

ESTUDIO DE SUELOS Y ANALISIS GEOTÉCNICO DEL SECTOR UBICADO EN  
EL K4+180 DE LA VIA PUENTE REYES-GAMEZA.

JENNY LORENA NIÑO SANA

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA  
FACULTAD SECCIONAL SOGAMOSO  
INGENIERÍA GEOLÓGICA  
SOGAMOSO  
2015

ESTUDIO DE SUELOS Y ANALISIS GEOTÉCNICO DEL SECTOR UBICADO EN  
EL K4+180 DE LA VIA PUENTE REYES-GAMEZA.

JENNY LORENA NIÑO SANA

Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar por el título de  
Ingeniera Geóloga

Tutor Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia: Msc. Ing Nebardo Abril

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA  
FACULTAD SECCIONAL SOGAMOSO  
INGENIERÍA GEOLÓGICA  
SOGAMOSO  
2015

## Nota de Aceptación

El trabajo de grado titulado “ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA EL DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN DEL SECTOR UBICADO EN EL K4+180 DE LA VIA PUENTE REYES-GAMEZA.”, opción de trabajo de grado, presentada por la estudiante: Jenny Lorena Niño Sana en cumplimiento parcial de los requisitos para optar al título de “Ingeniera Geóloga” fue aprobado por los tutores:

---

Presidente del Jurado

---

Jurado

---

Jurado

# *Dedicatoria*

Dedico este esfuerzo a todo aquellos que una vez pusieron encima sus pies en mis sueños y metas, porque gracias a ellos me hice más fuerte. Gracias. j|

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a todas aquellas personas que eh conocido hasta este momento de mi vida, a cada situación que he tenido que vivir, agradezco a mi madre, que aun en su extraña forma de quererme y apoyarme ha sido mi bastón en todo este camino.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>13</b>
<b>1.1 OBJETIVO GENERAL .....</b>	<b>15</b>
1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	15
<b>2. CONSIDERACIONES GENERALES.....</b>	<b>16</b>
2.1 ANTECEDENTES .....	16
2.2 JUSTIFICACION .....	16
2.3 METODOLOGÍA.....	17
2.4 LOCALIZACIÓN .....	17
2.5 CLIMA.....	20
<b>3. ASPECTO GEOLÓGICO.....</b>	<b>22</b>
3.1    ESTRATIGRAFÍA REGIONAL .....	23
3.1.1 Serie Cretácico.....	23
3.1.2 Serie Paleógeno.....	25
3.1.3 Serie Terciaria.....	27
3.1.4 Cuaternario.....	28
3.2 ESTRATIGRAFÍA LOCAL .....	29
3.3. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL .....	30
3.4 DESCRIPCIÓN GEOMORFOLÓGICA.....	31
<b>4. CLASIFICACION DEL DESLIZAMIENTO.....</b>	<b>34</b>
4.1 FACTORES DETONANTES:.....	34
4.2 FACTORES CONTRIBUYENTES:.....	35
4.3 DESCRIPCIÓN DEL DESLIZAMIENTO.....	35
<b>5 .EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO .....</b>	<b>37</b>
5.1. EXPLORACIÓN INDIRECTA.....	37

5.1.1 METODOLOGIA.....	38
5.1.2 RESULTADOS.....	38
<b>6. EXPLORACION DIRECTA.....</b>	<b>40</b>
6.1 PERFORACIÓN N1.....	41
6.2 PERFORACIÓN N2.....	43
<b>7. ANALISIS DE INGENIERIA Y CARACTERIZACION GEOTECNICA.....</b>	<b>47</b>
<b>8. DEFINICIÓN DEL ESPECTRO ELÁSTICO DE DISEÑO.....</b>	<b>48</b>
8.1. CONDICIONES ESPECIALES DEL SUBSUELO.....	48
8.2 COEFICIENTE DE ACELERACIÓN HORIZONTAL PICO EFECTIVA PARA DISEÑO Aa.....	49
8.3 COEFICIENTES DE AMPLIFICACIÓN PARA PERÍODOS CORTOS E INTERMEDIOS.....	49
8.4 ESPECTRO DE ACELERACIONES.....	49
9. MODELO GEOTECNICO.....	51
9.1 ALTERNATIVA N1.....	51
9.2 ALTERNATIVA N2.....	56
9.3 ALTERNATIVA N3.....	62
<b>10. ANALISIS DE ESTABILIDAD.....</b>	<b>64</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>67</b>
RECOMENDACIONES	
BIBLIOGRAFIA	

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Dimensiones de un deslizamiento rotacional .....	36
Tabla 2. Dimensiones aproximadas de la masa deslizada de acuerdo a la tabla 1. ....	36
Tabla 3 Refrenciacion de los sondeos realizados en el sector inestable .....	38
Tabla 4 Sondeo Eléctrico Vertical 1. Corona del Deslizamiento. ....	39
Tabla 5 Sondeo Eléctrico Vertical N2. Cuerpo del Deslizamiento. ....	39
Tabla 6 Sondeo Eléctrico Vertical N3. Pata del Deslizamiento.....	39
Tabla 7 N corregido y parámetros de resistencia de la exploración N° 1 (K4+180). ....	43
Tabla 8 Resumen de propiedades de las muestras recuperadas en la exploración N°1(K4+180).....	43
Tabla 9.N corregido y parámetros de resistencia de la exploración N° 2 (K4+180). ....	45
Tabla 10 Resumen de propiedades exploración N°2 (K4+180).....	45
Tabla 11 Perfil de Suelo del Sector de estudio .....	49
Tabla 12 Localización Sísmica del proyecto.....	50
Tabla 13 Ensayos para material Filtrante .....	58
Tabla 14 Ensayos para implementación de Geotextil. ....	58
Tabla 15 Medidas nominales de gaviones y número de celdas. ....	62
Tabla 16 Requisitos de los materiales para terraplenes.....	63



## TABLA DE FIGURAS

Figura N. 1 Geometría del prediseño del muro de confinamiento.....	55
Figura N. 2 Proyección y perfil de canales en la parte inferior del sector inestable .....	57
Figura N. 3 Diseño drenaje longitudinal.....	59
Figura N. 4 Gavión Proyectado .....	61
Figura N. 5 Análisis de estabilidad en condiciones secas .....	65
Figura N. 6 Análisis de estabilidad en condiciones anormales (saturadas).....	66
Figura N. 7 Factor de Seguridad con la alternativa 2 .....	66

## INDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía N. 1 Terreno montañoso en laderas.....	33
Fotografía N. 2 Hundimiento de la vía por la inestabilidad en el sector K4+180.....	33
Fotografía N. 3 Ubicación y Delimitación del Fenómeno de la remoción en masa, ubicado en el K4+180 Vía Gámeza.....	34
Fotografía N. 4 Muestra recuperada con dispositivo de cuchara partida. ....	41
Fotografía N. 5 Ubicación del equipo de perforación costado izquierdo vía Gámeza-Puente Reyes. ....	44

## GLOSARIO

**VIA:** Infraestructura del transporte, cuya finalidad es permitir la circulación de automóviles (carros, buses, camiones, motos, bicicletas, autobuses) en condiciones de continuidad en el espacio y el tiempo, con niveles adecuados de seguridad y de comodidad.

**VIAS PRIMARIAS:** Aquellas troncales, transversales y accesos a capitales de Departamento que cumplen la función básica de integración de las principales zonas de producción y consumo del país y de éste con los demás países. Este tipo de vías pueden ser de calzadas divididas según las exigencias particulares del proyecto.

**VIAS SECUNDARIAS:** Aquellas vías que unen las cabeceras municipales entre sí y/o que provienen de una cabecera municipal y conectan con una carretera Primaria.

**VIAS TERCIARIAS:** Aquellas vías de acceso que unen las cabeceras municipales con sus veredas o unen veredas entre sí.

**VÍAS RURALES:** Para el presente proceso se entiende por vías rurales las que permiten el acceso o entrada a fincas, haciendas o campos, las cuales se encuentran localizadas dentro del perímetro rural de la población.

**ESCORRENTÍA:** Hace referencia a la lámina de agua que transcurre sobre la superficie del terreno natural.

**SUBSUELO:** Se trata de la capa de suelo que se encuentra por debajo de la superficie, está constituida por arcillas, arenas, rocas dependiendo de su composición física química.

**NIVEL FREÁTICO:** Hace referencia a las aguas que se encuentran en la parte subterránea del suelo, el nivel depende de las condiciones hidrológicas del lugar.

**GEOTEXTIL:** Es una tela permeable constituida por fibras sintéticas la cuales son de polipropileno y poliéster.

**SUBRASANTE:** La subrasante hace referencia al terreno natural que se encuentra en el sitio, la cual no presenta ninguna modificación por medios mecánicos.

**CAPACIDAD PORTANTE:** Es la capacidad que tiene el terreno para soportar las cargas debido al transporte que circula por la vía.

**NTC:** Norma Técnica Colombiana para construcción.

**SOLADO Y ATRAQUE:** Hace referencia a la debida colocación de material granular con el fin de que la tubería quede fija y sufra desviaciones por efectos de las cargas.

**ESCARIFICACIÓN:** Es la acción que se hace por medios mecánicos para remover material granular de una superficie.

**ESTRATO:** Hace referencia a una capa del suelo, esta puede estar ubicada en la parte de la superficie o por debajo de esta.

## RESUMEN

Este trabajo se realizó con el propósito de presentar soluciones de tipo ingenieril en el área del presente estudio, teniendo en cuenta restricciones presentadas por las características del suelo encontrado, la topografía del sector, niveles de saturación, además de los límites económicos establecido para el proyecto, este estudio forma parte de una etapa pre-contractual hasta la ejecución de los trabajos. Para su desarrollo la estudiante de ingeniería Geológica de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia realizó una investigación puntual en el área del proyecto. El trabajo en el planteamiento de algunas soluciones técnicas en favor de la estabilidad y reconfiguración de la banca en el sector como objeto del presente estudio.

## 1. INTRODUCCIÓN

Como elemento importante en el análisis de una zona inestable es necesario el estudio de suelos como herramienta útil para conocer el comportamiento del subsuelo y ayudar a contrarrestar fenómenos de remoción en masa, funciona como apoyo para la planificación y desarrollo de diferentes proyectos de ingeniería. La caracterización del subsuelo y análisis geotécnico es una alternativa para evaluar los factores naturales y antrópicos que influyen en la inestabilidad del terreno y las consecuencias que estos fenómenos acarrearán.

El presente documento contiene los resultados del estudio geotécnico del sector inestable ubicado en el K4+180 de la vía que comunica el sector Puente Reyes con el municipio de Gámeza en el Departamento de Boyacá, donde el proceso de inestabilidad presente requiere la construcción de obras necesarias para la estabilización del sector y mejora de la transitabilidad de la vía.

En tal sentido Rapitest Ingeniería Ltda., contratado por el Consorcio Muisca Sogamoso, adelantó la exploración del suelo en el sector donde se produjo un deslizamiento rotacional que desplazó la banca de la vía en una longitud de 2.0m en la horizontal y 2.0 m en la vertical; actualmente mitigado con una construcción de un terraplén con material marginal para garantizar el paso vehicular.

Para la exploración del sector se realiza: La investigación indirecta por medio de 3 Sondeos Eléctricos Verticales (SEV), y la investigación directa a partir de dos perforaciones mecánicas de 6.00m de profundidad, mediante las cuales se establece de forma general que la masa inestable está constituida por una secuencia de suelos fino granulares de arcillas limosas café-grisáceas con intercalaciones de material grueso granular tipo arena limosa café; de plasticidad media a baja con un espesor máximo de 4.00m. Donde se reporta la presencia de un horizonte competente de arcillolitas café-grisáceas de consistencia tipo semisólido.

Según la NSR-10, el perfil de suelo competente en el sector se clasifica como tipo D, con coeficiente de aceleración horizontal y vertical de 0.25; al sector se le asigna un Coeficiente de importancia de 1.5, para la elaboración del espectro de diseño, se tiene en cuenta que el área se encuentra en una zona de amenaza sísmica Alta.

De acuerdo a las características anteriormente mencionadas se plantearon 3 alternativas de solución para la inestabilidad y reconformación de la banca en el sector.

Alternativa 1: Se plantea la implantación de un muro de confinamiento en el margen derecho de la vía en el sentido de avance, cimentado en estructuras tipo pilotes de 6m de profundidad; Esta alternativa aunque es viable para la reconformación de la banca de la vía, no garantiza la estabilidad del sector, por lo que no se recomienda esta alternativa.

Alternativa 2: Con el fin de garantizar la estabilidad del sector, se prediseña una serie de estructuras que controlen el drenaje superficial, como instalación de filtro tipo francés en el margen izquierdo en sentido de avance, que desemboca a dos alcantarillas, ubicadas en los extremos del deslizamiento; en la parte inferior del deslizamiento se plantea la construcción de un filtro en espina de pescado que llevara las aguas recolectadas al cauce aledaño que cruza por el sector, que termina por llevar las aguas al río Sasa.

Alternativa 3: Como medida para la reconformación de la banca, y asegurando la estabilidad de esta, se analiza la implantación de un terraplén en el sector donde se produjo la subsidencia de la vía.

La mejor alternativa de solución que cumpla con las condiciones del proyecto sería una combinación de varias alternativas que contemplen la estabilidad del sector y la reconformación de la banca.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar las obras requeridas para la estabilización del sector k4+180 de la vía Puente Reyes- Gámeza, en función del tipo de proceso y las propiedades geotécnicas del subsuelo.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Realizar el levantamiento topográfico de la zona afectada.
- Identificar el tipo de proceso de remoción en masa ocurrido, estableciendo el mecanismo de falla, las causas y la dinámica actual.
- Determinar propiedades físicas y mecánicas de los materiales presentes en la zona de estudio.
- Establecer las medidas de control requeridas.

### 3. CONSIDERACIONES GENERALES

#### 3.1 ANTECEDENTES

La Vía Puente Reyes- Gámeza tiene de construida aproximadamente veinte años según los habitantes del sector, y se ha deteriorado principalmente por 2 aspectos.

- La Ausencia de obras hidráulicas en la zona, lo cual influye en el detrimento y al desgaste de la misma, el agua de escorrentía no tiene sitio por donde transitar adecuadamente como los canales, lo que hace que se filtre en el subsuelo y provoque el estancamiento de algunos sectores del camino sobre todo en época de invierno. El pasado Mayo de 2014 la fuerte temporada invernal causo la saturación, reblandecimiento y desplazamiento de la masa de suelo, en el sector ubicado en el K4+180 de la vía Puente Reyes-Gámeza, en una longitud de 45m aproximadamente, afectando la transitabilidad por la pérdida de la banca, lo cual impidió el paso vehicular y fue necesaria la intervención de maquinaria pesada para adecuar momentáneamente el paso, reconstruyendo temporalmente la calzada mediante la conformación de un terraplén en material marginal por donde actualmente se circula.

- Circulación de vehículos puntualmente de los camiones que transportan carbón los cuales sobrepasan los límites de resistencia del subsuelo y desestabilizan el terreno degradándolo cada vez más, por el efecto de la vibración ocasionando deslizamientos de los taludes.

#### 3.2 JUSTIFICACION

El mejoramiento de las condiciones geométricas y estructurales de la vía requiere la construcción de obras necesarias para garantizar la transitabilidad y confort requerido por los usuarios. En tal sentido el Consorcio Muisca Sogamoso contrato con Rapitest Ingeniería Ltda., la ejecución del estudio de suelos y geotecnia, para establecer la magnitud, estratigrafía y parámetros de los suelos involucrados en el proceso de inestabilidad y a la luz de estos, diseñar las obras necesarias para la mitigación y/o control del proceso.



### 3.3 METODOLOGÍA DE TRABAJO

El estudio se realiza según las siguientes actividades secuenciales:

- ❖ Recopilación de información.

- ❖ **Etapa 1.** Reconocimiento de campo:

Realizar un análisis preliminar para saber qué tipo de movimiento corresponde. Determinar las características del proceso de inestabilidad, materiales involucrados y procedimiento de la investigación.

- ❖ **Etapa 2.** Exploración del Subsuelo:

INDIRECTA: Mediante la realización de 3 sondeos eléctricos verticales SEV, se determina aproximadamente la geometría y profundidad de la superficie de falla, además de la configuración estratigráfica determinada a partir de valores de resistividad aparente.

DIRECTA: Conocida la profundidad y geometría de la superficie de falla se asigna los sitios a investigar mediante 2 perforaciones mecánicas, para determinar las propiedades y parámetros de la masa inestable.

- ❖ **Etapa 3:** Ensayos de Laboratorio:

Al material recuperado en cada perforación se le realizaron las pruebas necesarias para obtener las características del subsuelo.

- ❖ **Etapa 4.** Análisis de Información:

Con base en la información e interpretación de las actividades adelantadas se determinan las obras requeridas para la estabilización del sector.

### 3.4 LOCALIZACIÓN

El área del presente estudio forma parte del tramo de vía Puente Reyes - Gámeza, que está siendo intervenido actualmente dentro del objeto del contrato 1109-2014; la vía se desarrolla en dirección W – E, partiendo del sentido Puente Reyes – Gámeza y en la abscisa K4+180 en las coordenadas N: 1140387 E: 1133688,4 z: 2715 m.s.n.m, donde existe un proceso de inestabilidad retrogresivo que ocasiono

la pérdida total de la banca. El fenómeno de inestabilidad se encuentra a 600 m del Municipio de Gámeza afectando además de la transitabilidad, las viviendas ubicadas en la ladera inferior. En la figura 1 se observa el estado del sector inestable.

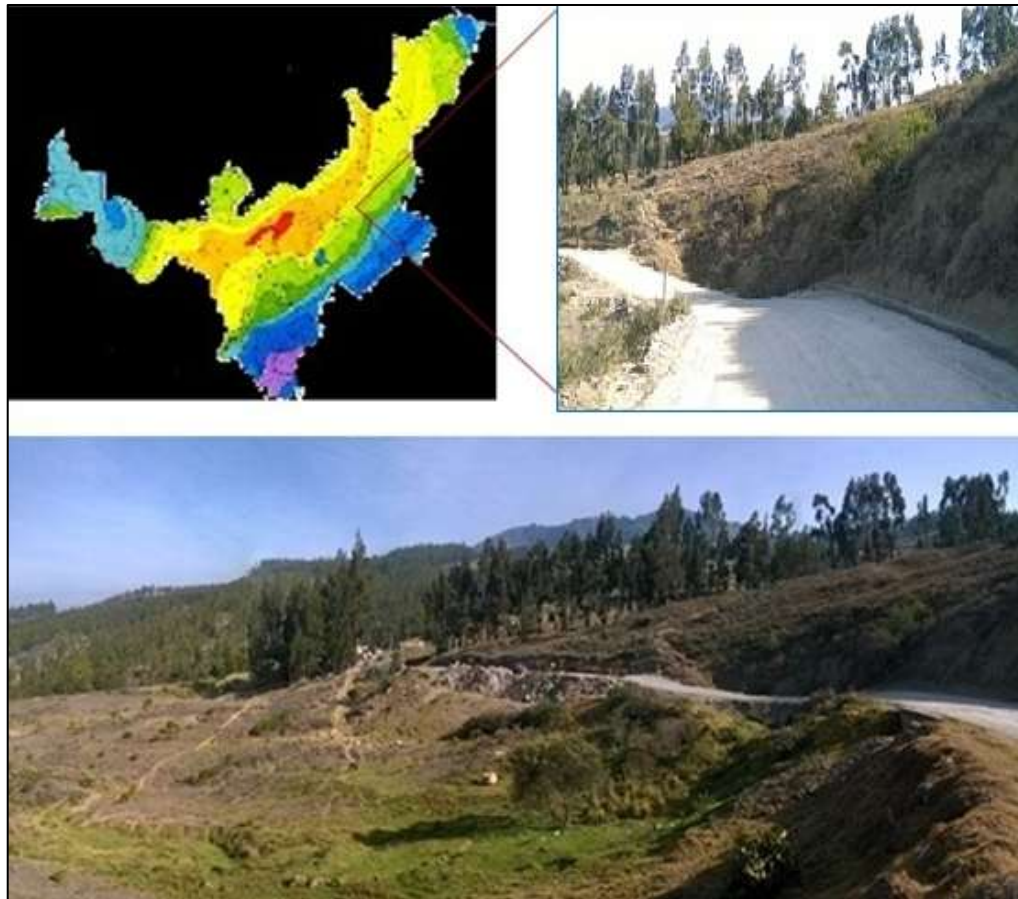


Figura 1 Ubicación general y particular del área de estudio K4+180 Fuente: Autora

La localización geográfica se puede detallar en la Figura 2 y 3, donde se puede conocer la ubicación de la zona inestable respecto a la localización del municipio de Gámeza.



Figura 2 Localización del área de estudio Fuente: Autora del Proyecto



Figura 3 Localización de la zona inestable K4+180 Fuente: GOOGLE EARTH

### 3.5 CLIMA

Por su ubicación tropical y altitudinal, Gámeza tiene un clima templado cuyo promedio es de 17°C, pero se ha visto alterado en los últimos años por los cambios ocurridos en referencia al calentamiento global. Sin embargo las características climáticas semejan a las zonas que gozan de las 4 estaciones, así entre las seis de la mañana y el medio día las características climáticas semejan a la primavera, del medio día hasta las cinco de la tarde el verano, de esa hora hasta las diez u once, la temperatura es otoñal. La temperatura invernal alcanza

su punto más bajo alrededor de las tres de la mañana, llegando incluso a cero grados o menos<sup>1</sup>.

### 3.5.2 3.5.1 PLUVIOSIDAD

El municipio está rodeado por formaciones montañosas características de la cordillera oriental. La distribución y combinación de los elementos y factores contribuyen a determinar los tipos de vegetación, suelos y los tipos de erosión que se pueden llegar a presentar.

El régimen de precipitación en el municipio de Gámeza, está directamente influenciado por la zona de convergencia intertropical (ZCIT)<sup>2</sup>, el cual a su vez puede sufrir intensificaciones o atenuaciones en su efecto por el factor topográfico. Este fenómeno se pone de manifiesto por lo general en las áreas situadas hacia la parte montañosa y de mayor altitud, donde se registran los volúmenes más altos de precipitación.

### 3.5.3 DISTRIBUCIÓN TEMPORAL

La distribución temporal de la precipitación del municipio de Gámeza es de tipo bimodal, con un descenso considerable en los meses de Junio a Agosto. La primera temporada lluviosa comienza en Marzo y se extiende hasta Mayo, siendo la más prolongada y homogénea con valores que oscilan entre los 60-120 mm, y la segunda empieza en Septiembre y se extiende hasta Noviembre con registros que varían entre los 60-100 mm. Los periodos secos van desde Junio a Agosto y Diciembre a Febrero, y se caracterizan por una disminución muy pronunciada de la precipitación, teniendo al mes de enero como el mes más seco con valores 30mm.

### 3.5.4 TEMPERATURA

Este parámetro se describe a continuación, desde la perspectiva de sus características y propiedades principales.

Temperatura Media

---

<sup>1</sup> Fuente. Tomado de generalidades históricas, localización, extensión y división política, dimensión ambiental el municipio de Gameza Tomo I Autor; Gobernación de Boyacá 2006 Pagina 34.

<sup>2</sup> IBID 1 Pág. 11

La temperatura medida desde el aire presenta muy poca variación hacia la parte norte del municipio los valores fluctúan entre los 12,7°C -14°C los meses de Junio y Agosto presentan los valores más bajos, Abril y Noviembre los más altos.

#### Temperatura Máxima

Las temperaturas máximas presentan poca variación durante el año y por lo general se mantienen entre 22,4°C y 24,9°C hacia el sector occidental del municipio y hacia la parte norte entre 22,8°C y 26°C .

El periodo más seco comprendido entre los meses de Junio y Agosto registran los valores más bajos en todo el año, mientras que el periodo seco Diciembre – Febrero presenta los más altos.

#### Temperatura Mínima

Al igual que las temperaturas máximas los valores de temperatura mínimas varían muy poco durante el año. Sin embargo los registros indican para el sector norte, variaciones que oscilan por lo general entre 3,2°C – 6,4°C.

Hacia el sector occidental del municipio las temperaturas mínimas alcanzan a estar por debajo de cero grados (0°C), básicamente en el periodo seco de Diciembre a Marzo.

#### 3.5.5 BRILLO SOLAR

El número de horas de brillo solar se halla influenciado en gran medida por la precipitación en los diferentes meses del año.

### 4. ASPECTO GEOLÓGICO

Los aspectos geológicos compilados en el presente documento se basan en la información secundaria, de estudios geológicos realizados por Ingeominas, compilados en las memorias de la plancha 172 “Paz del Rio “

El contexto geológico es de gran importancia para la elaboración de estudios geotécnicos, debido a que corresponde al punto de partida para tomar decisiones y emitir conceptos preliminares, que en muchos casos terminan siendo definitivos y concluyentes con respecto a fenómenos particulares del subsuelo y el entorno terrestre en general.

Por tal razón es que en este estudio se realizará una descripción del entorno geológico a nivel regional y a nivel local, identificando las formaciones y estructuras geológicas del sector, para de esta manera lograr conocer los factores que de este componente se desprenden y pueden llegar a ser influyentes en el desarrollo del estudio.

La zona de estudio, se encuentra ubicada dentro de la Cordillera Oriental de los Andes, donde se aprecian escarpes que contrastan con paisajes ondulados, evidenciando la variedad de materiales y los diferentes procesos tectónicos que allí se han dado y que han originado una serie de plegamientos y fallamientos en la región.

#### 4.1 ESTRATIGRAFÍA REGIONAL

Regionalmente el área objeto del presente estudio se localiza en la Cordillera Oriental, donde se han reconocido rocas sedimentarias Mesozoicas, con edades que oscilan entre los periodos Cretáceo y Cuaternario, dispuestas en franjas más o menos paralelas, afectada tectónicamente por el en el sistemas de fallas de tipo compresional que dan lugar a un intenso fallamiento.

##### 4.1.1 SERIE CRETÁCICO

###### 3.1.1.1 Formación Ermitaño Kse

ALVARADO Y SARMIENTO R. (1944) denominaron así a la sección aflorante del cretáceo superior marino en la localidad de el Ermitaño al noreste de Paz del Rio.

**Litología**-La formación consta de tres miembros. El inferior constituido por shert negro y limolitas síliceas blancas en capas de 10 a 15 cm. el miembro intermedio está formado de arcillolitas fisibles grises con algunas intercalaciones de areniscas calcáreas en la parte superior.

El miembro está constituido por 80m de Shale calcáreo siendo característico un banco de 3m de caliza lumaquelica hacia la parte media .La parte extrema superior está compuesta por areniscas cuarzosas duras en bancos de 3 a 6 m que forman escarpes característicos, la arenisca de techo es de grano mediano a

grueso, glauconita y contiene gran variedad de fósiles marinos como gasterópodos, lamelibranquios, etc.

**Espesor** La sección norte de Paz del Rio muestra un espesor de casi 500m.

**Límites Estratigráficos** El límite superior es neto, con un brusco cambio de facies de la arenisca con fauna marina a lutitas grises sin fósiles de la formación Guaduas. Las observaciones de este contacto en la región Sogamoso Paz del Rio, donde no sea afectado por el tectonismo, indican una concordancia absoluta entre las dos formaciones, sin embargo en la mayoría se observa una aparente discordancia entre las areniscas de techo del Ermitaño y las arcillolitas del Guaduas.

**Edad** El miembro inferior comprende probablemente la mayor parte del Coniacino, el miembro intermedio alcanza el Campaniano y el miembro superior es de edad del Maestrichtiano inferior por la abundancia de foraminíferos presentes en los shales negros.

**Correlación** El miembro inferior es equivalente a la formación Plaeners de la Sabana de Bogotá y las areniscas de techo del Ermitaño coinciden con la Arenisca Tierna que pertenece al grupo Guadalupe. En cuanto a Santander del norte, el miembro inferior corresponde a la formación Luna y los miembros superior e intermedio a las formaciones Colon Shale y Mito San Juan.

#### 4.1.1.2 Formación Guaduas Ktg.

ALVARADO Y SARMIENTO R. (1944) denominaron formación Guaduas al conjunto de estratos que contiene los mantos de carbón explotables, por analogía con la formación homónima definida por HETTNER A. (1892) en la región de guaduas Cundinamarca.

**Litología:**-Constituida por dos miembros. El inferior compuesto de arcillolitas fisibles negruzcas y; con esporádicas zonas arenosas, alcanza un espesor de 190m. El miembro superior consta de continuas alternancia de areniscas delgadas arcillolitas y mantos de carbón con un espesor total de aprox. 230m. Las areniscas presentes en la parte media del miembro superior son típicamente lajosas, de grano fino a mediano y miden alrededor de 11 m de espesor.

**Espesor:-** En la sección de Tópaga la formación alcanza una potencia de 410m, valor similar al que se puede medir 25 km al noreste en la zona de la Chapa ,



raros son los buenos afloramientos debido que se encuentra disturbada por fallas longitudinales que alteran su espesor.

**Limites Estratigráficos:-** La base se coloca en contacto entre las arcillolitas fisibles del miembro inferior y las areniscas del techo del Ermitaño, que marcan la terminación de la sedimentación marina. El límite superior se localiza a la base de unos bancos característicos de arenisca dura, con estratificación cruzada de gran continuidad regional.

**Edad:-** VAN DER HAMMET (1995) asigna a esta formación una edad Maestrichtiano superior con base en el análisis palinológico de los manto de carbón.

**Correlación:** Se correlaciona la parte inferior y media de esta formación con la de la cuenca Lenguaque-Samaca y la formación Catatumbo de la serie de del Norte de Santander.

#### 4.1.2 SERIE PALEÓGENO

##### 4.1.2.1 Formación Areniscas del Socha (Pgars)

Se utiliza en este trabajo el nombre de Formación Areniscas de Socha para designar a una gruesa secuencia de areniscas que reposa concordantemente sobre la Formación Guaduas, a la que inicialmente Alvarado & Sarmiento (1944) denominaron Socha Inferior, y consideraron, como localidad tipo, la sucesión litológica aflorante en Socha Viejo.

**Litología:-** Está compuesta por una sucesión de capas de cuarzo arenitas de grano fino a medio, blancas, grises pardas y grises amarillentas, cemento silíceo, en capas delgadas a muy gruesas, con esporádicas intercalaciones de arcillolitas grises claras y rojizas, que forman sucesiones con espesores que varían entre 2,30 y 9,40 m.

**Espesor:-** Las secciones tipo indican que la formación tiene un espesor entre 130 y 160m.

**Límites Estratigráficos** El contacto superior con la Formación Arcillas de Socha es concordante y transicional, y se ha marcado en el tope de una sucesión de cuarzoarenitas de grano medio. Aunque el límite superior es muy claro morfológicamente.

**Edad:-** Van der Hammen (1957), según estudios palinológicos, indica, una edad paleocena temprana, intervalo de tiempo en el cual se considera ocurrió la acumulación de la parte superior de la Formación Guaduas y, probablemente, la parte inferior de la Formación Cacho.

**Correlación:-** Se establece su correspondencia palinológica con la parte inferior de la Formación Lisama, del Valle Medio del Magdalena, y con la Formación Barco, de la cuenca de Maracaibo. En el área de Paz de Río, Sarmiento, en Osorno (1994), se basa en estudios palinológicos y le asigna una edad paleocena tardía.

#### 4.1.2.2 Formación Arcillas del Socha (Pgas)

**Litología:-** Constituida por una sucesión de capas de arcillolitas grises claras a oscuras, que por meteorización dan tonalidades amarillentas y rojizas. Son frecuentes las intercalaciones de cuarzoarenitas de grano fino, grises claras, que por meteorización adquieren coloraciones amarillentas y rojizas, con cemento silíceo y estratificadas en capas delgadas y gruesas, plano paralelas; estos niveles arenosos alcanzan espesores que varían entre 0,75 y 26 m.

**Espesor:-** el espesor total de la formación oscila entre 250 y 270m.

**Limites Estratigráficos:-** El contacto entre el techo de las areniscas y las arcillolitas es neto, el límite superior es muy claro al contacto entre las arcillolitas fisibles verdosas y la arenisca masiva de la formación Picacho.

**Correlación:-** Corresponde a la parte inferior a la formación Bogotá ya la formación Cuervos en Norte de Santander.

#### 4.1.2.3 Formación Picacho (Pgp)

El nombre de Formación Picacho fue dado por Alvarado & Sarmiento (1944) para designar un conjunto potente de areniscas que descansa sobre la Formación Arcillas de Socha, y establece su localidad tipo en el cerro Picacho a 1,5 km al noroeste de Paz de Río.

**Espesor:-** La formación presenta un espesor de 138,80 m, mientras al occidente del Colegio Sugamuxi presenta un espesor de 181,50 m.

**Litología:-** Predominantemente arenoso compuesto por una sucesión de cuarzoarenitas de grano medio hasta conglomerático, grises claras a blancas, con tonalidades amarillentas y rojizas por meteorización, friables, con cemento silíceo,

en capas gruesas a muy gruesas con espesores que oscilan entre 0,50 y 2,50 m. El conjunto medio está constituido por una sucesión de arcillolitas grises claras, con un espesor de 30 m. El conjunto superior compuesto por 21,50 m de arenita media a gruesa de cuarzo, gris clara a blanca, friable, en capas muy gruesas, mayores de 2 m de espesor, con lentes de conglomerados.

**Espesor:**-Presenta un espesor variable entre 180 y 220m en general el conjunto inferior de areniscas masivas muestra una potencia entre 90 y 110 en el cerro de Sibaria.

**Limites Estratigráficos:**- El contacto superior con la Formación Concentración es concordante y neto, y se marca en el techo de una sucesión de arenita de cuarzo media a gruesa.

**Edad:**-Según van der Hammen (1957), en esta unidad no se han encontrado muestras con polen; sin embargo, basado en su posición estratigráfica, considera que su edad debe ser Eocena temprana

**Correlación:**-Se establece su continuidad con las formaciones La Paz del Valle Medio del Magdalena, El Mirador de la Concesión Barco y Hoyón del Valle Medio del Magdalena y la región de la Sabana de Bogotá.

#### 4.1.3 SERIE TERCIARIA

##### 4.1.3.1 Formación Concentración (Toc)

La denominación fue dada por ALVARADO Y SARMIENTO 1944 a la sección que aflora en los alrededores del caserío Concentración, sobre la carretera Belén – Paz del Rio.

**Litología:**- Constituido por una sucesión de capas de arcillolitas grises oscuras y negras, que por meteorización presentan coloraciones amarillentas y rojizas, estratificadas en capas muy delgadas, que consiste predominantemente de arcillolitas grises claras, que por meteorización dan tonalidades amarillentas y rojizas, con varias capas de hierro limonítico de 0,20 m de espesor y escasas intercalaciones de cuarzoarenitas de grano fino, grises amarillentas, friables, con espesores entre 0,80 y 1 m, estratificadas en capas medias y gruesas.

**Espesor:** Presenta un espesor de aproximadamente 1400 m. este valor es variable debido a las omisiones por la falla de Soapaga. El conjunto inferior que es el mejor conocido alcanza los 620 m. de espesor en el sector de las minas de hierro de paz de río.

**Edad:-** Basado en el contenido de polen encontrado en varios horizontes de la Formación Concentración, Van der Hammen (1957) la asigna al Eoceno medio a Oligoceno medio.

**Correlación.-**La formación Concentración es el equivalente a la formación Usme en Bogotá en cuanto a la correlación con la región de Cúcuta, con base el análisis palinológico, la formación Concentración corresponde a la parte superior de la formación Mirador y todo el conjunto comprende las formaciones Carbonera y León Shales.

#### 4.1.4 CUATERNARIO

##### 4.1.4.1 Depósitos post-andinos

El plegamiento principal andino que se inició en el Mioceno, culminó con la formación de la cordillera oriental, gran cantidad de material proveniente del constante desmantelamiento erosivo se fue acumulando en las depresiones de la región.

Tratándose de cuencas sedimentarias intermontanas, los depósitos post-andinos presentan suma irregularidad y su historia geológica es compleja y difícil de descifrar, Tales depósitos consisten en rellenos aluviales, sedimentos lacustres y terrenos glaciares y materiales coluviales en muchos casos entrelazados unos con otros para formar depósitos mixtos.

##### 4.1.4.2 Aluvial antiguo –Qp

Depósitos contruidos por conglomerados aluviales de gran espesor pueden observarse en varios sitios de la región. Al occidente de Sogamoso (cerro la cruz) el conglomerado presenta elementos de dimensiones variables, pero con mayor frecuencia entre 20 y 25 cm, los cantos son exclusivamente de arenisca proveniente de formaciones Cretácicas. El cerrito, montículo situado al noroeste de Sogamoso es un remanente aislado del mismo conglomerado. Un depósito similar aparece en Corrales donde los cantos cubren los estratos muy inclinados

de la formación concentración aquí está bien conservada la terraza fluvial, cuyo espesor alcanza unos 25m al norte del pueblo de Gámeza (La Puerta) el conglomerado mide unos 100 m de potencia y los elementos se muestran bien redondeados. El depósitos se halla a una altura 400m respecto al río Chicamocha lo que indica cambios fisiográficos desde el momento de su acumulación El pueblo de Mongui está ubicado sobre un depósito aluvial (Terraza de Mongui) que presenta características similares a los ya mencionados y cuyo frente está cortado por el río Chicamocha.

#### 4.1.4.3 Depósitos de Coluviones (Qc) y lo Suelos residuales (Qsr)

Ocupan principalmente las partes bajas de las zonas en donde se encuentra mayor pendiente adicionalmente estos depósitos están dispuestos sobre las partes altas de los taludes desarrollados para la construcción de vías razón por los principales FRM presentes en la zona de estudio son causados por esta alteraciones antrópicas.

Estos depósitos se caracterizan por ser no consolidado y presentar granulometría variable por materiales gruesos correspondientes a Ya formación sobre la cual se desplaza el deslizamiento (Formación Ermitaño) embebidos en una matriz arcillosa.

## 4.2 ESTRATIGRAFÍA LOCAL

De acuerdo al reconocimiento visual y a la descripción litológica de cada una de las formaciones geológicas expuestas en el área de estudio se estableció que son de edad Cretáceas al presente, con características que se exponen a continuación:

### 4.2.1 Formación Guaduas (Ktg)

Constituida por una secuencia de arcillolitas de colores grises a negro, laminados, muy meteorizados con esporádicas intercalaciones delgadas de limolitas color café claro. Su exposición es muy reducida, teniendo en cuenta que se encuentra cubierta por depósitos cuaternarios residuales y coluvio-aluviales principalmente. La formación asume un rumbo y buzamientos variables en la región de acuerdo a los repliegamientos que ha sufrido, pero localmente su rumbo preferencial es de N71°E y buzamiento de 12° al NW, favorable al trazado de la vía en este sector.

#### 4.2.2 Deposito Aluvial (Qa)

Este depósito se encuentra ubicado en la parte inicial del tramo de vía, conformando el cauce del Río Sasa. Conformado principalmente por cantos, bloques heterométricos y gravas de areniscas embebidas en una matriz de arenas limo-arcillosas inorgánicas color amarillo y café principalmente, alternadas con niveles netamente arenosos y/o arcillosos. Es un depósito que abarca una gran extensión en la parte baja y fuera del área del proyecto, alcanzando espesores importantes. Se caracteriza por su geomorfología ondulada a plana en el sector más bajo junto a los cauces.

#### 4.2.3 Deposito Coluvial (Qc)

Este es el resultado de una serie de procesos denudativos por meteorización y desprendimiento in situ, que se han dado dentro de la zona y que actuaron sobre las formaciones preexistentes. Estos depósitos se encuentran cubriendo parcialmente a la Formación Guaduas principalmente por bloques de areniscas heterométricos embebidos en una matriz areno-arcillosa inorgánica, de color café, amarillo y rojizo.

### 4.3. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

La deformación y plegamiento de las rocas que integran las formaciones geológicas que bordean e infrayacen el área del proyecto y el mecanismo de deformación hacen parte de la tectónica compresional anterior y posterior al origen de la cordillera oriental colombiana.

Tectónicamente la zona de estudio se encuentra constituida por secuencias sedimentarias plegadas principalmente, orientados en sentido SW-NE, con la particularidad de que se encuentran afectados por fallas de tipo inverso y direccional, Corresponden a anticlinales y sinclinales, los cuales son visibles en la región a grandes distancias.

La región se caracteriza por estar afectada tectónicamente, esto se evidencia con la presencia de grandes fallas; el sitio del proyecto y sus alrededores aparecen enmarcados por trazados de fallas de tipo inverso principalmente, estas fracturas son regionales y responsables de la actividad tectónica; las fallas de tipo inverso

tienen un rumbo preferencial del SW al NE, poniendo en contacto unidades del Terciario con rocas del Cretáceo. Estas Fallas inversas y direccionales presentan una marcada influencia regional generando diferentes fenómenos geológicos dentro del área.

La estructura de fallamiento regional más importante, corresponde a la Falla de Gámeza, de tipo inverso, atraviesa cerca al tramo en estudio aproximadamente a unos 700 m al suroriente del mismo, en dirección SW - NE y buzando hacia el NW; su lineamiento es visible desde el sector nororiental de Sogamoso y se proyecta varios kilómetros hacia el sector nororiental de Gámeza; lo cual se traduce para la región en una zona de amenaza sísmica alta.

Localmente la afectación de esta falla se evidencia por la liberación de esfuerzos y de energía debido a la tectónica compresional de la región. Lo anterior influye en la estabilidad del tramo a intervenir, el trayecto en estudio se encuentra dentro de un sinclinal de gran extensión, llamado Sinclinal La Puerta.

#### 4.4 DESCRIPCIÓN GEOMORFOLÓGICA

Geomorfológicamente la zona posee un paisaje montañoso, que corresponde a un sistema colinado estructural plegado cuya altura y geoformas son originadas por la acción de fuerzas tectónicas sobre un conjunto de rocas sedimentarias de diferente composición, las cuales están siendo afectadas y han sido afectadas en su historia geológica por fenómenos denudativos.

##### **Inclinación de las pendientes**

La topografía es variable, presentándose pendientes moderadas a altas a lo largo de la misma; se presenta en general un relieve montañoso con pendiente longitudinal entre el 2 y el 25%, las zonas montañosas más altas, con niveles de materiales más competentes pertenecientes a las formaciones existentes, son las que presentan pendientes más elevadas superiores al 20%.

##### **Morfología**

Las alturas dentro del área del proyecto pueden oscilar entre los 2430 y 2740 m.s.n.m., determinando un clima templado, con una temperatura promedio de

17°C; el clima está regido como en todas las zonas tropicales por la diferencia de niveles de altitud.

### **Hidrología**

El patrón de drenaje es de tipo subdendríptico, con una densidad de drenaje baja, con valles en "U" en los sectores más planos y drenajes en "V" en gran parte del trayecto o sectores más montañosos; el drenaje regional corresponde a las vertientes del Río Sasa que a su vez es afluente del Río Chicamocha, acompañadas de una serie de canales naturales y principalmente de desecación; la escorrentía superficial es media a baja y la zona presenta pendientes variables.

### **Terreno Montañoso**

De acuerdo al tipo de rocas existentes en la zona de estudio, las cuales poseen una resistencia moderada es posible encontrar una diversidad de geoformas que corresponden en general a un relieve montañoso y colinado estructural - plegado, en donde predomina el plegamiento, fallamiento y los respectivos procesos de tipo denudacional y agradacional que dieron origen a depósitos de materiales no consolidados o depósitos cuaternarios. Localmente el modelado de la superficie del terreno ha dado origen a sectores con pendientes intermedias y morfología de lomas redondeadas, el área de estudio se caracteriza por estar ubicado en una unidad de geoformas denominada de Terreno Montañoso (TM) (Ver fotografías 1 y 2.





Fotografía. 1 Terreno montañoso en laderas



Fotografía 2 Hundimiento de la vía por la inestabilidad en el sector K4+180

## 5. CLASIFICACION DEL DESLIZAMIENTO



Fotografía 3 Ubicación y Delimitación del Fenómeno de la remoción en masa, ubicado en el K4+180 Vía Gámeza

El fenómeno de remoción en masa que se presenta en este sector, se clasifica como un deslizamiento rotacional, evidenciándose la corona o escarpe principal en forma de media luna sobre el talud superior la margen izquierda de la vía, la profundidad de subsidencia de la calzada es de 2m con respecto a la cota de la rasante de la vía antigua en el sitio afectado.

Las principales razones que afectaron la estabilidad del talud se dividen en factores detonantes y contribuyentes.

### 5.1 FACTORES DETONANTES:

- ✚ Posibles alteraciones de origen antrópico producto de las labores desarrolladas en el sector con anterioridad (cambios en el uso del suelo).
- ✚ Saturación de los materiales involucrados, debido a las temporadas invernales que han antecedido a la ocurrencia del movimiento, las cuales elevaron el nivel freático ocasionando un incremento en el peso del material, que venció su capacidad de resistencia y provocó la falla del talud.
- ✚ Humedad y susceptibilidad propia de los materiales constitutivos.

## 5.2 FACTORES CONTRIBUYENTES:

- La falta de control de aguas de escorrentía superficial sobre la margen izquierda de la vía, debido a su escasa canalización y captación de estas aguas en la calzada y cuerpo del talud.
- Los depósitos no consolidados presentan una gran susceptibilidad a la falla.
- La formación aflorante predominan rocas débiles, como son niveles de arcillolitas, pertenecientes a la Formación Guaduas, pertenecen a la clase de "rocas blandas", si se hace referencia a materiales de baja durabilidad, sobre todo ante la influencia de los agentes climáticos.

## 5.3 DESCRIPCIÓN DEL DESLIZAMIENTO

Analizada la geología, el comportamiento de los materiales en campo, el subsuelo y el talud en general, se clasifica un deslizamiento rotacional retrogresivo, abarcando un área de 73 m de longitud por 50 m de ancho promedio, sobre la banca de la vía el desplazamiento horizontal es de aproximadamente 2 m hacia la parte baja del talud y de 2 m en la vertical, manifestándose con el hundimiento de la vía y varias grietas en media luna en el cuerpo del deslizamiento. El movimiento ha afectado en su corona la banca de la vía y ha sido causado por un incremento en las presiones de poros del material, la acumulación de aguas superficiales y/o subsuperficiales, las características intrínsecas de los suelos arcillosos la falta de capa vegetal en algunos sectores. En la fotografía 3 se ubica y se delimita el deslizamiento limitación del fenómeno de la remoción en masa, ubicado en el K4+180 Vía Gámeza.

La delimitación de la zona inestable presente en el K4+180 vía Puente Reyes – Gámeza conduce su masa deslizada hacia el cauce de una quebrada aledaña lo que puede significar el taponamiento de esta. En la tabla 2 indica las dimensiones de este deslizamiento.

	VC	Altura del deslizamiento desde la corona hasta el pie, en misma seccion	
	VL	Altura del deslizamiento desde la corona hasta el borde, en misma seccion	
	HC	Distancia Horizontal desde el pie hasta la cabecera longitudinalmente	
	HL	Distancia Horizontal desde el borde hasta la cabecera longitudinalmente	
	HF	Distancia Horizontal desde el pie hasta el borde longitudinalmente	
	L	Distancia entre la corona y el pie diagonalmente	

Tabla 1 Dimensiones de un deslizamiento rotacional

SECTOR INESTABLE			
COORDENADAS	N: 1140387	UBICACIÓN	
	E: 1133688,4	VDA. EL GUANTO MUNICIPIO DE GAMEZA;	
ALTURA	2714 m.s.n.m	K4+180 VIA PUENTES REYES GAMEZA	
	DESCRIPCION		
	Tipo de Falla : Rotacional		
	Geomorfologia: Terreno montañoso		
	Pendiente : Media		
	Tipo de proceso : Deslizamiento		
	Clasificacion :		
	Deslizamiento Rotacional Retregresivo		
	VC: 10,88	HC:30,29*	
	VL:11,45	HL:30,39	
	L :73	HF: 11,52	
Ancho :53			
Estruccturas Afectadas:			
Tramo de via(Hundimiento); perdida de la banca.			

Tabla 2.Dimensiones aproximadas de la masa deslizada de acuerdo a la tabla 1.

\*La clasificación se realizada de acuerdo a la clasificación propuesta por Vernes 1978

## 6 .EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO

### 6.1. EXPLORACIÓN INDIRECTA

Se realiza la exploración indirecta con el objetivo de definir los niveles de saturación (nivel freático), el perfil estratigráfico generado a partir de la correlación de los valores de la resistividad; con lo cual de acuerdo a la información se pretende definir la superficie de falla y con ello la clasificación del proceso.

Paralelo a esto, con la exploración directa, se optimiza la calidad de los resultados mejorando la interpretación de estos, definiendo de manera concreta las características geotécnicas del sector.

Se realizaron tres sondeos eléctricos verticales (SEV) ubicados en sentido transversal a la dirección del movimiento así: el primero en el escarpe principal, en sentido donde se presentan las litologías encontradas, el segundo al lado de la vía existente y el tercero en la parte baja del talud. La Figura 5 muestra la ubicación de los sondeos eléctricos verticales en el área de estudio.

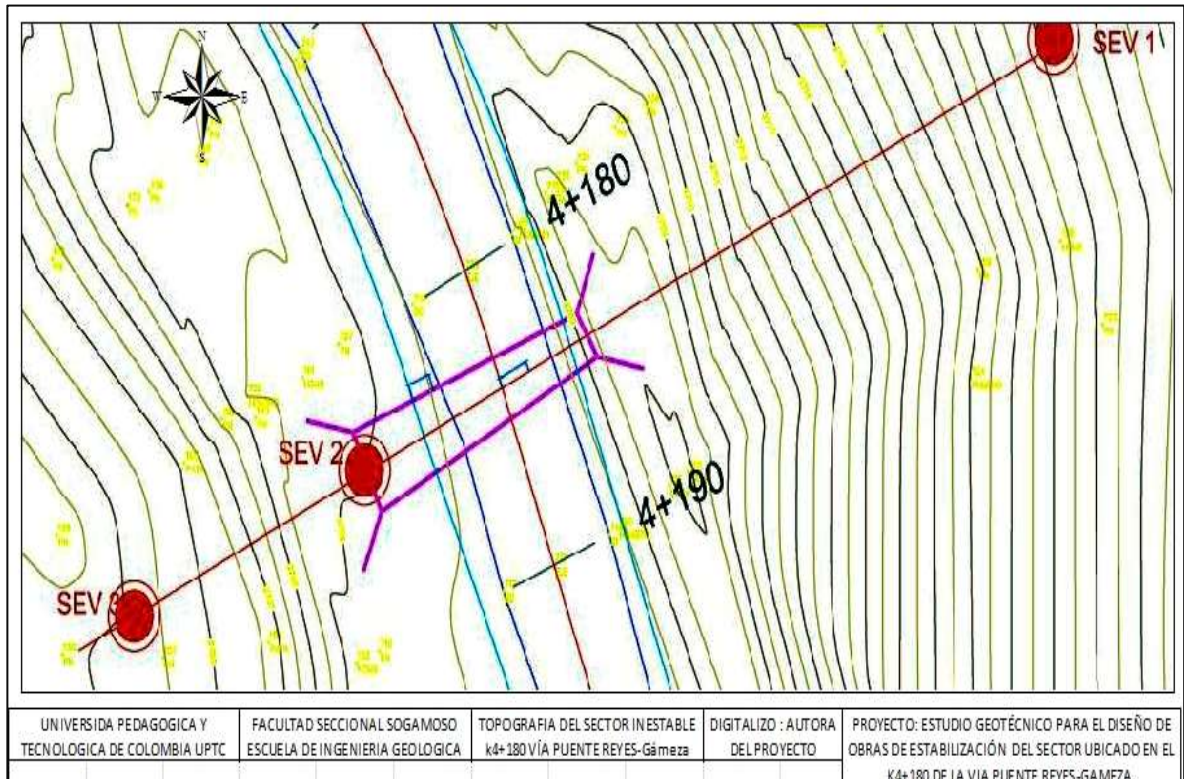


Figura 4 Localización de los sondeos eléctricos verticales – SEV

### 6.1.1 METODOLOGIA

La realización del estudio, se llevó a cabo en diferentes fases:

- ✚ Exploración de campo: Ubicación y adquisición de la información de campo mediante el dispositivo Schlumberger, que captura por medio de la diferencia de potencial, la resistividad aparente presente en el medio geológico.
- ✚ Procesamiento de los datos: Comienza con la utilización de programas de computación
- ✚ Mejoramiento de datos: Atenuar los efectos heterogéneos de las resistividades.
- ✚ Interpretación y análisis de los resultados: Conformar el corte geológico, utilizando los espesores y profundidades que se han determinado empleando ábacos de curvas teóricas, a través de un procesamiento computarizado.
- ✚ Comparar las curvas de campo obtenidas y las curvas teóricas que se encuentran en estos juegos de curvas patrones.
- ✚ Determinar los valores de las resistividades aparentes y los espesores y profundidades de las litologías presentes en el sector.

### 6.1.2 RESULTADOS

Mediante el proceso anterior, se establece una estratificación de acuerdo a la resistividad aparente registrada en campo (Ver tablas 4-6), a continuación en la tabla 3 se referencian los sondeos realizados en el sector de estudio.

SONDEO	Prof. 1 Capa (m)	Localizacion
1	0,3	N 1140408,04 E 1133693,35
2	5,4	N 1140378,64 E 1133679,62
3	1,3	N 1140378,73 E 1133675,1

Tabla 3 Referenciación de los sondeos realizados en el sector inestable

## SEV 1. ESCARPE PRINCIPAL (CORONA)

Se encontró una capa superficial de 0,30 m de espesor de suelo residual, correspondiente a materiales no consolidados del depósito cuaternario (Qc). Continúa a profundidad un horizonte de roca blanda tipo Arcillolitas correspondientes a la formación Guaduas (Ktg).

CAPA	PROFUNDIDAD	RESISTIVIDAD	INTERPRETACIÓN GEOLÓGICA
	(metros)	(Ohmios-m)	
1	0 – 0.3	95	Suelo residual, Qc.
2	--	123	Arcillolitas.

Tabla 4 Sondeo Eléctrico Vertical 1. Corona del Deslizamiento.

## SEV 2. CUERPO

Se evidencio en la cambio de litología de acuerdo a las variaciones en los valores de resistividad aparente, a una profundidad de 5.4m desde la superficie actual de la vía; A profundidad se estableció la presencia de roca blanda tipo Arcillolita.

CAPA	PROFUNDIDAD	RESISTIVIDAD	INTERPRETACIÓN GEOLÓGICA
	(metros)	(Ohmios-m)	
1	0 – 5.4	46	Material deslizado Qc.
2	--	138	Arcillolitas

Tabla 5 Sondeo Eléctrico Vertical N2. Cuerpo del Deslizamiento.

## SEV3. PATA

Se encontró 1.3m de profundidad la variación entre las diferentes litologías, el suelo encontrado “superficialmente” corresponde a material de suelo tipo residual, material removido.

CAPA	PROFUNDIDAD	RESISTIVIDAD	INTERPRETACIÓN GEOLÓGICA
	(metros)	(Ohmios-m)	
1	0 – 1.3	98	Suelo residual, material movido, Qc.
2	--	116	Arcillolitas

Tabla 6 Sondeo Eléctrico Vertical N3. Pata del Deslizamiento.

Como las mediciones son puntuales según los principios de medición del SEV, se obtendrán curvas representativas del corte geoelectrico que se encontrará por debajo del punto de observación, las cuales son representadas en escala bilogarítmica para atenuar los efectos heterogéneos de las resistividades, logrando establecer un perfil indicando la superficie de falla, y el la ubicación del nivel freático como se observa en la figura 6.

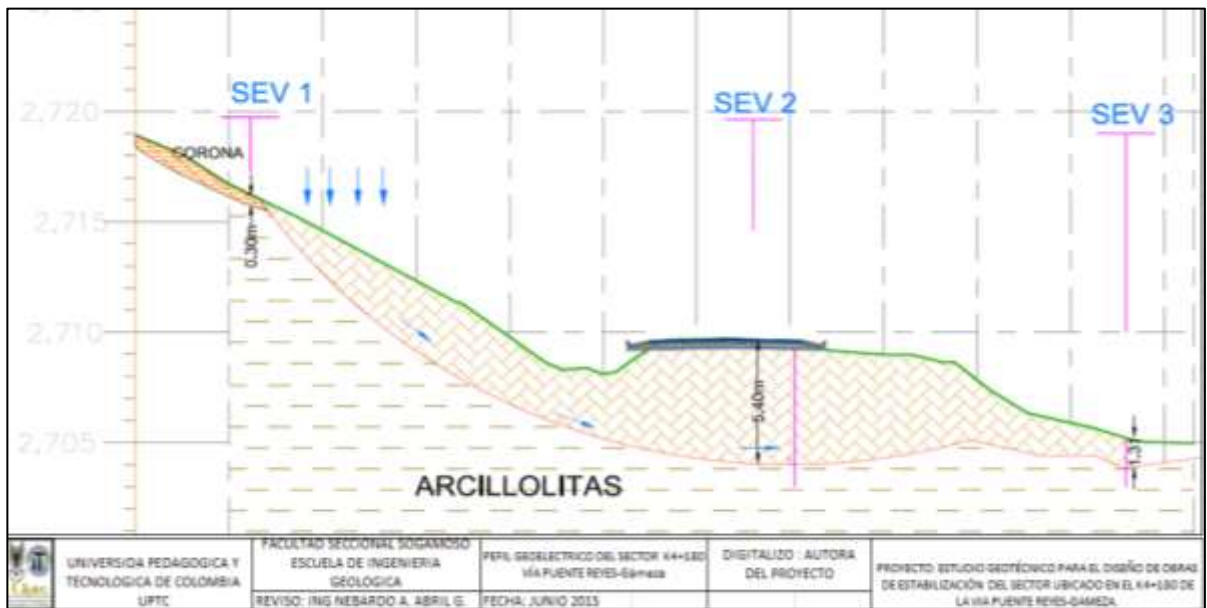


Figura 5 Corte geoelectrico transversal del deslizamiento K4-180 vía Gámeza. Superficie de Falla Tipo Rotacional.

## 7. EXPLORACION DIRECTA

Para conocer las características, propiedades y los parámetros de resistencia de la masa inestable además de las condiciones del nivel freático, se realizaron dos (2) perforaciones mecánicas ubicadas, la primera en la parte central del proceso inestable (6.0m de profundidad) y la segunda en la pata de deslizamiento, hasta alcanzar una profundidad máxima de exploración de 5,0 m.

En cada perforación se efectuó un muestreo representativo de los diferentes niveles, tomando muestras alteradas en bolsa, dependiendo de las características del subsuelo se recuperaron muestras con dispositivo cuchara partida y donde el nivel del subsuelo lo permitió se recuperaron muestras inalteradas con tubo Shelby.



## 7.1 PERFORACIÓN N1

La perforación se realizó en el costado izquierdo de la vía Gámeza –Puente Reyes en la abscisa K4+180 en sentido de avance, donde la masa deslizada ha desplazado el eje de la vía. Referenciado con las coordenadas N 1140387,3 E 1133687,78 z: 2709. El objetivo de esta perforación es conocer las características del subsuelo en este punto para determinar la superficie crítica de acuerdo a las propiedades del material encontrado. La fotografía 4, deja ver el tipo de muestra que fue recuperada.



Fotografía 4 Muestra recuperada con dispositivo de cuchara partida.

Por las características cohesivas del suelo encontrado el muestreo se inicia recuperando muestras alteradas con hoyadora tipo bolsa, alternativamente se recuperan muestras alteradas e inalteradas según la consistencia del suelo. Las muestras alteradas se obtuvieron con dispositivo cuchara partida y el muestreo inalterado se adelantó con tubo de pared delgada.

El proceso descrito permitió establecer un perfil estratigráfico cualitativo, descrito a continuación:

De 0,0m a 0,60 m de profundidad, se encuentra un nivel de suelo fino granular de arcillas limosas cafés de consistencia media, presencia de raíces. Continúa hasta 2,00 m de profundidad, un horizonte de material fino granular tipo de arena arcillosa cafés de consistencia firme. Luego desde 2,0m hasta terminar la perforación hay una secuencia de suelos fino granulares de arcillas limosas cafés-grisáceas, donde la consistencia aumenta de firme hasta muy firme finalmente a partir de una profundidad de 6.00m se genera rechazo debido a la presencia de roca blanda tipo arcillolita grisácea.

#### NIVEL FREÁTICO

La exploración subsolar reporta la presencia de nivel freático a 3,50m de profundidad.

#### ENSAYOS DE LABORATORIO

Con la ayuda de los registros de campo, se seleccionaron las muestras en el laboratorio y se determinaron los ensayos a ejecutar con el fin de obtener la información suficiente para la identificación de los diferentes niveles que conforman el perfil litológico.

Acorde con los suelos encontrados, los ensayos realizados fueron:

- Humedad Natural
- Límites de Atterberg
- Granulometría.
- Compresión Inconfinada

Además, se establecieron parámetros de resistencia indirectos a partir de correlaciones con el número de golpes registrados en el ensayo de penetración estándar SPT, corrigiendo factores de acuerdo a la literatura técnica como se muestra en la Tabla 7.

ESTUDIO DE SUELOS - K4+180 VIA PUENTE REYES-GAMEZA										
FACTORES DE CORRECCIÓN - PERFORACION 1 COSTADO IZQUIERDO										
Prof de Muestreo (m)		PROF (m)	N.F	N de campo	N <sub>60</sub> de campo	Por Profundidad	Por Varillaje	Por muestreador	Nº Golpes	Ncorr
0,6	1,3	0,95		15	13	1,71	0,75	0,8	13	13
1,3	2,0	1,65		12	10	1,40	0,75	0,8	10	8
4,0	4,7	4,35		18	15	1,25	0,85	0,8	15	14
5,3	6,0	5,65		39	33	1,13	0,85	0,8	33	20

Tabla 7 N corregido y parámetros de resistencia de la exploración N° 1 (K4+180).

## RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LABORATORIO

Con la información obtenida a partir de los resultados de laboratorio y la información de campo en la Tabla 8 se resumen las propiedades índices y características geotécnicas de los niveles de suelo encontrados en la perforación.

ESTUDIO DE SUELOS Y GEOTECNICO PUENTE REYES-GAMEZA																						
RESUMEN DE PROPIEDADES PERFORACION 1																						
PERF	MUESTRA		DESCRIPCION	Humedad natural %	Límite Líquido %	Límite Plástico %	Índice de plasticidad %	I <sub>c</sub>	I <sub>L</sub>	W <sub>p</sub> /L <sub>p</sub>	GRANULOMETRIA				TIPO DE SUELO	% GRAYA	% AREIA	% FINOS	CONSISTENCIA	C <sub>u</sub> (Kokm/2)	Y <sub>100(m3)</sub>	
	NL	PROF (m)									N°4	N°10	N°40	N°200								USC
P1	M1	0,00-0,60	Arcilla limosa café oscura con presencia de raíces.	10,28	43,29	19,29	25,4	14	-0,28	0,919	100	100,0	98,70	91,60	CL	0,00	8,39	91,61	FIRME	1,8		
	M2	0,60-1,30	arena en matriz arcillosa café plasticidad de mediana alta.	8,53	37,27	17,12	20,1	18	-0,53	0,381	100	98,8	75,7	43,0	SC	0,00	38,27	43,03			0,24	
	M3	1,30-2,00	Grava y arena en matriz arcillosa café oscura.	2,48	35,99	23,26	19,7	23	-1,32	0,107	5,4	2,8	3,3	36,2	GC	43,80	17,97	38,20			0,58	
	M4	2,00-2,50	Arcilla gris-amarilla de plasticidad mediana. Presencia de raíces.	9,42	39,20	23,88	19,5	19	-0,92	0,398	0,0	0,0	0,0	97,8	CL	0,00	12,22	97,78				
	M5	2,50-4,00	Arcilla gris-amarilla con niveles arenosos, de plasticidad mediana.	9,33	43,81	23,21	20,8	17	-0,67	0,402	0,0	3,4	8,1	84,8	CL	0,00	15,17	84,83			18	
	M6	4,00-4,70	Limos arcillosos grises de plasticidad mediana.	9,50	44,81	26,26	18,5	2,1	-1,18	0,338	0,0	0,0	1,8	92,2	ML	0,00	7,77	92,23			0,91	2,0
	M7	4,70-6,00	Arcilla gruesa de consistencia muy firme.	9,30	57,88	29,48	28,2	17	-0,72	0,318	0,0	0,0	0,0	98,8	CH	0,00	3,20	96,80			MUY FIRME	125

Tabla 8 Resumen de propiedades de las muestras recuperadas en la exploración N°1(K4+180)

## 7.2 PERFORACIÓN N2

Se ubica en el costado derecho de la vía en sentido de avance, a aproximadamente 8,00m de la obra de drenaje existente; se realiza la perforación en la pata del deslizamiento permitiendo con el análisis de los resultados obtenidos conocer las propiedades geotécnicas en este punto. Exploración referenciada con las coordenadas N 1140387,7 E 1133674,1 z 2706 La fotografía 5 muestra la ubicación y equipo utilizado en la perforación.



Fotografía 5. Ubicación del equipo de perforación costado derecho vía Gámeza-Puente Reyes.

La perforación inicia, tomando muestras alterada tipo bolsa con hoyadora; donde la consistencia del suelo lo permitió se recuperó una muestra inalterada con tubo de pared delgada y con dispositivo de cuchara partida se obtuvieron muestras alteradas debido al nivel de consistencia que presenta el suelo; a intervalos de 0,70m.

Procedimiento que permitió describir cualitativamente el siguiente perfil estratigráfico

Desde la superficie hasta el fin de la perforación (5.0m) se logró establecer que es un solo horizonte constituido por una secuencia de suelos fino granulares tipo arcillas limosas cafés - grisáceas de plasticidad baja y de consistencia que aumenta a profundidad desde firme hasta muy dura. Se genera rechazo al fin de la perforación por la presencia de roca tipo arcillolita grisácea.

#### NIVEL FREÁTICO

Durante la exploración directa del suelo no se evidenció el nivel freático.

#### ENSAYOS DE LABORATORIO

Se seleccionaron las muestras en el laboratorio y se determinaron los ensayos a ejecutar con el fin de obtener la información suficiente para la identificación de los diferentes niveles que conforman el perfil litológico. Además, se establecieron parámetros de resistencia indirectos a partir de correlaciones con el número de golpes registrados en el ensayo de penetración estándar SPT, debidamente corregidos por factores según lo recomienda la literatura técnica, como se muestra en la Tabla 9.

ESTUDIO DE SUELOS - K4+180 VIA PUENTE REYES-GAMEZA										
FACTORES DE CORRECCIÓN - PERFORACION 2 COSTADO DERECHO										
Prof de Muestreo (m)		PROF (m)	N.F	N de campo	N <sub>60</sub> de campo	Por Profundidad	Por Varillaje	Por muestreador	Por Nº Golpes	Ncorr
0,6	1,3	0,95		21	18	1,74	0,75	0,8	18	19
1,3	2,0	1,65		20	17	1,43	0,75	0,8	17	15
3,1	3,8	3,45		40	34	1,24	0,75	0,8	34	25
3,8	4,5	4,15		62	53	1,12	0,85	0,8	53	40
4,5	5,0	4,75		70	60	1,07	0,85	0,8	60	44

Tabla 9.N corregido y parámetros de resistencia de la exploración N° 2 (K4+180).

Con la información de los resultados de laboratorio y la información de campo en la Tabla 10 se resumen las propiedades índices y características geotécnicas de los niveles de subsuelo encontrados en la perforación.

ESTUDIO DE SUELOS Y GEOTECNICO PUENTE REYES-GAMEZA																							
RESUMEN DE PROPIEDADES PERFORACION 2																							
PERF	MUESTRA		DESCRIPCION	Humedad natural %	Limite Líquido %	Limite Plástico %	Índice de plasticidad %	IC	IL	WwLP	GRANULOMETRIA				TIPO DE SUELO	% GRAYA	% ARENA	% FINOS	CONSISTENCIA	Y <sub>100</sub> (%)	Ncorr		
	N.	PROF (m)									N <sub>4</sub>	N <sub>60</sub>	N <sub>40</sub>	N <sub>200</sub>								USC	
P2	M1	0,0-0,60		8,31							100,0	100,0	94,2	85,94	CL		14,08	86,94	HUYTIME	18	1,6		
	M2	0,60-1,30	Limo color café oscuro, de plasticidad media.	10,48	44,8	28,07	16,1	2,1	-109	0,373	100,0	96,7	93,5	85,72	ML	3,30	10,98	86,72					
	M3	1,30-2,00	Limos grises de media-alta plasticidad.	10,87	48,59	28,27	20,3	19	-0,86	0,365	100,0	100,0	100,0	87,88	ML		12,32	87,68					0,99
	M5	3,0-3,80	Arcilla gris de plasticidad media.	9,12	40,03	24,94	15,1	2,0	-105	0,366	100,0	96,2	93,4	92,45	CL		7,66	92,45	D.F.R.	18	1,46		
	M6	3,80-4,50	Arcilla color café oscuro, de plasticidad media.	9,55								100,0	93,8	86,58	CL		15,42	86,58					2,2
	M7	4,50-5,0	Arcilla limosa café oscuro de media plasticidad.	9,50	38,20	22,81	15,4	19	-0,86	0,417	100	99,0	97,0	94,52	CL		5,48	94,52					2,3

Tabla 10 Resumen de propiedades exploración N°2 (K4+180).

De la exploración en campo y los resultados de los ensayos realizados en laboratorio se establece un perfil estratigráfico, que se ilustra en las figuras 7 y 8 indican los perfiles obtenidos de la exploración directa e indirecta, se indica la superficie de falla y la composición estratigráfica del subsuelo.

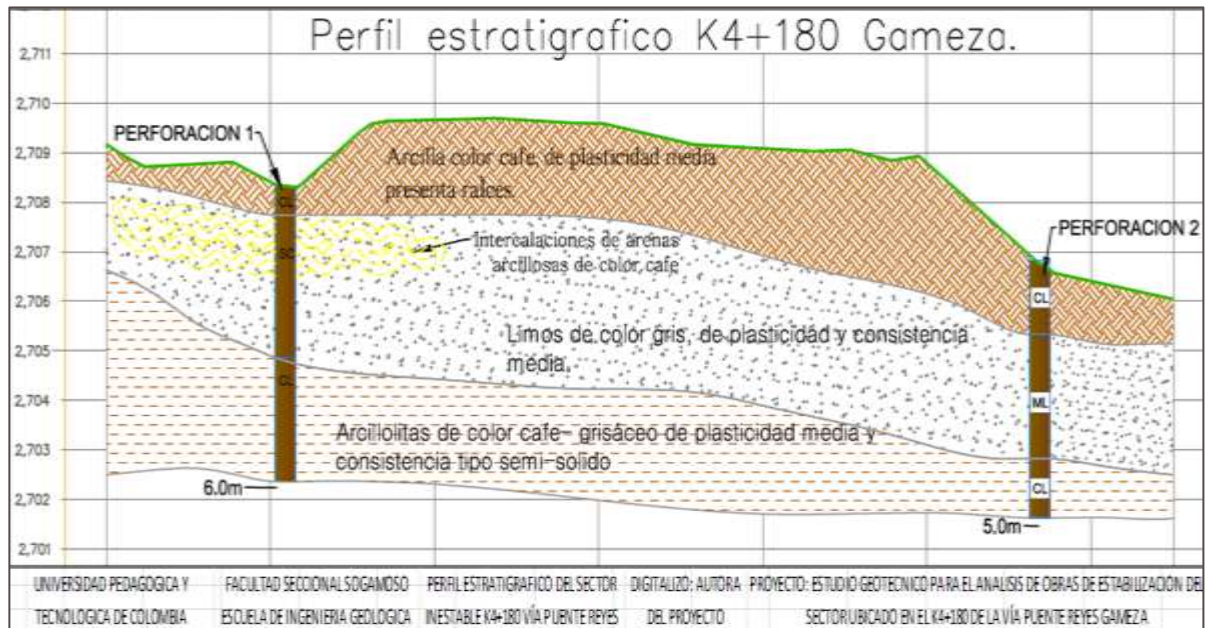


Figura 6 Perfil estratigráfico del sector inestable ubicado en el K4+180 vía Puente Reyes-Gámeza

La figura 8 muestra el perfil obtenido a partir de la exploración directa e indirecta, mostrando la superficie de falla inferida a partir de cada exploración y la composición estratigráfica del subsuelo.

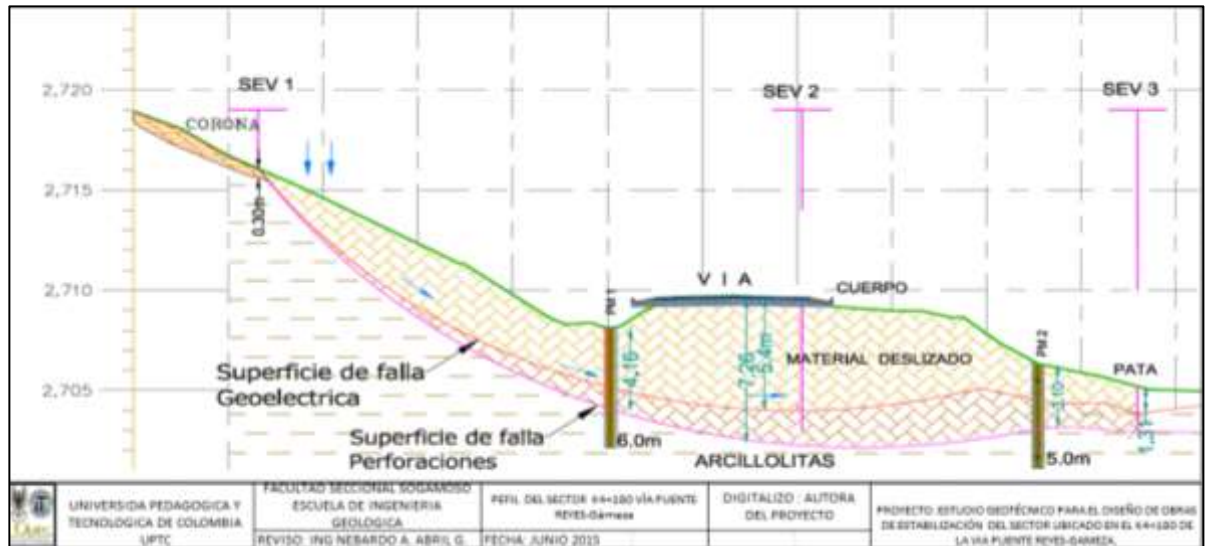


Figura 7 Perfil superficie de falla determinada por los métodos indirecto y directo en el K4+180

## 9. ANALISIS Y CARACTERIZACION GEOTECNICA

Una vez establecidos los perfiles estratigráficos tanto por la información suministrada por los SEV, como por las perforaciones mecánicas, se deduce el siguiente perfil estratigráfico para el análisis y evaluación del talud:

Este está conformado principalmente por tres estratos, el primero corresponde al suelo residual que se encuentra en una capa de 0,30 m de espesor en la parte alta de la ladera, el segundo, corresponde al material deslizado, un depósito cuaternario, constituido por una mezcla heterogénea de materiales limosos arcillosos y granulares producto del movimiento de materiales inestables y de las diferentes actividades antrópicas realizadas para mantener la movilidad de la vía, correspondientes a una secuencia cohesiva de suelos finos granulares tipo arcillas limosas café – grisáceas. Se clasifica según la USC como ML. Los contenidos de humedad natural registrados en el perfil estratigráfico muestran una secuencia en estado sólido a semisólido, de consistencia dura, como puede inferirse del número de golpes registrados en el ensayo de penetración estándar y los contenidos de humedad inferiores, en todos los casos, al límite plástico.

Finalmente el último estrato identificado corresponde a la roca arcillolita encontrada al final de las exploraciones realizadas.

## 10. DEFINICIÓN DEL ESPECTRO ELÁSTICO DE DISEÑO

Los espectros Elásticos de aceleración, velocidad y desplazamiento se definen en función de los siguientes parámetros:

- $A_a$  = coeficiente que representa la aceleración horizontal pico efectiva, para diseño, dado en A.2.2.
- $A_v$  = coeficiente que representa la velocidad horizontal pico efectiva, para diseño, dado en A.2.2.
- $F_a$  = coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de períodos cortos, debida a los efectos de sitio, adimensional.
- $F_v$  = coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de períodos intermedios, debida a los efectos de sitio, adimensional.
- $g$  = aceleración debida a la gravedad (9.8 m/s<sup>2</sup>).
- $T$ : Valor del período fundamental, calculado de acuerdo con la prescrito en A.5 de la Normas Sismo Resistentes Colombianas NSR-10 [Método del Análisis Dinámico].
- $T_o$ : Período de vibración, en segundos, correspondiente al inicio de la zona de aceleración constante del espectro de diseño.
- $T_c$ : Período de vibración, en segundos, correspondiente a la transición entre la zona de aceleración constante del espectro de diseño, para períodos cortos, y la parte descendiente del mismo.
- $T_L$ : Período de vibración, en segundos, correspondiente al inicio de la zona de aceleración constante del espectro de diseño, para períodos largos.
- $S_a$ : Valor del espectro de aceleraciones de diseño para un período de vibración dado. Máxima aceleración horizontal de diseño, expresada como una fracción de la aceleración de la gravedad, para un sistema de un grado de libertad con un período de vibración  $T$ .
- $I$ : Coeficiente de importancia definido en A.2.5.1 de la Normas Sismo Resistentes Colombianas NSR-10

### 10.1. CONDICIONES ESPECIALES DEL SUBSUELO

El procedimiento que se emplea para definir el tipo de perfil de suelo se basa en los valores de los parámetros del suelo de los 20 m superiores del perfil; para el diseño del espectro elástico de aceleración se emplean los coeficientes



espectrales definidos en el estudio de Zonificación Sísmica de Colombia, descritos en el título A de la norma NSR-10 y en la sección A.3.5.2.1 (figura A.3.5-1 “Mapa de valores de A”) y los valores de la figura A.12.2-1 para requisitos especiales para edificaciones indispensables de los grupos de uso III y IV.

De acuerdo con los efectos locales descritos en las normas Colombianas de diseño y construcción, y al mapa de zonificación sísmica de Colombia, el área del proyecto se encuentra dentro de la zona de amenaza sísmica alta. Respecto a los tipos de perfil de suelo para la definición de efectos locales, se obró según las disposiciones del numeral A.2.4 de las NSR-10, así partiendo de los valores del número de golpes SPT (A partir de la caracterización del suelo y del cuadro resumen de propiedades del suelo), para los diferentes estratos, para todos los casos al obtener la velocidad de cortante, se utilizan los valores promedio de las relaciones propuestas por Ohta y Goto (1978), Japan Road Association (m/s).

## 10.2 COEFICIENTE DE ACELERACIÓN HORIZONTAL PICO EFECTIVA PARA DISEÑO AA

Conforme a la NSR-10 (A.2.4) y el mapa de zonificación sísmica de Colombia, el área del proyecto se encuentra dentro de la zona de amenaza sísmica Alta (Zona 5), con un valor de  $A_a=0.25$  y  $A_v= 0.25$

## 10.3 COEFICIENTES DE AMPLIFICACIÓN PARA PERÍODOS CORTOS E INTERMEDIOS

Al cruzar los valores de  $A_a$  y  $A_v$  definidas en las tablas A.2.4-3 y A.2.4-4 con el tipo de perfil de suelo (D). Ver Tabla 13.

## 10.4 ESPECTRO DE ACELERACIONES

Tabla A.2.4-3

Valores del coeficiente  $F_w$  para la zona de periodos cortos del espectro

Tipo de Perfil	Intensidad de los movimientos sísmicos				
	$A_a \leq 0.1$	$A_a = 0.2$	$A_a = 0.3$	$A_a = 0.4$	$A_a \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
D	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
E	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
F	véase nota	véase nota	véase nota	Véase nota	véase nota

Tabla A.2.4-4

Valores del coeficiente  $F_v$  para la zona de periodos intermedios del espectro

Tipo de Perfil	Intensidad de los movimientos sísmicos				
	$A_v \leq 0.1$	$A_v = 0.2$	$A_v = 0.3$	$A_v = 0.4$	$A_v \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
D	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
E	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
F	véase nota	véase nota	véase nota	Véase nota	véase nota

Tabla 11 Perfil de Suelo del Sector de estudio

Conforme a lo estipulado por la NSR-10 (A.2.6), la forma del espectro elástico de aceleraciones, Sa expresado como fracción de la gravedad, para un coeficiente de amortiguamiento crítico del 5%, que se debe utilizar en el diseño, se muestra los parámetros obtenidos en la tabla 14, representados en la figura N8.

<b>SEGÚN NSR – 10</b>	<b>EFFECTOS LOCALES</b>	<b>GAMEZA</b>	
COEFICIENTE		Parámetro	VALOR
		<b>K4+180</b>	
Zona de amenaza			Alta
Aceleración Máxima esperada en la superficie roca. (Apéndice A-4 NSR-10)		Aa	0.25
Coeficiente de velocidad horizontal (Apéndice A-4 NSR-10)		Av	0.25
Perfil del suelo		50 > N ≥ 15 Velocidad de onda	D
		360 m/s > s v ≥ 180 m/s	
Coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de periodos cortos		Fa	1,3
Coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de periodos intermedios		Fv	1,9
Coeficiente de importancia		I	1.0
Periodo de vibración		T0	0,15
Periodo de vibración		Tc	0,7
Periodo de vibración		TL	4,56

Tabla 12 Localización Sísmica del proyecto

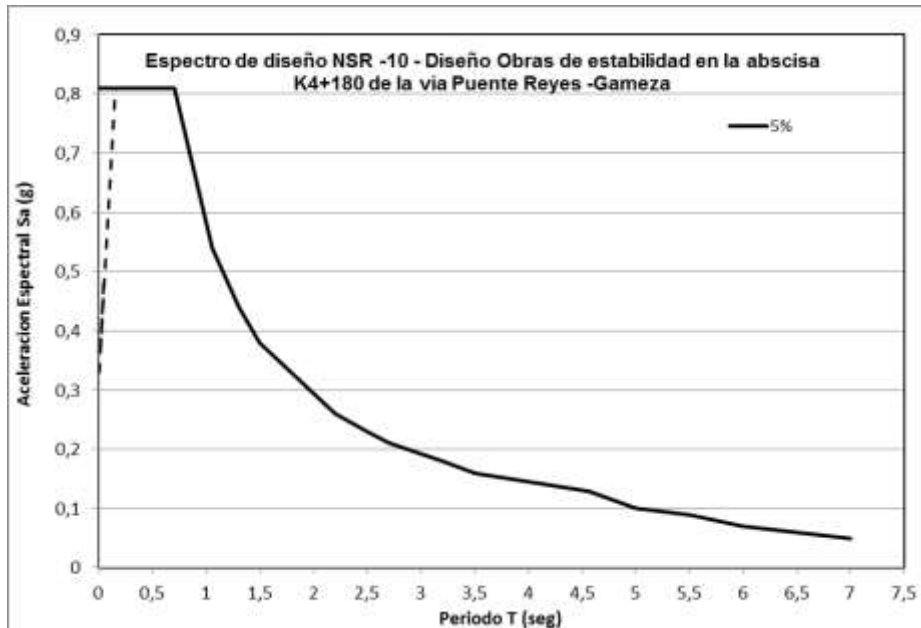


Figura 8 Espectro de diseño sísmico Muro K4+180

## 9. MODELO GEOTECNICO

Después de haber realizado el análisis de resultados de los ensayos de laboratorio, se procede a determinar el modelo geotécnico que gobierna el comportamiento del sitio. Este modelo servirá de referencia para establecer los parámetros geotécnicos con los cuales se elaboraran las alternativas de solución para el sector inestable, presentadas a continuación:

### 9.1 ALTERNATIVA N1

#### **MURO DE CONFINAMIENTO (RECONFORMACION DE LA BANCA DE LA VÍA)**

A partir de la exploración se establece un suelo de fundación fino granular correspondiendo al nivel referido como arcillas limosas café - grisáceas de plasticidad media y consistencia muy firme, conforme a lo anterior se procede a establecer una evaluación del nivel de cimentación que va desde 4m de profundidad contados desde la superficie en la que se adelantó la perforación; aclarando que este nivel de cimentación debe estar entre la roca o estrato compacto, para asegurar la estabilidad de la estructura. En cuanto al sistema de

cimentación que se procede a evaluar corresponde a una cimentación profunda conformada por pilotes pre-excavados de diámetros entre 1.0 y 2.0 m, con longitud máxima de 7 m.

Como se menciona en el ítem anterior la cimentación a emplear corresponde a una cimentación profunda compuesta por pilotes, por lo cual el objetivo será determinar la capacidad última de carga de un pilote tipo, establecida como la sumatoria de la capacidad de carga movilizada por la punta del pilote y la aportada por el esfuerzo cortante a los largo de la superficie lateral, llamada comúnmente “fricción superficial”, generada en la interfaz suelo-pilote.

Por las características particulares del proyecto y las condiciones de consistencia del suelo, la capacidad portante se analiza teniendo en cuenta la metodología propuesta por Meyerhof, para cimentaciones profundas aisladas.

La capacidad portante se determina mediante las expresiones propuestas por Terzaghi-Meyerhof, citada a continuación:

Ecuación n1: 
$$Q_a = Q_p + Q_f$$

Dónde:  $Q_p$ : Resistencia de la base del pilote  
 $Q_f$ : Resistencia del pilote por fricción

Para el aporte por punta se hace uso de la expresión propuesta por Terzaghi, según la siguiente expresión, teniendo en cuenta las recomendaciones citadas<sup>1</sup> para pilotes preexcavados:

Ecuación n2: 
$$Q_p = A_p \cdot q^* \cdot N_q^*$$

Dónde:

$A_p$  = Sección en la base del pilote.  
 $N_q^{*2}$ , = Factor de capacidad de carga.

$q'$  = Presión efectiva nivel de la base del pilote.

Igualmente el aporte por fricción lateral se determina con la siguiente expresión

Ecuación n2: 
$$Q_f = A_s * \sigma' * K_s * \tan \delta$$

Dónde:

$A_s$  = Superficie del pilote enterrada.

$K_s$  = Coeficiente de presión del suelo<sup>3</sup>.

$\sigma'$  = Presión efectiva promedio sobre la profundidad enterrada del pilote.

$\delta$  =  $\frac{3}{4} \phi$ . Para pilotes en concreto<sup>4</sup>.

Ante el desconocimiento de las cargas reales de trabajo, para efectos prácticos, se determina este parámetro para pilotes preexcavados de longitud y diámetros iguales dispuestos en una distancia de 50m separados 1,5m.

## CALCULO DE ASENTAMIENTOS

En el presente aparte se estiman los asentamientos posibles para las condiciones de carga vertical variable, considerando pilotes aislados.

Para este caso se considera que el asentamiento total del pilote es causado por:

- La deformación del fuste. Supone material elástico del pilote.
- La carga en la punta del pilote.
- La carga transmitida por el fuste del pilote.

Para el cálculo de cada componente se realiza bajo las siguientes expresiones recomendadas en la literatura técnica.

En el cálculo de Asentamientos por deformación del fuste, (Elástico), la expresión recomendada es la siguiente:

Ecuación n3: 
$$S_1 = \frac{(Q_{wp} + \epsilon Q_{ws}) * L}{A_p E_p}$$

Dónde:

$Q_{wp}$  = Carga en la punta del pilote.

$Q_{ws}$  = Carga por fricción superficial.  
 $L$  = Longitud del pilote  
 $A_p$  = Área de la sección transversal del pilote.  
 $E_p$  = Módulo elástico del material del pilote.

El asentamiento causado por la carga en la punta del pilote se determina a partir de la ecuación que sigue:

Ecuación n4: 
$$S_2 = (1 - \mu^2) * I_{wp} * \frac{q_{wp} * D}{E_s}$$

Dónde:

$q_{wp}$  = Carga unitaria en la punta del pilote.  
 $D$  = Diámetro del pilote.  
 $E_s$  = Modulo elástico del suelo  
 $\mu$  = Relación de Poisson del suelo  
 $I_{wp}$  = Factor de influencia.

A partir de la expresión relacionada a continuación se calcula el asentamiento causado por la carga que trasmite el fuste del pilote.

En consecuencia

Ecuación n5: 
$$S_3 = (1 - \mu^2) * I_{ws} * \left( \frac{Q_{ws}}{pL} \right) * \frac{D}{E_s}$$

Dónde:

$p$  = Perímetro del pilote.  
 $L$  = Longitud empotrada del pilote.  
 $I_{ws}$  = factor de influencia  
 $\mu$  = Relación de Poisson del suelo  
 $I_{wp}$  = Factor de influencia.

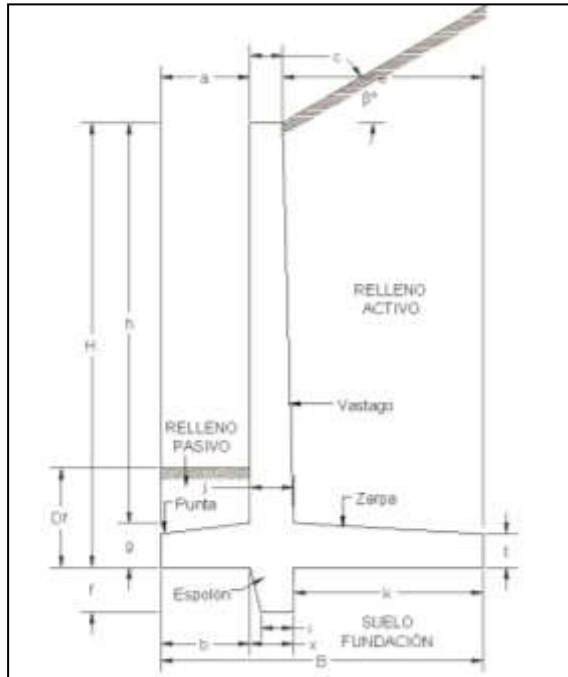


Figura N. 1 Geometría del prediseño del muro de confinamiento

Dónde:

- a = Longitud de la Punta en contacto con el relleno pasivo
- b = Longitud de la Punta en contacto con el suelo de fundación
- $\beta^\circ$  = Angulo de inclinación del relleno en superficie
- B = Base de la Cimentación
- c = Espesor mínimo del Vástago
- Df = Profundidad de cimentación
- e = Longitud del relleno en superficie
- f = Profundidad del Espolón
- g = Espesor máximo de la Punta
- h = Altura del Vástago
- H = Altura del muro de contención desde el nivel de cimentación

i	=	Espesor mínimo del Espolón
j	=	Espesor máximo del Vástago
k	=	Longitud de la Zarpa en contacto con el suelo de fundación
x	=	Espesor máximo del Espolón
t	=	Espesor mínimo de la Zarpa

\*El dimensionamiento exacto de la estructura corresponde al profesional correspondiente

Los resultados del cálculo de asentamientos según las condiciones de análisis para la capacidad portante se resumen en el ANEXO n3 (MEMORIAS DE CALCULO)

## 9.2 ALTERNATIVA N2

### **PROCESO CONTROL DE DRENAJE**

Ya que los estudios geotécnicos realizados en la vía evidenciaron la necesidad de construir un sistema de control de drenaje superficial, se diseñan e instalan para cumplir una o dos funciones: cortar la filtración en taludes o abatir el nivel freático. En terrenos inclinados es común que el agua subterránea fluya a la superficie, donde el nivel freático sigue una configuración similar a la del terreno. Cuando se realiza una excavación en ellos para alojar una carretera, se produce un flujo que tiende a saturar y debilitar el talud y la cama del corte por lo cual se proyecta un FILTRO TIPO FRANCES el cual está constituido por un material granular grueso y un Geotextil NT 2500.

Una vez se realizó el levantamiento topográfico y el estudio de suelos se estableció, la construcción de un Filtro Tipo Francés ya que observa la necesidad de construir una estructura de este tipo, el cual se planea para prevenir la filtración de los taludes y abatir el nivel freático. Este proceso es de una gran importancia debido a que se necesita proteger la estructura del pavimento que se procederá a construir en la vía. Este tipo de obra brinda una mayor confiabilidad y un mayor tiempo de duración de la estructura del pavimento planteado en el proyecto además aumenta la estabilidad del sector.



En la parte inferior del deslizamiento se plantea un filtro con material adecuado y geotextil NT 2500, pero en forma de espina de pescado que recolecte las aguas de las alcantarillas y las lleve a cauce aledaño.

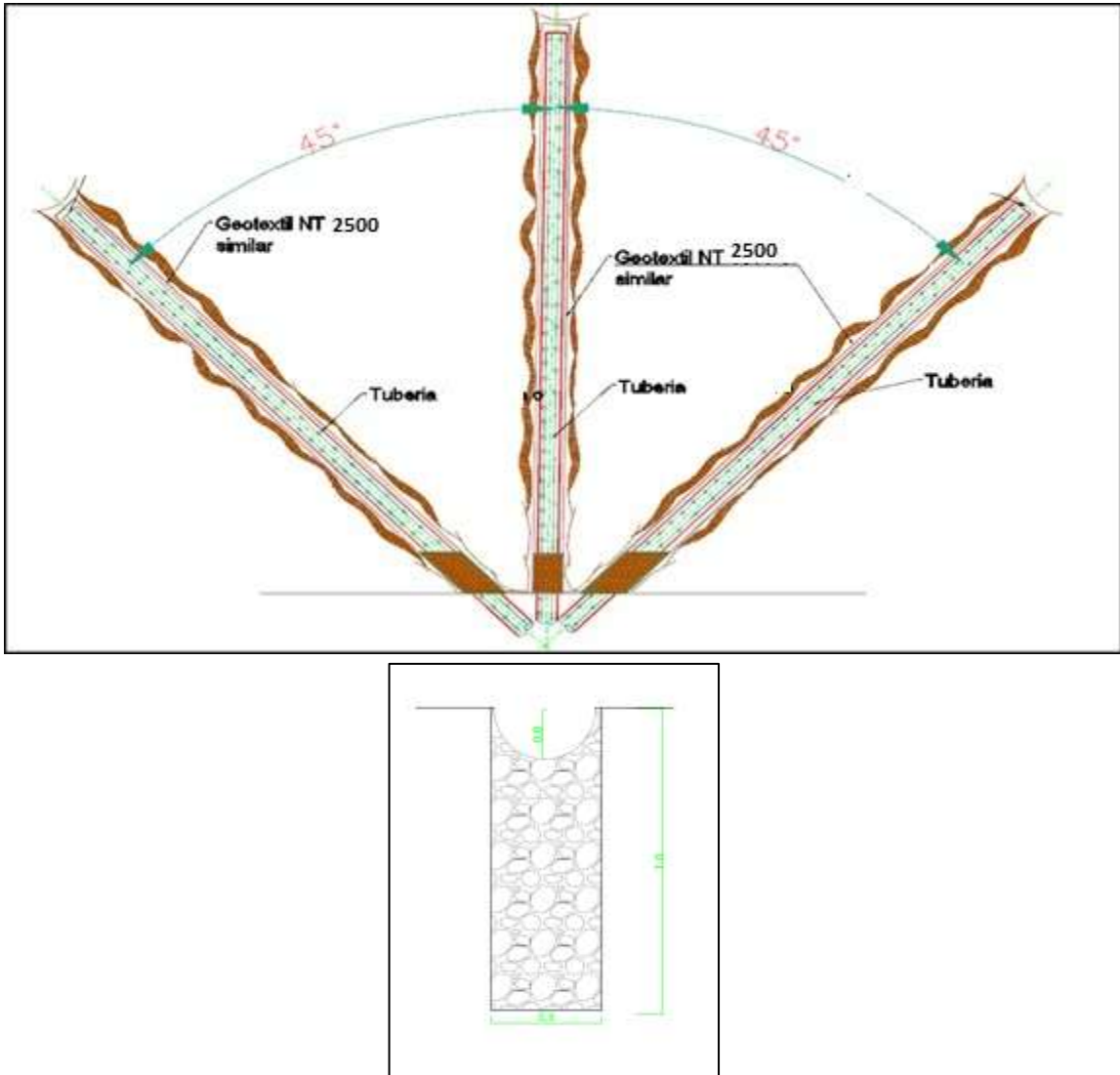


Figura N. 2 Proyección y perfil de canales en la parte inferior del sector inestable

- **Material Filtrante:** El material deberá estar constituido por partículas con tamaños comprendidos entre el tamiz de setenta y cinco milímetros (3") y el tamiz de diecinueve milímetros (3/4"). No se requiere ninguna gradación especial, permitiéndose el uso de fragmentos de un solo tamaño. Las partículas podrán ser angulares o redondeadas o una combinación de ellas. El material deberá estar libre y deberá cumplir el material granular para filtros. En la tabla 2 se presentan

los ensayos a realizar y los valores admitidos, según la especificación INVIAS 300-07.

ENSAYO	NORMAS DE ENSAYO INV	VALOR
Desgaste Los Angeles (%)	E-219	<40
Perdida en el ensayo de Solidez (%)	E-220	<12
-Sulfato de Sodio		<18
- Sulfato de Magnesio		
Indice de Desleimineto -Durabilidad (%)	E-236	<2
Contenido de materia Organica (%)	E-121	CeRO

Tabla 13 Ensayos para material Filtrante  
Fuente: INVIAS, Especificaciones 300-07

**Geotextil NT 2500:** Se utilizarán geotextiles compuestos por filamentos de polímeros sintéticos, no tejidos, dispuestos de manera uniforme y estable. Deberán tener capacidad para dejar pasar el agua, pero no partículas de suelo, y presentará las siguientes características. En la tabla 19 se presentan los ensayos a realizar y los valores admitidos. (FONADE, 2012)

PROPIEDAD	NORMA DE ENSAYO INV	VMPR(Nota 1)	VMPR(Nota 1)
		GEOTEXTILES TEJIDOS	GEOTEXTILES NO TEJIDOS
Elongación	E-901	< 50%	≥ 50%
Resistencia a la tensión Grab (N) valor	E-901	1100	700
Resistencia a la costura (N) valor minimo	E-901	990	630
Resistencia a la penetración con pistón de 50mm de diámetro (N) valor minimo	E-913	2200	1375
Resistencia al rasgado trapezoidal (N) valor minimo (Nota 2)	E-903	400	250

Tabla 14 Ensayos para implementación de Geotextil.  
Fuente: FONADE, 2012

*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 14*

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

- **Excavación de la zanja:** La profundidad de la zanja que se construye al pie de la calzada, es evidente que entre mayor sea, más eficiente será el dren, pero el costo de ejecución aumenta exponencialmente con la profundidad. En el país se ha considerado tradicionalmente que, en secciones corrientes, una profundidad aproximada de 1.0 metros por debajo de la subrasante resulta suficiente para

mejorar la estabilidad del talud y aumentar la capacidad portante de la subrasante. (Manual de Drenaje Vial, 2009)

- **Colocación del geotextil NT 2500:** El geotextil se desenrollará manualmente sobre el terreno por cuanto, a causa de la debilidad del terreno, no suele resultar posible su extensión con ayuda de máquinas. El geotextil se deberá colocar cubriendo totalmente el perímetro de la zanja, acomodándolo lo más ajustado posible a la parte inferior y a las paredes laterales de ésta y dejando por encima la cantidad de tela necesaria para que, una vez se acomode el material filtrante, se cubra en su totalidad, con un traslape de treinta centímetros (0.30 m). Las franjas sucesivas de éste se cubrirán totalmente con el geotextil haciendo los traslapos o las costuras según la Especificación 673-07. La densidad seca del material de cobertura, una vez compactado, deberá ser igual o mayor al noventa y cinco por ciento (95%) de la densidad seca máxima obtenida en el ensayo Proctor modificado, según la norma INV E-142, Especificación 673-07 En la Figura 9 se encuentra un diseño estándar del filtro longitudinal

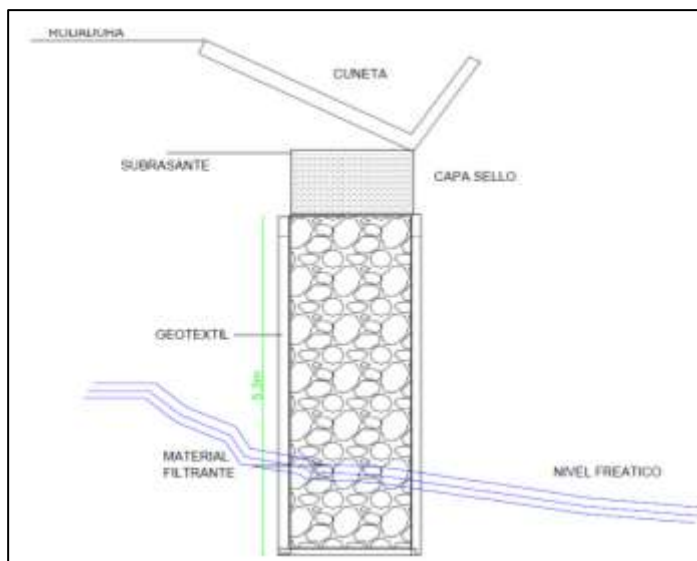


Figura N. 3 Diseño drenaje longitudinal  
Fuente: Manual de Drenaje Vial 2009

## UBICACION ALCANTARILLAS

En el sector existe una alcantarilla, pero se encuentra inhabilitada por falta de mantenimiento, así que será removida y reubicada.

Para la correcta ubicación de los puntos donde se van a ubicar las obras hidráulicas de alcantarillado fue preciso hacer un recorrido de la vía, con el fin de verificar que sectores exactos presentan dificultades, cruces de corrientes, taludes, conservación de los descoles naturales generados con el paso del tiempo, evitando los efectos erosivos.

En total se planea la instalación de 2 alcantarillas a lo largo del sector inestable. Se definió priorizar alcantarillas de 36" tubería en fibrocemento. Además se toma una pendiente de 2% para el desagüe natural de la tubería.

- **Tubería:** La tubería que suministre el Constructor deberá cumplir los requisitos de materiales, diseño y manufactura establecidos en la especificación NTC 401. La clase de tubería y su diámetro interno, se indican en los planos del proyecto. Los extremos de los tubos y el diseño de las juntas deberán ser tales, que se garantice un encaje adecuado entre secciones continuas, de manera que brinden un conducto continuo y libre de irregularidades en la línea de flujo. El concreto deberá ser de la clase C definida en el Artículo 630 de las especificaciones generales del INVIAS-2007. Los requisitos de resistencia al agrietamiento y rotura que deben cumplir los tubos son los especificados en la norma (INVIAS, Especificación 673 y 630, NTC 401), (FONADE, 2012).

## **MUROS DE GAVIÓN**

Cuando se realizó la inspección inicial de la vía, se sugiere el uso de muros de gaviones ya que según el punto de vista técnico, económico y de las características geológicas y del suelo de cimentación para la planta y tubería, se determina que el mejor sistema de protección para los taludes que pueden presentar un riesgo y un eventual colapso de estos, es la construcción de un muro de contención tipo gavión en el margen izquierdo de la vía en sentido de avance.

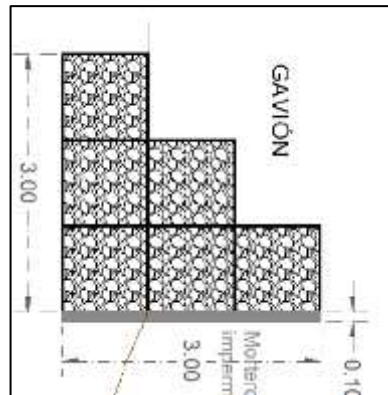


Figura N. 4 Gavión Proyectado

**-Canastas metálicas:** Las canastas metálicas deberán estar formadas de alambre de hierro galvanizado de triple torsión, con huecos hexagonales, de las características indicadas a continuación. (INVIAS, Especificación 681-07)

**Características del alambre:** Según lo establece en la norma

- Galvanizado en caliente con zinc de noventa y nueve por ciento (99%) de pureza.
- El diámetro mínimo del alambre para la malla deberá ser de tres milímetros (3.0 mm).
- El diámetro mínimo del alambre para las aristas y bordes deberá ser de tres milímetros con ocho décimas (3.8 mm).
- La resistencia a la tracción deberá estar entre treinta y ocho y cincuenta kilogramos por milímetro cuadrado (38 a 50 Kg. /mm<sup>2</sup>).
- El recubrimiento mínimo de zinc del alambre deberá ser de doscientos sesenta gramos por metro cuadrado (260 gr/m<sup>2</sup>).
- En proyectos en donde se requiera un recubrimiento adicional al alambre, por la agresividad del medio, quedara a criterio del diseñador establecer el tipo de protección que se utilice, pudiendo ser asfalto, o un recubrimiento de P.V.C.

□ **Características de la malla para gavión:** En la norma (INV E-506)“Elaboración de canastas de alambre para gaviones y colcho-gaviones” se indica la nomenclatura de los elementos que integran el gavión, así como su configuración y detalles de fabricación. Además, la malla deberá cumplir con los siguientes requisitos: (INVIAS, Especificación 681-07)

Las medidas nominales de los gaviones y su número de celdas se indican en la Tabla 15.

LARGO	ANCHO	ALTURA	N° CELDAS	VOLUMEN
2	1	1	2	2
3	1	1	3	3
4	1	1	4	4
2	1	0,5	2	1
3	1	0,5	3	1,5
4	1	0,5	4	2

Tabla 15 Medidas nominales de gaviones y número de celdas.

Fuente: (INVIAS, Especificación 681-07)

**-Material de relleno:** El material podrá consistir en rocas de canto rodado o de cantera, teniendo cuidado de no utilizar materiales que se desintegren por la exposición al agua o a la intemperie, que contengan óxido de hierro con excesiva alcalinidad, con compuestos salinos, cuya composición pueda atacar el alambre de la canasta. La masa unitaria del material deberá ser, cuando menos, de mil doscientos cincuenta kilogramos por metro cubico (1250 kg/m<sup>3</sup>). (INVIAS, Especificación 681-07)

### 9.3 ALTERNATIVA N3

#### **CONSTRUCCION DE UN TERRAPLEN**

Este trabajo consiste en la preparación de la superficie de apoyo del terraplén y la colocación y compactación de materiales pétreos adecuados y de acuerdo con los planos y secciones transversales del proyecto y las instrucciones del Interventor.

En los terraplenes se distinguirán tres partes o zonas constitutivas:

- a. Cimiento, parte inferior del terraplén, en contacto con el terreno natural.
- b. Núcleo, parte del terraplén comprendida entre el cimiento y la transición. El cimiento y el núcleo conforman el cuerpo del terraplén.

c. Transición, formada por la parte superior del terraplén y con espesor igual a un metro (1m), salvo que los planos o las especificaciones particulares modifiquen dicha magnitud.

Corona (capa subrasante)

Es importante implementar una cama de material tipo rajón, para evitar el acolchonamiento o rebote elástico del material que se encuentra a profundidad

## MATERIALES

Los materiales por emplear en la construcción de terraplenes pueden proceder de la excavación de la explanación o de fuentes aprobadas y provendrán de cantos rodados o rocas sanas, compactas, resistentes y durables. Deberán, además, cumplir los requisitos mostrados en la tabla N16:

CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	SUELOS SELECCIONADOS	SUELOS ADECUADOS	SUELOS TOLERABLES
Zona de aplicación en el terraplén		corona núcleo cimiento	corona núcleo cimiento	núcleo cimiento
Tamaño máximo	E-123	75 mm	100 mm	150 mm
Porcentaje que pasa el tamiz de 2mm (No. 10)	E-123	≤ 80% en peso	≤ 80% en peso	-
Porcentaje que pasa el tamiz de 75 µm (No.200)	E-123	≤ 25% en peso	≤ 35% en peso	≤ 35% en peso
Contenido de materia orgánica	E-121	0%	≤ 1%	≤ 2%
Límite líquido	E-125	≤ 30%	≤ 40%	≤ 40%
Índice plástico	E-126	≤ 10%	≤ 15%	-
C.B.R. de laboratorio (Nota 1)	E-148	≥ 10%	≥ 5%	≥ 3%
Expansión en prueba C.B.R.	E-148	0%	≤ 2%	≤ 2%
Índice de colapso (Nota 2)	E-157	≤ 2%	≤ 2%	≤ 2%
Contenido de sales solubles	E-158	≤ 0.2%	≤ 0.2%	-

Tabla 16 Requisitos de los materiales para terraplenes

### Resistencia a la abrasión

Al ser sometido al ensayo de desgaste en la máquina de los Ángeles, gradación E, según norma de ensayo INV E-219, el material por utilizar en la construcción del terraplén no podrá presentar un desgaste mayor de cincuenta por ciento (50%).

### **Generalidades**

Los trabajos de construcción de terraplenes se deberán efectuar según procedimientos puestos a consideración del Interventor y aprobados por éste. Su avance físico deberá ajustarse al programa de trabajo.

Si los trabajos de construcción de terraplenes afectaren el tránsito normal en la vía o en sus intersecciones con otras vías, el Constructor será responsable de mantenerlo adecuadamente.

### **Preparación de la superficie de apoyo**

Antes de proceder a la colocación y compactación de los materiales del terraplén, se deberán realizar, de acuerdo con lo establecido en los Artículos 200 y 210 de Especificaciones INVIAS, el desmonte y la limpieza y la excavación del material inadecuado, así como la demolición y remoción de estructuras y obstáculos existentes. Si el proyecto lo considera, la superficie de apoyo también podrá prepararse tendiendo directamente sobre el suelo blando un geotextil, encima del cual se construirá el cuerpo del terraplén

## **10. ANALISIS DE ESTABILIDAD**

Los modelos constituyen simplificaciones de problemas complejos acorde con la realidad, que permiten comprender mejor el funcionamiento de un sistema, son muy utilizados en todas las ciencias, aunque adquieren una gran relevancia en a ingeniería Geológica, para estos modelamiento se deben tener en cuenta tres aspectos fundamentales, Modelo Geológico, Modelo Geo mecánico, para así poder; llegar al Modelos Geotécnico del comportamiento del terreno (Modelo Numérico).

El modelamiento geotécnico se establece con estos criterios, La exploración del subsuelo y las condiciones geológicas encontradas vistas en los numerales anteriores.

Condición	F.S. Estático (EST)	F.S. Seudo Estático (SEST)
-----------	---------------------	----------------------------



Deslizamiento (DES)	> 1.60	> 1.05
Volcamiento (VOL)	> 3.00	> 2.00

Slide analiza la estabilidad en superficies de deslizamientos usando métodos de equilibrio límite teniendo como objetivo verificar las condiciones actuales de estabilidad en el sector. Dentro de los análisis se consideró el método de Jambu simplificado

La figura 2. Muestra el análisis de estabilidad del deslizamiento del sector K4+180

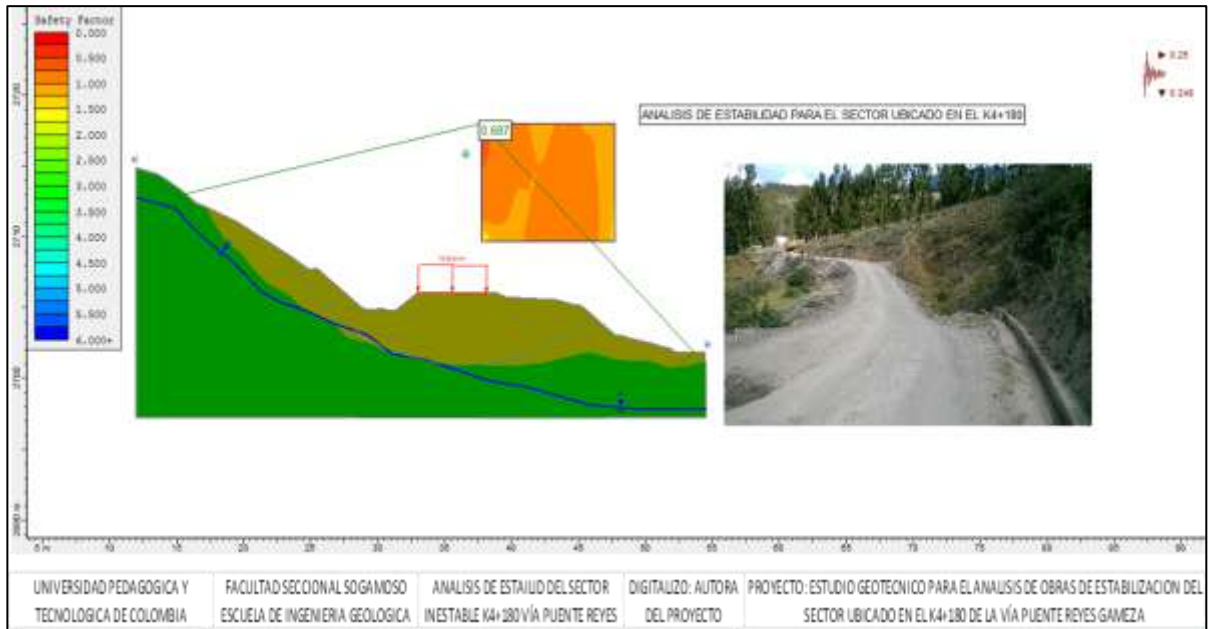
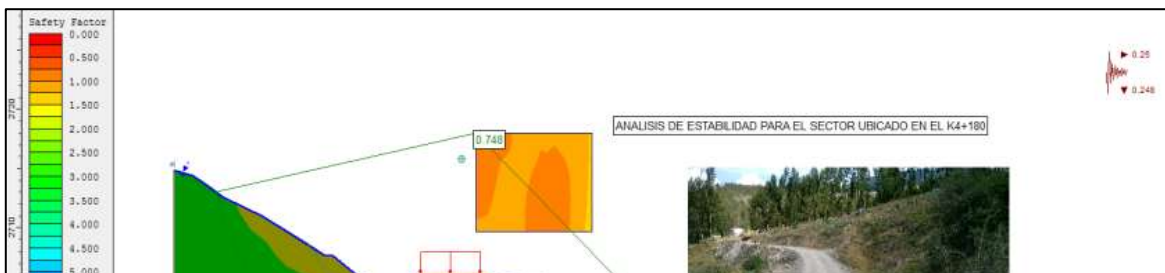


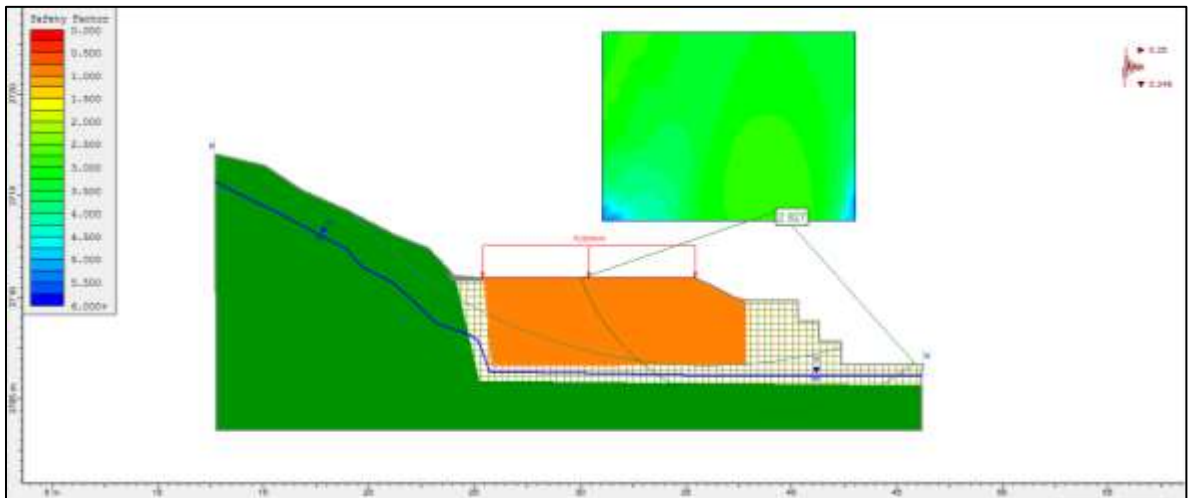
Figura N. 5 Análisis de estabilidad en condiciones secas

Este factor de seguridad (FS=0,687), se ve influenciado por el coeficiente sísmico del sector, la carga adicional que tiene que soportar la masa inestable debido a la implantación de un terraplén con material marginal, además del tráfico vehicular que soporta la calzada, se realiza el análisis de estabilidad en condiciones normales o secas, donde el nivel freático se encuentra en su cota normal.



UNIVERSIDAD PEDAGOGICA Y TECNOLOGICA DE COLOMBIA	FACULTAD SECCIONAL SOGAMOSO ESCUELA DE INGENIERIA GEOLOGICA	ANALISIS DE ESTABILID DEL SECTOR INESTABLE K4+180 VÍA PUENTE REYES	DIGITALIZO: AUTORA DEL PROYECTO	PROYECTO: ESTUDIO GEOTECNICO PARA EL ANALISIS DE OBRAS DE ESTABILIZACION DEL SECTOR UBICADO EN EL K4+180 DE LA VÍA PUENTE REYES GAMEZA
-----------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------	------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Figura N. 6 Análisis de estabilidad en condiciones anormales (saturadas).



UNIVERSIDAD PEDAGOGICA Y TECNOLOGICA DE COLOMBIA	FACULTAD SECCIONAL SOGAMOSO ESCUELA DE INGENIERIA GEOLOGICA	ANALISIS DE ESTABILID DEL SECTOR INESTABLE K4+180 VÍA PUENTE REYES	DIGITALIZO: AUTORA DEL PROYECTO	PROYECTO: ESTUDIO GEOTECNICO PARA EL ANALISIS DE OBRAS DE ESTABILIZACION DEL SECTOR UBICADO EN EL K4+180 DE LA VÍA PUENTE REYES GAMEZA
-----------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------	------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Figura N. 7 Factor de Seguridad con la alternativa 2

Se logra ver que el factor de Seguridad aumento a  $FS=2.8$ , porque se han mejorado las condiciones del terreno, proyectando la construcción de un terraplén, con la implementación de un sistema de control de drenaje como el filtro francés, muro de gavión y canales en la parte inferior.

## CONCLUSIONES

Después de haber completado todas las actividades propuestas para el desarrollo del estudio, a continuación se presentan una serie de conclusiones y recomendaciones a tener en cuenta durante la construcción del proyecto.

### DE LAS GENERALIDADES TÉCNICAS DEL SECTOR

- La geología del sector indica que el sitio se encuentra enmarcado dentro de un depósito cuaternario de características coluvio-aluviales, conformado por material rocoso compuesto por arcillas limosas grisáceas que corresponden a materiales que constituyen la formación Guaduas; el material de la masa deslizada lo constituyen arcillas limosa café-grisáceas.
- El componente sísmico y tectónico reflejan que el sitio se encuentra directamente relacionado con la falla de Gámeza, la cual según registros de la Red Sismológica Nacional no ha tenido repercusiones importantes sobre el sector.
- En cuanto a las condiciones topográficas y geomorfológicas, se puede decir que estas no representan interés importante para el proyecto ya que este se localiza en sobre un terreno montañoso, pero no de una importante pendiente.

## DE LA INVESTIGACIÓN DEL SUBSUELO

A partir de las actividades desarrolladas en el proceso de investigación del subsuelo, se procede a realizar una serie de conclusiones con respecto al procedimiento de exploración, muestreo y realización de ensayos de laboratorio.

- La exploración del subsuelo correspondió a una exploración indirecta por medio de un estudio de geoelectrico y directa, empleando equipo de perforación mecánico, con el cual fue posible obtener muestras de suelo alterado e inalterado empleando el dispositivo de cuchara partida y tubos de pared delgada tipo Shelby.
- Conforme lo anterior y teniendo en cuenta las características del proyecto en cuestión, se realizaron dos perforaciones las cuales alcanzaron profundidades de 5m y 6m respectivamente, destacando que se realizaron sobre los márgenes de la vía existente.
- A partir de la tipología del muestreo la cual indico características de materiales en su mayoría finogranulares, se proyecta un plan de ensayos de laboratorio el cual se enfoca en determinar propiedades índices del suelo mediante ensayos como, límites de Atterberg, granulometrías. Junto con estas propiedades se determinaron propiedades de resistencia empleando ensayos como compresión Inconfined, cuyos resultados fueron comparados con las apreciaciones obtenidas a partir del ensayo de campo SPT.

## DE LA CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA

Culminado el proceso de investigación del subsuelo, se procede a clasificar los materiales presentes en el sitio, conociendo así sus propiedades y características fundamentales, mediante las cuales se logra establecer un modelo geotécnico representativo.

- Se concluye que el tipo de suelo presente en el sitio es un depósito cuaternario, constituido por una mezcla de fragmentos que presentan una distribución granulométrica con partículas laminares, correspondientes a una secuencia cohesiva de suelos fino granulares tipo arcillas limosas

café – grisáceas. Teniendo en cuenta las propiedades promedio de la tabla N.9 se puede establecer que el material deslizado presenta una distribución granulométrica baja plasticidad y de consistencia muy firme aumentando a profundidad. Se clasifica según la USC como ML; estos materiales presentan niveles de compresibilidad moderada a media.

- De acuerdo con el índice de plasticidad se determina el potencial de expansión medio.
- Los contenidos de humedad natural registrados en el perfil estratigráfico muestran una secuencia en estado sólido a semisólido, de consistencia dura, como puede inferirse del número de golpes registrados en el ensayo de penetración estándar y los contenidos de humedad inferiores, en todos los casos, al límite plástico.
- De los comportamientos de dichos estratos se puede concluir que estos por ser de composición finogranular, estarán gobernados por el cambio de consistencia ante la variación de la humedad. Igualmente se infiere, en función de la relación humedad natural – límites de consistencia, un perfil de suelo en estado de consistencia predominantemente plástica, con algunos niveles en estado semisólido, y niveles de consolidación normal a ligeramente consolidados. Esto se puede corroborar en la figura 10, en la cual se observa que la humedad natural oscila en medio del límite líquido y plástico, variando su ubicación también hasta localizarse por debajo del límite plástico, lo cual indicaría un estado semisólido.
- Los factores incidentes y determinantes del proceso de inestabilidad son:

Alteraciones de origen antrópico, Saturación de los materiales involucrados, Humedad y susceptibilidad de los materiales constitutivos, falta de control de drenaje de aguas de escorrentía, materiales no consolidados susceptibles a la falla, aunque en la actualidad del sector presenta un “equilibrio”, pero se debe a que los materiales que fueron removidos ya fueron reacomodados y mantienen la relativa estabilidad del sector.

- Por las características del suelo de fundación, el perfil se clasifica como de tipo D; el municipio de Gámeza corresponde a una zona de amenaza sísmica alta, según la NSR-10.

- Los coeficientes de Aceleración Horizontal y Aceleración Vertical de 0,25 respectivamente.

## DE LAS ALTERNATIVAS DE SOLUCION

### ALTERNATIVA N1

Después de haber elaborado el modelo geotécnico, se procede a realizar los respectivos cálculos geotécnicos, los cuales obedecen a capacidad portante, asentamientos y, todos directamente relacionados con el sistema de cimentación propuesto y las características que a este corresponden, conforme lo anterior a continuación se presentan una serie de consideraciones surgidas a partir de dichos aspectos:

- Se propone un sistema de cimentación sobre pilotes pre-excavados en concreto reforzado.
- Con respecto al nivel de cimentación, se propone después de realizar el respectivo análisis geotécnico, una profundidad que va desde 6m. de profundidad con respecto a la vía existente. Dicha profundidad fue evaluada en su totalidad y, mediante el cual el especialista encargado del diseño estructural, podrá realizar el respectivo análisis entre las cargas generadas y toda su estructura con la capacidad admisible que posee el suelo caracterizado.
- Teniendo en cuenta las anteriores consideraciones con respecto al sistema de cimentación, se indican los asentamientos elásticos generados por el sistema de cimentación propuesto, los cuales reflejan que a mayor diámetro del pilote las cargas se van a repartir en una mayor área de contacto y por ende los asentamientos que se van a presentar reflejar magnitudes menores. Dichos valores para estas deformaciones estarán en función de la elección hecha para las dimensiones de los pilotes.

### ALTERNATIVA 2

Teniendo en cuenta las condiciones del sector, se prediseña una serie de estructuras que controlen el drenaje superficial, como instalación de filtro tipo francés en el margen izquierdo en sentido de avance, que desemboca a dos

alcantarillas, ubicadas en los extremos del deslizamiento; en la parte inferior del deslizamiento se plantea la construcción de un filtro en espina de pescado que llevara las aguas recolectadas al cauce aledaño que cruza por el sector, que termina por llevar las aguas al rio Sasa.

Como medida para la reconfiguración de la banca, y asegurando la estabilidad de esta, se analiza la implantación de un terraplén en el sector donde se produjo la subsidencia de la vía, pero soportado en una cama de material filtrante o rajón para evitar el rebote elástico del material autóctono del sector.

## RECOMENDACIONES

Como el fin de este estudio es garantizar la estabilidad del sector manteniendo las condiciones es recomendable implementar dos alternativas para hacer un mejor control en el mantenimiento de condiciones estables.

Con el objeto de atacar y controlar el proceso inestable, se recomienda la construcción de obras de confinamiento como muros en concreto reforzado con cimentación profunda en un sistema de caisson pre-excavados.

Para de manera definitiva controlar el proceso se deben tomar medidas definitivas evitar todo lo posible obras paleativas.

## BIBLIOGRAFIA

Skempton, A.W. and MacDonald, D.H. (1956) "The Allowable Settlement of Buildings".

Meyerhof, G.G. (1963) "Some Recent Research on the Bearing Capacity of Foundations".

Canadian Geotechnical Journal, vol. 1, no. 1, Sept.

Meyerhof, G.G. (1976) "Bearing Capacity and Settlement of Pile Foundations" Proc. ASCE

Journal of the Geot. Div., Vol. 102, No. GT3, Mar.

Proc. Inst. of Civil Engineers, London, Vol. 5, Part. III, pp.727-784.

Sowers, G.B. and Sowers G.F. (1993) "Introducción a la Mecánica de Suelos y Cimentaciones", Versión Española de la tercera edición en Inglés, Editorial Limusa, México,D.F.

Steedman, R.S. & Zeng, X (1990). "The Seismic Response of Waterfront Retaining Walls", in Design and Performance of Earth Retaining Structures, GSP No. 25, Ithaca, New York, pp.872-886.

Steedman, R.S. & Zeng, X (1996). "Rotation of Large Gravity Walls on Rigid Foundations Under Seismic Loading", in Analysis and Design of Retaining Structures Against Earthquakes, GSP No. 60, ASCE Press, pp. 38-56.



Steinberg, M. (1998). "Geomembranes and the Control of Expansive Soils in Construction", McGraw-Hill, New York, USA.

Terzaghi, K. and Peck, R.B. (1967) "Soil Mechanics in Engineering Practice" Second Edition, John Wiley and Sons, New York. 52. Townsend, F.C. (1985) "Geotechnical Characteristics

ANEXO I ALTERNATIVA 1

IMPLANTACION MURO DE CONFINAMIENTO

CAPACIDAD PORTANTE DE PILOTES INDIVIDUALES						
Parámetros del subsuelo						
$\phi =$	30	Angulo de fricción interna reducido				
$K_s =$	1	Coeficiente de presión del suelo				
$\gamma =$	18 kN/m <sup>3</sup>	Peso unitario del suelo				
$\gamma_w =$	9,8 kN/m <sup>3</sup>	Peso unitario del agua				
$H_w =$	10 m	Profundidad del nivel freático				
$N_q =$	30	Factor de capacidad de carga				
Capacidad portante de pilote simple KN						
a. Pilotes preexcavados						
$Q_U = A_p * q' * N_q + K_s * \sigma' \tan \delta * A_s$						
CAPACIDAD DE CARGA ULTIMA DE PILOTES PREEXCAVADOS						
Longitud d (m)	DIAMETRO PILOTE (m)					
	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
4	1884	2668	3587	4643	5834	7161
5	2413	3405	4566	5897	7398	9068
6	2966	4170	5578	7189	9004	11022
7	3543	4964	6622	8518	10652	13023

### ANÁLISIS DE ASENTAMIENTO PILOTES INDIVIDUALES

Carga total	4170 KN
Carga Punta	3478 KN
Carga fricción	692 KN

#### INFORMACION PILOTE

Material	Concreto	
Forma	Circular	
Longitud	6,0 m	
Diametro	1,2 m	
Ancho	0,0 m	
Modulo elástico	2,10E+07 Kpa	
Area pilote	1,13 m2	
Perimetro	3,77 m	

#### INFORMACION SUELO

TIPO	ARCILLAS	
Modulo Elastico	4,70E+04 Kpa	
Poisson	0,25	
ξ	Triangular	0,67

#### Calculo asentamiento elástico

$$S_1 = \frac{(Q_{wp} + \epsilon Q_{ws}) * L}{A_p E_p}$$

S<sub>1</sub>=    1,17E-03 m                      1,17 mm

#### Calculo asentamiento debido a la carga punta

$$S_2 = (1 - \mu^2) * I_{wp} * \frac{q_{wp} * D}{E_s}$$

S<sub>2</sub>=    6,26E-02 m                      62,63 mm

#### Calculo asentamiento debido a la carga fuste

$$S_3 = (1 - \mu^2) * I_{ws} * \left( \frac{Q_{ws}}{pL} \right) * \frac{D}{E_s}$$

s<sub>3</sub>=    2,04E-03 m                      2,04 mm

Asentamiento total del pilote

S<sub>t</sub>=                      65,84 mm

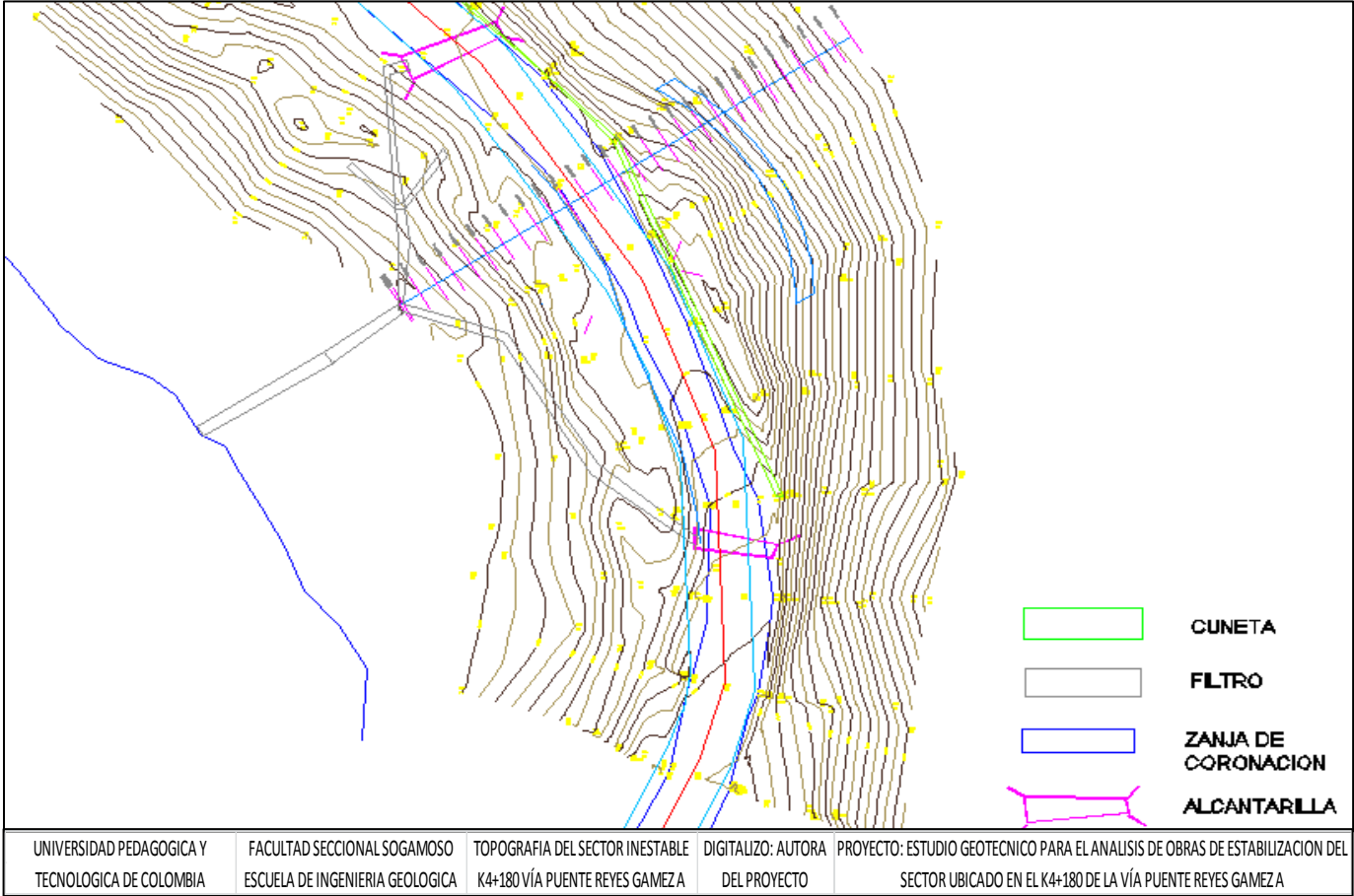
ANEXO

II




ANEXO II

IMPLANTACION DE ESTRUCTURA PARA CONTROL DE DRENAJE



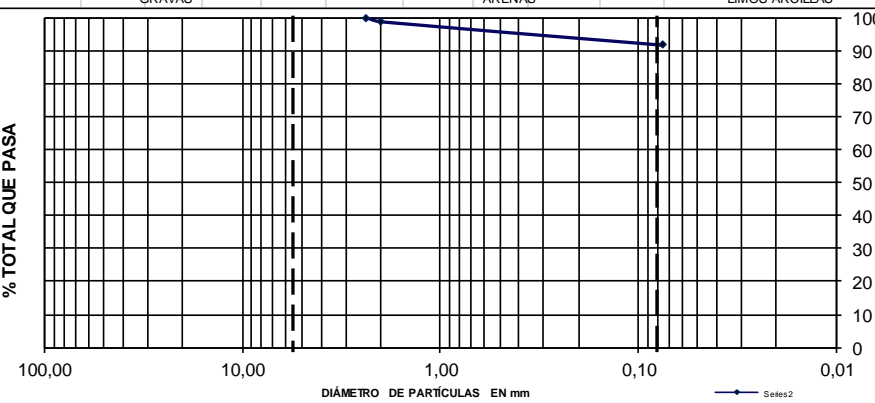
ANEXO III  
PRUEBAS DE LABORATORIO  
PERFORACION N1Y N2

 <b>INGENIERIA LTDA</b> 830.052.363-2		<b>Construcción e Interventoría Obras Civiles</b> Laboratorio de Suelos, Pavimentos y Concretos.				
<b>AREA DE SUELOS</b>						
ENSAYO: <b>LIMITES DE ATTERBERG - GRANULOMETRÍA</b>						
PROYECTO: ESTUDIO GEOTÉCNICO DEL SECTOR UBICADO EN EL K4+180 DE LA VIA PUENTE REYES-Gámeza						
SECTOR: K4+180			PERFORACION: 1			
ORDENADO POR: Consorcio Muisca			MUESTRA N°: 1			
FECHA DE TOMA: 19/04/2015			APIQUE: 1			
FECHA DE EJECUCIÓN: 20/04/2015			Profundidad: 0,00-0,60			
DESCRIPCIÓN MATER: Arcilla limosa café de plasticidad media presencia de raíces						
PESOS	LÍMITE LÍQUIDO		LÍMITE PLÁSTICO		W <sub>n</sub>	
# RECIPI	186	85	16	197	280	28
W RECIPI	6,50	6,29	5,85	6,28	6,58	62,4
W HUMED	40,06	44,77	42,83	17,91	19,20	200,6
W SECO	28,95	32,67	31,84	15,97	17,10	187,6
W AGUA	11,11	12,10	10,99	1,94	2,10	13,00
W SUELO	22,45	26,38	25,99	9,69	10,52	125,2
# GOLPES	15	25	35			
% HUMED	49,5	45,9	42,3	20,0	20,0	10,4

<b>GRANULOMETRÍA</b>					<b>RESULTADOS</b>	
Tamiz	Diamet (mm)	Peso Ret.do	% Retenid	% Total pasa	NORMA	<b>LIMITES DE ATTERBERG</b>
						Límite líquido: 45,4 %
						Límite plástico: 20,0 %
						Índice plasticidad: 25,4 %
						Índice liquidez: _____
						Ind. consistencia: _____
					<b>GRANULOMETRÍA</b>	
						P1 (gr): 125,2 P2 (gr): 10,50
						D <sub>60</sub> = 0
						D <sub>30</sub> = 0 Cu = _____
						D <sub>10</sub> = 0 Cc = _____
					<b>CLASIFICACIÓN</b>	
					U.S.C: <b>CL</b>	
					A.ASTHO: <b>A-7-6</b>	

GRAVAS		ARENAS		LIMOS-ARCILLAS	
					
Cecilia Santos			Carlos H. Gutierrez Carrero		
Ing. Control de Calidad			Revisó		





RAPITEST INGENIERIA LTDA

NIT: 830.052.363-2

Construcción e Interventoria Obras Civiles

Laboratorio de Suelos, Pavimentos y Concretos.

**AREA DE SUELOS**

ENSAYO: **LIMITES DE ATTERBERG- GRANULOMETRÍA**

PROYECTO ESTUDIO GEOTÉCNICO DEL SECTOR UBICADO EN EL K4+180 DE LA VIA PUENTE REYES-Gámeza

SECTOR: K4+180

Profundidad: 1

ORDENADO POR: Consorcio Muisca

MUESTRA Nº: 2

FECHA DE TOMA: 19/04/2015

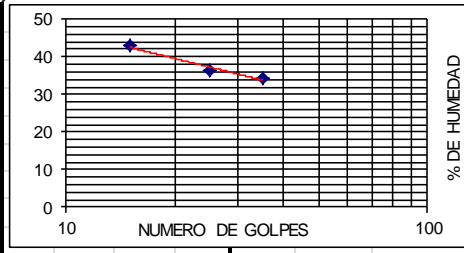
APIQUE-

FECHA DE EJECUCIÓN: 20/04/2015

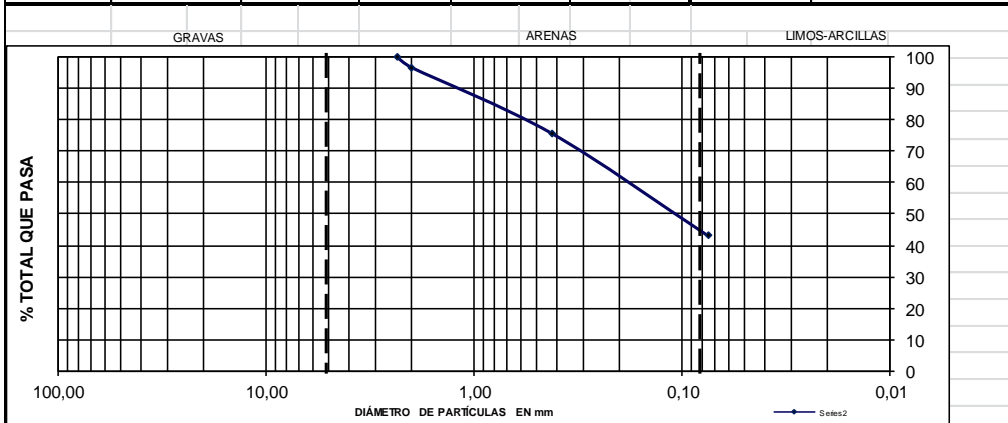
Profundidad: 0,60-1,30

DESCRIPCION MATERIAL: Arena arcillosa cafe plasticidad y consistencia media.

PESOS	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO			Wn
# RECIP	83	82	210	531	38	4	
W RECIP	6,77	6,49	6,49	5,30	5,27	31,4	
W HUMEDO	48,23	54,58	47,17	21,62	21,44	103,2	
W SECO	35,79	41,74	36,78	19,26	19,05	98,8	
W AGUA	12,44	12,84	10,39	2,36	2,39	4,40	
W SUELO	29,02	35,25	30,29	13,96	13,78	67,4	
# GOLPES	15	25	35				
% HUMED	42,9	36,4	34,3	16,9	17,3	6,5	



GRANULOMETRÍA						RESULTADOS	
Tamiz	Diamet (mm)	Peso Ret.do	% Retenido	% Total pasa	NORMA	LIMITES DE ATTERBERG	
						Limite liquido	37,3 %
						Limite plástico	17,1 %
						Índice plasticidad	20,1 %
						Índice liquidez	
						Ind. consistencia	
						GRANULOMETRÍA	
						P1 (gr):	67,4
						P2 (gr):	38,40
						D <sub>60</sub> =	0,26
						D <sub>30</sub> =	0
						D <sub>10</sub> =	0
						Cu =	
						Cc =	
						CLASIFICACIÓN	
						U.S.C	SC
						AASTHO	A-6



Cecilia Santos  
Ing. Control de Calidad

Carlos H. Gutierrez Carrero  
Revisó



RAPITEST INGENIERIA LTDA

Construcción e Interventoria Obras Civiles

NIT: 830.052.363-2

Laboratorio de Suelos, Pavimentos y Concretos.

### AREA DE SUELOS

ENSAYO: **LIMITES DE ATTERBERG- GRANULOMETRÍA**

PROYECTO: ESTUDIO GEOTÉCNICO DEL SECTOR UBICADO EN EL K4+180 DE LA VIA PUENTE REYES-Gámeza

SECTOR: K4+180

PERFORACION 1

ORDENADO POR: Consorcio Muisca

MUESTRA N°: 3

FECHA DE TOMA: 19/04/2015

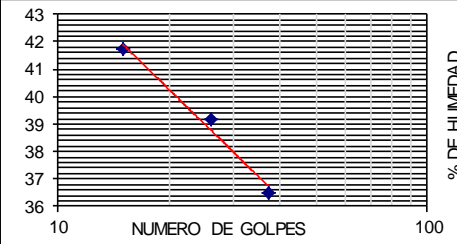
APIQUE-

FECHA DE EJECUCIÓN: 20/04/2015

Profundidad 1,30-2,00

DESCRIPCION MATERIA Grava areno-arcillosa café oscura de consistencia y plasticidad media.

PESOS	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		Wn
# RECIPI	74	76	84	189	78	11
W RECIPI	6,95	7,23	6,43	6,34	6,35	72,8
W HUMED	60,43	60,49	60,08	31,05	31,78	217,37
W SECO	44,68	45,50	45,73	26,37	27,00	209,7
W AGUA	15,75	14,99	14,35	4,68	4,78	7,67
W SUELO	37,73	38,27	39,30	20,03	20,65	136,9
# GOLPES	15	26	37			
% HUMED	41,7	39,2	36,5	23,4	23,1	5,6



#### GRANULOMETRIA

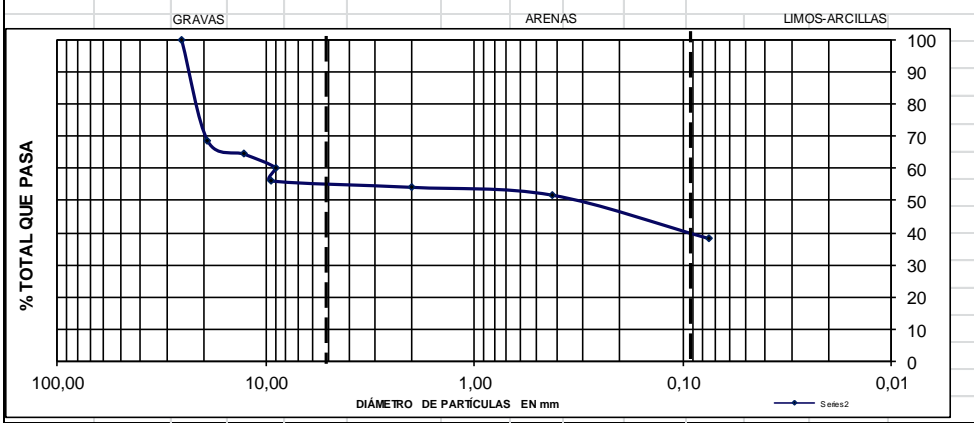
#### RESULTADOS

Tamiz	Diamet (mm)	Peso Ret.do	% Retenido	% Total pasa	NORMA
20	75				
40	4.75				
60	2.5				
75	3.0				
100	1.5				
150	1.05				
200	0.85				
300	0.6				
400	0.425				
500	0.3				
600	0.25				
750	0.15				
1000	0.105				
FONDO		52,30		0,00	

LIMITES DE ATTERBERG	
Límite líquido	39,0 %
Límite plástico	23,3 %
Índice plasticidad	15,7 %
Índice liquidez	
Ind. consistencia	

GRANULOMETRÍA	
P1 (gr):	136,9
P2 (gr):	84,60
D <sub>60</sub> =	9,02
D <sub>30</sub> =	0
D <sub>10</sub> =	0
Cu =	
Cc =	

CLASIFICACIÓN	
U.S.C	GC
AASTHO	A-6 0,00



Cecilia Santos  
Ing. Control de Calidad

Carlos H. Gutierrez Carrero  
Revisó



RAPITEST INGENIERIA LTDA

Construcción e Interventoría Obras Civiles

NIT: 830.052.363-2

Laboratorio de Suelos, Pavimentos y Concretos.

**AREA DE SUELOS**

ENSAYO: **LIMITES DE ATTERBERG- GRANULOMETRÍA**

PROYECTO ESTUDIO GEOTÉCNICO DEL SECTOR UBICADO EN EL K4+180 DE LA VÍA PUENTE REYES-Gámeza

SECTOR: K4+180

PERFORACION 1

ORDENADO POR: Consorcio Muisca

MUESTRA N°: 4

FECHA DE TOMA: 19/04/2015

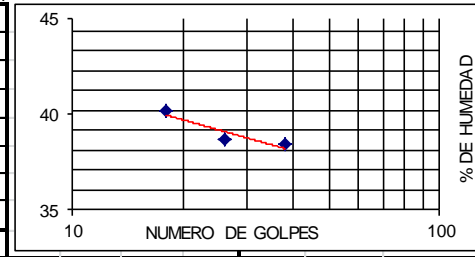
APIQUE-

FECHA DE EJECUCIÓN: 20/04/2015

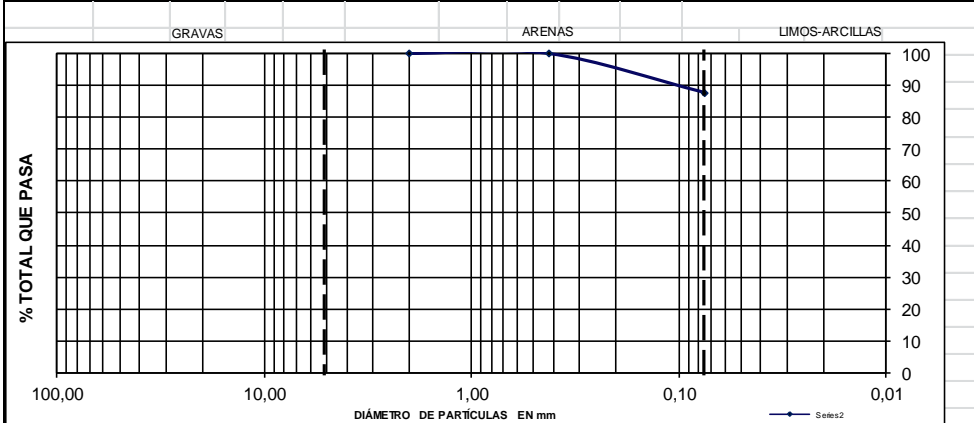
Profundidad 2,0-2,50

DESCRIPCION MATERIA Limo arcilloso gris-habano de plasticidad media. Presencia de raices.

PESOS	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO			Wn
# RECIP	195	44	70	230	188	44	
W RECIP	6,38	5,35	6,5	6,16	5,97	69,6	
W HUMED	57,90	57,30	57,30	33,24	33,85	132,3	
W SECO	43,13	42,81	43,20	27,97	28,60	126,9	
W AGUA	14,77	14,49	14,10	5,27	5,25	5,40	
W SUELO	36,75	37,46	36,70	21,81	22,63	57,3	
# GOLPES	18	26	38				
% HUMED	40,2	38,7	38,4	24,2	23,2	9,4	



GRANULOMETRIA						RESULTADOS	
Tamiz	Diamet (mm)	Peso Ret.do	% Retenido	% Total pasa	NORMA	LIMITES DE ATTERBERG	
						Límite líquido	39,2 %
						Límite plástico	23,7 %
						Índice plasticidad	15,5 %
						Índice liquidez	
						Ind. consistencia	
<b>GRANULOMETRÍA</b>							
						P1 (gr):	57,3 P2 (gr): 7,00
						D <sub>60</sub> =	0
						D <sub>30</sub> =	0 Cu =
						D <sub>10</sub> =	0 Cc =
<b>CLASIFICACIÓN</b>							
						U.S.C	CL
						AASTHO	A-6



Cecilia Santos  
Ing. Control de Calidad

Carlos H. Gutierrez Carrero  
Revisó



RAPITEST INGENIERIA LTDA

Construcción e Interventoria Obras Civiles

NIT: 830.052.363-2

Laboratorio de Suelos, Pavimentos y Concretos.

**AREA DE SUELOS**

ENSAYO: **LIMITES DE ATTERBERG- GRANULOMETRÍA**

PROYECTO ESTUDIO GEOTÉCNICO DEL SECTOR UBICADO EN EL K4+180 DE LA VIA PUENTE REYES-Gámeza

SECTOR: K 4+180

PERFORACION 1

ORDENADO POR: Consorcio Muisca

MUESTRA N°: 5

FECHA DE TOMA: 19/04/2015

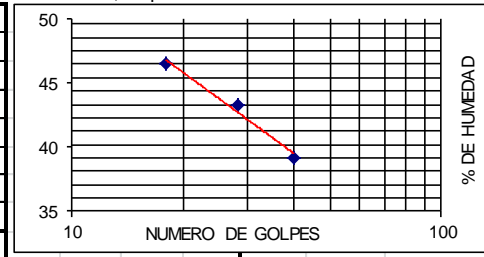
APIQUE-

FECHA DE EJECUCIÓN: 20/04/2015

Profundidad 3,50-4,00

DESCRIPCION MATERIA Arcilla gris-amarilla con capas de arenosas; de plasticidad media.

PESOS	LIMITE LIQUIDO		LIMITE PLASTICO		Wn	
# RECIPI	182	56	23	60	57	99
W RECIPI	6,50	6,23	6,6	5,41	5,36	58
W HUMED	53,33	52,89	53,36	31,10	31,63	213,59
W SECO	38,45	38,79	40,19	26,31	26,63	199,7
W AGUA	14,88	14,10	13,17	4,79	5,00	13,89
W SUELO	31,95	32,56	33,59	20,90	21,27	141,7
# GOLPES	18	28	40			
% HUMED	46,6	43,3	39,2	22,9	23,5	9,8



**GRANULOMETRIA**

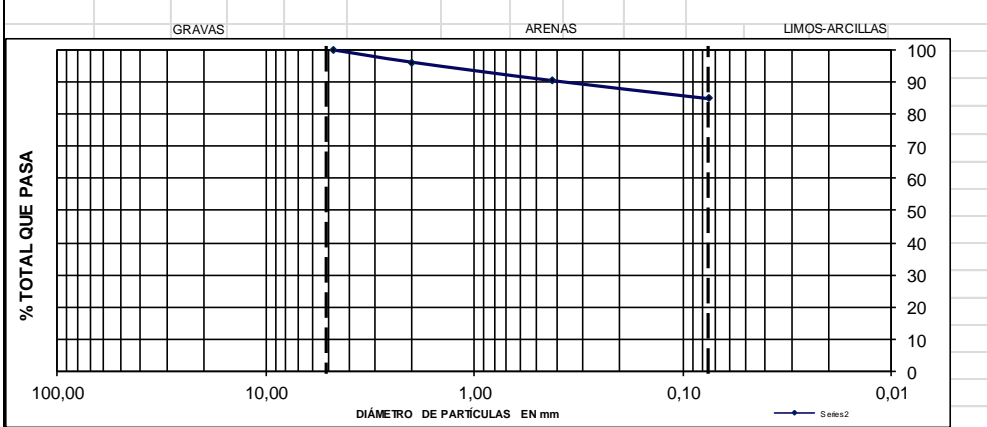
**RESULTADOS**

Tamiz	Diamet (mm)	Peso Ret.do	% Retenido	% Total pasa	NORMA
21,2"					
2"					
11,2"					
1"					
3/4"					
1/2"					
3/8"					
4					
10	2,00	5,40	3,81	96,19	
40	0,43	8,10	5,72	90,47	
200	0,08	8,00	5,65	84,83	
FONDO		120,20	84,83	0,00	

LIMITES DE ATTERBERG	
Límite líquido	43,8 %
Límite plástico	23,2 %
Índice plasticidad	20,6 %
Índice liquidez	
Ind. consistencia	

GRANULOMETRÍA	
P1 (gr):	417
P2 (gr):	2150
D <sub>60</sub> =	0
D <sub>30</sub> =	0
D <sub>10</sub> =	0
Cu =	
Cc =	

CLASIFICACIÓN	
U.S.C	CL
AASTHO	A-7-6



Cecilia Santos  
Ing. Control de Calidad

Carlos H. Gutierrez Carrero  
Revisó



**RAPITEST INGENIERIA LTDA**

**Construcción e Interventoria Obras Civiles**

**NIT: 830.052.363-2**

**Laboratorio de Suelos, Pavimentos y Concretos**

**AREA DE SUELOS**

ENSAYO: **LIMITES DE ATTERBERG- GRANULOMETRÍA**

PROYECTO **ESTUDIO GEOTECNICO DEL SECTOR UBICADO EN EL K4+180 DE LA VIA PUENTE REYES-Gámeza**

SECTOR: **K4+180**

PERFORACION: **1**

ORDENADO POR: **Consortio Muisca**

MUESTRA N°: **6**

FECHA DE TOMA: **19/04/2015**

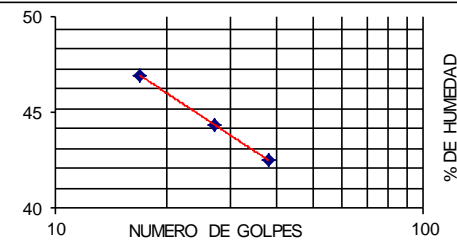
APIQUE-

FECHA DE EJECUCIÓN: **20/04/2015**

Profundidad: **4,0,4,70**

DESCRIPCION MATERIA **Arcilla limosa grisacea de plasticidad baja y consistencia firme.**

PESOS	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO			Wn
# RECIPI	78	319	23	62	15	7	
W RECIPI	6,58	6,47	6,7	6,37	5,76	66,4	
W HUMED	53,99	53,71	53,18	30,40	30,30	190,4	
W SECO	38,84	39,20	39,31	25,05	24,92	179,6	
W AGUA	15,15	14,51	13,87	5,35	5,38	10,76	
W SUELO	32,26	32,73	32,61	18,68	19,16	113,2	
# GOLFES	17	27	38				
% HUMED	47,0	44,3	42,5	28,6	28,1	9,5	



**GRANULOMETRIA**

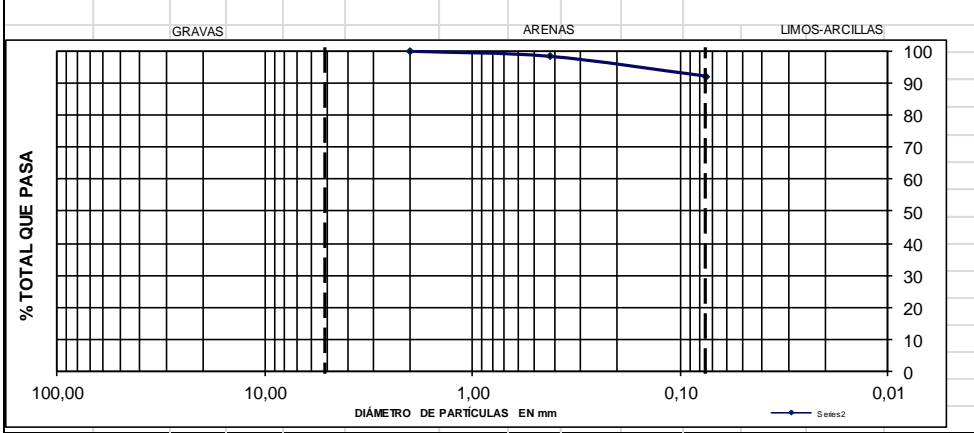
**RESULTADOS**

Tamiz	Diamet (mm)	Peso Ret.do	% Retenido	% Total pasa	NORMA
2 1/2"					
2"					
1 1/2"					
1"					
3/4"					
1/2"					
3/8"					
4					
10					
40	0,43	1,80	1,59	98,41	
200	0,08	7,00	6,18	92,23	
FONDO		104,44	92,23	0,00	

LIMITES DE ATTERBERG	
Límite líquido	44,8 %
Límite plástico	28,4 %
Índice plasticidad	16,5 %
Índice liquidez	
Ind. consistencia	

GRANULOMETRÍA	
P1 (gr):	13,2
P2 (gr):	8,80
D <sub>60</sub> =	0
D <sub>30</sub> =	0
D <sub>10</sub> =	0
Cu =	
Cc =	

CLASIFICACIÓN	
U.S.C	ML
AASTHO	A-7-6



Cecilia Santos  
Ing. Control de Calidad

Carlos H. Gutierrez Carrero  
Revisó



PERFORACION 2

		RAPITEST INGENIERIA LTDA	Construcción e Interventoría Obras Civiles	
NIT: 830.052.363-2		Laboratorio de Suelos, Pavimentos y Concretos.		
<b>AREA DE SUELOS</b>				
ENSAYO: <b>LIMITES DE ATTERBERG- GRANULOMETRÍA</b>				
PROYECTO ESTUDIO GEOTÉCNICO DEL SECTOR UBICADO EN EL K4+180 DE LA VIA PUENTE REYES-Gámeza				
SECTOR: K4+180		PERFORACION	2	
ORDENADO POR: Consorcio Muisca		MUESTRA N°:	1	
FECHA DE TOMA: 20/04/2015		APIQUE-		
FECHA DE EJECUCIÓN: 21/04/2015		Profundidad	0,60-1,30	
DESCRIPCIÓN MATERIA Arcilla de plasticidad media y humedad baja color café oscuro				
PESOS	LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	Wn	
# RECIP			2	
W RECIP			74,3	
W HUMEDO			336,2	
W SECO			316,1	
W AGUA			20,10	
W SUELO			241,8	
# GOLPES				
% HUMED			8,3	

GRANULOMETRÍA					RESULTADOS	
Tamiz	Diamet (mm)	Peso Ret.do	% Retenido	% Total pasa	NORMA	
21/2"					LIMITES DE ATTERBERG	
2"					Límite líquido	
1 1/2"					Límite plástico	
1"					Índice plasticidad	
3/4"					Índice liquidez	
1/2"					Ind. consistencia	
3/8"					GRANULOMETRÍA	
4	4,75				P1 (gr): 241,8	P2 (gr): 34,00
10	2,00			100,00	D <sub>60</sub> = 0	Cu =
40	0,43	14,00	5,79	94,21	D <sub>30</sub> = 0	Cc =
200	0,08	20,00	8,27	85,94	D <sub>10</sub> = 0	
FONDO		207,80	85,94	0,00	CLASIFICACIÓN	
					U.S.C	CL
					AASTHO	

GRAVAS		ARENAS		LIMOS-ARCILLAS	

Cecilia Santos Ing. Control de Calidad	Carlos H. Gutierrez Carrero Revisó
-------------------------------------------	---------------------------------------

Km 4 Via Nobsa Telefáx. 7716766      e-mail: rapitesting@yahoo.com.mx



		RAPITEST INGENIERIA LTDA		Construcción e Interventoría Obras Civiles		
NIT: 830.052.363-2		Laboratorio de Suelos, Pavimentos y Concretos.				
<b>AREA DE SUELOS</b>						
ENSAYO: <b>LIMITES DE ATTERBERG- GRANULOMETRÍA</b>						
PROYECTO ESTUDIO GEOTÉCNICO DEL SECTOR UBICADO EN EL K4+180 DE LA VIA PUENTE REYES-Gámeza						
SECTOR: Km4+180		PERFORACION		2		
ORDENADO POR: Consorcio Muisca		MUESTRA N°:		2		
FECHA DE TOMA: 20/04/2015		APIQUE-				
FECHA DE EJECUCIÓN: 21/04/2015		Profundidad		0,0-0,60		
DESCRIPCION MATER Limos de plasticidad media y humedad baja; color café oscuro.						
PESOS	LIMITE LIQUIDO		LIMITE PLASTICO		Wn	
# RECIP	280	5,31	197	194	140	R6
W RECIP	6,63	5,3	6,29	6,48	6,47	74,3
W HUMED	56,21	56,50	56,34	33,64	33,19	289,4
W SECO	40,39	40,78	41,58	27,67	27,35	269,0
W AGUA	15,82	15,72	14,76	5,97	5,84	20,40
W SUELO	33,76	35,48	35,29	21,19	20,88	194,7
# GOLPES	15	26	37			
% HUMED	46,9	44,3	41,8	28,2	28,0	10,5

Tamiz	Diamet (mm)	Peso Ret.do	% Retenido	% Total pasa	NORMA
21/2"					
2"					
11/2"					
1"					
3/4"					
1/2"	12,70			100,00	
3/8"	9,51	4,70	2,41	97,59	
4	4,75	1,70	0,87	96,71	
10	2,00	6,30	3,24	93,48	
40	0,43	6,30	3,24	90,24	
200	0,08	8,80	4,52	85,72	
FONDO		166,90		0,00	

GRANULOMETRIA				RESULTADOS	
				<b>LIMITES DE ATTERBERG</b>	
				Límite líquido	44,2 %
				Límite plástico	28,1 %
				Índice plasticidad	16,1 %
				Índice liquidez	
				Ind. consistencia	
				<b>GRANULOMETRÍA</b>	
P1 (gr):		194,7	P2 (gr):	27,80	
D <sub>60</sub> =		0	Cu =		
D <sub>30</sub> =		0	Cc =		
D <sub>10</sub> =		0			
				<b>CLASIFICACIÓN</b>	
U.S.C				ML	
AASHTO				A-7-6	


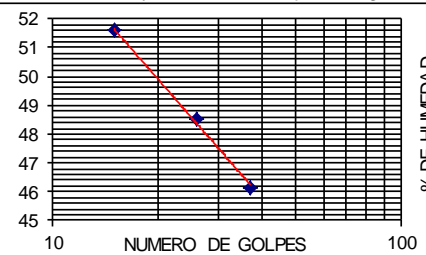
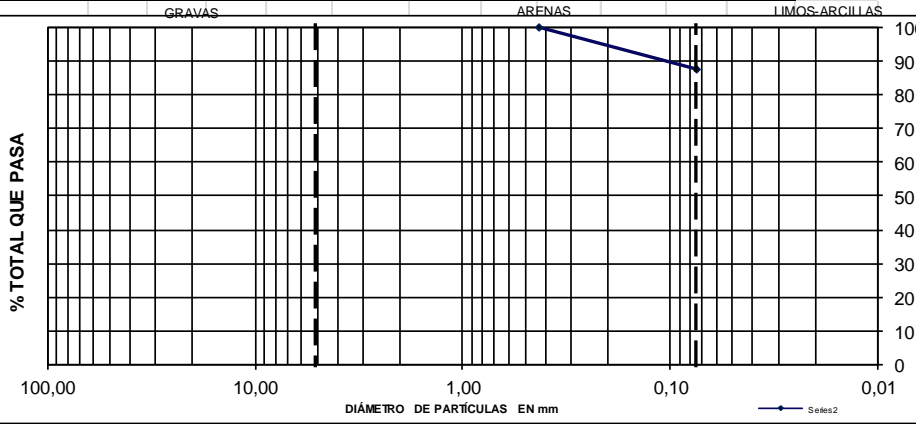
GRAVAS

ARENAS

LIMOS-ARCILLAS

Cecilia Santos  
Ing. Control de Calidad

Carlos H. Gutierrez Carrero  
Revisó

		<b>RAPITEST INGENIERIA LTDA</b>		<b>Construcción e Interventoria Obras Civiles</b>																																																																
<b>NIT: 830.052.363-2</b>		<b>Laboratorio de Suelos, Pavimentos y Concretos.</b>																																																																		
<b>AREA DE SUELOS</b>																																																																				
<b>ENSAYO: LIMITES DE ATTERBERG- GRANULOMETRÍA</b>																																																																				
<b>PROYECTO ESTUDIO GEOTÉCNICO DEL SECTOR UBICADO EN EL K4+180 DE LA VIA PUENTE REYES-Gámeza</b>																																																																				
<b>SECTOR: K4+180</b>		<b>Profundidad</b>		<b>2</b>																																																																
<b>ORDENADO POR: Consorcio Muisca</b>		<b>MUESTRA N°:</b>		<b>3</b>																																																																
<b>FECHA DE TOMA:</b>		<b>20/04/2015</b>		<b>APIQUE-</b>																																																																
<b>FECHA DE EJECUCIÓN:</b>		<b>21/04/2015</b>		<b>Profundidad</b>																																																																
				<b>1,30-2,00</b>																																																																
<b>DESCRIPCION MATEF Limoso de media- alta plasticidad, humedad y consistencia baja. color gris.</b>																																																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>PESOS</th> <th colspan="3">LIMITE LIQUIDO</th> <th colspan="2">LIMITE PLASTICO</th> <th>Wn</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td># RECIP</td> <td>77</td> <td>66</td> <td>205</td> <td>63</td> <td>82</td> <td>27</td> </tr> <tr> <td>W RECIP</td> <td>7,38</td> <td>7,26</td> <td>6,17</td> <td>6,79</td> <td>6,49</td> <td>57,3</td> </tr> <tr> <td>W HUMED</td> <td>48,02</td> <td>49,70</td> <td>49,90</td> <td>30,70</td> <td>32,98</td> <td>246,33</td> </tr> <tr> <td>W SECO</td> <td>34,19</td> <td>35,84</td> <td>36,09</td> <td>25,45</td> <td>27,12</td> <td>227,8</td> </tr> <tr> <td>W AGUA</td> <td>13,83</td> <td>13,86</td> <td>13,81</td> <td>5,25</td> <td>5,86</td> <td>18,53</td> </tr> <tr> <td>W SUELO</td> <td>26,81</td> <td>28,58</td> <td>29,92</td> <td>18,66</td> <td>20,63</td> <td>170,5</td> </tr> <tr> <td># GOLPES</td> <td>15</td> <td>26</td> <td>37</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>% HUMED</td> <td>51,6</td> <td>48,5</td> <td>46,2</td> <td>28,1</td> <td>28,4</td> <td>10,9</td> </tr> </tbody> </table>		PESOS	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		Wn	# RECIP	77	66	205	63	82	27	W RECIP	7,38	7,26	6,17	6,79	6,49	57,3	W HUMED	48,02	49,70	49,90	30,70	32,98	246,33	W SECO	34,19	35,84	36,09	25,45	27,12	227,8	W AGUA	13,83	13,86	13,81	5,25	5,86	18,53	W SUELO	26,81	28,58	29,92	18,66	20,63	170,5	# GOLPES	15	26	37				% HUMED	51,6	48,5	46,2	28,1	28,4	10,9				
PESOS	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		Wn																																																														
# RECIP	77	66	205	63	82	27																																																														
W RECIP	7,38	7,26	6,17	6,79	6,49	57,3																																																														
W HUMED	48,02	49,70	49,90	30,70	32,98	246,33																																																														
W SECO	34,19	35,84	36,09	25,45	27,12	227,8																																																														
W AGUA	13,83	13,86	13,81	5,25	5,86	18,53																																																														
W SUELO	26,81	28,58	29,92	18,66	20,63	170,5																																																														
# GOLPES	15	26	37																																																																	
% HUMED	51,6	48,5	46,2	28,1	28,4	10,9																																																														
<b>GRANULOMETRIA</b>			<b>RESULTADOS</b>																																																																	
Tamiz	Diamet (mm)	Peso Ret.do	% Retenido	% Total pasa	NORMA	<b>LIMITES DE ATTERBERG</b> Limite liquido      48,6 % Limite plástico    28,3 % Índice plasticidad   20,3 % Índice liquidez Ind. consistencia																																																														
21/2"																																																																				
2"																																																																				
1 1/2"																																																																				
1"																																																																				
3/4"																																																																				
1/2"																																																																				
3/8"																																																																				
4																																																																				
10																																																																				
40	0,43			100,00																																																																
200	0,08	21,00	12,32	87,68																																																																
FONDO		149,50		0,00																																																																
<b>GRANULOMETRÍA</b> P1 (gr): 170,5    P2 (gr): 2100 D <sub>60</sub> = 0    Cu = D <sub>30</sub> = 0    Cc = D <sub>10</sub> = 0    Cc =																																																																				
<b>CLASIFICACIÓN</b> U.S.C      ML AASTHO    A-7-6																																																																				
GRAVAS		ARENAS		LIMOS-ARCILLAS																																																																
																																																																				
Cecilia Santos Ing. Control de Calidad		Carlos H. Gutierrez Carrero Revisó																																																																		
Km 4 Via Nobsa Telefáx. 7716766			e-13: rapitesting@yahoo.com.mx																																																																	



RAPITEST INGENIERIA LTDA

Construcción e Interventoria Obras Civiles

NIT: 830.052.363-2

Laboratorio de Suelos, Pavimentos y Concretos.

**AREA DE SUELOS**

ENSAYO: **LIMITES DE ATTERBERG- GRANULOMETRÍA**

PROYECTO ESTUDIO GEOTÉCNICO DEL SECTOR UBICADO EN EL K4+180 DE LA VIA PUENTE REYES-Gámeza

SECTOR: K4+180

PERFORACION 2

ORDENADO POR: Consorcio Muisca

MUESTRA N°: 5

FECHA DE TOMA: 20/04/2015

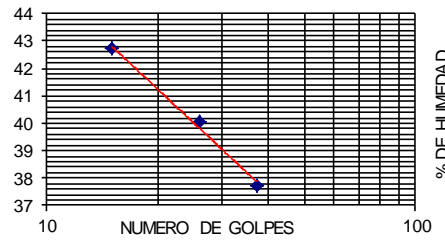
APIQUE-

FECHA DE EJECUCIÓN: 21/04/2015

Profundidad 3,10-3,80

DESCRIPCION MATEF Limo de plasticidad , consistencia y humedad media. Color gris.

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO			Wn
# RECIP	183	46	2,38	2,28	193	4	
W RECIP	6,40	5,4	6,38	7,02	6,62	117,9	
W HUMEDC	54,35	54,65	53,40	33,48	34,11	461,74	
W SECO	40,00	40,56	40,52	28,24	28,58	433,0	
W AGUA	14,35	14,09	12,88	5,24	5,53	28,74	
W SUELO	33,60	35,16	34,14	21,22	21,96	315,1	
# GOLPES	15	26	37				
% HUMED	42,7	40,1	37,7	24,7	25,2	9,1	



**GRANULOMETRIA**

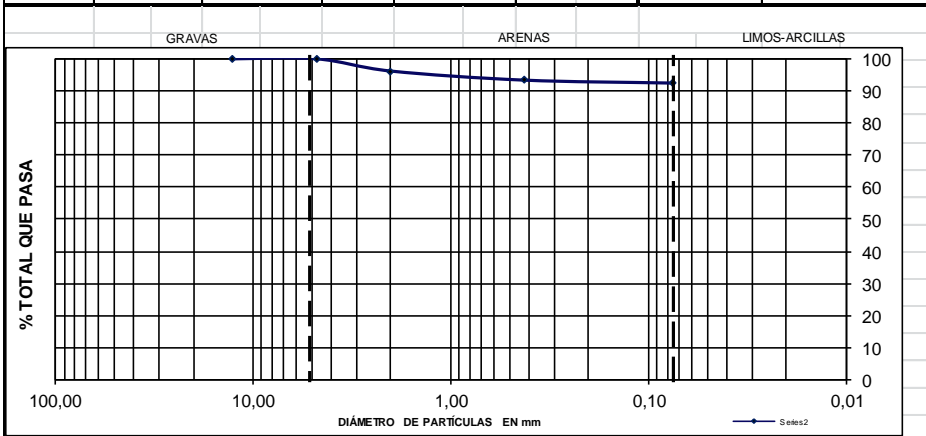
**RESULTADOS**

Tamiz	Diamet (mm)	Peso Ret.do	% Retenid	%Total pasa	NORMA
21/2"					
2"					
11/2"					
1"					
3/4"					
1/2"					
3/8"					
4	4,75			100,00	
10	2,00	12,00	3,81	96,19	
40	0,43	8,90	2,82	93,37	
200	0,08	2,90	0,92	92,45	
FONDO		291,30		0,00	

LIMITES DE ATTERBERG	
Límite liquido	40,0 %
Límite plástico	24,9 %
Índice plasticidad	15,1 %
Índice liquidez	
Ind. consistencia	

GRANULOMETRÍA	
P1 (gr):	35,1
P2 (gr):	23,80
D <sub>60</sub> =	0
D <sub>30</sub> =	0
D <sub>10</sub> =	0
Cu =	
Cc =	

CLASIFICACIÓN	
U.S.C	CL
AASTHO	A-6



Cecilia Santos  
Ing. Control de Calidad

Carlos H. Gutierrez Carrero  
Revisó



RAPITEST INGENIERIA LTDA

Construcción e Interventoria Obras Civiles

NIT: 830.052.363-2

Laboratorio de Suelos, Pavimentos y Concretos.

### AREA DE SUELOS

ENSAYO: LIMITES DE ATTERBERG- GRANULOMETRÍA

PROYECTO ESTUDIO GEOTÉCNICO DEL SECTOR UBICADO EN EL K4+180 DE LA VIA PUENTE REYES-Gámeza

SECTOR: K4+180

PERFORACION 2

ORDENADO POR: Consorcio Muisca

MUESTRA N°: 6

FECHA DE TOMA: 20/04/2015

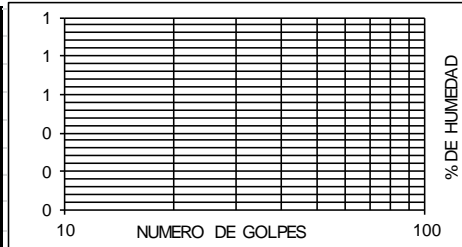
APIQUE-

FECHA DE EJECUCIÓN: 21/04/2015

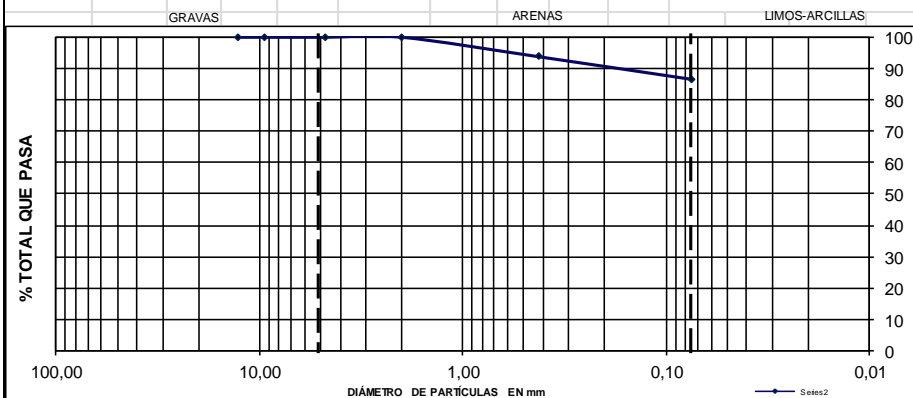
Profundidad 3,80-4,50

DESCRIPCION MATERIA Arcilla de plasticidad media y humedad baja color café oscuro

PESOS	LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	Wn
# RECIP			13
W RECIP			73,6
W HUMEDO			233,87
W SECO			219,9
W AGUA			13,97
W SUELO			146,3
# GOLPES			
% HUMED			9,6



GRANULOMETRIA						RESULTADOS	
Tamiz	Diamet (mm)	Peso Ret.do	% Retenido	%Total pasa	NORMA	LIMITES DE ATTERBERG	
21/2"						Limite liquido	NL
2"						Limite plástico	NP
11/2"						Índice plasticidad	%
1"						Índice liquidez	
3/4"						Ind. consistencia	
1/2"						GRANULOMETRÍA	
3/8"						P1 (gr):	293,5
4						P2 (gr):	39,40
10	2,00			100,00		D <sub>60</sub> =	0
40	0,43	18,20	6,20	93,80		D <sub>30</sub> =	0
200	0,08	21,20	7,22	86,58		Cu =	
FONDO		254,10	86,58	0,00		Cc =	
						CLASIFICACIÓN	
						U.S.C	CL
						AASTHO	



Cecilia Santos  
Ing. Control de Calidad

Carlos H. Gutierrez Carrero  
Revisó



RAPITEST INGENIERIA LTDA

Construcción e Interventoria Obras Civiles

NIT: 830.052.363-2

Laboratorio de Suelos, Pavimentos y Concretos.

**AREA DE SUELOS**

ENSAYO: LIMITES DE ATTERBERG- GRANULOMETRÍA

PROYECTO ESTUDIO GEOTÉCNICO DEL SECTOR UBICADO EN EL K4+180 DE LA VIA PUENTE REYES-Gámeza

SECTOR: K4+180

PERFORACION 2

ORDENADO POR: Consorcio Muisca

MUESTRA N°: 7

FECHA DE TOMA: 20/04/2015

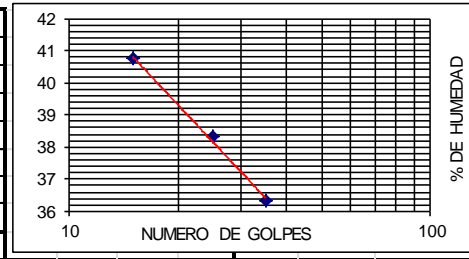
APIQUE-

FECHA DE EJECUCIÓN: 21/04/2015

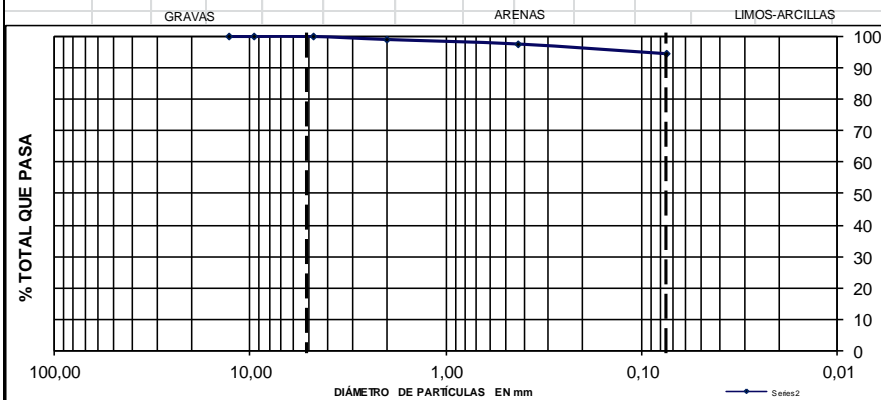
Profundidad 4,50-5,0

DESCRIPCIÓN MATER Arcilla limosas de plasticidad y humedad baja color café oscuro

PESOS	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO			Wn
# RECIP	71	54	82	72	52	6	
W RECIP	6,60	6,58	6,22	7,30	6,51	116	
W HUMED	50,16	50,48	50,18	31,58	34,66	271,49	
W SECO	37,55	38,32	38,47	27,09	29,41	258,0	
W AGUA	12,61	12,16	11,71	4,49	5,25	13,49	
W SUELO	30,95	31,74	32,25	19,79	22,90	142,0	
# GOLPES	15	25	35				
% HUMED	40,7	38,3	36,3	22,7	22,9	9,5	



GRANULOMETRIA						RESULTADOS	
Tamiz	Diamet (mm)	Peso Ret.do	% Retenid	%Total pasa	NORMA	LIMITES DE ATTERBERG	
						Limite liquido	38,2 %
						Limite plástico	22,8 %
21/2"						Índice plasticidad	15,3 %
2"						Índice liquidez	
11/2"						Ind. consistencia	
1"						<b>GRANULOMETRÍA</b>	
3/4"						P1(gr):	374,0 P2(gr): 20,50
1/2"						D <sub>60</sub> =	0
3/8"						D <sub>30</sub> =	0
4	4,75			100,00		Cu =	
10	2,00	3,60	0,96	99,04		Cc =	
40	0,43	5,40	1,44	97,59			
200	0,08	11,50	3,07	94,52			
FONDO		353,50	94,52	0,00		<b>CLASIFICACIÓN</b>	
						U.S.C	CL
						AASTHO	A-6

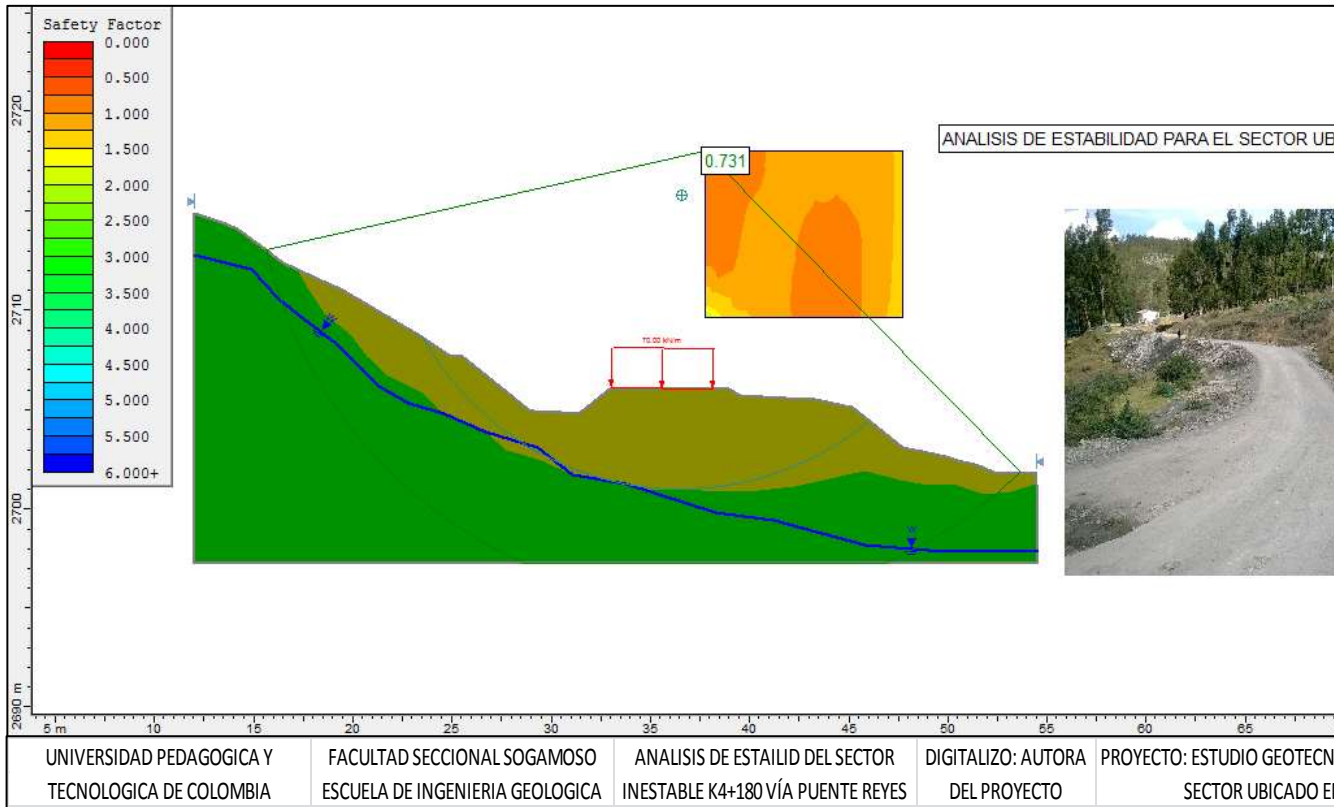


Cecilia Santos  
Ing. Control de Calidad

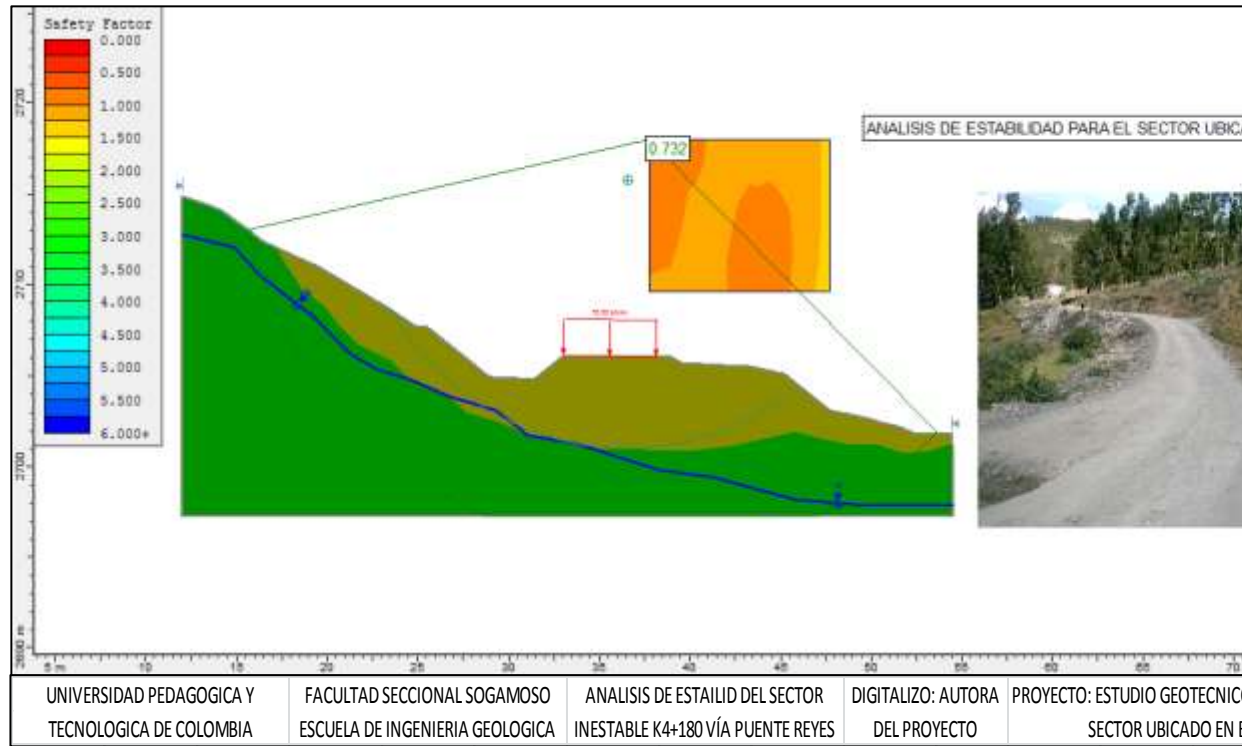
Carlos H. Gutierrez Carrero  
Revisó

ANEXO III  
ANALISIS DE ESTABILIDAD CONDICIONES ALTERADAS

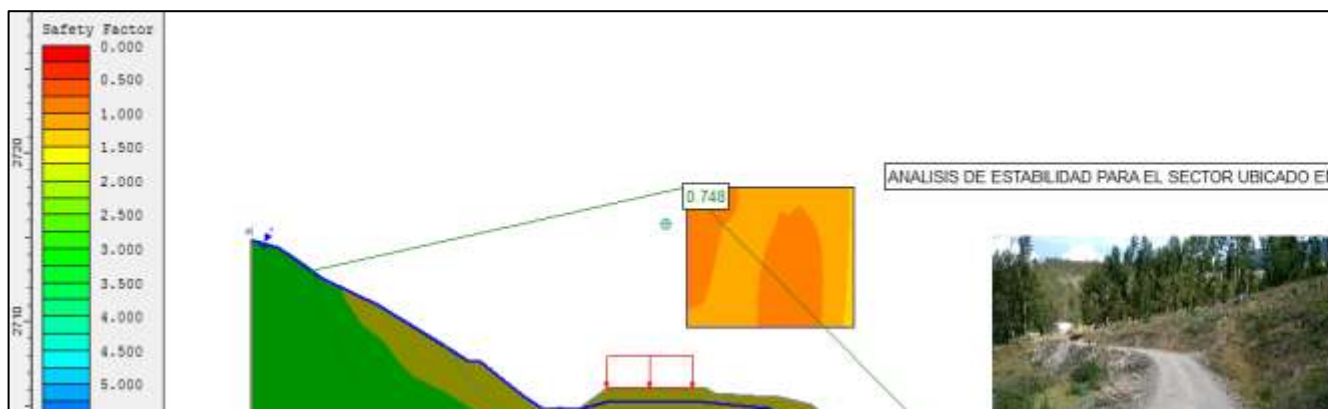
- SEGUN SPENCER SIMPLIFICADO SIN OBRAS PROYECTADAS



**SEGUN BISHOP SIMPLIFICADO SIN OBRAS PROYECTADAS**

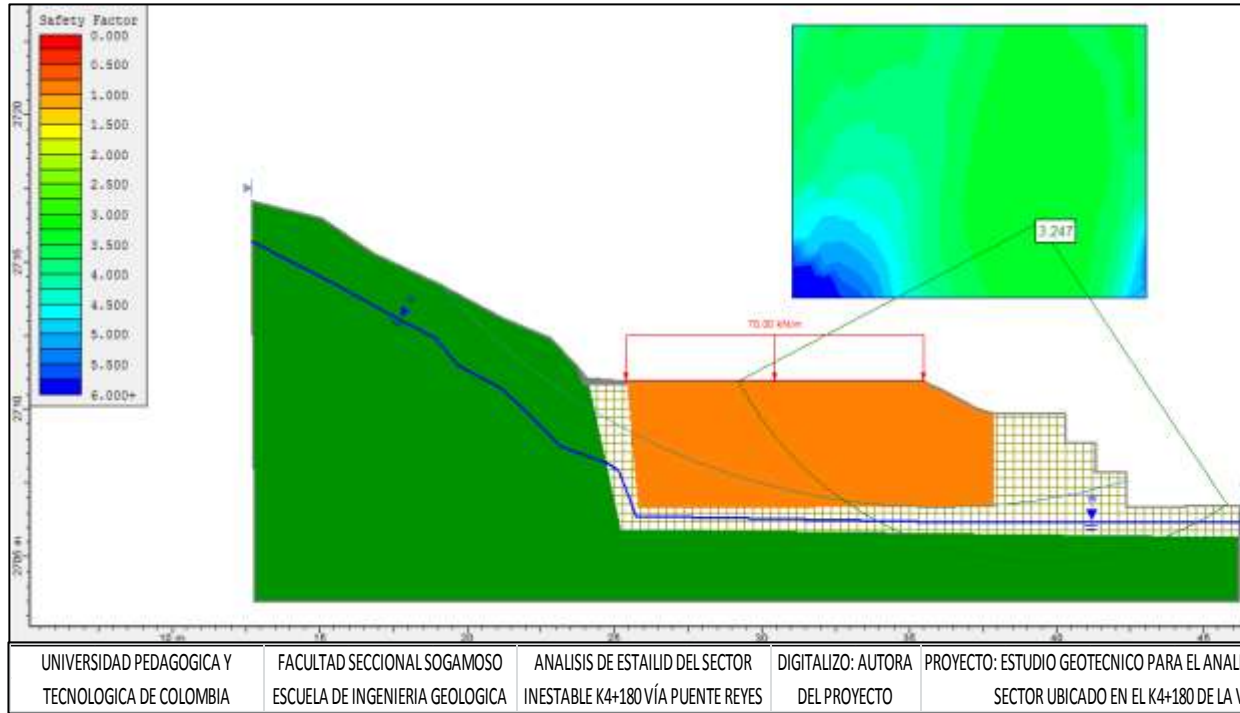


**SEGUN JANBU SIMPLIFICADO SIN OBRAS PROYECTADAS**

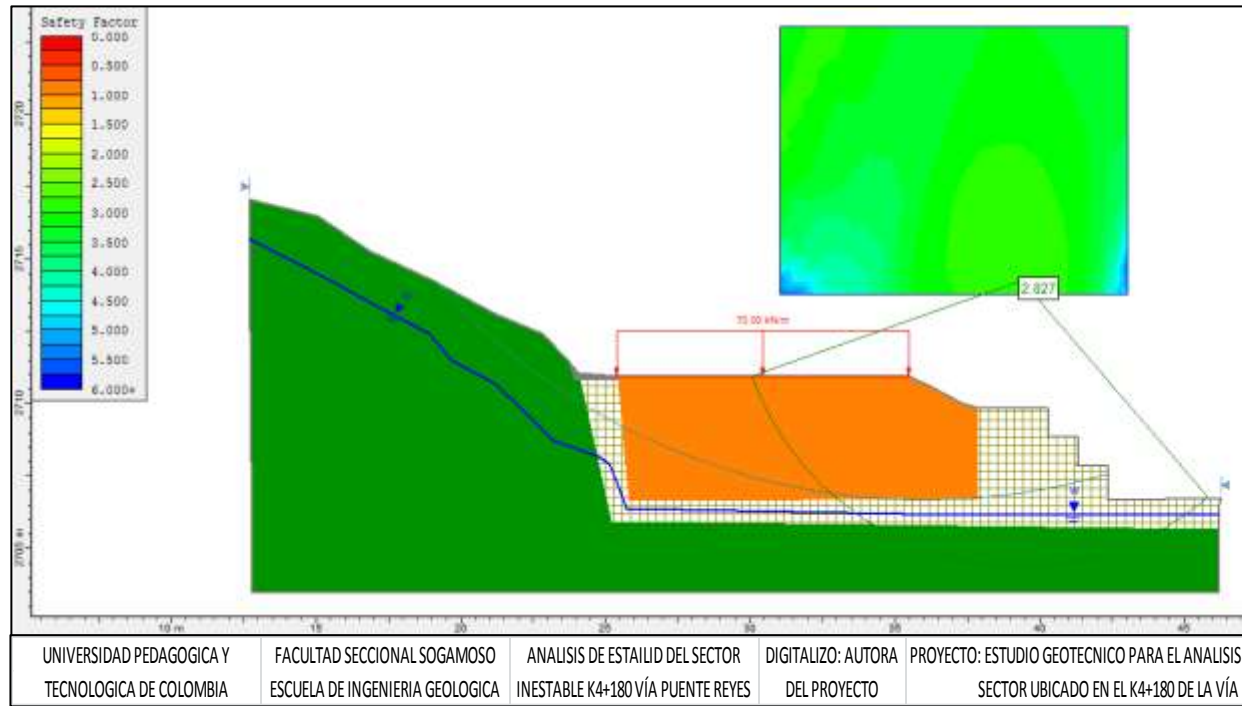




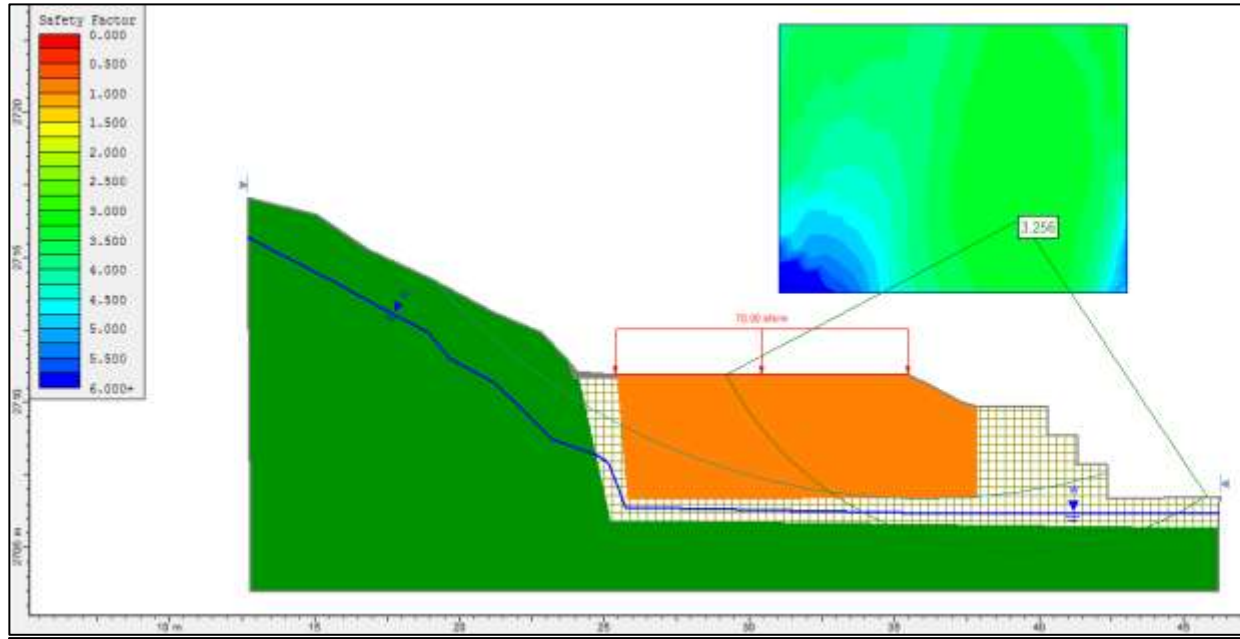
**SEGUN BISHOP SIMPLIFICADO CON OBRAS PROYECTADAS**



SEGUN JANBU SIMPLIFICADO CON OBRAS PROYECTADAS



SEGUN SPENCER SIMPLIFICADO **CON OBRAS PROYECTADAS**



UNIVERSIDAD PEDAGOGICA Y TECNOLOGICA DE COLOMBIA	FACULTAD SECCIONAL SOGAMOSO ESCUELA DE INGENIERIA GEOLOGICA	ANALISIS DE ESTABILIDAD DEL SECTOR INESTABLE K4+180 VÍA PUENTE REYES	DIGITALIZO: AUTORA DEL PROYECTO	PROYECTO: ESTUDIO GEOTECNICO PARA EL ANALISIS SECTOR UBICADO EN EL K4+180 DE LA VÍA
-----------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------	------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------