



CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA GRATUITA "EL TESORO" CONVOCATORIA SEGUNDA FASE PARA LA REVISIÓN DE LA VIABILIDAD DE PROYECTOS EN EL MARCO DEL PROGRAMA DE VIVIENDA GRATUITA ETAPA-PVG II MUNICIPIO DE PAMPLONITA, NORTE DE SANTANDER.

EDS-2016-1063

PÁGINA 1 DE 61

**ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES
PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA GRATUITA "EL TESORO"
CONVOCATORIA SEGUNDA FASE PARA LA REVISIÓN DE LA VIABILIDAD DE
PROYECTOS EN EL MARCO DEL PROGRAMA DE VIVIENDA GRATUITA
ETAPA-PVG II MUNICIPIO DE PAMPLONITA, NORTE DE SANTANDER.**



OCTUBRE 2016



Ingeniería + Control

R.L. INC. CAROLINA JACOME ROMERO
NIT: 900480635-0



CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA GRATUITA "EL TESORO" CONVOCATORIA
SEGUNDA FASE PARA LA REVISIÓN DE LA VIABILIDAD DE PROYECTOS EN EL
MARCO DEL PROGRAMA DE VIVIENDA GRATUITA ETAPA-PVG II MUNICIPIO DE
PAMPLONITA, NORTE DE SANTANDER.

EDS-2016-1063

PÁGINA 2 DE 61

**ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES
PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA GRATUITA "EL TESORO"
CONVOCATORIA SEGUNDA FASE PARA LA REVISIÓN DE LA VIABILIDAD DE
PROYECTOS EN EL MARCO DEL PROGRAMA DE VIVIENDA GRATUITA
ETAPA-PVG II MUNICIPIO DE PAMPLONITA, NORTE DE SANTANDER.**

INFORME DEFINITIVO V.0.

PRESENTADO A:



ALCALDIA DEL MUNICIPIO DE PAMPLONITA

CUCUTA, OCTUBRE DE 2016

 **Ingeniería + Control** 2011
R.L. INC. CAROLINA JACOME ROMERO
NIT. 900480635-0



CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA GRATUITA "EL TESORO" CONVOCATORIA SEGUNDA FASE PARA LA REVISIÓN DE LA VIABILIDAD DE PROYECTOS EN EL MARCO DEL PROGRAMA DE VIVIENDA GRATUITA ETAPA-PVG II MUNICIPIO DE PAMPLONITA, NORTE DE SANTANDER.

EDS-2016-1063

PÁGINA 3 DE 61

San José de Cúcuta, Octubre del 2016

SEÑORES
ALCALDIA DEL MUNICIPIO DE PAMPLONITA
L.C

Ref. Análisis de Estabilidad de Taludes para la construcción de vivienda gratuita "el tesoro" convocatoria segunda fase para la revisión de la viabilidad de proyectos en el marco del programa de vivienda gratuita etapa-pvg ii municipio de pamplonita, norte de santander.

Cordial Saludo,

Anexo a la presente el informe correspondiente al estudio de suelos. Informe Estudio de suelos para la construcción de vivienda gratuita El Tesoro en el municipio de Pamplonita, departamento Norte de Santander. En el encontrará los resultados del reconocimiento de campo, exploración superficial del subsuelo, caracterización geotécnica, cálculo y análisis de Capacidad Portante del Suelo y recomendaciones.

Sin otro particular,

Atentamente,


CAROLINA JACOME ROMERO

ING. CIVIL
C.c. Archivo
Especialista en Pavimento
Candidato a Especialista en Geotecnia

 **Ingeniería + Control 2011 S.A.S.**
R.L. ING. CAROLINA JACOME ROMERO
NIT. 900410635-0

El informe contiene 62 folios incluido este



TABLA DE CONTENIDO

1. GENERALIDADES
 1. GENERALIDADES
 - 1.1 ALCANCE
 - 1.2 METODOLOGÍA
2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO
 - 2.1 LOCALIZACION DEL PROYECTO
 - 2.2 DESCRIPCION DEL PROYECTO
3. ASPECTOS GEOLOGIOS
 - 3.1 DESCRIPCIÓN DE LAS UNIDADES GEOLÓGICAS PRESENTES EN EL AREA
 - 3.2 ESTRATIGRAFÍA
 - 3.3 GEOLOGIA ESTRUCTURAL
 - 3.4 GEOMORFOLÓGIA
 - 3.5 AMENAZAS GEOLÓGICAS
4. ENSAYO GEOFISICO
 - 4.1 ENSAYO DE REFRACCIÓN SÍSMICA
5. DATOS E INTERPRETACION DEL ENSAYO DE REFRACCION SISMICA
 - 5.1 LINEA SISMICA 1
 - 5.2 ENSAYO DE REFRACCION SISMICA LS1
 - 5.3 ENSAYO DE TOMOGRAFIA SISMICA LS1
 - 5.4 ENSAYO DE ONDA SUPERFICIALES MASW1D LS 1
 - 5.5 LINEA SISMICA 2
 - 5.6 ENSAYO DE REFRACCIÓN SÍSMICA LS 2
 - 5.7 Ensayo de Tomografía Sísmica LS 2
 - 5.8 Ensayo de Ondas Superficiales MASW1D LS 2
6. SISMICIDAD REGIONAL
7. ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES
 - 7.1 ANALISIS DEL TALUD DEL PERFIL L1
 - 7.2 ANALISIS DEL TALUD DEL PERFIL L2
 - 7.3 RESUMEN RESULTDOS OBTENIDOS
 - 7.4 CONSIDERACIONES DE DISEÑO
 - 7.5 CONTROL DE EROSION





CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA GRATUITA "EL TESORO" CONVOCATORIA
SEGUNDA FASE PARA LA REVISIÓN DE LA VIABILIDAD DE PROYECTOS EN EL
MARCO DEL PROGRAMA DE VIVIENDA GRATUITA ETAPA-PVG II MUNICIPIO DE
PAMPLONITA, NORTE DE SANTANDER.

EDS-2016-1063

PÁGINA 5 DE 61

7.6 MANEJO DE AGUAS LLUVIAS Y OBRAS DE DRENAJE

7.7 DISEÑO DE OBRS GEOTECNICAS DE CONTENCIÓN Y ESTABILIZACION

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9. LIMITACIONES

ANEXOS



1. GENERALIDADES

Se realizó el presente Estudio y Análisis del talud donde se proyecta la construcción de viviendas vivienda gratuita El Tesoro, en el municipio de Pamplonita, departamento Norte de Santander; teniendo en cuenta que se debe enmarcar dentro del reglamento colombiano de diseño y construcción sismo resistentes todas las nuevas edificaciones que se construirán, repararán o que se modificarán en el territorio nacional.

En desarrollo del estudio y con el fin de cumplir con los nuevos lineamientos del título H de la Norma Colombiana para el diseño y construcciones sismo resistentes – NSR10 (Decreto 926 de Marzo 19 de 2010), se realizó la definición proyecto haciendo una descripción de la zona, una ligera caracterización física y geográfica del lugar en general, la evaluación y descripción de los materiales encontrados en la exploración del terreno y los resultados de laboratorio para con estas herramientas obtener la información necesaria acerca de las características geomecánicas de los suelos y capacidad portante.

Para el desarrollo del trabajo se desplazó al sitio un obrero y un ingeniero geotécnista para determinar la ubicación de los ensayos Geofísicos y detalle del Levantamiento Topográfico del área a intervenir. Se recomienda que una vez se inicien los trabajos, un Ingeniero Civil especializado revise y verifique que las hipótesis que permitieron realizar este estudio se mantienen o sí, por el contrario, es necesario hacer alguna recomendación adicional.

Las investigaciones y conclusiones consignadas en este informe se ciñen estrictamente a las características morfológicas del sitio en el momento del estudio y al proyecto entregado, cualquier variación de las mismas se deberá informar, para así poder dar las recomendaciones necesarias.

El grupo consultor no se hace responsable por cualquier tipo de daño y/o sanción derivados de modificaciones efectuadas al proyecto sin la respectiva consulta, o bien por no tener en cuenta las recomendaciones hechas en la presente consultoría.

1.1 ALCANCE

En este informe se presentan las actividades concernientes a los estudios geotécnicos para el análisis de taludes partir de un marco geológico - geotécnico mediante métodos geofísicos (refracción





sísmica) el cual permite representar de manera aproximada el comportamiento geotécnico del subsuelo. El diagnóstico del sector de interés tiene como función primordial establecer las condiciones actuales del terreno, y condiciones futuras para dar recomendaciones de manejo desde el punto de vista ingenieril, geotécnico y ambiental.

Las etapas del presente estudio se definen así:

1. Revisión de la Topografía del lugar
 - 1) Investigación del subsuelo:
 - 2) Análisis y recomendaciones. De acuerdo a los parámetros físicos y mecánicos, se realiza la interpretación de estos realizando los análisis pertinentes respecto a evaluar las hipótesis de capacidad portante y presión admisible máxima de contacto.

1.2 METODOLOGÍA

A continuación se describen cada una de las actividades llevadas a cabo en desarrollo del estudio:

Recopilación, análisis y evaluación de información del proyecto

La información relacionada a continuación se usó como referencia para la elaboración del presente documento:

- Levantamiento topográfico
- Localización de los puntos de interés
- Requisitos Norma NSR-10 la cual contiene la microzonificación sísmica de la zona de estudio.

Reconocimiento y adquisición de datos

Efectuada con la visita puntual en el sitio del proyecto de construcción de vivienda gratuita "el tesoro" en municipio de Pamplonita, Norte de Santander, para planear la ubicación y ejecución de las Líneas de Refracción Sísmica y Ondas Superficiales con una profundidad de investigación Geofísica de 30 metros.

Fase de Valoración de Información: Revisión bibliográfica y análisis de la Información geológica existente de superficie y subsuelo, para el sector del estudio.

Fase de Procesamiento e Interpretación: Con los datos adquiridos de las fases anteriores y utilizando los software de inversión y modelización SEISIMAGER 2D Y SEISIMAGER/SW de la compañía



CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA GRATUITA "EL TESORO" CONVOCATORIA
SEGUNDA FASE PARA LA REVISIÓN DE LA VIABILIDAD DE PROYECTOS EN EL
MARCO DEL PROGRAMA DE VIVIENDA GRATUITA ETAPA-PVG II MUNICIPIO DE
PAMPLONITA, NORTE DE SANTANDER.

EDS-2016-1063

PÁGINA 8 DE 61

Geometrics Inc, se realizó el procesamiento e interpretación de los datos.

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Habiendo calibrado los parámetros de los materiales presentes a lo largo del tramo de estudio se realizaron los análisis de estabilidad tanto para condiciones actuales como para condiciones constructivas en función de la intervención del proyecto sobre la zona.

Los resultados de los análisis arrojan las condiciones y pautas con las cuales se deben afrontar las obras que se plantean.





2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

A continuación, se presentan algunas características básicas del proyecto con lo cual se definen tanto el conjunto de actividades a nivel de geotecnia y condiciones para la definición de parámetros geodinámicos necesarios para el cálculo estructural.

2.1 LOCALIZACION DEL PROYECTO

El municipio de Pamplonita está ubicado en la Región Sur-Occidental del Departamento Norte de Santander, junto con los Municipios de Pamplona, Mutíscua, Silos, Chitagá y Cácuta.

La cabecera municipal se encuentra ubicada a 72° 39' al oeste del meridiano de Greenwich (longitud) y a 7° 26' al norte del paralelo ecuatorial (latitud); a 63 km. de la capital del departamento, sobre la troncal Cúcuta - Pamplona y sobre la margen izquierda aguas abajo del Río Pamplonita. Igualmente se encuentra a escasos 11 Km. de la Ciudad de Pamplona, segundo centro urbano de importancia en el Departamento.

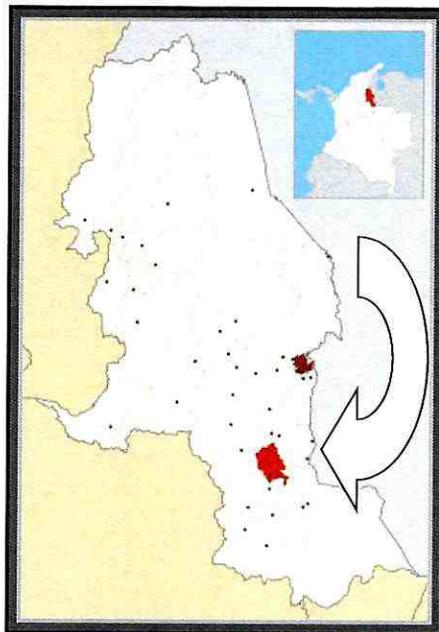


Figura 1 Ubicación municipio de Pamplonita en el territorio nacional

Su cabecera municipal está localizada sobre la margen izquierda del Río Pamplonita en un pequeño ramal que se desprende de la Carretera Central aproximadamente a 59 Km al sur de la ciudad de Cúcuta y a escasos 11 Km al norte de la ciudad de Pamplona, ambos, principales centros urbanos del Departamento.



Figura 2. Ubicación del sitio de estudio (fuente: Google Earth.)



2.2 DESCRIPCION DEL PROYECTO

El municipio de Pamplonita se encuentra ubicado en el departamento Norte de Santander, a una altura de 1886 msnm con un clima templado predominantemente.

El proyecto de Vivienda gratuita del municipio de Pamplonita en el sector EL TESORO, constara de 3984 m2 para la construcción de 4 edificios 5 pisos y 4 apartamentos por piso y un edificio de 5 pisos con 2 apartamentos por piso, con su vía de acceso y zona social. Este proyecto se implanta en un talud con una pendiente suave y ondulada, al cual en este informe se le realiza su respectivo análisis para determinar su estabilidad actual y futura.

El sistema constructivo así como su sistemas de cimentación no están dentro del alcance de este estudio Para ello una vez se determine su estabilidad condiciones de estabilidad se deberán realizar los estudio de suelos respectivos.

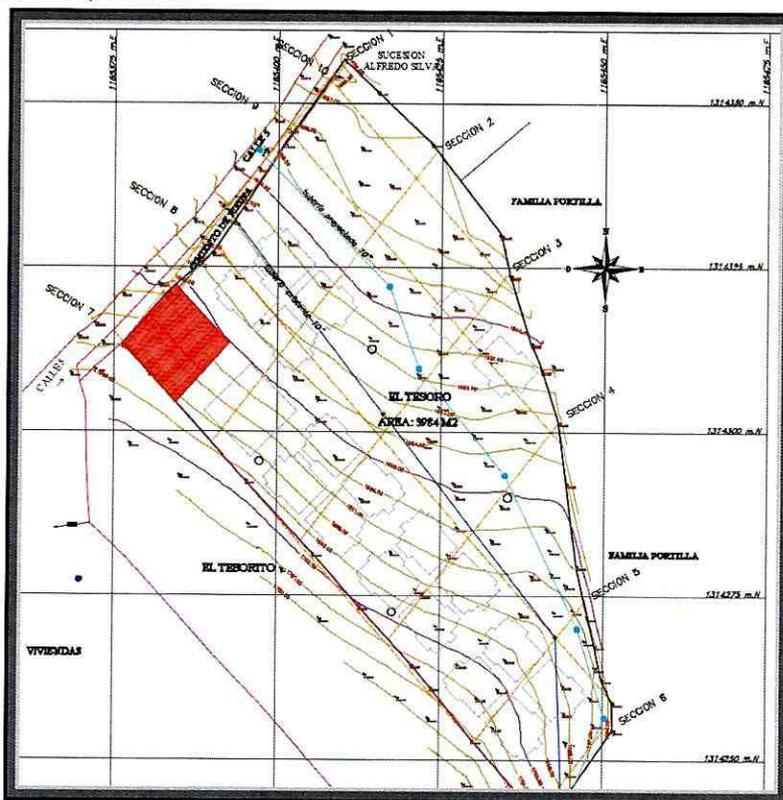


Figura 3. Planta Arquitectónica Proyecto de Vivienda Gratuita EL TESORO



CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA GRATUITA "EL TESORO" CONVOCATORIA SEGUNDA FASE PARA LA REVISIÓN DE LA VIABILIDAD DE PROYECTOS EN EL MARCO DEL PROGRAMA DE VIVIENDA GRATUITA ETAPA-PVG II MUNICIPIO DE PAMPLONITA, NORTE DE SANTANDER.

EDS-2016-1063

PÁGINA 12 DE 61



Figura 3. Planta Arquitectónica Proyecto de Vivienda Gratuita EL TESORO



3. ASPECTOS GEOLOGIOS

3.1 DESCRIPCIÓN DE LAS UNIDADES GEOLÓGICAS PRESENTES EN EL AREA

En el Municipio de Pamplonita afloran rocas precámbricas pertenecientes al Macizo de Santander, rocas sedimentarias de edades jurásica, cretácica y terciaria, así como depósitos cuaternarios. El geólogo Nelson G. Lizarazo en el estudio realizado para el E.O.T describe las siguientes unidades estratigráficas:

En un marco geológico regional, la zona se encuentra en el margen derecho del Valle aguas abajo del Río Pamplonita, sobre un depósito cuaternario de tipo coluvial, afectando a depósitos más antiguos correspondientes al cretácico.

El sitio de interés geotécnico corresponde a un depósito coluvial, suprayaciendo a un basamento cretácico, representado especialmente por arcillas pizarrosas gris verdoso, arcillas limolíticas y arcillas arenosas, notándose un aumento de las arenas hacia la parte superior correlacionable con la Formación Colón Mito Juan.

En general la región se caracteriza por presentar una geomorfología denudacional estructural con laderas inclinadas con material aluvial meteorizado que ha dado lugar a la formación de una capa húmica o suelo. Superficialmente se tienen suelos cubiertos por pastos y rastrojos.

3.2 ESTRATIGRAFÍA

En este capítulo se desea ilustrar las características litológicas y sedimentológicas de las unidades de roca del subsuelo que están comprometidas en la amplitud de investigación geofísica, además de evaluar y comprender las propiedades Las propiedades geomecánicas del subsuelo, la determinación de espesores y su respuesta a un efecto sísmico de van de acuerdo a la correlación de unidades geológicas presentes en el sitio con los valores obtenidos; es decir nos interesa detallar la litología de las rocas que estarían involucradas en este sector del municipio de Cúcuta.

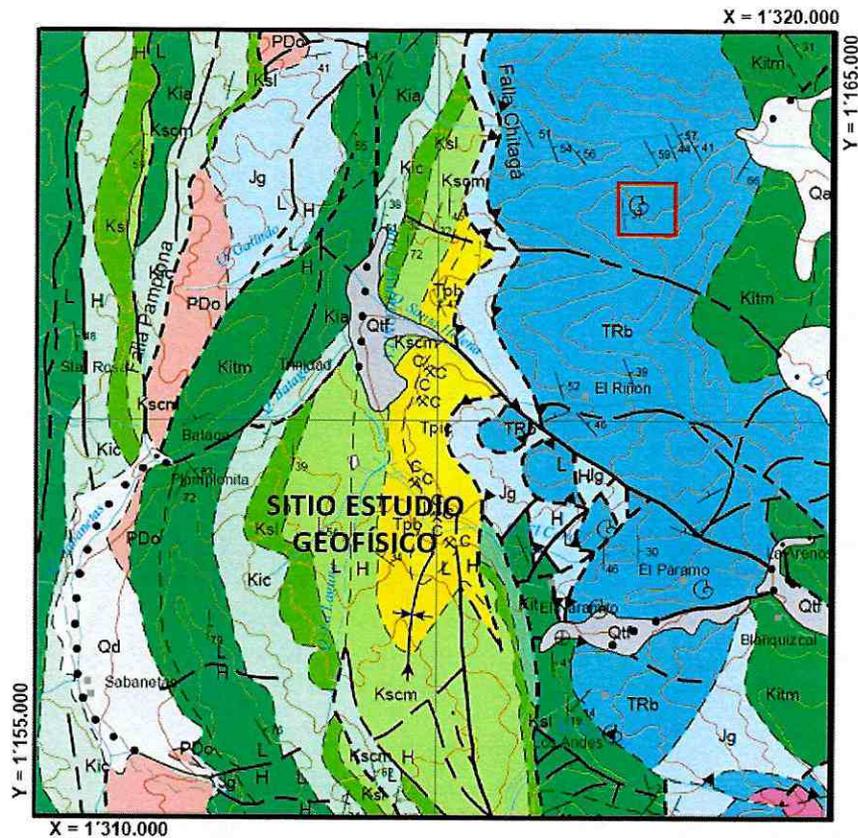




CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA GRATUITA "EL TESORO" CONVOCATORIA SEGUNDA FASE PARA LA REVISIÓN DE LA VIABILIDAD DE PROYECTOS EN EL MARCO DEL PROGRAMA DE VIVIENDA GRATUITA ETAPA-PVG II MUNICIPIO DE PAMPLONITA, NORTE DE SANTANDER.

EDS-2016-1063

PÁGINA 14 DE 61



LEYENDA

	Formación Barco		Formación Capacho
	Formación Colón Mito Juan		Sitio del Estudio Geofísico
	Formación La Luna		

Adaptado de la geología de la Plancha 110 – Pamplona, Ingeominas, 2010

Figura 4. Mapa Geológico regional y de Localización de los sitios de ejecución de las Líneas de Refracción Sísmica LS1 y LS2 en el proyecto de construcción de vivienda gratuita "el tesoro" convocatoria segunda fase para la revisión de la viabilidad de proyectos en el marco del programa de vivienda gratuita ETAPA-PVG II municipio de Pamplonita, departamento Norte de Santander.

A profundidades mayores a las del Estudio Geofísico, existen diferentes unidades de roca que para nuestro objetivo exploratorio no implican repercusiones importantes y por ello no se describen en el presente informe.



Formación Colón (Ksc)

Esta formación consta de arcillas pizarrosas de color gris, un poco calcáreas, ricas en foraminíferas. En la base y en contacto con la formación La Luna hay una serie de areniscas glauconíticas de 2 a 5 m. de espesor con abundantes restos de peces y foraminíferas retrabajadas. Esta zona yace bajo una arcilla pizarrosa muy pirítica de 3 a 5 m. de espesor. El espesor de la formación tiene un promedio de 240 m. Reposo concordantemente sobre la formación La Luna y el contacto se identifica por la aparición de las primeras calizas de esta última. La edad de la formación Colón, Santoniano a Campaniano, está basada en una buena fauna de foraminíferas.

Formación Mito Juan (Ksm)

Esta formación consta principalmente de arcillas pizarrosas gris verdoso, arcillas limolíticas y arcillas arenosas, notándose un aumento de las arenas hacia la parte superior. En la parte inferior hay arenas pizarrosas gris oscuras semejantes a las de la formación Colón; a diferencia de aquellas, las arcillas del Mito Juan no son calcáreas. Hacia la parte alta hay delgadas capas de calizas ferruginosas, fosilíferas, arenosas y glauconíticas. La formación Mito Juan reposa concordantemente sobre la formación Colón y su contacto en los registros eléctricos es bien definido. Este contacto también se puede determinar a base de foraminíferas. El espesor de la formación tiene un promedio de 455 m. La edad es Maestrichtiano.

Formación Barco (TPb)

La formación Barco es altamente productiva de petróleo. Esencialmente consta de una serie de areniscas y arcillas pizarrosas intercaladas que varían según el lugar. Las areniscas son generalmente de grano fino a medio, bien sorteadas, de color gris a gris claro; muestran laminación cruzada y alcanzan espesores hasta de 20 m. Las areniscas de la parte media y baja de la formación muestran un desarrollo secundario de sílice sobre los granos de arena, lo cual ha formado caras cristalinas que expuestas a la luz dan un efecto de destellos, por lo cual ha formado caras cristalinas que expuestas a la luz dan un efecto de destellos, por lo cual se conocen como «arenas chispeantes». Las arcillas pizarrosas y las arcillolitas intercaladas con las areniscas son de color gris oscuro, en parte limolíticas, micáceas y carbonáceas, y muestran localmente abundantes glóbulos de siderita. Hacia la parte posterior de la formación se presentan uno o más mantos delgados de carbón. Las arcillolitas y arcillas pizarrosas forman alrededor de la tercera parte del espesor total de la formación, el cual tiene un promedio de 90 m. La edad de la formación determinada por polen es Paleoceno Inferior (Van der Hammen, Bol. Geol. Vol.VI, pp. 93-96, 1958).





CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA GRATUITA "EL TESORO" CONVOCATORIA
 SEGUNDA FASE PARA LA REVISIÓN DE LA VIABILIDAD DE PROYECTOS EN EL
 MARCO DEL PROGRAMA DE VIVIENDA GRATUITA ETAPA-PVG II MUNICIPIO DE
 PAMPLONITA, NORTE DE SANTANDER.

EDS-2016-1063
PÁGINA 16 DE 61

Depósitos Coluviales (Qcl)

Son depósitos recientes que cubren a las formaciones del terciario y cretácico, están compuestos principalmente por fragmentos de areniscas, calizas ferruginosas, embebidos en una matriz arcillo-arenosa suelta. Por su naturaleza inconsolidada, estos materiales son fácilmente erodados

Por las condiciones tectónico - litológicos y determinantes climáticos son frecuentes estos depósitos de ladera en el sector. La morfología del área está conformada por pendientes moderadas que se tornan escarpadas.

FORMACIÓN NEIS DE BUCARAMANGA (Pdb)

Constituyen las rocas más antiguas que afloran en la cuenca del río Pamplonita. Ocupa 2.313 ha. que corresponden al 14.21% del territorio, abarca dos franjas: una que atraviesa el territorio de norte a sur, sobre la parte alta de la margen occidental del Municipio (vereda Septimaly y sectores de las veredas Bajo Santa Lucia, Alto Santa Lucia, Cúcano y San José de Tonchalá) y otra, de menor magnitud sobre esta misma margen, pero en la parte media (sectores de las veredas Cúcano, La Libertad, Llano Grande y Batagá). Corresponde a metamorfitas de origen sedimentario constituidas por paraneises cuarzofeldespáticos, neises hornbléndicos granatíferos y anfibolitas; en algunos sectores se presentan migmatitas y cuarcitas.

FORMACIÓN GIRÓN (Jg)

Ocupa 2.473 ha. que corresponden al 15.19% del área municipal, abarca dos franjas que atraviesan el territorio de norte a sur: una, de menor magnitud, que atraviesa la parte baja de la margen occidental del Municipio (sectores de las veredas Tesqua, Bajo Santa Lucia, Palmita, Alto Santa Lucia, Cúcano y La Libertad) y otra, mayor, que atraviesa la parte media de la margen oriental (sectores de las veredas Volcán, Matajira, Palmita, Tulantá, Buenos Aires, San Antonio, El Colorado y El Páramo). Consta de areniscas y conglomerados gris claro y rojizos compactos, en capas de 1 a 3 m de espesor, intercaladas con limolitas de la Edad Jurásica.

FORMACIÓN RIÓ NEGRO (Kir)

Ocupa 2.178 ha. que corresponden al 13.38% del área municipal, abarca una franja que atraviesa el territorio de norte a sur sobre la parte alta de la margen oriental (sectores de las veredas Volcán, Matajira, Palmita, Tulantá, Buenos Aires, San Antonio, El Colorado, El Páramo y El Picacho). Está





constituida por areniscas de cuarzo, gris claras, moteadas que varían a areniscas conglomeráticas, interpuestas con capas delgadas de conglomerados.

FORMACIÓN TIBU-MERCEDES (K_{tm})

Ocupa 1.969 ha. que corresponden al 12.09% del área municipal, abarca una franja que atraviesa el territorio de norte a sur sobre la parte media de la margen occidental (sectores de las veredas Tescua, Isabeles, Bajo Santa Lucia, Alto Santa Lucia, Cúcano, La Libertad, San José de Tonchalá, Llano Grande y Batagá). Es una alternancia de calizas biotíticas, lodolitas y arenitas fosilíferas, gris oscuras; hacia la base frecuentemente se encuentran areniscas conglomeráticas y conglomerados.

FORMACIÓN AGUARDIENTE (K_{ia})

Ocupa 3.611 ha que corresponden al 22.18% del territorio, abarca dos franjas que atraviesan el territorio de norte a sur: una, que atraviesa la parte media-baja de la margen occidental del Municipio (sectores de las veredas Tescua, Bajo Santa Lucia, Alto Santa Lucia, Cúcano, La Libertad, Llano Grande, Batagá y La Hojanca) y otra, mayor, que atraviesa la parte alta de la margen oriental (sectores de las veredas Picacho, San Antonio, El Colorado, El Páramo y Pica Pica). Consta de areniscas glauconíticas muy duras, calcáreas de color verdoso a grisáceo, de grano fino a grueso.

FORMACIÓN CAPACHO (K_{ic})

Ocupa 975 ha. que corresponden al 5.99% del territorio, abarca una franja en la parte baja del valle del río Pamplonita, hacia el norte (sectores de las veredas Volcán, Matajira, La Palmita y Alto Santa Lucia). Consta de arcillolitas laminadas gris oscuro, algo calcáreas y micáceas, intercaladas con capas de calizas.

FORMACIÓN LA LUNA (K_{sl})

Ocupa 774 ha. que corresponden al 4.75% del territorio, abarca una franja que atraviesa hacia el sur del Municipio el valle del río Pamplonita, en su parte media-baja (sectores de las veredas Palmita, Tulantá, Buenos Aires, San Antonio, Cúcano, La Libertad, Llano Grande, Batagá y Hojanca). Conformada por una sucesión de calizas gris oscura, con foraminíferos, lutitas bituminosas calcáreas y carpas de chert negro. Su edad es Turoniano-Coniaciano.





FORMACIÓN COLON-MITOUJUAN (Ks-cm)

Ocupa 820 ha. que corresponden al 5.04% del territorio, ocupa una franja que atraviesa hacia el sur del Municipio el valle del río Pamplonita, en su parte baja (sectores de las veredas Buenos Aires, San Antonio, La Libertad, Llano Grande, Batagá y Hojanca); cartografiada en una sola unidad dada la similitud litológica de estas dos formaciones (Colón y Mitojuan) y a que sus afloramientos son escasos e incompletos. La formación Colón esta constituida por lutitas gris a gris oscuro, ligeramente calcáreas con foraminíferos y delgados lentes de arcilla ferruginosa y la formación Mitojuan consta de lutitas gris verdosas, lutitas limosas a arenosas y hacia el tope limolitas y areniscas de grano fino.

FORMACIÓN BARCO (Tpb)

Ocupa 129 ha. Que corresponden al 0.79% del territorio, abarca una pequeña franja de 129 Ha. que atraviesa hacia el sur del Municipio el valle del río Pamplonita, en su parte baja (sectores de las veredas San Antonio, Colorado y San Rafael). Compuesta por areniscas, shales y arcillolitas intercaladas del Paleoceno inferior.

FORMACIÓN LOS CUERVOS (Tpc)

Ocupa 342 ha. Que corresponden al 2.10% del territorio, abarca una franja de 342 Ha. que atraviesa hacia el sur del Municipio el valle del río Pamplonita, en su parte baja (sectores de las veredas San Antonio, Colorado, Páramo y Hojanca). Compuesta por arcillolitas carbonosas intercaladas con areniscas de grano fino, con mantos de carbón en la parte inferior.

DEPOSITO CUATERNARIO ALUVIAL (Qal)

Corresponde a un abanico de 226 Ha. (1.39%) sobre la quebrada Santa Helena (amplios sectores de la Vereda San Rafael y pequeños sectores de la parte baja de las veredas San Antonio y El Colorado). Presenta una morfología escarpada producto de la disección del río Pamplonita sobre este depósito.

DEPOSITO CUATERNARIO ALUVIAL RECIENTE (Qalr)

Ocupa el 1.38% del territorio, corresponde a 224 Ha. de la ribera del río Pamplonita desde inmediaciones de la desembocadura de la quebrada Santa Helena hasta la desembocadura de la quebrada Bustamante; constituido por bloques y cantos de arenisca y Neis depositados sobre sus márgenes.





DEPOSITO CUATERNARIO COLUVIAL (Qt)

Corresponde a guijos cantos y bloques de arenisca y lodolitas de forma angular y subangular, ocasionalmente subredondeados, embebidos en matriz arcillosa. Ocupa una extensión de 38 Ha., sobre este depósito se encuentra localizado el Casco Urbano.



Figura 5. MAPA GEOLÓGICO URBANO. (Fuente IGAC-EOT)

3.3 GEOLOGIA ESTRUCTURAL

De acuerdo al Estudio Geológico, Pamplonita corresponde a una de las zonas orogénicas más activas de la región, presentando uno de los más complejos sistemas de fallas del departamento, constituyéndose así, en una zona de alta amenaza sísmica. La dirección predominante de este



complejo de fallas es Norte-Sur, con comportamiento preferiblemente compresivo. La falla de Chitagá o de Pamplona es el rasgo estructural más importante de la región.

3.4 GEOMORFOLOGÍA

En la zona de estudio se identificaron las siguientes unidades geomorfológicas

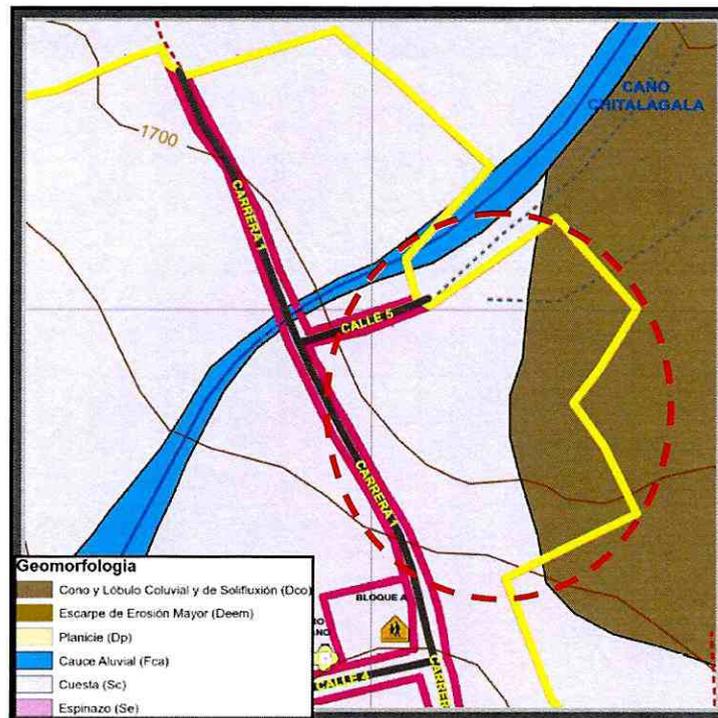


Figura 6. MAPA GEOMORFOLOGICO URBANO. (Fuente IGAC-EOT)

UNIDAD DE ORIGEN ESTRUCTURAL SOBRE ARENISCAS (Uea)

Ocupa una franja de 4.623 Ha. que atraviesa el territorio en dirección Norte-Sur, sobre la parte alta de la margen oriental del valle del río Pamplonita (28.40%). Esta representada por las areniscas competentes de las Formaciones Río Negro y Aguardiente, su nivel de erosión es considerablemente bajo en las cotas más altas gracias a su espesa vegetación. Los cauces que cruzan esta unidad forman un patrón de drenaje predominantemente subparalelo controlado estructuralmente,





minoritariamente se presenta dendrítico y ampliamente espaciado. El movimiento de remoción en masa mas notable en esta unidad es la caída de rocas

UNIDAD DE ORIGEN FLUVIAL (UHF)

Ocupa 2.24% del territorio, sobre la ribera del río Pamplonita desde la desembocadura de las quebradas Batagá y Santa Helena, hasta encontrar la desembocadura de la quebrada La Colonia. Su morfología es generalmente plana a moderadamente empinada en los abanicos, contrastante con las unidades de morfología empinada que la circundan. El drenaje de esta formación es predominantemente dendrítico y denso. Los procesos degradacionales más importantes de esta unidad y que la afectan considerablemente son la erosión laminar, en cárcavas y en hondonadas, siendo estas dos últimas las de mayor ocurrencia.

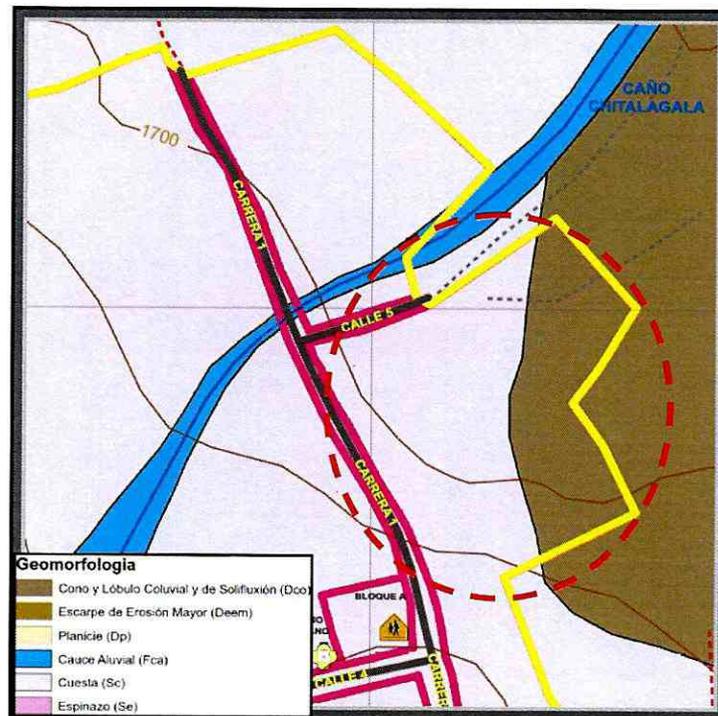


Figura 7. MAPA GEOMORFOLOGICO URBANO. (Fuente IGAC-EOT)





3.5 AMENAZAS GEOLÓGICAS

AMENAZA SÍSMICA ALTA Pamplonita, como todo el sur del Departamento está incluido dentro una zona que a nivel nacional está catalogada como de alta amenaza sísmica; atravesado por un sistema de fallas fácilmente identificables cuya actividad reciente no se ha estudiado aún. El geólogo Nelson G.Lizarazo, en el estudio realizado para el E.O.T., además de la alta amenaza sísmica consideró también la amenaza por erosión y fenómenos de remoción en masa y la amenaza por dinámica fluvial.

AMENAZA POR EROSIÓN Y FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA Fue discriminado en dos niveles de influencia para el Municipio:

AMENAZA ALTA (Aaer) Presenta el mayor grado de susceptibilidad a los fenómenos de erosión y remoción en masa, ocupa el 11.18% del territorio municipal (1.821 Ha.) distribuidas en las laderas proximales de las quebradas Regadas, Jiménez, La Teja, Santa Helena, La Laguna, El Canal y El Urumito, además de la ribera del río Pamplonita en área comprendida entre la desembocadura de estas dos últimas quebradas.

AMENAZA MEDIA (Amer) Es la zona de mayor extensión, corresponde al 65.92% del área municipal; ubicada especialmente en las partes bajas y medias del valle del río Pamplonita, sobre las topografías escarpadas, donde los procesos morfodinámicos aunque son importantes no presentan gran peligro. Su observación no debe descuidarse pues su geomorfología se encuentra en franca evolución.

AMENAZA POR DINÁMICA FLUVIAL Discriminada en dos niveles para el municipio:

AMENAZA ALTA (Aadf) Correspondiente a las riberas del río Pamplonita, desde la desembocadura de la quebrada El Urumito hasta la desembocadura de la quebrada El Naranjo, donde no aflora roca resistente en sus márgenes; este río es susceptible a los desbordamientos debido al gran aporte de flujo y sedimento de las microcuencas aledañas.

AMENAZA MEDIA (Amdf) Corresponde a un pequeño sector de 28 Ha., en la parte media de microcuenca Jiménez o Tulantá. La microcuenca la Colonia en el sector de Pamplonita está conformada por la vereda Las Isabeles y sectores de las veredas Septimaly, Tescua y Bajo Santa Lucía. se encuentran descritas anteriormente.



**CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA GRATUITA "EL TESORO" CONVOCATORIA
SEGUNDA FASE PARA LA REVISIÓN DE LA VIABILIDAD DE PROYECTOS EN EL
MARCO DEL PROGRAMA DE VIVIENDA GRATUITA ETAPA-PVG II MUNICIPIO DE
PAMPLONITA, NORTE DE SANTANDER.**

EDS-2016-1063

PÁGINA 23 DE 61

- La amenaza alta por erosión y movimientos de remoción en masa (Aa/AEM), ocupa 250 Ha. de la parte media alta de la microcuenca, correspondiendo a sectores de las veredas Isabeles, Septimaly, Tescua y un pequeño sector del Bajo Santa Lucia.
- La amenaza alta por movimientos de remoción en masa (Aa/AM), ocupa el margen izquierdo de la parte baja de quebrada, donde se presentan deslizamientos antiguos y recientes. Ocupa 140 Ha. de la vereda Tescua.
- La amenaza alta por movimientos de remoción en masa e inundaciones (Aa/AMI), abarca una pequeña extensión de 5 Km. Se localiza en la parte media baja de la quebrada La Colonia en donde forma un valle en "V" muy estrecho, en el que la intercalación de rocas competentes e incompetentes pueden dar origen a deslizamientos con posible represamiento de la quebrada.
- La amenaza media por erosión (Am/AE), abarca 637 Ha. de la microcuenca y se encuentra distribuida en la parte media de ésta.
- La amenaza media por inundación (Am/AI), está localizada en la zona baja de la microcuenca, donde se encuentran las menores pendientes y su amenaza depende de un posible represamiento de la quebrada con posterior avalancha, lo que produciría una inundación o un flujo de lodo.
- La amenaza baja (Ab), corresponde a las rocas competentes, estratificadas en el Grupo Uribante, que forman Monte Redondo y la parte alta de la microcuenca donde aún existe la protección del bosque natural y no presenta algún tipo de erosión.





4. ENSAYO GEOFISICO

Este capítulo contiene el resultado de los estudios por medio de la sísmica de refracción y ensayos de ondas de Superficiales (MASW1D) realizados por la empresa

Los estudios de exploración Geofísica mediante Refracción Sísmica y Ondas Superficiales, se realizan como complemento a los estudios Geotécnicos, para determinar la profundidad del basamento rocoso, espesores y/o capas de contacto basados en los registros de las respuestas sísmicas tales como las velocidades Compresionales (V_p) y Velocidades de Corte (V_s).

Con los valores de V_s , se obtienen los parámetros geomecánicos del subsuelo como el módulo de Young (E), módulo de corte máximo (G), módulo de deformación volumétrica (K) y relación de Poisson.

Se ejecutan dos (2) ensayos de refracción Sísmica en los sectores de interés geotécnico y geológico, donde las condiciones locales y en general de carácter logístico lo permiten.

Para la localización de las Líneas de Refracción se utilizó un GPS (Global Positioning System) Map 60CSx Garmin, que es un sistema de localización por satélite, el cual determina la posición de un punto en relación a un grupo de satélites que orbitan la tierra y envían continuamente señales de radio con la posición y el tiempo exactos de cada uno de ellos. Conociendo tres o más de estos satélites y calculando las diferencias en tiempo entre señales transmitidas, el GPS determina su posición en coordenadas planas con una precisión de 2 m.

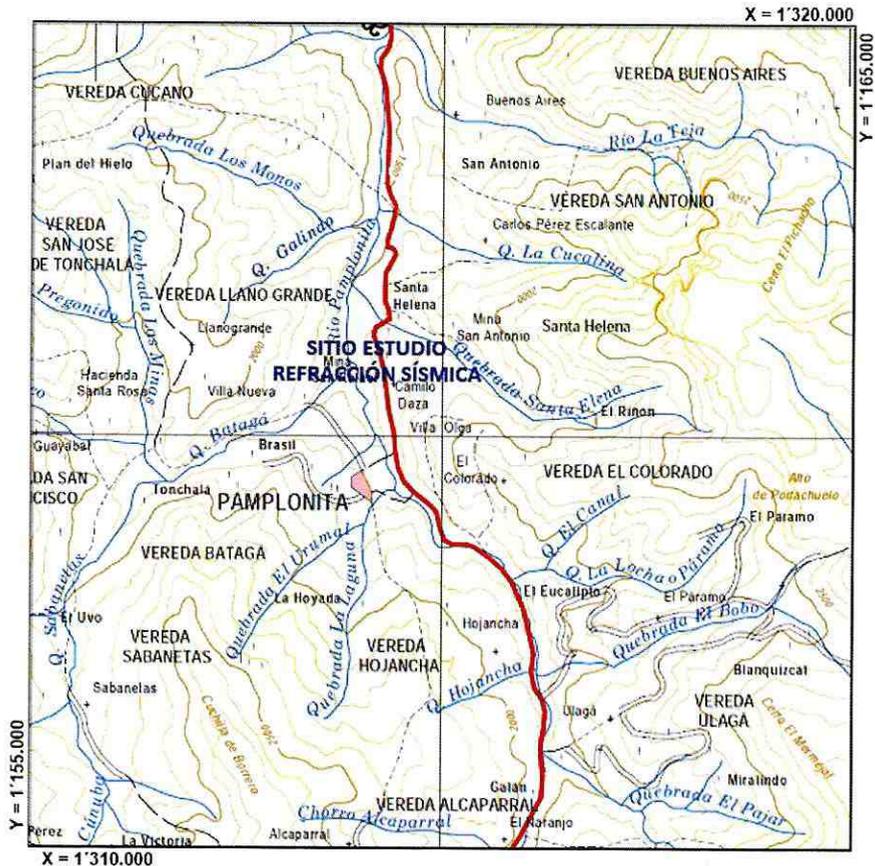


Figura 8. Mapa de Localización geográfica de los sitios de ejecución de las Líneas de Refracción Sísmica LS1 y LS2 en el proyecto de construcción de vivienda gratuita "el tesoro" convocatoria segunda fase para la revisión de la viabilidad de proyectos en el marco del programa de vivienda gratuita ETAPA-PVG II municipio de Pamplonita, departamento Norte de Santander.

4.1 ENSAYO DE REFRACCIÓN SÍSMICA

La sísmica de refracción constituye uno de los métodos de prospección más tradicionales de la geofísica. Su principio fundamental se basa en la medición de los tiempos de viaje de ondas sísmicas generadas por una fuente impulsiva en la superficie del subsuelo (o cercana a ella) y que son refractadas en las interfaces entre medios (refractores) con propiedades físicas (i.e. impedancias acústicas) diferentes. El análisis de dichos tiempos de viaje, bajo ciertas hipótesis definidas y siguiendo las leyes de la propagación de ondas, permite en principio obtener un perfil en profundidad de la distribución



geométrica de los diferentes refractores, con las correspondientes velocidades a las cuales la onda sísmica se propaga a través de ellos (Redpath, 1973).

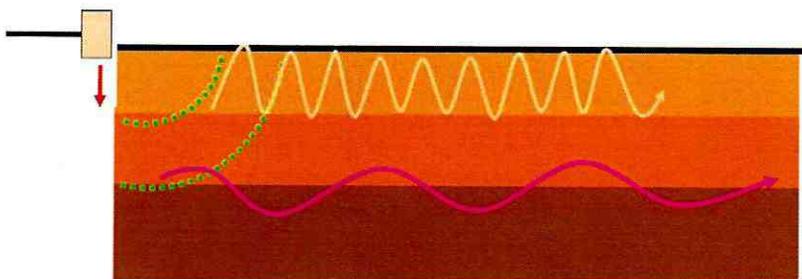


Figura 9. Esquema de las Ondas Generadas por medio de un Martillo

La fuente a emplear puede ser un martillo, una fuente de caída de peso o cargas explosivas. El objetivo en todos los casos es generar un pulso de ondas compresionales que será detectado en la superficie, luego de viajar en profundidad y refractarse en los diferentes estratos del subsuelo, por un arreglo lineal de receptores (geófonos con una frecuencia de 14,0 Hertz para refracción o de 4.5 Hertz para ondas superficiales) ubicados a distancias conocidas que transmitirán la señal eléctrica generada por las vibraciones del subsuelo hasta un equipo de grabación (sismógrafo), donde ésta será digitalizada y guardada para su posterior análisis e interpretación. Los datos adquiridos serán entonces sismogramas de los cuales pueden interpretarse los tiempos de recorrido en función de la distancia entre los receptores. Esta información luego debe ser procesada e interpretada por medio de un software para poder obtener la de velocidades de onda en el subsuelo.

Es importante destacar, que una de las limitaciones del método sísmico de refracción es su incapacidad para modelar inversiones de velocidad en el subsuelo, puesto que la presencia de tal característica anula la posibilidad de que se produzca la refracción a ángulo crítico (paralela a la interfaz entre los dos medios) que es fundamental para que la onda pueda ser detectada de nuevo en la superficie (Redpath, 1973). Por lo tanto, una de las condiciones para la aplicación de la refracción sísmica es que exista un aumento monótono de la velocidad con la profundidad en el subsuelo.

Asimismo, la existencia de una capa delgada (o varias) también representa un problema en este método, puesto que la refracción correspondiente a la misma no alcanzará la superficie como una primera llegada, ya que será enmascarada por la refracción de la capa infrayacente, aunque más profunda, se ve compensada por su mayor velocidad. La existencia de este problema no puede



conocerse *a priori*: se necesitaría información complementaria a partir de otros métodos o técnicas (e.g. perforaciones en el área).

Ensayo de Ondas Superficiales

Las ondas Superficiales se conocen como la energía que viaja a lo largo o cerca de la superficie de la tierra la cual decrece rápidamente con la profundidad. Se Caracterizan por su relativa baja velocidad, bajas frecuencias, y alta amplitud.

Estas ondas son generadas fácilmente por fuentes activas (Martillo) y fuentes pasivas como ruido ambiental, micro-tremores. Las ondas superficiales se presentan como movimientos elípticos verticales en la superficie, donde la dirección de las ondas varía de un lado a otro de la elipse.

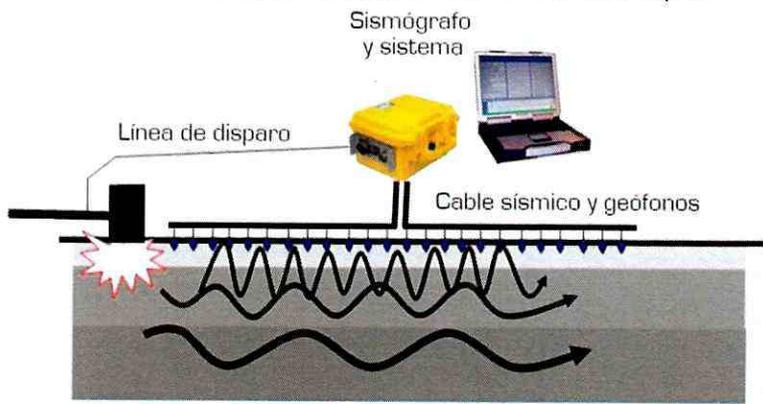


Figura 10. Arreglo Característico de los componentes fundamentales empleados en los ensayos de Refracción Sísmica y Ondas Superficiales.

El principio fundamental del análisis de ondas superficiales, se basa en que las ondas Rayleigh, viajan a una velocidad independiente de su longitud de onda en suelos uniformes y homogéneos, por ejemplo para un mismo estrato la velocidad de la onda Rayleigh es de $0.919 V_s$, que terminaría siendo la misma velocidad V_s para efectos prácticos. Por esta razón el análisis MASW es una técnica utilizada con mucha frecuencia para definir la velocidad de onda cortante in situ.

El trabajo de campo para el ensayo MASW se realiza con un sismógrafo y 24 geófonos generalmente, sin embargo la cantidad de geófonos puede variar dependiendo de la profundidad de estudio que se requiera. Mediante un equipo procesador electrónico digital se registran las diferentes frecuencias generadas por los elementos vibradores, y se obtiene la curva de dispersión que asocia la velocidad con



la frecuencia y la longitud de onda, la cual refleja las condiciones de rigidez del sitio, la estratigrafía y posibles anomalías en la compactación del suelo.

Después de obtener la curva de dispersión característica del sitio se calculan los perfiles de velocidad de onda de corte (V_s) derivados del proceso de inversión de las curvas de dispersión, los cuales se utilizarán como complemento a la exploración geotécnica realizada y permitirán definir el tipo de perfil de suelo de acuerdo con el criterio definido por la norma NSR-10.

Parámetros Geomecánicos

Conocidas las velocidades de corte (V_s), calculadas las compresionales (V_p) y las densidades (d) de los diferentes estratos que componen el subsuelo (los cuales se pueden obtener de ensayos de laboratorio o a partir de las velocidades compresionales) y dadas las relaciones matemáticas expresadas a continuación es posible calcular los módulos de Elasticidad (E), de Corte máximo (G_0), de deformación Volumétrica (K).

P-Wave Velocity	$V_p = 1.11V_s + 1290$	(Kitsunezaki, 1990)
d = Density	$d = 1.2475 + 0.399V_p - 0.026V_p^2$	(Ludwig, 1970)
Poisson's Ratio	$v = \frac{\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 2}{2\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 2}$	
Shear Modulus	$G = dV_s^2$	
Young's Modulus	$E = 2G(1 + v)$	
Bulk Modulus	$K = \frac{1}{3} \frac{E}{1 - 2v}$	

En las anteriores expresiones, V_p es la velocidad compresional en m/seg (Kitsunezaki, 1990), V_s la velocidad de corte en m/seg y d es la densidad o peso un unitario en g/cm^3 (Ludwig, 1970, $V_p = Km/s$; $d = g/cm^3$).



Según la teoría elástica, el módulo de elasticidad dinámico **E**, viene dado en función de la velocidad de propagación de ondas longitudinales (Ondas P) y ondas transversales (Ondas S), las ondas longitudinales son siempre más rápidas de las transversales, lo que hace que la detección de estas últimas sea más complicada en campo, y lo que suele hacerse para hallar el **E** es estimar la relación de Poisson como se enunció anteriormente.

El módulo dinámico **E** tiene un valor mayor que el estático, ya que se obtiene para incrementos tensionales pequeños como son los producidos por ondas sísmicas. La relación entre el módulo dinámico y el estático se considera normalmente de 4 (v. Link, 1969; Mayer, 1963), pero el rango puede estar entre 1 y 19.6. (Jiménez Salas, De Justo Alpañes, 1981).

De acuerdo con lo anterior se realizaron dos cálculos diferentes de la velocidad de onda compresional V_p , el primero tomado directamente en campo por medio del ensayo de refracción, y el segundo aplicando la fórmula de Kitsunezaki (1990), con respecto a las velocidades V_s determinadas con el ensayo Masw1D.

El geotecnista encargado del proyecto, deberá escoger que velocidades V_p que considere más convenientes para el diseño, dependiendo de la cantidad de información adicional del suelo que se tenga en el proyecto.

Clasificación del suelo según NSR-10

De acuerdo con la clasificación de los perfiles de suelo según el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, los suelos son clasificados de la siguiente forma:



CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA GRATUITA "EL TESORO" CONVOCATORIA
SEGUNDA FASE PARA LA REVISIÓN DE LA VIABILIDAD DE PROYECTOS EN EL
MARCO DEL PROGRAMA DE VIVIENDA GRATUITA ETAPA-PVG II MUNICIPIO DE
PAMPLONITA, NORTE DE SANTANDER.

EDS-2016-1063
PÁGINA 30 DE 61

Clasificación de los perfiles de suelo

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$\bar{v}_s \geq 1500$ m/s
B	Perfil de roca de rigidez media	1500 m/s > $\bar{v}_s \geq 760$ m/s
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	760 m/s > $\bar{v}_s \geq 360$ m/s
	perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$\bar{N} \geq 50$, o $\bar{s}_u \geq 100$ kPa (≈ 1 kgf/cm ²)
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	360 m/s > $\bar{v}_s \geq 180$ m/s
	perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > \bar{N} \geq 15$, o 100 kPa (≈ 1 kgf/cm ²) > $\bar{s}_u \geq 50$ kPa (≈ 0.5 kgf/cm ²)
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	180 m/s > \bar{v}_s
	perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	IP > 20 w $\geq 40\%$ 50 kPa (≈ 0.50 kgf/cm ²) > \bar{s}_u
F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista de acuerdo con el procedimiento de A.2.10. Se contemplan las siguientes subclases: F₁ — Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como: suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc. F₂ — Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H > 3 m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas). F₃ — Arcillas de muy alta plasticidad (H > 7.5 m con Índice de Plasticidad IP > 75) F₄ — Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (H > 36 m)	

Tabla 1. Clasificación de suelos de acuerdo con la NSR-10. Tabla A.2.4-1





5. DATOS E INTERPRETACION DEL ENSAYO DE REFRACCION SISMICA

Para los ensayos se utilizó la Estación Portátil de Prospección Sísmica de última generación GEODE (Figuras 14 y 15), fabricado por la empresa Geometrics INC, el cual contiene 24 canales de registro y sus accesorios constan entre otros de cables con Espaciamiento de hasta 10.0m, es de mencionar que el espaciamiento empleado en el presente trabajo fue de 4 metros entre geófonos magnéticos y una computadora portátil para almacenar los registros.

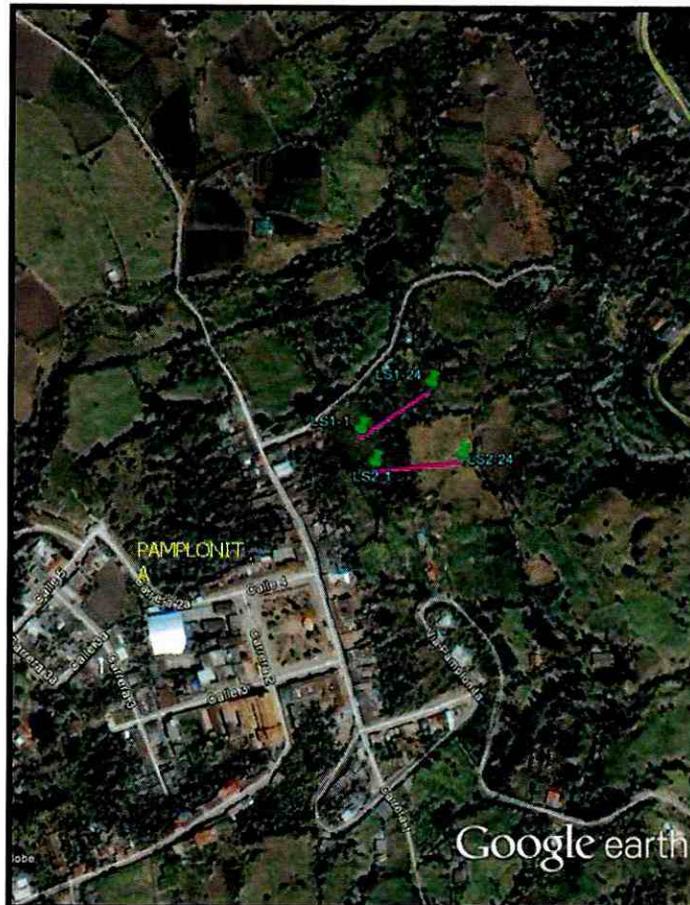


Figura 11. Imagen satelital con ubicación de las líneas de Refracción Sísmica LS1 y LS2 en el proyecto de construcción de vivienda gratuita “el tesoro” convocatoria segunda fase para la revisión de la viabilidad de proyectos en el marco del programa de vivienda gratuita ETAPA-PVG II municipio de Pamplonita, departamento Norte de Santander.





CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA GRATUITA "EL TESORO" CONVOCATORIA
 SEGUNDA FASE PARA LA REVISIÓN DE LA VIABILIDAD DE PROYECTOS EN EL
 MARCO DEL PROGRAMA DE VIVIENDA GRATUITA ETAPA-PVG II MUNICIPIO DE
 PAMPLONITA, NORTE DE SANTANDER.

EDS-2016-1063
PÁGINA 32 DE 61

La distribución de los Puntos de Disparo ó de Tiro, fueron entre 2 y 20 metros para la refracción sísmica y ondas superficiales.

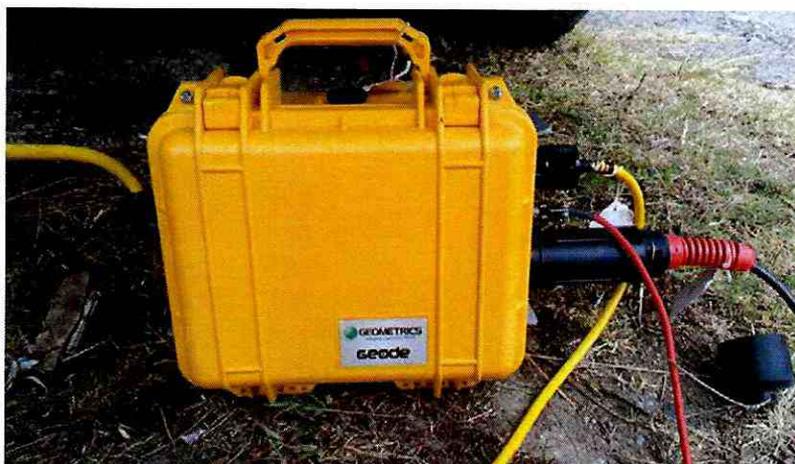


Figura 12. Sismógrafo utilizado para la ejecución de las líneas de Refracción Sísmica



Figura 13. Geófonos utilizados para la ejecución de las líneas de Refracción Sísmica





CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA GRATUITA "EL TESORO" CONVOCATORIA
 SEGUNDA FASE PARA LA REVISIÓN DE LA VIABILIDAD DE PROYECTOS EN EL
 MARCO DEL PROGRAMA DE VIVIENDA GRATUITA ETAPA-PVG II MUNICIPIO DE
 PAMPLONITA, NORTE DE SANTANDER.

EDS-2016-1063
PÁGINA 33 DE 61

5.1 LINEA SISMICA 1

LOCALIZACIÓN: Proyecto Constructivo **ETAPA-PVG**. Rumbo SO-NE

LONGITUD DEL TENDIDO: 92 metros

ESPACIAMIENTO ENTRE GEOFONOS: 4 metros

PROFUNDIDAD INVESTIGADA: 30 m

TERRENO: Pendiente - Ondulado

COORDENADAS: Geófono No 1 = X= 1314599 Y= 1159063 Z= 1277 m

Geófono No 24 = X= 1314643 Y= 1159134 Z= 1275 m

LOCALIZACION DE PUNTO DE TIRO			
PUNTO DE TIRO	LOCALIZACION (metros)	PROFUNDIDAD CAPA 2 (metros)	PROFUNDIDAD CAPA 3 (metros)
1	-10	0	N/A
2	-5	0	N/A
3	14	2.28	N/A
4	30	2.86	N/A
5	46	2.33	N/A
6	62	2.52	N/A
7	78	2.9	N/A
8	97	0	N/A
9	102	0	N/A

REFRACCION SISMICA LS 1			
GEOFONOS	LOCALIZACION (metros)	PROFUNDIDAD CAPA 2 (metros)	PROFUNDIDAD CAPA 3 (metros)
1	0	2.4	N/A
2	4	2.26	N/A
3	8	2.24	N/A
4	12	2.25	N/A
5	16	2.3	N/A
6	20	2.38	N/A
7	24	2.35	N/A
8	28	2.6	N/A
9	32	3.12	N/A
10	36	3.2	N/A
11	40	2.75	N/A
12	44	2.42	N/A
13	48	2.23	N/A
14	52	2.38	N/A
15	56	2.59	N/A
16	60	2.5	N/A
17	64	2.54	N/A
18	68	2.38	N/A
19	72	2.88	N/A
20	76	2.93	N/A
21	80	2.87	N/A
22	84	2.37	N/A
23	88	1.02	N/A
24	92	1.02	N/A

Tabla 2. Datos de Refracción Sísmica y Configuración de los puntos de tiro





5.2 ENSAYO DE REFRACCION SISMICA LS1

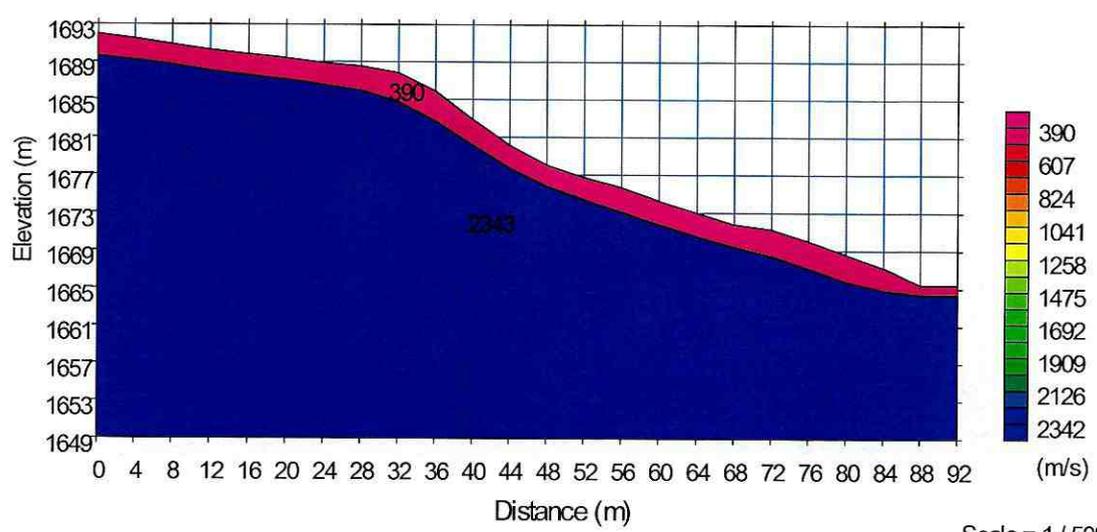


Figura 14. Resultado Ensayo de Refracción Sísmica o Modelo simplificado de 2 capas. Scale = 1/ 500

El perfil sísmico mostrado en la figura corresponde a la línea de refracción sísmica **LS1**, presenta un modelo de dos capas: la primera con velocidad de onda (V_p) de **390 m/s** y corresponde a un deposito coluvial conformado por fragmentos de areniscas, calizas ferruginosas, embebidos en una matriz arcillo-arenosa suelta y la segunda capa con velocidad de onda (V_p) de **2343 m/s** corresponde un deposito Cretácico, conformado por intercalaciones de limolitas y lodolitas gris oscuras a negras, fosilíferas levemente calcáreas, piritosas, y algunas capas delgadas de carbón correlacionables con la Formación Colón Mito Juan (Kscm)

5.3 ENSAYO DE TOMOGRAFIA SISMICA LS1

La imagen de Tomografía Sísmica **LS1** presenta un modelo detallado calculado por elementos finitos, el cual permite observar más de 10 capas que muestran la variación de la velocidad con la profundidad, muy útil para la identificación de anomalías geofísicas importantes.

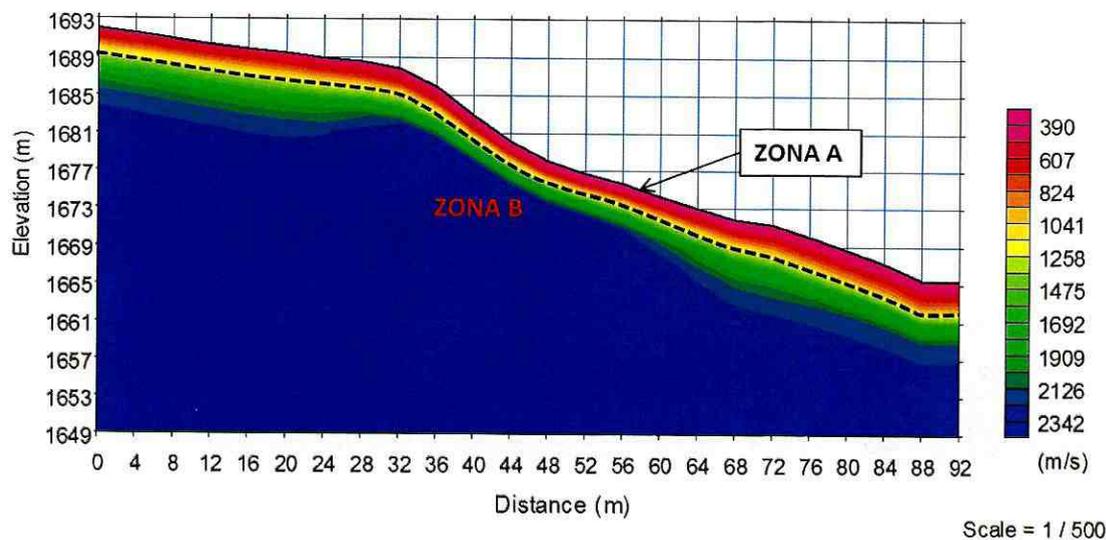


Figura 15. Resultado Ensayo de Refracción Sísmica - Modelo Tomografía 2D.

De acuerdo a los resultado de la imagen de tomografía sísmica se identifican dos zonas: La **ZONA A** corresponde a deposito Coluvial con un espesor máximo de **3 metros** aproximadamente en la parte final del perfil sísmico. La **ZONA B** corresponde a un depósito Cretácico, su comportamiento a lo largo del perfil no es homogéneo, presenta alto grado de fracturamiento y meteorización su parte superficial, sus propiedades geomecánicas van mejorando a medida que su profundidad es mayor. Se estima que la profundidad de este basamento varía entre los 2 y 3 metros desde la superficie.



5.4 ENSAYO DE ONDA SUPERFICIALES MASW1D LS 1

TABLA DE DATOS - MASW 1D - LS 1								
Depth (m)	S-wave velocity (m/s)	P-wave velocity (m/s)	Density (g/cm3)	N	Relacion de Poisson v	Módulo de Corte G (Ton/m2)	Módulo de Elasticidad Ed (Ton/m2)	Deformación K (Ton/m2)
0.00	335.91	1662.86	1.84	52.24	0.25	207556	518890	345927
1.07	335.56	1662.48	1.84	52.07	0.25	207112	517780	345187
2.31	334.54	1661.34	1.84	51.56	0.25	205806	514514	343009
3.71	333.62	1660.32	1.84	51.12	0.25	204648	511619	341080
5.27	333.75	1660.46	1.84	51.18	0.25	204805	512013	341342
7.01	351.24	1679.88	1.84	60.22	0.25	227584	568961	379307
8.90	380.12	1711.94	1.85	77.45	0.25	267994	669985	446657
10.96	434.64	1772.45	1.87	118.68	0.25	353897	884743	589829
13.19	442.70	1781.39	1.88	125.83	0.25	367681	919204	612802
15.58	459.47	1800.01	1.88	141.65	0.25	397268	993170	662113
18.13	465.66	1806.88	1.88	147.82	0.25	408508	1021269	680846
20.85	468.88	1810.46	1.89	151.10	0.25	414415	1036037	690691
23.74	470.75	1812.53	1.89	153.02	0.25	417863	1044658	696439
26.79	472.11	1814.05	1.89	154.44	0.25	420395	1050988	700659
36.43	473.37	1815.44	1.89	155.75	0.25	422724	1056810	704540

Tabla 3. Datos obtenidos en los ensayos de Ondas Superficiales MASW1D.

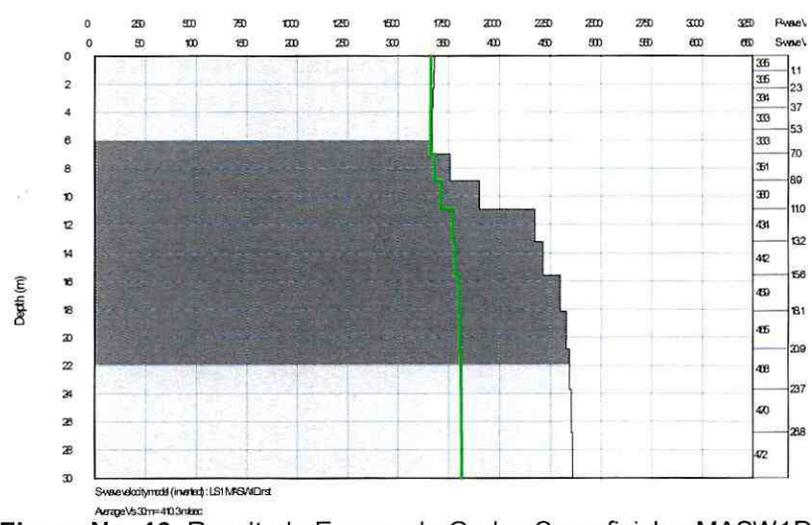


Figura No. 16. Resultado Ensayo de Ondas Superficiales MASW1D.

De acuerdo a la tabla de resultados promedio del ensayo de ondas superficiales Masw1D, la roca competente se encuentra aproximadamente a partir de los **8.9 m** de profundidad, alcanzando una velocidad de onda de corte de **380.12 m/s**, la cual va aumentando en profundidad llegando hasta **473.37 m/s a 36.43m**.

La velocidad de onda de corte (Vs) promedio para el perfil sísmico es de **410.3 m/s**, y según la clasificación de los perfiles de suelos de la tabla A.2.4-1 de la Norma Sismo-Resistente Colombiana



NSR10 clasifica el suelo como **suelo muy densos o roca blanda** que cumplan con el criterio de la onda cortante (Vs) (perfil tipo C).

5.5 LINEA SISMICA 2

LOCALIZACIÓN: Proyecto Constructivo **ETAPA-PVG**. Rumbo O-E
 LONGITUD DEL TENDIDO: 92 metros
 ESPACIAMIENTO ENTRE GEOFONOS: 4 metros
 PROFUNDIDAD INVESTIGADA: 30 m
 TERRENO: Pendiente - Ondulado

COORDENADAS: Geófono No 1 = X= 1314570 Y= 1159075 Z= 1269 m
 Geófono No 24 = X = 1314578 Y= 1159161 Z= 1274 m

LOCALIZACION DE PUNTO DE TIRO			
PUNTO DE TIRO	LOCALIZACION (metros)	PROFUNDIDAD CAPA 2 (metros)	PROFUNDIDAD CAPA 3 (metros)
1	-10	0	N/A
2	-5	0	N/A
3	14	2.15	N/A
4	30	2.39	N/A
5	46	2.57	N/A
6	62	2.56	N/A
7	78	3.07	N/A
8	97	0	N/A
9	102	0	N/A

REFRACCION SISMICA LS 2			
GEOFONOS	LOCALIZACION (metros)	PROFUNDIDAD CAPA 2 (metros)	PROFUNDIDAD CAPA 3 (metros)
6	0	1.91	N/A
7	4	1.84	N/A
8	8	1.92	N/A
9	12	2.2	N/A
10	16	2.11	N/A
11	20	2.17	N/A
12	24	2.18	N/A
13	28	2.19	N/A
14	32	2.58	N/A
15	36	2.4	N/A
16	40	2.47	N/A
17	44	2.38	N/A
18	48	2.77	N/A
19	52	2.9	N/A
20	56	3.04	N/A
21	60	2.53	N/A
22	64	2.59	N/A
23	68	2.71	N/A
24	72	2.52	N/A
25	76	3.05	N/A
26	80	3.08	N/A
27	84	2.73	N/A
28	88	2.09	N/A
29	92	2.09	N/A

Tabla 4. Datos de Refracción Sísmica y Configuración de los puntos de tiro



5.6 ENSAYO DE REFRACCIÓN SÍSMICA LS 2

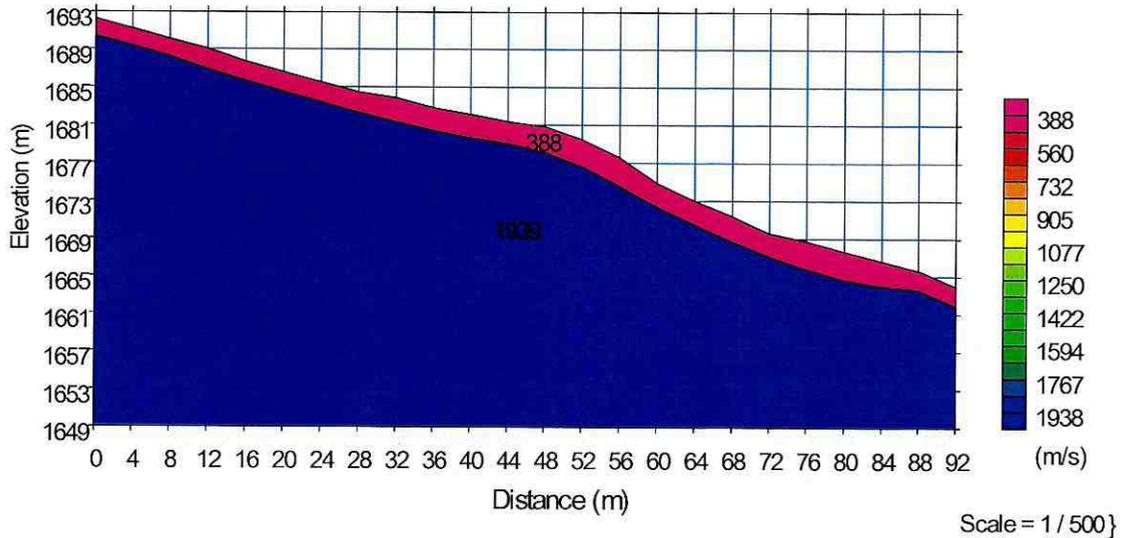


Figura 17. Resultado Ensayo de Refracción Sísmica o Modelo simplificado de 2 capas

El perfil sísmico mostrado en la figura corresponde a la línea de refracción sísmica **LS2**, presenta un modelo de dos capas: la primera con velocidad de onda (V_p) de **388 m/s** y corresponde a un depósito coluvial conformado por fragmentos de areniscas, calizas ferruginosas, embebidos en una matriz arcillo-arenosa suelta y la segunda capa con velocidad de onda (V_p) de **1939 m/s** corresponde un depósito Cretácico, conformado por intercalaciones de limolitas y lodolitas gris oscuras a negras, fosilíferas levemente calcáreas, piritosas, y algunas capas delgadas de carbón correlacionables con la Formación Colón Mito Juan (Kscm).



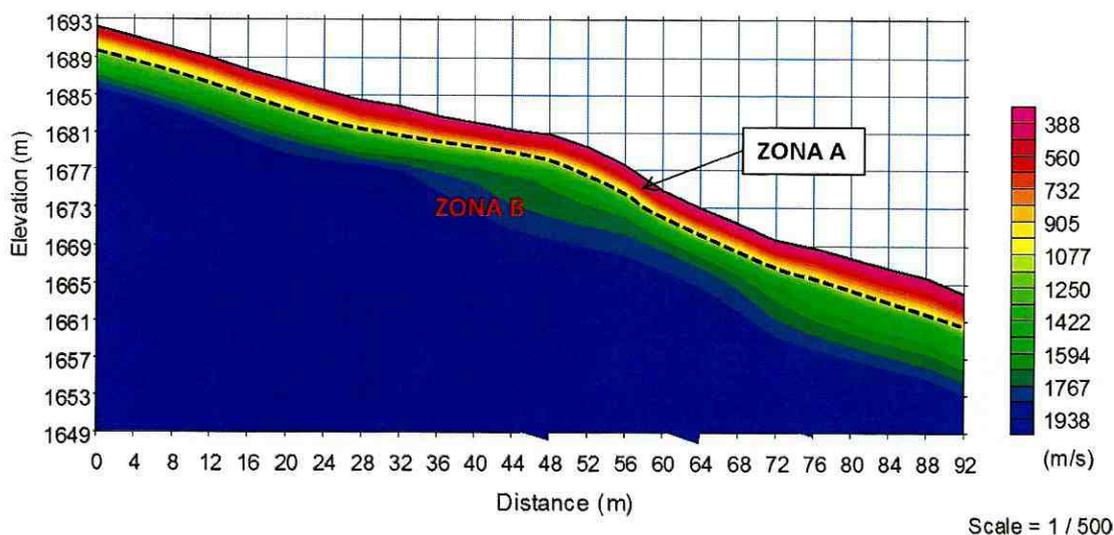

5.7 Ensayo de Tomografía Sísmica LS 2


Figura 18. Resultado Ensayo de Refracción Sísmica - Modelo Tomografía 2D.

La imagen de Tomografía Sísmica **LS 2** presenta un modelo detallado calculado por elementos finitos, el cual permite observar más de 10 capas que muestran la variación de la velocidad con la profundidad, muy útil para la identificación de anomalías geofísicas importantes.

De acuerdo a los resultado de la imagen de tomografía sísmica se identifican tres zonas: La **ZONA A** corresponde a deposito Coluvial con un espesor máximo de **3.5 metros** aproximadamente en la parte final del perfil sísmico. La **ZONA B** corresponde a un depósito Cretácico, su comportamiento a lo largo del perfil no es homogéneo, presenta alto grado de fracturamiento y meteorización su parte superficial, sus propiedades geomecánicas van mejorando a medida que su profundidad es mayor. Se estima que la profundidad de este basamento varía entre los **2 y 3.5 metros** desde la superficie.



5.8 Ensayo de Ondas Superficiales MASW1D LS 2

TABLA DE DATOS - MASW 1D - LS 2								
Depth (m)	S-wave velocity (m/s)	P-wave velocity (m/s)	Density (g/cm ³)	N	Relacion de Poisson v	Módulo de Corte G (Ton/m ²)	Módulo de Elasticidad Ed (Ton/m ²)	Deformación K (Ton/m ²)
0.00	289.81	1611.69	1.82	32.65	0.25	153145	382862	255241
1.07	292.11	1614.24	1.82	33.48	0.25	155648	389119	259413
2.31	306.27	1629.96	1.83	38.92	0.25	171568	428920	285946
3.71	333.95	1660.68	1.84	51.27	0.25	205058	512644	341763
5.27	447.84	1787.10	1.88	130.55	0.25	376629	941573	627716
7.01	476.22	1818.60	1.89	158.76	0.25	428056	1070140	713427
8.90	457.93	1798.30	1.88	140.14	0.25	394503	986257	657505
10.96	449.03	1788.42	1.88	131.65	0.25	378708	946769	631179
13.19	426.62	1763.55	1.87	111.85	0.25	340465	851162	567442
15.58	404.93	1739.47	1.86	94.72	0.25	305503	763756	509171
18.13	393.62	1726.92	1.86	86.55	0.25	288085	720213	480142
20.85	387.46	1720.08	1.86	82.31	0.25	278812	697029	464686
23.74	395.89	1729.44	1.86	88.15	0.25	291538	728846	485897
26.79	409.16	1744.17	1.86	97.91	0.25	312170	780425	520284
36.43	476.22	1818.60	1.89	158.76	0.25	428056	1070140	713427

Tabla 5. Datos obtenidos en los ensayos de Ondas Superficiales MASW1D.

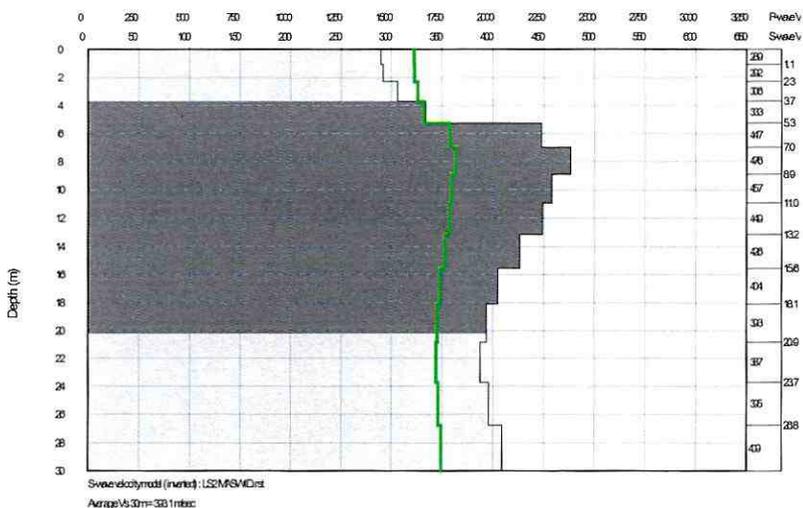


Figura 19. Resultado Ensayo de Ondas Superficiales MASW1D

De acuerdo a la tabla de resultados promedio del ensayo de ondas superficiales Masw1D, la roca competente se encuentra aproximadamente a partir de los 5.27 m de profundidad, alcanzando una velocidad de onda de corte de 447.84 m/s, la cual va aumentando en profundidad llegando hasta 476.22 m/s a 36.43m.





CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA GRATUITA "EL TESORO" CONVOCATORIA
SEGUNDA FASE PARA LA REVISIÓN DE LA VIABILIDAD DE PROYECTOS EN EL
MARCO DEL PROGRAMA DE VIVIENDA GRATUITA ETAPA-PVG II MUNICIPIO DE
PAMPLONITA, NORTE DE SANTANDER.

EDS-2016-1063**PÁGINA 41 DE 61**

La velocidad de onda de corte (V_s) promedio para el perfil sísmico es de **393.1 m/s**, y según la clasificación de los perfiles de suelos de la tabla A.2.4-1 de la Norma Sismo-Resistente Colombiana NSR10 clasifica el suelo como **suelo muy densos o roca blanda que cumplan con el criterio de la onda cortante (V_s)** (perfil tipo C)





6. SISMICIDAD REGIONAL

En el diseño de un proyecto es importante determinar el nivel de amenaza sísmica para el sector donde se realizará la construcción; esto es conocer la máxima cantidad de movimiento sísmico que se espera durante la vida útil del proyecto. Para determinar se utilizan varios procedimientos basados en datos de eventos históricos, conocimiento de las fuentes sismogénicas y aplicación de modelos probabilísticos para evaluación de la amenaza sísmica. Para el caso del presente proyecto se determinan los resultados del Estudio General de Amenaza Sísmica de Colombia NSR-10, donde se presentan los siguientes parámetros para la zona de estudio: Se adoptan los valores para la zona de amenaza sísmica alta, en la región 5 como lo presenta el reglamento:

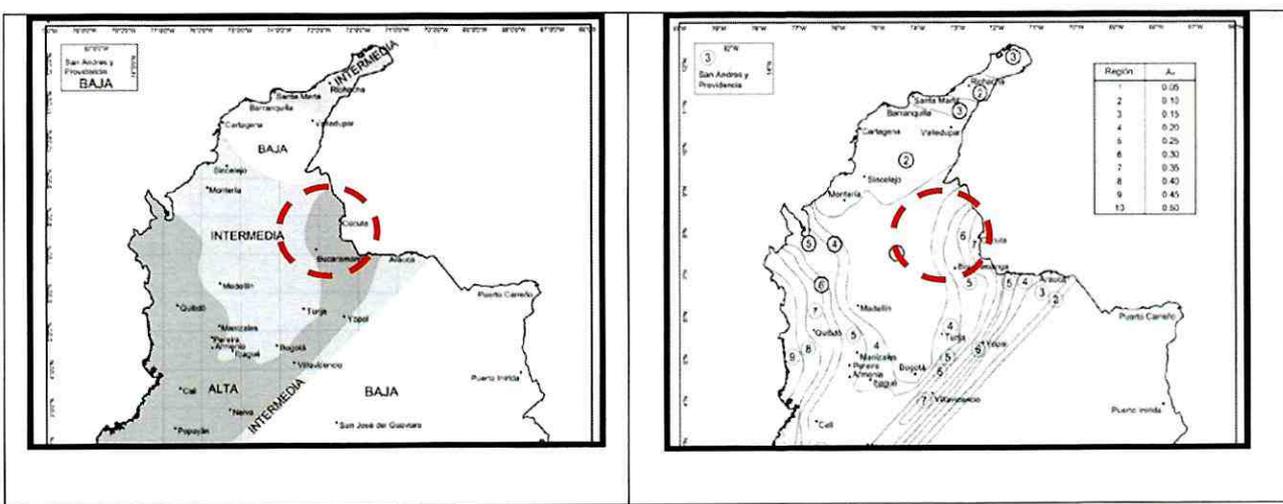


Figura 20. Localización del proyecto en el mapa de amenaza sísmica de Colombia.

- Amenaza Sísmica: Alta (Ver figura)
- Aceleración Pico Efectiva (Aa): 0.30

Efectos inducidos por efecto de los Sismos: entre los efectos que pueden generar los movimientos inducidos por un sismo al terreno se tienen:

- Licuefacción de Suelos
- Deslizamientos y desprendimientos
- Rotura en superficie por fallas tectónicas



En la zona de estudio y dadas las condiciones geológicas y geotécnicas de los suelos y rocas presentes en el área, los efectos sísmicos en el terreno influirán principalmente en la generación de deslizamientos. Algunos de los factores a considerar en la susceptibilidad frente a deslizamientos pos sismos son los siguientes:

- Laderas inestables o en condiciones precarias de estabilidad
- Pendientes muy fuertes
- Suelos de baja resistencia, suelos licuables o colapsables
- Escarpes rocosos con riesgos de desprendimientos

En la NSR-10, están establecidos los valores de la aceleración pico efectiva, la cual es la máxima aceleración pico efectiva esperada. Los coeficientes sísmicos estipulados por la norma sismoresistente en cuestión y que corresponden al lugar de estudio se resalta en la siguiente tabla.

Departamento del Norte de Santander						
Municipio	Código Municipio	A_a	A_v	Zona de Amenaza Sísmica	A_e	A_d
Mutiscua	54480	0.30	0.25	Alta	0.08	0.04
Ocaña	54498	0.20	0.15	Intermedia	0.08	0.03
Pamplona	54518	0.30	0.25	Alta	0.10	0.05
Pamplonita	54520	0.35	0.25	Alta	0.13	0.06
Puerto Santander	54533	0.35	0.25	Alta	0.09	0.04
Ragonvalia	54599	0.35	0.30	Alta	0.20	0.09

Figura 21. Valores de coeficientes sísmicos para la ciudad de Cucuta

Teniendo en cuenta que los movimientos sísmicos se definirán a partir del espectro elástico de respuesta en función de las aceleraciones, se deben definir algunos parámetros iniciales para ello. A continuación, se evaluarán los efectos locales y de sitio para la determinación del espectro elástico de respuesta, con el que se construye el espectro elástico de aceleraciones.

De acuerdo a los criterios establecidos en el título A, la clasificación del perfil de suelo se basa en los valores de los parámetros del suelo de los 30 m superiores. De acuerdo con los efectos locales descritos en el NSR-10 y el mapa de amenaza sísmica de Colombia dado por el AIS, se puede





CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA GRATUITA "EL TESORO" CONVOCATORIA SEGUNDA FASE PARA LA REVISIÓN DE LA VIABILIDAD DE PROYECTOS EN EL MARCO DEL PROGRAMA DE VIVIENDA GRATUITA ETAPA-PVG II MUNICIPIO DE PAMPLONITA, NORTE DE SANTANDER.

EDS-2016-1063
PÁGINA 44 DE 61

determinar la clasificación del perfil en base a la velocidad de cortante, el número de golpes del ensayo SPT y de las características de resistencia al corte promedio, humedad y plasticidad.

Para el presente estudio no se llevó a cabo pruebas geofísicas que permitan conocer las velocidades de ondas de corte que permitan relacionar la resistencia a la penetración con las velocidades de onda. Por lo anterior se determina el perfil de suelo en base a la caracterización geotécnica como se muestra a continuación.

La definición y características de este tipo de perfil de suelo se presentan en la siguiente tabla A.2.4-1 de la NSR-10.

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$V_s \geq 1500$ m/s
B	Perfiles de roca no rígida	1500 m/s $> V_s \geq 760$ m/s
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante	760 m/s $> V_s \geq 360$ m/s
	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$N \geq 50$ $S_u \geq 100$ kpa
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda cortante	360 m/s $> V_s \geq 180$ m/s
	Perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > N \geq 15$ 100 kpa $> S_u \geq 50$ kpa
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante	180 m/s $> V_s$
	Perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 metros de arcillas blandas	$IP > 20$ $w \geq 40\%$ 50 kpa $> S_u$
F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista de acuerdo con el procedimiento A.2.10. Se contemplan las siguientes subclases.	
	F1-Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como: suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc.	
	F2-Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H>3m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas).	
	F3-Arcillas de muy alta plasticidad (H>7,5 metros con índice de plasticidad IP>75).	
	F4-Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (H>36 metros).	

Tabla 6. Fuente: Tabla A.2.4-1 de la NSR-10

Con respecto al cuadro anterior y a la clasificación del perfil de suelo, se determinan los coeficientes de F_a (coeficiente de ampliación que afecta la aceleración en la zona de periodos cortos debida a los efectos de sitios) y F_v (coeficiente de ampliación que afecta la aceleración en la zona de periodos intermedios). Los coeficientes sísmicos se presentan a continuación, resaltando el municipio en donde



se encuentra ubicado el predio en estudio. A continuación, se definirán los coeficientes para valorar los efectos de sitio tanto para periodos cortos como para periodos intermedios F_a y F_v respectivamente.

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	*Nota	*Nota	*Nota	*Nota	*Nota

Tabla 7. Valores del coeficiente F_a , para la zona de periodos cortos.

*Nota: Debe realizarse una investigación geotécnica particular para el lugar específico y debe llevarse a cabo un análisis de amplificación de onda de acuerdo con el numeral A.2.10-NSR-10.

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	*Nota	*Nota	*Nota	*Nota	*Nota

Tabla 8. Valores del coeficiente F_v , para la zona de periodos intermedios

*Nota: Debe realizarse una investigación geotécnica particular para el lugar específico y debe llevarse a cabo un análisis de amplificación de onda de acuerdo con el numeral A.2.10-NSR-10.

Se determinan los coeficientes de F_a (coeficiente de ampliación que afecta la aceleración en la zona de periodos cortos debida a los efectos de sitios) y F_v (coeficiente de ampliación que afecta la aceleración en la zona de periodos intermedios). Los coeficientes sísmicos se presentan a continuación.

Perfil del Suelo	A_a	A_v	F_a	F_v
C	0.35	0.25	1.05	1.55





7. ANALISIS DE ESTABILIDAD DE LOS TALUDES

A continuación, se presente el análisis de Estabilidad de Taludes, mediante la modelación con el software SLIDE. Para una adecuada modelación para el análisis se llevaron a cabo las siguientes etapas:

- Recopilación de la información de la zona de trabajo
- Descripción de la infraestructura existente
- Análisis del problema
- Información topográfica
- Resultados de los Ensayos

De manera adicional se analizaron las siguientes variables que tienen influencia en la estabilidad y análisis de los taludes de corte.

Sismicidad los movimientos sísmicos pueden activar deslizamientos de tierras. En el caso de un sismo existe el triple efecto de aumento de esfuerzo cortante, disminución de resistencia por aumento de la presión de poros y de formación asociados con la onda sísmica.

Clima general los componentes del clima en general son las lluvias, los vientos y la temperatura; de estos factores el que tiene mayor incidencia es la lluvia. En épocas lluviosas representan la respuesta de las laderas a las precipitaciones que caen sobre ellas. Estas precipitaciones tiene características variables, definidas por la intensidad, duración y distribución y de manera adicional la temperatura también tiene un papel importante, ya que hay ambientes muy abrasivos que dificultan el crecimiento de especies vegetales como medidas de estabilización.

Intervención antropica el hombre es permanente modificador de los elementos que conforma la superficie de la tierra y el efecto sobre los taludes ha sido el de un agente desestabilizador. Las principales modificaciones realizadas por el hombre y que afectan en forma importante la estabilidad de taludes son los cambios en la topografía

Se analizaran dos perfiles los cuales coinciden con las líneas sísmicas levantadas L1 y L2. Teniendo en cuenta las condiciones de topográficas y calidad de suelos y cargas expuestas. A continuación se presenta el análisis individual y sus respectivos resultados. Se presentan los resultados con las condiciones existentes de espesores de estratos y con presencia de agua.





7.1 ANALISIS DE TALUD DEL PERFIL LINEA 1

➤ CONDICION ACTUAL

De manera gráfica se presenta el comportamiento del talud L1, bajo las condiciones actuales, obteniéndose un FS de 1.82 para su condición más crítica. El cual es superior a los factores indirectos establecidos en la Norma NSR-10

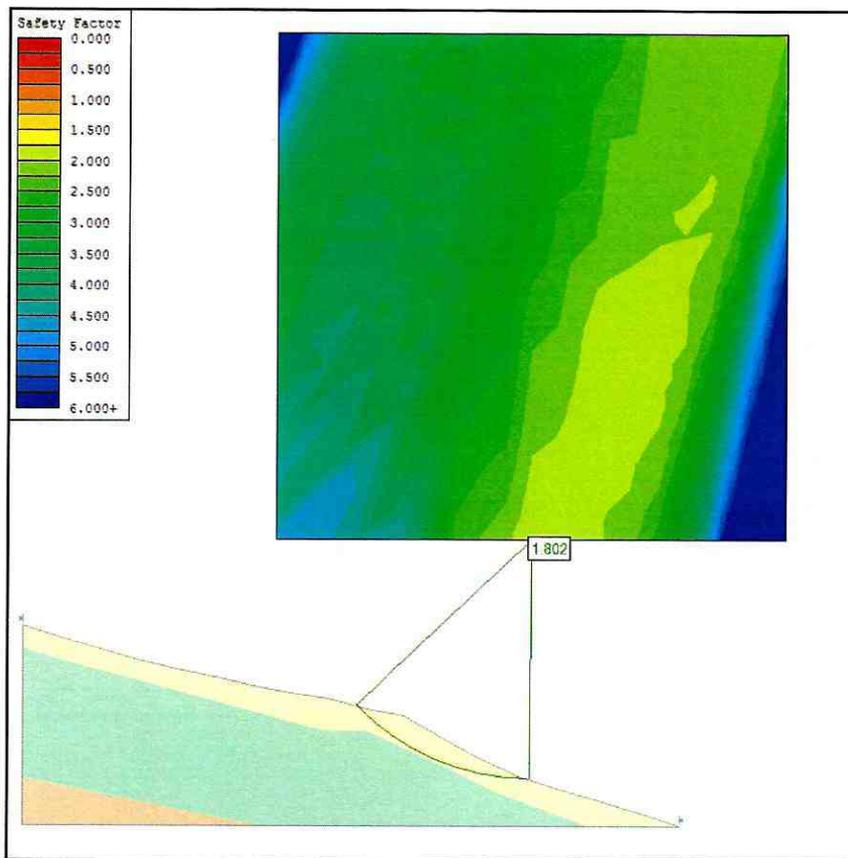


Figura 22. Calculo del FS, para las condiciones actuales de topografía y Suelos

- **CONDICION ACTUAL CON PRESENCIA DE NIVEL FREATICO O LINEA DE AGUA A UNA PROFUNDIDAD DE 3.0MTS EN EL CONTACTO ENTRE EL COLUVION Y ROCA ALTERADA.**

Se presenta el comportamiento del talud L1, bajo las condiciones actuales, y con presencia de Nivel freático. obteniendéndose un FS de 1.802 para su condición más crítica. El cual es superior a los factores indirectos establecidos en la Norma NSR-10

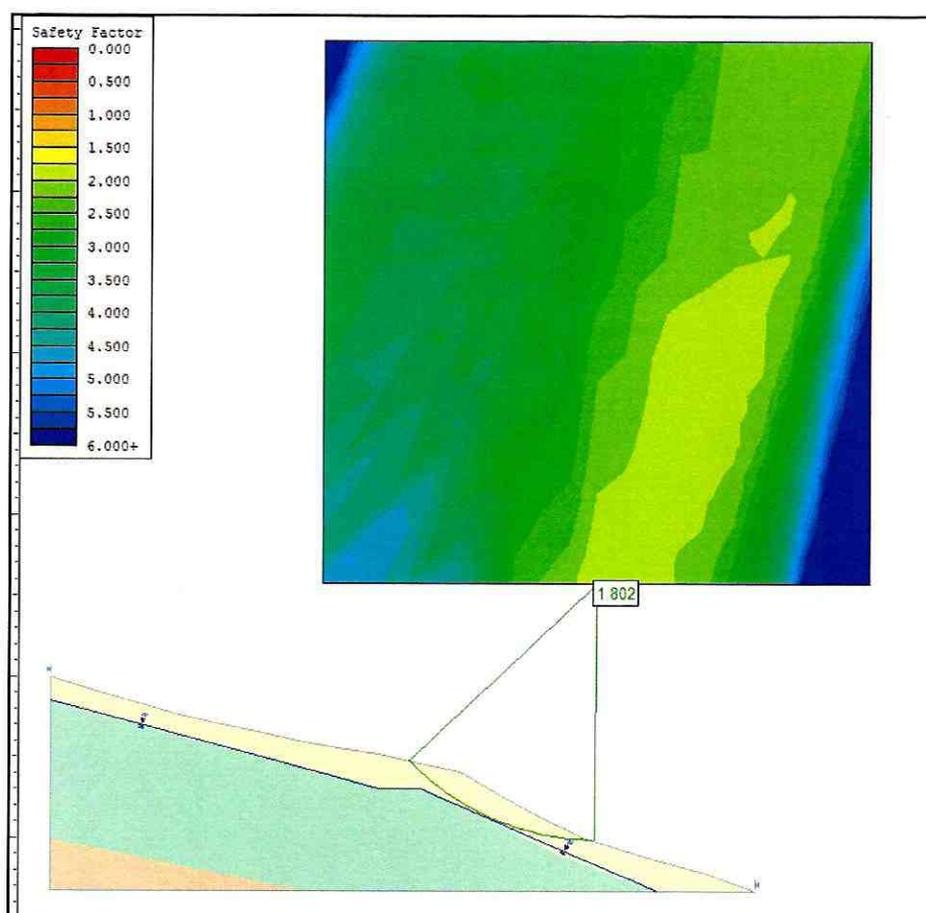


Figura 23. Calculo del FS, para las condiciones actuales de topografía y Suelos y presencia de linea de agua



- CONDICION CON PRESENCIA DE NIVEL FREATICO, CARGA DE SISMO Y CARGAS DEBIDO A LAS FUTURA CONTRUCCION.

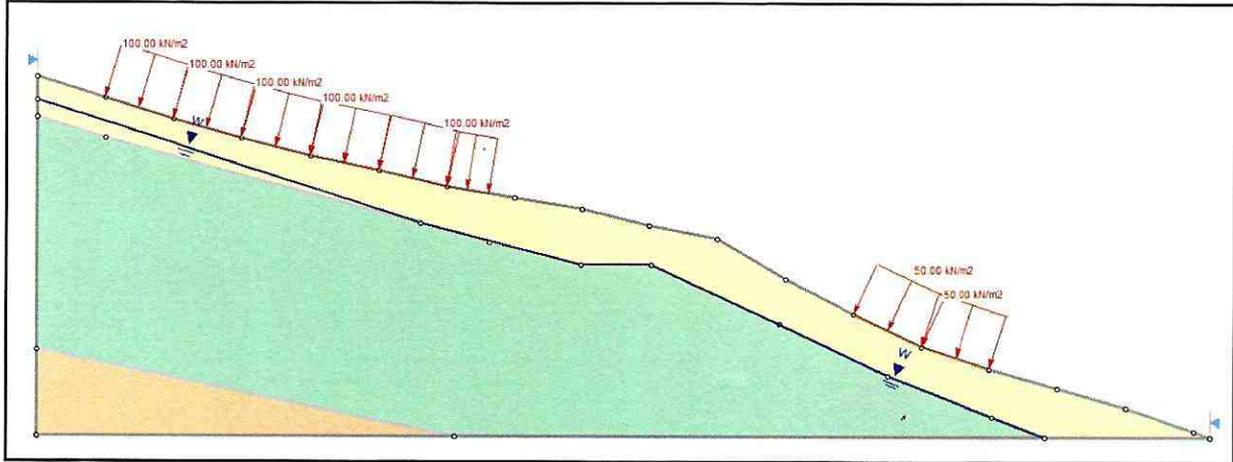


Figura. 24. Modelo de análisis para condiciones futuras

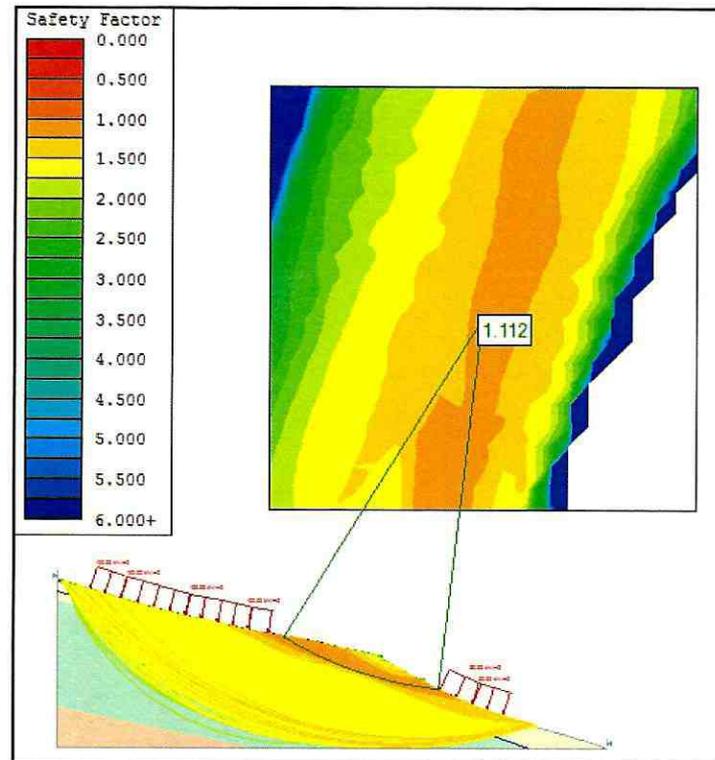


Figura 25. Calculo del FS, para las condiciones futuras





Se estimaron las cargas que se implantaran con el proyecto EL TESORO, obteniendo un valor de FS de 1.112, el cual es inferior al Fs mínimo establecido en la NSR-10. Por lo tanto es recomendable que el nivel de desplante para la construcción de las torres sea a aquel que determine el Estudio de suelos y cimentaciones.

7.2 ANALISIS DE TALUD DEL PERFIL LINEA 2

➤ CONDICION ACTUAL

De manera gráfica se presenta el comportamiento del talud L2, bajo las condiciones actuales, obteniéndose un FS de 1.56 para su condición más crítica. El cual es superior a los factores indirectos establecidos en la Norma NSR-10

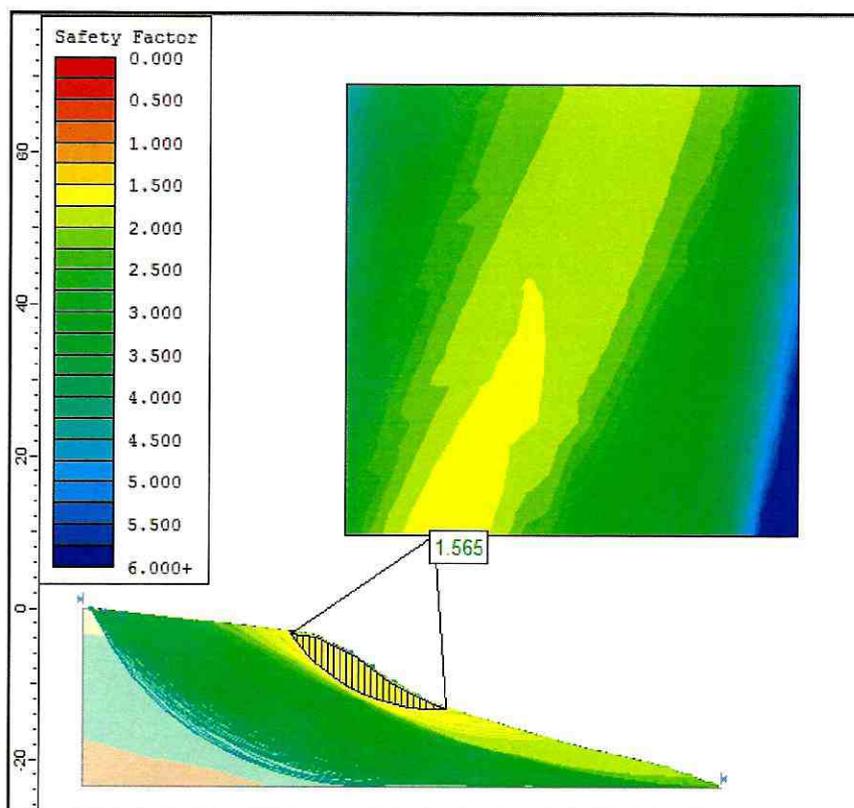


Figura 26. Calculo del FS, para las condiciones actuales de topografía y Suelos



- **CONDICION ACTUAL CON PRESENCIA DE NIVEL FREATICO O LINEA DE AGUA A UNA PROFUNDIDAD DE 2.0MTS EN EL CONTACTO ENTRE EL COLUVION Y ROCA ALTERADA.**

Se presenta el comportamiento del talud L2, bajo las condiciones actuales, y con presencia de Nivel freático. obteniéndose un FS de 1.36 para su condición más crítica. El cual es cercano al valor de los factores indirectos establecidos en la Norma NSR-10

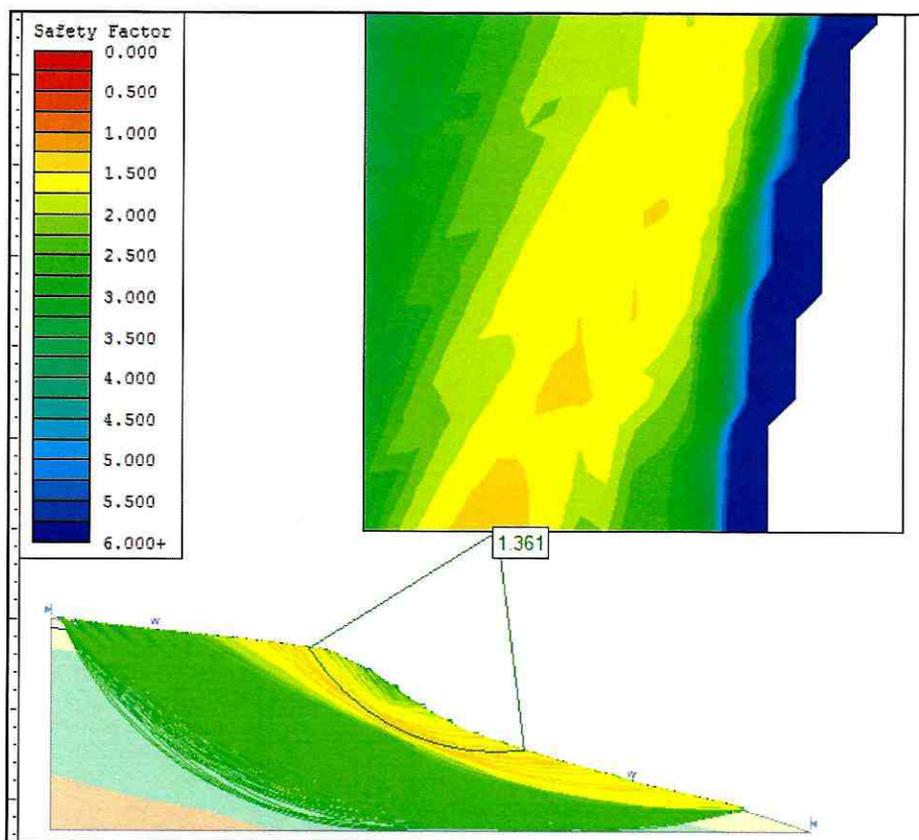


Figura 27. Calculo del FS, para las condiciones actuales de topografía y Suelos y presencia de línea de agua



- CONDICION CON PRESENCIA DE NIVEL FREATICO, CARGA DE SISMO Y CARGAS DEBIDO A LAS FUTURA CONTRUCCION.

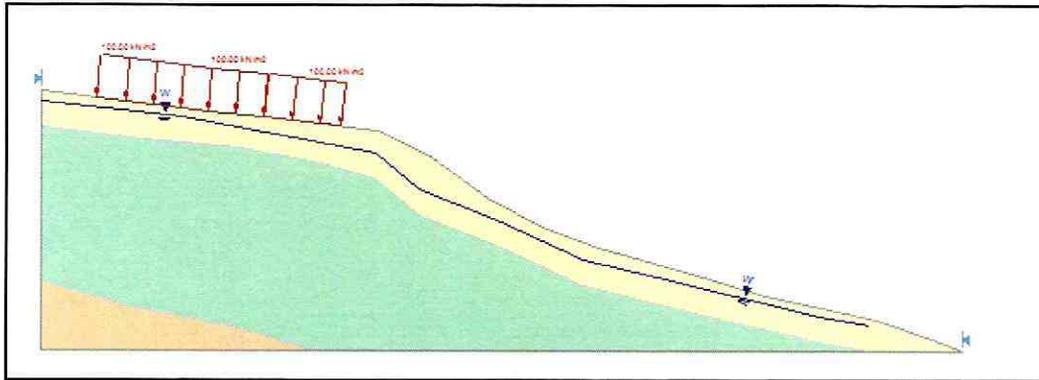


Figura 28. Modelo de análisis para condiciones futuras

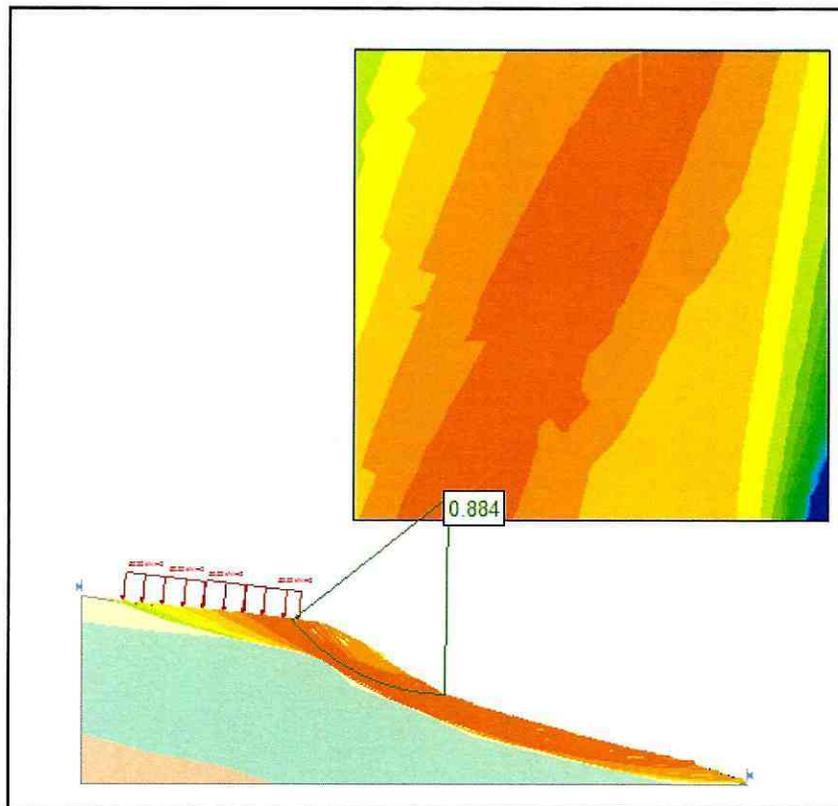


Figura 29. Calculo del FS, para las condiciones futuras



Se estimaron las cargas que se implantaran con el proyecto EL TESORO, obteniendo un valor de FS de 0,7 el cual es inferior al Fs mínimo establecido en la NSR-10. Por lo tanto es recomendable que el nivel de desplante para la construcción de las torres sea a aquel que determine el Estudio de suelos y cimentaciones.

7.3 RESUMEN RESULTADOS OBTENIDOS

PERFIL	FS (CONDICIONES NORMALES)	FS (CONDICIONES FUTURAS CRITICAS)
P1	1,802	1.112
P2	1,565	0.884

Tabla 9 Resumen resultados de los FS, de las modelaciones

Revisando los valores obtenidos de Factor Seguridad obtenidos en las distintas modelaciones, se observa que para las condiciones actuales se obtienen valores estables, sin embargo para las condiciones críticas donde actuara fuerza de sismo, presencia de agua, y cargas actuantes sobre la superficie de las nuevas edificaciones proyectadas, los factores de seguridad presentan una disminución de este valor.

7.4 CONSIDERACIONES DE DISEÑO

Cuando un talud resulta inestable se pueden adoptar medidas que tiendan, bien a aumentar el efecto de las variables o elementos favorables para la estabilidad, bien a reducir el efecto de aquéllas que resultan desfavorables. Sobre todas ellas se puede actuar aisladamente o en conjunto, dando lugar a varias alternativas.

La modificación en la geometría del talud mejorara este valor, de tal manera que se realicen terrazas para definir los niveles de las torres de edificios. Teniendo en cuenta la pendiente actual Los taludes presentan pendientes bajas, lo que favorece a que el área de contacto del agua lluvia fuera mayor y por tanto el volumen de agua infiltraciones aumentaría. En conclusión se debe realizar las obras de drenaje suficientes q disminuyan la condición de infiltración de aguas.



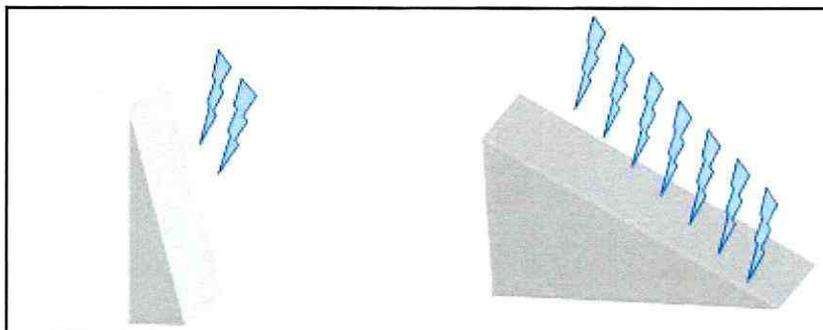


Figura. 30 El disminuir la pendiente en el talud, aumenta el área de contacto de la superficie con las lluvias

Con el fin de mostrar de forma gráfica los efectos de los tendidos de talud, en la figura se ha representado, para un determinado suelo, con distintas pendientes., la relación entre la altura del talud y su ángulo de inclinación para diversos coeficientes de seguridad; donde a menor ángulo inclinación el FS será mayor, pero para las condiciones del presente proyecto esta condición no es viable por limitantes de espacio y por otra parte el tendido se expone más superficie a la acción del agua, lo que puede favorecer la erosión superficial, que incrementaría los efectos erosivos y de sobrecarga en los taludes.

Para finalizar, hay que indicar que cualquier modificación de la geometría de un talud lleva consigo una variación de los factores de seguridad de cualquier superficie de deslizamiento potencial. Por ello es muy recomendable, asegurarse de que la descarga que produce no reduce los factores de seguridad de otras superficies potenciales por debajo de límites establecidos para cada caso.

7.5 CONTROL DE LA EROSION

A Todos los taludes presentes en el proyecto, se les deben realizar obras para Controlar la erosión a la cual se encuentran expuestos; aunque geotécnicamente presenten un comportamiento mecánico estable, se les debe proteger de agentes erosivos (lluvias, vientos) para evitar su deterioro.

7.6 MANEJO DE AGUAS LLUVIAS Y OBRAS DE DRENAJE.

La resistencia al corte del terreno depende muy directamente de su contenido de agua y de la presión intersticial. De hecho, el agua constituye un elemento desestabilizador de primera magnitud, quizás el



de mayor importancia, y estamos bien acostumbrados a que muchos deslizamientos se produzcan en los períodos especialmente lluviosos. Por ello, si se introducen medidas de drenaje que permitan disminuir la concentración de humedad y las presiones intersticiales existentes, se aumenta significativamente el coeficiente de seguridad.

DRENAJE EN LA CORONA DEL TALUD Y EN EL TALUD

Se recomienda que se instale una línea principal de drenes, junto a la malla de cerramiento con el fin de captar las aguas que se infiltren de los lotes externos, debido a que en la visita de reconocimiento, se observó que hay descargas directas agua al suelo, produciéndose infiltraciones y sobrecargando e estabilizando los taludes en este sector. En el caso que se requiera se debe perfilar la superficie de la corona de los taludes con pendientes hacia la estructura de drenaje de tal manera que se garantice la efectividad de las cunetas y filtros.



Figura 31. Obra de drenaje (cuneta de concreto) paralela a la malla de cerramiento)

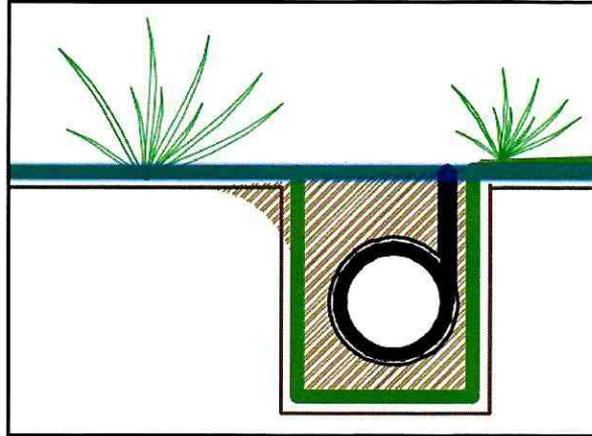
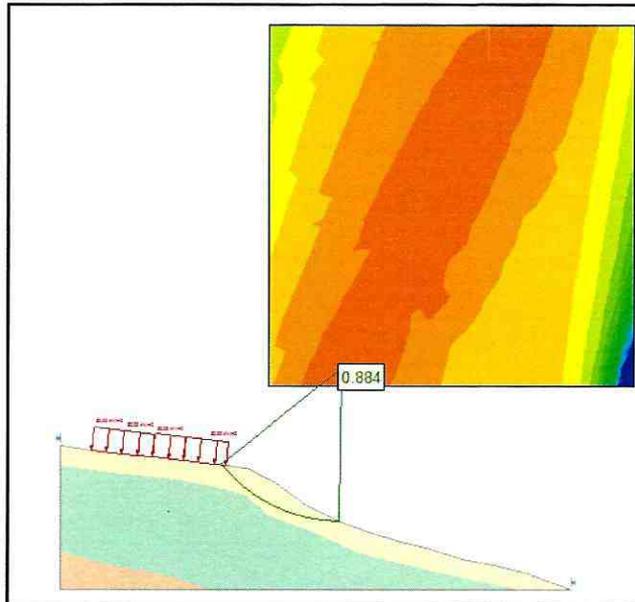


Figura 32. Esquema de drenes en la cabecera de los taludes con anchos >3.0mts

7.6 DISEÑO DE OBRAS GEOTECNICAS DE CONTENCION Y ESTABILIZACION

La cimentación de las edificaciones proyectadas se recomiendan que sean con cimentaciones profundas las cuales podrían ser en pilotes o pilas, de tal manera que sus cargas se trasmitieran al estrato 2.(roca alterada) y no sobre el coluvión existente que es donde se desarrolla la zona critica.. De esta manera se aumentara el FS. .



Sin embargo su profundidad y capacidad portante deben determinarse con un estudio de suelos que cumpla los requisitos de la Norma NSR-10.



CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA GRATUITA "EL TESORO" CONVOCATORIA
SEGUNDA FASE PARA LA REVISIÓN DE LA VIABILIDAD DE PROYECTOS EN EL
MARCO DEL PROGRAMA DE VIVIENDA GRATUITA ETAPA-PVG II MUNICIPIO DE
PAMPLONITA, NORTE DE SANTANDER.

EDS-2016-1063**PÁGINA 57 DE 61**

La imposición de estas cargas puede generar empujes activos para lo cual existente soluciones geotécnicas como muros con pantalla y/o anclajes. La adición de las recomendaciones anteriores y obras geotécnicas permitirán incrementar el FS en la zona del proyecto.



8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo con las observaciones de campo y a la interpretación de las Líneas Sísmicas **LS1** y **LS2** realizadas en el predio del proyecto constructivo de vivienda gratuita "el tesoro" en el municipio de Pamplonita, departamento de Norte de Santander es posible obtener las siguientes conclusiones y recomendaciones:

- ◆ En general la región se caracteriza por presentar una geomorfología denudacional estructural con laderas inclinadas con material coluvial meteorizado que ha dado lugar a la formación de una capa húmica o suelo. Superficialmente se tienen suelos cubiertos por pastos y rastrojos.
- ◆ La respuesta Sísmica, además de la información de campo y fotogeológica permiten, definir una litología compuesta por un depósito Coluvial (Qcl) y un basamento Cretácico, conformado por intercalaciones de limolitas y lodolitas gris oscuras a negras, fosilíferas levemente calcáreas, piritosas, y algunas capas delgadas de carbón correlacionables con la Formación Colón Mito Juan (Kscm).
- ◆ La línea de refracción sísmica **LS1**, presenta un modelo de dos capas: la primera con velocidad de onda (Vp) de **390 m/s** y corresponde a un depósito coluvial conformado por fragmentos de areniscas, calizas ferruginosas, embebidos en una matriz arcillo-arenosa suelta y la segunda capa con velocidad de onda (Vp) de **2343 m/s** corresponde un depósito Cretácico, conformado por intercalaciones de limolitas y lodolitas gris oscuras a negras, fosilíferas levemente calcáreas, piritosas, y algunas capas delgadas de carbón correlacionables con la Formación Colón Mito Juan (Kscm).
- ◆ La línea de refracción sísmica **LS2**, presenta un modelo de dos capas: la primera con velocidad de onda (Vp) de **388 m/s** y corresponde a un depósito coluvial conformado por fragmentos de areniscas, calizas ferruginosas, embebidos en una matriz arcillo-arenosa suelta y la segunda capa con velocidad de onda (Vp) de **1939 m/s** corresponde un depósito Cretácico, conformado por intercalaciones de limolitas y lodolitas gris oscuras a negras, fosilíferas levemente calcáreas, piritosas, y algunas capas delgadas de carbón correlacionables con la Formación Colón Mito Juan (Kscm).





- ◆ En La imagen de Tomografía Sísmica **LS1** presenta un modelo detallado calculado por elementos finitos, el cual permite observar más de 10 capas que muestran la variación de la velocidad con la profundidad, muy útil para la identificación de anomalías geofísicas importantes.

De acuerdo a los resultado de la imagen de tomografía sísmica se identifican dos zonas: La **ZONA A** corresponde a deposito Coluvial con un espesor máximo de **3 metros** aproximadamente en la parte final del perfil sísmico. La **ZONA B** corresponde a un depósito Cretácico, su comportamiento a lo largo del perfil no es homogéneo, presenta alto grado de fracturamiento y meteorización su parte superficial, sus propiedades geomecánicas van mejorando a medida que su profundidad es mayor. Se estima que la profundidad de este basamento varía entre los 2 y 3 metros desde la superficie.

- ◆ En La imagen de Tomografía Sísmica **LS 2** presenta un modelo detallado calculado por elementos finitos, el cual permite observar más de 10 capas que muestran la variación de la velocidad con la profundidad, muy útil para la identificación de anomalías geofísicas importantes.

- ◆ De acuerdo a los resultado de la imagen de tomografía sísmica se identifican tres zonas: La **ZONA A** corresponde a deposito Coluvial con un espesor máximo de **3.5 metros** aproximadamente en la parte final del perfil sísmico. La **ZONA B** corresponde a un depósito Cretácico, su comportamiento a lo largo del perfil no es homogéneo, presenta alto grado de fracturamiento y meteorización su parte superficial, sus propiedades geomecánicas van mejorando a medida que su profundidad es mayor. Se estima que la profundidad de este basamento varía entre los 2 y 3.5 metros desde la superficie.

- ◆ La velocidad de onda de corte (Vs) promedio para el perfil sísmico **LS 1** es de **410.3 m/s**, y según la clasificación de los perfiles de suelos de la tabla A.2.4-1 de la Norma Sismo-Resistente Colombiana NSR10 clasifica el suelo como **suelo muy densos o roca blanda que cumplan con el criterio de la onda cortante (Vs)** (perfil tipo C).

De acuerdo a la tabla de resultados promedio del ensayo de ondas superficiales Masw1D, la roca competente se encuentra aproximadamente a partir de los **8.9 m** de profundidad, alcanzando una velocidad de onda de corte de **380.12 m/s**, la cual va aumentando en profundidad llegando hasta **473.37 m/s a 36.43m**.



CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA GRATUITA "EL TESORO" CONVOCATORIA
 SEGUNDA FASE PARA LA REVISIÓN DE LA VIABILIDAD DE PROYECTOS EN EL
 MARCO DEL PROGRAMA DE VIVIENDA GRATUITA ETAPA-PVG II MUNICIPIO DE
 PAMPLONITA, NORTE DE SANTANDER.

EDS-2016-1063
PÁGINA 60 DE 61

- ♦ La velocidad de onda de corte (V_s) promedio para el perfil sísmico **LS 2** es de **393.1 m/s**, y según la clasificación de los perfiles de suelos de la tabla A.2.4-1 de la Norma Sismo-Resistente Colombiana NSR10 clasifica el suelo como **suelo muy densos o roca blanda que cumplan con el criterio de la onda cortante (V_s)** (perfil tipo C).

De acuerdo a la tabla de resultados promedio del ensayo de ondas superficiales Masw1D, la roca competente se encuentra aproximadamente a partir de los **5.27 m** de profundidad, alcanzando una velocidad de onda de corte de **447.84 m/s**, la cual va aumentando en profundidad llegando hasta **476.22 m/s** a **36.43m**.





9. LIMITACIONES

Las recomendaciones presentadas en este estudio han resultado del trabajo correspondiente a ensayos Geofísicos, cuyos valores o parámetros deben ser complementados con desarrollado de Ensayos Geo mecánicos para cálculos de capacidad portante, esfuerzos y asentamientos tal como lo indica la Norma NSR10.

El alcance del presente estudio corresponde a la evaluación de la estabilidad de talud donde se proyecta la construcción del proyecto EL TESORO cuyo objetivo es la Viabilidad del Proyecto.

Para la construcción del proyecto se debe desarrollar un estudio de suelos y cimentaciones como se indica en la norma NSR 10

Se recomienda realizar una inspección constante para que se cumplan las recomendaciones presentadas en este informe, adelantando una adecuada supervisión técnica del proyecto.

Por lo tanto, si se presentaren condiciones diferentes a las acá planteadas como típicas, o si el proyecto sufre variaciones, deberá darse aviso al consultor para introducir las modificaciones o adiciones a que haya lugar.

Las conclusiones y recomendaciones presentadas en este informe corresponden a las condiciones de los suelos, según los resultados de ensayos realizados, como es común en algunos proyectos, se presenta un tiempo importante entre la etapa de estudios y la construcción; por lo tanto, se debe prever el seguimiento y ajustes geotécnicos al proyecto.



CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA GRATUITA "EL TESORO" CONVOCATORIA
SEGUNDA FASE PARA LA REVISIÓN DE LA VIABILIDAD DE PROYECTOS EN EL
MARCO DEL PROGRAMA DE VIVIENDA GRATUITA ETAPA-PVG II MUNICIPIO DE
PAMPLONITA, NORTE DE SANTANDER.

EDS-2016-1063

PÁGINA 62 DE 65

ANEXO FOTOGRAFICO



FOTO 1. Detalle adquisición de datos de la Línea Sísmica LS1.



FOTO 2. Detalle de la instalación del multicable para la conexión de los Geófono para el ensayo de refracción sísmica y de Ondas Superficiales Línea Sísmica LS1.



FOTO 3. Detalle adquisición de datos de la Línea Sísmica LS2.

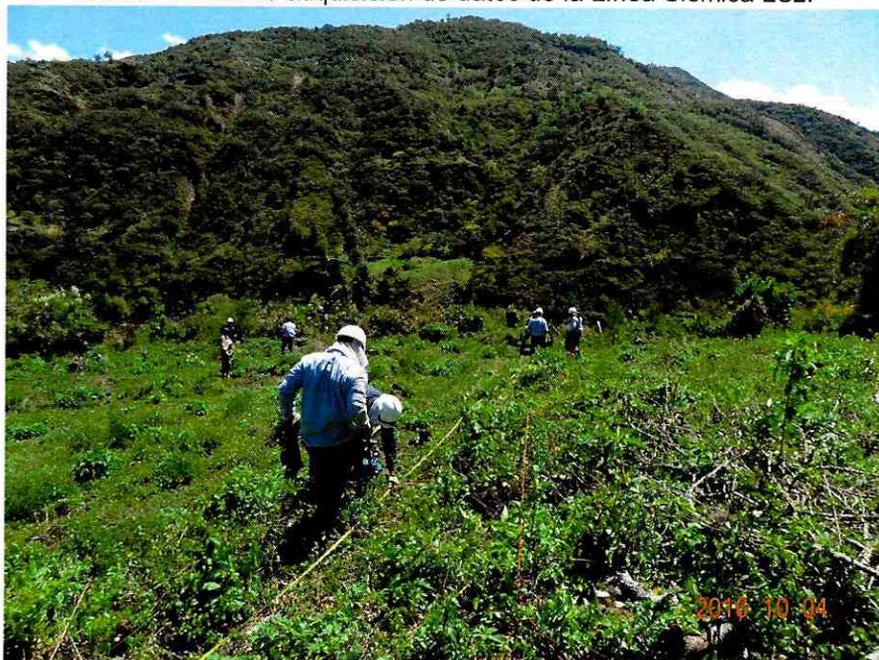


FOTO 4. Detalle de la instalación del multicable para la conexión de los Geófono para el ensayo de refracción sísmica y de Ondas Superficiales Línea Sísmica LS2.



CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA GRATUITA "EL TESORO" CONVOCATORIA
SEGUNDA FASE PARA LA REVISIÓN DE LA VIABILIDAD DE PROYECTOS EN EL
MARCO DEL PROGRAMA DE VIVIENDA GRATUITA ETAPA-PVG II MUNICIPIO DE
PAMPLONITA, NORTE DE SANTANDER.

EDS-2016-1063**PÁGINA 65 DE 65**

FOTO 5. Detalle de la generación de energía para la adquisición de datos en refracción sísmica y ondas superficiales.



FOTO 6. Detalle del depósito coluvial en el área del proyecto constructivo.