	973854.857	920331.676	334.291	CARRE
375	973855.870	920333.861	334.359	CARRE
376	973857.051	920335.781	334.386	CARRE
377	973850.619	920339.602	334.334	CARRE
378	973849.282	920337.722	334.258	CARRE
379	973847.746	920335.464	334.090	CARRE
380	973840.779	920339.641	334.004	CARRE
381	973841.682	920342.024	334.065	CARRE
382	973842.499	920344.168	334.124	CARRE
383	973834.788	920348.192	333.739	CARRE
384	973833.386	920345.878	333.742	CARRE
385	973832.185	920343.758	333.619	CARRE
386	973826.024	920347.078	333.232	CARRE
387	973826.912	920349.370	333.288	CARRE
388	973827.603	920352.228	333.142	CARRE
389	973821.199	920355.278	332.593	CARRE
390	973819.698	920352.915	332.642	CARRE
391	973818.198	920351.094	332.504	CARRE
392	973813.432	920353.704	331.907	CARRE
393	973814.239	920356.203	331.986	CARRE
394	973815.328	920358.631	331.866	CARRE
395	974039.035	920216.698	341.240	DEL
396	974038.621	920216.715	340.992	CARRE
397	974039.657	920218.516	341.018	CARRE
398	974040.693	920220.012	340.965	CARRE
399	974032.624	920225.492	340.569	CARRE
400	974031.517	920223.770	340.607	CARRE
401	974030.326	920221.897	340.658	CARRE
402	974022.429	920226.966	340.042	CARRE
403	974023.338	920228.905	339.997	CARRE
404	974024.229	920230.641	339.952	CARRE
405	974015.672	920235.849	339.413	CARRE

## DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

406	974014.310	920234.047	339.423	CARRE
407	974013.392	920232.423	339.466	CARRE
408	974005.311	920237.629	339.061	CARRE
409	974006.643	920239.750	339.131	CARRE
410	974007.767	920241.352	339.098	CARRE
411	973997.572	920248.099	338.848	CARRE
412	973996.165	920246.280	338.875	CARRE
413	973995.040	920244.576	338.786	CARRE
414	973985.042	920250.354	338.786	CARRE
415	973986.479	920252.778	338.851	CARRE
416	973987.492	920254.591	338.817	CARRE
417	973979.755	920259.522	338.840	CARRE
418	973978.562	920257.712	338.868	CARRE
419	973977.389	920255.638	338.821	CARRE
420	973968.126	920261.149	338.784	CARRE
421	973969.370	920263.548	338.828	CARRE
422	973970.411	920265.243	338.834	CARRE
423	973964.142	920269.642	338.826	CARRE
424	973962.768	920267.680	338.803	CARRE
425	973960.974	920265.267	338.608	CARRE
426	973951.749	920271.048	338.686	CARRE
427	973953.047	920273.652	338.798	CARRE
428	973954.258	920275.953	338.790	CARRE
429	973943.540	920282.014	338.957	CARRE
430	973942.217	920279.753	338.927	CARRE
431	973940.901	920277.748	338.810	CARRE
432	973930.044	920284.403	338.829	CARRE
433	973931.141	920286.286	338.867	CARRE
434	973931.908	920288.072	338.844	CARRE
435	973924.397	920292.359	338.322	CARRE
436	973923.229	920290.787	338.318	CARRE
437	973922.093	920288.936	338.312	CARRE
438	973915.510	920292.991	337.708	CARRE
439	973916.658	920294.694	337.767	CARRE
440	973917.784	920296.450	337.674	CARRE
441	973907.980	920303.055	336.916	CARRE
442	973906.823	920301.013	336.954	CARRE
443	973905.853	920299.534	336.901	CARRE
444	973896.705	920305.288	336.462	CARRE
445	973898.025	920307.225	336.496	CARRE
446	973898.951	920308.910	336.432	CARRE

## DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

447	973888.703	920315.274	335.872	CARRE
448	973887.521	920313.415	335.920	CARRE
449	973886.210	920311.709	335.964	CARRE
450	973877.053	920317.585	335.203	CARRE
451	973878.079	920319.417	335.256	CARRE
452	973879.350	920321.375	335.207	CARRE
453	973869.675	920327.650	334.671	CARRE
454	973868.431	920325.418	334.736	CARRE
455	973867.045	920323.404	334.642	CARRE
456	973857.738	920329.454	334.308	CARRE
457	973859.072	920331.547	334.461	CARRE
458	973860.228	920333.407	334.454	CARRE
459	973862.805	920324.303	334.348	CR
460	973862.085	920325.372	334.471	ARBOL
461	973867.257	920321.875	334.538	CR
462	973871.108	920320.103	334.874	ARBOL
463	973872.036	920319.004	334.984	CR
464	973878.707	920315.597	335.525	POST
465	973879.157	920314.800	335.583	CR
466	973884.078	920312.175	335.854	CR
467	973890.142	920308.340	336.346	CR
468	973896.858	920303.966	336.543	CR
469	973903.379	920299.635	336.835	CR
470	973909.854	920295.128	337.302	CR
471	973916.388	920290.815	338.090	CR
472	973921.461	920287.630	338.946	CR
473	973924.959	920285.797	339.008	POST
474	973930.787	920281.797	338.931	CR
475	973937.042	920277.766	338.817	CR
476	973937.974	920277.849	339.119	ARBOL
477	973938.635	920277.412	339.014	ARBOL
478	973943.312	920273.924	338.156	CR
479	973948.258	920271.122	338.206	CR
480	973953.729	920268.229	338.211	CR
481	973953.822	920268.194	338.235	PARA
482	973962.176	920262.867	338.467	PARA
483	973962.652	920262.994	338.504	ARBOL
484	973966.336	920260.977	338.685	ARBOL
485	973967.546	920260.600	338.687	POST
486	973966.987	920260.457	338.646	CR
487	973977.018	920254.123	338.635	CR



## DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

488	973986.092	920248.200	338.609	CR
489	973996.303	920242.112	338.803	CR
490	974002.318	920238.498	339.078	CR
491	974004.701	920237.125	339.186	POST
492	974009.062	920234.125	339.477	CR
493	974016.150	920229.512	339.932	CR
494	974026.217	920223.266	340.512	CR
495	974023.858	920231.785	339.947	POST
496	974022.630	920233.012	339.530	CR
497	974015.908	920237.148	339.537	CR
498	974009.374	920241.558	339.089	ARBOL
499	974005.196	920244.596	338.785	CR
500	973998.588	920248.507	338.689	POST
501	973998.056	920249.232	338.590	CR
502	973992.125	920253.137	338.573	CR
503	973985.551	920257.238	338.784	CR
504	973979.285	920261.099	338.905	POST
505	973971.687	920265.511	338.855	POST
506	973970.067	920267.071	338.960	CR
507	973963.329	920271.729	338.636	CR
508	973945.054	920282.904	338.966	CR
509	973944.112	920282.984	339.025	POST
510	973939.704	920285.911	339.046	CR
511	973934.298	920288.905	338.900	CR
512	973933.578	920288.245	338.952	POST
513	973926.233	920293.522	338.583	CR
514	973921.091	920296.535	338.147	CR
515	974041.171	920220.877	340.973	ARBOL
516	974041.235	920221.528	340.796	CR
517	974035.177	920225.336	340.540	CR
518	974028.891	920229.161	340.299	CR
519	974030.009	920220.982	340.679	CR
520	974033.393	920218.843	340.926	CR
521	974034.119	920218.644	340.976	POST
522	974037.266	920216.562	341.003	CR
523	974044.768	920211.886	341.237	CR
524	974054.518	920205.913	341.152	CR
525	974062.772	920200.549	341.281	CR
526	974062.879	920200.367	341.300	PARA
527	974104.062	920175.357	342.139	PARA
528	974104.181	920176.003	342.132	CARRE

## DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

529	974105.043	920178.021	342.152	CARRE
530	974106.001	920179.642	342.152	CARRE
531	974105.993	920179.633	342.156	CARRE
532	974106.202	920180.722	342.493	CR
533	974100.767	920183.634	342.323	POST
534	974098.931	920183.837	342.184	CARRE
535	974097.772	920182.243	342.189	CARRE
536	974096.689	920180.774	342.099	CARRE
537	974088.466	920185.644	341.887	CARRE
538	974089.455	920187.399	341.896	CARRE
539	974090.443	920189.339	341.898	CARRE
540	974090.858	920190.392	342.087	CR
541	974082.396	920195.890	342.127	CR
542	974081.793	920195.081	341.651	CARRE
543	974080.381	920193.230	341.591	CARRE
544	974078.953	920191.448	341.583	CARRE
545	974074.179	920194.340	341.481	CARRE
546	974075.183	920196.137	341.493	CARRE
547	974076.289	920198.197	341.451	CARRE
548	974077.170	920198.519	341.454	POST
549	974075.823	920199.495	341.525	POST
550	974070.759	920202.840	341.401	ARBOL
551	974069.303	920204.288	341.283	CR
552	974071.819	920200.942	341.379	CARRE
553	974070.462	920199.200	341.417	CARRE
554	974069.104	920197.456	341.426	CARRE
555	974060.615	920203.194	341.339	CARRE
556	974061.681	920205.270	341.334	CARRE
557	974062.586	920207.051	341.311	CARRE
558	974062.999	920208.083	341.267	CR
559	974055.667	920212.542	341.225	CR
560	974054.743	920211.741	341.307	CARRE
561	974053.503	920209.896	341.316	CARRE
562	974052.301	920207.992	341.294	CARRE
563	974043.992	920213.169	341.187	CARRE
564	974045.094	920215.145	341.160	CARRE
565	974046.043	920216.909	341.110	CARRE
566	974046.274	920218.195	340.945	CR
567	974051.402	920214.838	341.384	POST
568	974143.627	920156.133	341.675	DEL
569	974109.299	920172.977	341.931	CARRE

## DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

570	974110.606	920174.800	342.143	CARRE
571	974111.785	920176.269	342.164	CARRE
572	974110.179	920178.139	342.182	POST
573	974115.906	920174.800	341.074	CR
574	974112.339	920170.483	342.119	PARA
575	974116.513	920168.733	342.114	CARRE
576	974117.663	920170.369	342.205	CARRE
577	974118.702	920171.955	342.148	CARRE
578	974121.201	920171.468	342.220	CR
579	974125.492	920168.599	342.027	POST
580	974124.943	920162.480	342.079	PARA
581	974125.363	920163.000	342.096	CARRE
582	974126.627	920164.803	342.119	CARRE
583	974127.512	920166.274	342.099	CARRE
584	974131.283	920165.359	342.123	CR
585	974135.113	920161.531	341.929	CARRE
586	974134.169	920159.645	342.022	CARRE
587	974133.539	920157.941	342.027	CARRE
588	974139.332	920154.316	341.889	CARRE
589	974140.484	920155.999	341.806	CARRE
590	974141.331	920157.750	341.664	CARRE
591	974140.950	920159.148	342.055	CR
592	974140.563	920152.415	341.886	CR
593	974144.153	920156.794	341.735	POST
594	974149.523	920154.094	341.241	CR
595	974146.890	920149.231	341.438	CR
596	974147.274	920150.192	341.249	CARRE
597	974148.074	920151.747	341.221	CARRE
598	974148.750	920153.240	341.149	CARRE
599	974144.375	920155.544	341.511	CARRE
600	974143.559	920153.808	341.635	CARRE
601	974143.052	920151.850	341.625	CARRE
602	974146.122	920148.858	341.771	GAS
603	974144.615	920149.883	341.558	CARRE
604	974142.742	920150.961	341.657	CARRE
605	974141.046	920152.132	341.760	CARRE
606	974137.535	920145.657	341.911	CARRE
607	974138.896	920144.795	341.832	CARRE
608	974140.512	920143.654	341.752	CARRE
609	974136.820	920145.816	341.982	CR
610	974142.198	920143.330	342.021	CR

## DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

611	974151.593	920147.673	340.760	CARRE
612	974152.285	920149.291	340.785	CARRE
613	974153.233	920150.852	340.655	CARRE
614	974154.178	920151.487	340.801	CR
615	974150.874	920147.085	340.768	CR
616	974162.137	920146.181	340.091	CR
617	974159.301	920141.711	340.187	CR
618	974159.603	920142.253	340.225	CARRE
619	974160.740	920144.027	340.196	CARRE
620	974161.648	920145.585	340.162	CARRE
621	974169.105	920141.613	339.869	CR
622	974165.891	920137.063	339.914	CR
623	974166.354	920137.694	340.042	CARRE
624	974167.527	920139.470	339.998	CARRE
625	974168.528	920140.920	339.957	CARRE
626	974172.481	920139.388	339.406	CR
627	974172.351	920139.170	339.888	CUNT
628	974172.153	920138.863	339.814	CUNT
629	974171.958	920138.548	339.890	CUNT
630	974171.039	920137.100	339.910	EJE
631	974169.846	920135.566	339.916	CUNT
632	974169.656	920135.259	339.855	CUNT
633	974169.458	920134.942	339.976	CUNT
634	974178.054	920135.979	339.869	CR
635	974177.833	920135.626	339.832	CUNT
636	974177.678	920135.259	339.740	CUNT
637	974177.446	920134.978	339.825	CUNT
638	974176.538	920133.423	339.829	EJE
639	974175.707	920131.826	339.849	CUNT
640	974175.513	920131.518	339.750	CUNT
641	974175.360	920131.203	339.849	CUNT
642	974175.003	920130.595	339.710	CR

# DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

## ARCHIVO CRUDO ESTACION TOPOGRAFICA

'1\_(DEL\_)1.472\_+2\_ U+73205501+20114417+00329614m+2240811d104\_\*DEL\_,1.410\_+3\_  
U+73549566+20434473+00327310m+0383807d103\_\*DEL\_,1.410\_'3\_(DEL\_)1.560\_+1\_  
U+73468929+20370020+00327381m+2183807d111\_\*DEL\_,1.410\_+4\_  
U+73573848+20502919+00324150m+0702803d102\_\*DEL\_,1.410\_'4\_(DEL\_)1.441\_+3\_  
U+73549565+20434471+00327309m+2502802d102\_\*DEL\_,1.410\_+5\_  
U+73650233+20454270+00323139m+3273026d099\_\*DEL\_,1.410\_+6\_  
U+73585320+20524925+00323030m+0622800d097\_\*BV\_,1.410\_+7\_  
U+73586162+20524469+00323073m+0601517d110\_\*LB\_,1.410\_+8\_  
U+73583319+20519043+00323270m+0593412d106\_\*LB\_,1.410\_+9\_  
U+73582461+20519446+00323244m+0622826d103\_\*BV\_,1.410\_+10\_  
U+73579557+20514133+00323456m+0630102d100\_\*BV\_,1.410\_+11\_  
U+73580522+20513695+00323491m+0581346d108\_\*LB\_,1.410\_+12\_  
U+73577939+20508709+00323785m+0544515d099\_\*LB\_,1.410\_+13\_  
U+73576948+20509164+00323750m+0633556d100\_\*BV\_,1.410\_+14\_  
U+73571870+20497090+00324477m+2511514d099\_\*LB\_,1.410\_+15\_  
U+73570935+20497511+00324432m+2414138d097\_\*BV\_,1.410\_+16\_  
U+73568284+20492459+00324752m+2415920d100\_\*BV\_,1.410\_+17\_  
U+73569244+20492081+00324773m+2465910d111\_\*LB\_,1.410\_+18\_  
U+73566267+20486387+00325083m+2452153d099\_\*LB\_,1.410\_+19\_  
U+73565416+20486842+00325052m+2421927d097\_\*BV\_,1.410\_+20\_  
U+73569784+20484699+00325119m+2572530d108\_\*EJE\_,1.410\_+21\_  
U+73572795+20490415+00324799m+2651105d106\_\*EJE\_,1.410\_+22\_  
U+73575380+20495381+00324499m+2812910d100\_\*EJE\_,1.410\_+23\_  
U+73578342+20501085+00324189m+3374756d110\_\*EJE\_,1.410\_+24\_  
U+73581484+20507084+00323832m+0283622d100\_\*EJE\_,1.410\_+25\_  
U+73583889+20511761+00323567m+0412206d109\_\*EJE\_,1.410\_+26\_  
U+73586754+20517221+00323317m+0475619d106\_\*EJE\_,1.410\_+27\_  
U+73589533+20522605+00323136m+0512714d111\_\*EJE\_,1.410\_+28\_  
U+73592922+20520855+00323088m+0431420d096\_\*LB\_,1.410\_+29\_  
U+73593844+20520441+00323060m+0411336d109\_\*BV\_,1.410\_+30\_  
U+73591020+20514959+00323224m+0350208d106\_\*BV\_,1.410\_+31\_  
U+73590132+20515454+00323257m+0373514d103\_\*LB\_,1.410\_+32\_  
U+73587329+20510087+00323507m+0275956d105\_\*LB\_,1.410\_+33\_  
U+73588184+20509605+00323483m+0250012d100\_\*BV\_,1.410\_+34\_  
U+73585766+20504893+00323732m+0092422d109\_\*BV\_,1.410\_+35\_  
U+73584910+20505290+00323785m+0120558d099\_\*LB\_,1.410\_+36\_  
U+73581711+20499202+00324155m+3344147d099\_\*LB\_,1.410\_+37\_  
U+73582781+20498648+00324104m+3342641d097\_\*BV\_,1.410\_+38\_  
U+73579678+20493084+00324406m+3003928d110\_\*BV\_,1.410\_+39\_  
U+73578839+20493556+00324454m+2980334d109\_\*LB\_,1.410\_+40\_

## DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

U+73576225+20488551+00324718m+2792342d110\_\*LB\_,1.410\_+41\_  
U+73577020+20488182+00324655m+2820852d102\_\*BV\_,1.410\_+42\_  
U+73573993+20482407+00325015m+2702416d097\_\*BV\_,1.410\_+43\_  
U+73573196+20482705+00325048m+2680908d108\_\*LB\_,1.410\_+44\_  
U+73579299+20480243+00325088m+2833104d097\_\*CRV\_,1.410\_+45\_  
U+73582602+20485391+00324665m+2963219d103\_\*CRV\_,1.410\_+46\_  
U+73586569+20491998+00324198m+3192114d103\_\*CRV\_,1.410\_+47\_  
U+73586894+20492004+00324261m+3200454d107\_\*POST\_,1.410\_+48\_  
U+73588794+20497092+00324187m+3384201d096\_\*POST\_,1.410\_+49\_  
U+73592337+20506254+00323632m+0101334d098\_\*HIDRA\_,1.410\_+50\_  
U+73597484+20513190+00323070m+0232914d108\_\*MLL\_,1.410\_+51\_  
U+73594694+20507733+00323334m+0130015d108\_\*MLL\_,1.410\_+52\_  
U+73591883+20502281+00323774m+3575827d103\_\*MLL\_,1.410\_+53\_  
U+73591289+20500647+00323840m+3523440d109\_\*CR\_,1.410\_+54\_  
U+73598671+20495931+00324001m+3441641d104\_\*CR\_,1.410\_+55\_  
U+73604267+20492394+00323992m+3405448d096\_\*CR\_,1.410\_+56\_  
U+73612859+20487418+00323881m+3381947d109\_\*CR\_,1.410\_+57\_  
U+73621646+20482064+00323661m+3362540d097\_\*CR\_,1.410\_+58\_  
U+73630227+20476578+00323680m+3345727d104\_\*CR\_,1.410\_+59\_  
U+73638556+20471104+00323335m+3334906d105\_\*CR\_,1.410\_+60\_  
U+73647713+20465436+00322878m+3330539d100\_\*CR\_,1.410\_+61\_  
U+73654320+20462499+00322753m+3331949d108\_\*CR\_,1.410\_+62\_  
U+73633296+20471207+00323373m+3315521d097\_\*POST\_,1.410\_+63\_  
U+73629352+20466461+00323348m+3264203d107\_\*CRV\_,0.100\_+64\_  
U+73623366+20470199+00323670m+3263240d109\_\*CRV\_,0.100\_+65\_  
U+73616689+20473852+00323759m+3255038d096\_\*CRV\_,0.100\_+66\_  
U+73607964+20479216+00323919m+3251234d108\_\*CRV\_,0.100\_+67\_  
U+73599654+20484274+00324125m+3240906d104\_\*CRV\_,0.100\_+68\_  
U+73591531+20489250+00324128m+3221744d105\_\*CRV\_,0.100\_+69\_  
U+73596454+20518572+00323070m+0344156d109\_\*TN\_,1.410\_+70\_  
U+73593512+20513619+00323257m+0283307d101\_\*TN\_,1.410\_+71\_  
U+73590511+20507954+00323549m+0164844d104\_\*TN\_,1.410\_+72\_  
U+73588049+20503284+00323755m+0012822d100\_\*TN\_,1.410\_+73\_  
U+73584800+20497484+00324163m+3333623d111\_\*TN\_,1.410\_+74\_  
U+73581963+20492052+00324391m+3064504d108\_\*TN\_,1.410\_+75\_  
U+73579069+20486822+00324701m+2875815d107\_\*TN\_,1.410\_+76\_  
U+73576098+20480988+00324989m+2755128d105\_\*TN\_,1.410\_+77\_  
U+73586623+20497855+00324053m+3382238d100\_\*REGIS\_,1.410\_+78\_  
U+73591403+20498914+00323846m+3470900d104\_\*VALLA\_,1.410\_+79\_  
U+73596112+20496441+00323837m+3434634d103\_\*VALLA\_,1.410\_+80\_  
U+73588606+20496505+00324151m+3363030d098\_\*CARRE\_,1.410\_+81\_  
U+73587538+20494849+00324169m+3292856d104\_\*EJE\_,1.410\_+82\_  
U+73586567+20493167+00324204m+3223112d106\_\*CARRE\_,1.410\_+83\_  
U+73598144+20486132+00323980m+3252131d099\_\*CARRE\_,1.410\_+84\_

## DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

U+73599258+20488178+00324105m+3295251d096\_\*CARRE\_,1.410\_+85\_  
U+73600290+20489949+00324046m+3335220d103\_\*CARRE\_,1.410\_+86\_  
U+73612721+20482330+00323956m+3320530d105\_\*CARRE\_,1.410\_+87\_  
U+73611680+20480807+00323891m+3294141d107\_\*CARRE\_,1.410\_+88\_  
U+73610442+20478753+00323832m+3263338d098\_\*CARRE\_,1.410\_+89\_  
U+73623029+20471252+00323566m+3271322d098\_\*CARRE\_,1.410\_+90\_  
U+73624183+20473242+00323602m+3292838d107\_\*CARRE\_,1.410\_+91\_  
U+73625284+20475008+00323665m+3313052d105\_\*CARRE\_,1.410\_+92\_  
U+73633588+20470005+00323381m+3310850d107\_\*CARRE\_,1.410\_+93\_  
U+73632432+20468026+00323399m+3291319d101\_\*CARRE\_,1.410\_+94\_  
U+73631259+20466050+00323359m+3271731d110\_\*CARRE\_,1.410\_+95\_  
U+73640134+20461409+00323207m+3275639d104\_\*CARRE\_,1.410\_+96\_  
U+73641064+20463480+00323199m+3293551d111\_\*CARRE\_,1.410\_+97\_  
U+73642099+20465482+00323166m+3311515d097\_\*CARRE\_,1.410\_'5\_(DEL\_)1.467\_+4\_  
U+73573847+20502920+00324153m+1473026d107\_\*DEL\_,1.410\_+98\_  
U+73688914+20467470+00322073m+0185034d106\_\*DEL\_,1.410\_+99\_  
U+73629562+20465508+00323680m+1512808d103\_\*CRV\_,1.410\_+100\_  
U+73629628+20465282+00323632m+1515243d100\_\*POST\_,1.410\_+101\_  
U+73629779+20465100+00323552m+1520557d105\_\*PARA\_,1.410\_+102\_  
U+73639214+20459752+00323330m+1533255d109\_\*PARA\_,1.410\_+103\_  
U+73636628+20454873+00323916m+1772747d103\_\*PARA\_,1.410\_+104\_  
U+73640242+20454072+00324021m+1810816d109\_\*PARA\_,1.410\_+105\_  
U+73649880+20449068+00324165m+2660705d097\_\*PARA\_,1.410\_+106\_  
U+73652067+20452889+00323122m+3230140d100\_\*PARA\_,1.410\_+107\_  
U+73660996+20448664+00323257m+3322911d107\_\*PARA\_,1.410\_+108\_  
U+73670951+20443791+00324494m+3331015d096\_\*PARA\_,1.410\_+109\_  
U+73671539+20445034+00324390m+3363349d099\_\*PORT\_,1.410\_+110\_  
U+73672722+20448075+00324309m+3443553d104\_\*PORT\_,1.410\_+111\_  
U+73675910+20455913+00322514m+0033944d099\_\*PARA\_,1.410\_+112\_  
U+73674045+20455123+00322590m+0020306d098\_\*ARBOL\_,1.410\_+113\_  
U+73672364+20450326+00323987m+3495343d101\_\*ARBOL\_,1.410\_+114\_  
U+73672730+20447443+00324431m+3430708d097\_\*ENTRA\_,1.410\_+115\_  
U+73671866+20445442+00324454m+3374759d109\_\*ENTRA\_,1.410\_+116\_  
U+73664630+20447322+00323538m+3341414d103\_\*ENTRA\_,1.410\_+117\_  
U+73665356+20449368+00323431m+3420227d109\_\*ENTRA\_,1.410\_+118\_  
U+73661813+20451450+00322940m+3461847d101\_\*ENTRA\_,1.410\_+119\_  
U+73656957+20452453+00322787m+3445244d106\_\*ENTRA\_,1.410\_+120\_  
U+73642048+20455261+00323926m+1730543d111\_\*ARBOL\_,1.410\_+121\_  
U+73641145+20456069+00323697m+1684806d110\_\*ARBOL\_,1.410\_+122\_  
U+73648981+20463660+00322989m+0973537d102\_\*CARRE\_,1.410\_+123\_  
U+73647860+20460767+00323038m+1100354d110\_\*CARRE\_,1.410\_+124\_  
U+73646508+20457826+00323129m+1362004d099\_\*CARRE\_,1.410\_+125\_  
U+73652766+20454919+00322987m+0142238d099\_\*CARRE\_,1.410\_+126\_  
U+73653633+20458371+00322936m+0502034d111\_\*CARRE\_,1.410\_+127\_

## DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

U+73654329+20461120+00322835m+0590727d102\_\*CARRE\_,1.410\_+128\_  
U+73657733+20460670+00322741m+0402832d100\_\*CARRE\_,1.410\_+129\_  
U+73657114+20457273+00322836m+0233435d100\_\*CARRE\_,1.410\_+130\_  
U+73656264+20453938+00322866m+3565100d096\_\*CARRE\_,1.410\_+131\_  
U+73660943+20453003+00322744m+3531519d104\_\*CARRE\_,1.410\_+132\_  
U+73660838+20457081+00322718m+0145043d108\_\*CARRE\_,1.410\_+133\_  
U+73660727+20460602+00322624m+0310623d104\_\*CARRE\_,1.410\_+134\_  
U+73663853+20461157+00322458m+0264926d096\_\*CARRE\_,1.410\_+135\_  
U+73664297+20457360+00322615m+0122330d097\_\*CARRE\_,1.410\_+136\_  
U+73664154+20452943+00322700m+3543321d102\_\*CARRE\_,1.410\_+137\_  
U+73667504+20453595+00322642m+3574546d102\_\*CARRE\_,1.410\_+138\_  
U+73666294+20457987+00322561m+0130145d096\_\*CARRE\_,1.410\_+139\_  
U+73665525+20461658+00322399m+0254712d098\_\*CARRE\_,1.410\_+140\_  
U+73670830+20462840+00322283m+0223525d103\_\*CARRE\_,1.410\_+141\_  
U+73671808+20459322+00322432m+0131047d103\_\*CARRE\_,1.410\_+142\_  
U+73672254+20456192+00322479m+0045917d096\_\*CARRE\_,1.410\_+143\_  
U+73675575+20457385+00322319m+0070031d108\_\*CARRE\_,1.410\_+144\_  
U+73674948+20461166+00322366m+0153528d096\_\*CARRE\_,1.410\_+145\_  
U+73674518+20464045+00322307m+0215531d098\_\*CARRE\_,1.410\_+146\_  
U+73679807+20465390+00322290m+0203624d105\_\*CARRE\_,1.410\_+147\_  
U+73679989+20461472+00322263m+0133623d106\_\*CARRE\_,1.410\_+148\_  
U+73680134+20458277+00322150m+0073755d109\_\*CARRE\_,1.410\_+149\_  
U+73684803+20459037+00322082m+0075107d106\_\*CARRE\_,1.410\_+150\_  
U+73684578+20462559+00322166m+0133406d098\_\*CARRE\_,1.410\_+151\_  
U+73684866+20465750+00322169m+0182017d109\_\*CARRE\_,1.410\_+152\_  
U+73689509+20465178+00322056m+0153115d106\_\*CARRE\_,1.410\_+153\_  
U+73692624+20464052+00321981m+0125939d099\_\*CARRE\_,1.410\_+154\_  
U+73690202+20460846+00322092m+0092034d105\_\*CARRE\_,1.410\_+155\_  
U+73687866+20458504+00322029m+0062509d099\_\*CARRE\_,1.410\_+156\_  
U+73688806+20458186+00322032m+0054751d100\_\*CARRE\_,1.410\_+157\_  
U+73689664+20457304+00322029m+0042400d098\_\*CARRE\_,1.410\_+158\_  
U+73691950+20460505+00322087m+0083001d108\_\*CARRE\_,1.410\_+159\_  
U+73694017+20463084+00321937m+0112255d103\_\*CARRE\_,1.410\_+160\_  
U+73694557+20463354+00321947m+0113455d104\_\*CR\_,1.410\_+161\_  
U+73691931+20465080+00321996m+0143200d098\_\*CR\_,1.410\_+162\_  
U+73688260+20466111+00322153m+0171747d106\_\*CR\_,1.410\_+163\_  
U+73684740+20466628+00322164m+0194215d097\_\*CR\_,1.410\_+164\_  
U+73677923+20466059+00322152m+0230344d107\_\*CR\_,1.410\_+165\_  
U+73671007+20464360+00322351m+0255424d106\_\*CR\_,1.410\_+166\_  
U+73667479+20463195+00322415m+0272137d106\_\*CR\_,1.410\_+167\_  
U+73664259+20462433+00322431m+0301155d098\_\*CR\_,1.410\_+168\_  
U+73660495+20461866+00322593m+0363033d099\_\*CR\_,1.410\_+169\_  
U+73657648+20461733+00322604m+0451109d105\_\*CR\_,1.410\_+170\_+2\_  
U+73650233+20454270+00323138m+1985033d102\_\*DEL\_,1.410\_+3\_



## DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

U+73708521+20426489+00321471m+2953405d104\_\*DEL\_,1.410\_+4\_  
U+73699135+20438988+00321914m+2894427d103\_\*PARA\_,1.410\_+5\_  
U+73687758+20456706+00322170m+2635214d111\_\*PARA\_,1.410\_+6\_  
U+73687997+20457054+00322116m+2645813d105\_\*POST\_,1.410\_+7\_  
U+73694435+20463453+00321934m+3235735d104\_\*CR\_,1.410\_+8\_  
U+73696668+20460418+00321945m+3174242d105\_\*CR\_,1.410\_+9\_  
U+73700736+20454420+00321924m+3121023d099\_\*CR\_,1.410\_+10\_  
U+73704710+20448296+00321928m+3092855d105\_\*CR\_,1.410\_+11\_  
U+73708532+20442899+00321654m+3083620d096\_\*CR\_,1.410\_+12\_  
U+73713552+20434842+00321639m+3070325d108\_\*CR\_,1.410\_+13\_  
U+73716184+20431157+00321650m+3065419d109\_\*CR\_,1.410\_+14\_  
U+73713226+20429870+00321734m+3025310d111\_\*CARRE\_,1.410\_+15\_  
U+73711111+20428763+00321716m+2994957d109\_\*CARRE\_,1.410\_+16\_  
U+73709379+20427790+00321610m+2971657d104\_\*CARRE\_,1.410\_+17\_  
U+73704671+20434623+00321553m+2953740d096\_\*CARRE\_,1.410\_+18\_  
U+73707439+20436329+00321678m+3004451d099\_\*CARRE\_,1.410\_+19\_  
U+73709992+20437770+00321658m+3052146d106\_\*CARRE\_,1.410\_+20\_  
U+73704879+20446029+00321785m+3064017d111\_\*CARRE\_,1.410\_+21\_  
U+73701418+20444302+00321833m+2982119d100\_\*CARRE\_,1.410\_+22\_  
U+73698982+20442796+00321782m+2921146d098\_\*CARRE\_,1.410\_+23\_  
U+73694004+20450607+00321954m+2864747d097\_\*CARRE\_,1.410\_+24\_  
U+73697014+20452638+00321993m+2983821d097\_\*CARRE\_,1.410\_+25\_  
U+73699280+20454452+00321926m+3083140d096\_\*CARRE\_,1.410\_+26\_  
U+73695966+20459880+00321999m+3125351d106\_\*CARRE\_,1.410\_+27\_  
U+73692947+20457634+00322058m+2921743d108\_\*CARRE\_,1.410\_+28\_  
U+73690768+20456054+00322030m+2791332d101\_\*CARRE\_,1.410\_+29\_  
U+73689361+20457684+00322037m+2723700d097\_\*CARRE\_,1.410\_+30\_  
U+73691610+20460362+00322092m+2904625d096\_\*CARRE\_,1.410\_+31\_  
U+73690376+20461178+00322091m+2830444d108\_\*CARRE\_,1.410\_+32\_  
U+73693039+20463510+00321971m+3160957d105\_\*CARRE\_,1.410\_+33\_  
U+73694560+20461976+00321956m+3154643d097\_\*CARRE\_,1.410\_'3\_(DEL\_)1.604\_+1\_  
U+73688915+20467468+00322072m+1153406d108\_\*DEL\_,1.410\_+34\_  
U+73695274+20435970+00323247m+1442433d105\_\*PARA\_,1.410\_+35\_  
U+73701069+20433614+00321663m+1361705d096\_\*ARBOL\_,1.410\_+36\_  
U+73700367+20432170+00321844m+1450757d097\_\*ARBOL\_,1.410\_+37\_  
U+73702082+20427466+00321547m+1712234d102\_\*ARBOL\_,1.410\_+38\_  
U+73699773+20427827+00321662m+1711812d108\_\*PARA\_,1.410\_+39\_  
U+73699537+20422167+00321542m+2054132d105\_\*PARA\_,1.410\_+40\_  
U+73708853+20421155+00321538m+2733325d098\_\*PARA\_,1.410\_+41\_  
U+73710569+20416666+00321516m+2814632d105\_\*ARBOL\_,1.410\_+42\_  
U+73712682+20418530+00321696m+2973554d107\_\*ARBOL\_,1.410\_+43\_  
U+73809510+20362541+00330824m+3273926d110\_\*DEL\_,1.410\_+44\_  
U+73806285+20365658+00330655m+3280633d105\_\*CR\_,1.410\_+45\_  
U+73806657+20366448+00330783m+3283228d101\_\*CR\_,1.410\_+46\_

## DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

U+73801572+20370445+00329590m+3285623d109\_\*CR\_,0.100\_+47\_  
U+73796461+20374133+00328236m+3291355d100\_\*CR\_,0.100\_+48\_  
U+73791064+20378282+00327175m+3294251d108\_\*CR\_,1.410\_+49\_  
U+73782965+20384190+00325632m+3302342d110\_\*CR\_,1.410\_+50\_  
U+73781803+20382703+00326031m+3290829d108\_\*POST\_,1.410\_+51\_  
U+73777657+20388422+00325085m+3310945d110\_\*CR\_,1.410\_+52\_  
U+73768959+20394999+00324304m+3322846d105\_\*CR\_,1.410\_+53\_  
U+73764068+20398704+00323828m+3332531d102\_\*CR\_,1.410\_+54\_  
U+73759647+20401714+00323723m+3340845d106\_\*CR\_,1.410\_+55\_  
U+73758174+20399543+00324049m+3313042d111\_\*POST\_,1.410\_+56\_  
U+73756405+20393506+00324122m+3252626d101\_\*POST\_,1.410\_+57\_  
U+73756077+20393212+00324177m+3250105d098\_\*PARA\_,1.410\_+58\_  
U+73750531+20407190+00323361m+3351933d111\_\*CR\_,1.410\_+59\_  
U+73744340+20410599+00322960m+3360436d097\_\*CR\_,1.410\_+60\_  
U+73738341+20402437+00322831m+3210643d110\_\*PARA\_,1.410\_+61\_  
U+73734963+20404091+00322700m+3194357d100\_\*PARA\_,1.410\_+62\_  
U+73738141+20414092+00322637m+3371718d097\_\*CR\_,1.410\_+63\_  
U+73731575+20417900+00322242m+3393401d107\_\*CR\_,1.410\_+64\_  
U+73730092+20416316+00322483m+3344506d109\_\*POST\_,1.410\_+65\_  
U+73726521+20421092+00321832m+3431829d108\_\*CR\_,1.410\_+66\_  
U+73726744+20420277+00321988m+3411029d111\_\*ARBOL\_,1.410\_+67\_  
U+73717450+20415091+00321968m+3080423d107\_\*PARA\_,1.410\_+68\_  
U+73718175+20416451+00321977m+3135301d107\_\*POST\_,1.410\_+69\_  
U+73717717+20416126+00321973m+3113501d101\_\*POST\_,1.410\_+70\_  
U+73721459+20420989+00322094m+3365814d104\_\*GAS\_,1.410\_+71\_  
U+73714105+20429948+00321595m+0314640d107\_\*GAS\_,1.410\_+72\_  
U+73715759+20430790+00321785m+0304315d097\_\*BOX\_,1.410\_+73\_  
U+73715092+20426418+00322047m+3592253d102\_\*BOX\_,1.410\_+74\_  
U+73715120+20426395+00322251m+3591051d106\_\*BOX\_,1.410\_+75\_  
U+73719455+20422294+00322275m+3390045d097\_\*BOX\_,1.410\_+76\_  
U+73719486+20422261+00322090m+3385454d108\_\*BOX\_,1.410\_+77\_  
U+73723672+20422357+00321800m+3444446d099\_\*BOX\_,1.410\_+78\_  
U+73723670+20422305+00321343m+3443338d099\_\*PATA\_,1.410\_+79\_  
U+73719443+20422231+00321999m+3384208d109\_\*PATA\_,1.410\_+80\_  
U+73715024+20426450+00321796m+3593912d096\_\*PATA\_,1.410\_+81\_  
U+73715734+20430814+00321649m+0305646d106\_\*PATA\_,1.410\_+82\_  
U+73712370+20418603+00321529m+2960100d096\_\*PATA\_,1.410\_+83\_  
U+73710705+20416644+00321516m+2823032d099\_\*PATA\_,1.410\_+84\_  
U+73710884+20416687+00321710m+2833302d111\_\*BOX\_,1.410\_+85\_  
U+73712397+20418551+00321789m+2960136d096\_\*BOX\_,1.410\_+86\_  
U+73714344+20417188+00321841m+3020252d097\_\*BOX\_,1.410\_+87\_  
U+73713786+20415644+00321805m+2955335d099\_\*BOX\_,1.410\_+88\_  
U+73713928+20414506+00321790m+2941710d104\_\*BOX\_,1.410\_+89\_  
U+73716011+20430769+00321468m+0294435d098\_\*PATA\_,1.650\_+90\_

## DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

U+73715261+20426503+00320771m+0000711d109\_\*PATA\_,2.850\_+91\_  
U+73719597+20422506+00319798m+3401323d096\_\*PATA\_,2.850\_+92\_  
U+73723663+20422701+00320801m+3455719d109\_\*PATA\_,2.850\_+93\_  
U+73725963+20426214+00321364m+3590546d104\_\*CORO\_,2.850\_+94\_  
U+73724096+20428453+00319335m+0071119d105\_\*PATA\_,2.850\_+95\_  
U+73721893+20431725+00319173m+0212256d100\_\*PATA\_,2.850\_+96\_  
U+73719034+20432713+00321039m+0303744d111\_\*CORO\_,2.850\_+97\_  
U+73717260+20424808+00319659m+3490638d111\_\*TUBO\_,2.850\_+98\_  
U+73718005+20424089+00319672m+3454754d106\_\*TUBO\_,2.850\_+99\_  
U+73716618+20425446+00319681m+3523925d109\_\*TUBO\_,2.850\_+100\_  
U+73712682+20417989+00320059m+2960451d104\_\*TUBO\_,2.850\_+101\_  
U+73713603+20417300+00319983m+2985639d104\_\*TUBO\_,2.850\_+102\_  
U+73712408+20418178+00320275m+2950400d106\_\*PATA\_,2.850\_+103\_  
U+73710969+20416351+00320379m+2833441d105\_\*PATA\_,2.850\_+104\_  
U+73713925+20416969+00320073m+2993449d105\_\*PATA\_,2.850\_+105\_  
U+73713477+20415744+00320166m+2944531d096\_\*PATA\_,2.850\_+106\_  
U+73713521+20414549+00320166m+2924320d108\_\*PATA\_,2.850\_+107\_  
U+73716842+20424151+00321845m+3441814d101\_\*CARRE\_,1.410\_+108\_  
U+73715287+20422540+00321853m+3294339d106\_\*CARRE\_,1.410\_+109\_  
U+73713468+20421085+00321776m+3122802d097\_\*CARRE\_,1.410\_+110\_  
U+73718762+20417254+00322001m+3175729d104\_\*CARRE\_,1.410\_+111\_  
U+73719906+20418760+00322014m+3254947d106\_\*CARRE\_,1.410\_+112\_  
U+73721077+20420217+00321997m+3332726d105\_\*CARRE\_,1.410\_+113\_  
U+73726391+20417150+00322198m+3322431d097\_\*CARRE\_,1.410\_+114\_  
U+73724846+20414700+00322219m+3240956d097\_\*CARRE\_,1.410\_+115\_  
U+73723612+20412607+00322149m+3172320d102\_\*CARRE\_,1.410\_+116\_  
U+73731081+20407561+00322419m+3200011d105\_\*CARRE\_,1.410\_+117\_  
U+73732593+20410166+00322543m+3255128d108\_\*CARRE\_,1.410\_+118\_  
U+73734046+20413237+00322467m+3323342d106\_\*CARRE\_,1.610\_+119\_  
U+73743402+20408233+00323012m+3322225d102\_\*CARRE\_,1.410\_+120\_  
U+73741949+20405484+00323012m+3275122d102\_\*CARRE\_,1.410\_+121\_  
U+73740527+20402977+00322955m+3234156d104\_\*CARRE\_,1.410\_+122\_  
U+73750132+20397928+00323486m+3253205d110\_\*CARRE\_,1.410\_+123\_  
U+73751723+20400512+00323507m+3285856d106\_\*CARRE\_,1.410\_+124\_  
U+73753044+20402371+00323520m+3313321d111\_\*CARRE\_,1.410\_+125\_  
U+73758225+20398388+00323967m+3303104d104\_\*CARRE\_,1.410\_+126\_  
U+73756975+20396583+00323979m+3281902d097\_\*CARRE\_,1.410\_+127\_  
U+73756010+20394876+00323873m+3262056d096\_\*CARRE\_,1.410\_+128\_  
U+73762646+20389547+00324504m+3254107d107\_\*CARRE\_,1.410\_+129\_  
U+73764636+20392126+00324615m+3283105d104\_\*CARRE\_,1.410\_+130\_  
U+73766081+20393719+00324647m+3302047d099\_\*CARRE\_,1.410\_+131\_  
U+73774191+20387632+00325382m+3292314d109\_\*CARRE\_,1.410\_+132\_  
U+73772319+20385493+00325396m+3271632d107\_\*CARRE\_,1.410\_+133\_  
U+73770918+20383697+00325363m+3253327d105\_\*CARRE\_,1.410\_'43\_(DEL\_)1.627\_+3\_

## DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

U+73708520+20426490+00321471m+1473926d097\_\*DEL\_,1.410\_+134\_  
U+73916582+20297759+00337620m+3284929d096\_\*DEL\_,1.410\_+135\_  
U+73917025+20298656+00337731m+3291652d110\_\*POST\_,1.410\_+136\_  
U+73916556+20299186+00337681m+3292250d106\_\*CR\_,1.410\_+137\_  
U+73909913+20303342+00337126m+3292832d101\_\*CR\_,1.410\_+138\_  
U+73902673+20307794+00336614m+3293335d102\_\*CR\_,1.410\_+139\_  
U+73894872+20312670+00336548m+3294219d106\_\*CR\_,1.410\_+140\_  
U+73884936+20318748+00335611m+3295136d105\_\*POST\_,1.410\_+141\_  
U+73883194+20320234+00335522m+3300813d107\_\*CR\_,1.410\_+142\_  
U+73876508+20324619+00334864m+3302921d099\_\*CR\_,1.410\_+143\_  
U+73868521+20329336+00334529m+3303800d101\_\*CR\_,1.410\_+144\_  
U+73865092+20331998+00334351m+3311237d102\_\*CR\_,1.410\_+145\_  
U+73859893+20335046+00334365m+3312241d107\_\*CR\_,1.410\_+146\_  
U+73859772+20334566+00334514m+3305401d105\_\*POST\_,1.410\_+147\_  
U+73837177+20348268+00334037m+3324244d096\_\*CR\_,1.410\_+148\_  
U+73833883+20349517+00333815m+3315256d102\_\*POST\_,1.410\_+149\_  
U+73829624+20352246+00333400m+3325345d111\_\*CR\_,1.410\_+150\_  
U+73821855+20356242+00332936m+3325802d110\_\*CR\_,1.410\_+151\_  
U+73816392+20359465+00332363m+3355459d105\_\*CR\_,1.410\_+152\_  
U+73811124+20362809+00331385m+0092529d105\_\*CR\_,1.410\_+153\_  
U+73808494+20364038+00331006m+1241030d107\_\*POST\_,1.410\_+154\_  
U+73803373+20356951+00331911m+2221938d098\_\*CR\_,1.410\_+155\_  
U+73804045+20358262+00331164m+2180339d111\_\*ARBOL\_,1.410\_+156\_  
U+73799331+20359842+00330890m+1945059d105\_\*CR\_,1.410\_+157\_  
U+73796407+20362835+00329589m+1784256d111\_\*ARBOL\_,1.410\_+158\_  
U+73795303+20363468+00329358m+1761608d100\_\*POST\_,1.410\_+159\_  
U+73793386+20364288+00329103m+1734902d105\_\*CR\_,1.410\_+160\_  
U+73789487+20367174+00328442m+1665821d099\_\*CR\_,1.410\_+161\_  
U+73785299+20370376+00327692m+1620406d104\_\*CR\_,1.410\_+162\_  
U+73780755+20373657+00326745m+1585154d105\_\*CR\_,1.410\_+163\_  
U+73774764+20378017+00325962m+1555931d103\_\*CR\_,1.410\_+164\_  
U+73770758+20381201+00325621m+1541717d104\_\*ARBOL\_,1.410\_+165\_  
U+73768417+20382442+00325431m+1540933d097\_\*CR\_,1.410\_+166\_  
U+73767975+20383142+00325426m+1533707d104\_\*ARBOL\_,1.410\_+167\_  
U+73765631+20384883+00325283m+1530059d096\_\*ARBOL\_,1.410\_+168\_  
U+73765351+20385489+00325224m+1523227d096\_\*ARBOL\_,1.410\_+169\_  
U+73762303+20386511+00324837m+1530450d110\_\*CR\_,1.410\_+170\_  
U+73760377+20387667+00324549m+1525454d104\_\*POST\_,1.410\_+171\_  
U+73755131+20392331+00324213m+1511707d102\_\*PARA\_,1.410\_+172\_  
U+73772647+20381822+00325582m+1522318d106\_\*CARRE\_,1.410\_+173\_  
U+73774908+20384495+00325628m+1473622d103\_\*CARRE\_,1.410\_+174\_  
U+73776183+20385907+00325608m+1445753d105\_\*CARRE\_,1.410\_+175\_  
U+73781909+20382422+00326199m+1441407d108\_\*POST\_,1.410\_+176\_  
U+73781582+20381620+00326242m+1453939d102\_\*CARRE\_,1.410\_+177\_

## DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

U+73780212+20379347+00326271m+1500940d099\_\*CARRE\_,1.410\_+178\_  
U+73778917+20377214+00326144m+1542237d107\_\*CARRE\_,1.410\_+179\_  
U+73787275+20371198+00327443m+1584336d108\_\*CARRE\_,1.410\_+180\_  
U+73789453+20373608+00327629m+1510645d110\_\*CARRE\_,1.410\_+181\_  
U+73791457+20376224+00327559m+1425027d109\_\*CARRE\_,1.410\_+182\_  
U+73797423+20371755+00328673m+1424054d109\_\*CARRE\_,1.410\_+183\_  
U+73795640+20368611+00328806m+1562148d098\_\*CARRE\_,1.410\_+184\_  
U+73794247+20366084+00328787m+1665554d111\_\*CARRE\_,1.410\_+185\_  
U+73803628+20360135+00330390m+2021508d105\_\*CARRE\_,1.410\_+186\_  
U+73805287+20362289+00330569m+1832445d105\_\*CARRE\_,1.410\_+187\_  
U+73806739+20364036+00330500m+1513907d096\_\*CARRE\_,1.410\_+188\_  
U+73812561+20359976+00331539m+3195629d105\_\*CARRE\_,1.410\_+189\_  
U+73811357+20357969+00331592m+2915932d108\_\*CARRE\_,1.410\_+190\_  
U+73810142+20355985+00331443m+2753007d101\_\*CARRE\_,1.410\_+191\_  
U+73808381+20353070+00333849m+2631200d096\_\*CR\_,1.410\_+192\_  
U+73813634+20350390+00333528m+2884455d099\_\*CR\_,1.410\_+193\_  
U+73818073+20348003+00333492m+3002955d103\_\*CR\_,1.410\_+194\_  
U+73821806+20346000+00333766m+3063732d106\_\*CR\_,1.410\_+195\_  
U+73825771+20344130+00334042m+3112707d102\_\*CR\_,1.410\_+196\_  
U+73830693+20341911+00334143m+3154526d098\_\*CR\_,1.410\_+197\_  
U+73835351+20340000+00334184m+3185408d110\_\*CR\_,1.410\_+198\_  
U+73835530+20340313+00334176m+3192939d106\_\*POST\_,1.410\_+199\_  
U+73840075+20337529+00333963m+3204220d103\_\*CR\_,1.410\_+200\_  
U+73845256+20335193+00334040m+3223455d104\_\*ARBOL\_,1.410\_+201\_  
U+73844509+20334968+00333827m+3214606d103\_\*CR\_,1.410\_+202\_  
U+73849056+20332415+00333864m+3224158d108\_\*CR\_,1.410\_+203\_  
U+73854266+20330428+00334212m+3242025d106\_\*ARBOL\_,1.410\_+204\_  
U+73853271+20330096+00333831m+3232645d097\_\*CR\_,1.410\_+205\_  
U+73854857+20331676+00334291m+3254533d100\_\*CARRE\_,1.410\_+206\_  
U+73855870+20333861+00334359m+3281526d099\_\*CARRE\_,1.410\_+207\_  
U+73857051+20335781+00334386m+3303731d096\_\*CARRE\_,1.410\_+208\_  
U+73850619+20339602+00334334m+3305017d103\_\*CARRE\_,1.410\_+209\_  
U+73849282+20337722+00334258m+3280206d097\_\*CARRE\_,1.410\_+210\_  
U+73847746+20335464+00334090m+3244145d107\_\*CARRE\_,1.410\_+211\_  
U+73840779+20339641+00334004m+3234654d100\_\*CARRE\_,1.410\_+212\_  
U+73841682+20342024+00334065m+3272821d096\_\*CARRE\_,1.410\_+213\_  
U+73842499+20344168+00334124m+3305304d109\_\*CARRE\_,1.410\_+214\_  
U+73834788+20348192+00333739m+3302506d104\_\*CARRE\_,1.410\_+215\_  
U+73833386+20345878+00333742m+3250519d097\_\*CARRE\_,1.410\_+216\_  
U+73832185+20343758+00333619m+3202144d110\_\*CARRE\_,1.410\_+217\_  
U+73826024+20347078+00333232m+3165301d108\_\*CARRE\_,1.410\_+218\_  
U+73826912+20349370+00333288m+3225244d099\_\*CARRE\_,1.410\_+219\_  
U+73827603+20352228+00333142m+3301858d110\_\*CARRE\_,1.410\_+220\_  
U+73821199+20355278+00332593m+3280843d101\_\*CARRE\_,1.410\_+221\_

## DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

U+73819698+20352915+00332642m+3163734d097\_\*CARRE\_,1.410\_+222\_  
U+73818198+20351094+00332504m+3071151d098\_\*CARRE\_,1.410\_+223\_  
U+73813432+20353704+00331907m+2935550d097\_\*CARRE\_,1.410\_+224\_  
U+73814239+20356203+00331986m+3064351d110\_\*CARRE\_,1.410\_+225\_  
U+73815328+20358631+00331866m+3260558d099\_\*CARRE\_,1.410\_'134\_(DEL\_)1.420\_+43\_  
\_ U+73809509+20362542+00330831m+1484929d098\_\*DEL\_,2.000\_+226\_  
U+74039036+20216697+00341224m+3262947d098\_\*DEL\_,1.410\_+227\_  
U+74038621+20216715+00340992m+3262445d096\_\*CARRE\_,1.410\_+228\_  
U+74039657+20218516+00341018m+3271327d100\_\*CARRE\_,1.410\_+229\_  
U+74040693+20220012+00340965m+3275608d102\_\*CARRE\_,0.100\_+230\_  
U+74032624+20225492+00340569m+3280512d100\_\*CARRE\_,0.100\_+231\_  
U+74031517+20223770+00340607m+3271343d106\_\*CARRE\_,1.410\_+232\_  
U+74030326+20221897+00340658m+3261755d099\_\*CARRE\_,1.410\_+233\_  
U+74022429+20226966+00340042m+3261328d099\_\*CARRE\_,1.410\_+234\_  
U+74023338+20228905+00339997m+3271046d107\_\*CARRE\_,1.410\_+235\_  
U+74024229+20230641+00339952m+3280323d108\_\*CARRE\_,1.410\_+236\_  
U+74015672+20235849+00339413m+3280012d110\_\*CARRE\_,1.410\_+237\_  
U+74014310+20234047+00339423m+3265354d096\_\*CARRE\_,1.410\_+238\_  
U+74013392+20232423+00339466m+3255906d098\_\*CARRE\_,1.410\_+239\_  
U+74005311+20237629+00339061m+3255231d111\_\*CARRE\_,1.410\_+240\_  
U+74006643+20239750+00339131m+3271251d107\_\*CARRE\_,1.410\_+241\_  
U+74007767+20241352+00339098m+3281533d106\_\*CARRE\_,1.410\_+242\_  
U+73997572+20248099+00338848m+3282906d107\_\*CARRE\_,1.410\_+243\_  
U+73996165+20246280+00338875m+3270611d102\_\*CARRE\_,1.410\_+244\_  
U+73995040+20244576+00338786m+3255207d104\_\*CARRE\_,1.410\_+245\_  
U+73985042+20250354+00338786m+3251757d108\_\*CARRE\_,1.410\_+246\_  
U+73986479+20252778+00338851m+3271413d111\_\*CARRE\_,1.410\_+247\_  
U+73987492+20254591+00338817m+3284004d098\_\*CARRE\_,1.410\_+248\_  
U+73979755+20259522+00338840m+3284853d102\_\*CARRE\_,1.410\_+249\_  
U+73978562+20257712+00338868m+3270755d102\_\*CARRE\_,1.410\_+250\_  
U+73977389+20255638+00338821m+3251724d105\_\*CARRE\_,1.410\_+251\_  
U+73968126+20261149+00338784m+3243654d099\_\*CARRE\_,1.410\_+252\_  
U+73969370+20263548+00338828m+3270312d106\_\*CARRE\_,1.410\_+253\_  
U+73970411+20265243+00338834m+3285155d110\_\*CARRE\_,1.410\_+254\_  
U+73964142+20269642+00338826m+3292432d096\_\*CARRE\_,1.610\_+255\_  
U+73962768+20267680+00338803m+3265531d101\_\*CARRE\_,1.410\_+256\_  
U+73960974+20265267+00338608m+3234755d106\_\*CARRE\_,1.410\_+257\_  
U+73951749+20271048+00338686m+3224651d096\_\*CARRE\_,1.410\_+258\_  
U+73953047+20273652+00338798m+3263150d111\_\*CARRE\_,1.410\_+259\_  
U+73954258+20275953+00338790m+3295617d105\_\*CARRE\_,1.410\_+260\_  
U+73943540+20282014+00338957m+3294249d104\_\*CARRE\_,1.410\_+261\_  
U+73942217+20279753+00338927m+3245453d106\_\*CARRE\_,1.410\_+262\_  
U+73940901+20277748+00338810m+3203303d101\_\*CARRE\_,1.410\_+263\_  
U+73930044+20284403+00338829m+3151333d103\_\*CARRE\_,1.410\_+264\_

## DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

U+73931141+20286286+00338867m+3214541d096\_\*CARRE\_,1.410\_+265\_  
U+73931908+20288072+00338844m+3274209d110\_\*CARRE\_,1.410\_+266\_  
U+73924397+20292359+00338322m+3252113d096\_\*CARRE\_,1.410\_+267\_  
U+73923229+20290787+00338318m+3133800d096\_\*CARRE\_,1.410\_+268\_  
U+73922093+20288936+00338312m+3015910d096\_\*CARRE\_,1.410\_+269\_  
U+73915510+20292991+00337708m+2571958d102\_\*CARRE\_,1.410\_+270\_  
U+73916658+20294694+00337767m+2712534d110\_\*CARRE\_,1.410\_+271\_  
U+73917784+20296450+00337674m+3123301d097\_\*CARRE\_,1.410\_+272\_  
U+73907980+20303055+00336916m+1482255d096\_\*CARRE\_,1.410\_+273\_  
U+73906823+20301013+00336954m+1613333d100\_\*CARRE\_,1.410\_+274\_  
U+73905853+20299534+00336901m+1703619d109\_\*CARRE\_,1.410\_+275\_  
U+73896705+20305288+00336462m+1591516d099\_\*CARRE\_,1.410\_+276\_  
U+73898025+20307225+00336496m+1525827d102\_\*CARRE\_,1.410\_+277\_  
U+73898951+20308910+00336432m+1474119d097\_\*CARRE\_,1.410\_+278\_  
U+73888703+20315274+00335872m+1475140d106\_\*CARRE\_,1.410\_+279\_  
U+73887521+20313415+00335920m+1514116d099\_\*CARRE\_,1.410\_+280\_  
U+73886210+20311709+00335964m+1551949d104\_\*CARRE\_,1.410\_+281\_  
U+73877053+20317585+00335203m+1532150d108\_\*CARRE\_,1.410\_+282\_  
U+73878079+20319417+00335256m+1503830d098\_\*CARRE\_,1.410\_+283\_  
U+73879350+20321375+00335207m+1473650d105\_\*CARRE\_,1.410\_+284\_  
U+73869675+20327650+00334671m+1472935d103\_\*CARRE\_,1.410\_+285\_  
U+73868431+20325418+00334736m+1500735d096\_\*CARRE\_,1.410\_+286\_  
U+73867045+20323404+00334642m+1523747d101\_\*CARRE\_,1.410\_+287\_  
U+73857738+20329454+00334308m+1514131d108\_\*CARRE\_,1.410\_+288\_  
U+73859072+20331547+00334461m+1493355d103\_\*CARRE\_,1.410\_+289\_  
U+73860228+20333407+00334454m+1474103d105\_\*CARRE\_,1.410\_+290\_  
U+73862805+20324303+00334348m+1534346d103\_\*CR\_,1.410\_+291\_  
U+73862085+20325372+00334471m+1530747d108\_\*ARBOL\_,1.410\_+292\_  
U+73867257+20321875+00334538m+1535644d103\_\*CR\_,1.410\_+293\_  
U+73871108+20320103+00334874m+1534957d105\_\*ARBOL\_,1.410\_+294\_  
U+73872036+20319004+00334984m+1543009d102\_\*CR\_,1.410\_+295\_  
U+73878707+20315597+00335525m+1544651d096\_\*POST\_,1.410\_+296\_  
U+73879157+20314800+00335583m+1553108d097\_\*CR\_,1.410\_+297\_  
U+73884078+20312175+00335854m+1560453d110\_\*CR\_,1.410\_+298\_  
U+73890142+20308340+00336346m+1581121d104\_\*CR\_,1.410\_+299\_  
U+73896858+20303966+00336543m+1623157d096\_\*CR\_,1.410\_+300\_  
U+73903379+20299635+00336835m+1715452d102\_\*CR\_,1.410\_+301\_  
U+73909854+20295128+00337302m+2012140d100\_\*CR\_,1.410\_+302\_  
U+73916388+20290815+00338090m+2682346d110\_\*CR\_,1.410\_+303\_  
U+73921461+20287630+00338946m+2954315d101\_\*CR\_,1.410\_+304\_  
U+73924959+20285797+00339008m+3050014d100\_\*POST\_,1.410\_+305\_  
U+73930787+20281797+00338931m+3114002d108\_\*CR\_,1.410\_+306\_  
U+73937042+20277766+00338817m+3153940d107\_\*CR\_,1.410\_+307\_  
U+73937974+20277849+00339119m+3170317d106\_\*ARBOL\_,1.410\_+308\_

## DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

U+73938635+20277412+00339014m+3171818d100\_\*ARBOL\_,1.410\_+309\_  
U+73943312+20273924+00338156m+3181635d108\_\*CR\_,1.410\_+310\_  
U+73948258+20271122+00338206m+3195618d104\_\*CR\_,1.410\_+311\_  
U+73953729+20268229+00338211m+3213101d101\_\*CR\_,1.410\_+312\_  
U+73953822+20268194+00338235m+3213312d098\_\*PARA\_,1.410\_+313\_  
U+73962176+20262867+00338467m+3223426d101\_\*PARA\_,1.410\_+314\_  
U+73962652+20262994+00338504m+3225740d104\_\*ARBOL\_,1.410\_+315\_  
U+73966336+20260977+00338685m+3233130d104\_\*ARBOL\_,1.410\_+316\_  
U+73967546+20260600+00338687m+3235410d100\_\*POST\_,1.410\_+317\_  
U+73966987+20260457+00338646m+3232948d110\_\*CR\_,1.410\_+318\_  
U+73977018+20254123+00338635m+3241011d101\_\*CR\_,1.410\_+319\_  
U+73986092+20248200+00338609m+3243043d108\_\*CR\_,1.410\_+320\_  
U+73996303+20242112+00338803m+3250502d106\_\*CR\_,1.410\_+321\_  
U+74002318+20238498+00339078m+3252051d109\_\*CR\_,1.410\_+322\_  
U+74004701+20237125+00339186m+3252807d096\_\*POST\_,1.410\_+323\_  
U+74009062+20234125+00339477m+3252808d104\_\*CR\_,1.410\_+324\_  
U+74016150+20229512+00339932m+3253420d097\_\*CR\_,1.410\_+325\_  
U+74026217+20223266+00340512m+3254819d109\_\*CR\_,0.100\_+326\_  
U+74023858+20231785+00339947m+3282431d109\_\*POST\_,1.410\_+327\_  
U+74022630+20233012+00339530m+3283538d098\_\*CR\_,1.410\_+328\_  
U+74015908+20237148+00339537m+3283626d099\_\*CR\_,1.410\_+329\_  
U+74009374+20241558+00339089m+3284752d110\_\*ARBOL\_,1.410\_+330\_  
U+74005196+20244596+00338785m+3290219d110\_\*CR\_,1.410\_+331\_  
U+73998588+20248507+00338689m+3290041d105\_\*POST\_,1.410\_+332\_  
U+73998056+20249232+00338590m+3291318d106\_\*CR\_,1.410\_+333\_  
U+73992125+20253137+00338573m+3292549d100\_\*CR\_,1.410\_+334\_  
U+73985551+20257238+00338784m+3293352d106\_\*CR\_,1.410\_+335\_  
U+73979285+20261099+00338905m+3294113d108\_\*POST\_,1.410\_+336\_  
U+73971687+20265511+00338855m+3293948d102\_\*POST\_,1.410\_+337\_  
U+73970067+20267071+00338960m+3300914d107\_\*CR\_,0.100\_+338\_  
U+73963329+20271729+00338636m+3305321d104\_\*CR\_,1.000\_+339\_  
U+73945054+20282904+00338966m+3322650d100\_\*CR\_,1.410\_+340\_  
U+73944112+20282984+00339025m+3314639d107\_\*POST\_,1.410\_+341\_  
U+73939704+20285911+00339046m+3325207d101\_\*CR\_,1.410\_+342\_  
U+73934298+20288905+00338900m+3332642d105\_\*CR\_,1.410\_+343\_  
U+73933578+20288245+00338952m+3304535d105\_\*POST\_,1.410\_+344\_  
U+73926233+20293522+00338583m+3361749d099\_\*CR\_,1.410\_+345\_  
U+73921091+20296535+00338147m+3444854d098\_\*CR\_,1.410\_'226\_(DEL\_)1.342\_+134\_  
U+73916581+20297760+00337631m+1462947d109\_\*DEL\_,1.410\_+346\_  
U+74041171+20220877+00340973m+0625626d110\_\*ARBOL\_,1.410\_+347\_  
U+74041235+20221528+00340796m+0653116d107\_\*CR\_,1.410\_+348\_  
U+74035177+20225336+00340540m+1140421d108\_\*CR\_,1.410\_+349\_  
U+74028891+20229161+00340299m+1290838d100\_\*CR\_,1.410\_+350\_  
U+74030009+20220982+00340679m+1543620d108\_\*CR\_,1.410\_+351\_



## DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

U+74033393+20218843+00340926m+1591055d102\_\*CR\_,1.410\_+352\_  
U+74034119+20218644+00340976m+1582351d104\_\*POST\_,1.410\_+353\_  
U+74037266+20216562+00341003m+1842208d111\_\*CR\_,1.410\_+354\_  
U+74044768+20211886+00341237m+3195935d097\_\*CR\_,1.410\_+355\_  
U+74054518+20205913+00341152m+3250821d099\_\*CR\_,1.410\_+356\_  
U+74062772+20200549+00341281m+3254621d105\_\*CR\_,0.100\_+357\_  
U+74062879+20200367+00341300m+3253531d106\_\*PARA\_,0.100\_+358\_  
U+74104062+20175357+00342139m+3273316d097\_\*PARA\_,1.410\_+359\_  
U+74104181+20176003+00342132m+3280030d108\_\*CARRE\_,1.410\_+360\_  
U+74105043+20178021+00342152m+3293756d111\_\*CARRE\_,1.410\_+361\_  
U+74106001+20179642+00342152m+3310232d101\_\*CARRE\_,1.410\_+362\_  
U+74105993+20179633+00342156m+3310201d102\_\*CARRE\_,1.410\_+363\_  
U+74106202+20180722+00342493m+3314932d098\_\*CR\_,0.100\_+364\_  
U+74100767+20183634+00342323m+3314936d111\_\*POST\_,0.100\_+365\_  
U+74098931+20183837+00342184m+3311459d097\_\*CARRE\_,1.410\_+366\_  
U+74097772+20182243+00342189m+3293617d097\_\*CARRE\_,1.410\_+367\_  
U+74096689+20180774+00342099m+3280425d103\_\*CARRE\_,1.410\_+368\_  
U+74088466+20185644+00341887m+3275143d103\_\*CARRE\_,1.410\_+369\_  
U+74089455+20187399+00341896m+3295023d104\_\*CARRE\_,1.410\_+370\_  
U+74090443+20189339+00341898m+3315845d108\_\*CARRE\_,1.410\_+371\_  
U+74090858+20190392+00342087m+3330514d104\_\*CR\_,1.410\_+372\_  
U+74082396+20195890+00342127m+3342153d103\_\*CR\_,0.100\_+373\_  
U+74081793+20195081+00341651m+3331051d111\_\*CARRE\_,1.410\_+374\_  
U+74080381+20193230+00341591m+3302515d109\_\*CARRE\_,1.410\_+375\_  
U+74078953+20191448+00341583m+3274107d096\_\*CARRE\_,1.410\_+376\_  
U+74074179+20194340+00341481m+3273210d103\_\*CARRE\_,1.410\_+377\_  
U+74075183+20196137+00341493m+3302208d110\_\*CARRE\_,1.410\_+378\_  
U+74076289+20198197+00341451m+3333526d103\_\*CARRE\_,1.410\_+379\_  
U+74077170+20198519+00341454m+3343046d096\_\*POST\_,1.410\_+380\_  
U+74075823+20199495+00341525m+3345621d111\_\*POST\_,1.410\_+381\_  
U+74070759+20202840+00341401m+3362415d106\_\*ARBOL\_,1.410\_+382\_  
U+74069303+20204288+00341283m+3374227d109\_\*CR\_,1.410\_+383\_  
U+74071819+20200942+00341379m+3341956d098\_\*CARRE\_,1.410\_+384\_  
U+74070462+20199200+00341417m+3305330d104\_\*CARRE\_,1.410\_+385\_  
U+74069104+20197456+00341426m+3272301d111\_\*CARRE\_,1.410\_+386\_  
U+74060615+20203194+00341339m+3275747d108\_\*CARRE\_,1.410\_+387\_  
U+74061681+20205270+00341334m+3331324d098\_\*CARRE\_,1.410\_+388\_  
U+74062586+20207051+00341311m+3374337d098\_\*CARRE\_,1.410\_+389\_  
U+74062999+20208083+00341267m+3401344d097\_\*CR\_,1.410\_+390\_  
U+74055667+20212542+00341225m+3455821d103\_\*CR\_,1.410\_+391\_  
U+74054743+20211741+00341307m+3422911d096\_\*CARRE\_,1.410\_+392\_  
U+74053503+20209896+00341316m+3344915d110\_\*CARRE\_,1.410\_+393\_  
U+74052301+20207992+00341294m+3264334d097\_\*CARRE\_,1.410\_+394\_  
U+74043992+20213169+00341187m+3243319d099\_\*CARRE\_,1.410\_+395\_

## DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

U+74045094+20215145+00341160m+3453750d101\_\*CARRE\_,1.410\_+396\_  
U+74046043+20216909+00341110m+0014350d104\_\*CARRE\_,1.410\_+397\_  
U+74046274+20218195+00340945m+0114133d098\_\*CR\_,1.410\_+398\_  
U+74051402+20214838+00341384m+3512706d102\_\*POST\_,1.410\_+399\_  
U+74143627+20156133+00341675m+3295537d101\_\*DEL\_,1.410\_'399\_(DEL\_)1.426\_+226\_  
U+74039035+20216698+00341240m+1495536d106\_\*DEL\_,1.410\_+400\_  
U+74109299+20172977+00341931m+1535149d105\_\*CARRE\_,1.410\_+401\_  
U+74110606+20174800+00342143m+1503116d101\_\*CARRE\_,1.410\_+402\_  
U+74111785+20176269+00342164m+1474132d107\_\*CARRE\_,1.410\_+403\_  
U+74110179+20178139+00342182m+1463931d098\_\*POST\_,1.410\_+404\_  
U+74115906+20174800+00341074m+1460241d108\_\*CR\_,1.410\_+405\_  
U+74112339+20170483+00342119m+1552141d100\_\*PARA\_,1.410\_+406\_  
U+74116513+20168733+00342114m+1550433d096\_\*CARRE\_,1.410\_+407\_  
U+74117663+20170369+00342205m+1511553d102\_\*CARRE\_,1.410\_+408\_  
U+74118702+20171955+00342148m+1473536d103\_\*CARRE\_,1.410\_+409\_  
U+74121201+20171468+00342220m+1453807d104\_\*CR\_,1.410\_+410\_  
U+74125492+20168599+00342027m+1452944d101\_\*POST\_,1.410\_+411\_  
U+74124943+20162480+00342079m+1611413d103\_\*PARA\_,1.410\_+412\_  
U+74125363+20163000+00342096m+1592343d104\_\*CARRE\_,1.410\_+413\_  
U+74126627+20164803+00342119m+1525842d098\_\*CARRE\_,1.410\_+414\_  
U+74127512+20166274+00342099m+1474908d109\_\*CARRE\_,1.410\_+415\_  
U+74131283+20165359+00342123m+1431330d104\_\*CR\_,1.410\_+416\_  
U+74135113+20161531+00341929m+1473734d109\_\*CARRE\_,1.410\_+417\_  
U+74134169+20159645+00342022m+1593737d103\_\*CARRE\_,1.410\_+418\_  
U+74133539+20157941+00342027m+1695014d098\_\*CARRE\_,1.410\_+419\_  
U+74139332+20154316+00341889m+2025544d111\_\*CARRE\_,1.410\_+420\_  
U+74140484+20155999+00341806m+1822643d104\_\*CARRE\_,1.410\_+421\_  
U+74141331+20157750+00341664m+1445050d106\_\*CARRE\_,1.410\_+422\_  
U+74140950+20159148+00342055m+1313612d100\_\*CR\_,1.410\_+423\_  
U+74140563+20152415+00341886m+2303014d105\_\*CR\_,1.410\_+424\_  
U+74144153+20156794+00341735m+0512947d104\_\*POST\_,1.410\_+425\_  
U+74149523+20154094+00341241m+3405517d104\_\*CR\_,1.410\_+426\_  
U+74146890+20149231+00341438m+2951802d111\_\*CR\_,1.410\_+427\_  
U+74147274+20150192+00341249m+3013250d111\_\*CARRE\_,1.410\_+428\_  
U+74148074+20151747+00341221m+3152352d100\_\*CARRE\_,1.410\_+429\_  
U+74148750+20153240+00341149m+3303242d110\_\*CARRE\_,1.410\_+430\_  
U+74144375+20155544+00341511m+3214655d104\_\*CARRE\_,1.410\_+431\_  
U+74143559+20153808+00341635m+2681943d096\_\*CARRE\_,1.410\_+432\_  
U+74143052+20151850+00341625m+2622058d106\_\*CARRE\_,1.410\_+433\_  
U+74146122+20148858+00341771m+2885558d111\_\*GAS\_,1.410\_+434\_  
U+74144615+20149883+00341558m+2785905d107\_\*CARRE\_,1.410\_+435\_  
U+74142742+20150961+00341657m+2601722d097\_\*CARRE\_,1.410\_+436\_  
U+74141046+20152132+00341760m+2371047d110\_\*CARRE\_,1.410\_+437\_  
U+74137535+20145657+00341911m+2394913d103\_\*CARRE\_,1.410\_+438\_

## DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

U+74138896+20144795+00341832m+2472056d101\_\*CARRE\_,1.410\_+439\_  
U+74140512+20143654+00341752m+2555902d101\_\*CARRE\_,1.410\_+440\_  
U+74136820+20145816+00341982m+2363501d105\_\*CR\_,1.410\_+441\_  
U+74142198+20143330+00342021m+2633751d109\_\*CR\_,1.410\_+442\_  
U+74151593+20147673+00340760m+3131641d098\_\*CARRE\_,1.410\_+443\_  
U+74152285+20149291+00340785m+3214057d105\_\*CARRE\_,1.410\_+444\_  
U+74153233+20150852+00340655m+3311158d110\_\*CARRE\_,1.410\_+445\_  
U+74154178+20151487+00340801m+3361356d100\_\*CR\_,1.410\_+446\_  
U+74150874+20147085+00340768m+3084144d109\_\*CR\_,1.410\_+447\_  
U+74162137+20146181+00340091m+3314409d097\_\*CR\_,1.410\_+448\_  
U+74159301+20141711+00340187m+3172259d097\_\*CR\_,1.410\_+449\_  
U+74159603+20142253+00340225m+3190056d108\_\*CARRE\_,1.410\_+450\_  
U+74160740+20144027+00340196m+3244331d100\_\*CARRE\_,1.410\_+451\_  
U+74161648+20145585+00340162m+3293931d107\_\*CARRE\_,1.410\_+452\_  
U+74169105+20141613+00339869m+3301916d102\_\*CR\_,1.410\_+453\_  
U+74165891+20137063+00339914m+3192511d102\_\*CR\_,1.410\_+454\_  
U+74166354+20137694+00340042m+3205651d103\_\*CARRE\_,1.410\_+455\_  
U+74167527+20139470+00339998m+3250659d106\_\*CARRE\_,1.410\_+456\_  
U+74168528+20140920+00339957m+3283437d107\_\*CARRE\_,1.410\_+457\_  
U+74172481+20139388+00339406m+3295218d097\_\*CR\_,1.410\_+458\_  
U+74172351+20139170+00339888m+3292608d102\_\*CUNT\_,1.410\_+459\_  
U+74172153+20138863+00339814m+3284830d107\_\*CUNT\_,1.410\_+460\_  
U+74171958+20138548+00339890m+3281019d101\_\*CUNT\_,1.410\_+461\_  
U+74171039+20137100+00339910m+3251336d102\_\*EJE\_,1.410\_+462\_  
U+74169846+20135566+00339916m+3215319d098\_\*CUNT\_,1.410\_+463\_  
U+74169656+20135259+00339855m+3211616d110\_\*CUNT\_,1.410\_+464\_  
U+74169458+20134942+00339976m+3203807d111\_\*CUNT\_,1.410\_+465\_  
U+74178054+20135979+00339869m+3293919d102\_\*CR\_,1.410\_+466\_  
U+74177833+20135626+00339832m+3290325d109\_\*CUNT\_,1.410\_+467\_  
U+74177678+20135259+00339740m+3282928d110\_\*CUNT\_,1.410\_+468\_  
U+74177446+20134978+00339825m+3275822d103\_\*CUNT\_,1.410\_+469\_  
U+74176538+20133423+00339829m+3252334d111\_\*EJE\_,1.410\_+470\_  
U+74175707+20131826+00339849m+3225052d108\_\*CUNT\_,1.410\_+471\_  
U+74175513+20131518+00339750m+3221958d107\_\*CUNT\_,1.410\_+472\_  
U+74175360+20131203+00339849m+3215046d098\_\*CUNT\_,1.410\_+473\_  
U+74175003+20130595+00339710m+3205122d108\_\*CR\_,0.100\_

# DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

## ANEXO 3C OPTIMIZACION DE LA VIA

### CUADRO DE ELEMENTOS CURVAS ESPIRALES

TABLA DE CURVAS ESPIRALES									
ESPIRAL	VALOR DE A	RADIO	LONGITUD	DIRECCION INICIO	PUNTO DE INICIO	PUNTO FINAL	DELTA	VALOR DE K	VALOR A
PI9	48.08	RADIO ENTRADA INFINITY RADIO SALIDA 154.106	15.00	N31° 55' 50.79"W	NORTE920161.44 ESTE974131.74	NORTE 920153.71 ESTE 974144.59	2°47'18"	VALOR K 7.50	VALOR A 48.08
PI8	194.31	RADIO ENTRADA INFINITY RADIO SALIDA 2517.020	15.00	N32° 06' 05.40"W	NORTE920203.74 ESTE974063.91	NORTE 920195.78 ESTE 974076.62	0°10'15"	VALOR K 7.50	VALOR A 194.31
PI7	110.66	RADIO ENTRADA INFINITY RADIO SALIDA 816.354	15.00	N31° 26' 22.35"W	NORTE920278.87 ESTE973943.74	NORTE 920271.01 ESTE 973956.51	0°31'35"	VALOR K 7.50	VALOR A 110.66
PI6	54.08	RADIO ENTRADA INFINITY RADIO SALIDA 97.489	30.00	N37° 22' 20.09"W	NORTE920370.79 ESTE973792.92	NORTE 920353.85 ESTE 973817.64	8°48'57"	VALOR K 14.99	VALOR A 54.08
PI5	34.50	RADIO ENTRADA INFINITY RADIO SALIDA 59.497	20.00	N27° 44' 32.11"W	NORTE920402.80 ESTE973747.33	NORTE 920392.53 ESTE 973764.46	9°37'48"	VALOR K 9.99	VALOR A 34.50
PI4	12.25	RADIO ENTRADA 30.00 RADIO SALIDA INFINITY	5.00	N32° 31' 00.85"W	NORTE920414.07 ESTE973726.20	NORTE 920411.62 ESTE 973730.56	4°46'29"	VALOR K 2.50	VALOR A 12.25
PI3	21.21	RADIO ENTRADA INFINITY RADIO SALIDA 30.000	15.00	N56° 04' 30.32"W	NORTE920428.66 ESTE973713.00	NORTE 920416.99 ESTE 973722.35	14°19'26"	VALOR K 7.48	VALOR A 21.21
PI2	9.46	RADIO ENTRADA 8.96 RADIO SALIDA INFINITY	10.00	N24° 05' 33.52"W	NORTE920460.56 ESTE973689.35	NORTE 920453.53 ESTE 973696.27	31°58'57"	VALOR K 4.95	VALOR A 9.46
PI1	9.46	RADIO ENTRADA INFINITY RADIO SALIDA 8.957	10.00	N7° 53' 23.29"E	NORTE920461.03 ESTE973679.50	NORTE 920460.56 ESTE 973689.35	31°58'57"	VALOR K 4.95	VALOR A 9.46

# DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

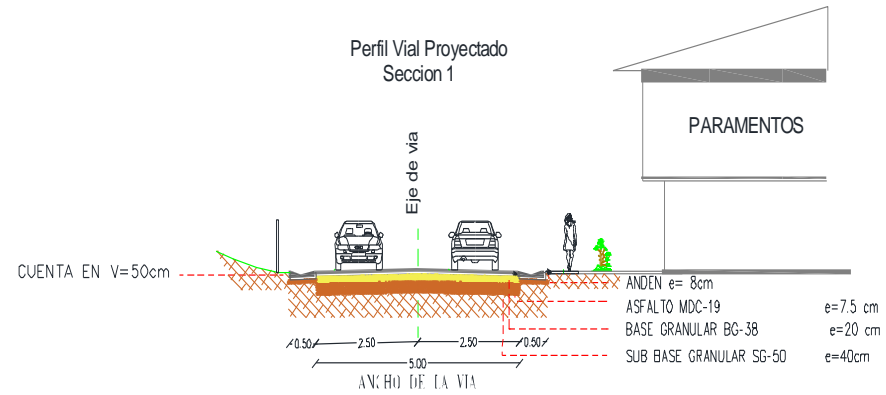
## CUADRO DE ELEMENTOS GEOMETRICOS DE CURVAS CIRCULARES

TABLA DE ELEMENTOS GEOMETRICOS CURVAS													
N° CURVA	DIRECCION	DELTA	RADIO DE CURVA	TANGENTE	LONG. CURVA	CUERDA	EXTERNA	LONG. ORDENADA MEDIA	P.I	P.C	P.T	P.I NORTE	P.I ESTE
PI: 1	N11° 55' 40"W	39°38'07"	25.00	9.01	17.29	16.95	1.57	1.48	0+083.62	0+074.61	0+091.90	973654.03	920457.50
PI: 2	N37° 08' 02"W	9°14'03"	30.00	2.42	4.84	4.83	0.10	0.10	0+176.01	0+173.59	0+178.42	973721.12	920416.59
PI: 3	N30° 07' 52"W	3°08'56"	120.00	3.30	6.60	6.59	0.05	0.05	0+329.44	0+326.14	0+332.74	973853.88	920334.12
PI: 4	N31° 34' 21"W	0°15'57"	2000.00	4.64	9.28	9.28	0.01	0.01	0+387.32	0+382.68	0+391.96	973903.12	920303.70
PI: 5	N31° 12' 54"W	4°08'44"	130.00	4.71	9.41	9.40	0.09	0.09	0+680.31	0+675.60	0+685.01	974152.21	920149.46

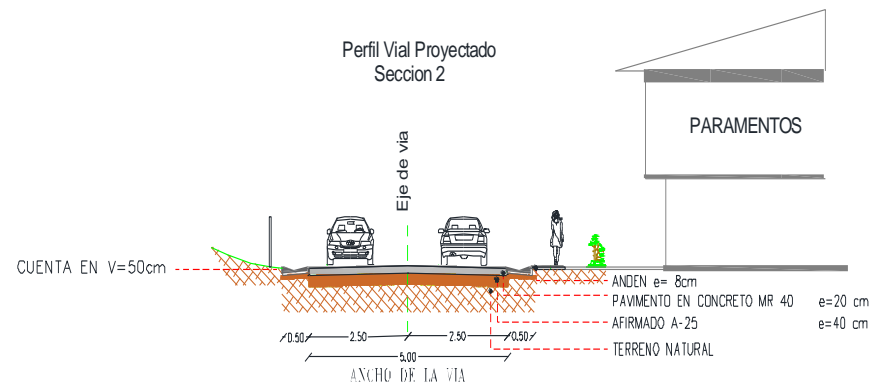
# DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

## SECCIONES TIPO OPTIMIZADAS PROPUESTAS

### SECCION TIPO EN ASFALTO

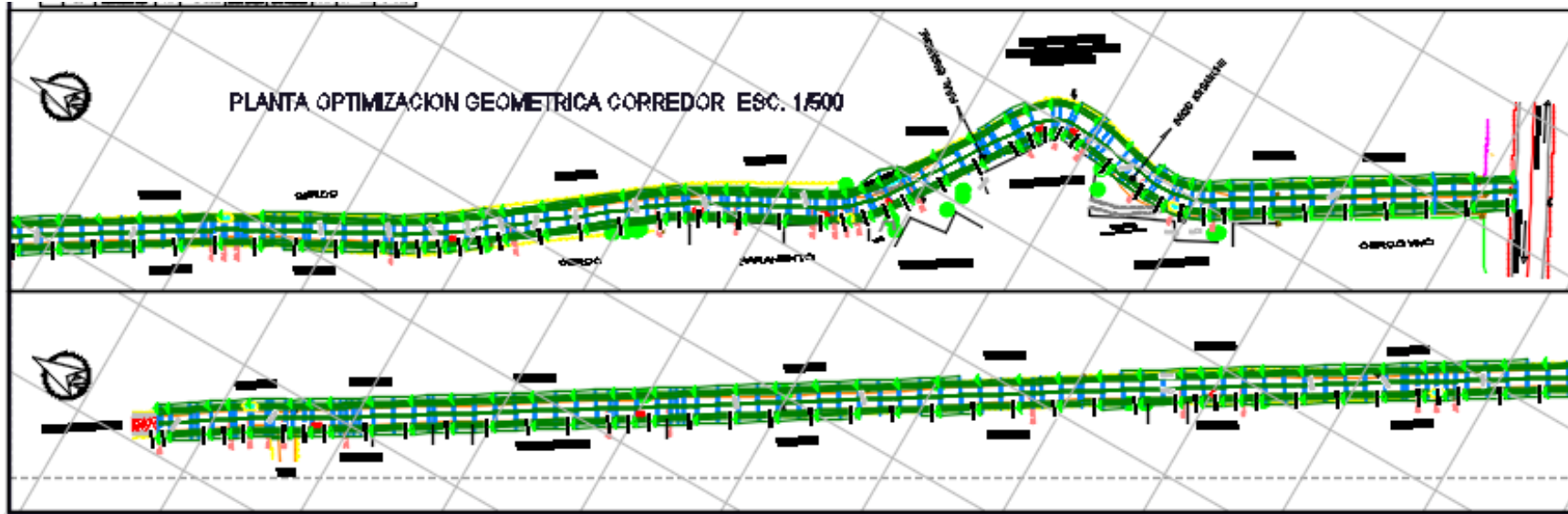


### SECCION TIPO EN PAVIMENTO RIGIDO



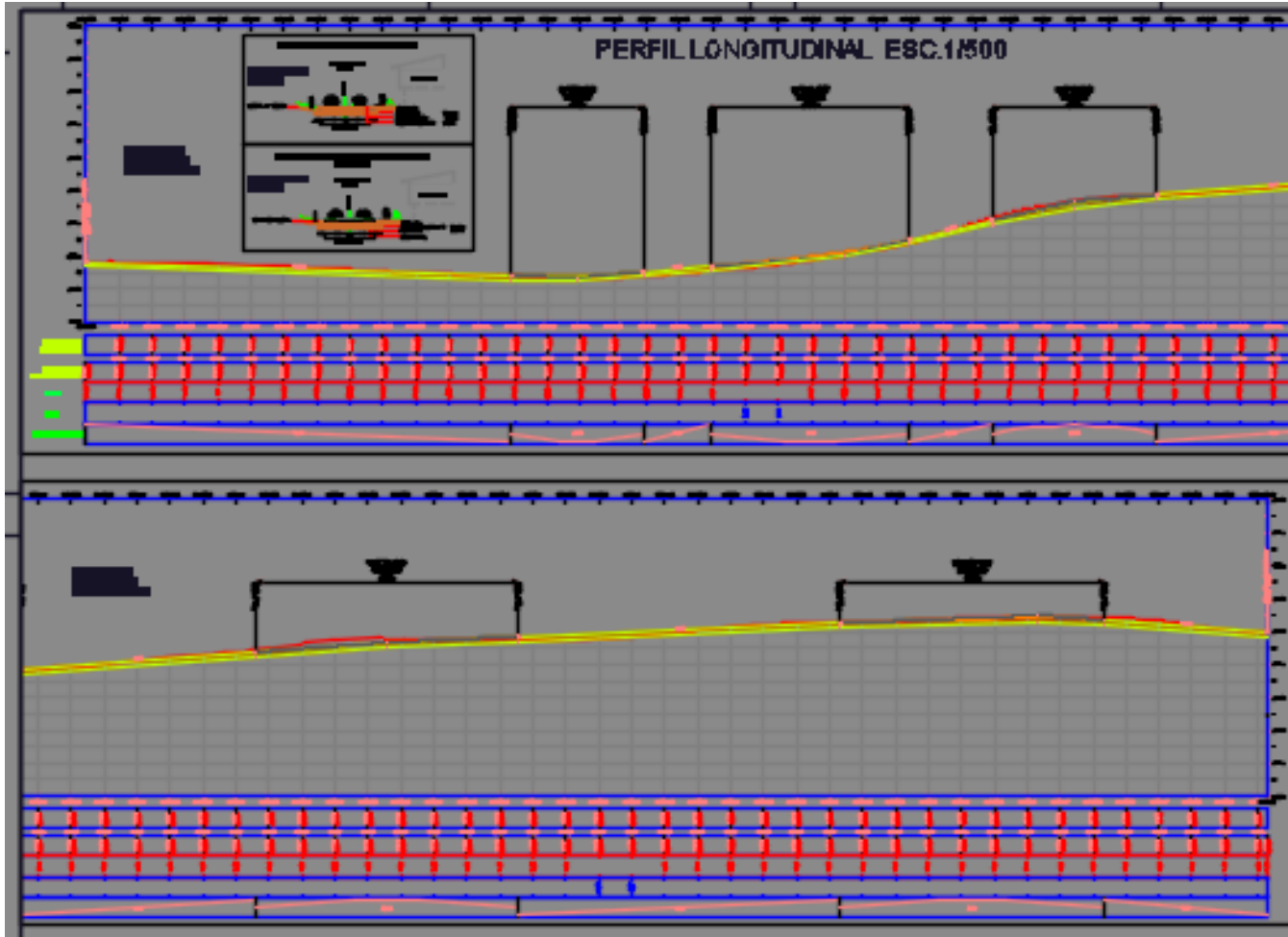
# DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

## VISTA EN PLANTA CORREDOR VIAL OPTIMIZADO



# DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

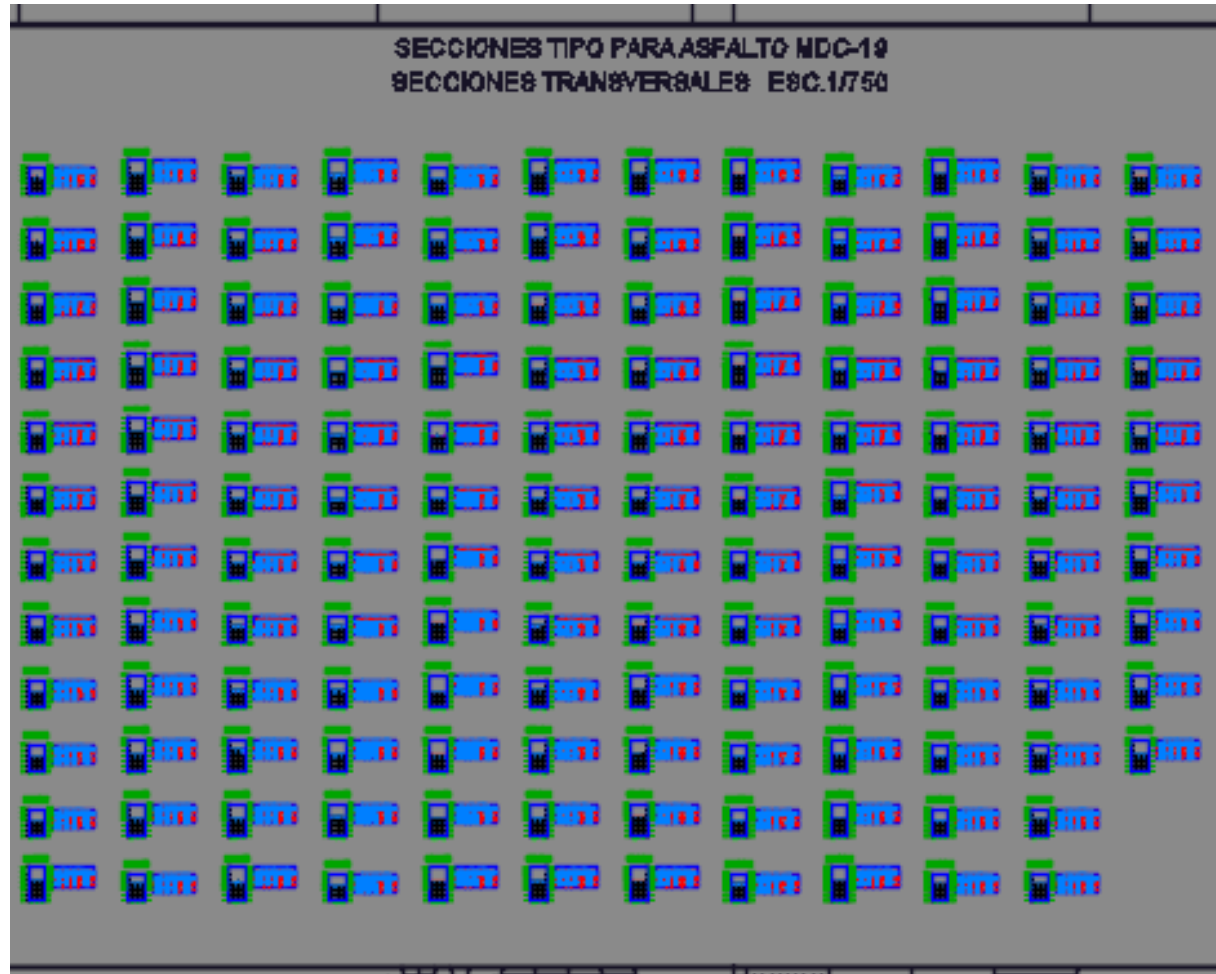
## PERFIL LONGITUDINAL OPTIMIZADO





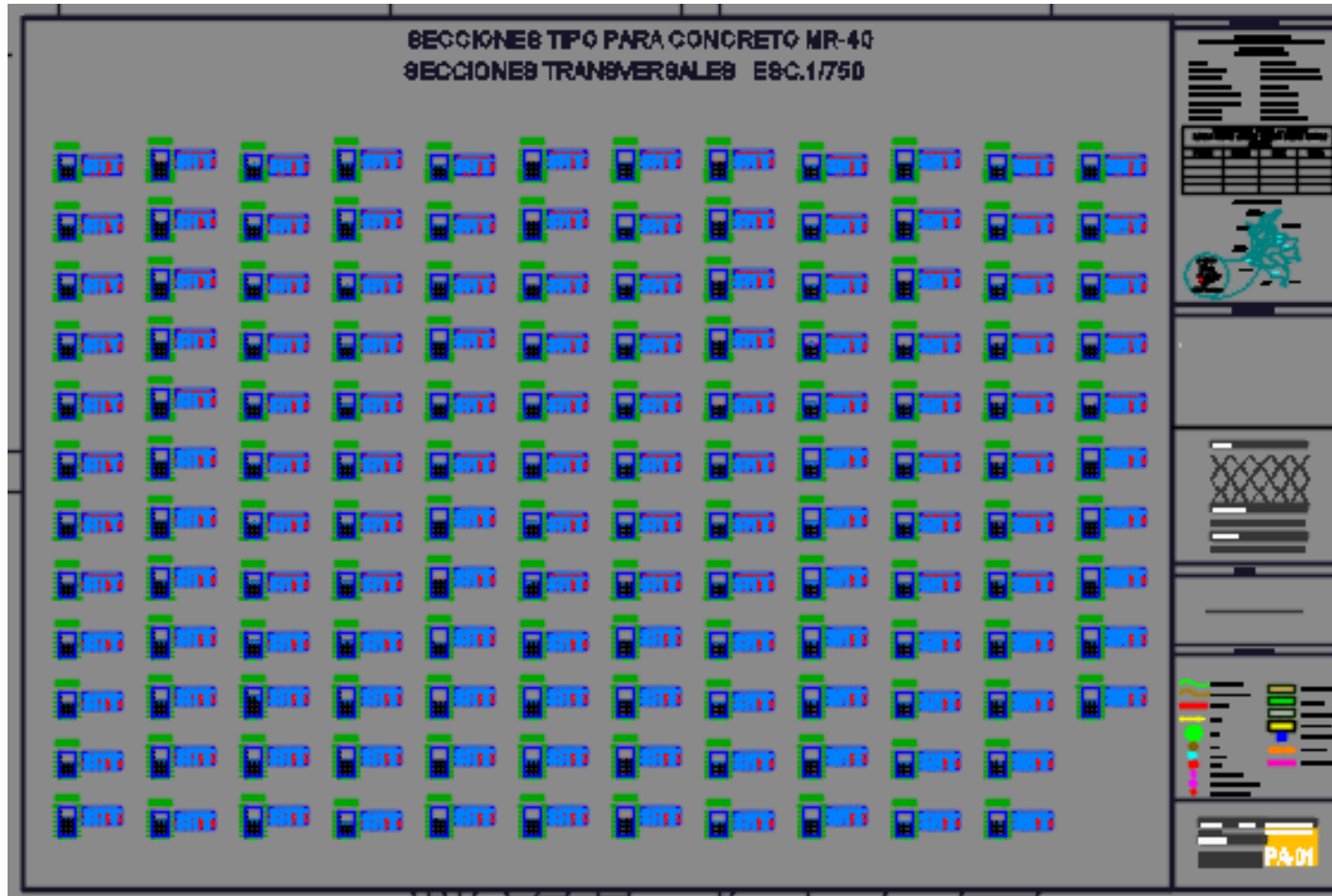
# DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

## SECCIONES TRANSVERSALES PAVIMENTO ASFALTO



# DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

## SECCIONES TRANSVERSALES PAVIMENTO RIGIDO



DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

ANEXO 4 D COSTOS DE MATERIAL SIN TRANSPORTE NI MANO DE OBRA

<b>COSTO MATERIALES PAVIMENTOS RIGIDO Y FLEXIBLE</b>				
<b>PAVIMENTO FLEXIBLE</b>				<b>PRECIO TOTAL</b>
<b>MATERIAL</b>	<b>PRECIO POR M3</b>	<b>CANTIDAD M3</b>	<b>TOTAL VALOR</b>	<b>\$ 349 029 335.68</b>
<b>SUB BASE</b>	\$ 43 435.00	1611.15	\$ 69 980 300.25	
<b>BASE</b>	\$ 45 815.00	709.27	\$ 32 495 205.05	
<b>ASFALTO MDC 19</b>	\$ 550 000.00	265.98	\$ 146 289 000.00	
<b>CONCRETO CUNETA</b>	\$ 437 723.00	229.06	\$ 100 264 830.38	
<b>PAVIMENTO RIGIDO</b>				
<b>MATERIAL</b>	<b>PRECIO POR M3</b>	<b>CANTIDAD M3</b>	<b>TOTAL VALOR</b>	<b>PRECIO TOTAL</b>
<b>SUB BASE</b>	\$ 43 435.00	1611.15	\$ 69 980 300.25	<b>\$ 485 323 510.97</b>
<b>AFIRMADO A-25</b>	\$ 28 942.00	709.27	\$ 20 527 692.34	
<b>CONCRETO CARPETA</b>	\$ 489 500.00	492.804	\$ 241 227 558.00	
<b>CONCRETO CUNETA</b>	\$ 437 723.00	229.06	\$ 100 264 830.38	
<b>ACERO FIGURADO KG</b>	\$ 2 485.00	21458	\$ 53 323 130.00	

# DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

## ANEXO 5 E REGISTRO FOTOGRAFICO LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO



# DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS



DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS

ANEXO 6 F REGISTRO FOTOGRAFICO ESTUDIO DE SUELOS Y ENSAYOS DE LABORATORIO



# DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS



# DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO Y FLEXIBLE PARA LA VIA SAN NICOLAS