

**DETERMINACIÓN DE LA AMENAZA, RIESGO POR FENOMENOS DE
REMOCIÓN EN MASA Y DISEÑO DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN EN EL
SECTOR OCCIDENTAL DE GRANJAS DE PROVENZA MUNICIPIO DE
BUCARAMANGA**

**LAURA CAROLINA ORDUZ GOMEZ
ANA MILENA RAMIREZ CORTES**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA SECCIONALBUCARAMANGA
ESCUELAS DE INGENIERIAS Y ADMINISTRACION
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL
PIEDRECUESTA**

2011

**DETERMINACIÓN DE LA AMENAZA, RIESGO POR FENOMENOS DE
REMOCIÓN EN MASA Y DISEÑO DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN EN EL
SECTOR OCCIDENTAL DE GRANJAS DE PROVENZA MUNICIPIO DE
BUCARAMANGA**

**LAURA CAROLINA ORDUZ GOMEZ
ANA MILENA RAMIREZ CORTES**

**Proyecto de grado como requisito para optar para el título de
INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Director
Ing. WILLIAM EDUARDO CORTES PEÑA**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERIAS Y ADMINISTRACION
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL
PIEDRECUESTA**

2011

NOTA DE ACEPTACION

PRESIDENTE DE LOS JURADOS

JURADO

JURADO

PIEDECUESTA, 18 de agosto de 2011

DEDICATORIA

A Dios por darme la vida, por estos años vividos, La experiencia adquirida, la sabiduría que me ha dado y la dicha de ser madre. A Tomás Torres Orduz por ser la razón que me motiva a ser cada día mejor y a mis padres por su gran amor e incondicional apoyo durante esta etapa de mi vida.

LAURA CAROLINA ORDUZ GOMEZ

DEDICATORIA

Mas a Dios gracias, el cual nos lleva siempre en triunfo en Cristo Jesús, y por medio de nosotros manifiesta en todo lugar el olor de su conocimiento.

2 Corintios 2,14

Este trabajo va dedicado a Dios por acompañarme y guiarme siempre en mi camino, a mis padres Rubén Ramírez y Sofía Cortes por su apoyo incondicional y valiosa paciencia, a mis hermanas Liliana y Diana Ramírez por su comprensión, y participación a través de toda la carrera y en general a todas las personas que intervinieron en el proceso que me ha llevado hoy a ser una profesional.

ANA MILENA RAMIREZ CORTES

AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirnos concluir con excelencia este proyecto de grado.

A nuestros Padres y hermanos por su constante comprensión, apoyo y fortaleza.

Al Ingeniero William Eduardo Cortes por sus aportes técnicos y su asistencia.

A la Corporación para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga – CDMB y en especial a la SUBDIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL URBANA SOSTENIBLE.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	22
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	24
2. OBJETIVOS DEL PROYECTO	25
2.1 OBJETIVO GENERAL	25
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS:	25
3. JUSTIFICACION	26
4. MARCO CONCEPTUAL	27
4.1 MARCO TEORICO	27
4.1.1 Modelos Geológicos-Geotécnicos.	27
4.1.2 Localización Y Revisión De Información Del Proyecto.	29
4.1.2.1 Uso Del Suelo Según El Pot.	31
4.1.2.2 Hidrología	32
4.1.2.3 Cobertura Vegetal.	34
4.1.2.4 Cartografía Base.	35
4.1.2.5 Sismología	38
4.1.2.6 Ensayos Y Exploración	40
4.1.3 Evaluación De Estabilidad De Taludes Mediante Equilibrio Límite	41
4.1.3.1 Análisis de equilibrio límite.	41
4.1.3.2 Métodos de análisis de estabilidad de taludes	43
4.1.5 Evaluación de la amenaza	45
4.1.6 Vulnerabilidad	46
4.1.7 Evaluación Del Riesgo De Remoción En Masa.	47
4.1.8 Diseño De Obras	48
5. METODOLOGIA	55
5.1 FASE 1	55
5.2 FASE 2	56
5.3 FASE 3	57

5.4 FASE 4	59
6. RESULTADOS Y DISCUCION	62
6.1 GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA	62
6.2 MODELOS Y PARAMETROS GEOTECNICOS	63
6.2.1 Modelos geotécnicos para los geomateriales	66
6.3 EVALUACION DE AMENAZA POR FENOMENOS DE REMOCIÓN EN MASA	67
6.4 EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD	83
6.4.1 Modelo Para Evaluar La Vulnerabilidad Física	83
6.4.2 Vulnerabilidad Social, Económico Y Ambiental Del Barrios Granjas De Provenza.	92
6.4.2.1 Vulnerabilidad Social	93
6.4.2.2 Vulnerabilidad Económica	94
6.4.2.3 Vulnerabilidad Ambiental	95
6.8.3 Riesgo.	99
6.6 DISEÑO DE OBRAS PARA LA MITIGACION DEL RIESGO	102
7. CONCLUSIONES	116
8. RECOMENDACIONES	119
BIBLIOGRAFIA	120
ANEXOS	124

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Modelo geomorfológico perfil K0+000	29
Figura 2 Mapa de las Comunas de Bucaramanga	30
Figura 3 Localización Área de estudio	30
Figura 4 Tratamiento del suelo	31
Figura 5 Curvas IDF sintéticas para la estación la Floresta, método de Bell	33
Figura 6 Curva de frecuencia de la lluvia acumulada para diferentes periodos de retorno, Estación la Floresta	34
Figura 7 Levantamiento topográfico	36
Figura 8 Localización Área de estudio Granjas de Provenza Fotografía	37
Figura 9 Cartografía granjas de Provenza	37
Figura 10 zonas con diferente respuesta dinámica	38
Figura 11 Espectros de diseño	39
Figura 12 Localización de la perforación GP-029-02 en Granjas de Provenza	40
Figura 13 Metodología de desarrollo.	55
Figura 14 Condiciones Estáticas Perfil K+000	68
Figura 15 Condiciones De Sismo Perfil K+000	68
Figura 16 Condiciones Estáticas Perfil K+010	69
Figura 17 Condiciones De Sismo Perfil K+010	69
Figura 18 Condiciones Estáticas Perfil K+040	70
Figura 19 Condiciones De Sismo Perfil K + 040	70
Figura 20 Condiciones Estáticas Perfil K+070	71
Figura 21 Condiciones De Sismo Perfil K+070	71
Figura 22 Condiciones Estáticas Perfil K+100	72
Figura 23 Condiciones De Sismo Perfil K+100	72
Figura 24 Condiciones Estáticas Perfil K+130	73
Figura 25 Condiciones De Sismo Perfil K+130	73
Figura 26 Condiciones Estáticas Perfil K+160	74

Figura 27 Condiciones De Sismo Perfil K+160	74
Figura 28 Condiciones Estáticas perfil K+190	75
Figura 29 Condiciones De Sismo Perfil K+190	75
Figura 30 Condiciones Estáticas Perfil K+220	76
Figura 31 Condiciones De Sismo Perfil K+220	76
Figura 32 Condiciones Estáticas Perfil K+250	77
Figura 33 Condiciones De Sismo Perfil K+250	77
Figura 34 Condiciones Estáticas Perfil K+280	78
Figura 35 Condiciones De Sismo Perfil K+280	78
Figura 36 Condiciones Estáticas Perfil K+303	79
Figura 37 Condiciones De Sismo Perfil K+303	79
Figura 38 Mapa Amenaza en condiciones normales, con perfiles críticos	82
Figura 39 Resultados vulnerabilidad física	91
Figura 40 Mapa de Riesgo	101
Figura 41 Amenaza con Obras perfil 000	102
Figura 42 Amenaza con Obras perfil 0+10	103
Figura 43 Amenaza con Obras perfil 0+40	103
Figura 44 Amenaza con Obras perfil 0+70	104
Figura 45 Amenaza con Obras perfil 0+100	104
Figura 46 Amenaza con Obras perfil 0+130	105
Figura 47 Amenaza con Obras perfil 0+160	105
Figura 48 Amenaza con Obras perfil 0+190	106
Figura 49 Amenaza con Obras perfil 0+220	106
Figura 50 Amenaza con Obras perfil 0+250	107
Figura 51 Amenaza con Obras perfil 0+280	107
Figura 52 Amenaza con Obras perfil 0+303	108
Figura 53 Esquema General de anclajes en suelo	110
Figura 54 Anclajes en el suelo	111
Figura 55 Diseño de Anclaje de suelo	114
Figura 56 Áreas Obras de Mitigación	114

LISTA DE FOTOGRAFIAS

	Pág.
Fotografía 1 Vegetación actual de la zona de estudio.	35
Fotografía 2 Ejemplo de Regevetalizacion – Diseño de obra	50
Fotografía 3 Geoforma general de Granjas de Provenza.	63
Fotografía 4 Fenómenos remoción en masa perfil k+010	83
Fotografía 5 Viviendas ubicadas en la corona del talud sin cumplir los aislamientos mínimos exigidos por la CDMB.	88
Fotografía 6 Estado de los materiales de algunas viviendas	88

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Estaciones climatológicas	32
Tabla 2 Intensidades máximas.	33
Tabla 3 Parámetros de control para la construcción de espectros de diseño propuestos para el Área Metropolitana de Bucaramanga	39
Tabla 4 Relaciones Hidráulicas para canales abiertos	54
Tabla 5 Clasificación de la amenaza	60
Tabla 6 Resumen Unidades Geológicas superficiales	65
Tabla 7 PERFIL K+000	67
Tabla 8 Resultado Perfil K+010	68
Tabla 9 Perfil K+040	69
Tabla 10 Perfil K+070	70
Tabla 11 Perfil K+100	71
Tabla 12 Perfil K+130	72
Tabla 13 Perfil K+160	73
Tabla 14 Perfil K+190	74
Tabla 15 Perfil K+220	75
Tabla 16 Perfil K+250	76
Tabla 17 Perfil K+280	77
Tabla 18 Perfil K+303	78
Tabla 19 Tabla De Resumen Amenaza Condiciones Estáticas Y Con Sismo	80
Tabla 20 Tabla parámetros Vulnerabilidad física	84
Tabla 21 Tabla Clasificación de Vulnerabilidad	87
Tabla 22 Tabla Clasificación de Vulnerabilidad	89
Tabla 23 Resumen Vulnerabilidad física	91
Tabla 24 Tabla de Subzonas con sus Índices de vulnerabilidad social	93
Tabla 25 Distribución Rangos de Vulnerabilidad social	94
Tabla 26 Tabla de Subzonas con sus Índices de vulnerabilidad Económica	94

Tabla 27 Distribución Rangos de Vulnerabilidad económica	94
Tabla 28 Índices de las Subzonas, Vulnerabilidad Ambiental	95
Tabla 29 Distribución Rangos de Vulnerabilidad Ambiental	95
Tabla 30 Resumen Vulnerabilidad Socio Económico ambiental	96
Tabla 31 Resumen de Vulnerabilidad	98
Tabla 32 Matriz para cálculo de Riesgo	100
Tabla 33 Factores de Seguridad con Diseño de Obras	102
Tabla 34 Factores de Seguridad con Diseño de Obras	103
Tabla 35 Factores de Seguridad con Diseño de Obras	103
Tabla 36 Factores de Seguridad con Diseño de Obras	104
Tabla 37 Factores de Seguridad con Diseño de Obras	104
Tabla 38 Factores de Seguridad con Diseño de Obras	105
Tabla 39 Factores de Seguridad con Diseño de Obras	105
Tabla 40 Factores de Seguridad con Diseño de Obras	105
Tabla 41 Factores de Seguridad con Diseño de Obras	106
Tabla 42 Factores de Seguridad con Diseño de Obras	106
Tabla 43 Factores de Seguridad con Diseño de Obras	107
Tabla 44 Factores de Seguridad con Diseño de Obras	107
Tabla 45 Resumen Factores de Seguridad sin obras y con obras en Condiciones Estáticas Y Con Sismo	108
Tabla 46 Dimensionamiento Y Diseño	115

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1 PLANO GEOLOGICO	125
ANEXO 2 PLANO GEOMORFOLOGICO	126
ANEXO 3 PLANO MODELOS GEOMORFOLOGICOS	127
ANEXO 4 MAPA ZONIFICACIÓN AMENAZA CONDICIONES ESTATICAS	128
ANEXO 5 MAPA ZONIFICACIÓN AMENAZA CONDICIONES EXTREMAS	129
ANEXO 6 FORMATO DE LAS ENCUESTAS (VULNERABILIDAD FISICA)	131
ANEXO 7FORMATO VULNERABILIDAD SOCIO ECONOMICA Y AMBIENTAL	133
ANEXO 8 ZONIFICACION SUBZONAS	134
ANEXO 9 MAPA ZONIFICACIÓN VULNERABILIDAD FISICA	135
ANEXO 10 MAPA ZONIFICACIÓN DEL RIESGO	136
ANEXO 11 DISEÑO DE OBRAS DE MITIGACIÓN EN PLANTA	137
ANEXO 12 DETALLES DE OBRAS	138
ANEXO 13 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS	139

GLOSARIO

AISLAMIENTO: Franja mínima de terreno medida horizontalmente desde un punto crítico de control (pié o corona de talud, borde de cañada, línea de inundación, etc.) hasta el sitio donde se permite localizar los muros de cerramiento, o el paramento de las edificaciones más cercanas a los taludes o cauces.

ALTURA DEL TALUD: Distancia vertical entre el pié y la corona del talud. Fenómeno o evento que puede causar daño a personas o bienes materiales, es el agente (químico, físico, geológico, biológico, humano, etc.) o grupo de condiciones o eventos que tienen el potencial de causar daño.

AMENAZAS NATURALES: Aquellos eventos que tienen como origen la interacción de procesos naturales, la dinámica de la corteza terrestre que pueden causar daño a los seres humanos y sus bienes. En esta categoría se incluyen los sismos, volcanes, deslizamientos, inundaciones, avalanchas, etc.

CDMB: Corporación Autónoma para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga.

CABEZA O CORONA DEL TALUD: Sitio de cambio de pendiente en la parte superior del talud.

CORTE: Modificación de la forma de la superficie del terreno mediante proceso de excavación.

DESLIZAMIENTO: Movimiento de los materiales que conforman el talud, generalmente a lo largo de una superficie de falla.

ESTUDIO GEOLOGICO: Análisis de la geología del terreno, realizado de acuerdo a los criterios contenidos en las presentes Normas técnicas.

ESTUDIO GEOMORFOLOGICO: Análisis de los procesos geomorfológicos que afectan la estabilidad de un terreno, realizado de acuerdo a los criterios contenidos en las presentes Normas técnicas.

EVENTOS SISMICOS: Movimientos ondulatorios de la corteza terrestre originados en causas naturales.

FACTOR DE SEGURIDAD: Relación entre las fuerzas que ayudan a la estabilidad del terreno y las que producen su inestabilidad.

FALLA ACTIVA: Es una falla que ha tenido desplazamientos en la superficie del terreno durante el Holoceno (aproximadamente los últimos 11.000 años) y por lo tanto, existe la amenaza de afectar las estructuras que se construyen sobre ella.

FILTROS O SUBDRENES: Obras diseñadas para el control de agua subterráneas, mediante el abatimiento del nivel freático.

FENOMENOS DE REMOCIÓN EN MASA (FRM): Son todos los procesos en los cuales ocurre movimiento ya sea lento o rápido, de masas de materiales geológicos como rocas y suelos en áreas inestables del terreno, que se convierten en agentes que pueden causar daño a los bienes, infraestructura y personas.

INESTABILIDAD: Proceso en el cual los materiales geológicos como el suelo o rocas representan baja capacidad de resistencia a esfuerzos externos e incluso a su propio peso, como consecuencia de saturación por agua, presión de poros u otros agentes que disminuyen su resistencia.

MAPA DE PENDIENTES: Mapa de representación gráfica de las pendientes y cambios de pendiente de la superficie del terreno, realizado de acuerdo a los criterios contenidos en las presentes normas técnicas.

MAPA DE ZONIFICACION GEOTECNICA: Mapa de las áreas que de acuerdo a los estudios técnicos realizados poseen determinadas limitaciones de origen geológico, geotécnico o hidrológico.

MAPA DE AMENAZA GEOTECNICA: Mapa que muestra el nivel y las áreas de afectación de una determinada amenaza geológica, geotécnica o hidrológica.

NIVEL DE AMENAZA: Magnitud relativa o gravedad de un fenómeno capaz de producir un riesgo. El nivel de amenaza debe definirse de acuerdo a los criterios contenidos en las presentes normas técnicas.

OBRAS DE ESTABILIZACION DE LA AMENAZA: Son aquellas obras que conducen a la eliminación total de la amenaza y el riesgo.

OBRAS DE MITIGACION DE LA AMENAZA Y EL RIESGO: Son aquellas obras que conducen a reducir la amenaza y el riesgo a niveles aceptables.

POT: Plan de Ordenamiento territorial del Municipio en el cual se encuentra localizado el terreno.

PENDIENTE DEL TALUD: **Identifica** el ángulo o nivel de conformación del talud natural o artificial con respecto a la horizontal; se puede medir en grados, ángulo, porcentaje o relación horizontal/vertical.

PERFIL GEOLOGICO: Representación gráfica de la estructura geológica de una sección del terreno.

OBRAS DE ESTABILIZACION DE LA AMENAZA: Son aquellas obras que conducen a la eliminación total de la amenaza y el riesgo.

OBRAS DE MITIGACION DE LA AMENAZA Y EL RIESGO: Son aquellas obras que conducen a reducir la amenaza y el riesgo a niveles aceptables.

POT: Plan de Ordenamiento territorial del Municipio en el cual se encuentra localizado el terreno.

PENDIENTE DEL TALUD: Identifica el ángulo o nivel de conformación del talud natural o artificial con respecto a la horizontal; se puede medir en grados, ángulo, porcentaje o relación horizontal/vertical.

PERFIL GEOLOGICO: Representación gráfica de la estructura geológica de una sección del terreno.

REMOCION EN MASA: Son todos los procesos en los cuales ocurre movimiento ya sea lento o rápido, de masas de materiales geológicos como rocas y suelos en áreas inestables del terreno, que se convierten en agentes que pueden causar daño a los bienes, infraestructura y personas.

RIESGO: Es una medida de la probabilidad de pérdida de vidas humanas, daño a las personas y pérdidas económicas causados por un fenómeno natural o amenaza.

SUPERFICIE DE FALLA DE UN TALUD: Zona dentro del talud que delimita la superficie probable de rotura o deslizamiento.

TALUD: Es una superficie inclinada del terreno. Las pendientes con ángulo superior a 30° con la horizontal y de altura total acumulada superior a tres metros se consideran como talud. *Fuente Normas geotécnicas CDMB.*

RESUMEN

TITULO: DETERMINACIÓN DE LA AMENAZA, RIESGO POR FENOMENOS DE REMOCIÓN EN MASA Y DISEÑO DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN EN EL SECTOR OCCIDENTAL DE GRANJAS DE PROVENZA MUNICIPIO DE BUCARAMANGA

AUTORES: Laura Carolina Orduz Gómez
Ana Milena Ramírez Cortes

FACULTAD: Ingeniería Ambiental

DIRECTOR: William Eduardo Cortes Peña.

El presente documento contiene el estudio de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por fenómenos de remoción en masa a los que se encuentran expuestos los habitantes del sector Granjas de Provenza sector occidental.

Para el desarrollo de este proyecto fue necesario hacer una revisión de la información existente del área de estudio y en general de la Ciudad de Bucaramanga (cartografía base, hidrología, precipitación, plan de ordenamiento territorial, sismología, entre otros), el estudio geológico, el estudio geotécnico, los cuales fueron la base para la identificación del modelo geológico-geotécnico aplicado.

Al talud base de estudio se le realizaron cortes a una distancia de 30m, el análisis de las condiciones actuales de la zona de estudio con la ayuda del software GEO-SLOPE/W. Con estos corrimientos se determinaron los factores de seguridad para cada uno de los perfiles y de esta forma fue posible realizar una zonificación de amenaza definida como baja, media y alta, siendo esta ultima la que predomina sobre el sector.

El estudio de la vulnerabilidad física se realizó tomando como referencia la metodología propuesta por MALDONADO y CHIO CHO (2011) y la metodología de (Imiriland, 2007) con la cual se evalúa la vulnerabilidad física, socioeconómica - ambiental por medio de encuestas orientadas a obtener cada uno de estos índices, los resultados obtenidos demuestran que 35 viviendas se encuentran dentro de una vulnerabilidad alta, 10 en vulnerabilidad media y 6 en vulnerabilidad baja.

La determinación del riesgo fue producto de sobreponer en el mapa de amenaza los índices de vulnerabilidad de cada vivienda, por medio de la matriz propuesta por Imiriland, 2007, de la cual se obtuvo la zonificación del riesgo. Posteriormente se realizó el diseño de las obras adecuadas para mitigar la amenaza por FRM al que se encuentran expuestos esta comunidad. Para la construcción de las obras de mitigación se hace necesario la compra y reubicación de 8 viviendas, con el fin de realizar la mitigación de la amenaza en el sector.

PALABRAS CLAVES: Amenaza, Vulnerabilidad, Riesgo.

SUMMARY

TITLE: DETERMINATION OF THE HAZARD, RISK BY MASS REMOVAL PHENOMENA AND DESIGN OF MITIGATION WORKS IN THE WESTERN AREA IN GRANJAS NEIGHBORHOOD IN PROVENZA IN BUCARAMANGA.

AUTHORS: Laura Carolina Orduz Gómez
Ana Milena Ramírez Cortes

FACULTY: Environmental Engineering

DIRECTOR: William Eduardo Cortes Peña.

This document contains the study of threat, vulnerability and risk for mass removal phenomena which the inhabitants from the western area in Granjas neighborhood in Provenza are exposed to.

For the development of this project, it was necessary a detailed check up of the existing information of the area of study and in general of Bucaramanga city (base mapping, hydrology, precipitation, territorial development plan, seismology, among others), the geological study and the geotechnical study were the base for the identification of the applied geologic-geotechnical model.

Cuts at a 30m distance were performed to the base slope with the assistance of the GEOSLOPE software to complete the analysis of the current conditions of the area. These runnings determined the safety facts for each profile according to a threat stratification area defined as low, medium and high being high the one that prevailed in the zone.

The vulnerability study was performed taking as reference the methodology proposed by MALDONADO and CHIO CHO 2011 and the Imiriland, 2007 methodology which evaluates the physical, socio-economical and environmental vulnerability by inquiries oriented to get each index, the obtained results show that 35 houses are in a high vulnerability, 10 in medium vulnerability and 6 in low.

The determination of risk was obtained by superimposing the vulnerability indexes of each house in the threat map, by the matrix proposed by Imiriland, 2007 the risk zoning was gotten. After that, it was designed an adequate plan of works to mitigate the threat by FRM which this community are exposed to. For the construction of the mitigation works is necessary to purchase and relocation of 8 homes, to perform hazard mitigation in the sector.

KEY WORDS: HAZARD, VULNERABILITY, RISK.

INTRODUCCIÓN

El municipio de Bucaramanga, ha sufrido con frecuencia los efectos de los movimientos en masa. Ello se debe por una parte a las características del entorno geológico, fisiográfico y climático en donde se encuentra y por otra al uso que se le ha dado al suelo, en donde se han desarrollado proyectos urbanísticos e invasiones en laderas susceptibles a la generación de movimientos en masa o han sido ocupados los cauces y llanuras de inundación de ríos y quebradas con características torrenciales.

La erosión y remoción en masa en las zonas perimetrales de Bucaramanga, son problemas que en la ciudad han causado constantes eventos que han afectado áreas urbanas originando daños a las viviendas y habitantes de estos lugares.

Uno de los principales problemas del sector occidental de Granjas de Provenza es la amenaza a fenómenos de remoción en masa por la presencia de taludes semiverticales de alturas que oscilan entre los 10 y 15 metros con viviendas localizadas en la pata del talud sin cumplir aislamientos mínimos a esta zona, lo cual genera que en eventos intensos de lluvia se presenten deslizamientos cuyo material afecta a las viviendas localizadas en esta área.

Este documento presenta los resultados del estudio de estabilidad, amenaza y riesgo realizado en el sector de Granjas de Provenza de la ciudad de Bucaramanga, y a partir de dichos resultados, se proponen una serie de medidas correctivas con el fin de garantizar la protección de las viviendas con mayor vulnerabilidad.

Para garantizar un adecuado diseño de las obras correctivas, se hace necesario hacer previamente estudios de topografía, geología y geomorfología, revisión de la climatología e hidrología, apiques para identificar qué clase de suelo está

presente en la zona y de esta forma proponer medidas de mitigación y corrección de tal forma que se minimice la amenaza y el riesgo por fenómenos de remoción en masa en este sitio.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Uno de los problemas ambientales que ha venido llamando la atención de las autoridades ambientales en Colombia y en el mundo entero, ha sido los fenómenos que producen la degradación de los suelos, que a medida que pasa el tiempo se incrementa paulatinamente, ya sea por las intervenciones antrópicas, por los efectos que causan las gotas de agua lluvia, el viento, entre otros procesos.

La erosión y remoción en masa en las zonas perimetrales de Bucaramanga, son problemas que en la ciudad han causado constantes eventos que han afectado aéreas urbanas originando daños a las viviendas y habitantes de estos lugares.

El asentamiento de Granjas de Provenza, localizado al sur occidente del Barrio Provenza de la ciudad de Bucaramanga se encuentra ubicado en la cabecera de la Quebrada. El crecimiento urbanístico sin control en este lugar ha generado una serie de problemas para sus moradores ya que se localizan en zonas de alta pendientes y cercanas a las rondas hídricas de la escarpa.

Uno de los principales problemas del sector occidental de Granjas de Provenza es la amenaza a fenómenos de remoción en masa por la presencia de taludes semiverticales de alturas que oscilan entre los 10 y 15 metros con viviendas localizadas en la pata del talud sin cumplir aislamientos mínimos a esta zona, lo cual genera que en eventos intensos de lluvia se presenten deslizamientos cuyo material afecta a las viviendas localizadas en esta área.

En este orden de ideas, el presente trabajo surge de la inquietud por determinar la amenaza, vulnerabilidad y riesgo al que están expuestos los habitantes de este sector, seguido de un diseño de obras adecuadas para mitigar y controlar este fenómeno que incrementa con el paso del tiempo y pone en riesgo esta población.

2. OBJETIVOS DEL PROYECTO

2.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la amenaza y riesgo por fenómenos de remoción en masa y diseño de las obras de mitigación en el sector occidental de granjas de Provenza.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Realizar la recopilación de la información existente (cartografía, geomorfología, mapas de pendientes, climatología etc.) y el diagnóstico de estabilidad del talud en la zona Estudio.
- Identificar el modelo geotécnico que se ajuste a los posibles tipos de deslizamientos en el área de influencia.
- Realizar la zonificación de amenaza por FRM “Fenómeno de Remoción en Masa “en el barrio Granjas de Provenza.
- Evaluar las condiciones de amenaza, vulnerabilidad y el Riesgo por procesos de remoción en masa en el sector de estudio.
- Diseñar las obras de mitigación en las zonas determinadas como amenaza alta mitigable por fenómenos de remoción en masa.

3. JUSTIFICACION

La zona de Granjas de Provenza, se caracteriza por la presencia de taludes de alta pendiente, los cuales al presentarse un evento de lluvia han provocado deslizamientos del suelo, procesos de erosión y remoción en masa.

El presente proyecto surge de la necesidad por buscar alternativas de solución para mitigar los problemas ambientales y sociales desencadenados. Por lo tanto, es importante adelantar el análisis y la caracterización de la cuenca, y de esta manera poder localizar e identificar las zonas de amenaza con el fin de proteger la población ubicada en esta cuenca y tratar de prevenir posibles catástrofes ambientales.

Además, sería necesario estructurar un manejo integral de la zona Granjas de Provenza el cual puede abarcar desde estudios de la vulnerabilidad y del riesgo hasta diseños de obras de retención de suelo.

Teniendo en cuenta los resultados del presente trabajo, consideramos pertinente pasar una propuesta a la Corporación de la defensa de La Meseta De Bucaramanga para que los resultados sean aplicados al sector, siendo estos la autoridad ambiental competente.

4. MARCO CONCEPTUAL

En este capítulo se presenta toda la información del área de estudio necesaria para la realización del proyecto; Hace referencia a los conceptos que se emplearan en el análisis de la amenaza, vulnerabilidad y riesgo por fenómenos de remoción de masa y el diseño de las obras de mitigación, al igual que la definición de área de estudio, usos del suelo, hidrología, cobertura vegetal, entre otros.

4.1 MARCO TEORICO

La CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA SUBDIRECCIÓN DE NORMATIZACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL plantea los lineamientos técnico-ambientales para la realización de estudios detallados de amenaza y riesgo por fenómenos de remoción en masa e inundación en terrenos localizados en el área de jurisdicción de la CDMB, sobre los cuales se tengan expectativas de desarrollo.

Los fenómenos de remoción en masa son todos los procesos en los cuales ocurre movimiento ya sea lento o rápido, de masas de materiales geológicos como rocas y suelos en áreas inestables del terreno, que se convierten en agentes que pueden causar daño a los bienes, infraestructura y personas. (*Normas geotécnicas CDMB*).

4.1.1 Modelos Geológicos-Geotécnicos. Los modelos geológicos-geotécnicos son necesarios para analizar los mecanismos de falla y diseñar las medidas de manejo, control y estabilización en laderas. Para esto es importante realizar un modelo conceptual basado en la caracterización de la geología, geomorfología, la resistencia de los materiales de roca y/o suelo en la zona de estudio y edificaciones. La hidrología tiene un gran efecto en la activación de los movimientos, por tal motivo es necesario incluir los mecanismos de infiltración,

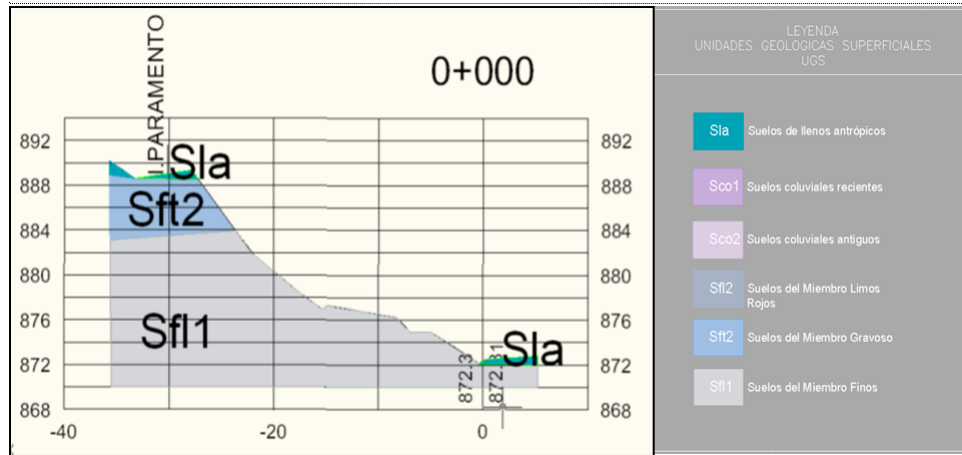
transporte y acumulación de agua dentro de los suelos y rocas, al igual que la sismicidad.

“La elaboración de los modelos conceptuales es esencial para diseñar adecuadamente las obras de estabilización. Los modelos determinísticos **(Cálculos de factores de seguridad)** son solo una herramienta y deben representar hasta donde sea posible los elementos básicos de los modelos conceptuales”, plantea Jaime Suárez Díaz, Profesor de la Escuela de Ingeniería Civil, Universidad Industrial de Santander en su artículo “ELABORACION DE MODELOS CONCEPTUALES DE DESLIZAMIENTOS EN SUELOS RESIDUALES EN COLOMBIA”(1998).

El modelo geológico-geotécnico sirve como base para implementar el modelo matemático, el cual, se desarrolla mediante herramientas computacionales para problemas de estabilización de taludes, dentro de los cuales se encuentran SLIDE, GEOSTUDIO (GEOSLOPE/W), STABL, GEO5, entre otros. La CDMB tiene la licencia del software SLOPE/Wde GEOSTUDIO con el cual se evaluaron los modelos geológicos-geotécnicos para este proyecto.

La figura 1 plantea un ejemplo del modelo geológico-geotécnico realizado para el perfil K0+000, en donde se puede detallar las cotas, los diferentes tipos de suelo correspondiente a su geología y geomorfología local. Estos tipos de suelos se encuentran descritos detalladamente en los planos 1, 2 y 3 (ver anexos 1,2 y 3). Para este estudio se trabajaron 12 perfiles ilustrados en el plano 3 Modelos geológicos y geotécnicos.

Figura 1 Modelo geomorfológico perfil K0+000



Fuente: CDMB

4.1.2 Localización Y Revisión De Información Del Proyecto. La zona de estudio corresponde al sector denominado Granjas de Provenza, ubicado al sur occidente de la ciudad de Bucaramanga con una altura promedio de 899 m.s.n.m y coordenadas 7°04'54.63"N y 73°06'56.56"O. En la parte alta de la cuenca se encuentran construidas algunas viviendas que colindan con el barrio Viveros pero en general la mayor parte de estas construcciones se localizan en la parte baja de la ladera, la cual es susceptible a procesos erosivos los cuales amenazan con afectar a esta comunidad. En las Figuras 2 y 3 se presenta la localización general de la zona de estudio.

Figura 2 Mapa de las Comunas de Bucaramanga



Fuente: CDMB

Figura 3 Localización Área de estudio



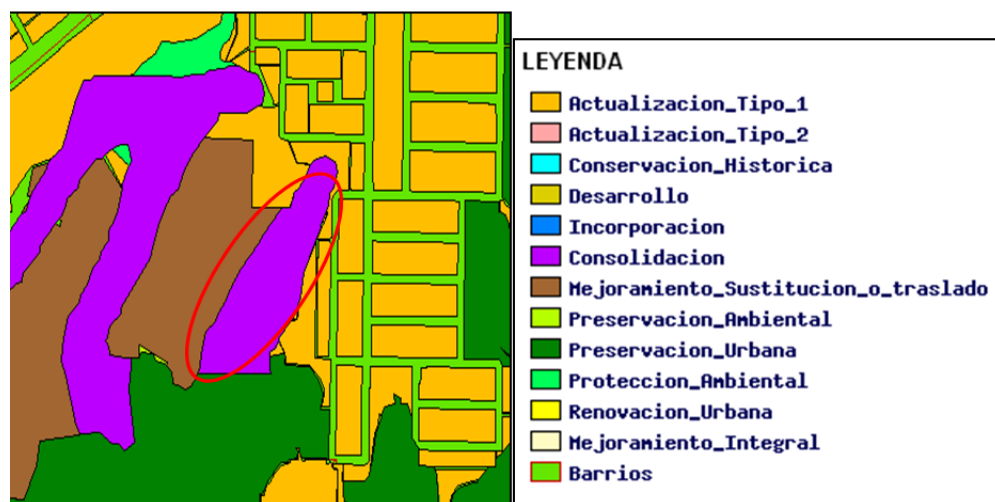
Fuente: Google Earth

4.1.2.1 Uso Del Suelo Según El Pot.El POT del municipio de Bucaramanga tiene definida la zona de estudio correspondiente a la Zona Granjas de Provenza como suelo de uso Residencial. Este tipo de uso del suelo hace referencia a dos tipos de viviendas que son las siguientes:

- Vivienda Tradicional: Actividad destinada al uso exclusivo de vivienda permanente no subsidiada.
- Vivienda de Interés Social: Actividad destinada al uso residencial, sujeta a las disposiciones gubernamentales establecidas para dicho uso.

En cuanto al tratamiento del suelo según el POT se encuentra ubicado en zona de consolidación que son los sectores habitados localizados en suelo urbano, que por estar en zonas de relativo riesgo mitigable, debe ser controlado en su crecimiento, fraccionamiento y desarrollo. Estos no permiten la construcción de viviendas adicionales. En la figura número 4 se puede apreciar los diferentes tratamientos del suelo encontrados en esta zona de Bucaramanga.

Figura 4 Tratamiento del suelo



Fuente: CDMB

4.1.2.2 Hidrología. A nivel general, las condiciones climatológicas son de gran importancia para la estabilidad de taludes. Según el IDEAM Bucaramanga, presenta un comportamiento bimodal a nivel de climático. Los meses con la temperatura menor promedio fueron octubre y noviembre y los meses con la temperatura mayor promedio fueron marzo y abril. De los estudios realizados por INGEOMINAS (2008), la estación LLANO GRANDE, UIS y EI AEROPUERTO capturaron estas medidas mostradas a continuación:

Tabla 1 Estaciones climatológicas

ESTACIÓN	ALTURA msnm	TEMPERATURA (°C)		
		MEDIA	MAXIMA	MÍNIMA
LLANO GRANDE	777	25,1	27,3	21,6
UIS	1018	23,0	24,9	20,8
AEROPUERTO PALONEGRO	1190	21,3	23,2	19,2

Fuente: Consorcio M&CI,(2009) EVALUACIÓN DE ESTABILIDAD Y PREDISEÑO DE MEDIDAS CORRECTIVAS DEL SECTOR DE GRANJAS DE PROVENZA II BUCARAMANGA.

En cuanto a la precipitación, INGEOMINAS (2008) y el Consorcio M&CI,(2009) determinaron el régimen de precipitación en este sector con picos en los meses de mayo y octubre del orden de 139 y 127 mm respectivamente, y dos meses de menor precipitación entre 52 y 70 mm en diciembre y enero. En cuanto al promedio la precipitación en 24 horas se encuentra entre 39.56 mm y 95 mm y los coeficientes de variación no pasan de 0.2. La estación más cercana a la zona de estudio es La Floresta; las máximas precipitaciones diarias en esta estación son de 119.3 mm, también pueden alcanzar los 130.57 mm para un periodo de recurrencia de 100 años y la intensidad para dicha lluvia en un aguacero de 30 minutos de duración se estima en 261.14 mm/h.

Para las curvas de intensidad frecuencia y duración (TABLA1) INGEOMINAS (2008) estimó el valor de lluvias cortas como se muestra a continuación en la tabla 2.

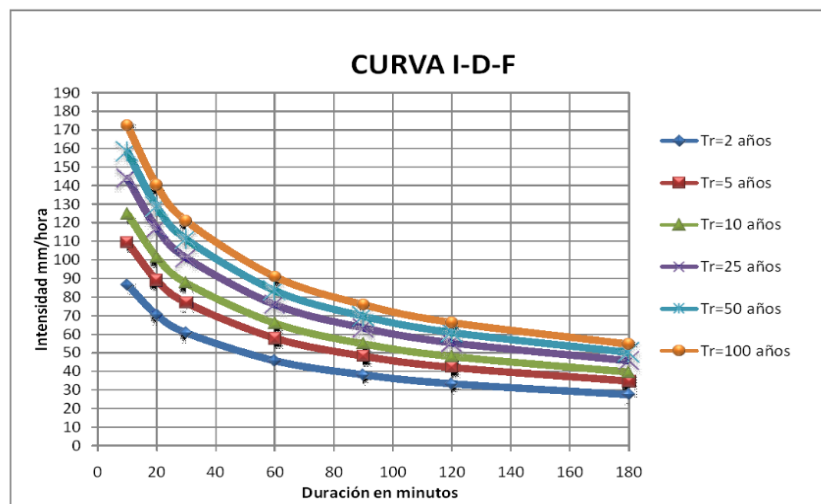
Tabla 2 Intensidades máximas.

CURVAS DE INTENSIDAD-DURACION-FRECUENCIA							
3. LA FLORESTA							
Pmax 24h:	75.2 mm	Promedio de las máximas anuales					
Smax 24 horas:	17.7 mm	Desviación standard de la serie.					
Relación Cp:	0.63	Relación entre horaria y diaria.					

Periodo de Retorno	Intensidades máximas en mm/hora para duraciones entre 10 y 180 minutos						
	10	20	30	60	90	120	180
Tr=2 años	86.6	70.4	60.8	45.7	38.1	33.3	27.5
Tr=5 años	109.6	89.1	77.0	57.8	48.2	42.2	34.8
Tr=10 años	124.8	101.5	87.6	65.9	54.9	48.0	39.6
Tr=25 años	144.0	117.1	101.1	76.0	63.4	55.4	45.7
Tr=50 años	158.3	128.7	111.1	83.5	69.6	60.9	50.2
Tr=100 años	172.4	140.2	121.1	91.0	75.9	66.4	54.7

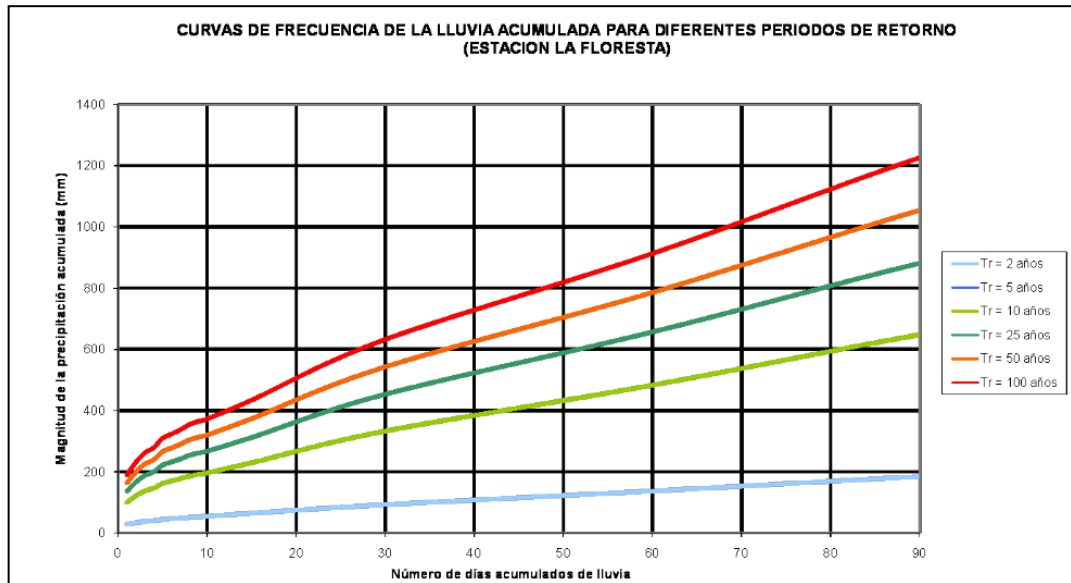
Fuente: Consorcio M&CI,(2009) EVALUACIÓN DE ESTABILIDAD Y PREDISEÑO DE MEDIDAS CORRECTIVAS DEL SECTOR DE GRANJAS DE PROVENZA II BUCARAMANGA.

Figura 5 Curvas IDF sintéticas para la estación la Floresta, método de Bell



Fuente: Consorcio M&CI,(2009) EVALUACIÓN DE ESTABILIDAD Y PREDISEÑO DE MEDIDAS CORRECTIVAS DEL SECTOR DE GRANJAS DE PROVENZA II BUCARAMANGA.

Figura 6 Curva de frecuencia de la lluvia acumulada para diferentes periodos de retorno, Estación la Floresta



Fuente: Consorcio M&CI,(2009) EVALUACIÓN DE ESTABILIDAD Y PREDISEÑO DE MEDIDAS CORRECTIVAS DEL SECTOR DE GRANJAS DE PROVENZA II BUCARAMANGA.

Como se observa en la Figura 6, un valor de 119.3 mm de precipitación en un día corresponde a un periodo de recurrencia entre 10 y 25 años conforme se indica en los registros estadísticos de lluvia diaria de la estación La Floresta.

4.1.2.3 Cobertura Vegetal. La vegetación está compuesta por especies introducidas con el oiti(*licanania tormentosa*), algunos frutales como son: cacao(*teobroma cacao*), mango(*Manguifera indica L*), y papayos(*carica papaya*). En los antejardines siembra de arbustos ornamentales como galán de la noche(*cestrumnocturnum*), y jazmin (*Jazminumofficinale*).

Existen siembras para maniforrajero(*arachispinto*) y margariton(*chrysanthemum máximo*) para recubrir el suelo descubierto y evitar la erosión eólica y la acción del agua.

La vegetación espontánea y de sucesión natural predomina las gramíneas (*acrocerasmacrum*) como el pasto guinea (*panicum máximo*) y estrella (*cynodonplectostachium*), especies de forma arbustiva como lo son el mulato (*bursera simaruba*), el pategallina (*CynodonDactylon*), cordoncillo (*PiperAuratumKunth*) en forma rara al igual que se encuentran algunas especies exóticas.

Fotografía 1 Vegetación actual de la zona de estudio.



Fuente: Autor

4.1.2.4 Cartografía Base. Para el sitio Granjas de Provenza se cuenta además con cartografía detallada (Plano de Planta General) se encuentra a escala 1:250 con curvas de nivel cada metro. En la figura se aprecia la imagen.

Figura 7 Levantamiento topográfico



Fuente: CDMB

Figura 8 Localización Área de estudio Granjas de Provenza Fotografía



Fuente: Google earth.

En las Figuras 8 y 9 se aprecia el sector detallado en la cartografía y la imagen, tomando como fuente la imagen de Google Earth, donde se puede observar la generalidad del drenaje en el sector y la proximidad a vías principales.

Figura 9 Cartografía granjas de Provenza

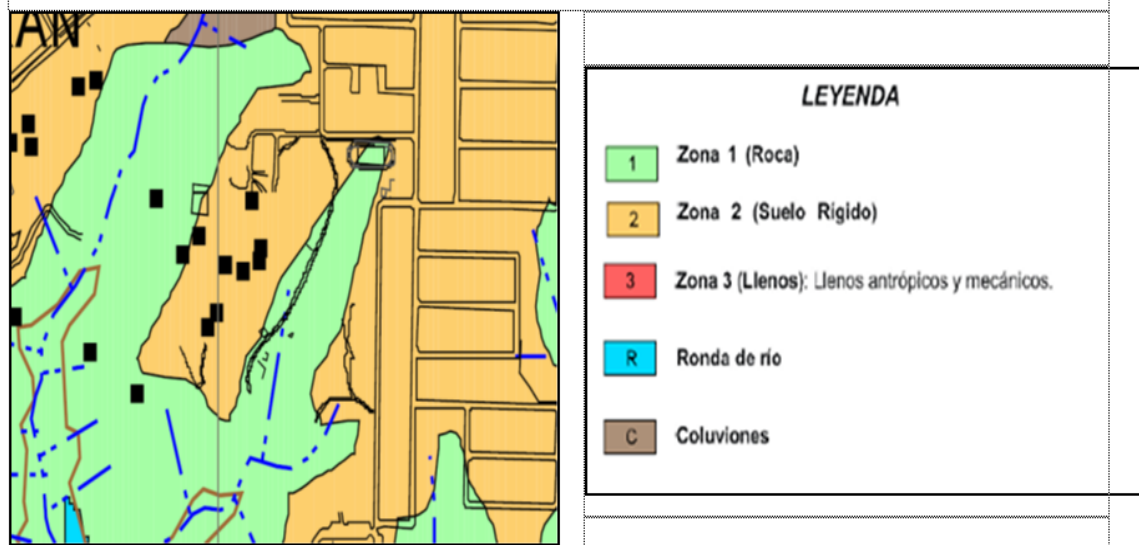


Fuente: CDMB (2006)

4.1.2.5 Sismología. La Zonificación Sísmica Indicativa Del Área Metropolitana de Bucaramanga en Colombia se encuentra localizada en un ambiente sismo-tectónico de gran actividad, caracterizado por la ocurrencia de eventos naturales como deslizamientos, sismos y erupciones volcánicas, los cuales se constituyen en amenazas permanentes. Los terremotos son los fenómenos que han ocasionado en nuestro país las más grandes pérdidas de vidas humanas y daños a los bienes.

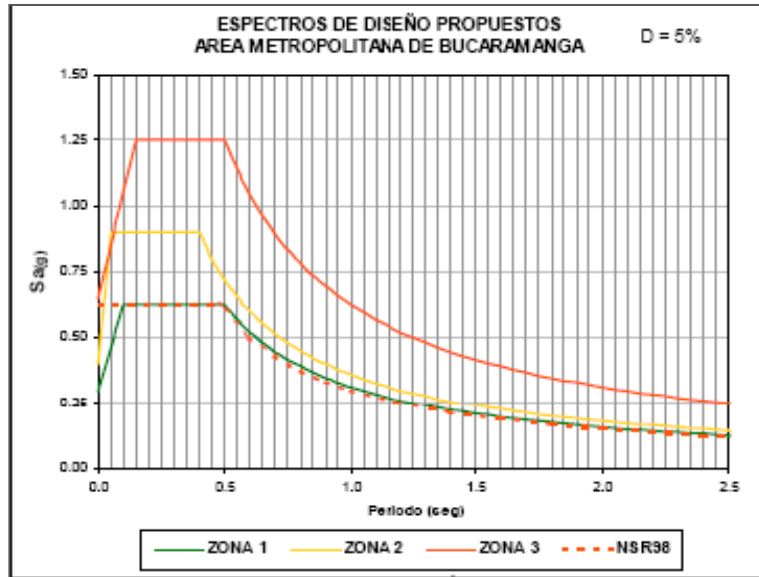
La preocupación por conocer el comportamiento que el suelo pueda tener ante un evento sísmico, delimitándolo en zonas, nos permite definir posibles escenarios que aportan información acerca de la magnitud de una emergencia, de tal forma que se puedan organizar planes de contingencia adecuados para la mitigación de los efectos que se puedan producir.

Figura 10 zonas con diferente respuesta dinámica



Fuente: Zonificación sísmogeotécnica Indicativa del Área Metropolitana de Bucaramanga, INGEOMINAS 2001.

Figura 11 Espectros de diseño



Fuente: Zonificación sísmogeotécnica Indicativa del Área Metropolitana de Bucaramanga, INGEOMINAS 2001.

Tabla 3 Parámetros de control para la construcción de espectros de diseño propuestos para el Área Metropolitana de Bucaramanga

A_m : valor de máxima aceleración del terreno ($T=0s$)
 S_m : valor máximo de aceleración espectral correspondiente a la parte plana del espectro
 T_o, T_c : períodos que definen inicio y terminación de la parte plana del espectro
 T_L : periodo después del cual las aceleraciones espectrales son constantes a un valor de $A_m/4$.

	Zona 1 Roca	Zona 2 Suelo Rígido	Zona 3 Llenos
T_o (s)	0.10	0.05	0.15
T_c (s)	0.50	0.40	0.50
T_L (s)	4.00	3.60	4.00
A_m (g)	0.30	0.40	0.65
S_m (g)	0.63	0.90	1.25

Fuente Zonificación sísmogeotécnica Indicativa del Área Metropolitana de Bucaramanga, INGEOMINAS 2001.

En la zonificación sismogeotécnica indicativa, se tomaron en cuenta dos posibles escenarios sísmicos para el área metropolitana; el primero de ellos corresponde a la falla de Bucaramanga y el segundo a la falla Frontal de los Llanos Orientales, de los cuales se determinaron el espectro de respuesta para el Área Metropolitana de Bucaramanga, en tres (3) zonas de respuesta dinámica diferente: La Zona 1 – Roca, la Zona 2 – Suelo rígido y la Zona 3 – Llenos (ver figura10).

4.1.2.6 Ensayos Y Exploración. El consorcio M&CI facilitó los ensayos y perforaciones de la zona; en la sector se realizó un sondeo que llamaron GP-029-02 a 46 metros de profundidad en tubería HQ y con recuperación de muestras. La perforación se localizó en el sector de Granjas de Provenza II en las coordenadas X= 1.106.198m Y=1.274.942m Z = 896 msnm.

Figura 12 Localización de la perforación GP-029-02 en el sector de Granjas de Provenza



Fuente: Consorcio M&CI - ESTUDIO DE ACTUALIZACIÓN DEL PLAN GENERAL PARA EL CONTROL DE LA EROSIÓN EN EL MUNICIPIO DE BUCARAMANGA DEPARTAMENTO DE SANTANDER

De este sondeo se detectó lo siguiente:

- Entre las profundidades 0.00 a 2.50 metros se presenta material de relleno.
- Entre las profundidades de 2.50 a 9.50 metros. Se caracteriza por la presencia de gravas en matriz arcillo limosa.
- En las profundidades de 9.50 m a 13.50 aparece un material limo arenoso arcilloso.
- Entre las profundidades 13.50 a 25.50 se evidencia la presencia de material arenoso
- Entre los 25.50 a 31 m de profundidad se presentan nuevamente materia gravosos en matriz limo arenoso.
- Durante la fase exploratorio se detectó afloramientos de agua, a una profundidad de 16.5 m.

4.1.3 Evaluación De Estabilidad De Taludes Mediante Equilibrio Límite.

Existen por lo menos tres métodos analíticos que pueden ser utilizados para analizar la estabilidad de taludes sujetos a fuerzas gravitacionales, hidráulicas y de sismo; de equilibrio límite, solución con mecánica de medios continuos y análisis de elemento finito. Estos métodos suponen generalmente condiciones de deformación plana para simplificar el problema.

4.1.3.1 Análisis de equilibrio límite. El análisis de los movimientos de los taludes o laderas durante muchos años se ha realizado utilizando las técnicas del equilibrio límite. Este tipo de análisis requiere información sobre la resistencia del suelo.

El sistema de equilibrio límite supone que en el caso de una falla, las fuerzas actuantes y resistentes son iguales a lo largo de la superficie de falla equivalentes a un factor de seguridad de 1.0.

El análisis se puede realizar estudiando directamente la totalidad de la longitud de la superficie de falla o dividiendo la masa deslizada en tajadas o dovelas.

El principio básico que incluye este tipo de análisis es el cálculo de los momentos o fuerzas actuantes y los momentos o fuerzas resistentes. En un análisis determinístico, el factor de seguridad contra la falla es tomado como la relación entre las fuerzas resistentes y los momentos o fuerzas actuantes. El talud es considerado estable si el factor de seguridad es mayor que uno. La no determinación del factor de seguridad puede ser causa de probables desplazamientos en taludes estables o fallados.

Fellenius (1927) presentó el factor de seguridad como la relación entre la resistencia al corte real, calculada del material en el talud y los esfuerzos de corte críticos que tratan de producir la falla, a lo largo de una superficie supuesta de posible falla:

$$F.S = \frac{\text{Resistencia al Corte}}{\text{Esfuerzo al Cortante}}$$

En superficies circulares donde existe un centro de giro y momentos resistentes y actuantes:

$$F.S = \frac{\text{Momento resistente}}{\text{Momento actuante}}$$

La mayoría de los sistemas de análisis asumen un criterio de “equilibrio límite” donde el criterio de falla de Coulomb es satisfecho a lo largo de una determinada superficie.

4.1.3.2 Métodos de análisis de estabilidad de taludes

- **Método Ordinario o de Fellenius (Fellenius 1927).** Este método no tiene en cuenta las fuerzas entre las dovelas y no satisface equilibrio de fuerzas, tanto para la masa deslizada como para dovelas individuales. Sin embargo, este método es muy utilizado por su procedimiento simple, impreciso para taludes planos con alta presión de poros.
- **Método Bishop simplificado (Bishop 1955).** Asume que todas las fuerzas de cortante entre dovelas son cero. Reduciendo el número de incógnitas. La solución es sobredeterminada debido a que no se establecen condiciones de equilibrio para una dovela.
- **Método Janbú Simplificado (Janbú 1968).** Al igual que Bishop asume que no hay fuerza de cortante entre dovelas. La solución es sobredeterminada que no satisface completamente las condiciones de equilibrio de momentos. Sin embargo, Janbú utiliza un factor de corrección F_0 para tener en cuenta este posible error.
- **Método Morgenstern-Price (1965).** El método de análisis desarrollado por Morgenstern y Price (1965) puede ser aplicado tanto a superficies de rotura circulares como no circulares. Permite la especificación de las fuerzas entre rebanadas. Considera que las tensiones y las fuerzas varían continuamente en la superficie, resuelve las componentes normal y paralela a la base para cada elemento formulando ecuaciones de equilibrio de fuerza generales.

4.1.4 Análisis de estabilidad mediante SLOPE/W. Para el análisis del modelo geotécnico del deslizamiento se utilizó el software para computador SLOPE/W, Versión 6.02 de GEO-SLOPE International Ltda., Calgary Alberta.

Es un software que usa la teoría del equilibrio límite para calcular el factor de seguridad de taludes de tierra y roca. La formulación comprensiva de SLOPE/W hace posible analizar fácilmente problemas de estabilidad de taludes simples y complejos usando varios métodos para calcular el factor de seguridad. Los análisis pueden ser realizados utilizando parámetros determinísticos o probabilísticos.

El programa requiere como datos de entrada los siguientes valores de las características físicas y parámetros de resistencia del material: peso específico, ángulo de fricción interna y la cohesión. Los cuales se obtuvieron directamente del estudio de mecánica de suelos.

El análisis de estabilidad mediante la teoría de equilibrio límite se utilizó para obtener los factores de seguridad al deslizamiento de los taludes mediante diferentes métodos de análisis, para objeto del presente estudio se trabajó conjuntamente con los anteriores cuatro métodos.

Existen dos probables escenarios:

- **Escenario 1:** Condición Estática. Este análisis consiste en determinar las condiciones normales de estabilidad de los taludes de acuerdo al modelo geotécnico propuesto considerando niveles freáticos.

Para calibrar el modelo geotécnico del deslizamiento principal, se analizaron las condiciones geomorfológicas históricas existentes, mediante observaciones de campo e interpretaciones de los posibles mecanismos de falla y la topografía actual del talud.

- **Escenario 2: Análisis pseudoestático.** Este análisis consiste en determinar las condiciones extremas de estabilidad de los taludes considerando un evento sísmico de acuerdo a un análisis pseudoestático, con aceleración horizontal de 0.15g (considerando un PGA en el subsuelo de 0.30g y la ecuación del coeficiente horizontal $1/2$ (PGA)).

4.1.5 Evaluación de la amenaza: Es el proceso mediante el cual se determina la probabilidad de ocurrencia y la severidad de un evento en un tiempo dado y en un área determinada. Representa la recurrencia estimada y ubicación geográfica de eventos probables. Amenaza por fenómenos de remoción en masa. Se refiere a los fenómenos de remoción en masa de suelo o roca como deslizamiento, reptación, flujos de material, caídas y volcamiento de material.

Según los lineamientos técnicos-ambientales, la definición para las diferentes categorías de amenazas son las siguientes:

- **Nivel de Amenaza Baja:** Para la remoción en masa, son terrenos “geológica y/o geotécnicamente estables” donde las amenazas de movimientos naturales de masa son mínimas o no existen. Los factores de seguridad en los análisis de estabilidad de taludes deben ser superiores a 1.5 para condiciones estáticas y 1.2 para condiciones con sismo y agua extremas.
- **Nivel de Amenaza media:** Son terrenos clasificados geológica y/o geotécnicamente como “relativamente inestables”, en los cuales para adelantar la construcción de obras es necesario la ejecución previa de trabajos que preserven su estabilidad o se establecen condicionantes para el manejo del terreno, orientados a conservar o mejorar su estabilidad natural. Los factores de seguridad en el análisis de estabilidad de taludes se encuentran entre 1.25 y 1.5 para condiciones estáticas y entre 1.0 y 1.2 para condiciones con sismo y agua extremas.

- **Nivel de Amenaza alta.** Terrenos afectados por amenazas geológicas, geotécnicas o hidrológicas graves. Aunque las amenazas pueden ser mitigables no pueden ser estabilizadas totalmente a la remoción en masa :Pertenece a esta clasificación terrenos clasificados como “inestables” en los cuales no se debe adelantar ninguna obra de construcción, debido a que presentan riesgos altos para la vida y bienes de la comunidad, además su recuperación es muy compleja, o demasiado costosa. Se deben destinar a zonas verdes, reforestación o de tratamientos especiales a largo plazo. Los factores de seguridad en el análisis de estabilidad son menores de 1.25 para condiciones estáticas o menores de 1.2 para condiciones con sismo y agua extremas.

- **Zonificación de Amenaza:**

Se deberá presentar los resultados de los análisis para cada una de las secciones, en los diversos escenarios analizados. Los resultados deben ser presentados en términos de factor de seguridad. Finalmente el plano de amenaza, para la condición actual (al menos para la que sea más crítica entre estas dos) en condición normal y la condición extrema.

4.1.6 Vulnerabilidad. El análisis de vulnerabilidad será realizado a todos los elementos del nuevo proyecto y estructuras e infraestructura existente, frente a las amenazas por remoción en masa.

Este análisis de tipo cualitativo o cuantitativo deberá:

1. Como primer paso se debe hacer la evaluación del grado de exposición de los elementos del proyecto o de su entorno (estructuras e infraestructura existente) a los distintos procesos identificados (actuales y potenciales) dentro del área de interés y en sus distintos sectores.

2. En un segundo paso se analizará los aspectos de capacidad de respuesta de los elementos del proyecto y de su entorno a partir de las características estructurales específicas frente a las sollicitaciones que impondrían los procesos de inestabilidad y/o inundación identificados durante y después de su construcción.

La vulnerabilidad se deberá expresar por lo menos de acuerdo con una escala cualitativa, así: vulnerabilidad alta, media y baja, incluyendo una descripción detallada de los criterios adoptados para este efecto y deberá incluir un plano de zonificación por vulnerabilidad en la escala de trabajo adoptada 1:500 o 1:1000 para el mapeo de la amenaza.

Como conclusión del análisis de vulnerabilidad el estudio deberá ser explícito al fijar pautas específicas sobre:

1. Las condiciones de adecuación del terreno para el mejor emplazamiento y ubicación de las construcciones en relación con las amenazas por remoción en masa e inundación identificadas.

2. La necesidad o no de obras de mitigación y control de las amenazas identificada.

3. El tipo y el propósito específico de tales obras de mitigación.

4.1.7 Evaluación Del Riesgo De Remoción En Masa. El riesgo corresponde a la estimación cualitativa o cuantitativa de las consecuencias físicas, sociales, y/o económicas, representadas por las posibles pérdidas de vidas humanas, daño en personas, en propiedades o interrupción de actividades económicas, debido a los fenómenos de remoción en masa o inundación que se presenten en el sitio estudiado, en su forma más precisa y cuantificada. Su objetivo es optimizar

económicamente el plan de medidas de mitigación al permitir enmarcar la decisión sobre éstas en un análisis beneficio/costo.

El cumplimiento de las condiciones de seguridad exigidas en el **numeral 4.1.1** sobre evaluación de la condición de amenaza con medidas de mitigación y en el marco de esta Resolución no hace necesaria la ejecución de un estudio de riesgo cuantificado de las pérdidas probables, sin embargo y en armonía con lo que deberán ser las conclusiones del **numeral 4.1.2** sobre vulnerabilidad, el estudio deberá describir cualitativamente el tipo y magnitud de los daños que con el plan de obras propuestas todavía se podrían presentar de manera eventual ante condiciones extremas e igualmente establecer una zonificación de riesgo del área en términos cualitativos: alto , medio y bajo.

Los criterios establecidos por el consultor deberán ser explicados y descritos en forma detallada.

La evaluación de riesgo será presentada como una zonificación sobre una base cartográfica en la misma escala que la utilizada para los mapas de amenaza y vulnerabilidad.

4.1.8 Diseño De Obras. Los diseños básicos de las obras se deberán respaldar con los análisis que demuestren que con el plan de obras de mitigación y control propuesto se logra que la condición de amenaza por eventos de remoción en masa se ajuste a los siguientes criterios de admisibilidad:

Cond. Normales	FS
Amenaza Baja	> 1.5
Cond. Extrema (50 Años)	FS
Amenaza Baja	> 1.2

Las medidas pueden ser: restricciones en el aprovechamiento y ocupación del área, obras de ingeniería o las que el analista considere necesarias para lograr la reducción del riesgo.

Para los sistemas de estabilización se encuentran dos posibles problemas, como primera instancia se encuentran las obras para la *estabilización* de taludes que son las obras que se aplican cuando se tiene una gran masa de terreno inestable que constantemente provocan fenómenos por remoción en masa; o los sistema de *contención* que se aplican a taludes de menor escala.

La siguiente información fue seleccionada del documento *Sistemas de estabilización de taludes y laderas, del grupo TERRATEST*, disponible en la página web <http://www.terratest.es/docs/simposiotaludespt.pdf>.

Las obras para la estabilización de taludes pueden ser combinadas entre sí con el fin de obtener un factor de seguridad admisible ante un posible deslizamiento.

- Desmonte de tierras de la ladera para descargar el talud, suavizando pendientes en las zonas más desfavorables y refuerzo del pie del talud para contener y perfilar su derrame. (Terrazas).
- Sistemas de drenaje para evacuar el agua de escorrentía y la existente en la capa freática. Se realizan zanjas de recogida de agua en coronación de talud y en su pie de pozos profundos con conexión horizontal entre ellos en profundidad para aumentar la eficacia del drenaje.
- Refuerzo semi-profundo con bulonaje o soilnailing para coser capas de terreno inestable y evitar su desprendimiento.

- Construcción de elementos resistentes de contención, en superficie, mediante muros de gravedad o elementos por bataches que van anclados al terreno para resistir los esfuerzos transmitidos por los empujes.
- Ejecución de elementos profundos mediante pantallas, que tiene la misión de estabilizar el talud alcanzando y atravesando las posibles superficies de rotura, evitando deslizamientos de la masa de terreno.
- Realización de barreras de micropilotes o columnas de jet grouting para coser y rigidizar la masa de suelo inestable, atravesando las superficies de rotura, para mejorar la estabilidad general del talud.
- Implantación de muros ecológicos con material geotextil, utilizando el propio terreno para contener las zonas inestables.
- Otra obra son adiciones (cal) o plantación de árboles que eviten la erosión de las capas superficiales y su posterior desprendimiento. Ver figura

Fotografía 2 Ejemplo de Regevegetalización – Diseño de obra



Fuente: Jaime Suarez

▪ CALCULO DE LA ESCORRENTÍA

Es necesario anotar que las corrientes naturales han sido interpretadas como los cursos de agua posibles de formarse luego de un aguacero y no corrientes permanentes.

Teniendo en cuenta que dentro de la solución de estabilidad propuesta en el sector deberá darse manejo a la escorrentía producida, en especial de aquella que se concentra produciendo daño desde la parte alta de la ladera y hacia su base producto del curso que toman las aguas.

Es de anotar que el coeficiente de escorrentía en zonas urbanas es tendiente a uno en la medida en que el urbanismos de consolida. En este sector en particular se mantienen aún características del terreno natural a excepción de su cobertura vegetal, la cual ha sido parcialmente retirada a fin de ocupar la ladera.

Para estimar los caudales de escorrentía a manejar en las obras, se emplea dentro del análisis hidrológico el Método Racional⁴ dado que se aplica en cuencas homogéneas pequeñas, naturales o urbanas, y preferiblemente en extensiones menores a las 10 hectáreas como en éste caso.

Se representa con la siguiente expresión dimensional:

$$Q = \frac{C * I * A}{3.6}$$

Dónde:

Q= es el caudal pico de la escorrentía que se genera a la salida de una cuenca o área vertiente en m³/s

A = es el área que concentra la escorrentía en km²

I = es la intensidad considerada constante en mm/h que tiene el aguacero de duración igual al tiempo de concentración de la cuenca.

C = es el coeficiente de escorrentía; su valor está comprendido entre cero y uno, y depende de la morfometría de la cuenca y de su cobertura.

La asignación de valores apropiados al coeficiente de escorrentía es subjetiva porque, aun cuando existen tablas y recomendaciones generales, la experiencia y criterio de su selección a partir de la experiencia es determinante.

- **ECUACION DE MANNING:** En el año 1889, el ingeniero irlandés Robert Manning, presentó por primera vez la ecuación durante la lectura de un artículo en una reunión del Institute of Civil Engineers de Irlanda. El artículo fue publicado más adelante en *Transactions*, del Instituto. La ecuación en principio fue dada en una forma complicada y luego simplificada a $V = C \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$, donde V es la velocidad media, C el factor de resistencia al flujo, R el radio hidráulico y S la pendiente. Esta fue modificada posteriormente por otros y expresada en unidades métricas como $V = (1/n) \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$ (siendo n el coeficiente de rugosidad Manning). Más tarde, fue convertida otra vez en unidades inglesas, resultando en $V = (1.486/n) \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$.

La ecuación de Manning es el resultado del proceso de un ajuste de curvas, y por tanto es completamente empírica en su naturaleza. Debido a su simplicidad de forma y a los resultados satisfactorios que arroja para aplicaciones prácticas, la fórmula Manning se ha hecho la más usada de todas las fórmulas de flujo uniforme para cálculos de escurrimiento en canal abierto.

La fórmula Manning fue sugerida para uso internacional por Lindquist en el ScandinaviaSectional Meeting del WorldPowerConference en 1933, en Stockolmo.

Tradicionalmente, la ecuación de diseño para conductos con flujo por gravedad ha sido la ecuación de Manning:

$$Q = \frac{AR^{2/3}S^{1/2}}{n}$$

en donde:

Q = Caudal (m³/s).

A = Área de la sección de flujo (m²).

$$R = \frac{A}{P} = \frac{\pi D^2}{4\pi D} = \frac{D}{4}$$

R = Radio Hidráulico

P = Perímetro mojado (m).

D = Diámetro de la tubería (m).

S = Pendiente de la tubería (m/m).

n = Coeficiente de rugosidad de Manning

$$Q = \frac{\left(\frac{\pi D^2}{4}\right)\left(\frac{D}{4}\right)S^{1/2}}{n} = 0.312 \left(\frac{D^{5/2}S^{1/2}}{n}\right)$$

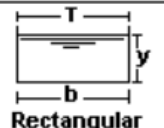

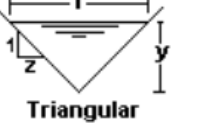
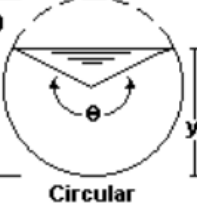
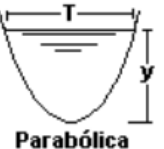
$$D = 1.548 \left(\frac{nQ}{S^{1/2}}\right)^{3/8}$$

Hidráulica de Canales Abiertos, McGraw-Hill Interamericana S.A. Santafé de Bogotá, Colombia. 1994. Del autor Chow, V.T.,

▪ **RELACIONES HIDRAULICAS**

Criterios de diseño.- Se tienen diferentes factores que se consideran en el diseño de canales, aunque el diseño final se hará considerando las diferentes posibilidades y el resultado será siempre una solución de compromiso, porque nunca se podrán eliminar todos los riesgos y desventajas, únicamente se asegurarán que la influencia negativa sea la mayor posible y que la solución técnica propuesta no sea inconveniente debido a los altos costos.

Tabla 4 Relaciones Hidráulicas para canales abiertos

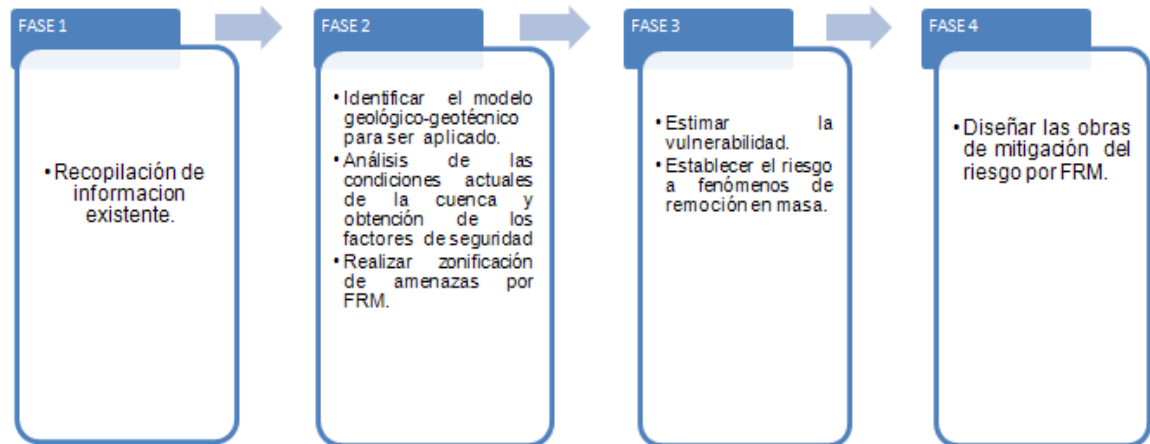
Sección	Area hidráulica A	Perímetro mojado P	Radio hidráulico R	Espejo de agua T
 Rectangular	by	$b+2y$	$\frac{by}{b+2y}$	b
 Trapezoidal	$(b+zy)y$	$b+2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{(b+zy)y}{b+2y\sqrt{1+z^2}}$	$b+2zy$
 Triangular	zy^2	$2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{zy}{2\sqrt{1+z^2}}$	$2zy$
 Circular	$\frac{(\theta-\text{sen}\theta)D^2}{8}$	$\frac{\theta D}{2}$	$(1-\frac{\text{sen}\theta}{\theta})\frac{D}{4}$	$(\text{sen}\frac{\theta}{2})D$ ó $2\sqrt{y(D-y)}$
 Parabólica	$\frac{2}{3} Ty$	$T + \frac{8y^2}{3T}$	$\frac{2T^2y}{3T+8y^2}$	$\frac{3A}{2y}$

Fuente: Hidráulica de canales Abiertos Ven Te Chow

5. METODOLOGIA

Para el desarrollo de la presente investigación, se hace necesaria la aplicación de una serie de actividades, las cuales se contemplan en la figura 15.

Figura 13 Metodología de desarrollo.



Fuente: autor

Se definieron 4 etapas principales para la elaboración de este trabajo.

5.1 FASE 1

- **Revisión de información existente:** Será necesario emplear la información con la que cuenta la Corporación Autónoma Regional para la defensa de la Meseta de Bucaramanga CDMB, esta información se basa en estudios de (cartografía, geología, geomorfología, mapas de pendientes, usos del suelo, inventario de movimientos en masa, climatología, hidrología y por ultimo sismología. Posteriormente se hará el análisis de las condiciones actuales del área de estudio.

Actividades

1. Reunir y analizar toda la información suministrada por la CDMB y algunos consorcios que han utilizado información en proyectos previos y cercanos a la zona de estudio para sintetizar los factores detonantes hacia los diferentes fenómenos que ponen en riesgo estas viviendas y sus habitantes.

5.2 FASE 2

- **Identificación del modelo geológico-geotécnico:** Con este modelo se logrará establecer los diferentes tipos de materiales que componen el terreno base de estudio. Este modelo juega un gran papel ya que este nos muestra el comportamiento del terreno.
- **Análisis de las condiciones actuales y obtención de los factores de seguridad:** Después de haber identificado anteriormente el modelo geológico-geotécnico, se realizan las simulaciones para los distintos escenarios de la amenaza con ayuda del software GEOSLOPE/W V.2004 y 2007, teniendo en cuenta las condiciones actuales y futuras de la cuenca. El resultado son los factores de seguridad que indican el grado de estabilidad de los taludes del sector.
- **Realizar zonificación de amenazas por FRM.** : habiendo obtenido los factores de seguridad de cada perfil, se delimita espacialmente las zonas con diferentes amenazas (baja, media, alta) a FRM.

Actividades

1. Para la identificación del modelo geotécnico es necesaria la asistencia de un geólogo quien va a suministrar la información geológica-geotécnica de la zona que facilitará el modelo a seguir.
2. Incorporación del modelo geológico-geotécnico anteriormente identificado al software GeoSlope/W para la modelación real de la zona de estudio.
3. La realización de los corrimientos a lo largo de la zona de estudio identificará los factores de seguridad teniendo en cuenta sus dos escenarios en condiciones estáticas y pseudoestáticas; una vez calculados estos factores se delimitará la zonificación de amenazas por FRM.
4. Una vez tendiendo la zonificación de amenazas en el plano, se diferenciará los niveles de amenaza.

5.3 FASE 3

- **Estimación de la vulnerabilidad:** En esta etapa se mide el grado de exposición de las estructuras y viviendas a los fenómenos de remoción en masa y la capacidad de respuesta de las mismas.

Actividades

1. Como primer paso se debe hacer la evaluación del grado de exposición de los elementos o de su entorno (estructuras existentes) por fenómenos de remoción en masa dentro del área de interés; Esta se hará

2. por medio de encuestas propuestas por la metodología de Maldonado y Chio –cho (2011); Ver el formato de la encuesta en el anexo 6, este formato- encuesta medirá los parámetros tales como sistema estructural, calidad del sistema resistente, ubicación de la edificación, posición y tipo de la cimentación, vegetación del sitio, muros de contención, sistema de drenajes, manejo de basuras, estado de conservación del entorno y de la edificación. Estos parámetros proveerán los índices para evaluar el nivel de vulnerabilidad física por medio de la fórmula de IV_T (índice de vulnerabilidad Total) expuesta a continuación:

$$I.V_T = IV_{EDoL} \left[1 + 0,2 \frac{(IV_{EI} + IV_E)}{2} \right]$$

Una vez calculados estos índices se ubicará en el nivel de vulnerabilidad (Bajo, medio, alto) por medio de la siguiente tabla de clasificación:

Tabla 4 Clasificación de vulnerabilidad física

CLASIFICACIÓN DE VULNERABILIDAD	ÍNDICE
Baja	0 – 0.30
Media	0.31– 0.60
Alta	0.61 – 1.00

Fuente: Autor

3. En un segundo paso se analizará los aspectos de capacidad de respuesta de los elementos actuales y de su entorno a partir de las características estructurales específicas frente a las sollicitaciones que impondrían los procesos de inestabilidad. En cada caso se realizará una segunda encuesta (ver el formato-

encuesta en el anexo 7) y se continuará con el correspondiente análisis de la información socio-económica-ambiental del sector.

4. Basado en los índices de la vulnerabilidad física, se procederá con la zonificación de la vulnerabilidad del sector de estudio.

- **Estudio de Riesgo:** El riesgo corresponde a la estimación cualitativa o cuantitativa de las consecuencias físicas, sociales, y/o económicas, representadas por las posibles pérdidas de vidas humanas, daño en personas, en propiedades o interrupción de actividades económicas, debido a los fenómenos de remoción en masa que se presenten en el sitio estudiado, en su forma más precisa y cuantificada.

Actividades

1. Una vez obtenida la zonificación de la amenaza y de la vulnerabilidad se procederá a la evaluación de las condiciones del riesgo por procesos de fenómenos de remoción en masa mediante la aplicación de la matriz siguiendo la metodología propuesta por Imiriland, 2007.

2. Para la zonificación del riesgo a fenómenos de remoción en masa se deberá trabajar con el mapa de zonificación de la amenaza se sobrepone los índices de vulnerabilidad física.

5.4 FASE 4

- **Diseño de obras de mitigación del Riesgo por FRM:** En este capítulo serán precisadas y analizadas las medidas de mitigación de riesgo asociadas a los procesos de remoción en masa generadores de amenaza, de tal manera que se logren las consecuencias mínimas caracterizadas en el numeral 5.5 de los

Lineamientos técnico-ambientales para la realización de estudios detallados de amenaza y riesgo por fenómenos de remoción en masa en terrenos localizados en el área de jurisdicción de la CDMB, sobre los cuales se tengan expectativas de desarrollo: Evaluación de la condición de amenaza con medidas de mitigación y que en todo momento se garantice la estabilidad, habitabilidad y funcionalidad de las construcciones y de las del entorno durante su vida útil.

- Las medidas pueden ser: restricciones en el aprovechamiento y ocupación del área, obras de ingeniería o las que consideren necesarias para lograr la reducción del riesgo.
- Los diseños básicos de las obras se deberán respaldar con los análisis que demuestren que con el plan de obras de mitigación y control propuesto se logra que la condición de amenaza por eventos de remoción en masa se ajuste a los siguientes criterios de admisibilidad:

Tabla 5 Clasificación de la amenaza

Condición Estática	FS
Amenaza Baja	> 1.5
Condición con Sismo y agua Extrema	FS
Amenaza Baja	> 1.20

Fuente CDMB

Actividades

1. Se analizará detenidamente cada corrimiento realizado para la zonificación de amenaza y con el fin de proponer las obras de estabilización que se ajusten a las condiciones del terreno.

2. Teniendo como base el software GeoSlope/W vr. 2004 y 2007 se realizaran las modificaciones necesarias sobre el diseño propuesto con el fin de verificar el cumplimiento de los factores de seguridad que garanticen la estabilidad del talud para cada una de las condiciones propuestas (estáticas y pseudoestáticas).

6. RESULTADOS Y DISCUCION

6.1 GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA

La geología regional en Santander se definió a partir de la tectónica, su dinámica y complejidad está relacionada estrechamente a las placas de Nazca, Caribe y Sudamérica. De acuerdo con los rasgos tectónicos del oriente de Colombia, en Santander se destacan tres regiones o Provincias limitadas por el sistema de fallas de Bucaramanga-Santa Marta y el sistema de la falla La Salina. Santander se encuentra sobre rocas metamórficas, ígneas y sedimentarias con edades que van desde el Proterozoico hasta el Holoceno. En cuanto a la geología local, en el área de estudio se identificaron cinco unidades geológicas superficiales descritas en el plano 1 (ver anexo 1) cuya nomenclatura fue tomada de INGEOMINAS la que definió en estudios previos.

La geomorfología analiza las formas del terreno y sus materiales, su disposición estructural y los procesos que las originaron. Este análisis incluye la identificación de su origen, evolución y tipo de materiales presentes; con esto se clasifica el área según el proceso natural dominante, para poder explicar la magnitud de los agentes y los procesos geomorfológicos modeladores y su interrelación con las amenazas naturales que puedan afectar las zonas de expansión urbana.

La geomorfología general de la zona de estudio se caracteriza por una hondonada amplia por donde se ubica la Quebrada La Angélica, cubierta por depósitos de ladera y por materiales producto de la intervención antrópica local. Las Hondonadas, son depresiones paralelas a la pendiente del terreno, que se han creado por la acción de agentes erosivos y en la mayor parte de los casos están relacionados con drenajes. En el anexo 2 se aprecian los tipos de geomorfología a nivel local con registros fotográficos.

Fotografía 3 Geoforma general de Granjas de Provenza.

Hondonada por donde discurre cubierta la quebrada La Angélica. El área de estudio corresponde al sector occidental del barrio.



Fuente: Departamento de Geología CDMB

Por el alcance del estudio, se definieron geoformas detalladas para su caracterización las cuales se presentan en el plano 2 (ver anexo 2) con sus respectivas descripciones en la zona, en donde se pueden apreciar los diferentes niveles geomorfológicos.

6.2 MODELOS Y PARAMETROS GEOTECNICOS

Para facilitar el estudio detallado de la zona, al talud se le realizaron cortes a 30 metros de distancia cada uno, obteniendo un total de 13 perfiles; sin embargo, los cortes 0+000 y 0+100 comprenden la zona más crítica e inestable del sistema, por tal motivo, se trabajaron 10 metros de diferencia entre ellos. Los perfiles se encuentran en el plano 3 de manera detallada (ver anexo 3). Con sus respectivas unidades geológicas.

PARAMETROS GEOTECNICOS: Antes de realizar la modelación de cada perfil correspondiente al talud base de estudio, fue necesario determinar los valores de resistencia al cortante de cada uno de los materiales presentes en el área de estudio. Estos valores de referencia fueron tomados del INGEOMINAS, del plan general de control de erosión y de perforaciones realizadas anteriormente.

Los parámetros de resistencia al corte para los miembros que conforman la formación Bucaramanga, fueron definidos de acuerdo a ensayos de corte directo realizados en la zona de estudio por la CDMB.

Los valores de resistencia de los materiales coluviones recientes y antiguos, fueron tomados de valores residuales publicados por INGEOMINAS.

Tabla 6 Resumen Unidades Geológicas superficiales

DATOS DE REFERENCIA		FINOS	LIMOS ROJOS	GRAVOSOS	ORGANOS	COLUVIALES	COLUVIALES	ALUVIALES
		Sf11	Sf12	Sft2	Sft3	Sco1	Sco2	Sla
INGEOMINAS	C' pico (KN/m3)	14	27	25	25	63	12	
	Φ' pico (°)	27,8	32,2	30,9	31,4	33,1	30,7	
	C' residual (KN/m3)	6	5	7	9	7	5	
	Φ' residual (°)	26	26,6	26	25,8	32,1	24	
	γ (KN/m3)	19,2	18,2	20,3	21	19,5	20,5	
ESTUDIO PGCE	Φ' pico (°)	29,7	31	33,7	38	/	/	/
	C' pico (KN/m3)	12	18	3	25	/	/	/
	γ (KN/m3)	21	21	21	21	/	/	/
SONDEOS	C' pico (KN/m3))	/	40,6	34	/	/	/	/
	Φ' pico (°)	/	27,4	29,3	/	/	/	/
	γ (KN/m3)	/	13,5	19,13	/	/	/	/
DEFINICION DE VALORES								
	C' pico (KN/m3)	12	18	3	25	7	5	
	Φ' pico (°)	29,7	29,2	31,5	38	33,1	30,7	
	γ (KN/m3)	21	19,6	20,0	21	19,5	20,5	

Fuente: Departamento de Geología CDMB

6.2.1 Modelos geotécnicos para los geomateriales

Estrato 1 – Finos

- Modelo: Mohr-Coulomb
- Peso volumétrico: 21kN/m³
- Cohesión: 12kPa
- ϕ : 29.7°

Estrato 2 – Gravoso

- Modelo: Mohr-Coulomb
- Peso volumétrico: 20kN/m³
- Cohesión: 3kPa
- ϕ : 31.5°

Estrato 3 – Rellenos

- Modelo: Mohr-Coulomb
- Peso volumétrico: 21kN/m³
- Cohesión: 0kPa
- ϕ : 32°

Estrato 4 – Órganos

- Modelo: Mohr-Coulomb
- Peso volumétrico: 21kN/m³
- Cohesión: 25kPa
- ϕ : 38°

Estrato 5 – Limos rojos

- Modelo: Mohr-Coulomb
- Peso volumétrico: 19.6kN/m³
- Cohesión: 18kPa
- ϕ : 29.2°

6.3 EVALUACION DE AMENAZA POR FENOMENOS DE REMOCIÓN EN MASA

A continuación se presenta un diagnóstico de las condiciones actuales y futuras de la zona de estudio. Con la ayuda de Geo-Slope/W se calcularon los factores de seguridad simulando escenarios estáticos y pseudoestáticos, para cada perfil correspondiente a un corte específico del talud analizado.

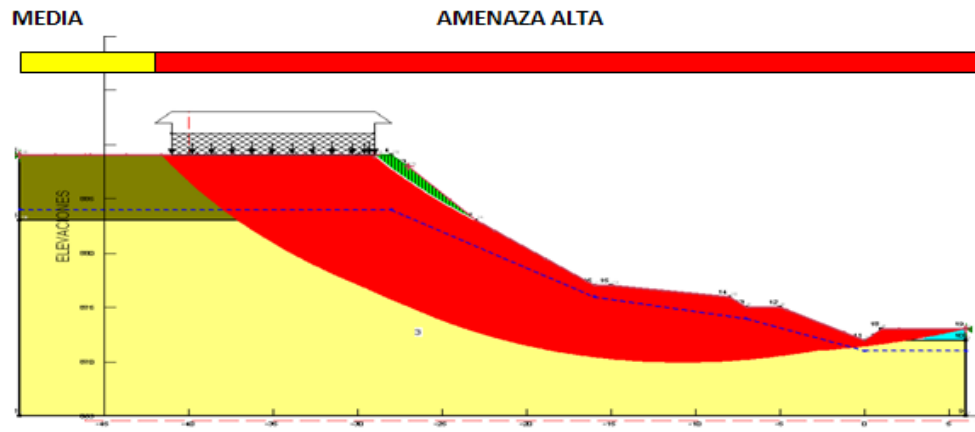
Los factores de seguridad arrojados en cada corrimiento permitieron zonificar la amenaza en puntos determinados, ver esta zonificación en los planos 4 y 5 (anexos 4 y 5) en condiciones normales y condiciones extremas.

Tabla 7 PERFIL K+000

Item	Sección	Escenario	F.S.	Corona	Pie	Xcorona	Xpie	Xcorona	Xpie
				Xb-m	Xm-a	Xb-m	Xm-a		
1	k+000	ESTATICO	0,952	-50	-41	5	5	-28	-16
		SISMO	0,754	-50	-50	5	5	-28	-16

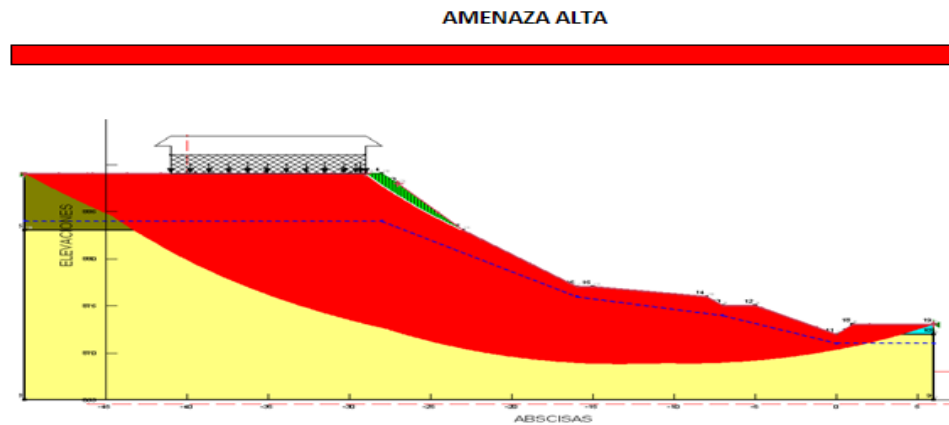
Fuente: Autor

Figura 14 Condiciones Estáticas Perfil K+000



Fuente: Autor

Figura 15 Condiciones De Sismo Perfil K+000



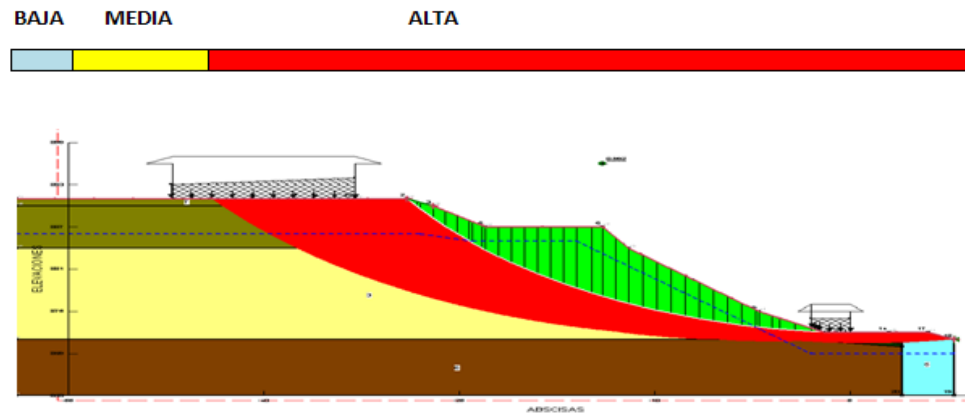
Fuente: Autor

Tabla 8 Resultado Perfil K+010

Item	Sección	Escenario	F.S.	Corona		Pie		Xcorona	Xpie
				Xb-m	Xm-a	Xb-m	Xm-a		
2	k+10	ESTATICO	0,992	-53	-44	12	12	-28	2
		SISMO	0,739	-68	-52	25	25	-28	2

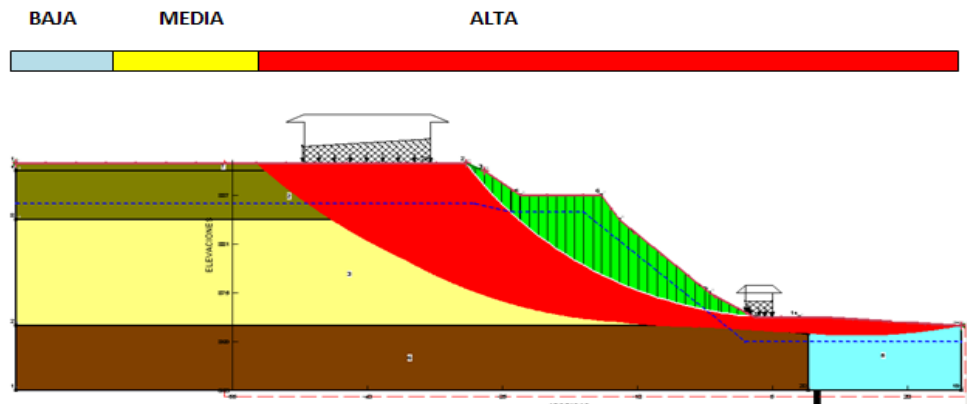
Fuente: Autor

Figura 16 Condiciones Estáticas Perfil K+010



Fuente: Autor

Figura 17 Condiciones De Sismo Perfil K+010



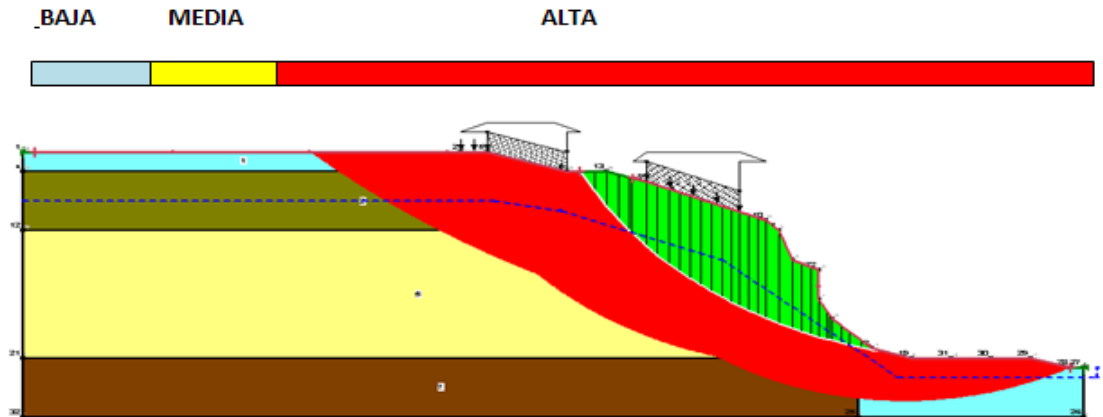
Fuente: Autor

Tabla 9 Perfil K+040

Item	Sección	Escenario	F.S.	Corona		Pie		Xcorona	Xpie
				Xb-m	Xm-a	Xb-m	Xm-a		
3	k+40	ESTATICO	0,838	-51	-41	15	15	-18	3
		SISMO	0,659	-62	-51	15	15	-18	3

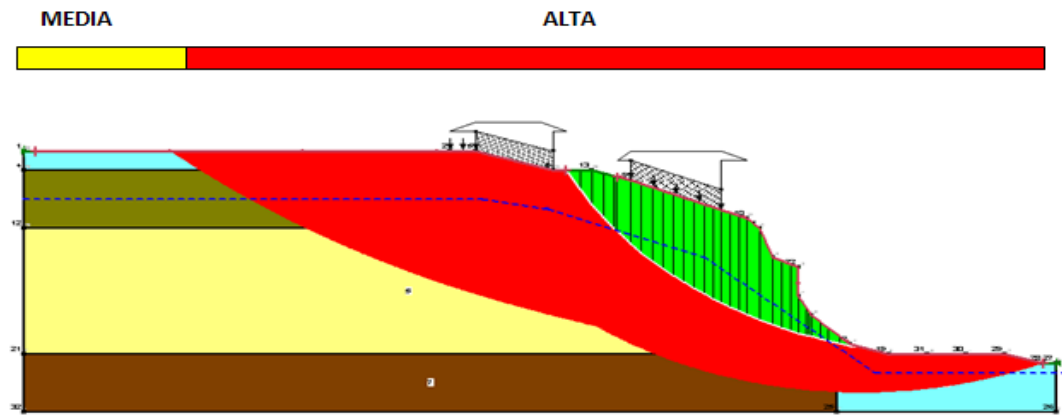
Fuente: Autor

Figura 18 Condiciones Estáticas Perfil K+040



Fuente: Autor

Figura 19 Condiciones De Sismo Perfil K + 040



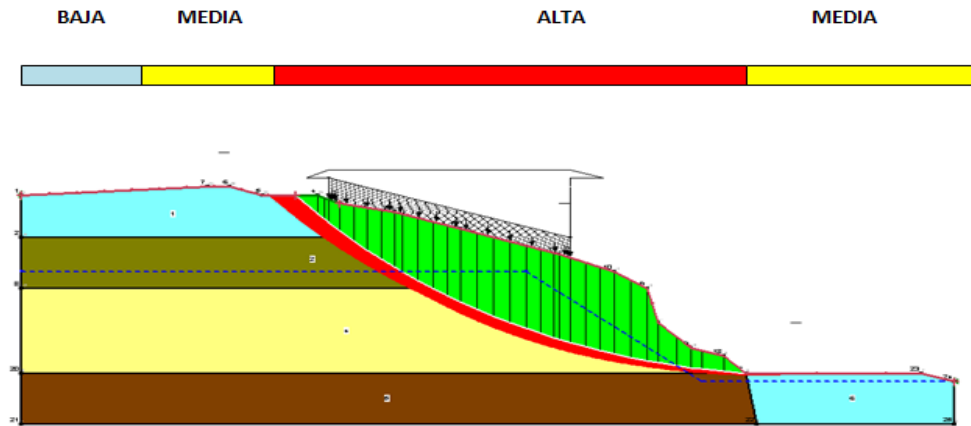
Fuente: Autor

Tabla 10 Perfil K+070

Item	Sección	Escenario	F.S.	Corona		Pie		Xcorona	Xpie
				Xb-m	Xm-a	Xb-m	Xm-a		
4	k+70	ESTATICO	1,176	-56	-44	17	-1	-40	0
		SISMO	0,877	-68	-54	17	17	-40	0

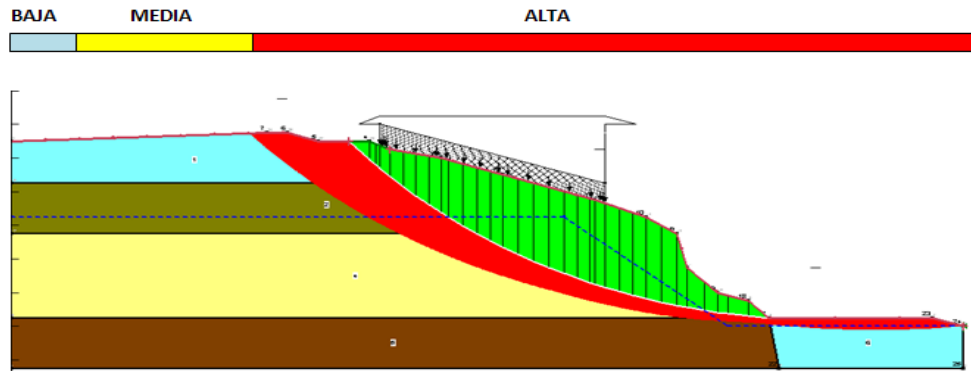
Fuente: Autor

Figura 20 Condiciones Estáticas Perfil K+070



Fuente: Autor

Figura 21 Condiciones De Sismo Perfil K+070



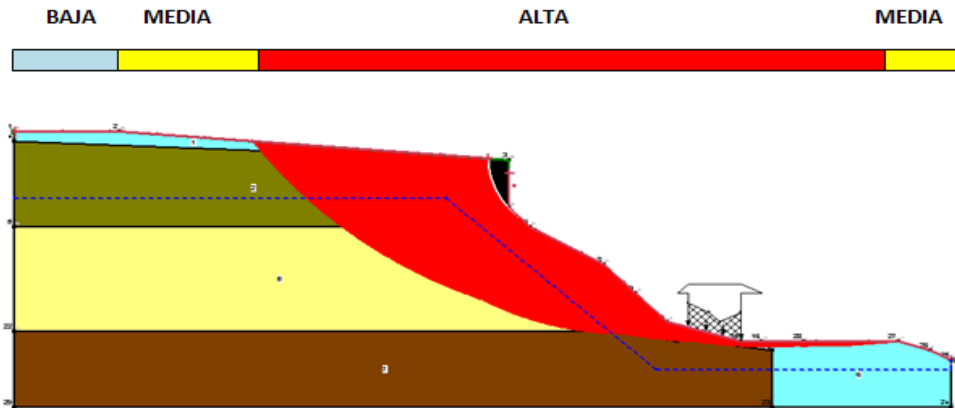
Fuente: Autor

Tabla 11 Perfil K+100

Item	Sección	Escenario	F.S.	Corona		Pie		Xcorona	Xpie
				Xb-m	Xm-a	Xb-m	Xm-a		
5	k+100	ESTATICO	0,552	-60	-47	18	13	-23	0,6
		SISMO	0,492	-80	-56	18	15	-23	0,6

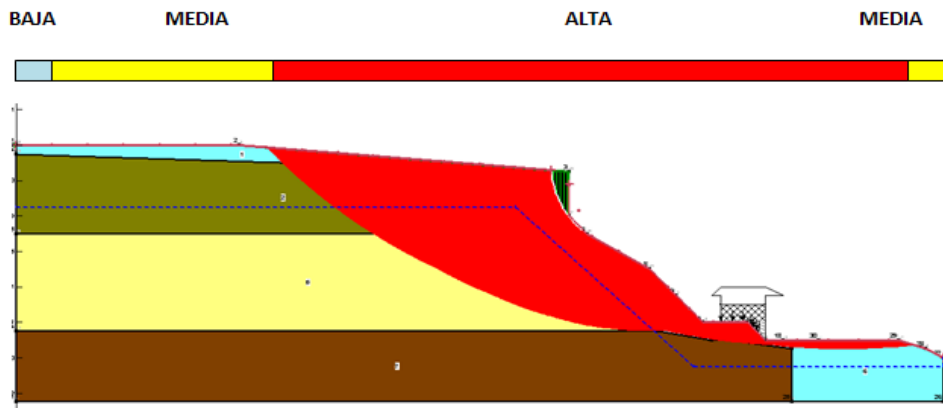
Fuente: Autor

Figura 22 Condiciones Estáticas Perfil K+100



Fuente: Autor

Figura 23 Condiciones De Sismo Perfil K+100



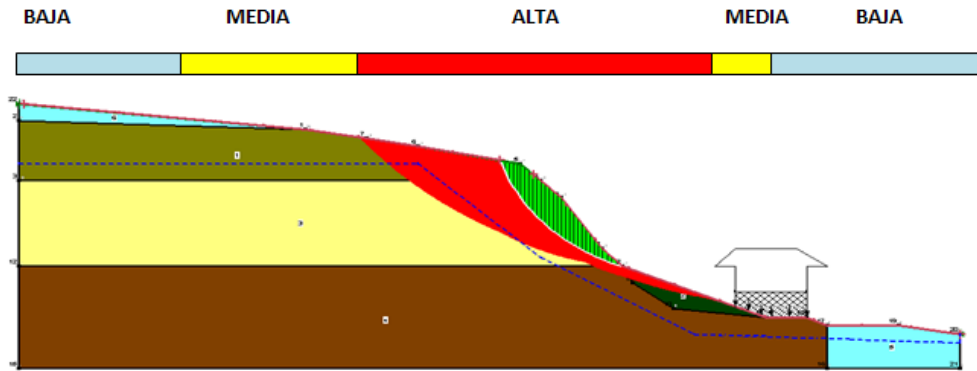
Fuente: Autor

Tabla 12 Perfil K+130

Item	Sección	Escenario	F.S.	Corona		Pie		Xcorona	Xpie
				Xb-m	Xm-a	Xb-m	Xm-a		
6	k+130	ESTATICO	1,012	-58	-44	-5	-9	-29	0
		SISMO	0,831	-77	-53	0	-8	-29	0

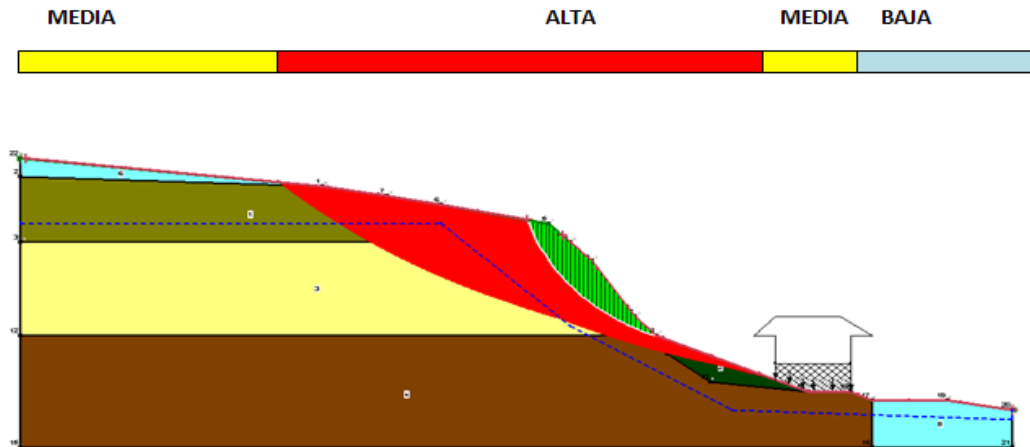
Fuente: Autor

Figura 24 Condiciones Estáticas Perfil K+130



Fuente: Autor

Figura 25 Condiciones De Sismo Perfil K+130



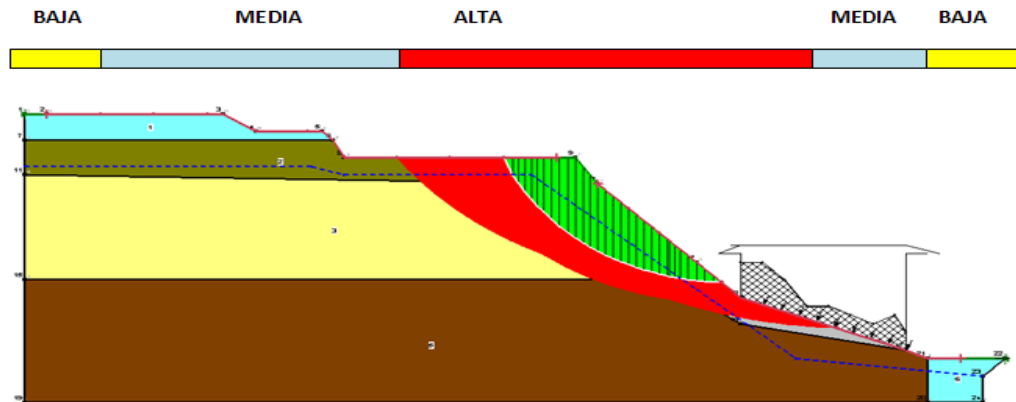
Fuente: Autor

Tabla 13 Perfil K+160

Item	Sección	Escenario	F.S.	Corona		Pie		Xcorona	Xpie
				Xb-m	Xm-a	Xb-m	Xm-a		
7	k+160	ESTATICO	0,963	-74	-47	-0,3	-8	-31	0,2
		SISMO	0,762	-79	-74	-2	-4	-31	0,2

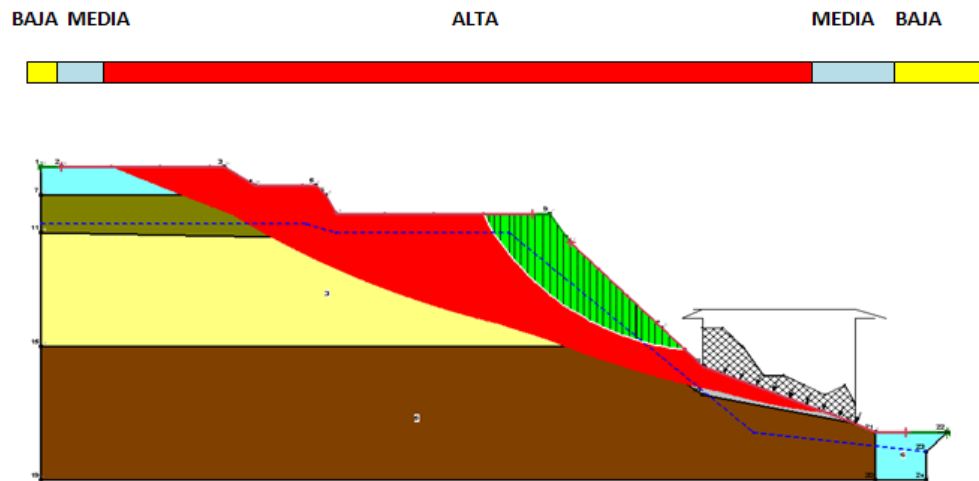
Fuente: Autor

Figura 26 Condiciones Estáticas Perfil K+160



Fuente: Autor

Figura 27 Condiciones De Sismo Perfil K+160



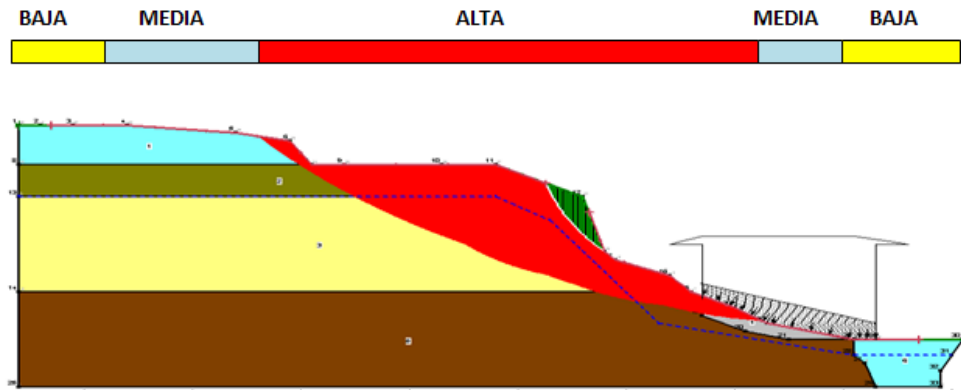
Fuente: Autor

Tabla 14 Perfil K+190

Item	Sección	Escenario	F.S.	Corona		Pie		Xcorona	Xpie
				Xb-m	Xm-a	Xb-m	Xm-a		
8	k+190	ESTATICO	0,842	-73	-58	-5	-12	-28	-4
		SISMO	0,697	-77	-68	-4	-10	-28	-4

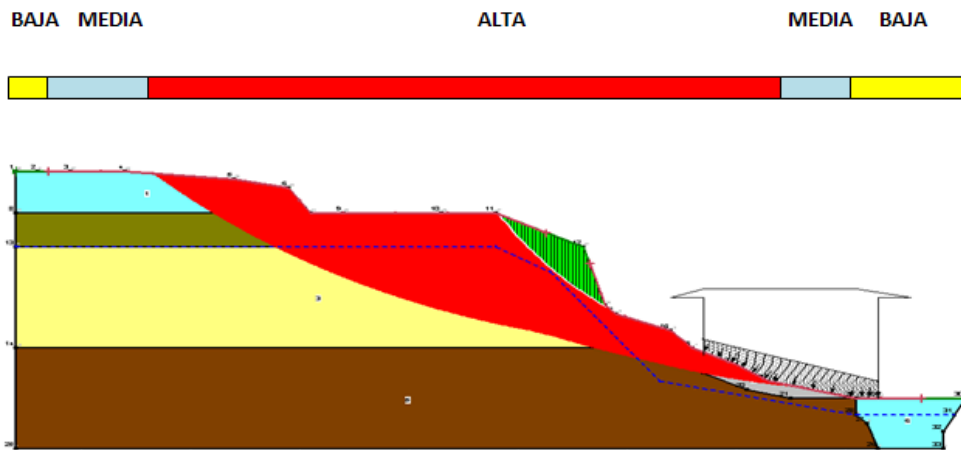
Fuente: Autor

Figura 28 Condiciones Estáticas perfil K+190



Fuente: Autor

Figura 29 Condiciones De Sismo Perfil K+190



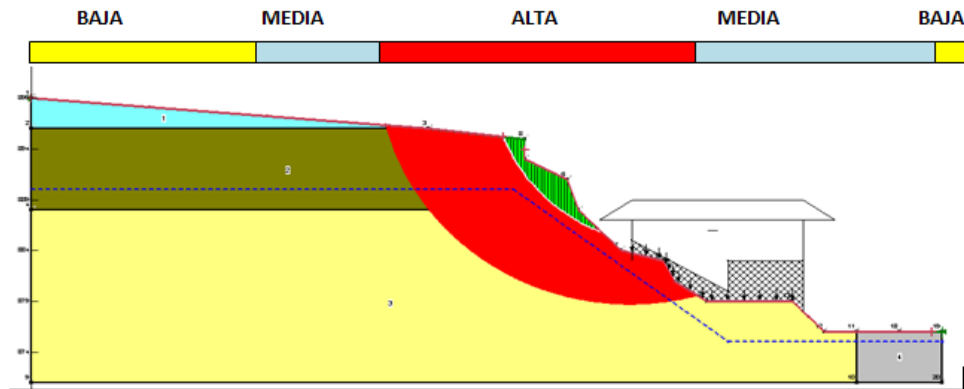
Fuente: Autor

Tabla 15 Perfil K+220

Item	Sección	Escenario	F.S.	Corona		Pie		Xcorona	Xpie
				Xb-m	Xm-a	Xb-m	Xm-a		
9	k+220	ESTATICO	0,988	-52	-47	9	-13	-29	-1
		SISMO	0,801	-81	-52	8	8	-29	-1

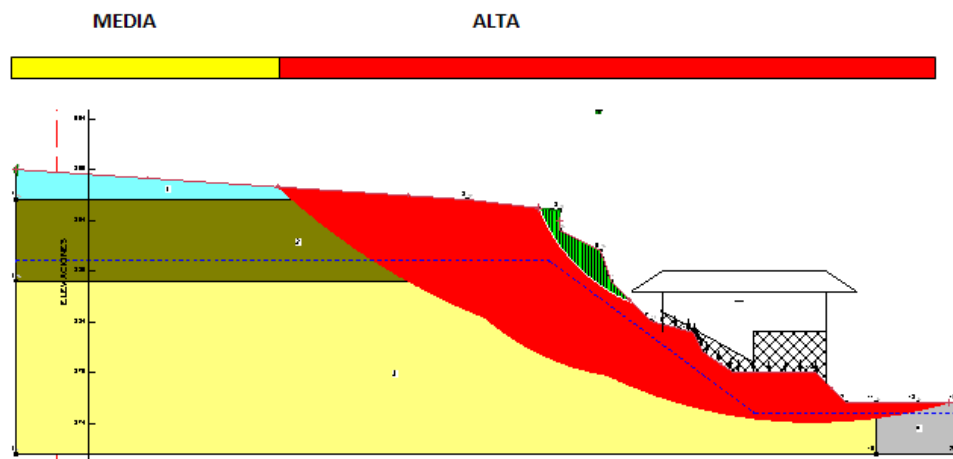
Fuente: Autor

Figura 30 Condiciones Estáticas Perfil K+220



Fuente: Autor

Figura 31 Condiciones De Sismo Perfil K+220



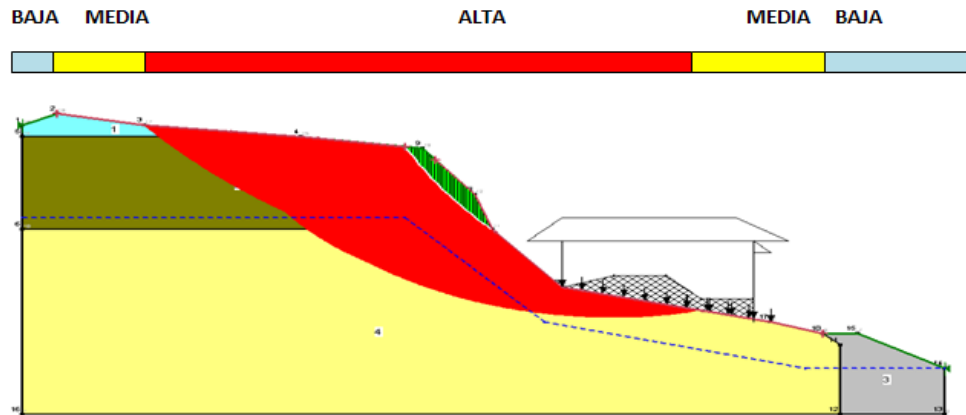
Fuente: Autor

Tabla 16 Perfil K+250

Item	Sección	Escenario	F.S.	Corona		Pie		Xcorona	Xpie
				Xb-m	Xm-a	Xb-m	Xm-a		
10	k+250	ESTATICO	0,681	-41	-36	1,8	-5	-21	2
		SISMO	0,536	-41	-41	2	-5	-21	2

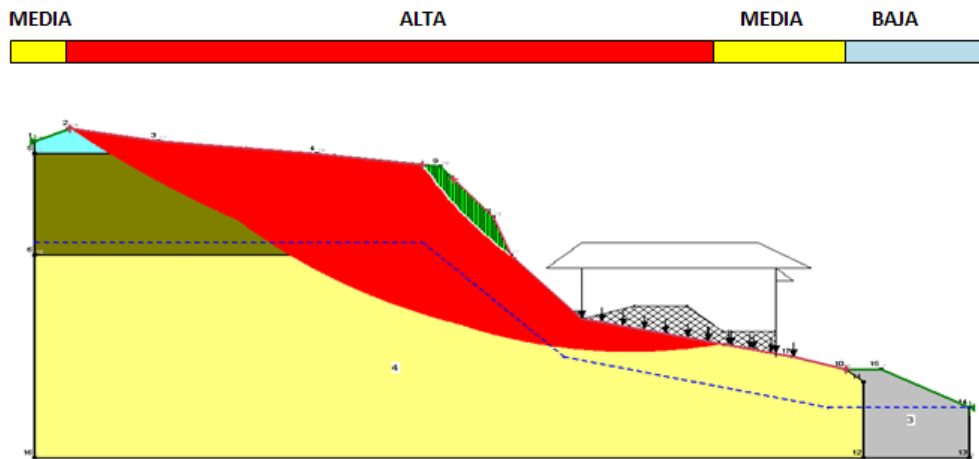
Fuente: Autor

Figura 32 Condiciones Estáticas Perfil K+250



Fuente: Autor

Figura 33 Condiciones De Sismo Perfil K+250



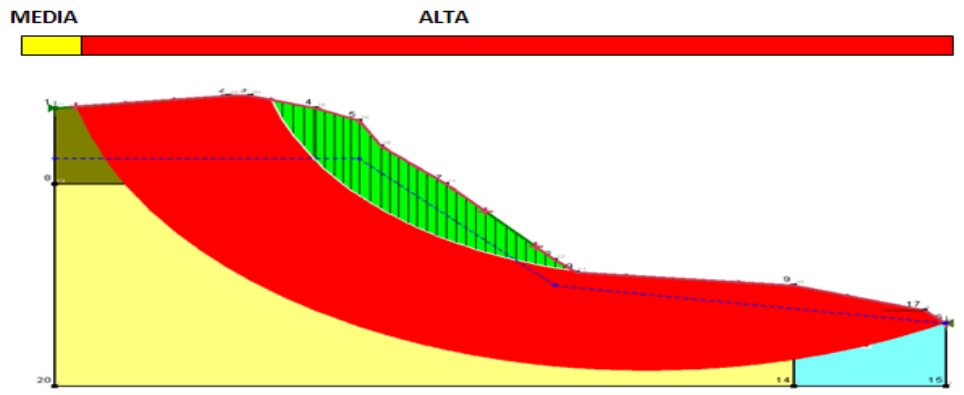
Fuente: Autor

Tabla 17 Perfil K+280

Item	Sección	Escenario	F.S.	Corona		Pie		Xcorona	Xpie
				Xb-m	Xm-a	Xb-m	Xm-a		
11	k+280	ESTATICO	0,807	-24	-24	15	15	-11	0
		SISMO	0,65	-35	-35	15	6	-11	0

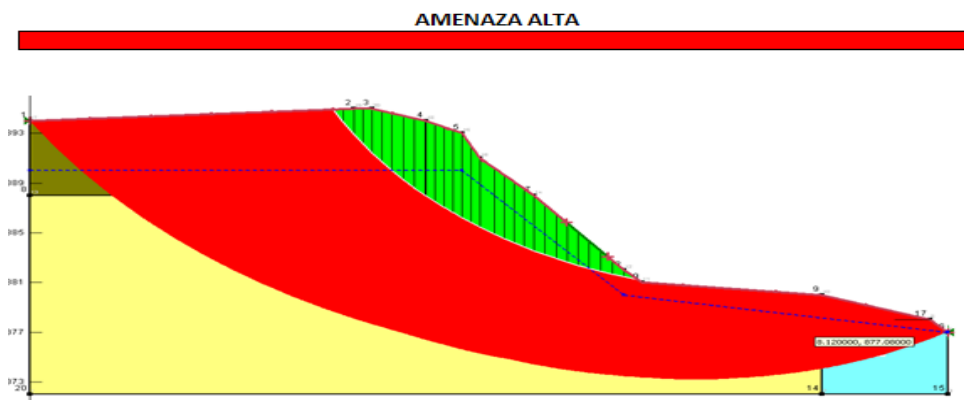
Fuente: Autor

Figura 34 Condiciones Estáticas Perfil K+280



Fuente: Autor

Figura 35 Condiciones De Sismo Perfil K+280



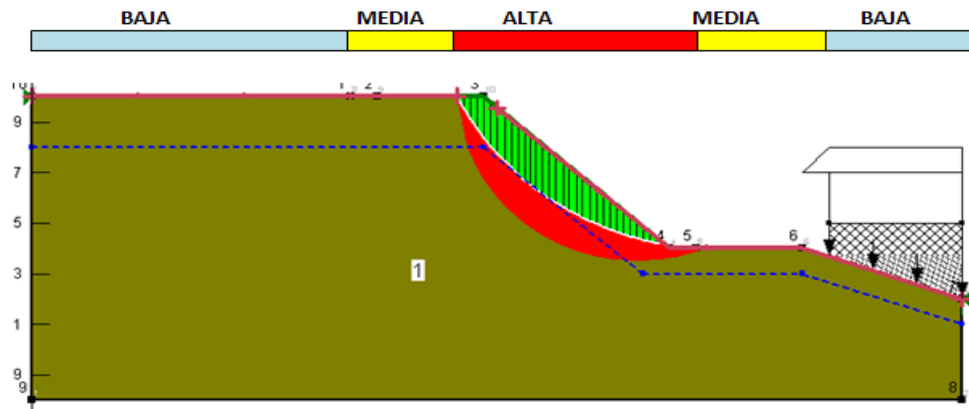
Fuente: Autor

Tabla 18 Perfil K+303

Item	Sección	Descripción	Escenario	F.S.	Prob. Falla	Corona		Pie		Xcorona	Xpie
						Xb-m	Xm-a	Xb-m	Xm-a		
12	k+303		ESTATICO	1,138		-13	-8	5	0	-8	-1
			SISMO	0,893		-17	-12	5	0,2	-8	-1

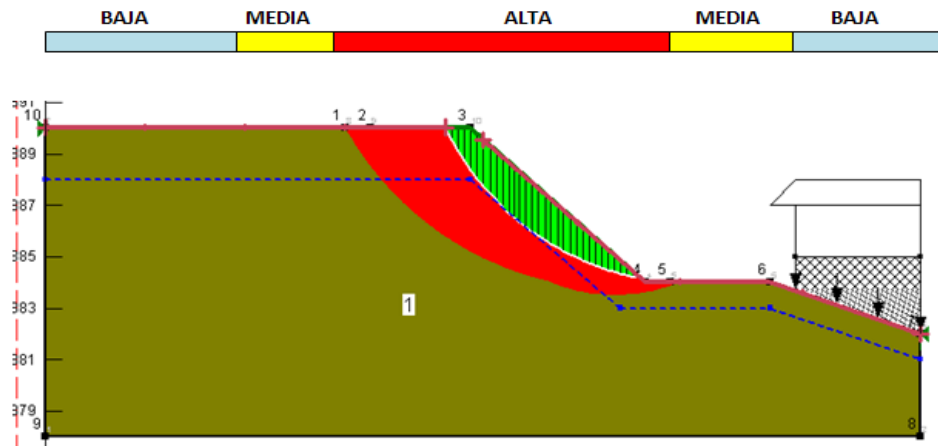
Fuente: Autor

Figura 36 Condiciones Estáticas Perfil K+303



Fuente: Autor

Figura 37 Condiciones De Sismo Perfil K+303



Fuente: Autor

La información obtenida de los corrimientos se recopiló en una base de datos (tabla 19), la cual fue diseñada teniendo en cuenta los diferentes valores arrojados por cada metodología antes mencionada. Como primera instancia se encontrará una tabla de resumen de los factores de seguridad calculados por GEOSLOPE/W en condiciones estáticas y sísmicas, en los diferentes perfiles y por consiguiente el nivel de amenaza en que se encuentra el talud en ese corte.

Tabla 19 Resumen Amenaza Condiciones Estáticas Y Con Sismo

PERFIL	F.S.	NIVEL DE AMENAZA
CONDICIONES ESTATICAS		
K+000	0,952	ALTA
K+010	0,992	ALTA
K+040	0,838	ALTA
K+070	1,176	ALTA
K+100	0,552	ALTA
K+130	1,012	ALTA
K+160	0,963	ALTA
K+190	0,842	ALTA
K+220	0,988	ALTA
K+250	0,681	ALTA
K+280	0,807	ALTA
K+303	1,138	ALTA
CONDICIONES CON SISMO		
K+000	0,754	ALTA
K+010	0,759	ALTA
K+040	0,659	ALTA
K+070	0,877	ALTA
K+100	0,492	ALTA
K+130	0,831	ALTA
K+160	0,762	ALTA
K+190	0,697	ALTA
K+220	0,801	ALTA
K+250	0,536	ALTA
K+280	0,657	ALTA
K+303	0,893	ALTA

Fuente: Autor

Analizando cada uno de los factores de seguridad calculados, se puede decir que la zona del talud occidental del barrio Granjas de Provenza es inestable en condiciones actuales y condiciones de sismo, ya que una lluvia prolongada

incrementaría los niveles freáticos en el talud detonando fenómenos de remoción en masa, tal como ha sucedido en eventos de lluvia intensa.

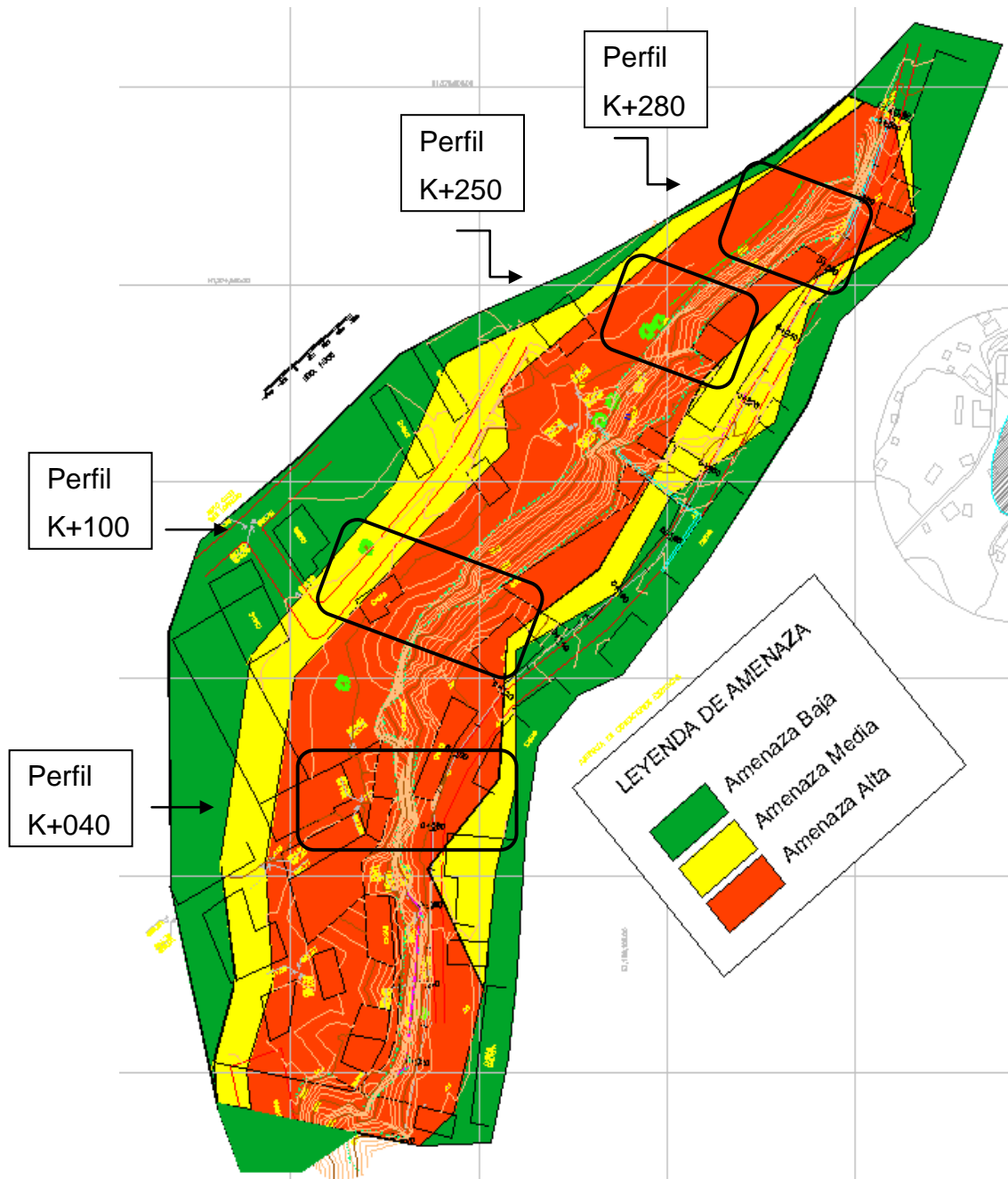
La zonificación se encuentra delimitada en los planos de amenazas correspondientes a los diferentes factores de seguridad. Puede evidenciarse las zonas de amenaza baja, media y alta en condiciones normales en el plano número 4 (ver anexo 4) en donde se muestra con el color rojo la amenaza alta presente en el área; en el plano número 5, se encuentra el plano de amenaza en condiciones de sismo y de igual manera que el plano anterior se encuentran demarcadas los diferentes niveles de amenaza. (Ver anexo 5).

El terreno Granjas de Provenza muestra una gran probabilidad de ocurrencia de deslizamientos permanentes. Los perfiles más críticos son K+040, K+100, K+250 y K+280 con factores de seguridad por debajo de 0,838 demostrando amenaza alta.

De acuerdo con los resultados de la amenaza en el sector en estudio, y por la presencia de viviendas que pueden ser afectadas por FRM, se hace necesario evaluar obras de mitigación.

La figura 38 muestra el mapa de amenaza en condiciones normales, señalando con detalle los niveles más críticos de toda la zona de estudio. En la fotografía 6 se observa los fenómenos de remoción en masa en el perfil k+010 y el inminente peligro al que está sometida la comunidad.

Figura 38 Mapa Amenaza en condiciones normales, con perfiles críticos



Fotografía 4 Fenómenos remoción en masa perfil k+010



Fuente: Autor

6.4 EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD

6.4.1 Modelo Para Evaluar La Vulnerabilidad Física. Para determinar este tipo de vulnerabilidad, se procedió a buscar y aplicar un modelo con el cual se pudiera estimar la vulnerabilidad planteada para este proyecto (física, socio-económica y ambiental). Se utilizaron parámetros contenidos en el modelo propuesto por Maldonado y Chio –cho (2011); una vez analizados, este modelo arrojó un índice de vulnerabilidad, permitiendo evaluar las viviendas en NADA, POCO, MEDIANAMENTE, MUY Y ABSOLUTAMENTE vulnerable. Los parámetros son los siguientes:

Tabla 20 Tabla parámetros Vulnerabilidad física

		ESTRUCTURAL		UBICACIÓN	ENTORNO
		DIRECTO	INDIRECTO		
1	SISTEMA ESTRUCTURAL				
2	CALIDAD DEL SISTEMA RESISTENTE				
3	UBICACIÓN DE LA EDIFICACIÓN				
4	POSICIÓN DE LA CIMENTACION				
5	TIPO DE CIMENTACIÓN				
6	TIPO DE SUELO				
7	VEGETACIÓN DEL SITIO				
8	MUROS DE CONTENCIÓN				
9	SISTEMA DE DRENAJE				
10	MANEJO DE BASURAS				
11	ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL ENTORNO				
12	ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LA EDIFICACIÓN				
		2	3	3	4

Fuente: Maldonado y ChioCho

Para llegar al índice de vulnerabilidad total (IV_T), previamente se calcularon 4 índices parciales; el primero está relacionado con los parámetros 1 y 2, estructural directo (IV_{ED}), el segundo índice corresponde a los parámetros 5, 8, y 12 correspondiente al aspecto estructural indirecto (IV_I); el tercero hace referencia a la localización o ubicación de las viviendas (IV_L) y por último los parámetros 7, 9, 10 y 11 arrojando el ultimo índice (IV_E). Estos índices están comprendidos en un rango de 0 (Nada vulnerable) a 1 (absolutamente vulnerable). Fell (1994) y Phoon (2004) suministra una discusión detallada de la perspectiva en el análisis de la vulnerabilidad física y social.

Luego, cada parámetro de la tabla 20 fue clasificado basado en las condiciones de calidad de las viviendas y el estado de ellas, asignando la variable K_i (A, B, C, D); la variable W_i se calculó según la determinación de la vulnerabilidad sísmica total propuesta por definición (Zadeh, 1965; Maldonado 2000b y 2000c). La aritmética difusa (Bandemer y Gottwald, 1995) el método que se plantea. El método propuesto de combinación de varias piezas de información difusas, con desigual

importancia o pesos, es la factorial y es el que se utiliza para calcular el índice de vulnerabilidad de viviendas, expresándose como:

$$(6.4.1) \quad I.V. = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - \xi_i)$$

$$\xi_i = K_i W$$

Donde I.V. es el índice de vulnerabilidad; ξ_i es el i ésimo del n Factor de Vulnerabilidad (cada uno definido en el rango de [0,1]); K_i es el grado de vulnerabilidad de la categoría del parámetro i ; W_i es una medida de la importancia asociada al parámetro i respecto a los demás parámetros y n es el número de parámetros del modelo.

De esta forma cada uno de los índices se determinara de la siguiente manera:

1. IVED= Índice de vulnerabilidad estructural directa

$$(6.7.2) \quad I.V_{ED} = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - \xi_i)$$

Los parámetros que están asociados a este índice son los correspondientes al sistema estructural, a la calidad y a la resistencia estructural.

2. IVEI= Índice de vulnerabilidad estructural indirecta

$$(6.7.3) \quad I.V_{EI} = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - \xi_i)$$

En este índice estarán los parámetros asociados con: configuración en altura, tipo de cimentación, muros de contención y estado de conservación.

3. IVL= Índice de vulnerabilidad por localización

$$(6.7.4) \quad I.V_L. = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - \xi_i)$$

En este índice se consideraran los parámetros asociados a la localización, al nivel de cimentación y al tipo de suelo donde se encuentre la edificación.

4. IVE= Índice de vulnerabilidad por entorno

$$(6.7.5) \quad I.V_E. = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - \xi_i)$$

En este índice se consideran los parámetros que formar parte del entorno de la edificación pero que están directamente relacionados con ellas y cuya afectación pueden alterar su vulnerabilidad. Luego, los parámetros asociados a este grupo son: vegetación del sitio, sistema de drenaje, manejo de basuras y conservación del entorno.

5. IVT= Índice de vulnerabilidad total

Para la estimación del índice de vulnerabilidad total se realizara de siguiente manera se tomara el aporte de los anteriores índices de la siguiente manera:

- a. Escoger el mayor valor entre los índices de vulnerabilidad estructural directa *IVED* y el índice correspondiente a la ubicación, *IVL*.
- b. Se tomaran los índices de vulnerabilidad restante y se realizara un promedio de ellos.
- c. Finalmente el índice de vulnerabilidad total corresponderá:

$$(6.7.6) \quad I.V_T. = IV_{EDoL} \left[1 + 0,2 \frac{(IV_{EI} + IV_E)}{2} \right]$$

Para calificar la vulnerabilidad, fue necesario clasificar esta en 5 variables, *nada*, *poco*, *medianamente*, *muy* y *absolutamente* vulnerable, debido a esto se asignaron los siguientes valores:

- 0 Nada vulnerable
- 0,3 Poco vulnerable
- 0,5 Medianamente vulnerable
- 0,7 Muy vulnerable
- 1 Absolutamente vulnerable

Tabla 21 Clasificación de Vulnerabilidad

CLASIFICACIÓN DE VULNERABILIDAD	ÍNDICE
Baja	0 – 0.30
Media	0.31– 0.60
Alta	0.61 – 1.00

Fuente: Autor

Las siguientes fotografías dejan en evidencia la problemática tratada en el presente proyecto, haciendo énfasis en la inadecuada construcción de las

edificaciones y la violación a los aislamientos mínimos exigidos por la CDMB para estas construcciones.

Fotografía 5 Viviendas ubicadas en la corona del talud sin cumplir los aislamientos mínimos exigidos por la CDMB.



Fuente: Autor

Fotografía 6 Estado de los materiales de algunas viviendas



Fuente: Autor

Del formato para la evaluación de la vulnerabilidad física de las viviendas, (ver Anexo 6), Las preguntas 3 y 4 no fueron aplicadas en este estudio; por tal motivo no se tuvieron en cuenta para la evaluación de este tipo de vulnerabilidad. Luego

de aplicar las formulas anteriormente mencionadas en este capítulo se obtuvieron los índices para de esta forma clasificar las viviendas evaluadas, los resultados se muestran en la tabla No. 23:

Tabla 22 Resultados Clasificación de Vulnerabilidad

No.	DIRECCION	INDICE	VUL. FISICA
1	calle 115 # 21-04	0,37	MEDIA
2	CALLE 115 CASA1	1,00	ALTA
3	CALLE 115 #21-20 CASA7	0,78	ALTA
4	CALLE 115 # 21-20 WINTER5	1,00	ALTA
5	23-O3	0,52	MEDIA
6	CASA 31	0,85	ALTA
7	CASA 33C	0,79	ALTA
8	CASA 23	0,00	BAJA
9	CASA 38	0,37	MEDIA
10	CASA 48B	0,74	ALTA
11	CASA 50-52	1,00	ALTA
12	CASA 33E	0,54	MEDIA
13	CASA 33D	0,00	BAJA
14	CASA 44	0,83	ALTA
15	CASA 40	0,55	MEDIA
16	CASA 29	0,78	ALTA
17	CASA 48 ^a	0,00	BAJA
18	CASA 16	1,00	ALTA
19	CASA 27	0,00	BAJA
20	CASA 25	0,55	MEDIA
21	CASA 14	1,00	ALTA
22	CASA 11	1,00	ALTA
23	TALLER	0,78	ALTA
24	CASA 13 ^a	1,00	ALTA
25	CASA 12	1,00	ALTA
26	CASA 13	1,00	ALTA
27	CASA 1	1,00	ALTA
28	CASA 10	1,00	ALTA

No.	DIRECCION	INDICE	VUL. FISICA
29	CALLE 114A 21-25	1,00	ALTA
30	21-17	0,37	MEDIA
31	CLL 114 N 21-24	1,00	ALTA
32	CLL 113A N 21-ABIS 58	1,00	ALTA
33	CLL 113A N 21 BIS 59	1,00	ALTA
34	F	0,52	MEDIA
35	B	0,00	BAJA
36	A	0,22	BAJA
37	E	0,81	ALTA
38	D	0,78	ALTA
39	Odelo	1,00	ALTA
40	TALLER2	0,78	ALTA
41	Casa de madera	0,84	ALTA
42	calle 115 20-24	0,81	ALTA
43	calle 115 20-08	1,00	ALTA
44	casas madera	0,84	ALTA
45	calle 114 21-03 barrio vivero	0,52	MEDIA
46	La tienda	0,78	ALTA
47	Casa 32	0,78	ALTA
48	Casa 30ª	0,78	ALTA
49	Casa Reconstruida (20A)	0,37	MEDIA
50	Casa en Ruinas (barrio vivero)	1,00	ALTA
51	Casa encima de la tienda	1,00	ALTA

Fuente: Autor

- Vulnerabilidad:** Para la estimación de la vulnerabilidad en general, fue necesaria acudir a encuestas de vulnerabilidad física y encuestas para determinar la vulnerabilidad socioeconómica ambiental. El formato de estas encuestas se encuentra en el anexo 6; La tabla 22 y 23 muestran un resumen de los datos obtenidos de estas encuestas.

En cuanto a la vulnerabilidad física, se realizaron 51 encuestas a las viviendas del barrio Granjas de Provenza y se obtuvieron los siguientes resultados:

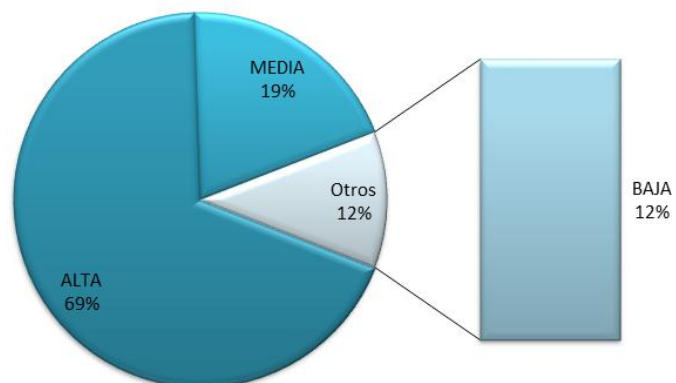
Tabla 23 Resumen Vulnerabilidad física

VIVIENDAS	NIVEL DE VULNERABILIDAD
35	ALTA
10	MEDIA
6	BAJA

Fuente: Autor

El resultado de estas encuestas físicas arrojaron los siguientes valores, 35 viviendas se encuentran en vulnerabilidad alta, 10 en vulnerabilidad media y 6 en vulnerabilidad baja.

Figura 39 Resultados vulnerabilidad física



Fuente: Autor

El 69% de las viviendas se encuentran en vulnerabilidad física alta, siendo este valor significativo para este barrio y la zona; el 19% en vulnerabilidad media y el 12% vulnerabilidad baja. En el plano 7 (ver anexo 9) en donde se ilustra los diferentes niveles de vulnerabilidad con sus correspondientes direcciones e índices.

Las condiciones de vulnerabilidad física evidencian las deficiencias constructivas que tienen las edificaciones del sector y la falta de cumplimiento de las Normas Sismo Resistentes Colombianas.

Esta problemática evidencia la necesidad de incentivar reformas y mejoras tendientes al reforzamiento estructural de las viviendas del sector.

6.4.2 Vulnerabilidad Social, Económico Y Ambiental Del Barrios Granjas De Provenza. Se tuvieron en cuenta las siguientes variables: Sexo, Edad, Estado civil, Nivel de Escolaridad, entre otros. La mayoría de las preguntas se relacionaron con el encuestado ya que en algunos casos esta persona no poseía conocimientos de cada uno de los aspectos familiares; de igual manera se tomaron variables como tipología de empleo, horas diarias de trabajo, ingresos y egresos mensuales entre otros.

Para la evaluación social, económica y ambiental se realizaron varias encuestas con 40 preguntas repartidas de la siguiente manera, ver formato en el anexo 7.

ASPECTOS	PREGUNTAS
ASPECTO SOCIAL	1 – 9, 15-33
ASPECTO ECONOMICO	10-14
ASPECTO AMBIENTAL	34-40

La zona se dividió en 10 subzonas, enumeradas de la 1 hasta la 10, esto se realizaron con el fin de obtener resultado más detallados y exactos de la zona (ver anexo 8), como se muestra en el plano de zonificación de vulnerabilidad (ver Anexo 9).

6.4.2.1 Vulnerabilidad Social. Las preguntas correspondientes a este aspecto facilitan el cálculo de la vulnerabilidad social midiendo la población de mujeres, hombres y niños, antigüedad en el sector, estado civil, el nivel de escolaridad, entre otros.

Los índices hallados en las siguientes zonas se encuentran a continuación:

Tabla 24 Tabla de Subzonas con sus Índices de vulnerabilidad social

ZONA	INDICE	NIVEL
1	0.25	BAJA
2	0.75	ALTA
3	0.5	MEDIA
4	0.5	MEDIA
5	0.75	ALTA
6	1.0	ALTA
7	0.75	ALTA
8	1.0	ALTA
9	1.0	ALTA
10	0.1	BAJA

Fuente: autor

La Vulnerabilidad social se describió de la siguiente manera:

Tabla 25 Distribución Rangos de Vulnerabilidad social

Descripción de Vulnerabilidad	Índice
No hay personas afectadas	0
Se requiere evacuar personas, pero no hay personas heridas	0.25
Personas heridas, pero las personas continúan en sus actividades	0.5
Personas seriamente heridas, hasta con el 50% de discapacidad	0.75
Personas muertas. 51 a 100% de discapacidad	1

Fuente: Valores de vulnerabilidad social o humana (Imiriland, 2007)

6.4.2.2 Vulnerabilidad Económica. Para la valoración de este tipo de vulnerabilidad fue necesario preguntar la ocupación, el tipo de empleo, las horas de trabajo diarias, ingresos y egresos totales mensuales. Teniendo en cuenta las 10 zonas anteriormente mencionadas, se encontró la siguiente descripción:

Tabla 26 Tabla de Subzonas con sus Índices de vulnerabilidad Económica

ZONA	INDICE	NIVEL
1	0.5	MEDIA
2	0.25	BAJA
3	0.5	MEDIA
4	0.25	BAJA
5	0.75	ALTA
6	1.0	ALTA
7	1.0	ALTA
8	1.0	ALTA
9	1.0	ALTA
10	0.25	BAJA

Fuente: Autor

Tabla 27 Distribución Rangos de Vulnerabilidad económica

Descripción de Vulnerabilidad	Índice
No hay interrupciones en las actividades económicas	0
Interrupciones cortas, temporales. Desde horas hasta un día.	0.25
Interrupciones temporales de días, hasta una semana	0.5

Interrupciones temporales largas, de semanas a meses	0.75
Interrupción Permanente	1

Fuente: Valores de vulnerabilidad económica (Imiriland, 2007).

6.4.2.3 Vulnerabilidad Ambiental. Para este tipo de vulnerabilidad se tuvo en cuenta la recolección de aguas lluvias, la disposición de los residuos sólidos, calidad de cobertura vegetal, actitud de los habitantes ante los desastres naturales. Los resultados analizados fueron los siguientes:

Tabla 28 Índices de las Subzonas, Vulnerabilidad Ambiental

ZONA	INDICE	NIVEL
1	1.0	ALTA
2	1.0	ALTA
3	1.0	ALTA
4	0.25	BAJA
5	0.75	ALTA
6	0.75	ALTA
7	0.75	ALTA
8	1.0	ALTA
9	1.0	ALTA
10	0.5	MEDIA

Fuente: Autor

Según la propuesta de (Imiriland, 2007) la descripción ambiental esta dividida de esta manera:

Tabla 29 Distribución Rangos de Vulnerabilidad Ambiental

Descripción	Rango de Perdida	Índice
Elementos ambientales intactos	0	0
Perdidas ambientales locales	1 -25%	0.25
Perdidas ambientales serias, pero reparables	26 – 50%	0.5

Daños ambientales muy grandes, difíciles de reparar	51 – 75%	0.75
Destrucción total del medio ambiente físico	76 – 100%	1

Fuente: (Imiriland, 2007)

Con respecto a la encuesta de vulnerabilidad social-económica y ambiental en resumen los datos tabulados fueron los siguientes:

Tabla 30 Resumen Vulnerabilidad Socio Económico ambiental

TEMA	PORCENTAJES	
Porcentaje de mujeres y hombres	61.86% Mujeres y 38.14% Hombres	
Población	Niños menores de 12 años	= 27.97%
	Niños Entre 12 y 18	= 16.10%
	Adultos entre 18 y 60	= 44.07%
	Mayores a 60 años	= 11.86%
Capacidad de respuesta, % de personas sanas	Personas con dificultad para moverse por si mismo	5%
	Personas que tienen dificultad para salir solos	10%
	Personas sanas	85%
Estado civil	Personas Casados	40%
	Unión libre	25%
	Solteros / Padres/Madres	25%
Nivel de Escolaridad	Primaria Completa	5%
	Primera Incompleta	5%
	Secundaria completa	50%
	Técnica Completa	20%
	Universitaria Incompleta	11%
Ocupación	Empleados	50%
	Independiente	40%
	Estudiantes	5%
	Pensionados	5%
Ingresos	De 300.000 a 500.000	10%
	De 500.000 a 700.000	50%
	Mas de 700.000	40%

TEMA	PORCENTAJES	
Egresos	De 300.000 a 500.000	10%
	De 500.000 a 700.000	50%
	Mas de 700.000	40%
Tipo de Eps	Sisben	20%
	Subsidiado EPS	15%
	Contributivo EPS	55%
	Régimen Especial	10%
Tipo de Vivienda	Mampostería	95%
	Madera	5%
Acerca de la vivienda	Propia	73%
	Arrendada	27%
Servicios Públicos	Energía, gas natural, Recolección de basuras	100%
	Acueducto	85%
	Telefonía fija	85%
	Alcantarillado	30%
	Internet	35%
Problemáticas del sector	Deslizamientos de tierra	100%
	Ausencia de servicios públicos	45%
Canalización de aguas lluvias	Es importante 90% de acuerdo	
Residuos Sólidos	Quema	5%
	Disposición en algún sitio	5%
	Empresa de Aseo	90%
Cobertura vegetal	El 80% piensan que es importante y el 20% piensan que es irrelevante	
Mitigación de Impacto	Canalizar el agua	60%
	No construir en terrenos no aptos para vivir	35%
	Estar atentos a grietas y humedades de la vivienda	30%

TEMA	PORCENTAJES	
	No contaminar	10%
	No deforestar	5%

Fuente: Autor

Para la determinación de la vulnerabilidad social, económica, y ambiental, se dividió el sector en 10 grandes subzonas, facilitando de esta manera la evaluación de los índices de cada vulnerabilidad. La tabla numero 41 muestra en resumen los índices de la vulnerabilidad (Social, económica y ambiental).

Tabla 31 Resumen de Vulnerabilidad

VULNERABILIDAD ZONA	SOCIAL	ECONOMICA	AMBIENTAL
1	0.25	0.5	1.0
2	0.75	0.25	1.0
3	0.5	0.5	1.0
4	0.5	0.25	0.25
5	0.75	0.75	0.75
6	1.0	1.0	0.75
7	0.75	1	0.75
8	1.0	1.0	1.0
9	1.0	1.0	1.0
10	0.1	0.25	0.5

Fuente: Autor

- Vulnerabilidad Social.** En la vulnerabilidad social es alta debido a que en la mayoría de las zonas encontramos la posible evacuación de familias completas y un cese de actividades en el momento de una gran emergencia; Al igual que en las zonas 6, 8 y 9 se estimarían personas seriamente heridas y más del 50% discapacitadas.

- **Vulnerabilidad Económica.** La zona 1, está constituido por una serie de casas de madera, en donde los ingresos son menores de \$300.000 pesos mensuales y sus gastos superan este valor.

Las viviendas que se encuentran en la zona 6, 7, 8, 9, corresponden a vulnerabilidad alta, con índice de 1, debido a interrupción temporal larga de semanas, meses o hasta permanente de actividades económicas.

- **Vulnerabilidad Ambiental.** Los índices arrojados en estas zonas evidencian daños irreparables y difíciles de mitigar, y en su mayoría encontramos destrucción total del medio ambiente. El 100% de las personas encuestadas ya han sufrido algún desastre natural en la zona de estudio como son los deslizamientos por Fenómenos de Remoción en Masa. En cuanto a la cobertura vegetal ha sido modificada de manera permanente según se pudo observar en las cartografías de años anteriores.

6.8.3 Riesgo. Para la determinación del Riesgo se tuvo en cuenta los Lineamientos Técnicos Medioambientales, conteniendo los siguientes elementos:

- Proyectos de uso socialmente sensitivo, tales como escuelas e instituciones de educación, instituciones hospitalarias, estaciones de bomberos, tanques de almacenamiento de agua, represas, subestaciones eléctricas, plantas telefónicas y otros servicios públicos básicos para la comunidad.
- Proyectos de Vivienda o que involucren vivienda con densidad superior a 12 unidades de vivienda por hectárea.
- Proyectos cuyo uso involucre reunión masiva de personas. Incluye centros deportivos con graderías, centros comerciales, iglesias, auditorios, etc. Se

incluyen las instalaciones industriales y centros de trabajo con presencia ocasional o permanente de más de 60 personas por hectárea.

- Viaductos y proyectos de transporte masivo de personas.

El sector se clasificó como potencial de riesgo: A, en donde se encuentran construidos viviendas, proyectos de uso socialmente sensitivos y servicios públicos básicos para la comunidad.

Para la evaluación del riesgo de remoción en masa se tomó en cuenta el grado de amenaza mayor para los escenarios evaluados y vulnerabilidad física que presenta el proyecto; se cruzaron los mapas de vulnerabilidad física con el mapa de amenaza del área de estudio, para cada zona se hace necesario la aplicación de la matriz expuesta en la tabla 32, por medio de la cual se obtiene como resultado el riesgo para cada uno de los sectores del Sector Granjas de Provenza.

Para obtener una valoración del riesgo se procede a utilizar una matriz en la cual se relaciona el grado de amenaza a fenómenos de remoción en masa y la vulnerabilidad física de cada edificación.

$$R = A * V.$$

A = Amenaza

V = Vulnerabilidad

Siguiendo la metodología propuesta por (Imiriland, 2007) y aplicando la matriz para el cálculo de Riesgo.

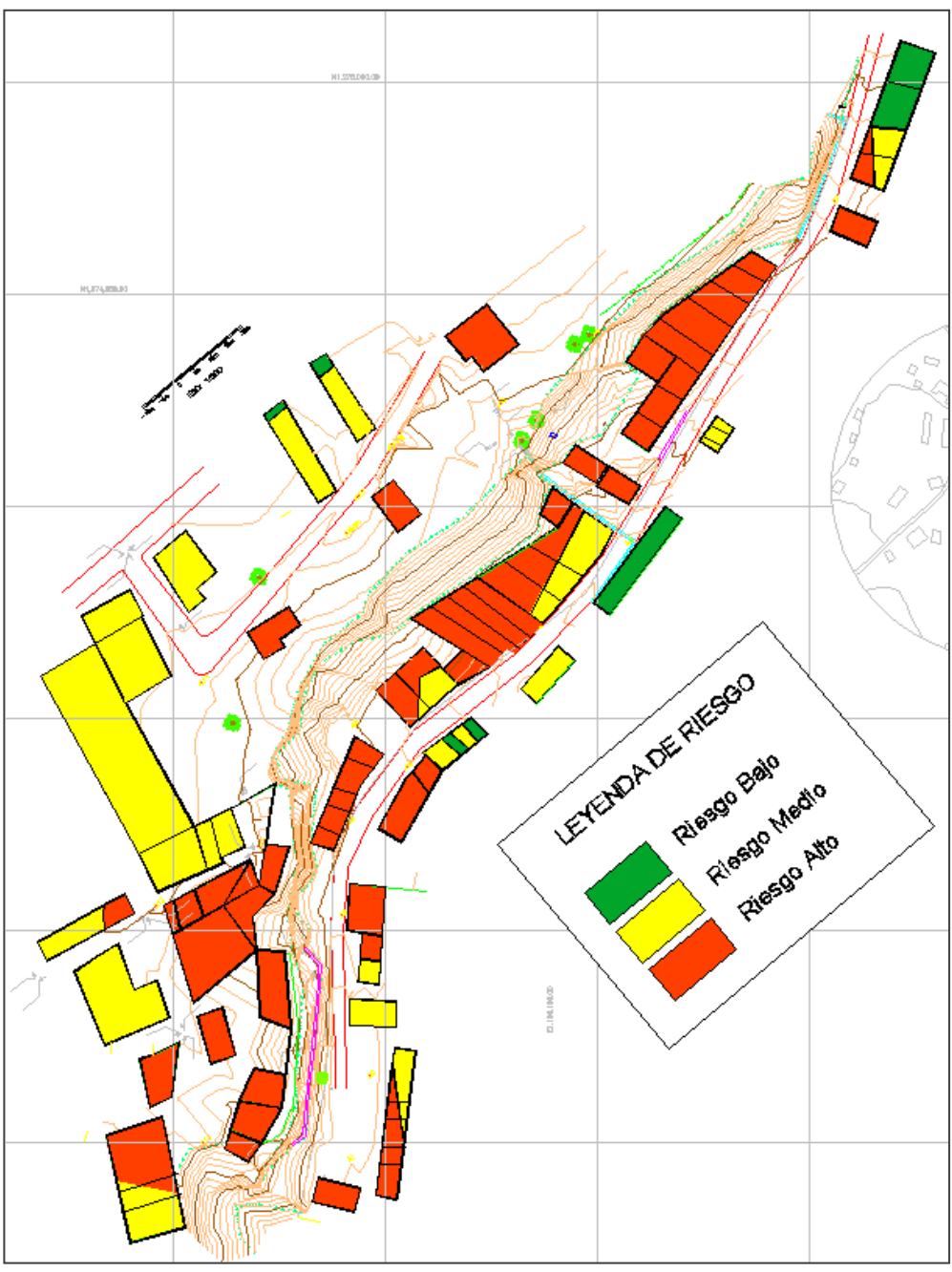
Tabla 32 Matriz para cálculo de Riesgo

VULNERABILIDAD	AMENAZA		
	ALTA	MEDIA	BAJA
ALTA	ALTO	ALTO	MEDIO
MEDIA	ALTO	MEDIO	MEDIO
BAJA	MEDIO	MEDIO	BAJO

Fuente:(Imiriland, 2007)

En la figura 38 se muestra la zonificación del Riesgo por fenómenos de remoción en masa en donde se puede demostrar que la mayoría de la zona de estudio se encuentra en riesgo alto. En el plano 8 se presenta el mapa de riesgo por FRM. (Ver anexo 10).

Figura 40 Mapa de Riesgo



6.6 DISEÑO DE OBRAS PARA LA MITIGACION DEL RIESGO

Se evaluaron las obras de mitigación necesarias para estabilizar el sector en estudio cumpliendo con los criterios de diseño establecidos anteriormente. Las obras planteadas consisten en el perfilado del talud ubicando terrazas de máximo 5m de longitud y el diseño de pantallas ancladas con concreto lanzado. El diseño se presenta en el Anexo 12.

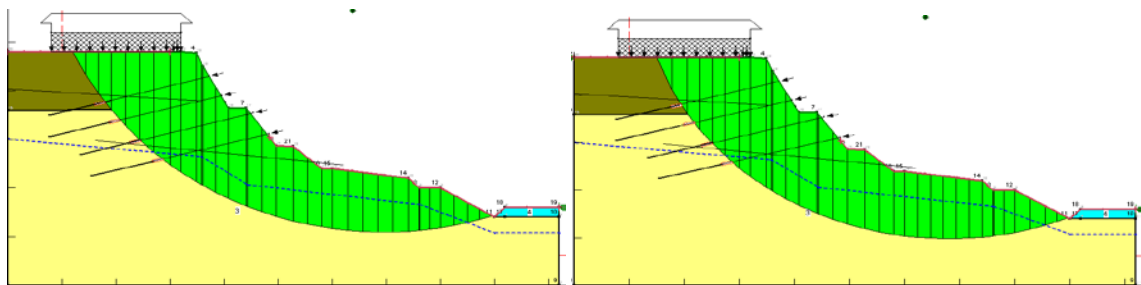
A continuación se muestran la evaluación y dimensionamiento de las obras de mitigación para los diferentes perfiles topográficos.

Tabla 33 Factores de Seguridad con Diseño de Obras

CONDICIONES DE SISMO Perfil k+000	FS 1.226	CONDICIONES ESTATICAS	FS 1.651
---	----------	-----------------------	----------

Fuente: Autor

Figura 41 Amenaza con Obras perfil 000



Fuente: Autor

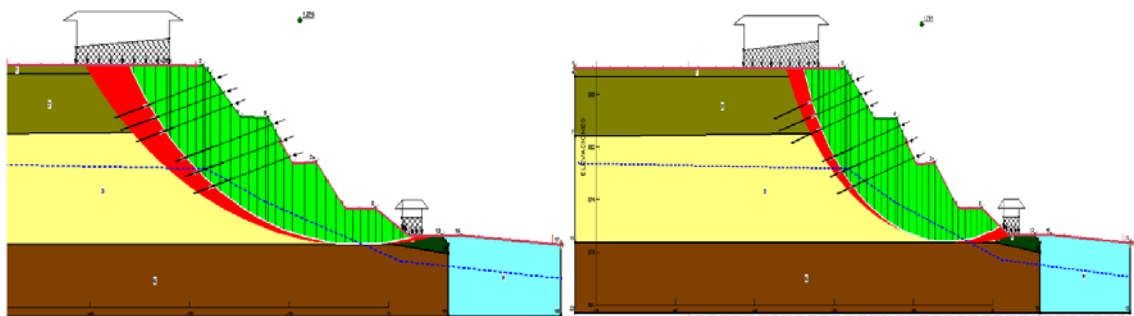
En este caso con dos pantallas fue suficiente para lograr que el factor de seguridad aumentara a 1.226 en condiciones extremas. Las viviendas localizadas en la corona del talud no cumplen los aislamientos mínimos exigidos por la CDMB (5 metros de la casa al talud), por tanto se recomienda reubicar la primera vivienda ubicada en la calle 115 # 20-08.

Tabla 34 Factores de Seguridad con Diseño de Obras

CONDICIONES DE SISMO		CONDICIONES ESTATICAS	
Perfil k+10	1.276		FS 1.751

Fuente: Autor

Figura 42 Amenaza con Obras perfil 0+10



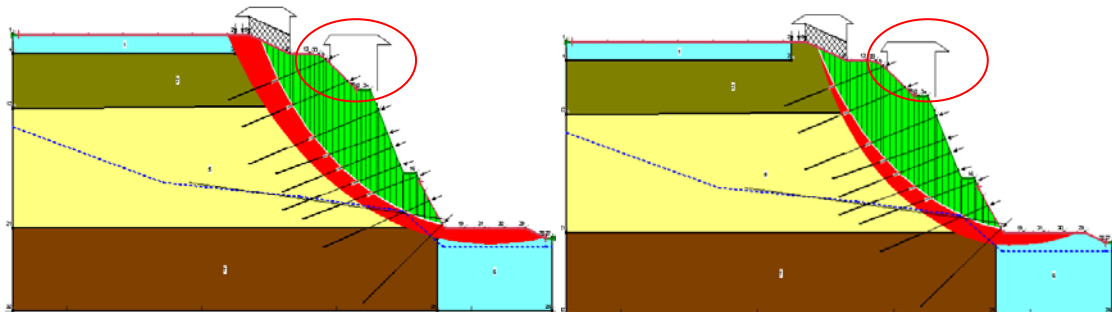
Fuente: Autor

Tabla 35 Factores de Seguridad con Diseño de Obras

CONDICIONES DE SISMO		CONDICIONES ESTATICAS	
Perfil k +40	FS 1.223		FS 1.597

Fuente: Autor

Figura 43 Amenaza con Obras perfil 0+40



Fuente: Autor

En esta zona por ser de alta pendiente se hace necesario reubicar la vivienda número 42 (ver anexo 11) que se encuentra en la corona del talud sin cumplir los 5

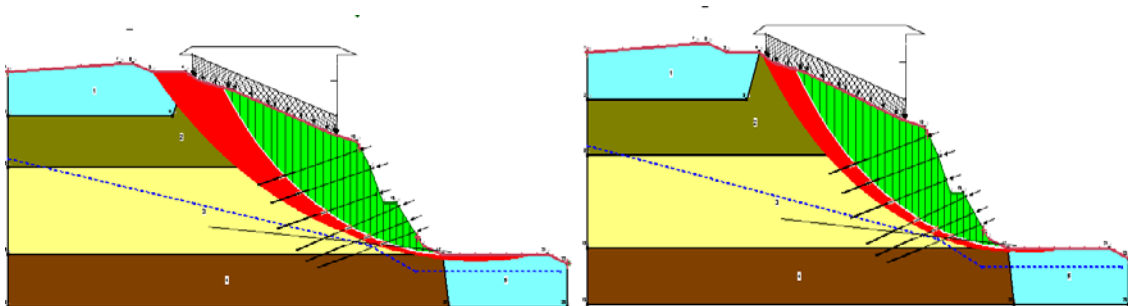
metros de aislamiento mínimo como requisito para poder realizar las obras de mitigación en el sector.

Tabla 36 Factores de Seguridad con Diseño de Obras

CONDICIONES DE SISMO Perfil k + 70	FS 1.297	CONDICIONES ESTATICAS	FS 1.72
--	-----------------	------------------------------	----------------

Fuente: Autor

Figura 44 Amenaza con Obras perfil 0+70



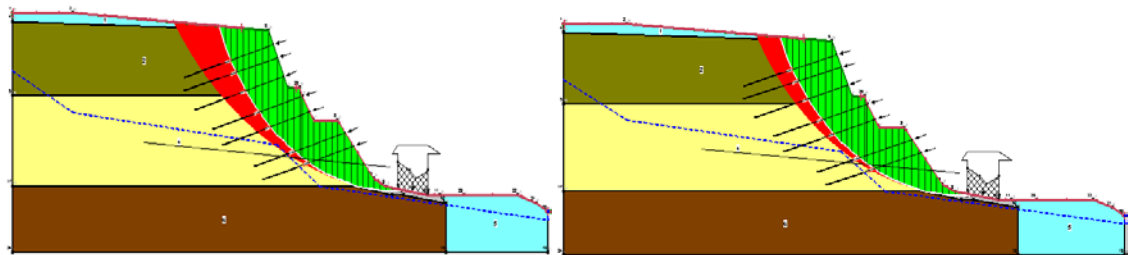
Fuente: Autor

Tabla 37 Factores de Seguridad con Diseño de Obras

CONDICIONES DE SISMO Perfil k + 100	FS 1.213	CONDICIONES ESTATICAS	FS 1.592
---	-----------------	------------------------------	-----------------

Fuente: Autor

Figura 45 Amenaza con Obras perfil 0+100



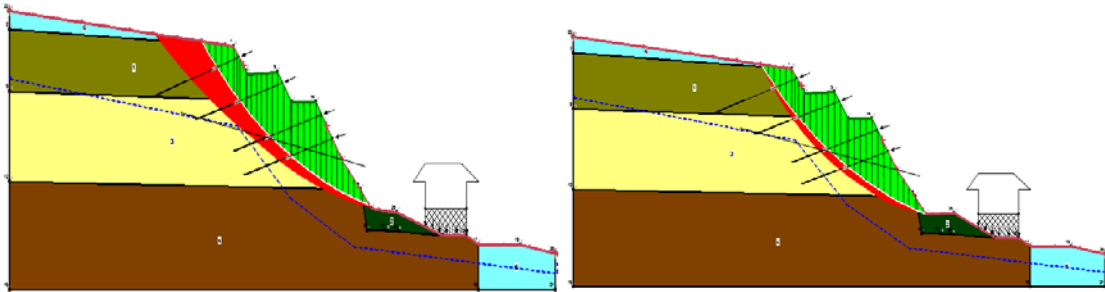
Fuente: Autor

Tabla 38 Factores de Seguridad con Diseño de Obras

CONDICIONES DE SISMO			
Perfil k + 130	FS 1.233	CONDICIONES ESTATICAS	FS 1.647

Fuente: Autor

Figura 46 Amenaza con Obras perfil 0+130



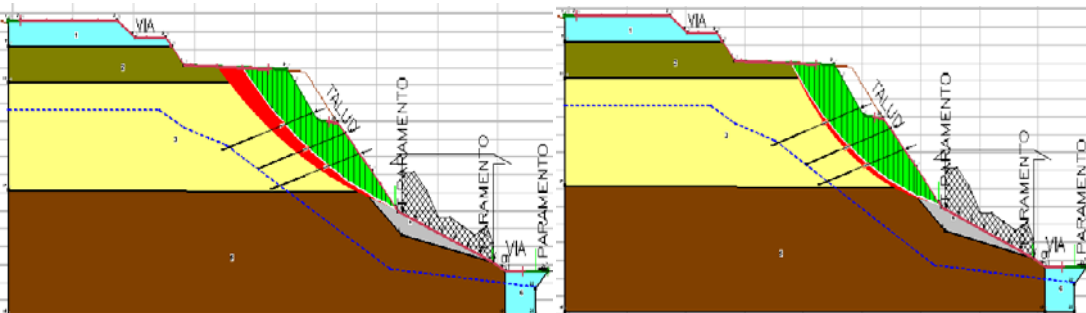
Fuente: Autor

Tabla 39 Factores de Seguridad con Diseño de Obras

CONDICIONES DE SISMO	FS 1.260	CONDICIONES ESTATICAS	FS 1.707
Perfil k + 160			

Fuente: Autor

Figura 47 Amenaza con Obras perfil 0+160



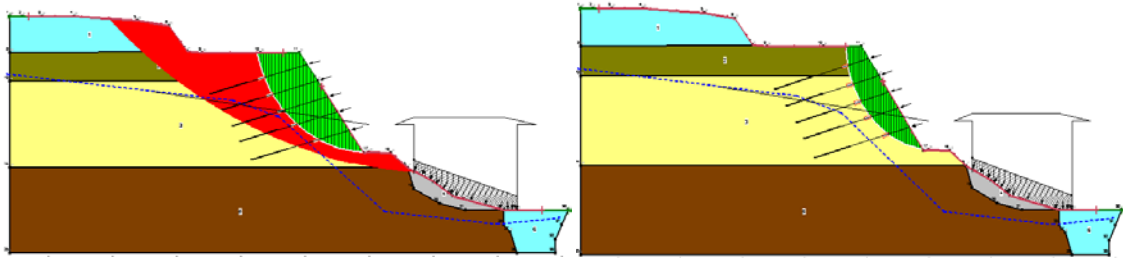
Fuente: Autor

Tabla 40 Factores de Seguridad con Diseño de Obras

CONDICIONES DE SISMO			
Perfil k + 190	FS 1.268	CONDICIONES ESTATICAS	FS 1.556

Fuente: Autor

Figura 48 Amenaza con Obras perfil 0+190



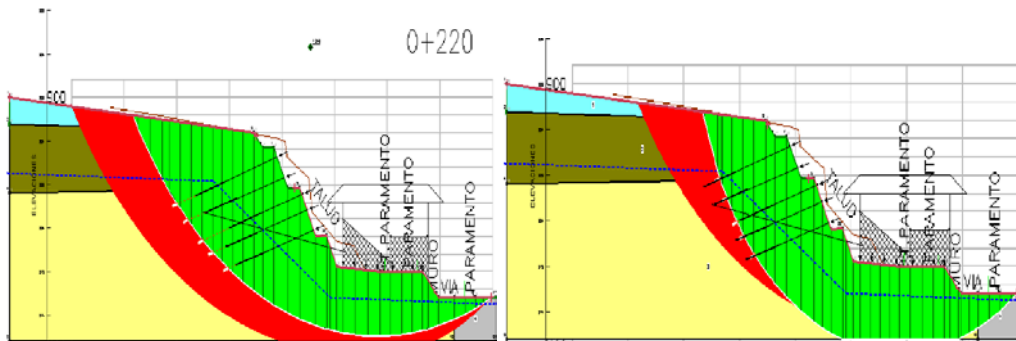
Fuente: Autor

Tabla 41 Factores de Seguridad con Diseño de Obras

CONDICIONES DE SISMO Perfil k + 220	FS 1.248	CONDICIONES ESTATICAS	FS 1.758
---	-----------------	------------------------------	-----------------

Fuente: Autor

Figura 49 Amenaza con Obras perfil 0+220



Fuente: Autor

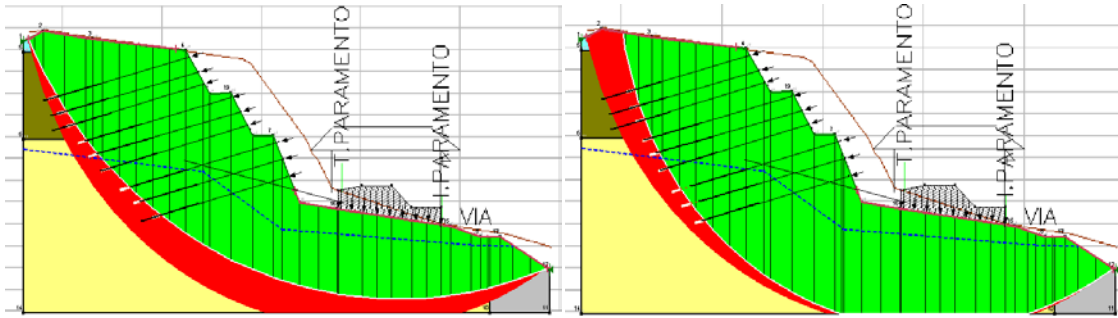
Por el diseño de la obra sería necesario reubicar la vivienda ubicada en la pata del talud. (Ver anexo 11).

Tabla 42 Factores de Seguridad con Diseño de Obras

CONDICIONES DE SISMO Perfil k + 250	FS 1.233	CONDICIONES ESTATICAS	FS 1.710
---	-----------------	------------------------------	-----------------

Fuente: Autor

Figura 50 Amenaza con Obras perfil 0+250



Fuente: Autor

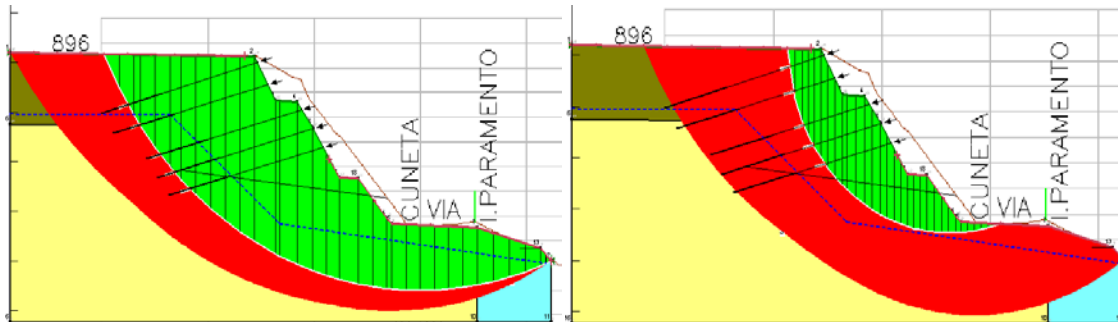
Considerando nuevamente que para realizar la excavación de material se hace necesario espacio para que pueda movilizarse la maquinaria necesaria, algunas de las 7 viviendas ubicadas en la zona deberán ser removidas. (Vivienda 37 y 38)

Tabla 43 Factores de Seguridad con Diseño de Obras

CONDICIONES DE SISMO Perfil k + 280	FS 1.206	CONDICIONES ESTATICAS	FS 1.643
--	-----------------	------------------------------	-----------------

Fuente: Autor

Figura 51 Amenaza con Obras perfil 0+280



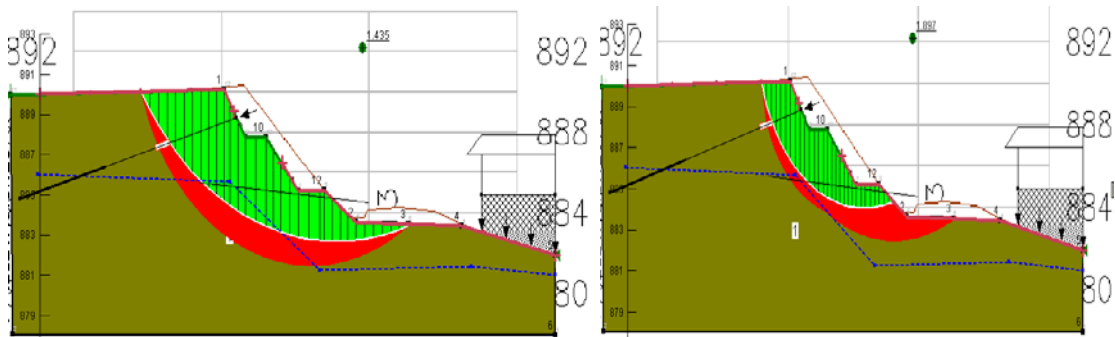
Fuente: Autor

Tabla 44 Factores de Seguridad con Diseño de Obras

CONDICIONES DE SISMO Perfil k + 303	FS 1.435	CONDICIONES ESTATICAS	FS 1.897
--	-----------------	------------------------------	-----------------

Fuente: Autor

Figura 52 Amenaza con Obras perfil 0+303



Fuente: Autor

Una constante de diseño en este proyecto fue la implementación de drenes de perforación con los cuales se logra disminuir el nivel freático y aportarle más estabilidad al talud.

Diseño de obras: En cuanto la estabilidad propia del talud se mitigará con terrazas y pantallas ancladas con concreto lanzado con control de drenajes superficiales y subterráneos, los cuales sirven para la conducción y la captación de las aguas, disminuyendo así el efecto erosivo sobre el talud. Gracias a las obras y los corrimientos hechos en el software GEOSLOPE/W podemos garantizar los factores de seguridad estipulados por la CDMB para mitigar la amenaza por fenómenos de remoción en masa.

Tabla 45 Resumen Factores de Seguridad sin obras y con obras en Condiciones Estáticas Y Con Sismo

PERFIL	CONDICIONES ESTATICAS		CONDICIONES PSEUDOESTATICAS	
	SIN OBRAS	CON OBRAS	SIN OBRAS	CON OBRAS
K+000	0,952	1.651	0,754	1.226
K+010	0,992	1.751	0,759	1.276
K+040	0,838	1.597	0,659	1.223

PERFIL	CONDICIONES ESTATICAS		CONDICIONES PSEUDOESTATICAS	
	SIN OBRAS	CON OBRAS	SIN OBRAS	CON OBRAS
K+070	1,176	1.720	0,877	1.297
K+100	0.552	1.592	0,492	1.213
K+130	1,012	1.647	0,831	1.233
K+160	0,963	1.707	0,762	1.260
K+190	0,842	1.556	0,697	1.268
K+220	0,988	1.758	0,801	1.248
K+250	0,681	1.710	0,536	1.233
K+280	0,807	1.643	0,657	1.206
K+303	1,138	1.897	0,893	1.435

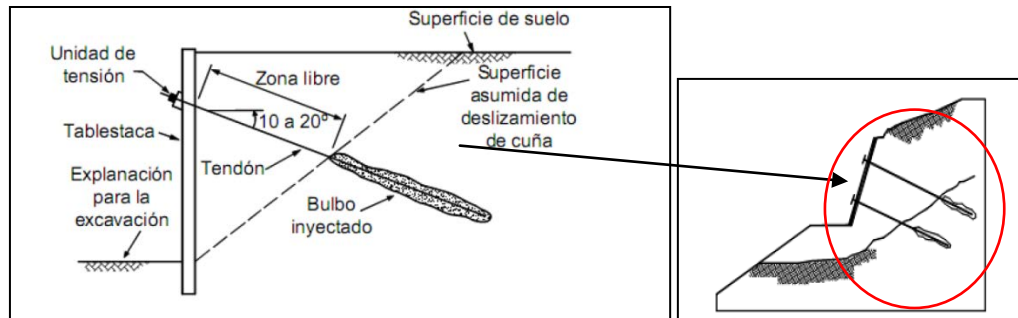
Fuente: Autor

Las medidas de mitigación de la amenaza para la estabilización del talud consistirían en el control de la escorrentía con drenaje superficial construyendo cunetas revestidas con concreto con el fin de controlar el drenaje superficial. El objetivo principal del drenaje superficial consiste en controlar el paso de aguas lluvias de escorrentía en la corona del talud y en cada terraza que a su vez conduce a los colectores de estas aguas.

- **DISEÑO ANCLAJES.** Se plantean anclajes de 30 Toneladas espaciados cada 3 metros. (Ver anexo 12).

Se procede a calcular el diámetro del bulbo, el cual depende del diámetro del cuerpo del anclaje y del tipo del suelo y de la mezcla utilizada para la inyección.

Figura 53 Esquema General de anclajes en suelo



Fuente: CDMB

PULL-OUT CAPACIDAD DE LA LONGITUD DEL BULBO

La capacidad de los anclajes puede ser determinada mediante la siguiente expresión, de acuerdo a publicación FHWA-IF-99-015, Geotechnical Engineering Circular No. 4, Anchors and Anchor Systems:

$$T = q_s \pi D L_b$$

Dónde:

q_s = es el esfuerzo de trabajo del bulbo a lo largo de la interface entre el suelo y la lechada de cemento.

D = diámetro de la perforación

L_b = longitud del bulbo

T es la carga de tensionamiento o capacidad del anclaje.

Los valores del esfuerzo de trabajo del bulbo se consideran normalmente como el 50% o menos que la resistencia ultima.

La resistencia última del bulbo entre el suelo y la lechada de cemento del sistema del anclaje se estimó de acuerdo a la siguiente metodología.

De acuerdo a publicación FHWA-IF-99-015, Geotechnical Engineering Circular No. 4, Anchors and Anchor Systems, en el cual se presenta un rango de resistencias últimas en función del tipo de suelo.

El perfil estratigráfico en la zona de estudio, está compuesto principalmente por arenas limosas y arenas con gravas con compacidad relativa de densa a muy densa, de acuerdo a la figura 32, se asume un valor promedio de resistencia última de 300Kpa (0.3MPa).

Figura 54 Anclajes en suelo.

Table 7. Presumptive average ultimate bond stress for ground/grout interface along anchor bond zone (after PTI, 1996).

Rock		Cohesive Soil		Cohesionless Soil	
Rock type	Average ultimate bond stress (MPa)	Anchor type	Average ultimate bond stress (MPa)	Anchor type	Average ultimate bond stress (MPa)
Granite and basalt	1.7 - 3.1	Gravity-grouted anchors (straight shaft)	0.03 - 0.07	Gravity-grouted anchors (straight shaft)	0.07 - 0.14
Dolomitic limestone	1.4 - 2.1	Pressure-grouted anchors (straight shaft)		Pressure-grouted anchors (straight shaft)	
Soft limestone	1.0 - 1.4	• Soft silty clay	0.03 - 0.07	• Fine-med. sand, med. dense - dense	0.08 - 0.38
Slates and hard shales	0.8 - 1.4	• Silty clay	0.03 - 0.07	• Med.-coarse sand (w/gravel), med. dense	0.11 - 0.66
Soft shales	0.2 - 0.8	• Stiff clay, med. to high plasticity	0.03 - 0.10	• Med.-coarse sand (w/gravel), dense - very dense	0.25 - 0.97
Sandstones	0.8 - 1.7	• Very stiff clay, med. to high plasticity	0.07 - 0.17	• Silty sands	0.17 - 0.41
Weathered Sandstones	0.7 - 0.8	• Stiff clay, med. plasticity	0.10 - 0.25	• Dense glacial till	0.30 - 0.52
Chalk	0.2 - 1.1	• Very stiff clay, med. plasticity	0.14 - 0.35	• Sandy gravel, med. dense-dense	0.21 - 1.38
Weathered Marl	0.15 - 0.25	• Very stiff sandy silt, med. plasticity	0.28 - 0.38	• Sandy gravel, dense-very dense	0.28 - 1.38
Concrete	1.4 - 2.8				

Fuente: Tomado de FHWA-IF-99-015, Geotechnical Engineering Circular No. 4, Anchors and Anchor Systems, (after PTI, 1996).

Para la determinación de la capacidad de los anclajes se utiliza un valor de esfuerzo último de trabajo del bulbo $q_s = 0.3 \text{ MPa}$.

El esfuerzo de trabajo implementado en los diseños contempla un factor de seguridad de 2.0 y un espaciamiento horizontal de 3.0m

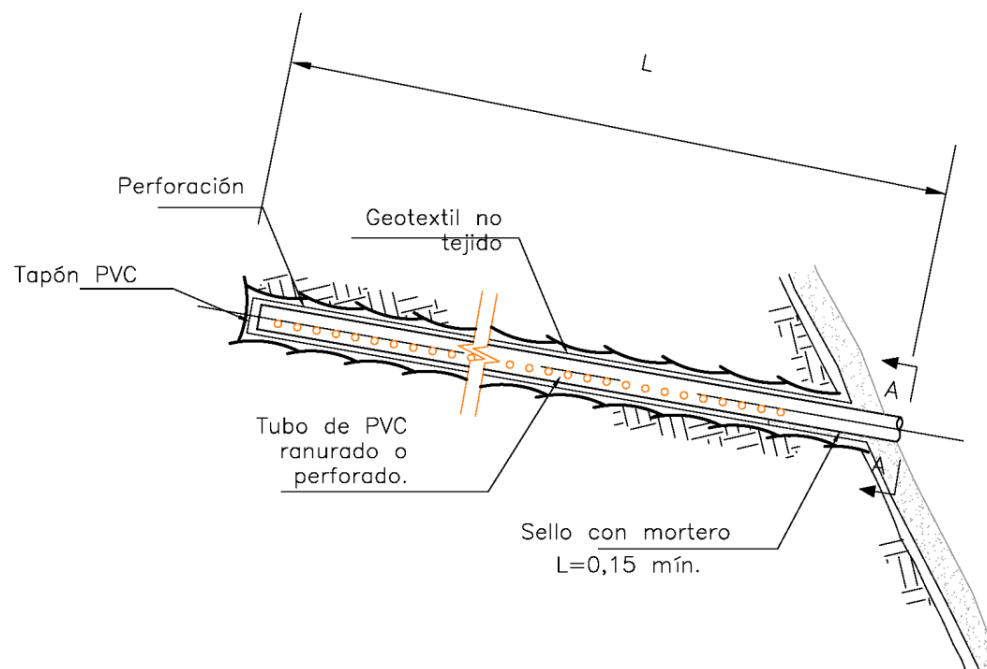
Con estas características de anclajes se realiza un análisis de estabilidad mediante equilibrio límite para analizar la estabilidad global del sistema de anclajes y determinar el espaciamiento horizontal de los mismos. Los análisis permiten determinar que las longitudes de anclaje o bulbos son suficientes para obtener un factor de seguridad aceptable.

DISEÑO MANEJO AGUAS SUBTERRÁNEAS

Dren Horizontal

Para garantizar factores de seguridad de acuerdo a las normas geotécnicas de la CDMB, debe evitarse el incremento del nivel freático, para lo cual se proyectaron drenes de perforación cada 20 metros en la terraza interior de las obras. (Ver anexo 12).

Figura 55 Diseño de anclajes en suelo.



DISEÑO MANEJO AGUAS SUPERFICIALES

Se requiere ubicar canaletas que protejan contra la erosión en las terrazas y en la corona y pie del talud y realizar sus entregas en zonas donde no causen daños. (Ver anexo 15).

DISEÑO DE SECCIONES HIDRÁULICAS.

Se debe tener en cuenta ciertos factores, tales como: tipo de material del cuerpo del canal, coeficiente de rugosidad, velocidad máxima y mínima permitida, pendiente del canal, taludes, etc.

$$Q = \frac{1}{n} AR^{2/3} S^{1/2}$$

La ecuación más utilizada es la de Manning o Strickler, y su expresión es:

Dónde:

Q = Caudal (m³/s)

n = Rugosidad

A = Área (m²)

R = Radio hidráulico = Área de la sección húmeda / Perímetro húmedo

Se evaluaron áreas aferentes a los canales proyectados, para lo cual se determinaron 4 zonas para el manejo de la escorrentía.

Se proyectar canales triangulares en las terrazas conformadas y de sección rectangular en las graderías.

El dimensionamiento y diseño se presenta en la Tabla 46.

Figura 56 Áreas Obras de Mitigación

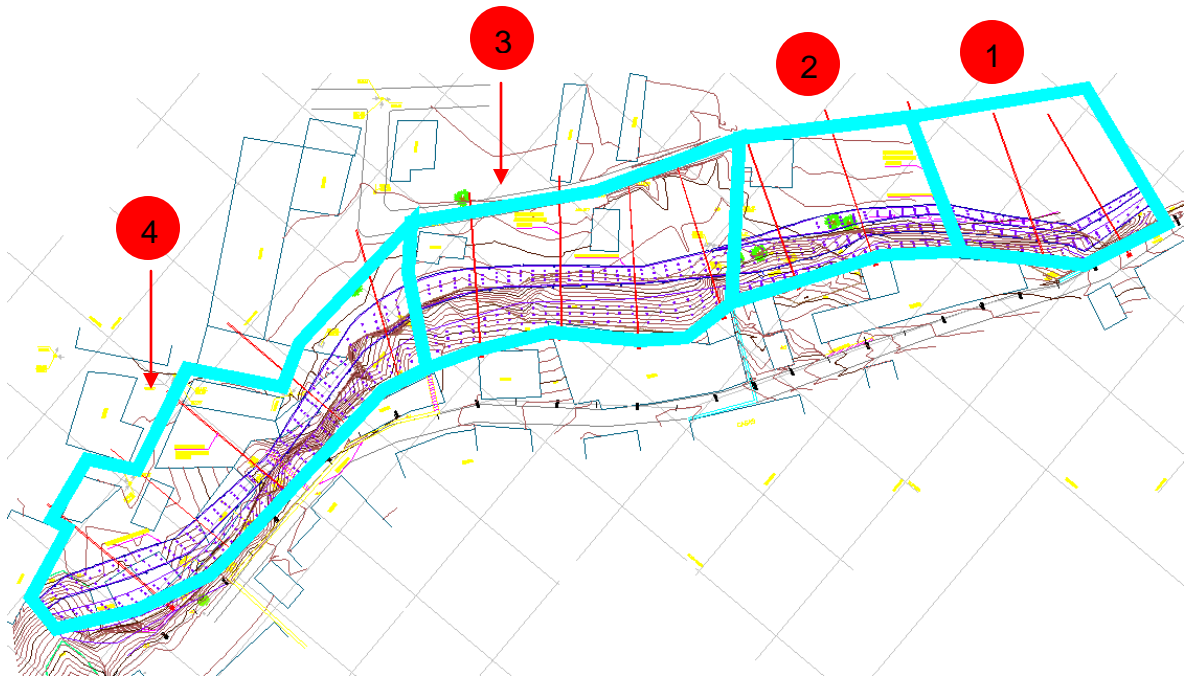


Tabla 46 Dimensionamiento Y Diseño

De	Tiempo de concentración	Frecuencia	Intensidad	Coficiente Escorrentía	Área Total	Caudal de diseño	"n" Manning	b	Z	Ymáx	Pendiente	Ao	Po	Ro	Qo	Q/Qo
	Tc	F	I	C	A						%					
CANAL 1	8	2	76,8	0,70	0,0019	0,03	0,013	0,00	1,00	0,25	1,00	0,06	0,71	0,09	0,0954	0,30
CANAL 2	8	2	76,8	0,70	0,0018	0,03	0,013	0,00	1,00	0,25	1,00	0,06	0,71	0,09	0,0954	0,28
CANAL 3	8	2	76,8	0,70	0,0030	0,04	0,013	0,00	1,00	0,25	1,00	0,06	0,71	0,09	0,0954	0,47
CANAL 4	8	2	76,8	0,70	0,0035	0,05	0,013	0,00	1,00	0,25	1,00	0,06	0,71	0,09	0,0954	0,55
GRADERIA 1	8	2	76,8	0,70	0,0019	0,03	0,013	0,50	0,00	0,40	1,00	0,20	1,30	0,15	0,4417	0,06
GRADERIA 2	8	2	76,8	0,70	0,0018	0,03	0,013	0,50	0,00	0,40	1,00	0,20	1,30	0,15	0,4417	0,06
GRADERIA 3	8	2	76,8	0,70	0,0030	0,04	0,013	0,50	0,00	0,40	1,00	0,20	1,30	0,15	0,4417	0,10
GRADERIA 4	8	2	76,8	0,70	0,0035	0,05	0,013	0,50	0,00	0,40	1,00	0,20	1,30	0,15	0,4417	0,12

INTENSIDAD: 76.8 mm/hr

C = 0.7

Área 1 = 0.19 ha

Área 2 = 0.18 ha

Área 3= 0.30 ha

Área 4= 0.35 ha

7. CONCLUSIONES

Se realizó la recopilación de la información existente de la zona de estudio con la cual fue posible realizar el diagnóstico de las condiciones actuales del sector granjas de Provenza, el cual manifiesta fenómenos de remoción en masa al presentar taludes que sobrepasan los 10 m de altura con pendientes mayores a 45 grados de inclinación con ausencia de cobertura vegetal.

Mediante sondeos de campo fue posible la identificación del modelo Geológico - geotécnico, este está conformado por Suelos del Miembro Finos, Suelos del Miembro Gravoso, Suelos del Miembro Limos Rojos, Suelos coluviales antiguos, Suelos coluviales recientes y Suelos de llenos antrópicos. Este modelo fue la base para realizar el análisis de la estabilidad de taludes en el sector granjas de Provenza.

La zona de estudio fue sometida al análisis de estabilidad de taludes detalladamente con una herramienta computacional competente (SLOPE/W, Versión 6.02 de GEO-SLOPE International Ltda., Calgary Alberta), la cual después de realizar los corrimientos en diferentes escenarios (estáticos y en condiciones extremas) arrojó los factores de seguridad para cada perfil los cuales no sobrepasan de 1.2, por consiguiente, deja en evidencia que la mayor parte del sector Granjas de Provenza (viviendas ubicadas en la pata como en la corona del talud sin cumplir aislamientos mínimos) se encuentra en zona de amenaza alta a fenómenos de remoción en masa; las edificaciones alejadas del talud en amenaza media y por último las viviendas que colindan con el sector Viveros de Provenza se encuentran en una zona de amenaza baja a estos fenómenos.

Se evaluó la amenaza por procesos de remoción en masa en el sector Granjas de Provenza mediante la metodología propuesta por Morgenstern and Price, ya que con este método el cálculo del factor de seguridad se aproxima a la exactitud (se

disminuye el porcentaje de error) con el cual se zonificó el sector, siendo la amenaza alta a fenómenos de remoción en masa la más predominante en el sector.

Con la metodología planteada por Maldonado y Chio-Cho (2011), se evaluó la vulnerabilidad física teniendo en cuenta la ubicación, estado de los materiales y el tipo de construcción, entre otros; los índices arrojados permitieron clasificar la mayor parte de las edificaciones como altamente vulnerables. De igual forma se estimó la vulnerabilidad social, económica y ambiental de acuerdo a metodología planteada por Imiriland (2007) tomando como base información recopilada mediante visitas de campo y la aplicación de encuestas.

De acuerdo con el mapa de zonificación de Riesgo, de las 51 viviendas evaluadas 6 de ellas clasifican en un rango de riesgo bajo, 10 riesgo medio y 35 en riesgo alto, siendo este el más predominante en todo el sector.

Se diseñaron las obras adecuadas para mitigar la amenaza por fenómenos de remoción en masa. El talud base de estudio fue posible estabilizarlo por medio del diseño de terrazas y pantallas ancladas (cada anclaje conserva una tensión de 300 KN distanciados cada 3 metros) siendo geotécnicamente viable debido a que se obtienen los factores de seguridad para amenaza baja (por encima de 1.2 en condiciones extremas) establecidos por los lineamientos técnicos ambientales de la CDMB.

Se diseñaron canales en la parte baja de las pantallas para el manejo hidráulico de las aguas lluvia los cuales entregan su caudal a un canal escalonado ubicado cada 90m, siendo estos los encargados de transportar estas aguas a un pozo recolector y finalmente estos desembocan en un cuerpo de agua final (quebrada La Angélica). Las especificaciones del diseño se describen en el plano de detalles y planos de planta donde se plasma la obra en su totalidad.

Para la ejecución de la obra se hace necesaria la reubicación de algunas viviendas ubicadas en la parte baja (pata del talud) y el parte alta (corona del talud) ya que en las condiciones actuales no es factible el inicio de obra con el diseño propuesto ni el ingreso de la maquinaria adecuada para la realización de esta.

De acuerdo a las características ambientales y de mitigación, la Administración Municipal debe definir la viabilidad urbanística del sector, es decir; que se determine el costo de las viviendas ubicadas en este lugar para que pueda ser comparado con el total de la inversión que se requiere para estabilizar este talud y el mantenimiento que habría que realizar a la red de alcantarillado que actualmente están utilizando ya que este no ha sido construido adecuadamente.

En cuanto a la recuperación de la cobertura vegetal, en este sector resulta difícil ya que en los lugares de donde se removió la capa vegetal se realizo inmediatamente la construcción de viviendas dejando este sector sin espacio para restauración de zonas verdes.

8. RECOMENDACIONES

Se recomienda la realización de las obras de mitigación para evitar el avance de los procesos erosivos y la inestabilidad del talud occidental de la quebrada la angélica, en donde se beneficiarían el sector Granjas de Provenza y el sector aledaño Viveros de Provenza.

Se recomienda a la administración municipal que promueva programas de mejoramiento estructural de las viviendas que serán beneficiadas con las obras de estabilización propuestas.

En cuanto a la parte ambiental se recomienda promover programas de cultura y capacitación ambiental para el manejo y disposición de los residuos sólidos y de igual forma para el mantenimiento de las zonas verdes que aún conserva este sector.

Debido a la presencia de zonas de alto riesgo, se recomienda proponer planes de contingencia y emergencia con el fin de preparar a la comunidad ante posibles eventos de deslizamientos.

Es necesario el estudio y evaluación de las condiciones actuales de la red de alcantarillado con el que cuenta el sector, ya posibles fallas pueden significar un detonante para que presenten Fenómenos de Remoción en Masa.

BIBLIOGRAFIA

ALCALDIA MUNICIPAL DE BUCARAMANGA. Informe plan operativo elaboración de Amenaza y Riesgo por fenómenos de remoción en masa en la comuna 14. Convenio interadministrativo entre la Alcaldía municipal, CDMB e UIS. Enero de 2009.

BANDEMER, H., GOTTWALD, S. Fuzzy sets, fuzzy logic, fuzzy Methods with Applications. JhonWiley and sons, New York. (1996).

CAMARGO, J. Estudio detallado de Amenaza y/o por fenómenos de remoción en masa e inundación lotes entre carreras 27-29 y calles 53 y 54 barrio Nuevo Sotomayor Bucaramanga Fase 2 Incubadora Santander. Junio de 2008.

CAMARGO, J. Estudio detallado de amenaza y Riesgo por Fenómenos de Remoción en masa o Inundación Monasterio de la visitación carrera 47 N°33A – 53 Barrio Los Tejados. Matrícula Número 300-90926. Predio N° 01-02-0490-0143-000 Municipio de Bucaramanga, Santander. Junio de 2010.

CASTRO, E. Aspectos Geológicos de la inestabilidad en el casco urbano del municipio de Suratá, Santander. Informe de Visita Técnica de Emergencia, INGEOMINAS. 1993.

CDMB. Estudio detallado de Amenaza por Fenómenos de Remoción en masa, Municipio de Suratá. Abril de 2010.

CONSORCIO M&CI. Evaluación de estabilidad y prediseño de medidas correctivas del sector de Granjas de Provenza II. Convenio realizado entre la CDMB e Ingeominas. Diciembre de 2009.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA SUBDIRECCIÓN DE NORMATIZACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL. Lineamientos técnico-ambientales para la realización de estudios detallados de amenaza y riesgo por fenómenos de remoción en masa e inundación en terrenos localizados en el área de jurisdicción de la CDMB, sobre los cuales se tengan expectativas de desarrollo. Agosto de 2007.

CONSTRUSUELOS LTDA. Investigaciones geotécnicas en varios sectores que presentan fenómenos de amenaza en especial por problemas de remoción en masa en el municipio de Bucaramanga. November de 2009.

FELL, R. Landslide risk assessment and acceptable risk. Canadian Geotechnical Journal 31, 261–272. 1994.

INGEOMINAS. Zonificación de Amenaza por movimientos en masa de algunas laderas de los municipios de Bucaramanga, Floridablanca, Girón y Piedecuesta.

INGEOMINAS. Zonificación Sismo-Geotécnica Indicativa del Área Metropolitana de Bucaramanga, Fase I. Convenio realizado entre la Gobernación de Santander e Ingeominas, Bucaramanga. 2007.

INGEOMINAS. Zonificación Sismo Geotécnica Indicativa del Área Metropolitana de Bucaramanga, Fase II. Convenio realizado entre la CDMB e Ingeominas, Bucaramanga. 2001.

INGEOMINAS. Zonificación sismogeotecnica indicativa del área metropolitana de Bucaramanga, junio de 2001.

INGEOMINAS. Zonificación Sismo-Geotécnica Indicativa del Área Metropolitana de Bucaramanga, Fase I. Convenio realizado entre la Gobernación de Santander e Ingeominas, Bucaramanga. 1997.

GEOTECNOLOGÍA LTDA. Estudio Detallado de Amenaza y/o Riesgo por Fenómenos de Remoción en Masa e Inundaciones FASE II. 2008.

MALDONADO, E., G. Chio y I. D. Gómez, "Funciones de vulnerabilidad y matrices de probabilidad de daño sísmico para edificaciones de mampostería utilizando técnicas de simulación", DYNA, año 75, no. 155, pp. 63-76, 2008.

MALDONADO, E., G. Chio, Vulnerabilidad sísmica en centros urbanos. Bucaramanga: Ediciones Universidad Industrial de Santander, 283 p, 2008.

MALDONADO, E., G. Chio y I. D. Gómez, "Índice de vulnerabilidad sísmica en edificaciones de mampostería basado en la opinión de expertos", Ingeniería y Universidad, vol. 11, no. 2, pp. 149-168, 2007.

MALDONADO, E., Chio, G. y Gomez, I. (2007). Aplicación de los conjuntos difusos en la evaluación de los parámetros de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones de mampostería. Artículo en revisión.

MALDONADO, E. y Chio, G. (2007). Visión estructural de las edificaciones de la ciudad de Bucaramanga, Ediciones Universidad Industrial de Santander.

MALDONADO, E., Chio, G. y Gómez, I. Índice de vulnerabilidad sísmica en edificaciones de mampostería basado en la opinión de expertos, Artículo en revisión, 2007.

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Bases Ambientales para el Ordenamiento Territorial Municipal en el marco de la Ley 388 de 1997.

NORMA NTC 1486. Documentación. Presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación.

PHOON, K.-K., 2004. Risk and vulnerability for geohazards — vulnerability in relation to risk management of natural hazards. ICG Report 2004-2-3, Oslo

ZADEH, L. A. Fuzzy sets, Information and control, 8, 1965.dss

ANEXOS

ANEXO 1 PLANO GEOLOGICO

ANEXO 2 PLANO GEOMORFOLOGICO

ANEXO 3 PLANO MODELOS GEOMORFOLOGICOS

**ANEXO 4 MAPA ZONIFICACIÓN AMENAZA ESCENARIO CONDICIONES
ESTATICAS**

ANEXO 5 MAPA ZONIFICACIÓN AMENAZA CONDICIONES EXTREMAS

PARAMETROS		CATEGORIAS	NI	WI
1 Sistema Estructural	MAMPOSTERIA	A Edificación en mampostería confinada en todas las plantas	NADA	MUY
		B Edificación en mampostería reforzada en todas las plantas	NADA	
		C Edificación en mampostería confinada pero no en todas las plantas	MEDIANAMENTE	
		D Edificación en mampostería que solo posee de confinamiento sin columnas o columnas sin vigas de confinamientos	MUY	
		E Edificación en mampostería que no posee vigas y columnas de confinamiento en ninguna de las plantas	MUY	
	HORMIGON	A Sistema muro	NADA	
		B Sistema dual o sistema combinado	POCO	
		C Edificios en sistemas portico con 7 o menos pisos	POCO	
		D Edificios en sistemas portico con más de 7 pisos	POCO	
		E Sistema losa-columna u otros no definidos	ABSOLUTAMENTE	
2 Calidad del sistema resistente	MAMPOSTERIA	A Mampostería de buena calidad, con piezas homogéneas y presencia de buen ligamento	NADA	MUY
		B Mampostería de buena calidad, con piezas no muy homogéneas y bien ligadas.	POCO	
		C Mampostería de baja calidad con piezas homogéneas o no muy homogéneas y que se encuentran bien ligadas	MEDIANAMENTE	
		D Mampostería de buena o baja calidad, con piezas no homogéneas o mal ligadas.	MUY	
	HORMIGON	A Edificio con hormigón de buena consistencia, resistan al rayado y que se observa bien ejecutado. El refuerzo utilizado es corrugado y no se observa en la superficie de los elementos estructurales. Además, la mano de obra de la construcción es adecuada y el procedimiento constructivo es eficiente.	NADA	
		B Edificios que no clasifican como A o C	MEDIANAMENTE	
		C Edificios que presentan por lo menos dos de las siguientes características: a. Hormigón de mala calidad b. Juntas de construcción mal construidas c. Refuerzo de acero visible. d. Mala calidad de la obra e. Los paneles de mampostería son de mala calidad.	MUY	
3 Resistencia estructural		A Edificación con un valor de $a \geq 1$	NADA	MUY
		B Edificación con un valor de $0.6 \leq a < 1$	MEDIANAMENTE	
		C Edificación con un valor de $0.4 \leq a < 0.6$	MUY	
		D Edificación con un valor de $a < 0.4$	ABSOLUTAMENTE	
4 Configuración en alturas	MAMPOSTERIA	A Edificación con $-DMM < 10\%$ o edificaciones de un solo piso	NADA	MEDIANAMENTE
		B $10\% \leq -DMM < 20\%$	POCO	
		C $-DMM > 20\%$	MEDIANAMENTE	
		D $-DMM > 0\%$	MUY	
	HORMIGON	A Edificación que presenta disminución en las áreas de piso menores al 10%. No existen cambios considerables en rigidez de un piso a otro	NADA	
		B Edificación que presenta disminución en las áreas de piso mayores al 10% y menores al 20%. No existen cambios considerables en rigidez de un piso a otro.	POCO	
		C Edificación que presente las siguientes condiciones: a. Disminución en las áreas de pisos mayores al 20% o aumentos mayores al 5% b. Fenómeno de piso flexible c. Fenómeno de piso débil d. La masa de un piso es mayor a 1.5 veces la masa de los pisos adyacentes. e. Muros que presentan relaciones de esbeltez (altura/ancho) mayores de 5	MEDIANAMENTE	
5 Ubicación de las edificaciones	A	Edificación que cumple una de las siguientes condiciones: a. Edificación ubicada fuera del talud y que cumple con las distancias de aislamiento requeridas establecidas. b. Edificación ubicada sobre una pendiente menor a 30 grados c. Edificación ubicada arriba de la corona de la ladera con pendiente del terreno entre 30 y 45 grados, sobre un talud de altura inferior a 5 metros pero que cuenta con un muro de contención en estructura rígida (concreto simple, ciclópeo, o reforzado, o pantalla alirantada) de igual o mayor altura total de talud y una pendiente general de terreno bajo del pie y arriba de la cabeza del muro no superior a 3%, en una longitud superior a 3 veces la altura del muro. d. Edificación localizada abajo de la base o pie de talud, con altura total inferior a 5 metros, con muro de contención en estructura rígida (concreto simple, ciclópeo o reforzado, o pantalla alirantada), con una altura igual o superior a la altura total de talud, y con pendiente general del terreno arriba y abajo de la cabeza del muro no superior a 3%, en una longitud superior a 3 veces la altura del muro.	NADA	ABSOLUTA
		B No se cumple ni A ni C	MEDIANAMENTE	
		C Edificación que presenta una de las siguientes características: a. Edificaciones ubicadas sobre el talud con pendiente natural superior a 57% (Angulo de inclinación con la horizontal superior a 30 grados) o fuera de él pero donde no se cumple con las distancias de aislamiento requeridas. b. Edificaciones construidas sobre cortes. c. Ubicada sobre un corte realizado en una ladera con pendiente natural del terreno superior a 30°. d. Edificación sobre relleno en ladera.	ABSOLUTAMENTE	

6	Posición de cimentación	A	La cimentación está ubicada a una misma cota. Ausencia de empuje no equilibrado debido a un terrapén.	NADA	MUY	
		B	La diferencia máxima entre las cota de cimentación es inferior a 1 metro con ausencia de empuje no equilibrado debido a un terrapén o la fundación se encuentre a una misma cota pero hay presencia de empuje no equilibrado debido al terrapén.	MEDIANAMENTE		
		C	La diferencia máxima entre las cota de la cimentación es inferior a 1 metro con presencia de empuje no equilibrado debido a un terrapén.	MUY		
		D	La diferencia máxima entre las cota de la fundación es superior a un metro.	ABSOLUTAMENTE		
7	Tipo de Cimentación	MAMPUESTERA			MUY	
		A	Sistema de pilotes	NADA		
		B	Cimentación común	NADA		
		C	La edificación se encuentre sobre una losa de cimentación	NADA		
		D	La edificación se apoya sobre los elementos esbeltas que descansan en zapatas profundas	MEDIANAMENTE		
		E	La edificación se apoya sobre elementos esbeltas que descansan en zapatas en la superficie del terreno	MUY		
		HORMIGÓN				
		A	Sistemas de pilotes	NADA		
		B	zapatas aisladas con vigas de amarre	NADA		
		C	Zapatas aisladas sin vigas de amarre	MEDIANAMENTE		
D	La edificación se apoya sobre elementos esbeltas que descansan en zapatas profundas	MEDIANAMENTE				
E	La edificación se apoya sobre elementos esbeltas que descansan en zapatas en la superficie del terreno	ABSOLUTAMENTE				
8	Tipo de suelo	A	Edificación cimentada sobre roca de buena calidad o suelo rígido	NADA	MUY	
		B	Edificaciones que no cumplen con los requisitos para ser clasificadas como A o C	MEDIANAMENTE		
		C	Edificación cimentada sobre suelos blandos o lenos	ABSOLUTAMENTE		
9	Vegetación del sitio	A	La edificación se encuentre sobre un sitio en donde se ha mantenido el contorno natural en lo posible y en donde existe buena parte de su vegetación natural.	NADA	MEDIANA	
		B	La edificación se encuentre sobre un sitio en donde no se ha mantenido el contorno natural y se conserva una pequeña parte de la vegetación natural del sitio.	MEDIANAMENTE		
		C	El sitio en donde se ha construido la edificación ha sufrido una transformación importante y se ha realizado una limpieza determinada.	MUY		
10	Muros de contención	A	La edificación no requiere muros de contención y si los requiere se cumple la siguiente: a. Los muros están diseñados para resistir la acción el suelo y las fuerzas que ejerce el agua. b. Están cimentados sobre roca o suelo firme. c. Los muros cuentan con un sistema de drenaje detrás de la pared vertical y/o un sistema de lorederos o huecos de drenaje con diámetros 2 a 3 pulgadas, espaciados menos de 1,5 metros horizontalmente y 1,0 verticalmente, en columnas intercaladas. $\frac{B}{C}$ d. Lorederos aparecen a una altura baja mínima de 30 centímetros por encima de nivel del pie del muro. e. Los materiales del relleno son limpios y compactos de acuerdo a las normas de la ingeniería.	NADA	MUY	
		B	Edificios que no aplica en A o C.	MUY		
		C	Requiere muro pero no cuenta con él. La edificación requiere muros estructuralmente pero estos: a. Están contruidos inadecuadamente, utilizando material flojo o mal compactado. b. El relleno cuenta con troncos, árboles, vegetación, rocas inestables, escombros de construcción etc. c. No se cuenta con un sistema de drenaje adecuado.	ABSOLUTAMENTE		
11	Sistemas de drenaje	A	Se cumple lo siguiente: a. Existe sistema de alcantarillado el cual recoge las aguas lluvias de los tejados y de las aguas negras. b. Existe drenajes superficiales para las aguas de escorrentía y estas descargan a un sistema de alcantarillado. c. Los tanques de almacenamiento son herméticos y cimentados adecuadamente.	NADA	MEDIANAM	
		B	No se cumple ni A ni C	MEDIANAMENTE		
		C	Se cumple lo siguiente: a. Las aguas de escorrentía recogidas en la cubierta de la edificación son entregadas directamente al talud. b. Las aguas negras son entregadas son entregadas directamente al talud. c. No existen drenajes superficiales. d. Los tanques de almacenamiento no son herméticos y no están cimentados adecuadamente.	MUY		
12	Manejo de basuras	A	Existe un sistema de recolección de basuras adecuado.	NADA	POCO	
		B	El sistema de recolección no es adecuado o se vierte la basura directamente sobre y en la ladera	MUY		
13	Estado de conservación del entorno	A	El sector cuenta con sistema de drenaje limpio. No existen uniones rotas en el alcantarillado ni hay presencia de escapes en tubos de suministro. No se observan filtraciones de agua en el suelo.	NADA	MEDIANA	
		B	No clasico en A ni C	MEDIANAMENTE		
		C	El sector con cuenta con sistemas de drenaje limpios y además se presenta por lo menos uno de los siguientes aspectos: a. Existen uniones rotas en el alcantarillado b. Hay presencia de escapes en tubos de suministro c. Se observan filtraciones de agua en el suelo.	MUY		
14	Estado de la conservación de la edificación	MAMPUESTERA			MUY	
		A	Muros en buena condición sin fisuras visibles	NADA		
		B	Muros que presentan fisuras no extendidas, producidas por causas diferentes a la acción de los fenómenos de remoción en masa	POCO		
		C	Muros con fisuras de tamaño medio entre 2 a 3 milímetros de ancho producidas por efectos de remoción en masa, o edificio que no presenta fisuras pero que se caracteriza por un estado mediocre de conservación de la mampostera	MEDIANAMENTE		
		D	Muros que presentan un fuerte deterioro de sus materiales constituyentes o fisuras de más de 3 milímetros de ancho	MUY		
		HORMIGÓN				
		A	Edificación que se encuentre en buenas condiciones, sin fisuras de los elementos estructurales o daños en la cimentación	NADA		
B	Edificio que no clasico como A o C	MEDIANAMENTE				
C	Edificio que presenta más de un 30% de elementos del sistema resistente fisurados, daños en la cimentación y la placa presenta fisuras mayores a 5 mm.	MUY				

ANEXO 6 FORMATO DE LAS ENCUESTAS (VULNERABILIDAD FISICA)

Bucaramanga 2010		Fecha	Dia	Mes	Año
Nombre del encuestador: Dirección		Jefe del Hogar:			
SOCIOECONOMICO					
1. GENERO DEL ENCUESTADO: MUJER ___ HOMBRE: ___		13. Cual fue el total de ingresos recibidos en el hogar en el mes anterior?			
2. NUMERO DE PERSONAS QUE VIVEN EN EL HOGAR? ___ CUANTAS SON MUJERES? ___		* No recibe * Menos de 300.000 pesos * De 300.000 a 500.000 pesos * De 500.000 a 700.000 pesos * De 700.000 en adelante			
3. CUANTOS NIÑOS MENORES DE 12 AÑOS? ___		14. Cual fue el total de gastos en el hogar en el mes pasado?			
4. CUANTOS MENORES DE 18? ___		* Menos de 300.000 pesos * De 300.000 a 500.000 pesos * De 500.000 a 700.000 pesos * De 700.000 en adelante			
4. CUANTOS ADULTOS ENTRE 18 - 60? ___		15. Se encuentra afiliado a alguna EPS?			
5. CUANTOS ADULTOS MAYORES? ___		SI ___ NO ___			
6. Existe alguna persona que por enfermedad, accidente o nacimiento tenga alguna de las siguientes condiciones de forma permanente? * Ceguera total * Sordera total * Mudez * Dificultad para moverse o caminar por si mismo * Dificultad para entender o aprender * Dificultad para salir solo a la calle sin ayuda o compañía.		16. Tipo de EPS? SISBEN SUBSIDIADO EPS CONTRIBUTIVO EPS REGIMEN ESPECIAL			
QUIEN: _____		VIVIENDA			
7. Antigüedad en el sector? _____		17. Tipo de vivienda? MAMPOSTERIA HORMIGON TAPIA PISADA MADERA			
8. Estado civil? CASADO UNION LIBRE DIVORCIADO SEPARADO PADRE/MADRE SOLTERO VIUDO SOLTERO		18. La vivienda es PROPIA CEDIDA ARRENDADA OTRA			
9. Nivel de escolaridad? PRIMARIA Completa ___ Incompleta ___ SECUNDARIA Completa ___ Incompleta ___ TECNICA Completa ___ Incompleta ___ TECNOLOGICA Completa ___ Incompleta ___ UNIVERSITARIA Completa ___ Incompleta ___ NINGUNO		19. Numero de pisos que tiene la vivienda? 1 2 3			
10. Ocupacion: EMPLEADO INDEPENDIENTE ESTUDIANTE DESEMPLEADO PENSIONADO HOGAR POBLACION INACTIVA		20. Numero de habitaciones que tiene la vivienda? ___			
11. Tipo de empleo: FORMAL : INFORMAL:		21. Cuantas familias habitan la vivienda? ___			
12. Horas de trabajo al dia: < 5 horas de 5 - 8 horas ≥ 8 horas		30. Conteste con la opcion correspondiente. Con cual de los siguientes servicios publicos, privados o comunales cuenta la vivienda? Energia electrica Gas Natural Acueducto Alcantarillado Recoleccion de basuras Telefonia fija Internet			

<p>31. Como considera que es la seguridad en el sector? Mala _____ Regular _____ Buena _____</p> <p>32. Conoce y/o participa actualmente en un grupo de servicio comunitario Si _____ No _____ otro _____</p> <p>33. Cual de las siguientes problemáticas presenta el sector? * Contaminación por basuras y escombros * Deslizamientos de tierra * Inseguridad * Ausencia de servicios públicos</p> <p style="text-align: center;">AMBIENTAL</p> <p>34. La vivienda posee la recolección adecuada de aguas lluvias? si _____ no _____</p> <p>35. Considera usted que la falta de canalización de estas aguas puede ser un factor que desencadene un desastre ambiental en el sector? si _____ no _____</p> <p>36. En donde se realiza la disposición de residuos sólidos? * Quema * Entierra * Disposición en algún sitio aledaño o terreno * Disposición al fácil manejo de una empresa de aseo</p> <p>37. Considera usted que la cobertura vegetal juega un papel importante en el cuidado del suelo y en la estabilización de taludes? si _____ no _____</p> <p>38. Conteste con la opción correspondiente. Que entiende la población por riesgo o amenaza * Una situación que esta exponiendo en peligro nuestra vidas, salud, vivienda y entorno. * Un acontecimientos que estan causando daños a la comunidad * No sabe, no responde</p> <p>39. Ha vivenciado algún desastre natural en el sector? si _____ no _____</p> <p>40. Identifique el tipo de acción que ha realizado para disminuir este impacto? * No construir en terrenos no aptos para vivir * No contaminar * No deforestar * Contar con sistemas adecuados de canalización de aguas lluvias * Estar atentos a grietas y humedades de la vivienda o en el terreno</p>	
---	--

ANEXO 7 FORMATO VULNERABILIDAD SOCIO ECONOMICA Y AMBIENTAL

ANEXOS 8 ZONIFICACION SUBZONAS

ANEXOS 9 MAPA ZONIFICACIÓN VULNERABILIDAD FISICA

ANEXO 10 MAPA ZONIFICACIÓN DEL RIESGO

ANEXO 11 DISEÑO DE OBRAS DE MITIGACIÓN EN PLANTA

ANEXO 12 DETALLES DE OBRAS

ANEXO 13 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

PROYECTO : "INVESTIGACIONES GEOTECNICAS EN VARIOS SECTORES QUE PRESENTAN FENOMENOS DE AMENAZA EN ESPECIAL POR PROBLEMAS DE REMOCION EN MASA EN LA CIUDAD DE BUCARAMANGA"

CLIENTE : CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA

SITIO : SECTOR BARRIO GRANJAS DE PROVENZA **FECHA** : NOVIEMBRE DE 2009
 PARA PANTALLA ANCLADA EN LA ZONA DE GRANJAS DE PROVENZA H 10MTS L 70MTS

MUESTRA : S36 M 1-2 PROF. 0,00-1,80M **LABORATORISTA**: VICTOR CABRERA

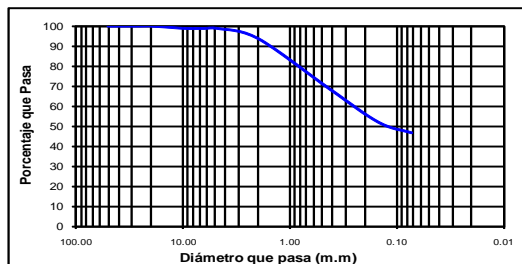
INV. E - 122

W Tara + S. Hum.	: 34.89	42.46
W tara + S. Seco	: 30.77	37.25
W tara	: 6.70	7.60
W Suelo Seco	: 24.07	29.65
W Agua	: 4.12	5.21
Humedad Natural %	: 17.12	17.57

ENSAYO DE GRANULOMETRIA (GRADACIÓN) (I.N.V. E-123)

Tamiz		Peso Retenido	% retenido	% que pasa
No.	m.m			
3	75.00	0.00	0.00	100.00
21/2	62.50	0.00	0.00	100.00
2	50.00	0.00	0.00	100.00
11/2	37.50	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	0.00	0.00	100.00
3/4	19.50	0.00	0.00	100.00
1/2	12.50	3.62	0.71	99.29
3/8	9.50	2.17	0.43	98.86
1/4	6.35	0.00	0.00	98.86
4	4.76	0.00	0.00	98.86
10	2.00	25.57	5.01	93.85
40	0.43	129.13	25.31	68.54
100	0.149	84.21	16.51	52.03
200	0.074	26.26	5.15	46.88
PASA 200	237.63
TOTAL		508.59	53.12	

W suelo inicial seco : 510.10 grs
 W suelo despues de lavado: 272.93 grs
 Porcentaje de error : 0.30 %

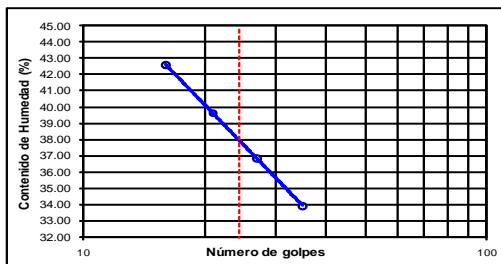


GRAVA: 1.14
ARENA: 51.98
FINOS: 46.88
CLASIFICACION: ARCILLA INORGANICA DE BAJA A MEDIA PLASTICIDAD

LIMITES DE CONSISTENCIA (ATTEMBERG)

Tara No.	INV. E - 125			
	11	23	127	70
W Tara + S. Hum.	22.90	23.90	21.70	22.30
W tara + S. Seco	18.80	19.70	17.50	17.70
W tara	6.70	8.30	6.90	6.90
W Suelo Seco	12.10	11.40	10.60	10.80
W Agua	4.10	4.20	4.20	4.60
Humedad %	33.88	36.84	39.62	42.59
No. de Golpes	35	27	21	16

Tara No.	INV. E - 126		
	64	13	16
W tara + S Hum.	20.30	21.20	19.80
W tara + S. Seco	18.10	19.00	17.80
W tara	6.80	7.00	7.10
W Suelo Seco	11.30	12.00	10.70
W Agua	2.20	2.20	2.00
Humedad %	19.47	18.33	18.69



LIMITE LIQUIDO: 38.00
LIMITE PLASTICO: 18.83
INDICE PLASTICO: 19.17
USC: CL
A.A.S.H.O: A - 6

MARY CALDERON J.
ELABORO

FANNY L. RAMIREZ S.
REVISO

Ing. MIGUEL ANGEL CAMARGO J
APROBO

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

PROYECTO : "INVESTIGACIONES GEOTECNICAS EN VARIOS SECTORES QUE PRESENTAN FENOMENOS DE AMENAZA EN ESPECIAL POR PROBLEMAS DE REMOCION EN MASA EN LA CIUDAD DE BUCARAMANGA"

CLIENTE : CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA

SITIO : SECTOR BARRIO GRANJAS DE PROVENZA **FECHA** : NOVIEMBRE DE 2009
 PARA PANTALLA ANCLADA EN LA ZONA DE GRANJAS DE PROVENZA H 10MTS L 70MTS

MUESTRA : S36 M3-4 PROF. 1.80-3.60M. **LABORATORISTA**: VICTOR CABRERA

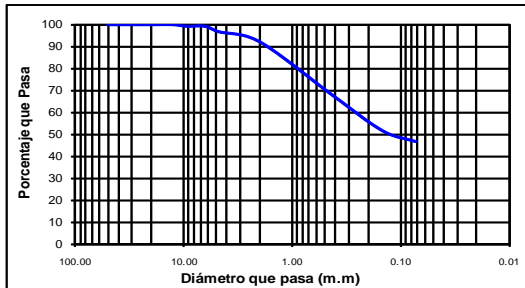
INV. E - 122

W Tara + S. Hum.	58.19	47.75
W tara + S. Seco	52.71	43.64
W tara	8.80	6.90
W Suelo Seco	43.91	36.74
W Agua	5.48	4.11
Humedad Natural %	12.48	11.19

ENSAYO DE GRANULOMETRIA (GRADACIÓN) (I.N.V. E-123)

Tamiz		Peso Retenido	% retenido	% que pasa
No.	m.m			
3	75.00	0.00	0.00	100.00
21/2	62.50	0.00	0.00	100.00
2	50.00	0.00	0.00	100.00
11/2	37.50	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	0.00	0.00	100.00
3/4	19.50	0.00	0.00	100.00
1/2	12.50	0.00	0.00	100.00
3/8	9.50	4.07	0.73	99.27
1/4	6.35	0.00	0.00	99.27
4	4.76	14.29	2.56	96.72
10	2.00	25.77	4.61	92.11
40	0.43	137.43	24.58	67.52
100	0.149	89.97	16.09	51.43
200	0.074	27.60	4.94	46.49
PASA 200	259.06
TOTAL		558.19	53.51	

W suelo inicial seco :	559.00	grs
W suelo despues de lavado:	300.40	grs
Porcentaje de error :	0.14	%



GRAVA: 3.28

ARENA: 50.23

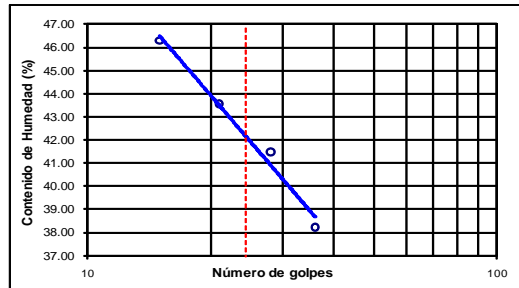
FINOS: 46.49

CLASIFICACION: ARENA ARCILLOSA

LIMITES DE CONSISTENCIA (ATTEMBERG)

Tara No.	INV. E - 125			
	164	14	17	12
W Tara + S. Hum.	21.20	22.20	21.70	22.30
W tara + S. Seco	17.30	18.30	17.30	17.30
W tara	7.10	8.90	7.20	6.50
W Suelo Seco	10.20	9.40	10.10	10.80
W Agua	3.90	3.90	4.40	5.00
Humedad %	38.24	41.49	43.56	46.30
No. de Golpes	36	28	21	15

Tara No.	INV. E - 126			
	78	134	126	
W tara + S. Hum.	20.10	20.60	21.20	
W tara + S. Seco	18.20	18.60	19.10	
W tara	8.80	8.60	8.70	
W Suelo Seco	9.40	10.00	10.40	
W Agua	1.90	2.00	2.10	
Humedad %	20.21	20.00	20.19	20.14



LIMITE LIQUIDO: 42.00

LIMITE PLASTICO: 20.14

INDICE PLASTICO: 21.86

USC SC

A.A.S.H.O A - 7 - 6