

**PRÁCTICA EMPRESARIAL COMO AUXILIAR DE INGENIERÍA EN LA  
EMPRESA VIACOL INGENIEROS CONTRATISTAS LTDA COMO RESIDENTE  
TÉCNICO Y ADMINISTRATIVO DEL PROYECTO MEJORAMIENTO CON  
PAVIMENTO ASFALTICO Y AFIRMADO DE LA VÍA DE ACCESO PRINCIPAL A  
LOS CORREGIMIENTOS DE JONGOVITO - GUALMATAN MUNICIPIO DE  
PASTO Y EL MUNICIPIO DE TANGUA DEL DEPARTAMENTO DE NARIÑO**

**ELKIN ELI HERRERA SMITH**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECAÑICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
BUCARAMANGA  
2015**

**PRÁCTICA EMPRESARIAL COMO AUXILIAR DE INGENIERÍA EN LA  
EMPRESA VIACOL INGENIEROS CONTRATISTAS LTDA COMO RESIDENTE  
TÉCNICO Y ADMINISTRATIVO DEL PROYECTO MEJORAMIENTO CON  
PAVIMENTO ASFALTICO Y AFIRMADO DE LA VÍA DE ACCESO PRINCIPAL A  
LOS CORREGIMIENTOS DE JONGOVITO - GUALMATAN MUNICIPIO DE  
PASTO Y EL MUNICIPIO DE TANGUA DEL DEPARTAMENTO DE NARIÑO**

**ELKIN ELI HERRERA SMITH**

**Proyecto de grado presentado como requisito para optar al título de:  
Ingeniero Civil**

Director:  
**ING. EDUARDO CASTAÑEDA PINZÓN**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECAÑICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
BUCARAMANGA  
2015**

***Este trabajo está dedicado a Dios por ser mi guía en el camino,***

***A Ingrid Camargo por ser mi fortaleza y compañía durante todo este tiempo,***

***A mi hijo Camilo Alejandro Herrera Camargo por ser mi inspiración, mi principal motor y fuente de esperanza,***

***A mis padres Benilda Smith y Francisco Herrera quienes me enseñaron que con esfuerzo y sacrificio los sueños se pueden lograr***

***A mis hermanos que aun entre querellas confiaron en mí y no me abandonaron, a mis amigos y demás familiares por ser mi apoyo en todo momento, sin ustedes nada sería posible.***

***Finalmente agradezco a la empresa Viacol ingenieros Contratistas Ltda., que me brindó la oportunidad de realizar mis prácticas y dar mis primeros pasos como profesional, a el ingeniero Luis Antonio Rojas Girón por ser un apoyo incondicional, un gran ejemplo y un excelente jefe, a la ingeniera Alba Ballesteros por ser una excelente tutora, y finalmente al Ing. Eduardo Castañeda quien realizo parte de mi formación académica, su guía y dirección me permitieron aprender y llevar a buen término mis labores en el desarrollo de esta práctica.***

**ELKIN ELI HERRERA SMITH**

## CONTENIDO

### INTRODUCCIÓN

#### **CAPÍTULO I. GENERALIDADES**

1.1 OBJETIVO GENERAL DEL ESTUDIO	15
1.2 ALCANCE	15

#### **CAPÍTULO II. ANÁLISIS DEL TRÁNSITO DE DISEÑO.**

2.1 GENERALIDADES	16
2.1.1. Determinación de TPD (Transito Promedio Diario)	16
2.1.2. Resumen volúmenes de tránsito	17
2.1.3. Tránsito entregado	17
2.1.4. Tránsito y ajustado de TPDs a TPDa	17
2.2. SELECCIÓN DEL PERÍODO DE DISEÑO ESTRUCTURAL.	18
2.3 DETERMINACIÓN DEL TRÁNSITO.	19
2.4 CÁLCULO DEL TRÁNSITO	19

#### **CAPITULO III. EVALUACIÓN GEOTÉCNICA**

3.1. APIQUES EFECTUADOS	22
3.2. SELECCIÓN DEL VALOR DE CBR DE DISEÑO	25

#### **CAPITULO IV. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO**

4.1. METODOLOGÍA DE DISEÑO EMPLEADA	26
4.2. PARÁMETROS DE DISEÑO	27
4.3. DISEÑO ESTRUCTURA DE PAVIMENTO	29
4.4. ESTRUCTURA DE PAVIMENTO SELECCIONADA	30
4.5. RECOMENDACIONES GENERALES	31

<b>CAPÍTULO V. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO</b>	
5.1 GENERALIDADES	33
<b>CAPÍTULO VI. DISEÑO GEOMÉTRICO.</b>	
6.1 GENERALIDADES	35
6.2 REPLANTEO DE PUNTOS DE CALZADA	35
6.3 CLASE DEL PROYECTO	35
6.4 DISEÑO GEOMÉTRICO HORIZONTAL	36
6.5 DISEÑO GEOMÉTRICO VERTICAL	36
6.5.1 Pendientes	37
6.5.2 Curvas Verticales	37
6.6 DISEÑO DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL	38
6.7 VOLÚMENES DE CORTE Y RELLENO	39
<b>CAPÍTULO VII. ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN</b>	
7.1 ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN	40
<b>CONCLUSIONES</b>	45
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	46
<b>ANEXOS</b>	47

## LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. Fotografías durante ejecución del proyecto.	47
ANEXO B Detalles sumideros.	54
ANEXO C. Detalles muros de contención.	55
ANEXO D. Resultados ensayos CBR inalterados.	56
ANEXO E. Resultados de algunos ensayos penetración dinámica.	58
ANEXO F. Ensayos en material de afirmado.	60
ANEXO G. Ensayos material de sub-base granular.	61
ANEXO H. Ensayos material de base granular.	67

## LISTA DE TABLAS

Tabla N° 1. Estudio de diseño de Transito.	18
Tabla N° 2. Clasificación Transito según especificaciones INVIAS.	18
Tabla N° 3. Proyección del tráfico semanal a anual.	18
Tabla N° 4. Transito según tipo de ejes.	19
Tabla N° 5. Periodo de diseño estructural recomendado.	19
Tabla N° 6. Determinación final del tránsito.	20
Tabla N° 7. Apiques realizados en la vía.	23
Tabla N° 8. Valores resultantes de los módulos resilientes.	25
Tabla N° 9. Caracterización concreto asfáltico y capas granulares.	28
Tabla N° 10. Número Estructural.	29

## LISTA DE FIGURAS

Figura N° 1. Localización del proyecto en el Municipio.	13
Figura N° 2. Índices climáticos del Municipio de pasto.	14
Figura N° 3. Precipitaciones Mensuales en el Municipio de Pasto.	15
Figura N° 4. Apique Abscisa $K_0 + 950$ .	23
Figura N° 5. Apique Abscisa $K_1 + 220$ .	24
Figura N° 6. Apique Abscisa $K_1 + 580$ .	24
Figura N° 7. Ecuación básica del método AASHTO 1993.	26
Figura N° 8. Índices de serviciabilidad.	27
Figura N° 9. Valores de coeficiente de drenaje.	28
Figura N° 10. Valores de coeficientes estructurales.	28
Figura N° 11. Programación Para Valor $S_N$ .	30
Figura N° 12. Estructura de pavimento N° 1.	30
Figura N° 13. Estructura de Pavimento N° 2.	31
Figura N° 14. Estructura de Filtros.	31
Figura N° 15. Geotextiles posibles a utilizar: GEOTEXTIL T2400.	32
Figura N° 16. Levantamiento Topográfico en Civil-3D.	33
Figura N° 17. Diseño Geométrico de la Vía.	38

## RESUMEN

TITULO : PRACTICA EMPRESARIAL COMO INGENIERO AUXILIAR TÉCNICO Y ADMINISTRATIVO DE LA EMPRESA VÍACOL INGENIEROS CONTRATISTAS LTDA EN EL PROYECTO DE MEJORAMIENTO CON PAVIMENTO ASFALTICO Y AFIRMADO DE LA VÍA DE ACCESO PRINCIPAL A LOS CORREGIMIENTOS DE JONGOVITO - GUALMATAN MUNICIPIO DE PASTO Y EL MUNICIPIO DE TANGUA DEL DEPARTAMENTO DE NARIÑO\*

**AUTOR:** ELKIN ELI HERRERA SMITH\*\*

**PALABRAS CLAVES:** Vías, Pavimentos, Afirmado, Muros, Sardineles, Programación de obra.

En este proyecto se encontrará toda la información referente a la práctica empresarial realizada como auxiliar de ingeniería civil en el proyecto de mejoramiento con pavimento asfaltico y afirmado de la vía de acceso principal a los corregimientos de Jongovito – Gualmatan en el Municipio de Pasto y el Municipio de Tangua del departamento de Nariño

Proyecto de gran impacto en el desarrollo vial y comercial del Municipio, liderado por la secretaria de infraestructura y la Alcaldía Municipal de Pasto; en el cual se detallan las actividades desarrolladas durante la ejecución del proyecto; tales como: La implementación de las normas INVIAS, la verificación del cumplimiento de las especificaciones técnicas, la revisión de actividades ejecutadas, programación de obra, la adquisición de materiales y equipos requeridos, la toma y verificación de ensayos de PCD y CBR, presentando evidencia contundente del apoyo técnico brindado. También se hallará información general del proyecto en mención como: que es una vía colindante con el perímetro urbano de la ciudad de San Juan de Pasto en el Departamento de Nariño, el cual comprende una longitud aproximada de 5000 metros lineales, de los cuales 702 ml se encuentran pavimentados y se pavimentara una longitud aproximada de 960 metros lineales donde es necesario un mantenimiento y mejoras de esta obra que por el efecto transito se deterioran; al igual información de la empresa ejecutante, Viacol Ingenieros Contratistas Ltda., así como, las conclusiones y recomendaciones finales de lo observado durante el periodo de la práctica.

---

\* Trabajo de grado

\*\*Facultad físico-mecánicas , Escuela de Ingeniería Civil  
Director Ingeniero Eduardo Castañeda Pinzón

## ABSTRACT

**TITLE:** EMPRESARIAL PRACTICE AS TECHNICAL AND ADMINISTRATIVE ASSISTANT ENGINEER ENTERPRISE LTDA VÍACOL ENGINEERS CONTRACTORS IN THE IMPROVEMENT PROJECT WITH ASPHALT PAVEMENT AND AFFIRMED THE ROUTE OF MAIN ACCESS TO THE VILLAGES OF JONGOVITO - GUALMATÁN MUNICIPALITY OF PASTO AND THE MUNICIPALITY OF NARIÑO DEPARTMENT TANGUÁ\*

**AUTHOR:** ELKIN ELI HERRERA SMITH \*\*

**KEYWORDS:** Roads, Pavements, Affirmed, walls, curbs, programming work.

Gualmatán in the municipality of Pasto and the municipality - in this project all the information relating to business practices made as assistant civil engineering in the improvement project with asphalt pavement and said the main access road to the villages of Jongovito will find Tangua of Nariño

Project of great impact on the vial and comercial development of the municipality, led by Secretary of infrastructure and the Municipality of Pasto; in which the activities developed during the project implementation are detailed; such as: INVIAS implementation of standards, verification of compliance with the technical specifications, review of completed activities, work scheduling, procurement of materials and equipment required, making testing and verification PCD and CBR, presenting evidence the strong technical support provided. General project information in question is also available as an adjacent track is the urban perimeter of the city of Pasto in Nariño Department, which comprises a length of approximately 5000 linear meters, of which 702 ml They are paved and a length of 960 linear meters where maintenance and improvement of this work by the transit effect deteriorate pave is necessary; as the performing company information, Viacol Engineers Contractors Ltda., as well as the conclusions and recommendations of the observed during the practice.

---

\*Degree graduate Project -Thesis

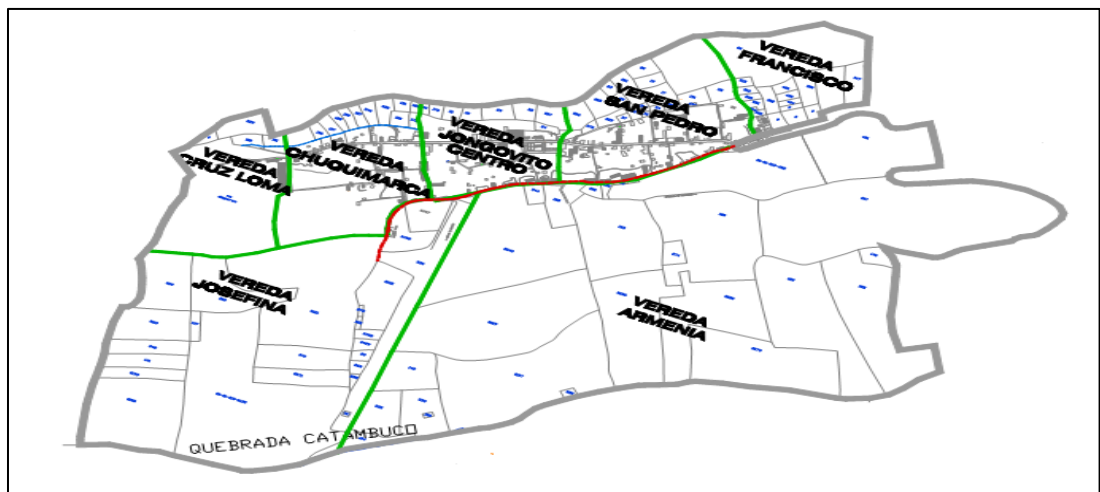
\*\*Faculty of Physic-mechanics Engineering. civill Engineering School.  
Director Ing. Eduardo Castañeda Pinzon

## INTRODUCCIÓN

A continuación se presenta un resumen de la información relevante que se requiere para el diseño de la estructura de pavimento flexible del sector o el tramo de vía comprendido entre las abscisas  $K_0 + 843$  y  $K_1 + 803$  entre los corregimientos de Jongovito y Gualmatan del Municipio de Pasto.

**Localización del proyecto:** El sector de vía que se interviene en la actualidad se encuentra localizado en el Departamento de Nariño y comunica la cabecera municipal de Pasto con los corregimientos mencionados, con una longitud total de 960 m, ver figura N° 1.

Figura N° 1. Localización del proyecto en el Municipio



Fuente: Secretaria Infraestructura Municipio de Pasto

De acuerdo a la zona donde se va a desarrollar o ejecutar el proyecto, se adopta la información climática del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM donde se tiene:

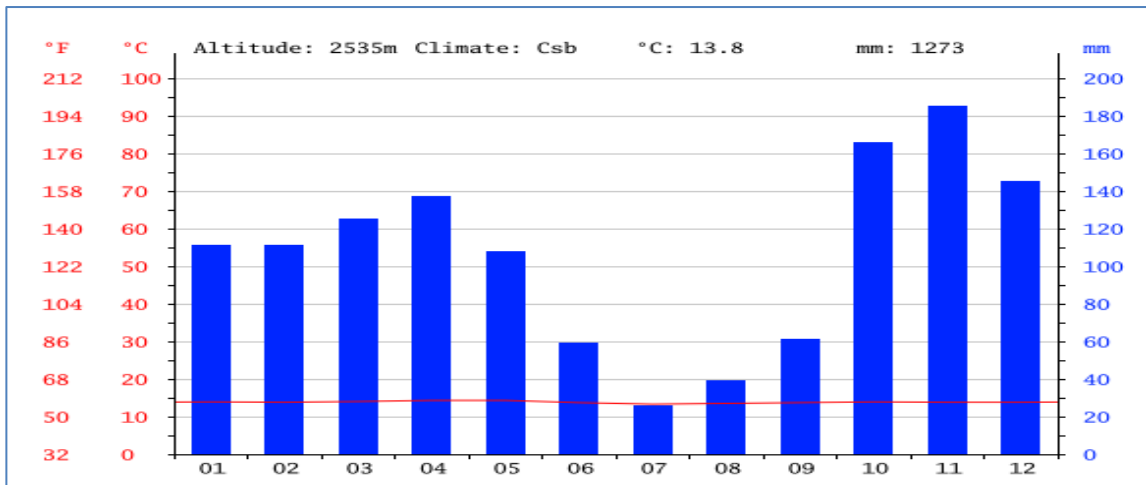
- Para el Municipio de Pasto se tiene un promedio anual de lluvias de 1273 mm
- La temperatura media anual en el Municipio de Pasto es de 13.8 °C.

Figura N° 2. Índices climáticos del Municipio de pasto

month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
mm	111	111	125	137	108	59	26	39	61	166	185	145
°C	13.9	13.8	14.0	14.3	14.3	13.7	13.3	13.5	13.7	13.9	13.8	13.8
°C (min)	9.2	9.3	9.4	9.7	9.7	9.2	8.8	8.7	8.8	9.1	9.3	9.3
°C (max)	18.6	18.4	18.7	18.9	18.9	18.3	17.9	18.3	18.6	18.8	18.4	18.4
°F	57.0	56.8	57.2	57.7	57.7	56.7	55.9	56.3	56.7	57.0	56.8	56.8
°F (min)	48.6	48.7	48.9	49.5	49.5	48.6	47.8	47.7	47.8	48.4	48.7	48.7
°F (max)	65.5	65.1	65.7	66.0	66.0	64.9	64.2	64.9	65.5	65.8	65.1	65.1

Fuente: IDEAM

Figura N° 3. Precipitaciones Mensuales en el Municipio de Pasto



Fuente: IDEAM



## **CAPÍTULO I. GENERALIDADES**

### **1.1. OBJETIVO GENERAL DEL ESTUDIO.**

El siguiente estudio tiene como objetivo realizar el diseño geométrico y de la estructura de pavimento del sector comprendido entre el  $K_0 + 843$  al  $K_1 + 803$  de la vía que comunica la cabecera municipal de Pasto con el corregimientos de Jongovito y Gualmatan, con una longitud total de 960 m.

La información empleada para el presente diseño se ha obtenido de los diferentes diseños efectuados hasta el momento más a información actualizada y entregada por el ingeniero contratante, para el presente diseño se entrega como insumo conteos, topografía y el estudio geotécnico.

### **1.2. ALCANCE.**

- El presente informe abarca el diseño geométrico y de la estructura de pavimento flexible para el sector mencionado, ejecutando todas las actividades previstas dentro del contrato, sin sobrepasar las metas físicas del mismo. También el derealizar el diseño geométrico horizontal y vertical, el diseño de la estructura de pavimento flexible e hidráulico, el estudio geotécnico, diseño de estructuras adicionales y la determinación del costo del proyecto de **“MEJORAMIENTO CON PAVIMENTO ASFALTICO Y AFIRMADO DE LA VÍA DE ACCESO PRINCIPAL A LOS CORREGIMIENTOS DE JONGOVITO-GUALMATAN MUNICIPIO DE PASTO Y MUNICIPIO DE TANGUA “**, que comprenden un tramo continuo de 5000 metros, de los cuales se pavimentara una extensión de 960 metros, y mantenimiento con afirmado del tramo restante.

## **CAPÍTULO II. ANÁLISIS DEL TRÁNSITO DE DISEÑO.**

### **2.1 GENERALIDADES**

La información del presente capítulo fue entregado por la empresa VIACOL INGENIEROS CONTRATISTAS LTDA, y este estudio de trafico hace parte de los estudios que se realizan para el mejoramiento y pavimentación de la vía de acceso principal al corregimientos, siendo su principal objetivo determinar la demanda vehicular esperada. La determinación del tráfico es de vital importancia para poder adelantar actividades como la de realizar el diseño adecuado de la estructura de pavimento y la evaluación de proyecto. Se tiene en cuenta:

- Motocicletas (M)
- Autos (A)
- Busetas (B)
- Buses intermunicipales (BI)
- Camión de dos ejes pequeño (C-2P)
- Camión de dos ejes grande (C-2G)
- Camión de tres ejes (C-3)
- Camión de cuatro ejes (C-4)
- Camión de cinco ejes (C-5)
- Camión de seis ejes o más (C  $\geq$ 6)

#### **2.1.1 Determinación de TPD (Transito Promedio Diario)**

El Transito promedio diario es una de las variables fundamentales para la determinación del número de ejes equivalentes que solicitaran el pavimento. Debido a que la vía estructurada no cuenta con conteos o no existen series históricas de la realización de dichos conteos, estos se efectuaron durante 3 días

representativos de la semana, cabe anotar que el día de mayor afluencia vehicular es el día lunes por ser este el día en semana en el que se realiza el mercado de ganado.

### 2.1.2. Resumen volúmenes de tránsito

Tabla N° 1. Estudio de diseño de Transito

Sector	JONGOVITO								
Fecha	Lunes 27 de octubre de 2014 a Miercoles 29 de octubre de 2014								
FECHA	DIA	MOTOS	AUTOS	BUSETAS	C2-P	C2-G	C-3	C-4	≥ C-5
27/10/2014	LUNES	1232	816	340	75	256	42	0	0
28/10/2014	MARTES	865	503	264	55	144	21	0	0
29/10/2014	MIERCOLES	1015	541	280	56	150	29	0	0
<b>TOTAL</b>		3112	1860	884	186	550	92	0	0
<b>PROMEDIO</b>		1037,333	620	294,6667	62	183,333	30,66667	0	0

### 2.1.3. Tránsito entregado

Tabla N° 2. Clasificación del Transito según especificaciones INVIAS

	TPDs promedio	% A	% B	% C	% C2P	% C2G	% C3
veh/dia	1037	620	295	276	62	183	31
%	100	52.06	24.77	23.17	22.46	66.30	11.24

Fuente: Ing. Argotti Luis

### 2.1.4. Tránsito y ajustado de TPDs a TPDa

Tabla N° 3. Proyección del tráfico semanal a anual.

AÑO		TPDa	% A	% B	% C	% C2P	% C2G	% C3
2014	N°	1471	766	364	341	77	226	38
	%	100	52.06	24.77	23.17	22.46	66.30	11.24

Fuente: Ing. Argotti Luis

Se actualiza el conteo al año 2015 con un tasa de crecimiento (r) es del 3% de acuerdo a lo obtenido en el estudio de tránsito

Tabla N° 4. Transito según tipo de ejes

AÑO		TPDa	% A	% B	% C	% C2P	% C2G	% C3
2015	N°	1515	789	375	351	79	233	39
	%	100	52.06	24.77	23.17	22.46	66.30	11.24

.Fuente: Ing. Argotti Luis

## 2.2. SELECCIÓN DEL PERÍODO DE DISEÑO ESTRUCTURAL.

El periodo de diseño estructural está definido como el periodo durante el cual está previsto con alto grado de confiabilidad, que no se requerirá ningún mantenimiento estructural. Para las carreteras de grado II de acuerdo a la tabla 2.3 se recomienda un periodo de 15 años.

Tabla N° 5. Periodo de diseño estructural recomendado

CATEGORIA DE LA VIA	PERIODO DE DISEÑO ( P.D.E) años	
	Rango	Período Recomendado
I	10 – 30	20
II	10 – 20	15
III	10 – 20	10
<b>ESPECIAL</b>	<b>7 – 20</b>	<b>10-15</b>

Fuente: Instituto Nacional de Vías

## 2.3 DETERMINACIÓN DEL TRÁNSITO.

Tabla N° 6. Determinación final del tránsito.

<b>Conteo realizado: 1515 vehículos día</b>	
<b>Autos: 52.06 %</b>	<b>Buses: 24.77 %</b>
<b>Camiones: 23.17 %</b>	
<b>Distribución de los vehículos comerciales</b>	
<b>Buses</b>	24.77 %
<b>Camión C2-P</b>	22.46 %
<b>Camión C2-G</b>	66.30 %
<b>Camión C3-C4</b>	11241%
<b>Camión C5</b>	0.0 %
<b>Camión &gt;C5</b>	0.0 %
<b>Distribución direccional</b>	Fd = 50%
<b>Distribución por carril</b>	Fca = 1
<b>Tránsito atraído</b>	10%
<b>Tránsito generado</b>	10%

Fuente: Secretaria Infraestructura Municipio de Pasto.

Se determinó la proyección del tránsito a considerar en el diseño de pavimento flexible con un período de diseño de 15 años.

El valor del crecimiento anual se tomó en cuanto al crecimiento de la sobretasa, aproximadamente. Crecimiento anual = 3.6 %

## 2.4. CÁLCULO DEL TRÁNSITO

- Cálculo del número de ejes equivalentes existentes en el año base:

$$N_o = (N_i + N_a + N_g) * F_d * F_{ca} + N_c$$

- Cálculo de  $N_i$ , Considerando un tiempo de 0.5 año entre el diseño y la construcción

$$1515 * 365 * (1 + 0,036)^{0.5} = 562.841 \text{ vehículos}$$

- Factor camión global.

$$F_C = \frac{0,2477*1 + 0,2317(0,2246*1,14 + 0,6630*3,44 + 0,1124*3,74)}{0,4794}$$

$$F_C = 1,68$$

$$N_i = 562.841 * 0.4794 * 1,68 = 453.308 \text{ ejes equivalentes / año}$$

- Cálculo de número de ejes equivalentes atraídos.

$$N_a = 0.10 * N_i = 453.308 * 0,10 = 45.331 \text{ ejes/año}$$

- Cálculo de número de ejes equivalentes generados.

$$N_g = 0,10 * N_i = 453.308 * 0,10 = 45.331 \text{ ejes/año}$$

- Cálculo de número de ejes durante la construcción (porcarril).

$$N_c = 50 \text{ camiones/día} * 365 \text{ días} * 3.46 \text{ ejes equivalentes} * 0,5 \text{ años} = 31.573 \text{ ejes}$$

- Cálculo de número de ejes equivalentes al año base.

$$N_o = (453.308 + 45.331 + 45.331) * 0.50 * 1 + 31.573$$

$$N_o = 303.558 \text{ ejes equivalentes /año base / en el carril de diseño}$$

- Proyección del tránsito durante el período de diseño, con Tasa de crecimiento del  $r = 3.6\%$  y un Período de diseño = 15 años.

$$N = (N_o - N_c) * \frac{(1 + r)^n - 1}{r} + N_c$$

$$N = (303.558 - 31.573) * ((1 + 0,036)^{15} - 1)/0.036 + 31.573$$

$$N = 5.318.615$$

$N = 5.32 * 10^6$  ejes equivalentes en el carril de diseño

➤ Confiabilidad en la estimación.

$$\text{Log } N' = \text{log } N + (Z_r * S_o)$$

$$NC = 90 \% \quad Z_r = 1,282 \quad S_o \text{ adicional} = 0,49 - 0,45 = 0,05$$

$$\text{Log } N' = \text{Log } 5.32 * 10^6 + 1,282 * 0,05$$

$N = 6.20 * 10^6$  ejes equivalentes de 80 KN en el carril de diseño

Por lo cual el tránsito de esta vía corresponde a un NT3 (Nivel de tránsito tres) ya que el N es superior a  $5 * 10^6$  ejes equivalentes de 80 KN en el carril de diseño, según las especificaciones de construcción del INVIAAS año 2012





### 3.2. SELECCIÓN DEL VALOR DE CBR DE DISEÑO.

De acuerdo a los valores de los CBR inalterados obtenidos en la evaluación geotécnica se tendría que el valor de CBR de diseño es de 10,70%

Pero debido a la variabilidad de la sub-rasante observada en algunos tramos de la vía y tomando en cuenta los resultados del ensayo de PDC se observan valores inferiores a 3% en la abscisa  $K_0 + 950$  a una profundidad de 49 cm se tiene un CBR de 2.7 %y en la abscisa  $K_1 + 220$  a 43 cm.de profundidad se encontró un CBR de 2.6%, por tanto se plantea un mejoramiento con 20 cm. de afirmado y la instalación de un geotextil Tejido 2400 y con ello se determina que el valor de CBR de diseño es de 9.4 %

Tabla N° 8. Valores resultantes de los módulos resilientes.

<b>CBR %</b>	<b><math>M_r</math> (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Espesor Mejoramiento ( mm)</b>	<b>Material empleado</b>	<b>Mr capa mejorada</b>
<b><math>M_r = 100 \times \text{CBR}</math> para CBR &lt; a 10</b>				
2.6	260		Geotextil	425.4422025
4.2	420	200	Afirmado	938.8149759

**Fuente:** Ing. Argotti Luis, Programación DEPAV

## CAPÍTULO IV. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO.

### 4.1. METODOLOGÍA DE DISEÑO EMPLEADA

Las metodologías empleadas para el diseño la estructura de pavimento del sector en estudio, es el método AASHTO 1993 y la metodología de verificación empírico mecanicista.

Figura N° 7. Ecuación básica del método AASHTO 1993

$$\text{Log}W_{18} = ZrS_0 + 9.36\text{Log}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\text{Log} \frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32\text{Log}M_R - 8.07$$

Dónde:

W18	=	Cantidad de ejes equivalentes de 8.2 Toneladas (80 KN)
ZR	=	Desviación estándar normal
S0	=	Error estándar combinado de la predicción del tránsito y de la predicción del comportamiento
ΔPSI	=	Pérdida de serviciabilidad
MR	=	Módulo de resiliencia de la subrasante, psi
SN	=	Número estructural, pulgadas

El número estructural (SN) se establece a partir de los coeficientes estructurales y los coeficientes de drenaje de cada uno de los materiales involucrados en el diseño además de los espesores de las capas, tal como indica la siguiente expresión:

$$SN = a_1d_1 + a_2d_2m_2 + a_3d_3m_3 + \dots + a_id_i$$

Dónde:

$a_i$	=	Coficiente estructural de la capa i
$m_i$	=	Coficiente de drenaje de la capa i
$d_i$	=	Espesor de la capa i, pulgadas

Fuente: AASHTO 93

## 4.2. PARÁMETROS DE DISEÑO.

➤ **Clima y Temperatura**

Temperatura media : 13.8 °C

Precipitación media anual : 1273 mm

➤ **Período de diseño:** 15 años

➤ **Índice de serviciabilidad:**  $\Delta PSI = P_o - P_t$

Figura N° 8. Índices de serviciabilidad.

<b>Índice de Serviciabilidad (PSI)</b>	<b>Calificación</b>
5 – 4	Muy buena
4 – 3	Buena
3 – 2	Regular
2 – 1	Mala
1 – 0	Muy mala

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

Antes de diseñar el pavimento se deben elegir los índices de servicio inicial y final. El índice de servicio inicial  $P_o$  depende del diseño y de la calidad de la construcción. En los pavimentos flexibles estudiados por la AASHTO, el pavimento nuevo alcanzó un valor medio de  $P_o = 4,2$ .

El índice de servicio final  $P_t$  representa al índice más bajo capaz de ser tolerado por el pavimento, antes de que sea imprescindible su rehabilitación mediante un refuerzo o una reconstrucción. El valor asumido depende de la importancia de la carretera y del criterio del proyectista,  $P_t = 2,2$ .

➤ **Aportes estructurales por Capas**

Los valores de coeficientes de drenaje se toman de acuerdo a la tabla del Manual del INVIAS de Diseño de pavimentos asfálticos en vías con medios y altos volúmenes de tránsito, p.71, donde el valor de  $m_i$  será de 1.0 para precipitaciones (mm/año) menores a 2000, como es el caso del sector 1 en análisis.

Figura N° 9. Valores de coeficiente de drenaje

PRECIPITACIÓN (mm/año)	COEFICIENTE DE DRENAJE ( $m_i$ )
< 2000	1.00
2000 – 4000	0.90
> 4000	0.80

Fuente: INVIAS. Manual de diseño de pavimentos asfálticos en vías con medios y altos volúmenes de tránsito. Popayán, 1998. p. 71.

Los coeficientes estructurales ( $a_i$ ) se tomarán con respecto a la tabla de valores de coeficientes estructurales presentados por el INVIAS Manual de Diseño de pavimentos asfálticos en vías con medios y altos volúmenes de tránsito, p.71, que se presenta a continuación.

Figura N° 10. Valores de coeficientes estructurales.

<b>MEZCLA DENSA EN CALIENTE</b>	MDC $a_i = 0.44$	TMAP < 13 °C
	MDC $a_i = 0.37$	13 °C ≤ TMAP < 20 °C
	MDC $a_i = 0.30$	20 °C ≤ TMAP ≤ 30 °C
<b>MEZCLA DENSA EN FRÍO</b>	MDF $a_i = 0.8 \times 0.44$	TMAP < 13 °C
	MDF $a_i = 0.8 \times 0.37$	13 °C ≤ TMAP < 20 °C
	MDF $a_i = 0.8 \times 0.33$	20 °C ≤ TMAP ≤ 30 °C
<b>BASE ESTABILIZADA CON EMULSIÓN ASFÁLTICA</b>	BEE-1 $a_i = 0.20$	Agregado grueso
	BEE-2 $a_i = 0.20$	Agregado medio
	BEE-3 $a_i = 0.14$	Suelo
<b>BASE ESTABILIZADA CON CEMENTO</b>	BEC-1 $a_i = 0.16$	A-1-a; A-1-b
	BEC-2 $a_i = 0.14$	A-3; A-2-4; A-2-5
	BEC-3 $a_i = 0.13$	A-2-6; A-2-7; A-4 A-5; A-6; A-7
<b>BASE GRANULAR</b>	BG-1, BG-2 $a_i = 0.14$	
<b>SUBBASE GRANULAR</b>	SBG-1, SBG-2 $a_i = 0.12$	

Fuente: INVIAS. Manual de diseño de pavimentos asfálticos en vías con medios y altos volúmenes de tránsito. Popayán, 1998. p. 71.

Tabla N° 9 Caracterización del concreto asfáltico y materiales de capas granulares.

Material	Coeficiente $a_i$	Coeficiente $m_i$
Mezcla asfáltica MDC-2	0.43	1.0
Base Granular BG1	0.14	1.0
Sub-Base Granular SBG1	0.12	1.0
Mejoramiento material afirmado		
Geotextil T 2400		

Fuente: Manual de Pavimentos Asfálticos. INVIAS

➤ **Parámetros de diseño del método AASHTO 93**

Confiabilidad = 90%

ZR= -1.282

Desviación estándar = 0.45

Índice de servicio inicial = 4.2

Índice de servicio final = 2.2

- **$N = 6.20 \cdot 10^6$  ejes equivalentes de 80 KN en el carril de diseño**

#### 4.3. DISEÑO ESTRUCTURA DE PAVIMENTO

a. **Determinación del número estructural aportado por la estructura propuesta**

b.

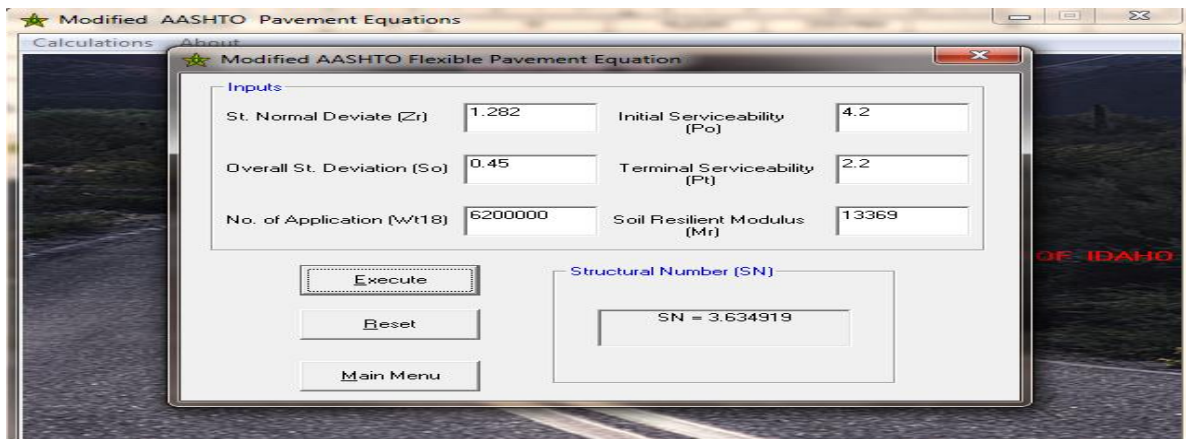
Tabla N° 10. Número Estructural

Material	Espesor		Modulo Dinámico		Coeficient e estructural	Coeficient e de drenaje	SN
	cm	pulg	Kg/cm <sup>2</sup>	PSI			
Mezcla asfáltica	7	2.76	27000	384014	0.43	1	1.1868
Base Granular	20	7.87	4000	56891	0.14	1	1.1018
Sub-Base Granular	30	11.81	1200	17067	0.12	1	1.4172
Mejoramiento Afirmado	20	7.87	940	13369			
Geotextil			420	5974			
Sub-rasante			260	3698			
Espesor Total		77				Suma	3.7058

Fuente: Ing. Argotti Luis, 2014.

## b. Determinación del número estructural requerido

Figura N° 11. Programación Para Valor  $S_N$



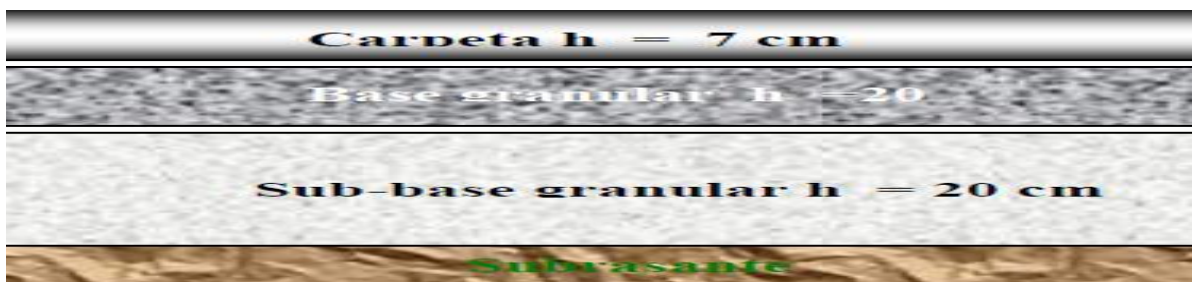
Fuente: Ing. Argotti Luis, 2014.

Donde SN de la estructura modelada es: SN final = 3.7058  
Donde SN de la estructura requerida es: SNrequerido = 3.6349

$3.7058 > 3.6349$  O.K. Por Tanto el SN de la estructura modelada es superior al SN requerido y es adecuada la estructura.

## 4.4. ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO SELECCIONADAS

Figura N° 12. Estructura de pavimento N° 1.



Fuente: Secretaria de Infraestructura del Municipio de Pasto

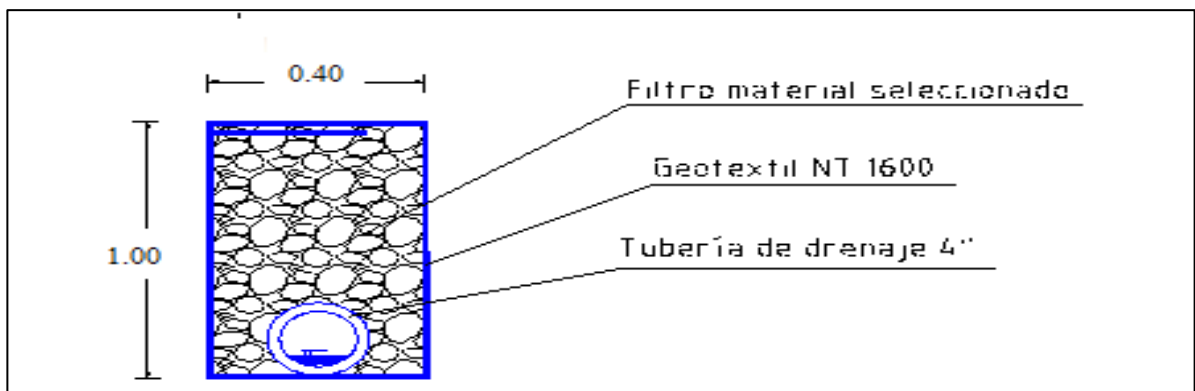
Figura N° 13. Estructura de Pavimento N° 2



#### 4.5. RECOMENDACIONES GENERALES

1. Construcción de filtros según el modelo presentado desde el  $K_1+ 310$  hasta el  $K_1+ 417$  y desde la  $K_0 + 847$  hasta la  $K_0 + 950$  sobre las dos márgenes  
Modelo de filtro:

Figura N° 14. Estructura de Filtros.



- Al Nivelar la superficie al nivel de  $-0.77$  m de profundidad se debe instalar sobre esta superficie un geotextil que cumpla con el Artículo 232 – 07 Estabilización de suelos de sub-rasante y capas granulares con geotextil, en los tramos donde existan grandes fallas en la sub-rasante

Figura N° 15. Geotextiles posibles a utilizar: GEOTEXTIL PAVCO T2400

Tabla 232.1  
Requerimiento mínimo de las propiedades mecánicas del geotextil  
(medidas en el sentido más débil del geotextil)

PROPIEDAD	NORMA DE ENSAYO INV	VMPR <sup>(Nota 1)</sup> GEOTEXTILES TEJIDOS	VMPR <sup>(Nota 1)</sup> GEOTEXTILES NO TEJIDOS
Elongación	E-901	< 50%	≥ 50%
Resistencia a la tensión Grab (N) valor mínimo	E-901	1400	900
Resistencia a la costura (N) valor mínimo	E-901	1260	810
Resistencia a la penetración con pistón de 50mm de diámetro (N) valor mínimo	E-913	2750	1925
Resistencia al rasgado trapezoidal (N) valor mínimo (Nota 2)	E-903	500	350

Nota 1. VMPR es el “Valor mínimo promedio por rollo”. El promedio de los resultados de los ensayos practicados a cualquier rollo del lote que se esté analizando, deberá ser mayor o igual al valor presentado en la Tabla 232.1

Nota 2. El VMPR para la resistencia al rasgado trapezoidal de los geotextiles tejidos monofilamento deberá ser de 250 N.

Fuente: Propiedades Mecánicas del Geotextil. PAVCO

- Las excavaciones de cajeo serán remplazadas con material de recebo de buena calidad las cuales deberán ser compactadas en capas de máximo 20 cm, las calidades del afirmado deberán ajustarse a las especificaciones estipuladas para este material en las especificaciones del INVIAS.

## CAPÍTULO V. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.

### 5.1 GENERALIDADES

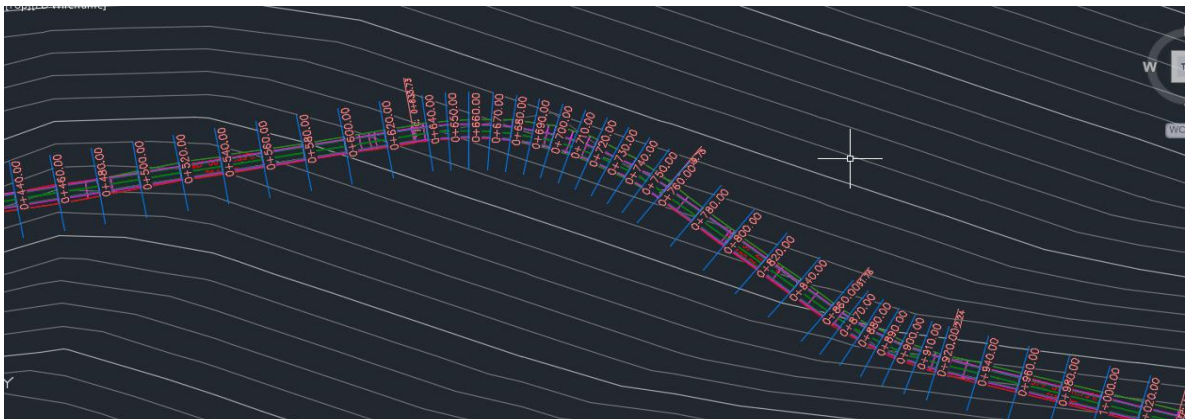
En el estudio, elaboración y ejecución de cualquier proyecto de Ingeniería de obras que tengan como asiento la superficie de la tierra, es necesario el uso de la Topografía.

1º En la elaboración del área destinada para la obra. Las características del terreno son la guía del Arquitecto, para la mejor distribución y ubicación de la obra, en sus aspectos funcionales y ornamentales; y del Ingeniero para conseguir la mayor rigidez, estabilidad y seguridad de ésta. Se refiere al levantamiento topográfico de la zona.

2º En la Geometrización del proyecto, donde se vinculan en forma analítica, los diferentes ejes de simetría de la obra, entre sí mismo y con elementos fijos del terreno, (puntos permanentes) con fines de su posterior replanteo.

3º En el replanteo, mediante el cual se ubican en el terreno las diferentes partes de la obra, en las posiciones relativas señaladas en el proyecto.

Figura N° 16. Levantamiento Topográfico en Civil-3D.



Es necesario tener en cuenta los siguientes estudios para realizar un buen levantamiento.

El **Estudio de las rutas** es el proceso preliminar de acopio de datos y reconocimiento de campo, hecho con la finalidad de seleccionar la faja de estudio que reúna las condiciones óptimas para el desenvolvimiento del trazado. En esta etapa se obtiene información, se elaboran croquis, se efectúan los reconocimientos preliminares y se evalúan las rutas.

El **Estudio del trazado** consiste en reconocer minuciosamente en el campo cada una de las rutas seleccionadas. Así se obtiene información adicional sobre los tributos que ofrecen cada una de estas rutas y se localizan en ellas la línea a las líneas correspondientes a posibles trazados en la carretera.

En el **Anteproyecto** se fija en los planos la línea que mejor cumpla los requisitos planimétricos y altimétricos impuestos a la vía. En esta etapa se elaboran planos por medios aéreos o terrestres y se establece la línea tentativa del eje.

El **Proyecto** es el proceso de localización del eje de la vía, su replanteo del trazado y de sus áreas adyacentes, establecimiento de los sistemas de drenaje, estimación de las cantidades de obras a ejecutar y redacción de los informes y memorias que deben acompañar a los planos.

Durante cada una de las etapas de la construcción de la vía, se toman en cuenta muchos factores, entre los mismos se encuentra el **Movimiento de Tierras**, el cual es uno de los más importantes, por el peso económico que tiene en el presupuesto. El movimiento de tierra engloba todas aquellas actividades de excavación y relleno necesarias para la construcción de la carretera.

## **CAPÍTULO VI. DISEÑO GEOMÉTRICO.**

### **6.1. GENERALIDADES**

En un proyecto de mejoramiento el diseño geométrico juega un papel muy importante, ya que establece con base en todos los factores predominantes, la configuración geométrica definitiva del conjunto en el espacio, para integrar y satisfacer al máximo los objetivos fundamentales: Funcionalidad, seguridad, comodidad, la integración de su entorno, la armonía o estética y la economía. El tramo existente presenta como características geométricas limitación en las zonas laterales, debido a las viviendas existentes taludes elevados en el inicio del proyecto, y viviendas existentes en el sector del proyecto, ancho de calzada promedio de 7 metros.

### **6.2. REPLANTEO DE PUNTOS DE CALZADA**

Con el fin de efectuar el diseño de la vía, el primer paso es realizar el replanteo de los puntos de la calzada de la vía, lo cual se hace tomando como base la topografía generada a partir de la nube de Puntos entregada por el Topógrafo.

### **6.3. CLASE DE PROYECTO**

De acuerdo al Manual de Diseño Geométrico para Carreteras del Instituto Nacional de Vías, este proyecto se clasifica como un Proyecto de Mejoramiento, el cual consiste básicamente en el cambio de especificaciones y dimensiones, para lo cual, se hace necesaria la construcción de obras de infraestructura ya existentes, que permitan una adecuación de la vía al tránsito existente y

proyectado en la estructura de pavimento, entre otras, las actividades que se desarrollaran en el presente proyecto son:

- Ampliación de la Calzada
- Rectificación del Alineamiento horizontal y vertical
- Construcción de Obras de Drenaje y Sub-drenaje
- Construcción de la Estructura de Pavimento flexible.

#### **6.4. DISEÑO GEOMÉTRICO HORIZONTAL.**

Se efectuó el Diseño Geométrico Horizontal empleando curvas circulares, ya que este tipo de elementos se adecuan en forma más exacta a condiciones limitadas de terreno, lo que no es factible empleando curvas espirales: Para su diseño se empleó las especificaciones existente en el Manual de Diseño Geométrico para Carretera del año 2008, teniendo en cuenta que el presente proyecto es un mejoramiento vial.

#### **6.5. DISEÑO GEOMÉTRICO VERTICAL**

El alineamiento vertical está formado por la rasante, constituida por una serie de rectas enlazadas por arcos verticales parabólicos, a los cuales dichas rectas son tangentes. La inclinación de la rasante depende principalmente de la topografía de la zona que atraviesa, del alineamiento horizontal, de la visibilidad, de la velocidad del proyecto, de los costos de construcción, de los costos de operación, etc.

Al igual que el diseño en planta. El eje del alineamiento vertical está constituido por la pendiente, una serie de tramos rectos denominados tangentes verticales, enlazadas entre sí por curvas verticales. El alineamiento a proyectar estará en directa correlación con la topografía del terreno natural.

### **6.5.1. Pendientes**

Para propósitos de diseño vial, las pendientes deben limitarse dentro de un rango normal de valores, de acuerdo al tipo de vía que se trate. Así se tendrán también pendientes máximas y mínimas

**Pendientes Máximas:** En el presente proyecto la máxima pendiente es del 10.68%, la cual es aceptable para un sector urbano, ésta pendiente no puede disminuirse por ser un corredor existente consolidado con viviendas y desarrollo urbanístico.

**La pendiente mínima:** es la menor pendiente que se permite en el proyecto. Su valor se fija para facilitar el drenaje superficial longitudinal, pudiendo variar según se trate de un tramo en terraplén o en corte y de acuerdo al tipo de terreno. En el sector en estudio esta inclinación es del 8.6 %.

### **6.5.2. Curvas Verticales**

Se ha comprobado que la curva que mejor se ajusta a las condiciones es la parábola de eje vertical. En el manual del INVIAS la curva vertical recomendada es la parábola cuadrática. Las curvas verticales parabólicas según su posición pueden ser Convexas y/o Cóncavas y simétricas o asimétricas, las cuales han sido empleadas en el presente diseño.

Se efectuó el Diseño Geométrico Vertical empleando parábolas curvas parabólicas, para su diseño se empleó las especificaciones del Manual de Diseño Geométrico para Carreteras del año 2008, teniendo en cuenta que el presente

proyecto es un mejoramiento y más exactamente una rectificación vial. En el perfil del proyecto se presenta el cuadro de diseño de la curva vertical diseñada. Se requirió para el diseño del proyecto una curva vertical.

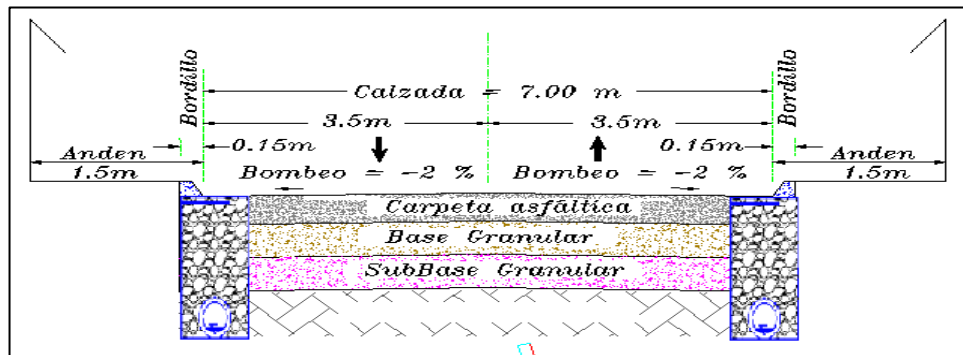
## 6.6. DISEÑO DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL.

El diseño geométrico transversal de una carretera consiste en la definición de la ubicación y dimensiones de los elementos que forman la carretera, y su relación con el terreno natural, en cada punto de ella sobre una sección normal al alineamiento horizontal. De esta manera, se podrá fijar la rasante y el ancho de la faja que ocupará la futura carretera, y así estimar las áreas y volúmenes de tierra a mover

La sección transversal típica en tangente esta dimensionada así:

- Ancho promedio de calzada de 7.00 m
- Número de carriles 2
- Ancho de carril : 3.50 m
- Ancho Total : 7.00 m

Figura N° 17. Diseño Geométrico de la Vía.



**Fuente:** secretaria de Infraestructura de Pasto.

## **6.7. VOLÚMENES DE CORTE Y RELLENO.**

Con las secciones transversales definidas cada 10 m y en puntos adicionales de diseño, se determinaron las áreas de cada una de las secciones para calcular los volúmenes de corte y relleno, estos valores se han incrementado en un 20 % como factor de seguridad, por las irregularidades del terreno y porque en esencia la topografía pese a tener secciones cada 10 metros siempre será aproximada.

## **CAPITULO VII. ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN**

### **7.1 ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN**

Las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras forman parte de los contratos celebrados por el Instituto Nacional de Vías año 2013 para la construcción, rehabilitación, rectificación, mejoramiento y conservación de las carreteras y puentes a cargo de la Nación, y se emplean como especificaciones generales de los contratos viales, por tal motivo se mencionan a continuación como referencia.

A continuación se menciona la descripción de las principales especificaciones que deben tenerse en cuenta en el desarrollo del proyecto de estudio

- **ARTÍCULO 220 - 13. TERRAPLENES**

Este trabajo consiste en la escarificación, nivelación y compactación del terreno o del afirmado en donde se haya de colocar un terraplén nuevo, previa ejecución de las obras de desmonte y limpieza; eventual descapote y retiro de material inadecuado; demolición; drenaje y sub-drenaje; y la colocación, el humedecimiento o secamiento, la conformación y compactación de materiales apropiados de acuerdo con la presente especificación, los planos y secciones transversales del proyecto y las instrucciones del Interventor.

- **ARTÍCULO 300 – 13. DISPOSICIONES GENERALES PARA LA EJECUCIÓN DE AFIRMADOS, SUBBASES GRANULARES Y BASES GRANULARES Y ESTABILIZADAS**

Esta especificación presenta las disposiciones que son generales a los trabajos sobre afirmados, sub-bases granulares y bases granulares y estabilizadas.

- **ARTÍCULO 310 – 13. CONFORMACIÓN DE LA CALZADA EXISTENTE**

Este trabajo consiste en la escarificación, la conformación, renivelación y compactación del afirmado existente, con o sin adición de material de afirmado o de sub-base granular; así como la conformación o reconstrucción de cunetas.

- **ARTÍCULO 320 – 13. SUB-BASE GRANULAR**

Este trabajo consiste en el suministro, transporte, colocación, humedecimiento o aireación, extensión y conformación, compactación y terminado de material de sub-base granular aprobado sobre una superficie preparada, en una o varias capas, de conformidad con los alineamientos, pendientes y dimensiones indicados en los planos y demás documentos del proyecto o establecidos por el Interventor.

Para los efectos de estas especificaciones, se denomina sub-base granular a la capa granular que sirve como capa estructural en los pavimentos de concreto asfáltico, sin perjuicio de que los documentos del proyecto le señalen otra utilización.

- **ARTÍCULO 330 – 13. BASE GRANULAR**

Este trabajo consiste en el suministro, transporte, colocación, humedecimiento o aireación, extensión y conformación, compactación y terminado de material de base granular aprobado sobre una superficie preparada, en una o varias capas, de conformidad con los alineamientos, pendientes y dimensiones indicados en los planos y demás documentos del proyecto o establecidos por el Interventor.

Para los efectos de estas especificaciones, se denomina base granular a la capa granular que sirve como capa estructural en los pavimentos de concreto asfáltico, sin perjuicio de que los documentos del proyecto le señalen otra utilización.

- **ARTÍCULO 420 – 13. RIEGO DE IMPRIMACIÓN**

Este trabajo consiste en el suministro, transporte y eventual calentamiento y aplicación uniforme de una emulsión asfáltica o un asfalto líquido sobre una superficie granular terminada, previamente a la extensión de una capa asfáltica o un tratamiento bituminoso. El trabajo incluye también el suministro y la aplicación de un agregado fino sobre la imprimación para absorber eventuales excesos del material de imprimación o para la protección de la superficie imprimada, cuando se requiera.

- **ARTÍCULO 450 - 13. MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE DE GRADACIÓN CONTINUA**

Este trabajo consiste en la elaboración, transporte, colocación y compactación, de una o más capas de mezcla asfáltica de gradación continua, preparada y colocada en caliente (concreto asfáltico), de acuerdo con esta especificación y de conformidad con los lineamientos, cotas, secciones y espesores indicados en los planos o determinados por el Interventor.

- **ARTÍCULO 600- 13. EXCAVACIONES VARIAS**

Este trabajo consiste en la excavación necesaria para las fundaciones de las estructuras a las cuales se refiere el presente Artículo, de acuerdo con los alineamientos, pendientes y cotas indicadas en los planos u ordenados por el Interventor. Comprende, además, la construcción de encofrados, ataguías y cajones y el sistema de drenaje que fuere necesario para la ejecución de los trabajos, así como el retiro subsiguiente de encofrados y ataguías. Incluye, también, la remoción, transporte y disposición de todo material que se encuentre dentro de los límites de las excavaciones y la limpieza final que sea

necesaria para la terminación del trabajo. Se exceptúan las excavaciones contempladas por el Artículo 210 “Excavación de la explanación, canales y préstamos”, las excavaciones para pilotes pre-excavados, las cuales están comprendidas en el Artículo 621, y cualquier otra excavación considerada en algún otro Artículo de estas especificaciones.

- **ARTÍCULO 610 – 13. RELLENOS PARA ESTRUCTURAS**

Este trabajo consiste en la colocación en capas, humedecimiento o secamiento, conformación y compactación de los materiales adecuados provenientes de la misma excavación, de los cortes o de otras fuentes, para rellenos a lo largo de estructuras de concreto y alcantarillas, previa la ejecución de las obras de drenaje y sub-drenaje contempladas en el proyecto o autorizadas por el Interventor. Incluye, además, la construcción de capas filtrantes por detrás de los estribos, muros de contención y otras obras de arte, en los sitios y con las dimensiones señalados en los planos del proyecto o indicados por el Interventor, en aquellos casos en los cuales dichas operaciones no formen parte de otra actividad de las presentes especificaciones o de una especificación particular.

- **ARTÍCULO 630 – 13. CONCRETO ESTRUCTURAL**

Este trabajo consiste en el suministro de materiales, fabricación, transporte, colocación, vibrado, curado y acabados de los concretos de cemento Portland, utilizados para la construcción de puentes, estructuras de drenaje, muros de contención y estructuras en general, de acuerdo con los planos y demás documentos del proyecto y las instrucciones del Interventor. No se consideran

los pavimentos de concreto hidráulico, los cuales se encuentran contemplados en el Artículo 500 de estas especificaciones.

- **ARTÍCULO 640 – 13. ACERO DE REFUERZO**

Este trabajo consiste en el suministro, transporte, almacenamiento, corte, doblamiento y colocación de barras de acero en estructuras de concreto, en concordancia con los planos del proyecto, de esta especificación y de las instrucciones y recomendaciones dadas por el Interventor.

- **ARTÍCULO 661- 13. TUBERÍA DE CONCRETO REFORZADO**

Este trabajo consiste en el suministro, transporte, almacenamiento, manejo y colocación de tubería de concreto reforzado, con los diámetros, armaduras, alineamientos, cotas y pendientes mostrados en los planos u ordenados por el Interventor; comprende, además, el suministro de los materiales para las juntas y su colocación; las conexiones a cabezales u obras existentes o nuevas, y la remoción y disposición de los materiales sobrantes.

- **ARTÍCULO 900 – 13. TRANSPORTE DE MATERIALES PROVENIENTES DE EXCAVACIONES Y DERRUMBES**

Este trabajo consiste en el transporte de los materiales provenientes de la excavación de la explanación, canales y préstamos, y el transporte de los materiales provenientes de derrumbes. Esta especificación no es aplicable al transporte de líquidos, productos manufacturados, elementos industriales, ni al de agregados pétreos, mezclas asfálticas, materiales para la construcción de los pavimentos rígidos, obras de concreto hidráulico y de drenaje.

## CONCLUSIONES

- ✓ Durante la ejecución de obras civiles es posible que se presenten situaciones o condiciones NO PREVISTAS, que pueden replantear los procesos constructivos en tiempo e inversión.
  
- ✓ La buena verificación y control, depende del conocimiento y el estudio de cada actividad que compone el proyecto. Conocer a fondo los procesos y desarrollar métodos para el manejo del personal, ayudan a garantizar que se disminuyan los desperdicios, que se cumplan los tiempos de ejecución y que se eviten los errores que puedan generar una variación en la localización, dimensiones, niveles, ejes, etc.
  
- ✓ El proceso administrativo de planeación, control y seguimiento de los materiales de construcción, es un proceso que está subestimado, la elección minuciosa de los proveedores, organizar las compras y el buen uso del almacenamiento pueden significar una ventaja económica.

## BIBLIOGRAFÍA

CORREDOR, Gustavo, Ingeniero. Experimento Vial de la AASHO y las Guías de Diseño AASHTO. Universidad Nacional de Ingenierías.

Documentos técnicos INVIAS. Manual De Drenaje Para Carreteras. Especificaciones técnicas. 2013.

\_\_\_\_\_. Manual de diseño de pavimentos asfálticos para vías con bajos Volúmenes de Transito. 2013.

\_\_\_\_\_. Guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras. 2013

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. Zonificación de los Conflictos de Uso de las Tierras en Colombia. 2002.

LONDOÑO NARANJO, Cipriano Alberto. Diseño, construcción y mantenimiento de pavimentos de concreto. Medellín: ICPC, 2001.

\_\_\_\_\_ Pavimentos de concreto: guía para Reparaciones de profundidad parcial. Bogotá: ACPA: ICPC, 1999.

\_\_\_\_\_. Juntas en pavimentos de concreto. Medellín: ICPC, 1992.

Método de la guía AASTHO 93 para el diseño de Pavimentos. 2013

MINISTERIO DE TRANSPORTE. Instituto Nacional de Vías. Manual de Diseño de Pavimentos.

SÁNCHEZ SABOGAL, Fernando. Diseño de pavimentos Asfálticos para calles y Carretera. 2010.

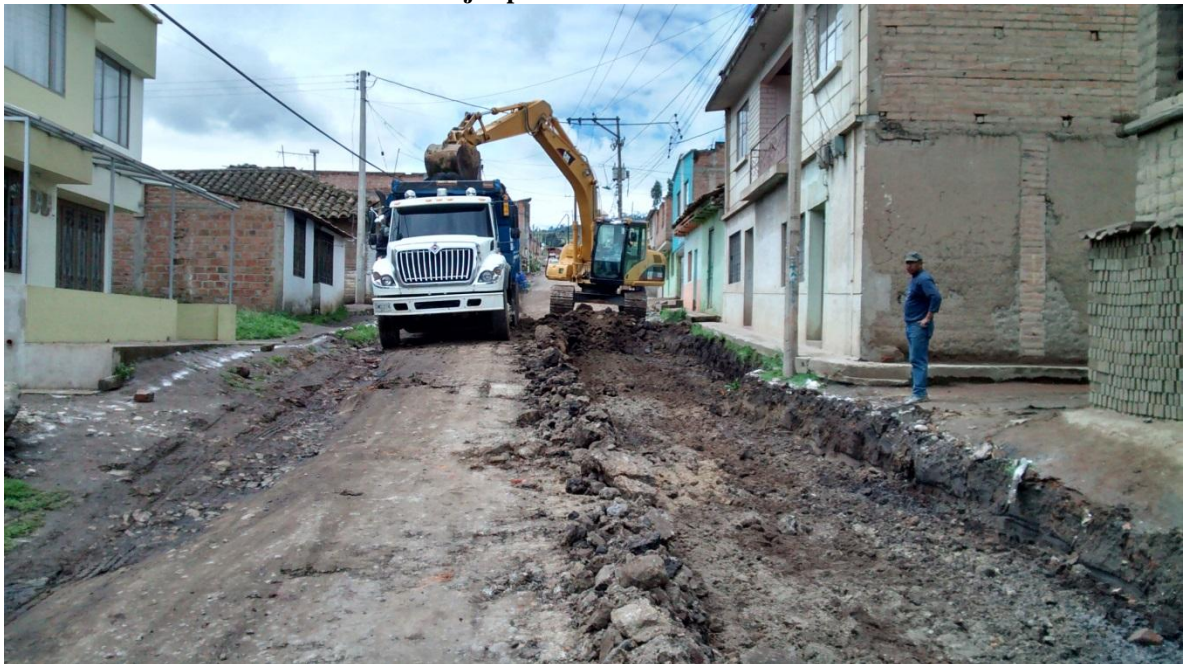
ALCALDÍA DE PASTO. Secretaria de infraestructura y valorización. Proyecto mejoramiento con pavimento asfáltico y afirmado de la vía de acceso principal a los corregimientos de Jongovito y Gualmatan municipio de pasto y municipio de Tangua. 2014.

## ANEXO A. FOTOGRAFÍAS DURANTE EJECUCIÓN DEL PROYECTO

Rehabilitación de la Vía Altern.



Inicio de Cajeo para Estructura de Pavimento.



**Paleteros indicando cierre de Vía.**



**Demolición de Andenes y trabajo de la comunidad para instalación de tubería de Riego.**



**Mejoramiento con RAJON en la Sub-rasante debido a fallas presentadas.**



**Revisión de niveles a medida que avanza el cajeo.**



**Estado de la vía en Temporada Invernal**



**Trabajos de acometidas Sanitarias, fluviales y de Acueductos realizados por la comunidad.**



**Estado de la Vía durante los trabajos de acometidas Sanitarias, fluviales y de Acueductos realizados por la comunidad.**



**Trabajo de armada formaletas para fundición de bordillos.**



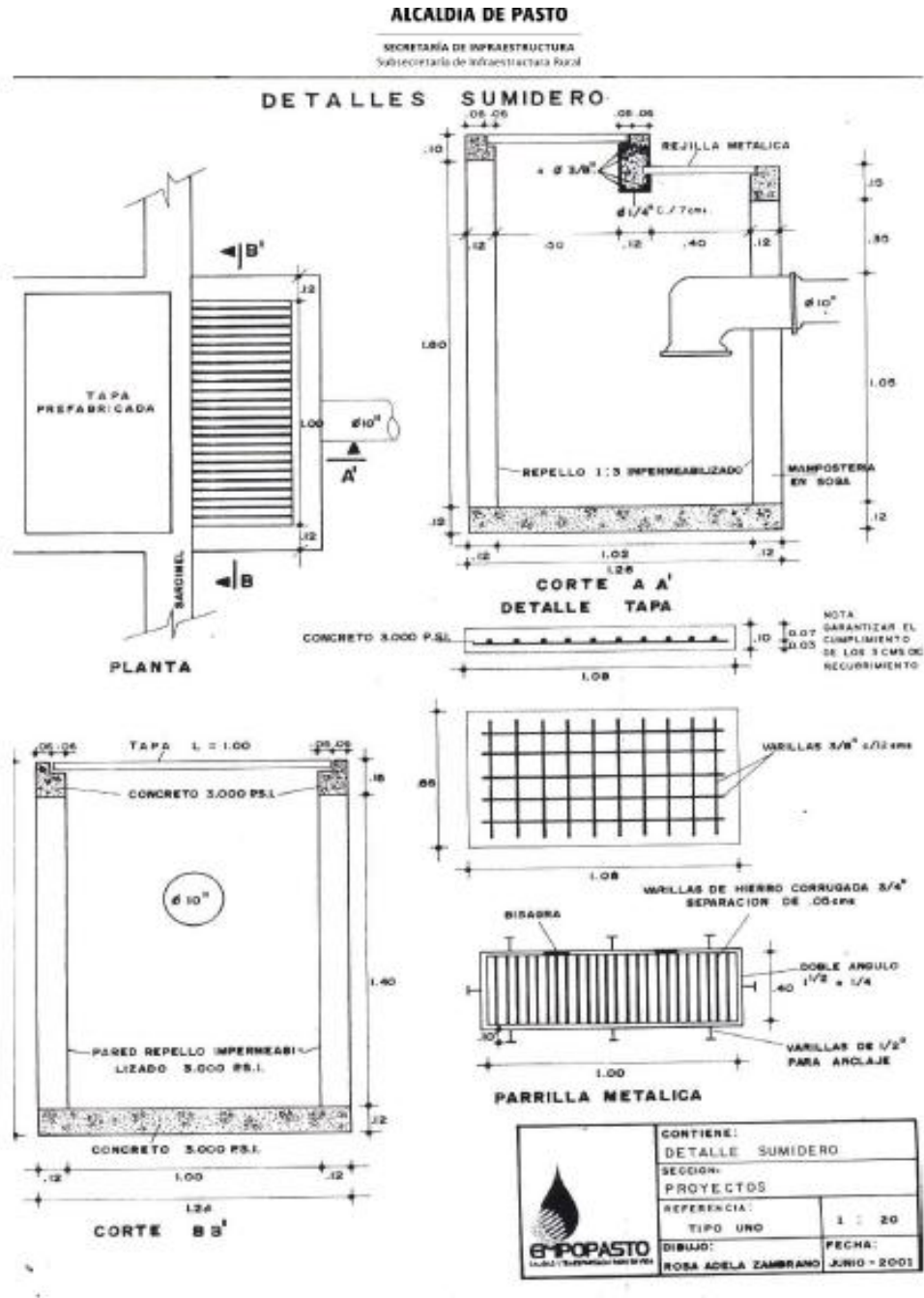
**Trabajo de fundición de bordillos con mixers.**



**Mejoramiento con material de afirmado vía Jongovito – Gualmatan.**

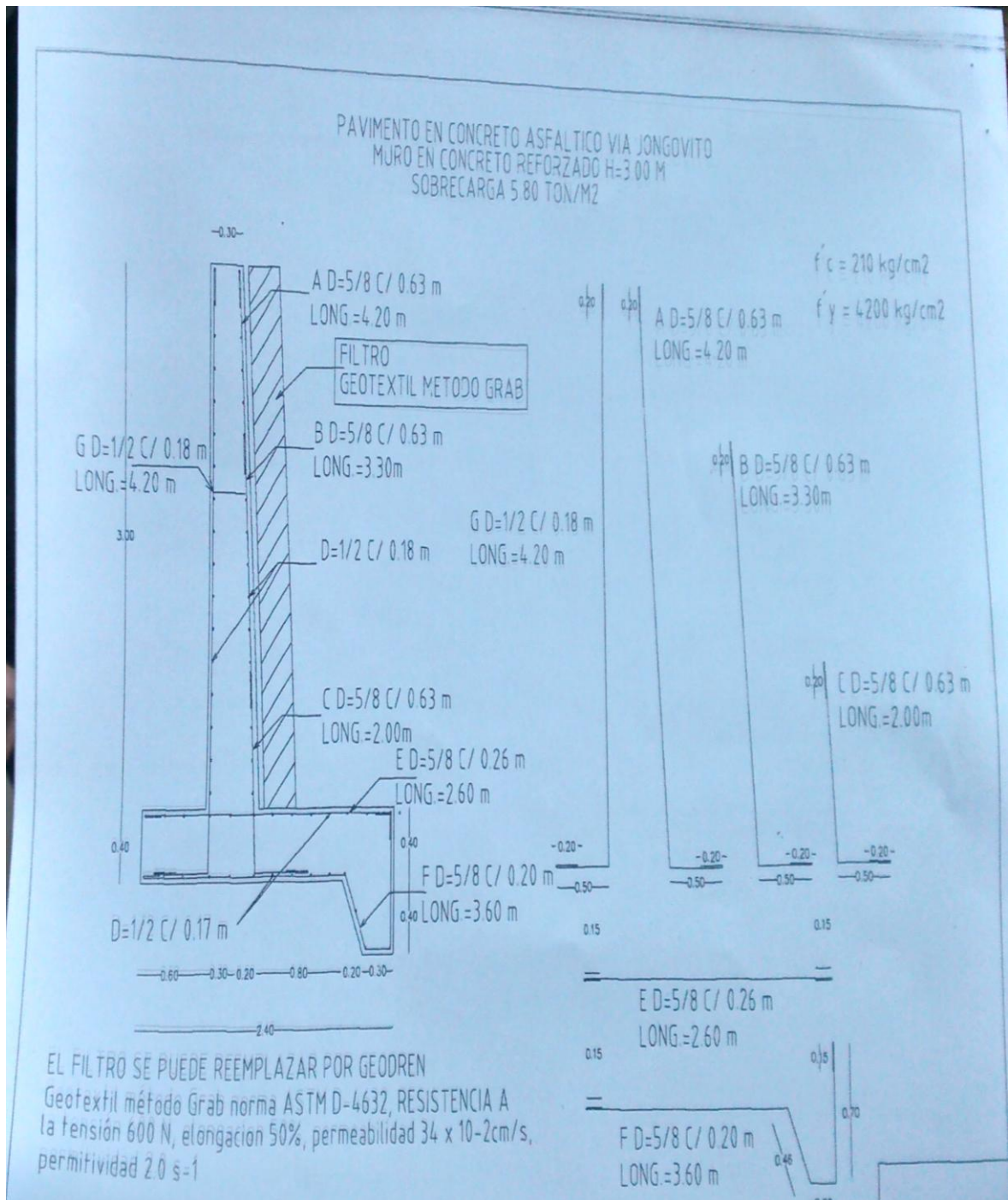


## ANEXO B. DETALLES SUMIDERO.



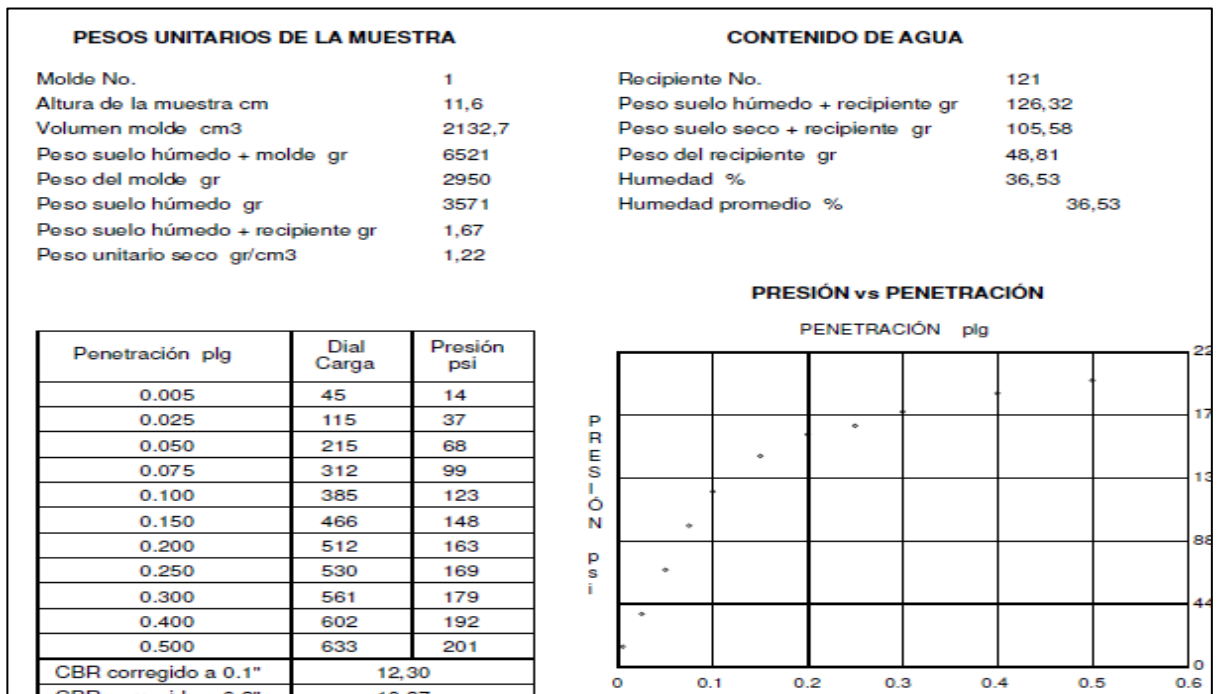
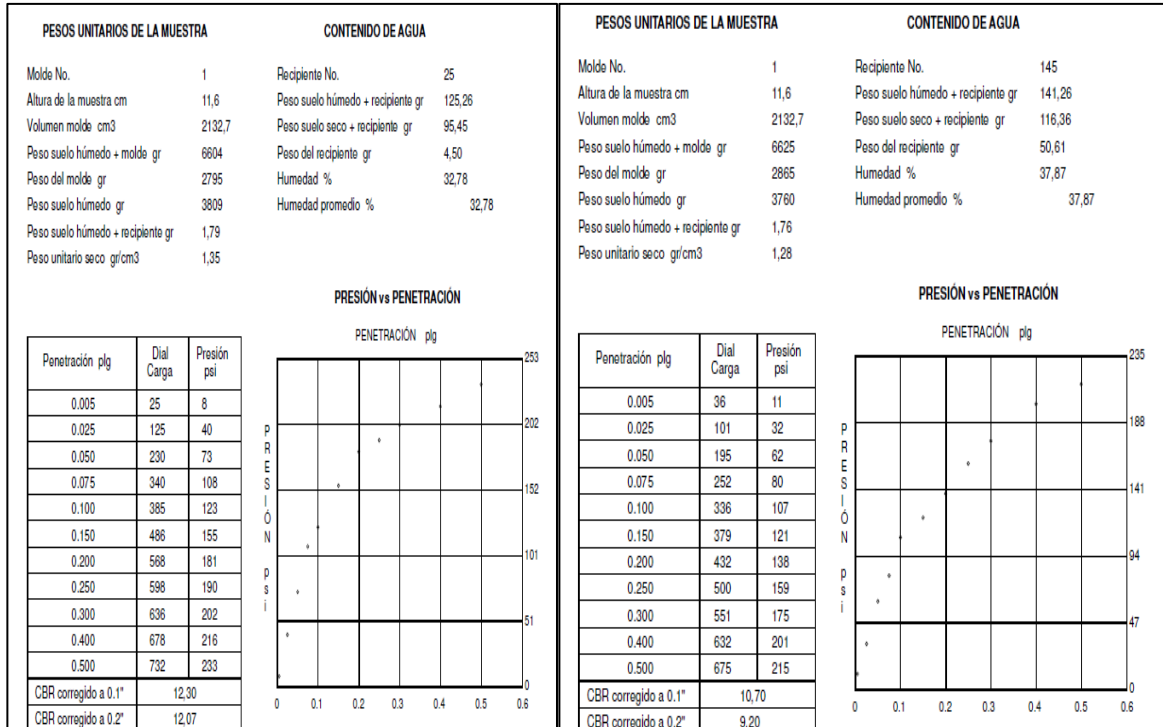
Fuente: Secretaria de Infraestructura del Municipio de Pasto

## ANEXO C. DETALLES MUROS DE CONTENCIÓN.



Fuente: Secretaria de Infraestructura del Municipio de Pasto

## ANEXO D. RESULTADOS ENSAYOS CBR INALTERADOS



Fuente: GUALDRON ZULMA, Laboratorios de suelos, concretos y pavimentos







## ANEXO F. ENSAYOS EN MATERIAL DE AFIRMADO

**INGENIERA ZULMA GUALDRON** Resaltar texto

Laboratorio de suelos, concreto y pavimentos  
 Control de calidad de materiales - Diseños de concreto y mezclas asfálticas en frío y caliente.  
 Suelos - Estudio y clasificación de suelos.

---

### GRADACION MATERIAL PARA AFIRMADO

---

PROYECTO: MINA ROSAPAMBA      FECHA: Diciembre 02 de 2014  
 LOCALIZACION: \_\_\_\_\_      NORMA: INVIAS - ART. 311 - 07  
 DESCRIPCION: \_\_\_\_\_      ENSAYO: E - 123

PESO DE LA MUESTRA INICIAL: 4317 grs.  
 PESO DE LA MUESTRA DESPUES DE LAVARLA S/TAMIZ No. 200: 3685.0 grs.

TAMIZ	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASA	ESPECIFICACION AFIRMADO A-1
1 1/2"	0.0	0.0	0.0	100.0	100
3/4"	665.0	15.4	15.4	84.6	80 - 100
3/8"	658.0	15.2	30.6	69.4	60 - 85
No. 4	581.0	13.5	44.1	55.9	40 - 65
No. 10	551.0	12.8	56.9	43.1	30 - 50
No. 40	702.0	16.3	73.1	26.9	13 - 30
No. 200	531.0	12.3	85.4	14.6	9 - 18
Pasa No. 200	629.0	14.6	100.0	0.0	
<b>TOTALES</b>	<b>4317.0</b>	<b>100.0</b>			

TAMICES STANDARD U.S.A.

1 1/2"    3/4"    3/8"    No.4    No.10    No.40    No.200  
 37.5    19    4.75    4.75    2.0    0.425    0.075

DIAMETRO DE LAS PARTICULAS EN MILIMETROS

\_\_\_\_\_  
 JEFE DE LABORATORIO

Fuente:

GUALDRON ZULMA, Laboratorios de suelos, concretos y pavimentos



**INGENIERA ZULMA GUALDRON G.**  
Laboratorio de suelos, concreto y pavimentos.  
Control de calidad de materiales - Diseños de concreto y mezclas asfálticas en frío y caliente.  
Sondeos - Estudio y clasificación de suelos.

**COMPACTACION EN LABORATORIO**

OBRA: MINA ROSAPAMBA FECHA: Dic. 02 de 2014  
 LOCALIZACION: CATAMBUICO NORMA: INV-07  
 DESCRIPCION: SUBBASE GRANULAR ENSAYO: E-142

PRUEBA	DENSIDAD SECA			
	1	5	6	7
Agua Añadida (cc)	4998	5130	5169	5145
Peso Molde + Muestra Humeda, gr	3293	3293	3293	3293
Peso Suelo Humedo, gr	1705	1837	1876	1856
Volumen del Molde, cc	938	938	938	938
Densidad Humeda, gr/cc	1.818	1.958	2.000	1.979
Humedad, %	17.82	20.49	22.63	23.3
Densidad Secca, gr/cc	1.543	1.625	1.631	1.579

Capsula No.	HUMEDAD			
	1	2	3	4
Peso Capsula + Suelo humedo, gr	260.00	202.00	220.00	264.00
Peso Capsula + Suelo Secco, gr	229.00	177.00	189.00	230.00
Peso agua, gr	31.00	25.00	31.00	34.00
Peso Capsula, gr	35.00	55.00	52.00	16.6
Humedad, %	17.82	20.49	22.63	23.3

Densidad Max. 1.635  
Humedad Optima 22.1%

**CLASIFICACION DEL SUELO**

A.A.S.H.O. A-1-a  
 U.S.C.E. SW-5M  
 Índice de Grupo 0

Densidad Max. 1.635  
 Humedad Optima 22.1%

**OBSERVACIONES**  
 REPOSICION 18.80%  
 ARENA BIEN GRADUADA CON LIMO  
 CON GRAVA

J. I. D. O.  
JEFE DE LABORATORIO

Fuente: GUALDRON ZULMA, Laboratorios de suelos, concretos y pavimentos

**INGENIERA ZULMA GUALDRON G.**  
Laboratorio de suelos, concreto y pavimentos.  
Control de calidad de materiales - Diseños de concreto y mezclas asfálticas en frío y caliente.  
Sondeos - Estudio y clasificación de suelos.

**ENSAYO CBR METODO I**

OBRA: MINA ROSAPAMBA FECHA: Dic.02 de 2014  
 DESCRIPCION: SUBBASE GRANULAR NORMA: INV-07  
 MUESTRA: SUBBASE GRANULAR ENSAYO: E-140

ENSAYO DE COMPACTACION			
	1	2	3
Molde No.			
Número de Golpes por Capa	12	26	56
Peso Molde + Muestra Humeda, gr	10007	10365	10118
Peso Molde, gr	6049	5974	5905
Peso Suelo Humedo, gr	3940	4091	4213
Volumen del Molde, cc	2105	2105	2105
Densidad Humeda, gr/cc	1.872	1.943	2.001
Humedad, %	22.1	22.2	22.3
Densidad Secca, gr/cc	1.533	1.590	1.636

DETERMINACION DE LA HUMEDAD DE COMPACTACION			
	1	2	3
Capsula No.			
Peso capsula + Suelo Humedo, gr	191.0	209.0	275.0
Peso capsula + Suelo secca, gr	166.0	181.0	235.0
Peso agua, gr	25.0	28.0	40.0
Peso capsula, gr	53.0	55.0	56.0
Humedad, %	22.1	22.2	22.3

OBSERVACIONES: Material con reposición del 18.8% según INV.E-228

J. I. D. O.  
JEFE DE LABORATORIO

Fuente: GUALDRON ZULMA, Laboratorios de suelos, concretos y pavimentos

**INGENIERA ZULMA GUALDRON G.**  
Laboratorio de suelos, concreto y pavimentos.  
Control de calidad de materiales - Diseños de concreto y mezclas asfálticas en frío y caliente.  
Sondeos - Estudio y clasificación de suelos.

**ENSAYO CBR METODO I**

**OBRA:** \_\_\_\_\_ **MINA ROSAFAMBA** **FECHA:** Diciembre 06/14  
**LOCALIZACIÓN:** \_\_\_\_\_ **CATAMBUCO** **NORMA:** INV-07  
**MUESTRA:** \_\_\_\_\_ **SUBBASE GRANULAS** **ENSAYO:** E-148

Altura	3	5	10
Núm. De golpes	12	24	48
Edad de inmersión	4	4	4

**PRUEBA DE EXPANSION EN mm**

Lectura inicial del dial (a)	5.62	1.21	7.36
Lectura 2º día en el dial	5.62	1.21	7.36
Lectura 3º día en el dial	5.62	1.21	7.36
Lectura 4º día en el dial (b)	5.62	1.21	7.36
Expansión (mm) = [(b - a) / (t - t₀)] * 100	0.00	0.00	0.00

PENETRACION - mm	LECTURA EC	ESFUERZO (N/Pulg²)	CBR	LECTURA EC	ESFUERZO (N/Pulg²)	CBR	LECTURA EC	ESFUERZO (N/Pulg²)	CBR
0.64	24.9	17.5		26.6	18.7		55.5	38.9	
1.27	45.8	44.2		41.9	29.4		133.2	130.2	
1.91	133.7	93.8		120.6	84.4		392.0	275.1	
2.54	253.0	163.5	16.35	246.0	172.4	17.26	443.3	451.4	45.14
3.18	510.5	356.2		443.3	443.3		1194.6	838.3	
3.82	892.5	631.2	42.08	1080.0	752.9	50.53	1723.2	1244.2	82.98
4.46	1308.9	918.5		1441.0	1011.2		2127.6	1528.1	
5.10	1717.5	1205.5		1781.3	1250.0		2542.0	1783.2	
5.74	2412.0	1724.2		2330.0	1449.1		3098.1	2174.1	
6.38	3507.1	2410.2		2876.0	2010.2		5019.6	3540.1	

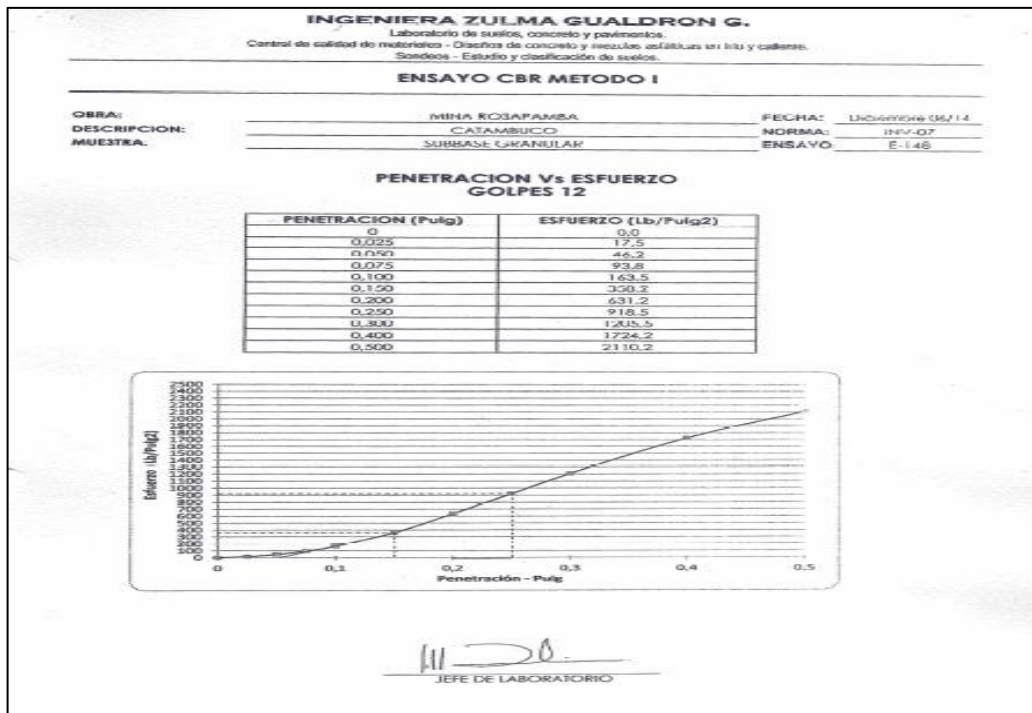
CBR a 0.1" = Carga Unitaria leída a 0.1" \* 100/1000    CBR corregido a 0.1" = 36.00    59.50    74.00  
CBR a 0.2" = Carga Unitaria leída a 0.2" \* 100/1500    CBR corregido a 0.2" = 61.33    74.67    97.33

**ESPECIFICACIONES INVIAS - 07**

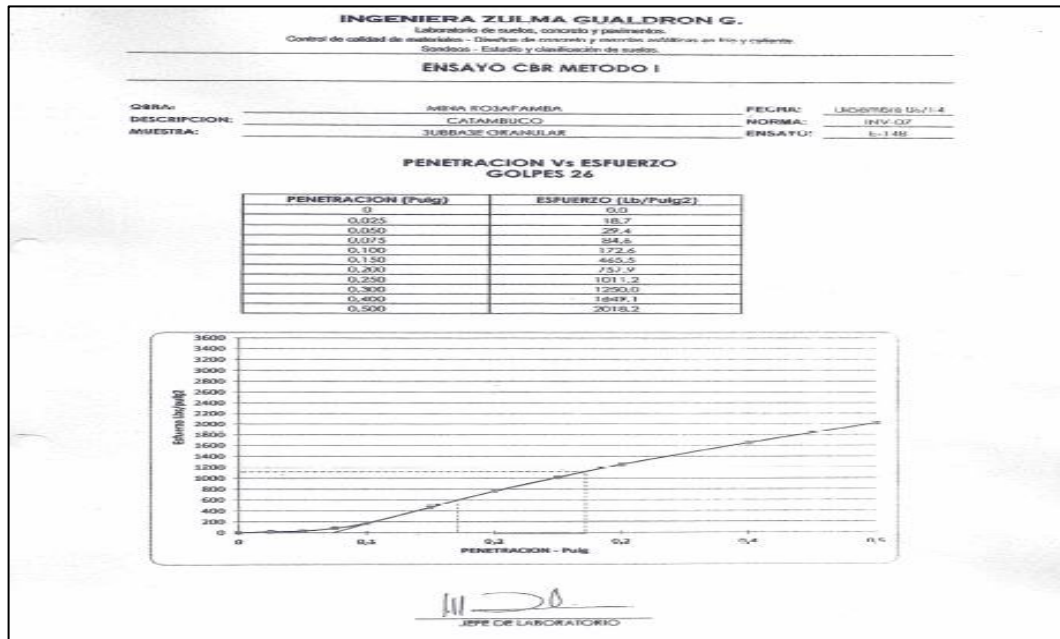
Afirmado	≥ 15 %
Sub Base	≥ 30 %
Base Granular	≥ 80 % - 100%
Terapién	≥ 10% - 15 %

J. D. O.  
JEFE DE LABORATORIO

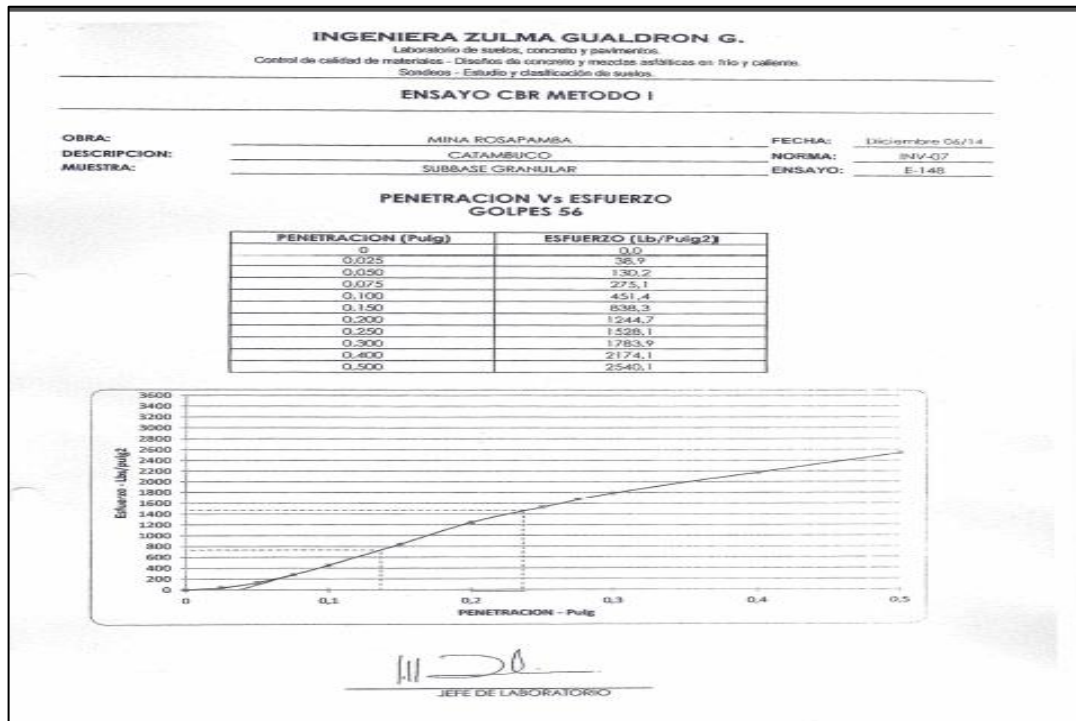
Fuente: GUALDRON ZULMA, Laboratorios de suelos, concretos y pavimentos



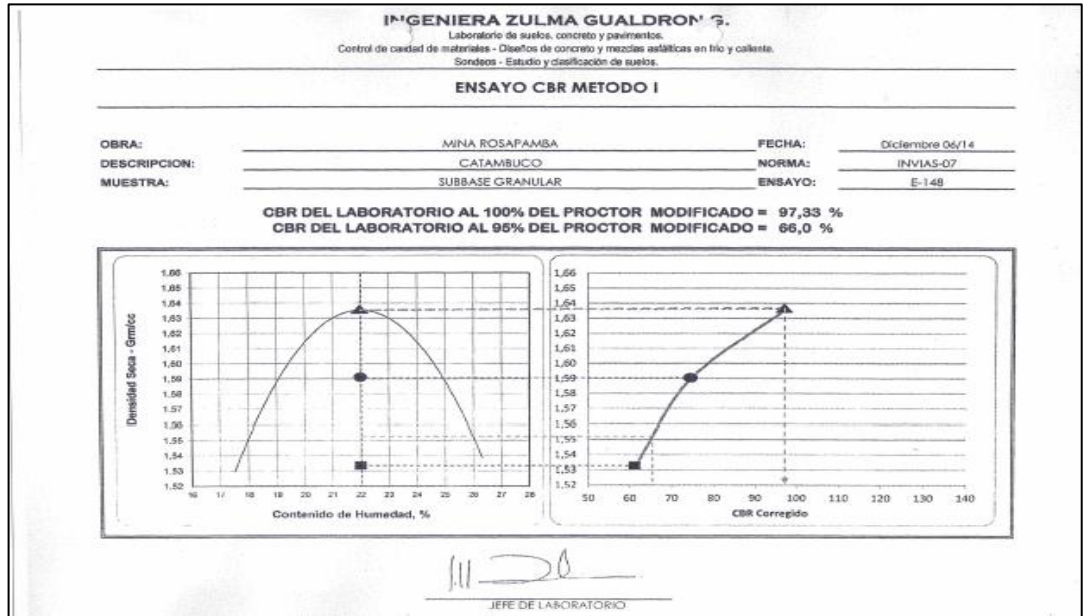
Fuente: GUALDRON ZULMA, Laboratorios de suelos, concretos y pavimentos



Fuente: GUALDRON ZULMA, Laboratorios de suelos, concretos y pavimentos



Fuente: GUALDRON ZULMA, Laboratorios de suelos, concretos y pavimentos



Fuente: GUALDRON ZULMA, Laboratorios de suelos, concretos y pavimentos

**INGENIERA ZULMA GUALDRON G.**  
Laboratorio de suelos, concreto y pavimentos.  
Control de calidad de materiales - Diseños de concreto y mezclas asfálticas en frío y caliente.  
Sondeos - Estudio y clasificación de suelos.

**SANIDAD DE LOS AGREGADOS  
FRENTE A LA ACCIÓN DE SULFATOS**

OBRA: MINA ROSAPAMBA FECHA: DIC.05 DE 2014  
DESCRIPCION: SUBBASE GRANULAR NORMA: INVIAS - 07  
SULFATO DE: SODIO ENSAYO: E-220  
No. DE CICLOS: CINCO

DÍA Y HORA DE INMERSION: DICIEMBRE 02 DE 2014 9:40 TERMINACION ENSAYO: DIC.03 DE 2014

**SANIDAD DE LOS AGREGADOS GRUESOS**

TAMIZ INICIAL	RETENIDO	TAMIZ FINAL	RETENIDO GRADUACION ORIGINAL (%) A	PESO INICIAL (gr) B	PESO FINAL RETENIDO (gr) C	PERDIDAS (%) D=(B-C)/B*100	PERDIDA CORREGIDA % D'A/100
1 1/2"	1"	5/8"	6,70	1000,6	987,3	1,33	0,09
1"	3/4"	5/8"	11,30	500,0	481,7	3,66	0,41
3/4"	1/2"	5/16"	12,30	670,1	633,1	5,52	0,68
1/2"	3/8"	5/16"	9,40	330,0	307,5	6,82	0,64
3/8"	No. 4	No. 5	15,80	300,2	242,3	19,29	3,05
<b>TOTAL</b>			<b>55,5</b>	<b>2800,9</b>	<b>2651,9</b>	<b>36,62</b>	<b>4,87</b>

PERDIDAS EN SULFATO SODIO = Σ PROM. PERDIDAS = **4,87**

**SANIDAD DE LOS AGREGADOS FINOS**

TAMIZ INICIAL	RETENIDO	TAMIZ FINAL	RETENIDO GRAD. ORIG. (%) A	PESO INICIAL (gr) B	PESO FINAL RETENIDO (gr) C	PERDIDAS (%) D=(B-C)/B*100	PERDIDA CORREGIDA % D'A/100
No. 4	No. 8	No. 8	8,50	100,0	92,3	7,70	3,65
No. 8	No. 16	No. 16	5,90	100,0	90,4	9,60	3,57
No. 16	No. 30	No. 30	11,30	100,0	82,1	17,90	2,02
No. 30	No. 50	No. 50	6,80	100,0	81,9	18,10	2,23
<b>TOTAL</b>			<b>32,5</b>	<b>400,0</b>	<b>346,7</b>	<b>53,30</b>	<b>4,47</b>

PERDIDAS EN SULFATO SODIO = Σ PROM. PERDIDAS = **4,47**

**PERDIDA TOTAL: 9,34**

*[Signature]*  
ING. JEFE DE LABORATORIO

Fuente: GUALDRON ZULMA, Laboratorios de suelos, concretos y pavimentos

**INGENIERA ZULMA GUALDRON G.**  
Laboratorio de suelos, concreto y pavimentos.  
Control de calidad de materiales - Diseños de concreto y mezclas asfálticas en frío y caliente.  
Sondeos - Estudio y clasificación de suelos.

**CONTENIDO DE TERRONES DE ARCILLA Y PARTÍCULAS DELEZNABLES**

OBRA: MINA ROSAPAMBA FECHA: DIC.03 DE 2014  
 LOCALIZACIÓN: CATAMBUCO NORMA: INVIAS - 07  
 DESCRIPCIÓN: SUBBASE GRANULAR ENSAYO: E-211

**TERRONES DE ARCILLA Y PARTÍCULAS DELEZNABLES EN LOS AGREGADOS GROSOS**

TAMIZ INICIAL	REBENDO	TAMIZ FINAL	RETENIDO GRADUADO ORIGINAL (gr) A	PESO INICIAL (gr) B	PESO FINAL RETENIDO (gr) C	PERDIDAS (gr) D=(B-C)/B*100	PERDIDA CORREGIDA % D*/A*100
MAYOR A 1.18"							
1 1/2"	3/4"	Nº4	18.00	3001.0	2992.2	0.29	0.05
3/4"	3/8"	Nº8	21.70	2000.3	1995.3	0.20	0.04
3/8"	No. 4	Nº16	15.80	1000.6	982.4	1.52	0.29
<b>TOTAL</b>			<b>55.5</b>	<b>6001.9</b>	<b>5970.9</b>	<b>2.31</b>	<b>0.38</b>

IPROM. PERDIDAS = 0.38

**TERRONES DE ARCILLA Y PARTÍCULAS DELEZNABLES EN LOS AGREGADOS FINOS**

TAMIZ INICIAL	REBENDO	TAMIZ FINAL	RETENIDO GRADUADO ORIGINAL (gr) A	PESO INICIAL (gr) B	PESO FINAL RETENIDO (gr) C	PERDIDAS (gr) D=(B-C)/B*100	PERDIDA CORREGIDA % D*/A*100
No. 4	No. 16	Nº20	14.40	40.0	37.6	6.00	0.65
<b>TOTAL</b>			<b>14.4</b>	<b>40.0</b>	<b>37.6</b>	<b>6.00</b>	<b>0.64</b>

IPROM. PERDIDAS = 0.64

<b>PERDIDA TOTAL =</b>	<b>1.25</b>
<b>SUBBASE GRANULAR</b>	<b>≤ 2.0%</b>

  
 ING. JEFE DE LABORATORIO

Fuente: GUALDRON ZULMA, Laboratorios de suelos, concretos y pavimentos

**INGENIERA ZULMA GUALDRON G.**  
Laboratorio de suelos, concreto y pavimentos.  
Control de calidad de materiales - Diseños de concreto y mezclas asfálticas en frío y caliente.  
Sondeos - Estudio y clasificación de suelos.

**ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA**

PROYECTO: MINA ROSAPAMBA FECHA: Nov. 29 de 2014  
 DESCRIPCIÓN: SUBBASE GRANULAR - 2 NORMA: INVIAS - 07  
 MUESTRA: SUBBASE GRANULAR - 2 ENSAYO: E - 133

ENSAYO	1	2	3	4
PROBETA No.	A	B	C	
LECTURA DE ARENA = A	2,6	2,6	2,6	
LECTURA DE ARCILLA = B	4,8	4,8	4,8	
EQUIVALENTE DE ARENA C=A*100/B	54,2	54,2	54,2	

EQUIVALENTE DE ARENA = 54 %

OBSERVACIONES

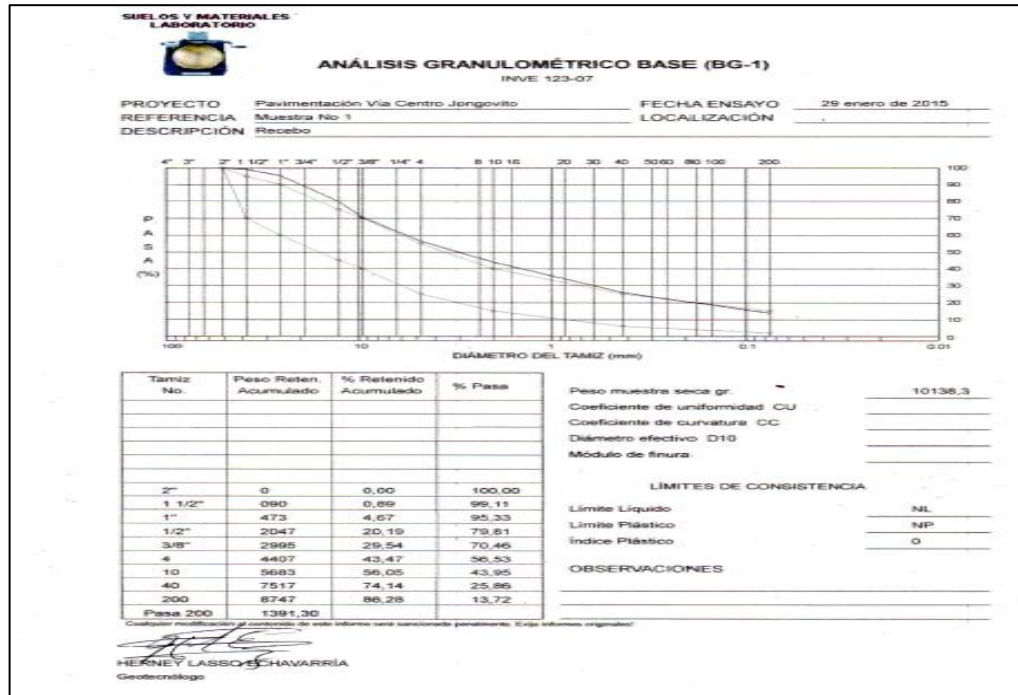
NORMA INVIAS-07		
SUBBASE GRANULAR	MÍNIMO	25%
BASE GRANULAR	MÍNIMO	30%

  
 JEFE DE LABORATORIO

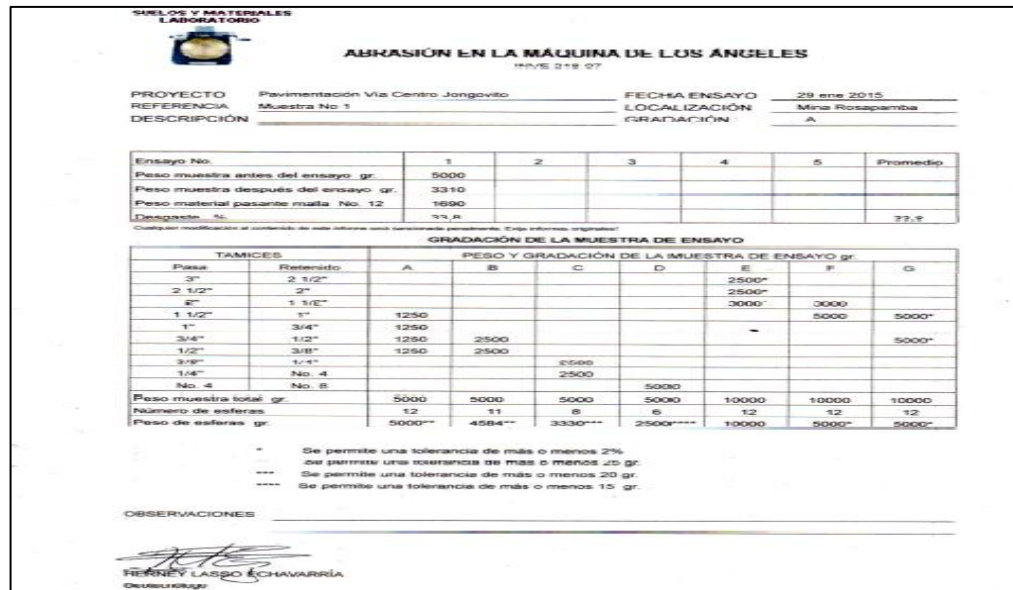
Manzana 9 Casa 21 Quintas de San Pedro. Pasito - Nariño  
Teléfonos 3117233829 - 3172374413 - osgr9124@yahoo.es

Fuente: GUALDRON ZULMA, Laboratorios de suelos, concretos y pavimentos

## ANEXO H. ENSAYOS MATERIAL DE BASE GRANULAR



Fuente: SUELOS Y MATERIALES. Laboratorios de suelos.



Fuente: SUELOS Y MATERIALES. Laboratorios de suelos.

**SUELOS Y MATERIALES**  
**LABORA TORIOS**

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN**  
INVE 141-142-07

PROYECTO: Pavimentación Vía Centro Jangovito      FECHA: 29 ene 2015  
 REFERENCIA: Muestra No. 1      LOCALIZACIÓN: Mina Rosapamba  
 DESCRIPCIÓN: Material granular para sub base

DATOS DE COMPACTACIÓN				
Punto No.	1	2	3	4
Molde No.	1	1	1	1
Volumen molde cm <sup>3</sup>	2132,7	2132,7	2132,7	2132,7
Peso suelo húmedo + molde gr	6712	6952	6978	6906
Peso molde gr.	2828	2828	2828	2828
Peso suelo húmedo gr.	3884	4124	4150	4078
Peso unitario seco gr/cm <sup>3</sup>	1,59	1,63		1,55
Grado de saturación %				

CONTENIDO DE HUMEDAD

	113	124	148	101
Recipiente No.				
Peso húmedo + recipiente gr.	215,26	235,30	230,16	224,34
Peso seco + recipiente gr.	194,23	206,65	199,26	191,87
Peso recipiente gr.	51,70	52,19	50,32	51,30
Humedad %	14,75	18,55	20,75	23,10

HUMEDAD vs DENSIDAD SECA

COMPACTACIÓN DINÁMICA

Peso del martillo lb.	10
Altura de caída pig.	18
No. de capas	5
No. de golpes por capa	56
Densidad seca máxima gr/cm <sup>3</sup>	1,63
Densidad seca máxima lb/ft <sup>3</sup>	101,6
Humedad óptima %	18,7

OBSERVACIONES:

HERNAN LASSO SANCHEZ  
Geotecnólogo

Fuente: SUELOS Y MATERIALES. Laboratorios de suelos.

**SUELOS Y MATERIALES**  
**LABORA TORIOS**

**ENSAYO DE CBR MÉTODO I**  
INVE 148-07

PROYECTO: Pavimentación Vía Centro Jangovito      FECHA: 29 ene 2015  
 REFERENCIA: Muestra No. 1      LOCALIZACIÓN: Mina Rosapamba  
 DESCRIPCIÓN: Material granular para sub base

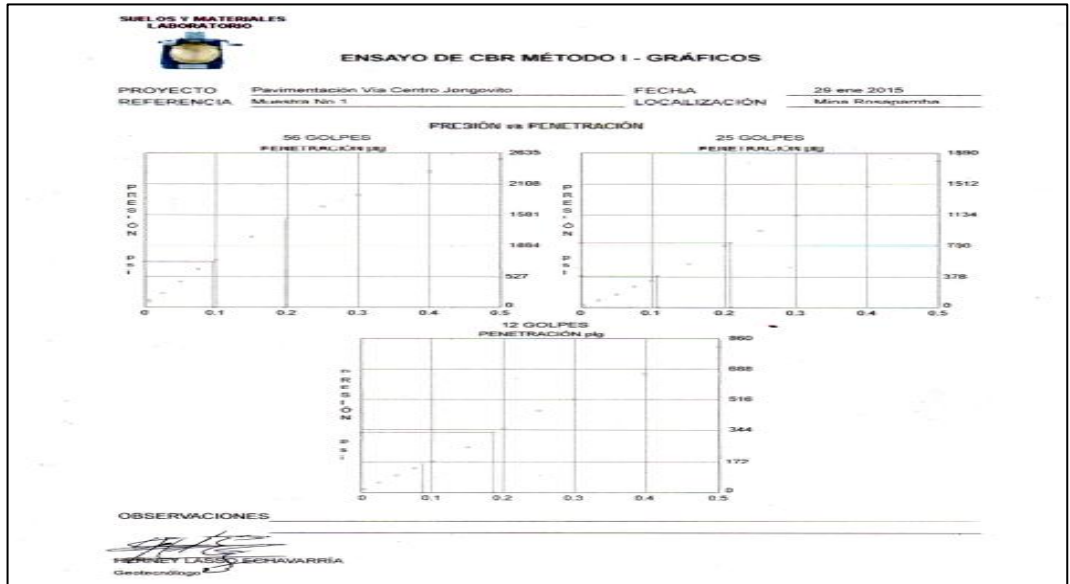
DATOS DE COMPACTACIÓN				
	56	25	12	
Molde No.	1	1	1	
Altura de la muestra cm	11,0	11,0	11,0	
Volumen molde cm <sup>3</sup>	2132,7	2132,7	2132,7	
Peso suelo húmedo + molde gr	7366	7152	4754	
Peso del molde gr.	3256	3256	3256	
Peso unitario húmedo gr/cm <sup>3</sup>	1,642	1,627	1,642	
Peso unitario seco gr/cm <sup>3</sup>	1,533	1,530	1,500	
Recipiente No.	105	110	120	
Peso suelo húmedo + recipiente gr	165,2	146,0	136,3	
Peso suelo seco + recipiente gr	146,7	130,9	123,2	
Peso del recipiente gr	50,2	50,2	51,0	
Humedad %	14,17	14,71	14,14	
Humedad promedio %	14,17	14,71	14,14	

C. B. R.

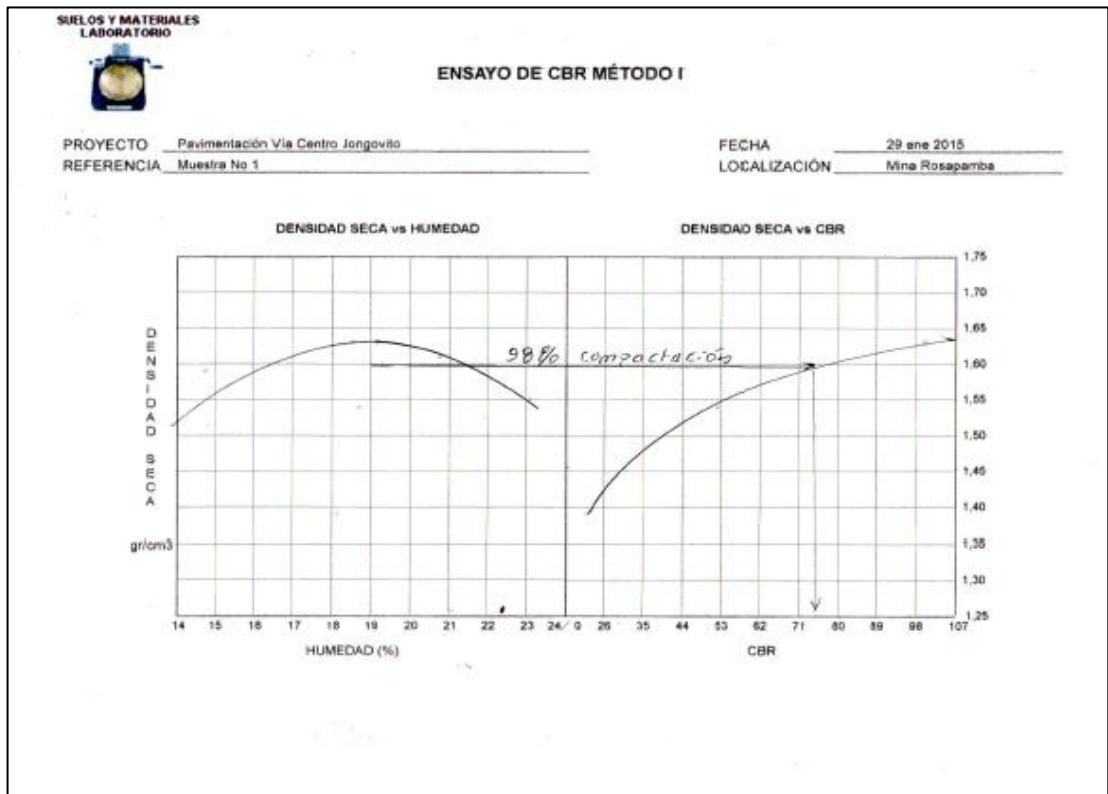
Penetración pig	Dial Carga	Presión psi	Dial Carga	Presión psi	Dial Carga	Presión psi	Dial Carga	Presión psi
0,005	286	91,0	85	27,3	56	17,6		
0,015	748	230,1	205	64,4	174	55,4		
0,050	1385	441,2	495	157,6	299	95,2		
0,075	2068	658,3	795	253,1	435	138,5		
0,100	2559	811,7	1025	329,9	602	170,7		
0,150	3754	1204,5	1695	536,4	795	253,1		
0,200	4755	1518,5	2365	750,8	1105	361,7		
0,250	5424	1726,5	2945	937,4	1421	452,3		
0,300	6012	1913,7	3525	1125,4	1828	578,5		
0,400	7215	2236,6	4655	1462,7	2356	754,4		
0,500	7958	2533,1	5824	1790,2	2552	812,3		
CBR corregido a 0,1"		75,56		37,77		15,48		
CBR corregido a 0,2"		100,00		50,15		21,64		

HERNAN LASSO SANCHEZ  
Geotecnólogo

Fuente: SUELOS Y MATERIALES. Laboratorios de suelos.



Fuente: SUELOS Y MATERIALES. Laboratorios de suelos.



Fuente: SUELOS Y MATERIALES. Laboratorios de suelos.