

PRACTICA EMPRESARIAL EN LA EMPRESA TORRES ING. EN EL PROYECTO
ESTUDIOS Y DISEÑOS VÍA CIMITARRA – LANDÁZURI
SECTOR CRÍTICO PR 59+900 AL PR 60+300

JESUS CAMILO RAMÍREZ GUILLEN



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA

2013

PRACTICA EMPRESARIAL EN LA EMPRESA TORRES ING. EN EL PROYECTO
ESTUDIOS Y DISEÑOS VÍA CIMITARRA – LANDÁZURI
SECTOR CRÍTICO PR 59+900 AL PR 60+300

JESÚS CAMILO RAMÍREZ GUILLEN

TRABAJO DE GRADO COMO REQUISITO PARA
OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

DIRECTOR
ING. WILFREDO DEL TORO RODRÍGUEZ

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAÑICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA

2013

AGRADECIMIENTOS

Agradezco principalmente a Dios, a mi director de proyecto, Ing. Wilfredo del Toro por su paciencia y dedicación durante el desarrollo de este proyecto, a TORRES ING. S.A.S Por darme la oportunidad de trabajar con ellos, a mis padres, por brindarme su apoyo, a Naili por ser el motor de mi vida y en general a todas las personas que de alguna manera aportaron para que este proyecto concluyera con éxito.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	12
1. LOCALIZACIÓN GENERAL Y LOCAL.....	13
2. EXPLORACIÓN DE CAMPO.....	16
2.1 RESUMEN EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA	16
2.2 LOCALIZACIÓN SONDEOS, APIQUES Y LÍNEAS DE REFRACCIÓN SÍSMICA	17
2.3 RESULTADOS LABORATORIOS Y ANÁLISIS DE LÍNEAS DE REFRACCIÓN SÍSMICA	17
2.3.1 Resultados Laboratorios	17
2.3.2 Análisis de Líneas de Refracción Sísmica	20
3. MARCO GEOLÓGICO	23
3.1 GEOLOGÍA REGIONAL	23
3.1.1 Formación la Luna (Ksl)	23
3.2 UNIDADES GEOLÓGICAS SUPERFICIALES.....	23
3.2.1 Suelo Residual (Sc1)	24
3.2.2 Suelo Antrópico (Sla).....	24
3.2.3 Roca Dura (Rd).....	25
3.3 GEOMORFOLOGÍA	25
3.4 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL	25
3.4.1 Falla de Landázuri.....	26
3.5 PERFIL GEOLÓGICO	26
4. HIDROLOGÍA	27
4.1 CLIMA.....	27
4.2 TEMPERATURA.....	27
4.3 PRECIPITACIONES.....	28
5. MODELOS GEOTÉCNICOS CONDICIÓN ACTUAL DEL SECTOR	28

5.1 PROPIEDADES DEL SUELO.....	29
5.2 MODELACIÓN DE ALINEAMIENTOS EN EL SECTOR	29
5.2.1 Alineamiento A.....	30
5.2.2 Alineamiento E.....	32
5.2.3 Análisis de Resultados	33
6. DIANÓSTICO GEOTÉCNICO	34
7. OBRAS DE MITIGACIÓN.....	36
CONCLUSIONES.....	37
REFERENCIAS	38
BIBLIOGRAFÍA.....	39

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Localización general del sector	14
Figura 2 Localización PR 59+900 al PR 60 +300.....	14
Figura 3 Resumen exploración geotécnica sector PR 59+900 – PR 60+300	16
Figura 4 Localización de los sectores de estudio.....	17
Figura 5 Resumen resultados de laboratorio	18
Figura 6 Resumen laboratorios corte directo	19
Figura 7 Resultados carta de plasticidad	20
Figura 8 Tomografía línea sísmica 1	21
Figura 9 Tomografía línea sísmica 2.....	22
Figura 10 Tomografía línea sísmica 3.....	22
Figura 11 Perfil Geológico PR 59 + 900.....	27
Figura 12 Valores Usados en los Modelos.....	29
Figura 13 Ubicación de los seis Alineamientos	29
Figura 14 Condición Actual Modelo Estático.....	30
Figura 15 Condición Actual Modelo Dinámico	31
Figura 16 Condición Actual Modelo Estático.....	32
Figura 17 Condición Actual Modelo Dinámico	33
Figura 18 Factores de Seguridad.....	34

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Entrada al municipio de Landázuri	15
Fotografía 2. Suelo Transportado de ladera (Sc1).....	24
Fotografía 3. Suelo Transportado Antrópico (Sla)	25
Fotografía 4. Roca Dura formación la Luna	25

RESUMEN

Titulo

PRACTICA EMPRESARIAL EN LA EMPRESA TORRES ING. EN EL PROYECTO ESTUDIOS Y DISEÑOS VÍA CIMITARRA – LANDÁZURI SECTOR CRÍTICO PR 59+900 AL PR 60+300 *

Autor

RAMÍREZ Guillen Jesús Camilo **

Palabras claves:

Estabilización, Talud, Factor de seguridad, Ensayos de laboratorio, zona de falla.

Descripción

En la práctica de la ingeniería civil es común encontrar problemas relacionados con la inestabilidad de taludes, dadas nuestras condiciones especiales de geología y topografía. Por esta razón se hace necesario el estudio y diseño de obras que nos permitan solucionar cualquier tipo de inconveniente que se nos presente, y para ello nos apoyamos en las exploraciones de campo, los diferentes ensayos de laboratorio así como de software especializados que nos permiten calcular factores de seguridad confiables para llevar a cabo las diferentes obras ya sean nuevas o de mitigación que sean posibles y viables de ejecutar.

En este proyecto se realizaron sondeos a percusión y roto percusión, apiques y sondeos geofísicos usando líneas de refracción sísmica para determinar las características de los suelos del tramo PR 59+900 al PR 60+300, correspondiente a la entrada al casco urbano del municipio de Landázuri departamento de Santander, con el objetivo de diseñar y proyectar obras que conlleven a la estabilización para la ampliación de la vía existente, teniendo en cuenta la dificultad por una topografía quebrada, con pendientes muy fuertes en la zona. Todo esto sin afectar el talud interno de la vía dado que existen casas en la corona de la ladera que están sobre suelos antrópicos con poca compactación, conformados principalmente de rellenos producto de la construcción, minería y basuras.

* Trabajo de grado

** Facultad de ingenierías Físicomecánicas. Escuela de ingeniería civil. Director Ing. DEL TORO Rodríguez wilfredo

ABSTRACT

Title

PRACTICE BUSINESS IN THE COMPANY ING. TORRES STUDIES IN THE PROJECT AND DESIGNS VIA CIMITARRA - LANDÁZURI CRITICAL SECTOR PR 59 +900 TO PR 60 +300 *

Author

RAMIREZ Guillen Jesús Camilo **

Keywords:

Stabilization, Slope, Safety factor, Laboratory testing, fault zone.

Description

In the practice of civil engineering is common to find problems related to slope instability, given our special conditions of geology and topography. For this reason the study and design of works that allow us to solve any problem that comes our way is necessary, and for this we rely on field explorations, different laboratory tests as well as specialized software that allow us to calculate reliable safety factors to carry out the various works either new or mitigation are possible and feasible to implement.

This project surveys were performed percussion and percussion broken trenches geophysical surveys , and using seismic refraction lines to determine the soil characteristics of the stretch PR 59 +900 to PR 60 +300 , corresponding to the entrance to the village in the municipality of Landázuri Santander department , with the goal of designing and project works that lead to stabilization for the expansion of the existing road , considering the difficulty by a rugged topography with steep slopes in the area. All this without affecting the inner slope of the road as there are houses in the crown of the slope are anthropogenic soils with little compaction, fillings consist primarily of product construction, mining and waste.

* Work degree

** Faculty of Engineering Physicomechanical . School of engineering Civil. Director Mr. DEL TORO Wilfredo Rodriguez

INTRODUCCIÓN

El proyecto Transversal del Carare comunica a la Troncal del Magdalena medio con el sur del departamento de Santander y norte de Boyacá, constituyéndose además en la alternativa más importante para la conexión de estos departamentos con Antioquia. Igualmente, entre otros beneficios, se logra una importante disminución en longitud y tiempo para la comunicación de los polos industriales y comerciales de Antioquia, Santander y Boyacá.

Actualmente en el tramo CIMITARRA – LANDAZURI que consta de 30 km presenta sitios críticos entre los cuales tenemos la entrada a Landázuri, más exactamente entre las abscisas PR 59+900 – PR 60+300, cuya sección actual de la banca de la vía tiene en promedio 5.5 m, siendo en algunos sitios de 3.5 m. Encontrándose a nivel de afirmado y sin estructuras de control de aguas superficiales. El proyecto de

pavimentación de la transversal del Carare contempla la ampliación de la vía con calzada de 7.3 m y cunetas a los costados de la vía de 0.70 m cada una. El diseño original contempla ampliar la banca mediante corte realizado al costado interno y una estructura de contención al costado exterior.

La ampliación de la vía realizada de esta forma presenta dificultades debido a la naturaleza de los suelos que la componen, la topografía quebrada del sector y principalmente a que sobre la corona de la ladera interior se encuentra el casco urbano del municipio de Landázuri, cualquier actividad desarrollada en el costado interno de la vía afectaría la estabilidad de la ladera, activando deslizamientos, afectando la viviendas ubicadas sobre la corona del talud.

Para realizar la ampliación de la vía es necesario realizar la proyección hacia el costado exterior, sin afectar la ladera interior.

1. LOCALIZACIÓN GENERAL Y LOCAL

La transversal es una vía nacional, comunica de oriente a occidente el país, inicia en Tunja departamento de Boyacá, sobre la cordillera oriental de los andes colombianos y termina en el municipio de puerto Araujo en el Departamento de Santander, en el valle del Magdalena medio. Los municipios por los cuales atraviesa la transversal del carare son, Tunja, Arcabuco, Barbosa, Vélez, Landázuri, Cimitarra y Puerto Araujo. Figura1.

Actualmente se adelanta la pavimentación del tramo comprendido entre Cimitarra y Landázuri en un tramo de 30 Km. En el desarrollo del proyecto se ha encontrado sitios los cuales debido a condiciones geológicas y

topográficas ha dificultado el desarrollo de estas actividades, uno de estos sitios ha sido el de entrada al casco urbano del municipio de Landázuri, este sitio se encuentra en las Abscisas PR 59+900 – PR 60+300.

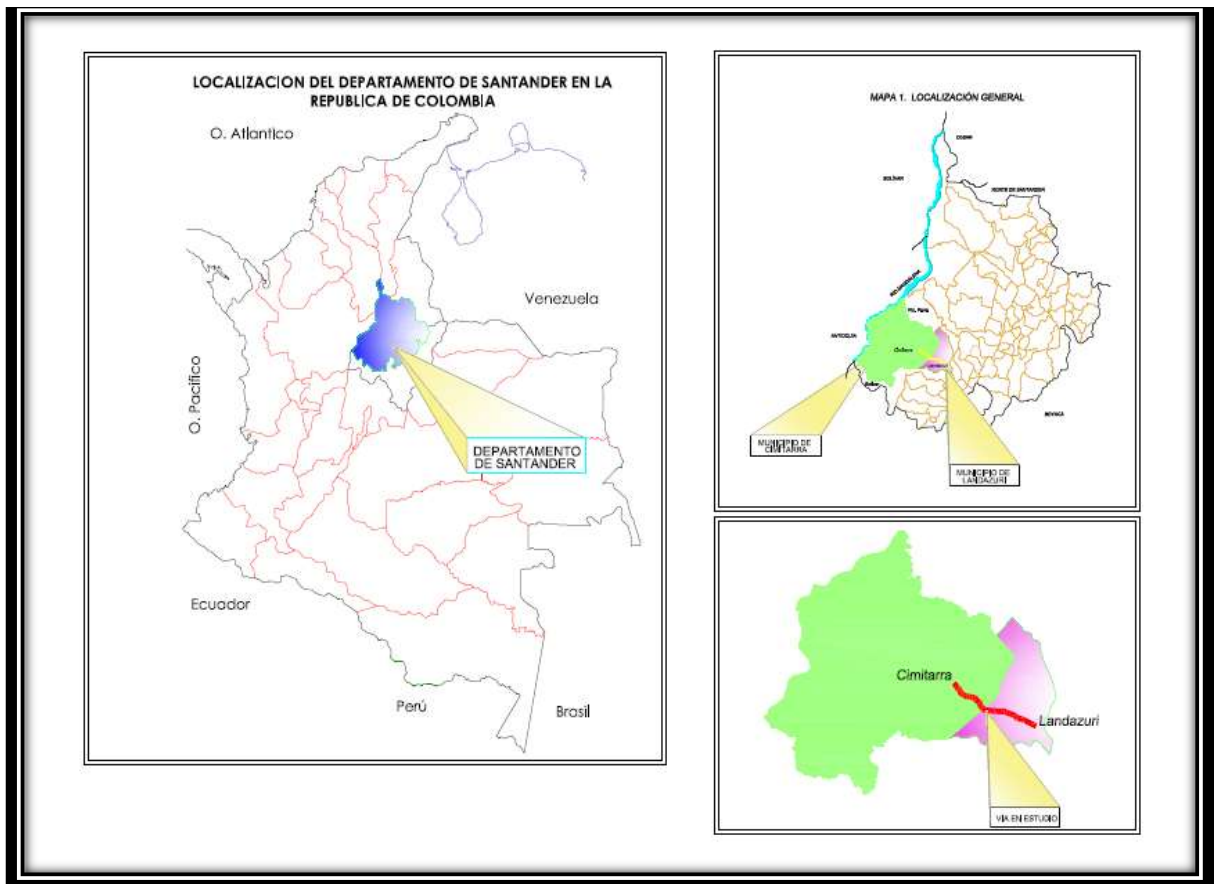


Figura 1 Localización general del sector



Figura 2 Localización PR 59+900 al PR 60 +300

En la fotografía1 podemos apreciar lo reducido de la banca actual en la entrada al casco urbano del municipio de Landázuri



Fotografía 1. Entrada al municipio de Landázuri

2. EXPLORACIÓN DE CAMPO

El trabajo de campo consintió en las siguientes actividades:

Se realizaron sondeos en toda la longitud del sitio inestable y donde se deben proyectar estructuras de contención. Los sondeos se realizaron con equipo de rotopercusión y percusión.

Se realizaron apiques para la evaluación de parámetros geomecánicos de los suelos superficiales.

Se realizaron líneas de refracción sísmica, en el sector en estudio, con el fin de poder correlacionar los resultados de campo y concluir la estratificación del sector correspondiente a la entrada al casco urbano del Municipio de Landázuri.

2.1 RESUMEN EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA

En cada sondeo, además del perfil de resistencia a la penetración, se

recuperaron muestras con el muestreador tipo slipt spoon, sobre las cuales se realizaron ensayos de laboratorio del suelo como: granulometría [1], límites de Atterberg [2], propiedades índices [3], peso unitario y contenidos de humedad.

En cada cambio de estrato, se realizó el ensayo de penetración estándar para obtener parámetros de resistencia del subsuelo.

A continuación se presenta una tabla resumen de la exploración geotécnica realizada. Figura3

TIPO DE EXPLORACIÓN	PROFUNDIDAD ALCANZADA	COORDENADAS		COTA	
		NORTE	ESTE	INICIAL	FINAL
Sondeo 1	14.5	1179696	1029496	898.00	883.50
Sondeo 2	8.9	1179695	1029494	900.50	891.60
Sondeo 3	14.15	1179713	1029453	897.00	882.85
Sondeo 4	5.53	1179707	1029337	897.00	892.27
Sondeo 5	16.6	1179735	1029337	890.50	873.90
Sondeo 6	6.15	1179729	1029337	891.00	884.85
Apique 1	1.5	1179702	1029506	899.00	891.50
Apique 2	1.5	1179714	1029512	894.00	892.50
Apique 3	1.5	1179689	1029503	902.70	901.50
Apique 4	1.5	1179677	1029485	911.00	909.50
Apique 5	1.5	1179726	1029451	885.90	884.40
Apique 6	1.5	1179714	1029463	892.50	890.70
Línea de Refracción Sísmica 1	40				
Línea de Refracción Sísmica 2	70				
Línea de Refracción Sísmica 3	40				

Figura 3 Resumen exploración geotécnica sector PR 59+900 – PR 60+300

2.2 LOCALIZACIÓN SONDEOS, APIQUES Y LÍNEAS DE REFRACCIÓN SÍSMICA

sondeos, 6 apiques y 3 líneas de refracción sísmica. En la Figura 4 podemos ver su ubicación.

El tramo en estudio se dividió en 3 sectores en los cuales se hicieron 6

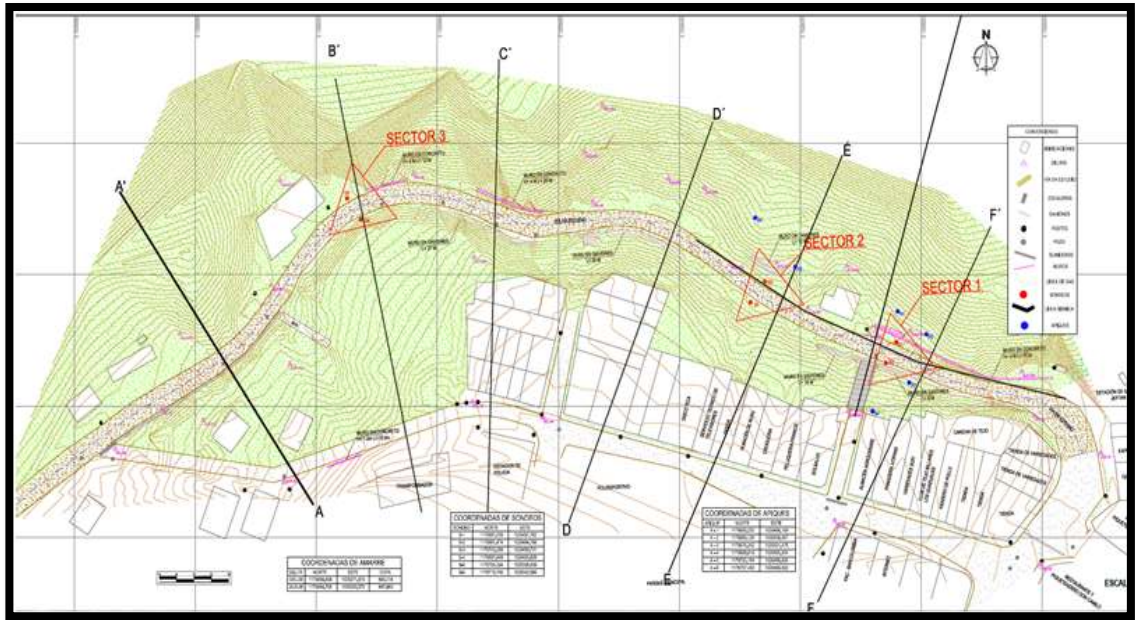


Figura 4 Localización de los sectores de estudio

2.3 RESULTADOS LABORATORIOS Y ANÁLISIS DE LÍNEAS DE REFRACCIÓN SÍSMICA

2.3.1 Resultados Laboratorios

Los resultados de laboratorio muestran un suelo gravo limoso con arena, en casi todo el sector en estudio, salvo en algunos sectores

donde predomina este mismo material pero con una mala gradación, a profundidades de 7.0 metros el dominio del material arenoso domina sobre el gravoso, pero con la misma cantidad de limos, la humedad promedio de las muestras recuperadas es del 12.53%, siendo una humedad media. Aunque el contenido de humedad, es variable en toda la profundidad, siendo mucho

mayor cerca del 40% en los primeros metros, el contenido de gravas en promedio del es del 46.02%, contenido en arenas del 35.93% y contenido de finos en 18.04%.

En la figura5 se puede observar el resumen de los resultados de laboratorios realizados, donde se presentan los valores promedio de la humedad, granulometría, límites de atterberg, clasificación USCS [4], clasificación AASHTO [5].

VALORES PROMEDIOS							
wn.%	LL.%	LP.%	I.P.%	Ic	GRAVAS%	ARENAS%	FINOS%
15.92	30.55	18.35	12.19	1.42	46.02	35.93	18.04

CLASIFICACIÓN	SM	SW	GW	GM	GC	SC-SM	SP-SC	ML	GC-GM	GP-GC	GP-GM
S.U.C.S.	12	2	7	11	6	4	1	1	7	3	9
PORCENTAJE	19%	3%	11%	17%	10%	6%	2%	2%	11%	5%	14%

CLASIFICACIÓN	A-4	A-6	A-2-4	A-2-6	A-2-7
A.A.S.H.T.O.	2	1	54	5	1
PORCENTAJE	3%	2%	86%	8%	2%

RESUMEN RESULTADOS CORTE DIRECTO			
MUESTRA	ANGULO DE FRICCIÓN	COHESIÓN	DENSIDAD HÚMEDA
Apique 1	31.603°	0.000 Kg/cm ²	1.55 g/cm ³
Apique 2	24.814°	0.045 Kg/cm ²	1.55 g/cm ³
Apique 3	21.726°	0.061 Kg/cm ²	1.59 g/cm ³
Apique 4	36.696°	0.002 Kg/cm ²	1.64 g/cm ³
Apique 6	34.984°	0.000 Kg/cm ²	1.74 g/cm ³

COMPRESIÓN INCONFINADA		
MUESTRA	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Mpa)	CATEGORIA STAPLEDON (1968)
1	3.77	RESISTENCIA MUY BAJA
2	4.55	BAJA

Figura 5 Resumen resultados de laboratorio

En la figura6 se observan los resultados de las envolventes de falla de los ensayos de corte directo [6] realizados a las muestras recuperadas en los apiques.

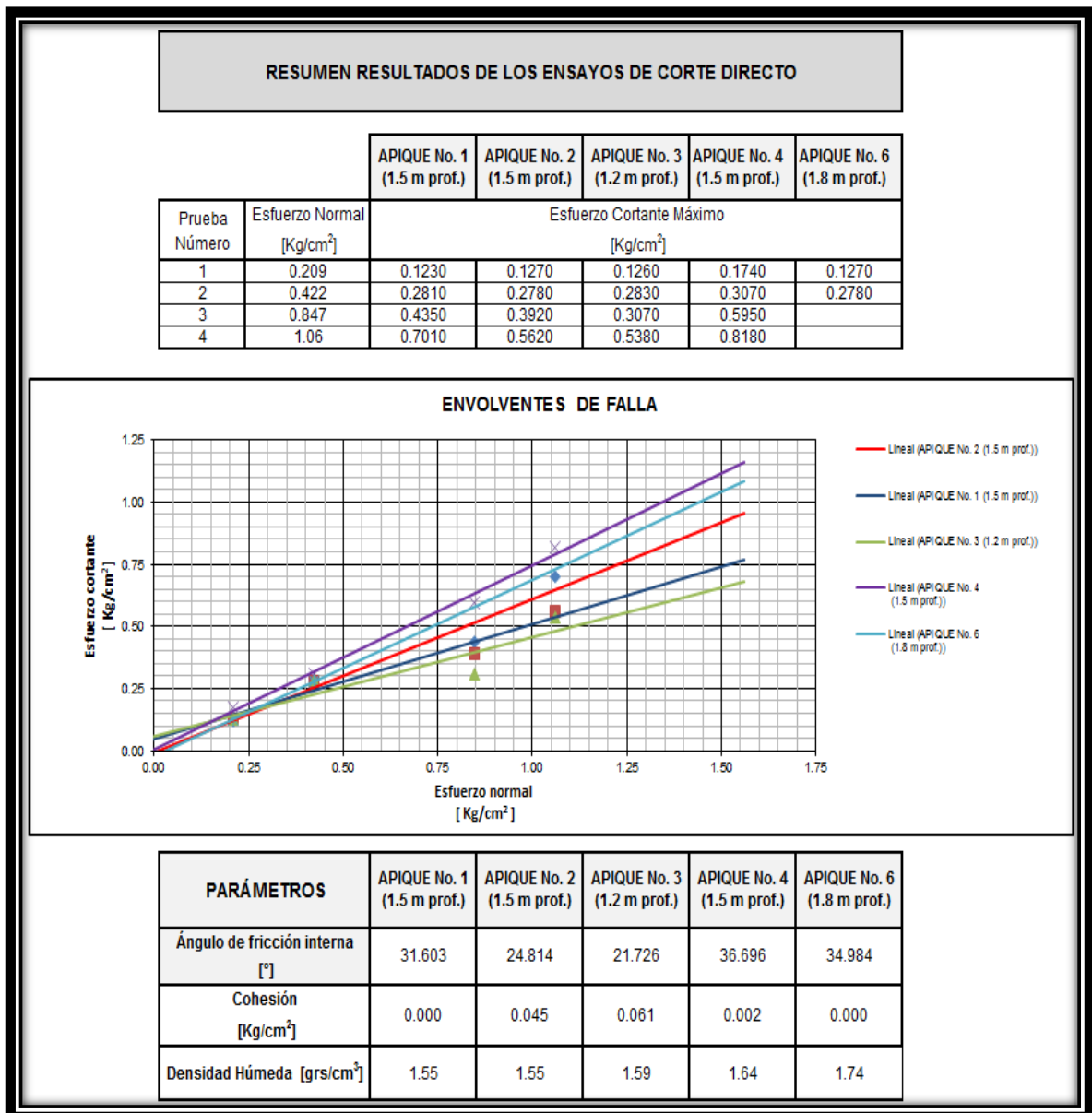


Figura 6 Resumen laboratorios corte directo

En la figura7 se muestran los resultados de todas granulometrías que se realizaron a las muestras recuperadas, la gráfica muestra solo las muestras donde se pudieron obtener valores de Índice de Plasticidad y Límite Líquido.

Se observa un comportamiento del límite líquido con tendencias

marcadas dentro de dos rangos, uno entre de 25% y el 32%, y el otro rango entre 35% y el 39%.

Se observa un comportamiento del índice de plasticidad con tendencias marcadas dentro de dos rangos, uno entre de 4% y el 10%, y el otro rango entre 18% y el 28%.

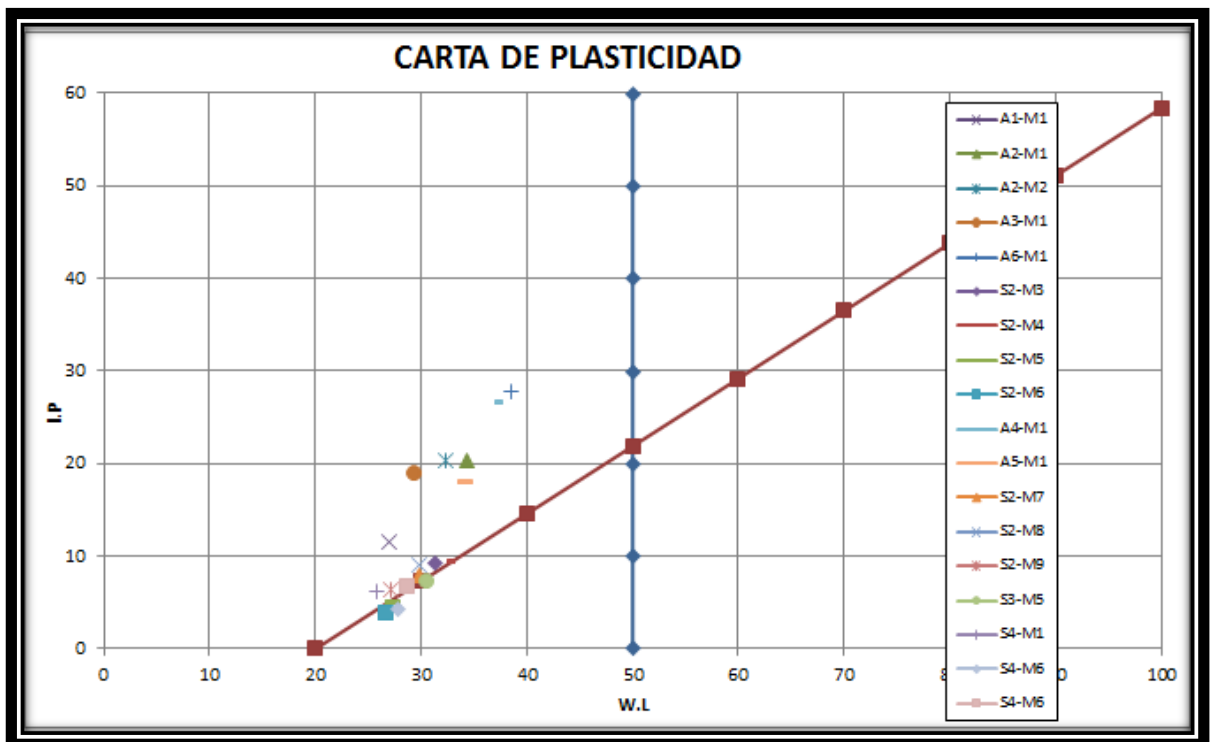


Figura 7 Resultados carta de plasticida

2.3.2 Análisis de Líneas de Refracción Sísmica

Los resultados de las dos líneas sísmicas longitudinales (No.1 y No. 3), dan como resultado la aparición

de la roca en promedio entre los 16 y 17.5 metros, en la línea sísmica transversal (No. 2) en el sector de la vía, la roca aparece en promedio a los 17 metros. Sin embargo los estudios de refracción sísmica tienen un margen de error considerable, por la interferencia que presentan la toma de resultados, y más en un sector tan transitado por vehículos de carga pesada. Debido a esto, hay que aclarar que los estudios de refracción sísmica dan una idea de la estratificación del suelo la cual debe ser constatada perforaciones que

permitan dar confiabilidad y veracidad a estos resultados. Dicho lo anterior, al contrastar los resultados de la exploración geotécnica realizada en el sector de estudio, con los resultados de refracción sísmica, se puede evidenciar que la aparición de los materiales competentes se encuentran por debajo de los 17 m de profundidad, a partir del nivel actual de la vía. En la figura 8, 9 y 10 se pueden observar las tomografías de las líneas de refracción sísmica 1, 2 y 3

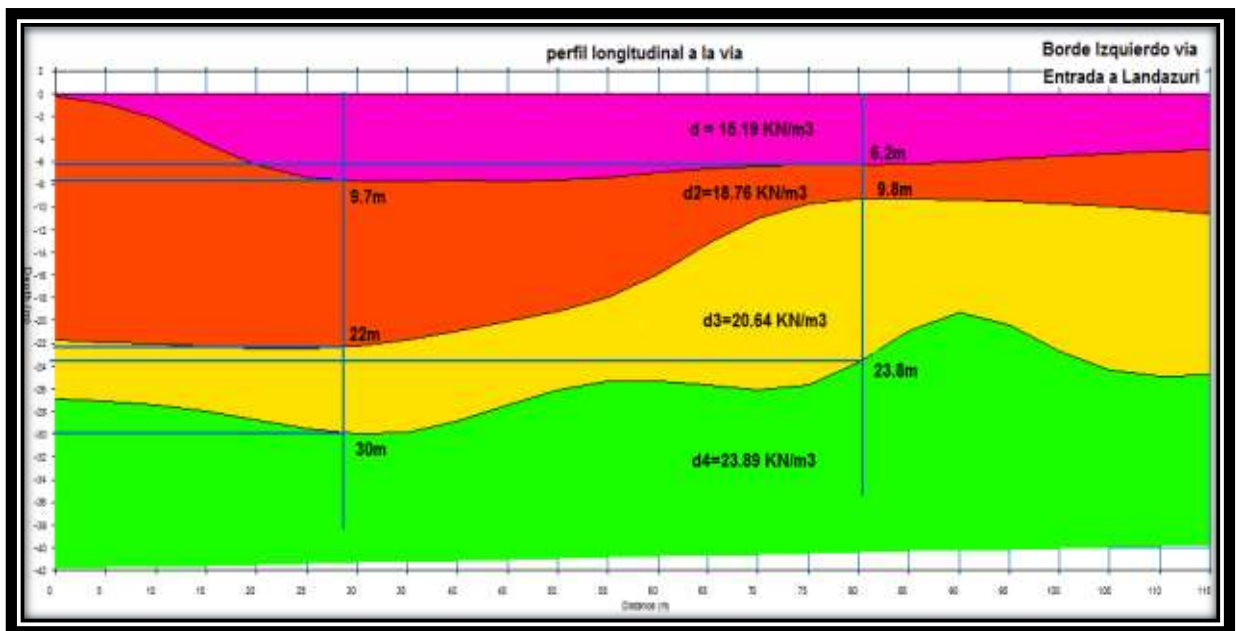


Figura 8 Tomografía línea sísmica 1

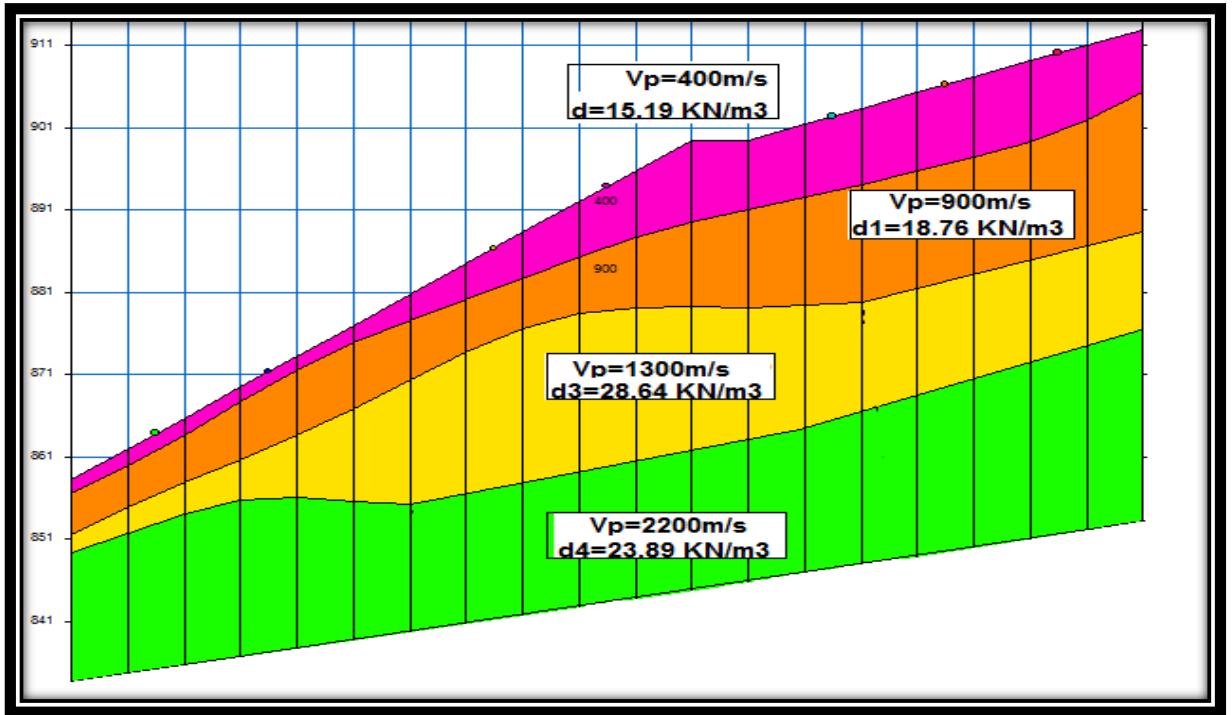


Figura 9 Tomografía línea sísmica 2

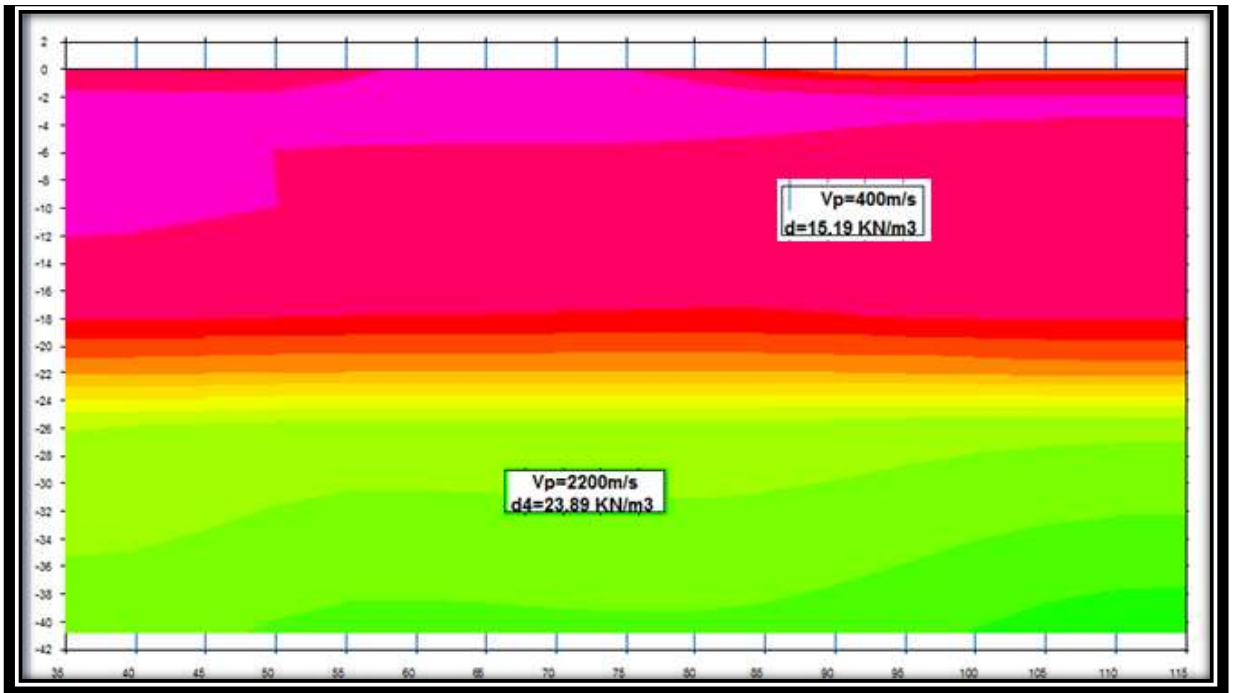


Figura 10 Tomografía línea sísmica 3

3. MARCO GEOLÓGICO

3.1 GEOLOGÍA REGIONAL

La zona de estudio se encuentra ubicada en el margen geológico regional sobre el flanco occidental de la cordillera oriental en la cuenca sedimentaria del valle medio del Magdalena al sur oeste del departamento de Santander donde aflora parte de la secuencia litoestratigráfica cretácica colombiana, esta zona es de una alta complejidad estructural ya que presenta múltiples plegamientos y cabalgamientos producto de la interacción de las placas tectónicas Nazca, Caribe y Suramérica.

La zona está intervenida por una serie de fallas como el sistema de fallas la Salina y el sistema de fallas Landázuri algunas de tipo inversas que ponen en contacto las rocas de la base de cretáceo (Formaciones Simití, Luna, Umir) con rocas más jóvenes, la unidad aflorante en la entrada al municipio de Landázuri corresponde a la formación la Luna

(Ksl) la cual será descrita a continuación. [7]

3.1.1 Formación la Luna (Ksl)

Esta formación presenta tres miembros: Salada, Pujamana y Galembo. El miembro Salada está conformado por Shales oscuros, duros y finamente laminadas con algunas intercalaciones de calizas oscuras.

Hay abundantes concreciones calcáreas y piritosas, su espesor es de 50 a 130 m. El miembro Pujamana corresponde básicamente a Shales blandos, con espesores de 230 m. El miembro Galembo corresponde a Shales calcáreos con intercalaciones de caliza y Chert, su espesor puede alcanzar 180 m. [8]

3.2 UNIDADES GEOLÓGICAS SUPERFICIALES

Las Unidades Geológicas Superficiales corresponden a un conjunto de materiales que incluyen suelos y rocas cuyas propiedades se conservan por debajo de la superficie hasta algunas decenas de metros.

Las UGS se utilizan como herramienta para evaluar el comportamiento mecánico de los terrenos ante diferentes usos, como desarrollo de obras de infraestructura, desarrollos mineros y demás usos definidos en los planes de ordenamiento territorial.

3.2.1 Suelo Residual (Sc1)

Corresponde a un material gravoloso de color marrón oscuro, compuesto principalmente por partículas de tamaños gravas provenientes de diferentes litologías como calizas, chert con foraminíferos, lutitas con foraminíferos bien consolidadas entre otros, la forma de estas partículas es predominantemente no esféricas muy angulares, todos estos fragmentos unidos por una matriz generalmente limo-arcillosa o arcillo-limosa con alto contenido de materia orgánica y alta humedad. Fotografía2



Fotografía 2. Suelo Transportado de ladera (Sc1)

3.2.2 Suelo Antrópico (Sla)

Corresponden a materiales heterogéneos dispuestos por el hombre, generalmente caóticamente y sin ningún tratamiento o adecuación, con el objeto de cumplir los requerimientos de los diseños de obras de ingeniería o con la intención de aprovechar áreas de cauce de drenajes. Están compuestos principalmente por materiales tamaño arena, arcilla, grava y son producto de residuos de construcción, excavaciones para minería o para adecuación de terrenos. Se incluyen los rellenos de basura.

En el acceso al municipio de Landázuri es abundante este tipo de

depósito, el cual material presenta poca compactación. Fotografía3



Fotografía 3. Suelo Transportado Antrópico (Sla)

3.2.3 Roca Dura (Rd)

Roca sedimentaria de tipo lutita bien compactada de color negro perteneciente al miembro pujámenes de la formación la Luna **(Ksl)** se encuentra moderadamente diaclasada, esta roca se encuentra en un tramo de la zona de estudio de difícil acceso por la vegetación. Fotografía4



Fotografía 4. Roca Dura formación la Luna

3.3 GEOMORFOLOGÍA

Las geoformas del sector se encuentran compuestas por laderas moderadas, cimas explanadas y corte vertical de laderas, las cuales se encuentran cubiertas por vegetación. Las laderas moderadas se presentan en ambos costados de la vía. Las cimas explanadas se encuentran sobre la corona del talud. [9]

3.4 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

Este sector de la geología regional presenta una geología compleja, conformada por una secuencia de estructuras anticlinales y sinclinales fracturadas por fallas de tipo inverso, y han puesto en contacto las rocas de

la Formación La Luna y la Formación Umir en un contacto fallado, la geología regional presenta una falla local la cual se encuentra ejerciendo influencia directa en las capas que conforman el macizo rocoso del sector en estudio, esta falla presenta una orientación de N62E, y es de tipo inverso. [10]

Para este análisis se realizaron la toma de datos de rumbo de las capas y direcciones de familias de diaclasas principalmente en dos direcciones, tomaron datos en cuatro puntos de interés ubicados al costado derecho del corredor vial y de este con sentido hacia el municipio de Landázuri.

3.4.1 Falla de Landázuri

Se extiende por una longitud de unos 60 Km desde Vélez hasta la latitud de Guayabito, donde se oculta debajo de la cobertura cuaternaria del Valle Medio del Magdalena; se trata de una Falla inversa de bajo ángulo con componente de rumbo dextral, dirección SE-NW. Afecta rocas de las Formaciones Simití, Luna y Umir. Se trunca con la Falla el Retiro al este del municipio.

Esta Falla es de gran importancia debido al alto grado de Neotectonismo que presenta, evidenciado por la actividad reciente y representando una amenaza sobre todo para el área de la cabecera Municipal de Landázuri, la que se encuentra propensa a deslizamientos y movimientos de remoción en masa debido a la acción que ejerce ésta Falla en éste sector.

El punto de estudio se ubica entre dos fallas de tipo inverso, asociadas al sistema de Falla Landázuri. [11]

3.5 PERFIL GEOLÓGICO

En este sector se realizaron dos perfiles geológicos, en la figura 11 se muestra uno de ellos el cual pertenece a la abscisa PR 59+900, y se muestra cómo se aloja un suelo residual sobre capas de roca meteorizada pertenecientes a la formación La Luna, las cuales se caracterizan en este sector por presentarse como suelos residuales de color gris oscuro, con intercalaciones de Lodolitas Silíceas.

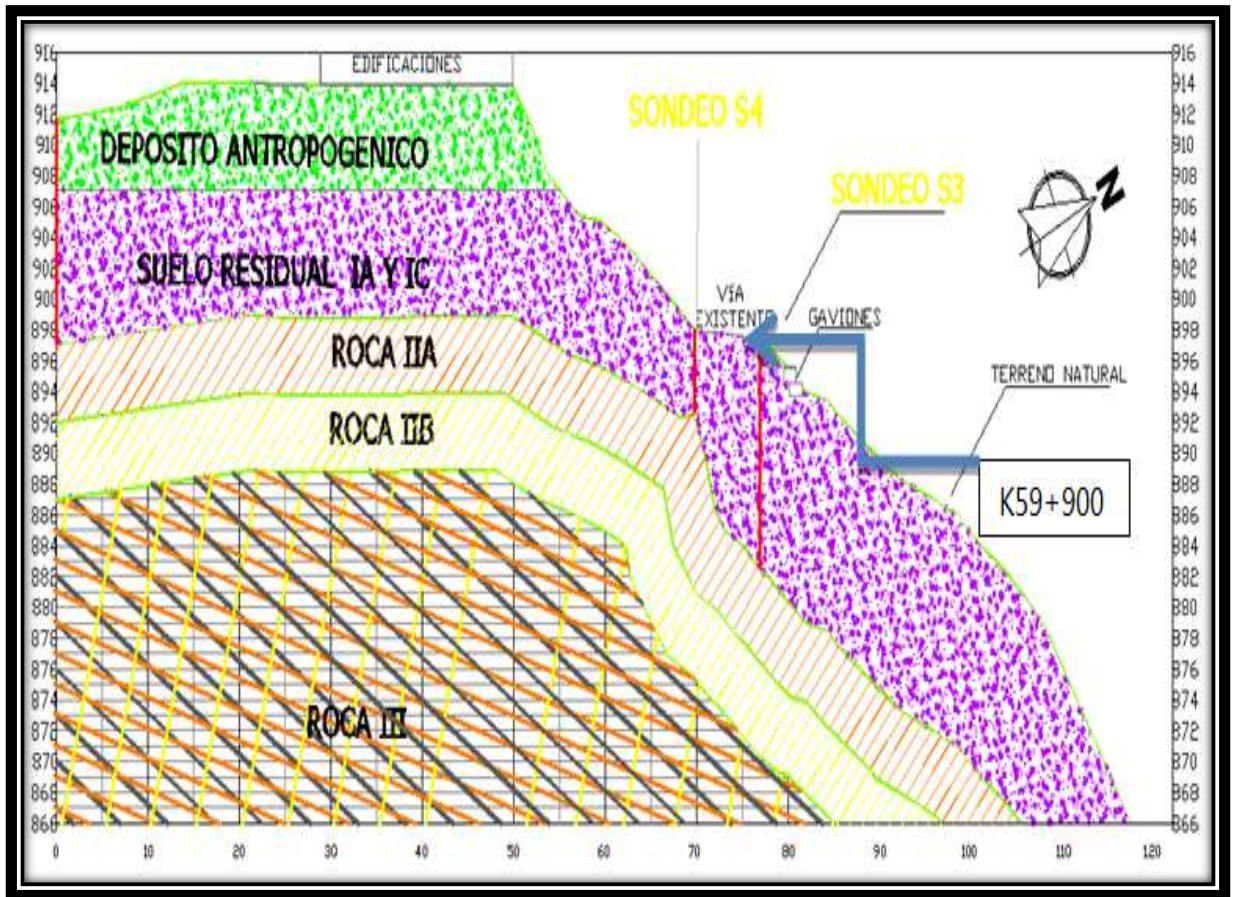


Figura 11 Perfil Geológico PR 59 + 900

4. HIDROLOGÍA

En este capítulo se tendrán en cuenta tres factores principales como el clima, la temperatura y las precipitaciones.

4.1 CLIMA

En el municipio se hallan alturas que varían, entre 200 msnm en el extremo suroeste del municipio, hasta 2200

msnm en el cerro de Armas ubicado al centro del municipio; el primero se manifiesta con un relieve semiplano y pendientes suaves y el segundo con un relieve típico montañoso que predomina en el municipio, factores que inciden profundamente en la variación del clima. [12]

4.2 TEMPERATURA

La temperatura promedio es de 25°C, precipitaciones medias anuales de

3000 mm, Humedad relativa del 80% y con aproximadamente 1400 horas de brillo Solar. Estos datos son los promedios extraídos de los monitoreos de la estación meteorológica de Cimitarra, siendo la más cercana al municipio.

4.3 PRECIPITACIONES

El municipio de Landázuri, se distingue básicamente por presentarse en dos regiones geográficas:

Región Andina: de 1250 a 2200 msnm precipitaciones máximas de 3000 mm/año

Región de Piedemonte: de 200 a 1250 msnm donde la precipitación obedece a un régimen bimodal, es decir, con dos periodos de invierno y dos de verano anualmente, lográndose ubicar los meses más lluviosos entre Abril – Mayo y Octubre – Noviembre, y los más secos entre Enero – Marzo y Julio – Agosto. [13]

5. MODELOS GEOTÉCNICOS CONDICIÓN ACTUAL DEL SECTOR

De acuerdo con la topografía del sitio y los resultados de la exploración geotécnica se procedió a realizar el análisis de estabilidad mediante un método determinístico, empleando un software de equilibrio límite.

Para evaluar la estabilidad de la ladera el sitio de estudio, se desarrollaron diferentes escenarios con variadas condiciones para analizar diferentes tipos de falla posibles para el sector.

Se analizaron escenarios en condiciones actuales para condiciones estáticas y dinámicas teniendo en cuenta la ocurrencia de un sismo. Para el análisis dinámico se tuvo en cuenta el 60% de la aceleración pico para el sismo de diseño del sector en estudio que corresponde a 0.15 g, tomando como una aceleración horizontal.

5.1 PROPIEDADES DEL SUELO

Se utilizó el sistema de parámetros totales de resistencia, de acuerdo al sistema de Mohr-Coulomb [14]. Obtenidos en el ensayo de Corte Directo Drenado, practicados a muestras inalteradas extraídas de cada depósito identificado en el sitio de acuerdo a los resultados de los laboratorios y de lo observado en campo.

En la figura12 se puede observar las propiedades de los 3 estratos identificados en el sector con los que se realizaron los modelos geotécnicos, siendo la capa superficial un suelo antrópico, la

intermedia un suelo residual y la capa más profunda roca.

MATERIAL	ÁNGULO DE FRICCIÓN	PESO ESPECÍFICO	COHESIÓN	COLOR
RELLENO ANTRÓPICO	25	19.0 KN/m ³	25 KN/m ²	Grigio
SUELO RESIDUAL	20	17.5KN/m ³	20 KN/m ²	Verde
ROCA	40	22.0KN/m ³	60 KN/m ²	Naranja

Figura 12 Valores Usados en los Modelos

5.2 MODELACIÓN DE ALINEAMIENTOS EN EL SECTOR

En la figura13 se pueden observar la ubicación de los seis alineamientos que se analizaron, la ubicación se encuentra en la planta topográfica del sector en estudio.



Figura 13 Ubicación de los seis Alineamientos

Para el análisis del modelo geotécnico se utilizó el software para computador GEOSLOPE.

de seguridad, por los métodos de FELLENIUS, BISHOP, JANBU y MORGENSTERN PRICE [15].

Para el presente artículo solo se presentaran los resultados de los alineamientos A y E.

5.2.1 Alineamiento A.

En la figura14 se observa el modelo estático con sus respectivos factores

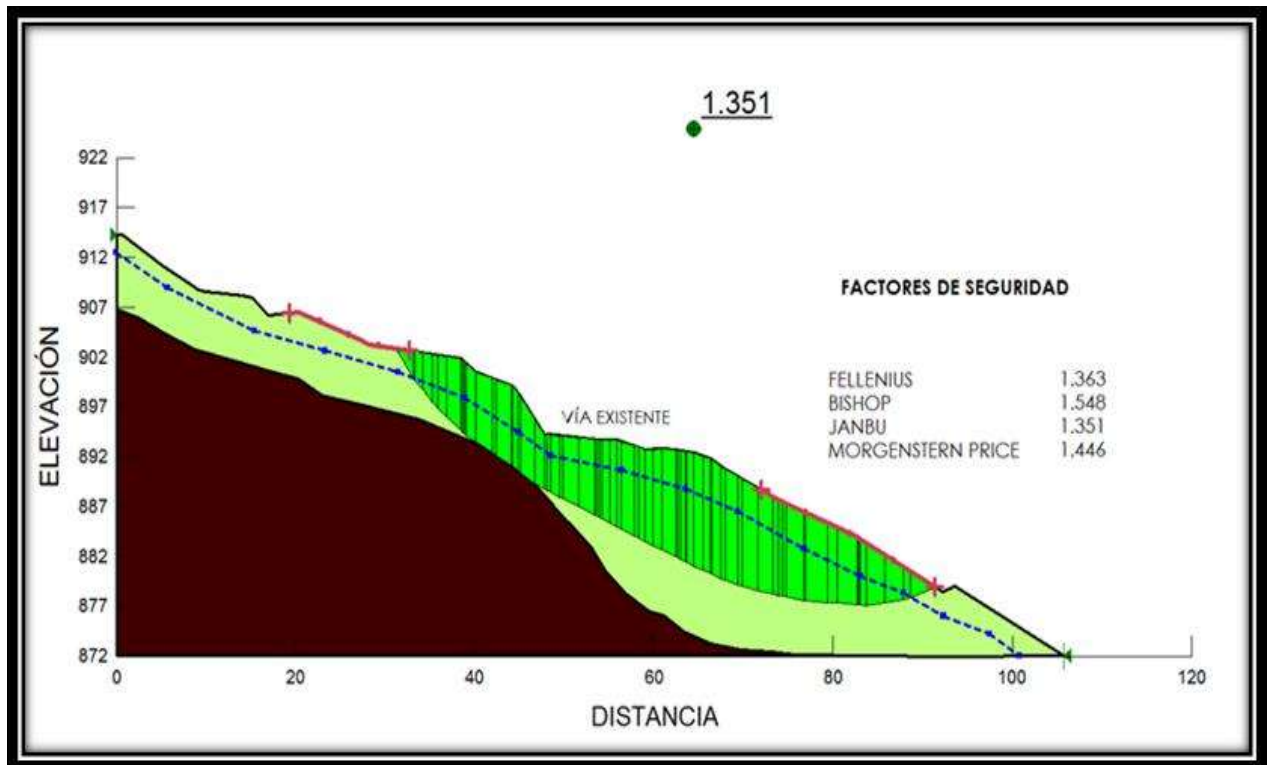


Figura 14 Condición Actual Modelo Estático

En la figura15 se observa el modelo dinámico con sus respectivos factores de seguridad.

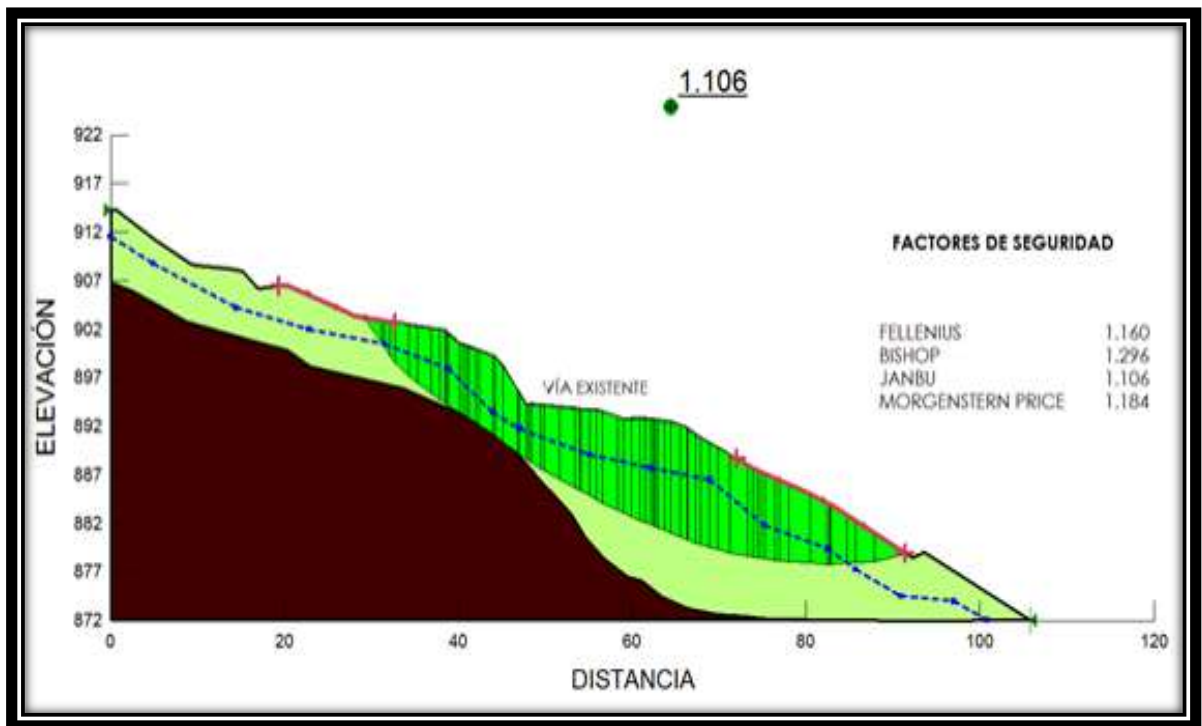


Figura 15 Condición Actual Modelo Dinámico

5.2.2 Alineamiento E.

En la figura 16 se observa el modelo estático con sus respectivos factores de seguridad.

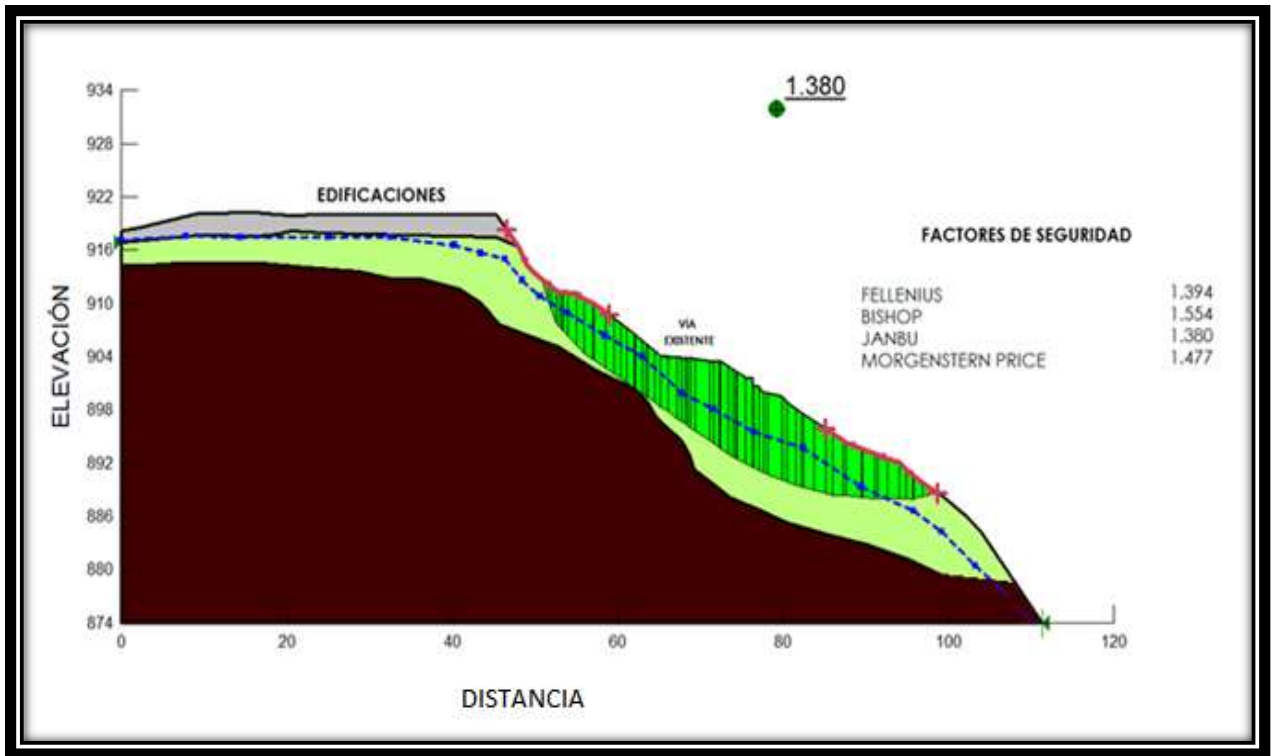


Figura 16 Condición Actual Modelo Estático

En la figura17 se observa el modelo dinámico con sus respectivos factores de seguridad.

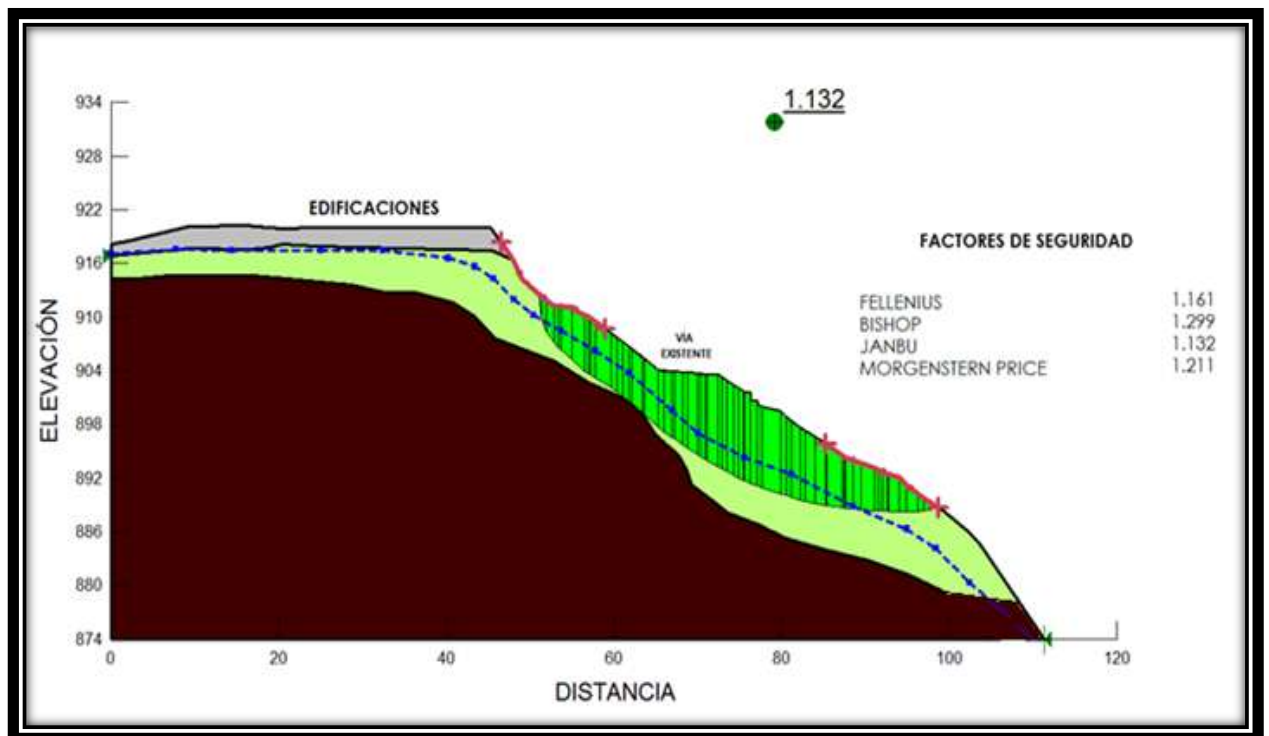


Figura 17 Condición Actual Modelo Dinámico

5.2.3 Análisis de Resultados

En los modelos se tuvo en cuenta el nivel freático, de acuerdo a lo encontrado en la exploración geotécnica, además esto simula la condición más crítica y permite analizar con mayor detalle las posibles superficies de falla existentes en el sector. Las

propiedades de resistencia del suelo utilizadas en el modelo fueron obtenidas de los ensayos de resistencia practicados en laboratorio a las muestras de suelo obtenidas en campo.

Se puede observar que para las condiciones actuales, la superficie de

falla es de gran extensión y se encuentra en su totalidad dentro del estrato de suelo residual, pasando por debajo de la vía existente y abarcando gran parte de la ladera. Esto indica los movimientos que se presentan en el sector, son ocasionados por movimientos de toda la ladera.

De acuerdo a los modelos de estabilidad realizados se puede concluir, que el sector es inestable y la amenaza por fenómenos de remoción en masa es alta.

Aunque los factores de seguridad que se encontraron en los modelos de estabilidad de la parte de la ladera son más bajos, que los encontrados en la parte de la vía, son de mayor relevancia estos últimos, ya que en este sector se constató con las visitas de inspección y la exploración geotécnica que la amenaza es alta. Los factores de seguridad de los modelos donde se analizó la ladera, son en algunos alineamientos muy bajos sobre todo en los alineamientos que presentan mayor pendiente del

terreno, estos valores de seguridad son muy bajos y corresponden a fallos superficiales, que indican movimientos de la ladera que pueden generar deslizamientos leves y/o así como grandes movimientos en masa.

Los resultados de los factores de seguridad de los modelos estáticos y dinámicos para cada uno de los métodos se pueden ver en la figura 18

ALINEAMIENTO A		
MÉTODO	ANÁLISIS ESTÁTICO	ANÁLISIS DINÁMICO 0.15g
Morgenstern Price	1.447	1.184
Janbu	1.351	1.106
Bishop	1.548	1.296
Fellenius	1.363	1.160

ALINEAMIENTO E		
MÉTODO	ANÁLISIS ESTÁTICO	ANÁLISIS DINÁMICO 0.15g
Morgenstern Price	1.477	1.211
Janbu	1.380	1.322
Bishop	1.554	1.299
Fellenius	1.394	1.161

Figura 18 Factores de Seguridad

6. DIANÓSTICO GEOTÉCNICO

Para realizar el diagnostico geotécnico del sector se presenta los resultados de los estudios geológicos, la exploración geotécnica adelantada y la topografía del sector.

Topografía: La vía corta una ladera de unos 350 m. La pendiente de la ladera es de empinada a muy empinada. La corona de ladera se encuentra a 25 m, por encima del nivel de la vía. La pendiente longitudinal de la vía es ligeramente inclinada.

Geología regional: Geológicamente el sector se encuentra dentro de depósitos de rocas sedimentarias pertenecientes a la formación La Luna, compuesto principalmente por Shales oscuros, duros y finamente laminadas con algunas intercalaciones de calizas oscuras.

Geología Local: El estudio de UGS determino que en el sector se encuentran dos tipos de afloramientos de unidades las cuales es el suelo transportado y las unidades de roca sedimentaria de la formación la Luna. El suelo transportado está compuesto por depósitos de origen residual y de origen antrópico, sobre los cuales se encuentra roca sedimentaria, con espesor entre 14 y 20 m.

Geomorfología: las geoformas del sector se encuentran compuestas por laderas moderadas, cimas explanadas y corte vertical de laderas, las cuales se encuentran cubiertas por vegetación. Las laderas moderadas se presentan en ambos costados de la vía. Las cimas explanadas se encuentran sobre la corona del talud.

Exploración Geotécnica: En el sector se realizaron seis sondeos, tanto en la parte interior, como exterior de la vía y tres líneas de refracción sísmica, una transversal a la vía y dos longitudinalmente a esta. También se realizaron seis apiques en ambos lados de la vía.

Las líneas de refracción sísmica muestra para un modelo de 3 capas que el primer material presenta características muy deficientes, con velocidades de onda V_p muy baja infiriendo material de deficiente comportamiento mecánico, correlacionable con los depósitos residuales encontrados. A continuación encontramos un material con mejores propiedades mecánicas

y velocidades de onda correlacionables con roca sedimentaria y fracturada. Después de los 20 m de profundidad encontramos material con mejores propiedades mecánicas, indicando roca más sana.

De acuerdo con las visitas de inspección realizadas al sitio, la topografía, la exploración de campo, los resultados de laboratorio y la geología del sector, se realiza a continuación el diagnóstico geotécnico de este sitio.

Geotécnicamente para realizar la ampliación de la vía, la mayor parte de la banca va a quedar sobre ladera moderada y suelos transportados en su mayoría depósitos residuales, los cuales se encuentran sobre las rocas sedimentarias de la formación Umir. Esta configuración de materiales sueltos de mala calidad, ocasiona lavado superficial o erosión y hundimientos en la banca vial, los cuales se incrementan en épocas de lluvias, siendo necesario proyectar obras de control para proteger la banca, evitando que los factores

ambientales degraden el talud expuesto y ocasionen deslizamientos en este sector. Así mismo para realizar el ajuste del diseño vial, se debe realizar varios terraplenes al talud exterior de la vía, para conservar las casas del municipio de Landázuri que se encuentran sobre la corona del talud, quedando la rasante de la nueva vía a una cota de mayor altura a la existente.

7. OBRAS DE MITIGACIÓN

De acuerdo con los problemas geológicos - geotécnicos identificados, los resultados de las modelaciones realizadas y la ampliación de la vía se propone obras que mitiguen la amenaza por fenómenos de remoción en masa que existe en el sector en estudio.

Como medida de mitigación se propone realizar un muro en concreto de tipos diferentes [16], el primer tipo de muro reforzado de 2.0 metros de altura cimentado en pilotes de 22.0 metros de profundidad, en el área entre la corona del talud del sector y

vía, iniciando en la abscisa K 60 + 280 y finalizando en la K 60 + 201.70. El segundo tipo de muro reforzado de 2.0 metros de altura cimentado en pilotes de 24.0 metros de profundidad, en el área entre la corona del talud del sector y vía, iniciando en la abscisa K 60 + 201.70 y finalizando en la K 60 + 084.07. Por último el tercer tipo de muro reforzado de 2.0 metros de altura cimentado en pilotes de 25.0 metros de profundidad, en el área entre la corona del talud del sector y vía, iniciando en la abscisa K 60 + 084.07 y finalizando en la K 59 + 966.66

Además del muro en concreto reforzado, se deben adecuar drenes subterráneos en el sector en estudio como se especifica en los planos de obras de mitigación, estos drenes se proponen ya que de acuerdo a los modelos de estabilidad donde se tuvo en cuenta los niveles freáticos subsuperficiales que se observaron en las visitas de inspección y en las perforaciones realizadas, afectan notoriamente los factores de seguridad, bajándolos

considerablemente, estos factores de seguridad suben si se evacuan estas aguas subterráneas, o si ya no son tan superficiales.

CONCLUSIONES

La amenaza por fenómenos de remoción en masa en la zona es bastante alta, debido a un contacto fallado de las rocas de la formación la Luna y la formación Umir, esta falla es de tipo inverso. Con orientación N62E.

Los suelos de carácter antrópico son una constatación en las laderas cercanas a la entrada del municipio, ya que no existe un control para la disposición de materiales producto de la construcción y de la minería, estos depósitos presentan poca compactación, constituyéndose en un factor de riesgo para deslizamientos de las laderas.

La zona de estudio presenta difícil acceso debido a una topografía quebrada y con pendientes pronunciadas, con valores de hasta un 70% en algunos sectores.

Los niveles freáticos en la zona de estudio se encuentran a poca profundidad lo que constituye un factor de activación de deslizamientos en la vía.

Los suelos que predominan hasta los 7 metros de profundidad son gravas limosas con arenas, con una alta humedad y compuestos por tamaños heterogéneos de partículas desde limos hasta materiales con tamaño superior a 3”.

La roca se encuentra a profundidades mayores de 17 metros. Por esta razón el sistema de cimentación debe ir a mayores profundidades para garantizar una buena estabilidad de cimentación, esta roca presenta un buzamiento de S30°W.

REFERENCIAS

[1] INSTITUTO Nacional de Vías I.N.V.E123 Análisis granulométrico de suelo por tamizado, pp. 1-6

[2] INSTITUTO Nacional de Vías I.N.V.E125 Análisis granulométrico de suelo por tamizado, pp. 1-9

[3] INSTITUTO Nacional de Vías I.N.V.E126 Análisis granulométrico de suelo por tamizado, pp. 1-7

[4] Brajas M Das, principio de ingeniería de cimentaciones Quinta Edición. Sacramento: California State University, 2004, pp, 13-15

[5] Brajas M Das, principio de ingeniería de cimentaciones Quinta Edición. Sacramento: California State University, 2004, pp, 15-19

[6] INSTITUTO Nacional de Vías I.N.V.E154 Análisis granulométrico de suelo por tamizado, pp. 1-10

[7] EOT, Municipio de Landázuri documentos finales, diagnóstico ambiental, geología, p 32

[8] EOT, Municipio de Landázuri documentos finales, diagnóstico ambiental, geología, p 34

[9] EOT, Municipio de Landázuri documentos finales, diagnóstico ambiental, geología, p 39

[10] EOT, Municipio de Landázuri documentos finales, diagnóstico ambiental, geología, p 41

[11] EOT, Municipio de Landázuri documentos finales, diagnóstico ambiental, geología, p 52

[12] EOT, Municipio de Landázuri documentos finales, diagnóstico ambiental, geología, p 21

[13] EOT, Municipio de Landázuri documentos finales, diagnóstico ambiental, geología, p 24

[14] Suárez, Jaime, Deslizamientos, Análisis Geotécnico, Vol. 1, Bucaramanga, Colombia 2009, pp, 130-131

[15] Suárez, Jaime, Deslizamientos, Análisis Geotécnico, Vol. 1, Bucaramanga, Colombia 2009, pp, 152-157

[16] Suárez, Jaime, Deslizamientos, Técnicas de remediación, Vol. 2, Bucaramanga, Colombia 2009, pp, 21-31

BIBLIOGRAFÍA

Brajas M Das, principio de ingeniería de cimentaciones Quinta Edición. Sacramento: California State University, 2004, págs., 13-15 -19

EOT, Municipio de Landázuri documentos finales, diagnóstico ambiental, geología, págs. 21-24- 32-34 -39-41-51

INSTITUTO Nacional de Vías I.N.V.E123 Análisis granulométrico de suelo por tamizado, pp. 1-6

--- 25 Análisis granulométrico de suelo por tamizado, pp. 1-9

--- 126 Análisis granulométrico de suelo por tamizado, pp. 1-7

--- 154 Análisis granulométrico de suelo por tamizado, pp. 1-10

Suárez, Jaime, Deslizamientos, Análisis Geotécnico, Vol. 1, Bucaramanga, Colombia 2009, págs. 130-131- 152-157, Vol. 2 – 21-31

BIOGRAFÍA



Jesús Camilo Ramírez nació el 26 de octubre de 1982 en Guamal, Magdalena Colombia. Actualmente es estudiante de Ingeniería Civil en la escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Industrial de Santander (UIS).

Su experiencia laboral incluye una práctica en la empresa TORRES ING. Donde trabaja actualmente. Su interés profesional se centra en el diseño de estructuras y vías.