



**GESTIÓN DEL RIESGO POR MOVIMIENTOS EN
MASA EN ÁREA URBANA, EN EL ESTUDIO DE
CASO - SECTOR DENOMINADO ALTOS DE LA
ESTANCIA LOCALIDAD CIUDAD BOLÍVAR EN LA
CIUDAD DE BOGOTÁ.**

Autores

Ing. Johanna Carolina Cobos Romero

Ing. William Andrés Salamanca Pira

Tutor

Ing. Hernando Villota Posso

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:
MAGISTER EN INGENIERÍA CIVIL CON ÉNFASIS EN CONSTRUCCIÓN Y HÁBITAT**

Universidad Distrital Francisco José De Caldas

Maestría en Ingeniería Civil

Bogotá, Colombia

Julio de 2021

TABLA DE CONTENIDO

1. RESUMEN	9
PALABRAS CLAVE.....	10
2. INTRODUCCIÓN	11
3. OBJETIVOS	14
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	14
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
4. JUSTIFICACIÓN	15
5. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	17
6. METODOLOGÍA USADA PARA EL DESARROLLO DEL DOCUMENTO – ESTUDIO DE CASO	19
7. MARCO TEÓRICO	22
7.1. GESTIÓN DEL RIESGO	22
7.1.1. Principales Etapas de la Gestión de Riesgos.....	23
7.2. RIESGO	24
7.3. MOVIMIENTO EN MASA.....	25
7.4. AMENAZA	26
7.4.1. Amenazas de Origen Natural.....	26
7.4.2. Amenazas Derivadas de la Actividad Humana	26
7.4.3. Amenazas Derivadas de la Interacción de las Dos Anteriores	26
7.5. VULNERABILIDAD	26
7.5.1. Factores que Determinan la Vulnerabilidad.....	27
7.5.2. Estudio de la vulnerabilidad : Estrategias	27
7.6. REDUCCIÓN DEL RIESGO	27
7.6.1. Funciones De Subdirección Para La Reducción Del Riesgo	28
7.6.2. Subprocesos Para La Reducción Del Riesgo	29
7.6.2.1. Intervención Prospectiva	29
7.6.2.2. Intervención Correctiva.....	29
7.7. MONITOREO COMUNITARIO POR MOVIMIENTO EN MASA.....	30
7.7.1. Metodología para realizar un monitoreo comunitario de movimientos en masa	30
7.8. FACTORES QUE FAVORECEN EL DESARROLLO DE LOS MOVIMIENTOS EN MASA.....	30
7.9. CLASIFICACIÓN DE MOVIMIENTOS EN MASA	32
7.9.1. Clasificación de Shape.....	32
7.9.2. Aporte de Terzaghi.....	35
7.9.3. Clasificación de Varnes	38
7.9.4. Clasificación de Hutchinson	40
7.10. TIPOS Y SUBTIPOS DE MOVIMIENTOS PROPUESTOS POR CRUDEN & VARNES	42
7.10.1. Caída.....	42
7.10.2. Volcamiento.....	42
7.11. TIPOS Y SUBTIPOS DE MOVIMIENTOS PROPUESTOS POR HUTCHINSON (1988).	42
7.11.1. Rebote Elástico.....	42
7.11.2. Creep.....	43
7.11.3. Hundimientos profundos en laderas de montañas	43
7.11.4. Deslizamiento.....	43
7.11.4.1. Falla confinada	44
7.11.4.2. Deslizamiento rotacional (hundimientos-slump).....	45
7.11.4.3. Deslizamiento rotacional individual (single rotational slep).....	46
7.11.4.4. Deslizamiento rotacional sucesivo.....	46
7.11.4.5. Deslizamiento rotacional múltiple (múltiple rotational slip).	47
7.11.4.6. Deslizamiento traslacional	48
7.11.4.7. Deslizamiento traslacional de láminas	48

7.11.4.8.	Deslizamiento traslacional de losas o de escamas.....	48
7.11.4.9.	Deslizamiento traslacional de turba.....	49
7.11.4.10.	Deslizamiento traslacional de roca.....	49
7.11.4.11.	Deslizamiento traslacional de detritos.....	49
7.11.4.12.	Deslizamiento compuesto.....	50
7.11.4.12.1.	Deslizamiento compuesto progresivo	50
8.	ESTADO DEL ARTE	51
8.1.	EL RIESGO DE LOS MOVIMIENTOS DE LADERA EN LA PLANIFICACIÓN DEL TERRITORIO. ESTUDIOS DE CASO EN TOSCANA (ITALIA)	51
8.1.1.	Labores realizadas.....	51
8.1.2.	Metodología realizada	51
8.1.3.	Resultados	52
8.2.	TÉCNICAS DE MITIGACIÓN PARA EL CONTROL DE DESLIZAMIENTOS EN TALUDES Y SU APLICACIÓN A UN CASO ESPECIFICO	52
8.2.1.	Labores realizadas.....	53
8.2.2.	Metodología realizada	53
8.2.3.	Resultados	53
8.3.	ANÁLISIS DESCRIPTIVOS DE PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA EN BOGOTÁ.....	54
8.3.1.	Labores realizadas.....	54
8.3.2.	Metodología realizada	55
8.3.3.	Resultados	55
8.4.	ANÁLISIS DE UMBRALES DE PRECIPITACIÓN DE PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA, EN LADERAS URBANIZADAS DE LA COSTA DE CHILE CENTRO-SUR	56
8.4.1.	Metodología realizada	56
8.4.2.	Resultados	57
8.5.	METODOLOGÍA PARA ELABORAR MAPAS DE SUSCEPTIBILIDAD A PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA, ANÁLISIS DEL CASO LADERA SUR DE TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS.....	58
8.5.1.	Labores realizadas.....	58
8.5.2.	Metodología realizada	58
8.5.3.	Resultados	59
8.6.	CARACTERÍSTICAS, DINÁMICA Y CAUSAS DEL MOVIMIENTO EN MASA DEL BARRIO EL SOCORRO (31 DE MAYO DE 2008) EN MEDELLÍN	60
8.6.1.	Labores realizadas.....	60
8.6.2.	Metodología realizada	60
8.6.3.	Resultados	61
8.7.	CAUSAS, CARACTERÍSTICAS E IMPACTO DE LOS PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA, EN ÁREAS CONTRASTANTES DE LA REGIÓN ANDINA.	61
8.7.1.	Labores realizadas.....	62
8.7.2.	Metodología realizada	62
8.7.3.	Resultados	62
8.8.	EVALUACIÓN DE LESIONES ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS POR MOVIMIENTO EN MASA. CASO DE ESTUDIO BARRIO “LA ESMERALDA” DEL MUNICIPIO DE AMAGÁ EN COLOMBIA.....	63
8.8.1.	Labores realizadas.....	63
8.8.2.	Metodología realizada	64
8.8.3.	Resultados	64
8.9.	FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA. ACCIONES PARA REDUCIR LA VULNERABILIDAD Y EL RIESGO	65
8.9.1.	Metodología realizada	65
8.9.2.	Resultados	65
8.10.	LA GESTIÓN COMUNITARIA DEL RIESGO	66
8.10.1.	Labores realizadas.....	66
8.10.2.	Metodología realizada	67
8.10.3.	Resultados	67

8.11.	MANEJO DEL RIESGO QUE GENERAN LOS TALUDES DE LA QUEBRADA LA SECA, DEL MUNICIPIO DE ENVIGADO.	69
8.11.1.	Metodología realizada.....	69
8.11.2.	Resultados.....	69
8.12.	AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL MUNICIPIO DE PAJARITO, BOYACÁ.	70
8.12.1.	Labores realizadas.....	70
8.12.2.	Metodología realizada.....	70
8.12.3.	Resultados.....	71
8.13.	AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA E INUNDACIONES ZONA URBANA.....	72
8.13.1.	Labores realizadas.....	72
8.13.2.	Metodología realizada.....	72
8.13.3.	Resultados.....	72
8.14.	METODOLOGÍA PARA EVALUAR LA VULNERABILIDAD FÍSICA DE VIVIENDAS EN BARRIOS URBANOS AUTO PRODUCIDOS.....	73
8.14.1.	Labores realizadas.....	73
8.14.2.	Metodología realizada.....	74
8.14.3.	Resultados.....	74
8.15.	PERFIL DE VULNERABILIDAD SOCIAL FRENTE A MOVIMIENTOS EN MASA EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE LA VEGA, CUNDINAMARCA.....	75
8.15.1.	Labores realizadas.....	75
8.15.2.	Metodología realizada.....	75
8.15.3.	Resultados.....	76
8.16.	RENTABILIDAD ECONÓMICA Y SOCIAL PARA LA MITIGACIÓN DEL RIESGO DE DESLIZAMIENTOS EN EL KM (1+500) SECTOR LAS SALINAS QUE COMUNICA LAS VEREDAS PINZAIMA, TERESA, EL CERRO Y TARJADA CON EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE NIMAIMA, CUNDINAMARCA.....	77
8.16.1.	Labores realizadas.....	77
8.16.2.	Metodología realizada.....	77
8.16.3.	Resultados.....	78
8.17.	LA GESTIÓN DEL AGUA LLUVIA Y LA REDUCCIÓN DE RIESGOS URBANOS.....	78
8.17.1.	Labores realizadas y metodología realizada.....	79
8.17.2.	Resultados.....	79
8.18.	LA GESTIÓN DE RIESGOS EN EL DESARROLLO URBANÍSTICO DEL ASENTAMIENTO HUMANO DEFENSORES DE LA PATRIA.....	79
8.18.1.	Labores realizadas.....	80
8.18.2.	Metodología realizada.....	80
8.18.3.	Resultados.....	80
8.19.	UN MODELO PARA LA PLANIFICACIÓN DE LA GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRE EN GRANDES CIUDADES.....	81
8.19.1.	Labores realizadas.....	82
8.19.2.	Metodología realizada.....	82
8.19.3.	Resultados.....	82
8.20.	DIAGNOSTICO Y VALORACIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES EN ENTORNOS URBANOS.....	83
8.20.1.	Labores realizadas.....	83
8.20.2.	Metodología realizada.....	84
8.20.3.	Resultados.....	84
8.21.	ESTUDIO DE RESILIENCIA EN DESASTRES NATURALES EN SEIS BARRIOS DE LA CIUDAD DE LA PAZ, BOLIVIA.....	85
8.21.1.	Labores realizadas.....	85
8.21.2.	Metodología realizada.....	86
8.21.3.	Resultados.....	86

8.22.	PREPARACIÓN ANTE DESASTRES EN ASENTAMIENTOS PRECARIOS DE LA ZONA METROPOLITANA DE GUATEMALA, CENTRO	87
8.22.1.	Metodología realizada	87
8.22.2.	Resultados	87
8.23.	GESTIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES URBANOS	88
8.23.1.	Labores realizadas.....	88
8.23.2.	Metodología realizada	88
8.23.3.	Resultados	88
8.24.	SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA POR MOVIMIENTO EN MASA INDUCIDO POR LLUVIA PARA CIUDAD BOLÍVAR (COLOMBIA).....	89
8.24.1.	Labores realizadas.....	89
8.24.2.	Metodología realizada	89
8.24.3.	Resultados	89
9.	ANTECEDENTES HISTORICOS DEL ESTUDIO DE CASO	91
9.1.	CONSORCIO CIVILES LTDA. – HIDROCONSULTA LTDA. - IDIGER, 1998.....	93
9.1.1.	Labores ejecutadas.....	93
9.1.2.	Metodología realizada	94
9.1.3.	Evaluación y Análisis de la Vulnerabilidad y Riesgo.....	96
9.1.4.	Planteamiento de alternativas de Mitigación.....	97
9.2.	INGENIERÍA Y GEOTECNIA LTDA. - IDIGER, 1999	103
9.2.1.	Labores ejecutadas.....	103
9.2.2.	Metodología realizada	104
9.2.3.	Resultados de la Amenaza	105
9.2.4.	Resultados de la Vulnerabilidad	105
9.2.5.	Resultados del Riesgo.....	107
9.2.6.	Planteamiento de alternativas de Mitigación.....	108
9.3.	INGEMÉTRICA LTDA. – IDIGER, 2000	110
9.3.1.	Labores ejecutadas.....	110
9.3.2.	Metodología realizada	111
9.3.3.	Análisis y Resultado del Monitoreo Instrumental.....	111
9.3.4.	Análisis y Resultado del Monitoreo Estructural de las Viviendas	119
9.3.5.	Zonificación del Área	121
9.3.5.1.	Zona Inferior	121
9.3.5.2.	Zona superior	122
9.3.5.3.	Resultado Sistema de Alarmas y Protocolos de Aviso	123
9.3.6.	Recomendaciones de la Entidad	124
9.4.	GEOTECNIA Y CIMENTACIONES S.A. - IDIGER, 2000-2001.....	125
9.4.1.	Labores ejecutadas.....	126
9.4.2.	Metodología realizada	126
9.4.3.	Análisis y Resultado del Monitoreo Instrumental.....	127
9.4.4.	Análisis Geotécnico	133
9.4.5.	Recomendaciones de la Entidad	134
9.5.	GEOTECNIA Y CIMENTACIONES S.A. - IDIGER, 2002	135
9.5.1.	Labores ejecutadas.....	136
9.5.2.	Metodología realizada	136
9.5.3.	Análisis y Resultado del Monitoreo Instrumental.....	136
9.5.4.	Análisis y Resultado del Monitoreo Estructural.	138
9.5.5.	Sistemas De Alarma	139
9.5.6.	Alternativas De Mitigación	140
9.5.7.	Recomendaciones de la Entidad	140
9.6.	INGEOMINAS - IDIGER, 2003.....	141
9.6.1.	Labores ejecutadas.....	141
9.6.2.	Metodología realizada	142
9.6.3.	Análisis de Instrumentación y Resultados.....	143

9.6.4.	Análisis de cambios topográficos y resultados.....	144
9.6.5.	Zonificación De La Amenaza Por Movimientos En Masa.....	147
9.6.6.	Conclusiones de la Entidad.....	149
9.6.7.	Planteamiento de alternativas de Mitigación.....	149
9.7.	MOYA Y GARCÍA LTDA. - IDIGER, 2003.....	151
9.8.	UNIÓN TEMPORAL KANYU – IDIGER, 2003.....	151
9.8.1.	Labores ejecutadas.....	151
9.8.2.	Metodología realizada.....	151
9.8.3.	Análisis de estabilidad.....	152
9.8.4.	Análisis de deformabilidad.....	152
9.8.5.	Estudio geológico.....	152
9.8.6.	Estudio Geoeléctrica.....	152
9.8.7.	Evaluación Del Riesgo.....	153
9.8.8.	Evaluación De La Amenaza.....	153
9.8.9.	Evaluación De La Vulnerabilidad.....	153
9.8.10.	Alternativas De Mitigación.....	154
9.8.11.	Conclusiones de la Entidad.....	154
9.9.	INGENIERÍA Y GEORIESGOS LTDA.- ACCI, ENERO – AGOSTO 2004.....	155
9.9.1.	Labores ejecutadas.....	155
9.9.2.	Metodología realizada.....	156
9.9.3.	Análisis De Estudios Geológicos.....	156
9.9.4.	Análisis Hidrológico.....	158
9.9.5.	Análisis Del Monitoreo Instrumental.....	158
9.9.6.	Alternativas De Mitigación.....	158
9.9.7.	Conclusiones y Recomendaciones de la Entidad.....	158
9.10.	GEOTECNIA Y CIMENTACIONES S.A. – IDIGER, 2004-2005.....	159
9.10.1.	Labores ejecutadas.....	160
9.10.2.	Metodología realizada.....	161
9.10.3.	Análisis y Resultados del Monitoreo.....	161
9.10.4.	Recomendaciones de la Entidad.....	170
9.11.	GEOTECNIA Y CIMENTACIONES – IDIGER AGOSTO 2005.....	171
9.12.	CONSORCIO ALTO DE LA ESTANCIA – IDIGER 2007– SEPTIEMBRE 2007.....	171
9.13.	CONSORCIO ALTOS DE LA ESTANCIA 2009 – IDIGER FEBRERO 2009 - MAYO 2011.....	172
9.13.1.	Labores ejecutadas.....	172
9.13.2.	Metodología realizada.....	172
9.13.3.	Sistema De Alerta.....	173
9.13.4.	Monitoreo Topográfico.....	174
9.13.5.	Monitoreo Instrumental.....	174
9.13.6.	Monitoreo Estructural.....	174
9.13.7.	Análisis De Lluvias Como Factor Detonante De Movimiento.....	175
9.13.8.	Conclusiones y Recomendaciones de la Entidad.....	176
9.14.	CONSULTORES EN INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE – CI AMBIENTAL LTDA – IDIGER AGOSTO 2011	177
9.14.1.	Labores ejecutadas.....	177
9.14.2.	Metodología a realizar.....	177
9.14.3.	Análisis.....	178
9.14.4.	Conclusiones de la Entidad.....	179
9.15.	CONSULTORES UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS – IDIGER DICIEMBRE 2016 - ABRIL 2020.....	179
9.15.1.	Labores ejecutadas.....	180
9.15.2.	Metodología a realizar.....	180
9.15.3.	Análisis Topográfico.....	182
9.15.3.1.	Monitoreo de obras de contención.....	185
9.15.3.2.	Monitoreo Foto control.....	185

9.15.4.	Análisis y Monitoreo Geotécnico	188
9.15.4.1.	Análisis de los datos pluviométricos	192
9.15.4.2.	Análisis Desplazamiento Y Precipitación	192
9.15.4.3.	Análisis de estabilidad base.....	193
9.15.5.	Análisis Geológico, Geomorfológico	193
9.15.6.	Modelo hidrogeológico conceptual propuesto	194
9.15.7.	Análisis de Coberturas Vegetales y de Tierras	195
9.15.8.	Resultados Caracterización Geomorfológica	195
9.15.9.	Resultados zonificación geológica geotécnica	197
9.15.10.	Resultados Susceptibilidad	201
9.15.11.	Resultados Estructural	202
9.15.12.	Sistema de Alerta.....	204
9.15.13.	Recomendaciones De La Entidad.....	205
10.	LECCIONES APRENDIDAS INTERVENCIONES DEL ESTUDIO DE CASO	206
11.	ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	210
12.	CONCLUSIONES.....	215
13.	RECOMENDACIONES.....	222
14.	BIBLIOGRAFÍA	226

TABLAS

TABLA 1	CLASIFICACIÓN DE LOS MOVIMIENTOS EN MASA	33
TABLA 2	TIPOS Y CARACTERÍSTICAS DE FLUJO RÁPIDO.....	34
TABLA 3	DIFERENCIAS ENTRE DESLIZAMIENTO Y CREEP.....	36
TABLA 4	CLASIFICACIÓN DE HUTCHINSON.....	41
TABLA 5	MATRIZ DE RIESGO	107
TABLA 6	RELACIÓN INCLINÓMETROS.....	130
TABLA 7	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SUBSUELO	130
TABLA 8	CARACTERÍSTICAS GENERALES PIEZÓMETROS	131
TABLA 9	LOCALIZACIÓN CONTROL ESTRUCTURAL	132
TABLA 10	ESTADO FINAL DE LA INSTRUMENTACIÓN.....	138
TABLA 11	INVENTARIO INSTRUMENTACIÓN.....	162
TABLA 12	INVENTARIO SECTOR EL ESPINO.....	162
TABLA 13	ESTADO DE INSTRUMENTACIÓN SECTOR EL ESPINO	163
TABLA 14	INVENTARIO SECTOR LA CARBONERA.....	163
TABLA 15	ESTADO INSTRUMENTACIÓN SECTOR LA CARBONERA.....	165
TABLA 16	CONTROL SECCIONES TOPOGRÁFICAS SECTOR EL ESPINO	165
TABLA 17	CONTROL SECCIONES TOPOGRÁFICAS SECTOR LA CARBONERA	166
TABLA 18	RESULTADOS ZONIFICACIÓN.....	198

TABLA 19 INVERSIONES OBRAS DE MITIGACIÓN..... 212

ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1 PROCESO PARA ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE CASO	19
ILUSTRACIÓN 2 AMENAZA – VULNERABILIDAD	25
ILUSTRACIÓN 3 CLASIFICACIÓN DE MOVIMIENTO EN MASA Y SU DISTRIBUCIÓN EN DIFERENTES TERRENOS GEOLÓGICOS DE COLOMBIA.	39
ILUSTRACIÓN 4 FALLA CONFINADA EN LADERAS NATURALES.....	45
ILUSTRACIÓN 5 FALLA CONFINADA EN TALUD ARTIFICIAL	45
ILUSTRACIÓN 6 DESLIZAMIENTO ROTACIONAL INDIVIDUAL.....	46
ILUSTRACIÓN 7 DESLIZAMIENTO ROTACIONAL SUCESIVO.....	47
ILUSTRACIÓN 8 DESLIZAMIENTO ROTACIONAL MÚLTIPLE.	48
ILUSTRACIÓN 9 DESLIZAMIENTO TRASLACIONAL DE LÁMINAS	48
ILUSTRACIÓN 10 DESLIZAMIENTO TRASLACIONAL DE LOSAS O ESCAMAS.	49
ILUSTRACIÓN 11 DESLIZAMIENTO COMPUESTO PROGRESIVO	50
ILUSTRACIÓN 12 METODOLOGÍA USADA POR LA ENTIDAD	142
ILUSTRACIÓN 13 REGISTRO DE VARIACIÓN DE LLUVIAS ESTACIÓN SIERRA MORENA 2010-2011	175
ILUSTRACIÓN 15 BUFFER DE MOJONES	183
ILUSTRACIÓN 16 ELEMENTOS REFLECTIVOS MONITOREO ESTRUCTURAL	184
ILUSTRACIÓN 18 ORTOMOSAICO NOV. 2016	186
ILUSTRACIÓN 19 ORTOMOSAICO JUN. 2017.....	186
ILUSTRACIÓN 20 ORTOMOSAICO DIC. 2017	187
ILUSTRACIÓN 21 ORTOMOSAICO AGO. 2018	187
ILUSTRACIÓN 22 ORTOMOSAICO FEB. 2019.....	188
ILUSTRACIÓN 23 ORTOMOSAICO AGO. 2019	188
<i>ILUSTRACIÓN 24 ZONIFICACIÓN GEOLÓGICO GEOTÉCNICA Y VECTORES DE MOVIMIENTO.</i>	<i>190</i>
ILUSTRACIÓN 25 MAPA ZONIFICACIÓN GEOMORFOLÓGICA.....	197
ILUSTRACIÓN 26 MAPA ZONIFICACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA.....	201
ILUSTRACIÓN 27 ETAPAS GENERALES MONITOREO COMUNITARIO	224
ILUSTRACIÓN 28 RED ALCANTARILLADO	225

1. RESUMEN

En el sector Altos de La Estancia han ocurrido eventos de movimientos en masa desde 1998, debido a las complejas condiciones físicas, a las características geomecánicas del macizo rocoso y a factores de intervención antrópica, sumado a los altos índices de vulnerabilidad que han propiciado escenarios con un alto potencial de riesgo. Dichos movimientos han venido ocurriendo desde finales de la década de los noventa por lo que se han realizado distintos estudios para el conocimiento de este fenómeno.

La existencia de procesos activos y potencialmente peligrosos derivaron a la formulación y al monitoreo geotécnico constante, a implementar medidas estructurales y no estructurales para el seguimiento del avance de las condiciones del terreno, con el fin de gestionar y reducir las condiciones de riesgo actuales, esto hace que sea de gran importancia los documentos que se recopilaron de cada una de las intervenciones hechas, pues al consolidar un sistema de monitoreo, con distintos parámetros de medición geotécnicos, así como un sistema de alerta temprana, se logra proporcionar un rápido medio de comunicación de las amenazas que afectan a la comunidad vulnerable.

Es por ello que el objetivo de este estudio de caso es conocer, comprender y difundir las particularidades de las intervenciones realizadas para reducir el riesgo de eventos de movimiento en masa en el sector denominado Altos de la Estancia en Ciudad Bolívar de Bogotá, con el fin de analizarlas y determinar los aspectos que merecen atención para escenarios similares.

Adicionalmente se estudiaron y analizaron más de 20 artículos relacionados a la gestión del

riesgo por movimientos en masa, donde se pudo comparar las metodologías aplicadas en diferentes países con los aplicados en la zona de estudio, con lo que permitió sugerir algunas alternativas adicionales a las establecidas por las diferentes entidades que intervinieron hasta el año 2020 en Altos de la Estancia.

PALABRAS CLAVE

Gestión de Riesgo, Movimiento en masa, Vulnerabilidad, Monitoreo, Altos de la Estancia, instrumentación.

2. INTRODUCCIÓN

Este trabajo se hace con el fin de aprender, generar, compartir y difundir el conocimiento de las intervenciones que se han aplicado desde la década de los 90's en el estudio de caso del sector denominado Altos de la Estancia, ubicado en la localidad de Ciudad Bolívar en la ciudad de Bogotá, en lo que se refiere a la gestión del riesgo por causa de los movimientos en masa, que han ocurrido en el sector y que por su magnitud y ocurrencia, ha representado durante mucho tiempo una causa frecuente de peligro, debido a que se han visto afectadas las vidas y propiedades humanas.

La existencia de procesos activos potencialmente peligrosos derivaron a la formulación y al monitoreo geotécnico constante, también a implementar medidas estructurales y no estructurales para el seguimiento del avance de las condiciones del terreno en el sector, con el fin de gestionar y reducir las condiciones de riesgo, esto hace que sea de gran importancia los documentos que se recopilaron de cada una de las intervenciones hechas, pues al consolidar un sistema de monitoreo, con distintos parámetros de medición geotécnicos, así como un sistema de alerta temprana, se logró proporcionar un rápido medio de comunicación de las amenazas que afectan a la comunidad vulnerable como lo es Altos de la Estancia.

Colombia se caracteriza por tener una gran diversidad de accidentes geográficos, que resaltan la presencia de cadenas montañosas. Estas condiciones son el principal factor natural del territorio para que se presenten fenómenos naturales por movimientos en masa. El Servicio Geológico Colombiano ha venido trabajando en medidas para gestionar el riesgo identificando estas zonas, donde el 22% del territorio nacional tiene una calificación media, 20% alta y 4% en amenaza muy alta para este tipo de fenómenos. (Instituto Distrital de Gestión de Riesgo Y

Cambio Climático - IDIGER, 19 de noviembre de 2018)

Los deslizamientos de tierra suelen ser el resultado de eventos naturales extremos como lluvias intensas, erupciones volcánicas, terremotos, etc., que son una combinación de factores condicionantes que a menudo están relacionados con actividades humanas como la deforestación y la explotación intensiva de la tierra con fines agrícolas y mineras. (Dai y Lee, 2002; Selby, 1993).

En este sector se han generado múltiples fenómenos a causa de movimientos en masa de grandes proporciones, entre los que se destacan La Carbonera y el Espino, que cuentan con un área de afectación directa de 73 Ha (110 Ha en total con el área del entorno de barrios circundantes), que están enmarcadas entre las quebradas La Carbonera, Santo Domingo y Santa Rita. Dichos deslizamientos por mucho tiempo se encontraban activos, y con estudios preliminares se determinó que son de tipo compuesto, complejo y múltiple con una corona retrogresiva generada por las pobres características geomecánicas del macizo rocoso además por factores de intervención antrópica que han generado el desplazamiento de cientos de miles de metros cúbicos y la inclusión de 3222 familias aproximadamente en el programa de reasentamiento en alto riesgo no mitigable. (Instituto Distrital de Gestión de Riesgo Y Cambio Climático - IDIGER, 19 de noviembre de 2018)

Es relevante señalar el creciente y descontrolado aumento poblacional en esta zona de alto riesgo sin ninguna medida de restricción, sumado al tipo de construcciones que predominan en el sitio y sus alrededores las cuales carecen de una tipología homogénea y no cumplen con la normativa requerida para su adecuado funcionamiento.

Es por lo expuesto anteriormente que el objetivo de este estudio de caso en Altos de la Estancia es conocer el desarrollo en cuanto a evaluación y gestión del riesgo, desde que se implementaron acciones para reducir las emergencias por eventos de movimientos en masa

que han ocurrido en los últimos años, ayudando a describir y comprender mejor cada una de las medidas que se tomaron en cada etapa de intervención, ya sean de tipo estructural o no estructural, con el fin de analizarlas y determinar aspectos que merecen atención para escenarios similares.

El trabajo se desarrolló bajo los siguientes parámetros: Se hizo una exhaustiva recopilación de la información, luego se organizó para su posterior análisis, se evaluaron los resultados obtenidos, adicionalmente se investigó y analizó más de 20 artículos encontrados sobre la gestión de riesgo de movimientos en masa en diferentes países del globo terráqueo, ayudando así a proponer algunas medidas que ayuden a fortalecer el sistema que se está implementando en Altos de la Estancia.

El diseño de este documento bajo la modalidad de estudio de caso se basó en las recomendaciones de las autoras Elba Luna y Lorena Rodríguez en su documento “Pautas para la elaboración de Estudios de Caso” con fecha marzo de 2011. (Banco Interamericano de Desarrollo - BID, 2002)

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Identificar y documentar, por medio del estudio de caso, la gestión del riesgo en el fenómeno de movimiento en masa en área urbana del sector denominado Altos de la Estancia de la localidad Ciudad Bolívar en la ciudad de Bogotá - Colombia.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Recolectar la información reunida por las diferentes entidades que han intervenido en el sector Altos de la Estancia en cuanto a la gestión del riesgo para movimientos en masa y explorar el objeto dentro de su contexto.
- ✓ Explicitar el conocimiento a partir de la reconstrucción de los hechos obtenidos en la gestión del riesgo realizado por cada entidad.
- ✓ Identificar las intervenciones aplicadas a los procedimientos de mitigación y reducción del evento de movimientos en masa.
- ✓ Analizar el alcance de las intervenciones en la reducción del riesgo para proponer algunas medidas y/o acciones para su fortaleza y que puedan ser aplicables a futuros proyectos.
- ✓ Evaluar los resultados de la gestión del riesgo en Altos de la Estancia.

4. JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo de estudio de caso, concebido como primera toma de contacto en la modalidad de grado, para Fin de la Maestría en Ingeniería Civil con énfasis en Construcción y Hábitat de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, significa una aproximación a un método de investigación académica, que enfoca su conocimiento a partir de la reconstrucción de los hechos, realizados en el sector Altos de la Estancia en la Localidad de Ciudad Bolívar de la ciudad de Bogotá, en el manejo de la gestión del riesgo a causa de movimientos en masa desde la década de los 90`s, que posteriormente y de manera cualitativa se generan recomendaciones, que ayudaran a mejorar la metodología implementada en futuras intervenciones y/o eventualidades.

Debido a la importancia de los daños provocados por fenómenos como lo son los movimientos en masa se debe tener en cuenta y conocer la historia de Colombia sobre los eventos ocurridos en el tiempo referente a este tema, ya que evita repetir los mismos errores y permite tomar mejores decisiones sobre las medidas necesarias, para que cada vez sean menos las pérdidas que éstos causan, ya sean físicas o materiales. Por la gravedad de estos fenómenos es inevitable y necesario estudiar sus causas y sus posibles efectos que recaen sobre la población.

La importancia de este tema es el incremento en la ocurrencia de desastres de este tipo, que han afectado a un sin número de personas localizadas en estas zonas de amenaza que con el transcurrir del tiempo va en aumento considerablemente debido a los asentamiento humanos sobre las laderas y al crecimiento acelerado de la población.

El estudio de caso es de interés, por ser uno de los deslizamientos urbanos más grandes registrados en Latinoamérica. Esta área se encuentra localizada al suroccidente de Bogotá en la Localidad Ciudad Bolívar y forma parte de la UPZ 69 Ismael Perdomo, denominado Polígono Altos de la Estancia.

En el estudio de caso particular se realizó un compendio de información sobre el proceso que se llevó a cabo en cuanto a la gestión realizada por causa de los movimientos en masa existentes en la zona por medio de las entidades que son responsables de su actuar e intervenciones de tipo prospectivos o correctivos que se han implementado en la zona, para posteriormente realizar su análisis y evaluación, a demás se investigó y analizó más de 20 artículos encontrados sobre la gestión de riesgo de movimientos en masa en diferentes países del globo terráqueo, ayudando así a proponer algunas medidas que ayuden a fortalecer el sistema que se ha implementando dentro del polígono Altos de la Estancia; esperando que este documento final sirva para que eventos de este tipo se reduzca con la implementación del conocimiento para otros casos similares, aunque cabe aclarar que el análisis de cada caso, su manejo, las condiciones y/o particularidades pueden ser diferentes.

5. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Los deslizamientos en laderas son procesos naturales generados por la acción entre variables como material geológico de la ladera, la topografía, el ángulo de la pendiente, la vegetación, el agua, el tiempo, incluido el clima, en otros casos pueden generarse por causas antrópicas, como la deforestación para la construcción de viviendas que causan una modificación no solo de la composición de la ladera sino también una mayor inestabilidad de la misma. La acción del ser humano hace que aumente la frecuencia de los movimientos en masa y que sus consecuencias sean más graves. (Terremocha, 2016)

Se relaciona lo anterior con lo ocurrido en la Localidad de Ciudad Bolívar de la ciudad de Bogotá en la zona denominada Altos de la Estancia en el año 1998, caracterizado por ser uno de los deslizamiento más grande en Latinoamérica con 73 hectáreas de suelo de tipo compuesto y múltiple, en los sectores El Espino y La Carbonera, esto a causa de la explotación anti-técnica de materiales de construcción desde la década de los años 70's, además de la infiltración de aguas residuales generadas por el asentamiento humano de más de 60 mil personas por causa del desplazamiento forzado que ha sufrido la población de nuestro país, ocasionando pérdidas de por lo menos tres mil viviendas, calles, avenidas y redes de servicio, producto de la inestabilidad de la ladera.

Para nosotros es importante el desarrollo del presente estudio de caso, ya que al documentar y consolidar la información recopilada de las acciones realizadas por parte del estado, en cabeza del Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático IDIGER, relacionado a la gestión del riesgo a causa del movimiento en masa por más de 20 años en la zona, ya que con ello se puede evaluar la forma que han usado para reducirlo, y la efectividad que han

tenido las intervenciones y como se puede mejorar si hay lugar a ello.

6. METODOLOGÍA USADA PARA EL DESARROLLO DEL DOCUMENTO – ESTUDIO DE CASO

Para la elaboración del estudio de caso nombrado “GESTIÓN DEL RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA EN ÁREA URBANA, EN EL ESTUDIO DE CASO, SECTOR DENOMINADO ALTOS DE LA ESTANCIA LOCALIDAD CIUDAD BOLÍVAR EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ.”, se orientó como una metodología cualitativa, en donde este tipo de investigación es de carácter documental mediante un seguimiento del “ Estado del arte” sobre el tema y donde permite tener trans-temporalidad de la información.

Sus hallazgos constituyen a una formulación teórica sobre la realidad bajo estudio, que mediante la identificación y documentación de las lecciones aprendidas nos permite explicitar el conocimiento a partir de la reconstrucción de los hechos del proyecto. (Reyes, 1999)

Para desarrollar lo anteriormente expuesto, se siguió la siguiente metodología:

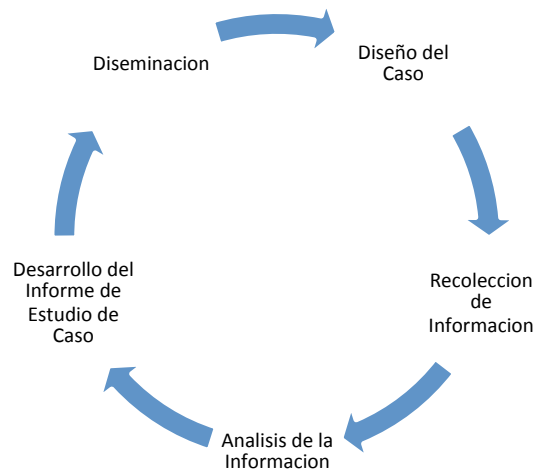


Ilustración 1 proceso para elaboración de Estudio de Caso

Fuente: (BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO - BID, 2002)

Diseño del caso

El presente estudio de caso se enfocó en entender los procesos y las intervenciones que se han estado aplicado desde 1998 hasta 2020, para gestionar el riesgo por causa de los movimientos en masa y que por su ocurrencia representa una causa frecuente de desastres en Altos de la Estancia, debido a que pueden verse afectadas las vidas y propiedades humanas.

Procesos de recolección y análisis de la información

Se realizó una exhausta recolección de información de las diferentes entidades, que han intervenido en la zona de estudio, encontrando que hasta el año 2020 son mas de 15 entidades las que en cabeza del Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático de Bogotá D.C. (IDIGER) y/o el Fondo De Prevención y Atención de Emergencias FOPAE han realizado estudios, monitoreos, obras estructurales y no estructurales para la mitigación del riesgo de la zona de riesgo.

Método De Recolección De Información

Las fuentes de recolección principalmente incluyen evidencias documentales de informes de consultorías que han desarrollado trabajos dentro de la zona así como información que reposa en el Grupo de investigación de Universidad Distrital - UDIC y el Instituto de cambio climático y gestión del riesgo – IDIGER.

Búsqueda de la web artículos relacionados con la gestión de riesgo para el fenómeno de movimientos en masa.

Unidad de análisis

Con la información obtenida se realizo un análisis detallado de la metodología usada por cada

entidad y los resultados que se obtuvo en cada intervención para la gestión de riesgo en Altos de la Estancia. Con ello se analizó e interpretó la información, lo primero que se hizo fue depurar, categorizar y/o tabular la información recogida.

Al mismo tiempo se analizaron más de 20 artículos relacionados con el tema para visualizar y poder contestar de una forma mas apropiada las siguientes preguntas, las cuales son de mucha utilidad para poder visualizar la problemática que no solo vive nuestro país sino muchos países sobre todo Latino Americanos.

Las preguntas que se cuestionaron para el análisis del Estudio de Caso se contestan en el Capitulo 11 de este documento designado como Análisis de la información:

¿Qué es lo que ha pasado y por qué ha sucedido eventos de movimientos en masa en el polígono Altos de la Estancia?

¿Por qué hay población en zonas de riesgo y por qué se dan estas circunstancias en Bogotá?

¿Cómo se gestionó el riesgo y cuáles fueron las intervenciones que se realizaron para disminuir el riesgo en Altos de la Estancia?

¿Por qué los eventos de movimiento en masa ocurrieron de la manera que se hicieron?

¿De qué forma se ha podido reducir el riesgo, y qué efectividad han tenido las intervenciones?

¿Qué intervenciones funcionaron bien y porque? ¿Qué pudo haber funcionado mejor y por qué?

7. MARCO TEÓRICO

7.1. GESTIÓN DEL RIESGO

Se define como el proceso de identificar, analizar y cuantificar las probabilidades de pérdidas y efectos secundarios que se desprenden de los desastres, así como de las acciones preventivas, correctivas y reductivas correspondientes que deben emprenderse. (Molpeceres, 2012)

En el proceso se identifica la planificación, concertación ya sea participativo e integral para la reducción de las condiciones del riesgo de desastres que enfrenta una comunidad, una región o un país, lo que implica la complementariedad de capacidades y recursos ya sean locales, regionales y nacionales para búsqueda del desarrollo sostenible; donde el conjunto de decisiones administrativas, de organización y conocimientos operacionales permiten implementar políticas y estrategias con el fin de reducir el impacto de amenazas naturales, desastres ambientales y tecnológicos. (Molpeceres, 2012)

Otra definición conocida para la gestión del riesgo es aplicación de políticas, estrategias, instrumentos y medidas orientadas a eliminar, reducir, prever y controlar los efectos adversos de fenómenos peligrosos sobre la población, los bienes y servicios, y el ambiente, o bien como el conjunto de acciones integradas de reducción de riesgos a través de actividades de prevención, mitigación, preparación y atención de emergencias y recuperación post-impacto. (Según Plan Nacional de Gestión de Riesgos, República Dominicana. Ingeniar/La Red/ICF consulting 2021). (Molpeceres, 2012)

La gestión de riesgo de desastres (GRD) puede ser:

- ✓ Prospectiva: Implica abordar medidas y acciones en la planificación del desarrollo para evitar que se generen nuevas condiciones de riesgo.
- ✓ Correctiva: Se refiere a la adopción de medidas y acciones de manera anticipada para reducir los riesgos ya existentes.
- ✓ Reactiva: implica la preparación y respuestas a emergencias.

7.1.1. Principales Etapas de la Gestión de Riesgos

Actividades Preliminares Desde la perspectiva del organismo que conduce el proceso, es relevante la identificación, convocatoria e incorporación de actores clave; definición de principios rectores y criterios de actuación; determinar equipos técnicos de coordinación y ejecución. (Molpeceres, 2012)

Comprensión del entorno y de las propias características locales y territoriales en materia de riesgos Incluye la revisión de estudios existentes, generación de análisis y estudios técnicos específicos y complementarios; así como levantar las visiones de los ciudadanos y sus necesidades. Estudiar la situación actual y futura en materia de vulnerabilidad y exposición al riesgo. (Molpeceres, 2012)

Construcción de escenarios (diversos modelos de referencia) sobre amenazas y riesgos territoriales en función de la probabilidad de ocurrencia y posibilidad de acción. Pudiesen expresarse en escenarios optimistas, tendenciales (proyecciones de la situación actual) y pesimistas. (Molpeceres, 2012)

Determinación de objetivos, políticas y programas, que se articulen en torno a un foco prospectivo evitando nuevos riesgos, y tengan una orientación correctiva y reactiva, minimizando los condiciones actuales de riesgo y preparándose para enfrentar las posibles emergencias.

Establecidos mediante el consenso entre autoridades locales, actores públicos, privados y la sociedad civil.

(Molpeceres, 2012)

Creación de estructuras de gestión para materializar el plan o agenda de gestión de riesgo identificando y detallando actividades, responsables, mecanismos o instancias de coordinación, recursos asociados a cada actividad. Generando las adecuaciones en planes, programas e instrumentos de planificación en el territorio de manera de asegurar la coherencia externa e interna de las intervenciones. (Molpeceres, 2012)

Ejecución de programas, proyectos y actividades previamente definidas Donde cuenten con el adecuado soporte de estructuras especialmente diseñadas para la operación, así como el monitoreo, control y evaluación. Retroalimentando la toma de decisiones. (Molpeceres, 2012)

7.2. RIESGO

Se define como la posibilidad de que una amenaza llegue afectar a las personas y materiales que estas posean, ya sea un riesgo aceptable en donde se conoce el daño que puede generar ante un evento; o ya sea un riesgo de desastre que implica que los daños que se presenten pueden exceder las posibilidades de la población. (Planes de Emergencia y Dispositivos de Riesgo Previsible, 2020)

Es una función de dos variables: la amenaza y la vulnerabilidad. Donde ambas son condiciones necesarias para expresar al riesgo, el cual se define como la probabilidad de pérdidas, en un punto geográfico definido y dentro de un tiempo específico. Mientras que los sucesos naturales no son siempre controlables, la vulnerabilidad sí lo es. (Kari Keipi, 2005)

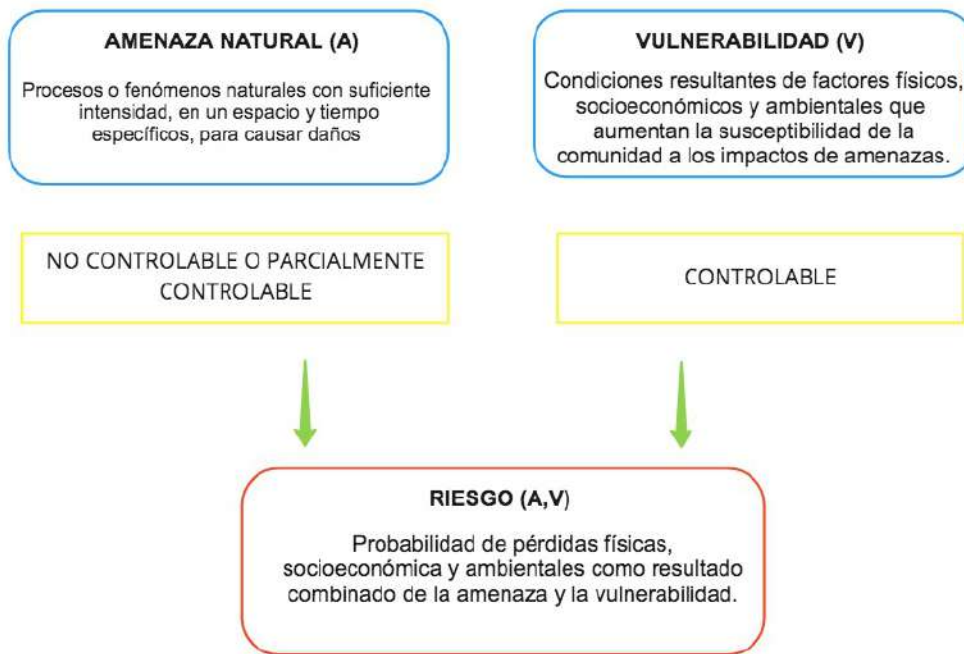


Ilustración 2 Amenaza – Vulnerabilidad
Fuente: (Kari Keipi, 2005)

7.3. MOVIMIENTO EN MASA

La definición de movimiento en masa es el desplazamiento del terreno a beneficio de la pendiente que se genera por acción de la fuerza de gravedad, y bajo la influencia de ciertos factores como el agua, eventos sísmicos, la aplicación de carga excesiva, las excavaciones para la construcción de viviendas, senderos y vías, entre otros. Estos movimientos producen cambios perceptibles en el terreno como agrietamientos, hundimientos e incluso desprendimientos de grandes cantidades de suelo o roca, de ahí que puedan ocasionar la destrucción y/o deterioro de la infraestructura pública, viviendas, cultivos y propiciar el represamiento de cauces de ríos o quebradas. (Aníbal Gaviria Correa, 2016)

El término movimiento en masa a su vez se pueden clasificar como deslizamientos, flujos, desprendimientos, caída de rocas, hundimientos, fenómenos de reptación, entre otros, dependiendo del mecanismo de falla, la velocidad del fenómeno y el tipo de material involucrado. (Aníbal Gaviria Correa, 2016)

7.4. AMENAZA

Es la situación en la que personas y bienes físicos o materiales están expuestos en mayor o menor medida a un peligro inminente o latente, dicha situación puede estar originada por diferentes factores como la acción de la naturaleza, de la actividad humana o de una combinación de ambos, que se manifiesta en un momento y lugar específicos en una magnitud determinada.

La amenazas se clasifican según su origen, en tres categorías:

7.4.1. Amenazas de Origen Natural

Son las que generalmente ocasionan daños de gran magnitud e intensidad, como lo son terremotos, maremotos, erupciones volcánicas, huracanes, tornados y deslizamientos espontáneos. (Planes de Emergencia y Dispositivos de Riesgo Previsible, 2020)

7.4.2. Amenazas Derivadas de la Actividad Humana

Son las relacionadas con actividades de desarrollo urbanización, manejo del ambiente y recursos, también se incluyen los accidentes de tránsito, aéreos y acuáticos, el colapso de obras civiles, derrame de sustancias químicas, las guerras, la contaminación ambiental, los incendios y explosiones. (Planes de Emergencia y Dispositivos de Riesgo Previsible, 2020)

7.4.3. Amenazas Derivadas de la Interacción de las Dos Anteriores

Son las provocadas por el abuso y el descuido de la acción humana en su relación con el medio ambiente como deslizamientos, sequías e inundaciones. (Planes de Emergencia y Dispositivos de Riesgo Previsible, 2020)

7.5. VULNERABILIDAD

Se define como la predisposición o tendencia que posee un elemento o un sistema de ser afectado gravemente. Es el factor interno del riesgo, debido a la actividad humana ya que la vulnerabilidad no es general, sino que debe ser entendida en función a cada tipo de amenaza.

(Planes de Emergencia y Dispositivos de Riesgo Previsible, 2020)

7.5.1. Factores que Determinan la Vulnerabilidad

- ✓ Ordenamiento territorial de viviendas e industrias
- ✓ Agotamiento de recursos naturales
- ✓ Pobreza
- ✓ Déficit de conocimiento de riesgos existentes
- ✓ Falta de una planificación de actuación ante un desastre

(Planes de Emergencia y Dispositivos de Riesgo Previsible, 2020)

7.5.2. Estudio de la vulnerabilidad : Estrategias

Para disminuir la vulnerabilidad existen medidas que son de dos tipos estructurales y no estructurales:

Las medidas estructurales son las que se realizan para protección contra los fenómenos naturales y las medidas no estructurales son las que se manejan para evitar un desastre las mas representativas son:

- ✓ Desarrollo y puesta en práctica planes de emergencia
- ✓ Estudio previo de los riesgos y amenazas de una población
- ✓ Mayor conocimiento de las amenazas y medidas de actuación ante un desastre
- ✓ Desarrollo de investigación sobre los desastres
- ✓ Incremento de previsión de catástrofes
- ✓ Regulación en el uso del suelo

7.6. REDUCCIÓN DEL RIESGO

Proceso que busca disminuir las condiciones de riesgo existentes y evitar un nuevo riesgo en el territorio a través de “medidas de mitigación y prevención que se adoptan con antelación para reducir la amenaza, la exposición y disminuir la vulnerabilidad de las personas, los

medios de subsistencia, los bienes, la infraestructura y los recursos ambientales, para evitar o minimizar los daños y pérdidas en caso de producirse los eventos físicos peligrosos. La reducción del riesgo la componen la intervención correctiva del riesgo existente, la intervención prospectiva de nuevo riesgo y la protección financiera” (Art. 4 Ley 1523 de 2012). Pagina web consultado 28 de junio de 2019). (Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, 2010)

7.6.1. Funciones De Subdirección Para La Reducción Del Riesgo

De acuerdo con el Decreto 4147 de 2011 la Subdirección para la Reducción del Riesgo cumple, entre otras, las siguientes funciones:

- ✓ Coordinar la articulación de las acciones orientadas a la reducción del riesgo de desastres definidas en el marco del Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres – SNPAD, con las políticas y acciones de gestión ambiental, ordenamiento territorial, planificación del desarrollo y adaptación al cambio climático.
- ✓ Generar insumos para la promoción de políticas que fortalezcan el proceso de reducción del riesgo de desastres en los niveles nacional y territorial.
- ✓ Promover a nivel nacional y territorial, la intervención correctiva y prospectiva del riesgo, y la protección financiera frente a desastres, así como coordinar el diseño de guías y el uso de lineamientos y estándares para este proceso.
- ✓ Asesorar y brindar asistencia técnica a departamentos y municipios en la formulación de proyectos para la reducción del riesgo de desastres.
- ✓ Apoyar el desarrollo de políticas de regulación técnica que contribuyan a la reducción del riesgo de desastres.
- ✓ Identificar y formular proyectos estratégicos para el país en materia de reducción del riesgo de desastres que promuevan la participación de los distintos niveles de gobierno, los sectores del país y la comunidad (Unidad Nacional para la Gestión del

Riesgo de Desastres. Pagina web consultado 28 de junio de 2019)

(Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, 2010)

7.6.2. Subprocesos Para La Reducción Del Riesgo

7.6.2.1. Intervención Prospectiva

Se trata de prevenir nuevas situaciones de riesgo impidiendo que los elementos expuestos sean vulnerables o que estén expuestos ante posibles eventos desastrosos. Se realiza principalmente a través de la planificación ambiental sostenible, el ordenamiento territorial, la planificación sectorial, la regulación y las especificaciones técnicas, los estudios de pre-factibilidad y diseño adecuados. (Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, 2010)

Líneas de Acción:

- ✓ Instrumentos de Planificación.
- ✓ Gestión del riesgo de desastres asociado a fenómenos hidrometeorológicos, hidroclimáticas extremos, variabilidad climática y cambio climático.

7.6.2.2. Intervención Correctiva

Proceso cuyo objetivo es reducir el nivel de riesgo existente en la sociedad a través de acciones de mitigación, en el sentido de disminuir las condiciones de amenaza cuando sea posible y la vulnerabilidad de los elementos expuestos. (Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, 2010)

Líneas de acción:

- ✓ Intervención ante la vulnerabilidad
- ✓ Intervención ante la amenaza
- ✓ Banco de proyectos en reducción del riesgo

7.7. MONITOREO COMUNITARIO POR MOVIMIENTO EN MASA

El término monitoreo comunitario se refiere a la vigilancia de la actividad de medición de magnitud y velocidad de desplazamiento de una masa de suelo inestable y de la variación de parámetros climáticos de la zona de en la que se este aplicando, mediante el uso de instrumentos construidos para tal fin. El monitoreo tiene como objetivo registrar el comportamiento de un movimiento en masa, su posibilidad de causar daños en la zona y llegar a establecer medidas preventivas o correctivas que permitan evitar que se afecte la población y su entorno. (Cuevas, 2013)

7.7.1. Metodología para realizar un monitoreo comunitario de movimientos en masa

La metodología que propone la cartilla se base en el concepto de diseño participativo de la comunidad, considerando de manera general las siguientes etapas:

1. Conocimiento y organización de la comunidad
2. Conocimiento comunitario del territorio
3. Construcción de instrumentos de monitoreo
4. Puesta en marcha y operación del monitoreo

7.8. FACTORES QUE FAVORECEN EL DESARROLLO DE LOS MOVIMIENTOS EN MASA

Naturales

- ✓ **Clima:** El desarrollo de movimientos en masa tiene una estrecha relación con la ocurrencia de lluvias, pues éstas saturan los suelos promoviendo la alteración de sus propiedades mecánicas y su pérdida de resistencia. (Aníbal Gaviria Correa, 2016)
- ✓ **Topografía:** Los movimientos en masa ocurren con mayor frecuencia en terrenos caracterizados por presentar altas pendientes. (Aníbal Gaviria Correa, 2016)
- ✓ **Litología:** Las características particulares de las rocas (composición, granulometría, estructura interna, grado de fracturamiento y descomposición), determinan su calidad o

resistencia. En este orden de ideas, todos los materiales tienen comportamientos diferentes y unos tienden a ser más susceptibles que otros al desarrollo de movimientos en masa. (Aníbal Gaviria Correa, 2016)

- ✓ **Actividad Sísmica:** Los sismos generan vibraciones que pueden afectar el equilibrio de las laderas y originar deslizamientos. Este movimiento vibratorio puede desencadenar una serie de efectos que dan lugar a grandes deformaciones y roturas en el terreno generando los movimientos en masa. (Aníbal Gaviria Correa, 2016)

Relacionados con las actividades humanas (antrópicos)

- ✓ **Excavaciones:** Los cortes o excavaciones que se desarrollan para la construcción de infraestructura, tienden a alterar el equilibrio de los taludes. (Aníbal Gaviria Correa, 2016)
- ✓ **Sobrecargas:** La disposición inadecuada de escombros y basuras en zonas de alta pendiente podría generar sobrecargas que conlleven a la pérdida de resistencia del suelo. El sobrepeso asociado a la densificación de la infraestructura habitacional en zonas de ladera, podría propiciar igualmente el desarrollo de procesos de inestabilidad. (Aníbal Gaviria Correa, 2016)
- ✓ **Deforestación:** La eliminación de la cobertura vegetal en las laderas por la quema, tala y remoción de la vegetación, favorece la infiltración del agua y el desarrollo de procesos erosivos, de ahí que aumente la probabilidad de falla del terreno por saturación y pérdida progresiva de suelo. (Aníbal Gaviria Correa, 2016)
- ✓ **Manejo de Aguas:** Los flujos de agua no controlados se convierten en uno de los principales agentes detonantes de procesos de erosión y remoción en masa, por tanto, el inadecuado manejo del drenaje por carencia o deficiencia de obras para la captación y conducción de aguas superficiales, la descarga de aguas residuales a media ladera, la existencia de fugas en redes de servicio (tuberías o mangueras) y la ocurrencia de

fallas en tanques de almacenamiento de aguas, podrían propiciar la saturación del suelo y su pérdida de resistencia por aumento de presiones internas. (Aníbal Gaviria Correa, 2016)

7.9. CLASIFICACIÓN DE MOVIMIENTOS EN MASA

Las clasificaciones de movimientos en masa son numerosas ya que estos conceptos se pueden determinar, según sus autores, escuelas, países de origen o el perfil profesional de quienes tratan el tema. Aunque la mayoría de los autores adoptan como criterios de clasificación los mecanismos de falla de los movimientos, los tipos de materiales involucrados, la actividad de los movimientos y su velocidad, otros los pueden considerar factores tales como la edad, las formas de relieve o pendiente, su ubicación geográfica, el clima y/o la afectación de laderas, cauces o taludes construidos por el hombre. (Olarte, 2017)

Las clasificaciones de los autores más conocidos en nuestro medio son: Sharpe (1938), Varnes (1958 y 1978), Hutchinson (1988), Cruden & Varnes (1996) y Hungr et al. (2001), las cuales permiten discernir las causas de los movimientos y las mejores opciones para evitarlos, prevenirlos y controlarlos, (Olarte, 2017)

7.9.1. Clasificación de Shape

Primera clasificación sistemática de los movimientos en masa conocida en América, en donde se hace distinción entre movimientos con una cara libre en el sentido de inclinación de las laderas donde se considera los flujos y los deslizamientos de lentos a rápidos y movimientos confinados sin cara libre en sentido descendente vertical considerado como la subsidencia, estos dos denominados grupos mayores y a partir de estos se reconocen 16 tipos de movimientos:

En esta clasificación, todos los movimientos con cara libre y debido a la gravedad se clasifican como deslizamientos, incluidas las caídas.

Tabla 1 Clasificación de los Movimientos en masa

Movimiento		Gravedad + transporte glaciar	Gravedad	Gravedad + transporte fluvial	
Tipo	Tasa de velocidad	Tierra o roca + hielo	Tierra o roca + algo de hielo o agua	Tierra o roca + agua	
Con cara libre	Flujo	Imperceptible	1. Creep glaciar de roca	3. Creep de roca	
			2. Solifluxión	4. Creep de tales	
		Lento	7. Avalancha de detritos	5. Creep de suelos	6. Solifluxión
		A rápido			8. Flujo de tierra
					9. Flujo de lodo (ambiente semiárido alpino volcánico)
	Deslizamiento	Lento a muy rápido		11. Hundimiento	
				12. Deslizamiento de detritos	
				13. Caída de detritos	
				14. Deslizamiento de roca	
				15. Caída de roca	
Sin cara libre	Subsidencia		16. Subsistencia		

Fuente: Sharpe 1938 (Olarte, 2017)

En cuanto a la diferencia entre flujo y deslizamiento, los dos tipos básicos de movimiento que se proponen en la clasificación de Sharpe, depende de la presencia o ausencia de un plano

de deslizamiento que separa la masa que se mueve del terreno estacionario estable. El flujo, independientemente del tipo de que se trate, se presenta una deformación continua sin superficie de falla, mientras que en el deslizamiento la masa se desplaza a lo largo de una superficie de falla (Sharpe 1938, en Schultz & Cleaves 1955, 282). (Olarte, 2017)

Sharpe define el término deslizamiento como “un desplazamiento o caída perceptible ladera abajo de materiales (tierra o roca) relativamente secos” (Sharpe 1938, en Schultz & Cleaves 1955, 295), y el flujo lento o creep como “un movimiento en el cual toda la masa se deforma de manera continua y en forma tan lenta que su velocidad tiende a ser imperceptible, salvo observación a largo plazo”; en su concepto, este movimiento afecta todo tipo de materiales, tales como suelo, talus o roca, en diferentes ambientes climáticos, e incluye por esta razón el desplazamiento masivo y lento por gravedad de formaciones arcillosas u otros tipos de suelo, propia de zonas periglaciales. Considera además cuatro tipos de flujos rápidos, cuyas características principales se resumen en la tabla 7. Con base en el contenido de agua, establece la diferencia entre distintos tipos de movimientos y mecanismos. (Schultz & Cleaves 1955, 290) (Olarte, 2017).

Tabla 2 Tipos y características de flujo rápido

TIPOS	DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS
Flujo de tierra (Earth flow)	El más lento de los tres tipos de flujo rápido; común en terrenos pendientes de colinas o terrenos de bajo relieve en regiones húmedas tropicales. En estas zonas, debido a la meteorización, se forman en la superficie capas más sueltas y porosas que yacen sobre terreno arcilloso relativamente impermeable.	Debido a lluvias intensas, las capas porosas de superficie actúan como un reservorio que proporciona agua de manera casi continua a la arcilla infra yacente, y el material suelto que la cubre se desplaza lentamente en laderas con pendiente baja, tan solo tres grados.
Flujos-deslizamientos causados por licuefacción (Flow)	Cuando masas de arena densa se someten a esfuerzo cortante, su volumen aumenta. A la inversa, si una masa de arena suelta es sujeta a	En consecuencia, la presión interna de las partículas es transferida desde los contactos intergranulares al agua de los poros, provocando la

<p>slides caused by liquefaction)</p>	<p>corte o vibración, el volumen disminuye. Si, además, el material está saturado y pobremente drenado, el decrecimiento de volumen produce, al menos temporalmente, incremento en la presión de poros.</p>	<p>licuefacción de la arena, la cual se mueve entonces como un líquido en terrenos inclinados apenas tres grados.</p>
<p>Flujos de lodo (Mudflow)</p>	<p>Estos procesos se dan cuando la provisión de agua en un terreno vulnerable e inicialmente húmedo se incrementa de forma repentina. Según Sharpe, las siguientes condiciones favorecen los flujos de lodo: 1) suministro abundante pero intermitente de agua, 2) ausencia de cobertura vegetal, 3) materiales inconsolidados o roca arcillosa profundamente meteorizada, y 4) taludes moderadamente pendientes. Las condiciones descritas se dan principalmente en zonas desérticas. Sharpe reconoce tres tipos de flujos de lodos: los de regiones áridas o semiáridas, los de zonas volcánicas y los de zonas alpinas.</p>	<p>Afectan materiales inconsolidados o materiales profundamente meteorizados con bastante arcilla o limo, alimentados intermitentemente por abundante agua, lo cual es favorecido por la carencia de cobertura vegetal. Las masas desplazadas transitan por antiguos cursos de agua, y a diferencia de los flujos de tierras, comúnmente vuelven a moverse en los mismos canales. Difieren de los flujos de tierras en un mayor contenido de agua y desplazamiento más rápido, por laderas más pendientes.</p>
<p>Avalanchas de detritos (Debris avalanche)</p>	<p>Corresponden a los movimientos más rápidos. Los flujos de lodo de las regiones áridas o semiáridas corresponderían a las avalanchas de detritos, muy frecuentes en regiones húmedas con una cobertura vegetal bien desarrollada. Se trata también de movimientos de roca descompuesta o material relativamente suelto.</p>	<p>Siguen trayectorias largas y estrechas en laderas montañosas de fuerte pendiente o faldas de colinas. El movimiento inicial corresponde a un deslizamiento en la parte más alta y pendiente (20 a 40°) causado por fuerte lluvia, desde donde se impulsa y fluye hacia la base de la ladera con pendiente más suave (15° o menos), de manera similar a un flujo de lodo debido al alto contenido de agua.</p>

Fuente: Sharpe 1938, en Schultz & Cleaves 1955 (Olarte, 2017)

7.9.2. Aporte de Terzaghi

Terzaghi (1950), hizo una contribución muy importante a la definición de los procesos

asociados al creep, donde estableció la diferencia entre el creep superficial y el profundo o continuo, e hizo la distinción entre el creep profundo y el deslizamiento.

El cual reconoce el deslizamiento como “rápido desplazamiento de una masa de roca, suelo residual o sedimentos adyacentes a un talud, en el cual el centro de gravedad de la masa en movimiento se desplaza hacia abajo y hacia afuera”. Un movimiento similar que se presenta a una tasa imperceptible lo reconoce como creep. (Olarte, 2017)

Tabla 3 Diferencias entre deslizamiento y creep

	DESlizAMIENTO	CREEP
Mecanismo	Un deslizamiento se genera de manera relativamente rápida, tan pronto como el terreno en profundidad cede a los esfuerzos de corte.	En contraste, el creep es un proceso más o menos continuo.
Velocidad	En un deslizamiento, la velocidad de la masa se incrementa más o menos rápidamente desde casi cero hasta un pie por hora; entonces decrece hasta un valor pequeño.	En el creep el movimiento ocurre a una tasa promedio de un pie por década.
Geometría	Un deslizamiento representa el movimiento de una masa relativamente pequeña de material con límites bien definidos.	La masa sujeta a creep involucra grandes extensiones de terreno sin límites claros entre el material que se mueve y el estacionario.
Causa básica	En la mayoría de los deslizamientos el movimiento se produce a causa de la gravedad.	En el creep interviene la gravedad y otros factores.

Fuente: Terzaghi 1950. (Olarte, 2017)

Así mismo Terzaghi reconoce dos tipos de creep: estacionario, en el cual “al menos una parte

de la componente horizontal del movimiento del terreno dentro de la zona de cambios estacionales de humedad y temperatura es debida a expansión-contracción térmica, hinchamiento-contracción o congelamiento-deshielo y otros cambios semejantes, lo cual provoca desplazamiento pendiente abajo de la capa delgada superior del suelo sujeta a estos cambios” (Sharpe & Dosch 1942, 46-48, en Terzaghi 1950, 84). Terzaghi identifica el creep continuo como el “que se presenta por debajo de la capa superior del terreno sujeta a cambios estacionales, debido solamente a la fuerza de la gravedad sin la contribución de otros factores, y puesto que esta fuerza no cambia con las estaciones, considera que la tasa de este creep gravitacional es prácticamente constante” (Terzaghi 1950, 84).

(Olarde, 2017)

Establece además una diferencia fundamental entre creep continuo y deslizamiento, que va más allá de la presencia o ausencia de superficie de falla o de la velocidad, y propone un patrón de deformación absolutamente distinto. Lo determinó experimentalmente mediante ensayos sobre bloques heterogéneos, en los que mezcló materiales relativamente rígidos con capas viscosas de asfalto. Según lo comprobó, “... estas masas fallan de forma casi repentina a lo largo de superficies de corte en el límite entre los materiales fuertes y débiles al aplicarles una carga pesada, mientras que el efecto instantáneo de una carga muy débil sobre las mismas es imperceptible, a menos que esta carga actúe durante varios años, caso en el cual se producen muy importantes e intrincadas deformaciones en el material, las cuales se relacionan íntimamente con la estructura interna de los bloques del experimento”, y añade “las leyes que determinan la deformación en el caso de estos ensayos son tan diferentes como las de la hidráulica y la mecánica de los sólidos elásticos”. (Olarde, 2017)

Finalmente, plantea que mientras los esfuerzos de corte en el material subsuperficial de un talud sean más pequeños que la resistencia fundamental del material, éste permanece en

reposo; si se excede este valor, el talud se deforma (creep) si no se iguala o supera la resistencia del material, y si esto último ocurre se presenta un deslizamiento”. (Olarte, 2017)

7.9.3. Clasificación de Varnes

Varnes desarrolló la primera clasificación sistemática de los movimientos en masa reconocida en el medio occidental, basada en la definición de criterios sobre los mecanismos de falla y tipos de materiales afectados (1958), la cual complementa posteriormente con aportes valiosos sobre conceptos de actividad en 1978 y consolida luego en trabajo conjunto con Cruden en 1996. (Olarte, 2017)

La clasificación de Varnes de 1958, relaciona cinco tipos de movimientos: caída, deslizamiento, propagación lateral, flujo y avalancha, que se desarrollan en rocas, regolitos o suelos; adicionalmente, destaca las características de estos tipos de movimientos, entre otras y muy importante su velocidad y humedad, asociadas a los efectos y daños posibles. En 1978, define los cinco tipos básicos de movimientos reconocidos hoy día: caída, volcamiento, deslizamiento, propagación lateral y flujo, considerando las características cinemáticas de estos procesos, las cuales se asocian a las posibilidades de prevenirlos o tratarlos (figura 1). Por otra parte, clasifica los materiales desplazados como rocas o suelos, según su tamaño promedio antes de su movilización, sea el de masas firmes o de fragmentos de diferente tamaño de tales materiales, y a su vez clasifica los suelos como tierras o detritos, de tal manera que el tamaño “tierras” corresponde al material en el cual 80 % o más de las partículas son más pequeñas de 2 mm (límite superior del tamaño de la arena) y el tamaño “detritos” contiene una proporción significativa de material grueso; 20 a 80 % de las partículas son más grandes de 2 mm y el resto más pequeñas. (Olarte, 2017)

Por otro lado teniendo en cuenta el tipo de movimiento y el tipo de material, utiliza términos compuestos como caída de rocas o flujo de detritos. Como factores complementarios de

clasificación, emplea la velocidad del movimiento y el contenido de agua, aire o hielo. Este autor es el primero que contempla los movimientos complejos, para referirse a combinaciones de los movimientos básicos. (Olarte, 2017)

Clasificación cinemática de los movimientos en masa según Varnes (1978): a) caída, b) volcamiento, c) deslizamiento, d) propagación lateral y e) flujo.

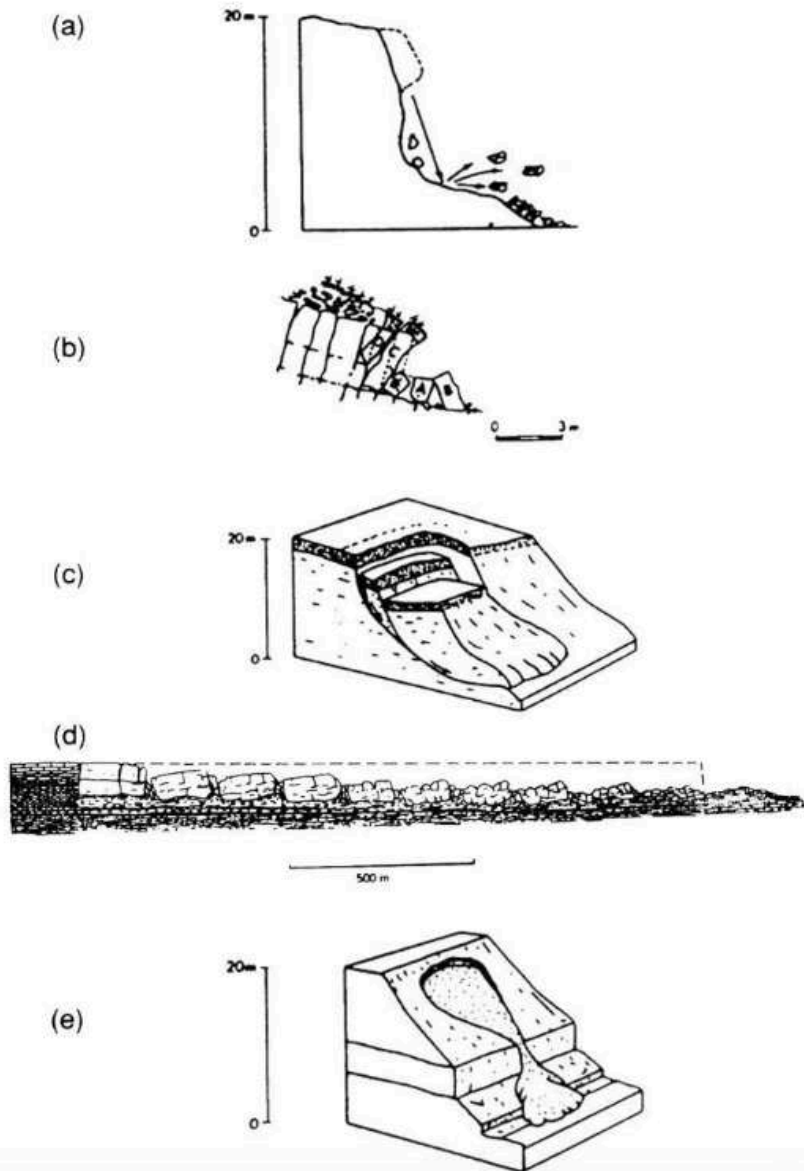


Ilustración 3 Clasificación de movimiento en masa y su distribución en diferentes terrenos geológicos de Colombia.

Fuente: Cruden & Varnes 1996.

7.9.4. Clasificación de Hutchinson

Hutchinson contribuyó al desarrollo de la terminología de los movimientos en masa a través de sus clasificaciones publicadas en 1968 y 1988, con aplicación principalmente en el ambiente alpino y glaciar del medio europeo. En la clasificación de 1988, su interés se centró en interpretar los procesos en cuanto a sus rasgos geológicos y geomorfológicos y su aplicación en análisis geotécnicos, y contribuyó a la comprensión de procesos de inestabilidad de escala regional asociados a hundimientos profundos de montañas (sagging) en las laderas de las montañas en Europa, Norteamérica y otras regiones. Posteriormente, colaboró con Cruden & Varnes (1996) al desarrollo más reciente sobre la terminología y caracterización de los deslizamientos –publicado en inglés–, y con Hungr y su grupo canadiense (2001) en una tarea similar relacionada con los movimientos en masa del tipo flujo. (Olarte, 2017)

Hutchinson reconoce ocho grupos de movimientos de laderas: rebote, creep, hundimientos profundos de montañas, deslizamientos, movimientos de detritos de tipo flujo, volcamientos, caídas y movimientos complejos. En su clasificación abarca dos temas: una correlación de los movimientos con las características geológicas e hidrogeológicas que los controlan, lo cual contribuye a entender los mecanismos, y una propuesta de clasificación geotécnica de los movimientos de taludes, que facilita enormemente la modelación de los movimientos. En esta publicación solo hace referencia al primer aspecto mencionado. (Olarte, 2017)

Considera ocho tipos y 29 subtipos de movimientos, con subniveles dentro de cada subtipo, y tiene en cuenta factores de litología, estructuras geológicas, hidrogeología, topografía, clima, vegetación, sismicidad y erosión, y presta especial atención a la evolución morfológica de los taludes involucrados, con alguna consideración sobre los mecanismos, tipos de materiales y tasas de movimiento. Tiene en cuenta clasificaciones anteriores, como la de Varnes (1978), en aspectos tales como la tasa de movimiento y excluye movimientos de gran escala que

involucran tectónica de gravedad; tampoco considera movimientos en masa que involucran subsidencia y otros tipos de hundimientos, ni fenómenos de transporte en masa o avalanchas de nieve. (Olarte, 2017)

Tabla 4 Clasificación de Hutchinson

A	<p>Rebote (rebound)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Movimientos asociados con excavaciones antrópicas. 2. Movimientos asociados con erosión de valles.
B	<p>Creep</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Superficial, predominantemente estacional o creep del manto superficial. 2. Profundo, continuo o de masa. 3. Prefalla o creep progresivo. 4. Posfalla.
C	<p>Hundimientos profundos de laderas de montañas (Sagging of mountain slopes)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Asociados con la etapa inicial de un deslizamiento. 2. Asociados con la etapa inicial de deslizamientos dobles que permiten la expansión y el hundimiento en el centro de la montaña. 3. Asociados con volcamiento múltiple.
D	<p>Deslizamientos(Landslides)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Fallas confinadas en taludes: naturales y hechos por el hombre. 2. Rotacionales: único, sucesivo y múltiple. 3. Compuestos: liberado por cizallamiento interno en materiales moderadamente frágiles o muy frágiles y con mecanismo progresivo. 4. Traslacionales: láminas, lajas, turba, rocas (planar, escalonado, cuña), detritos y fallas por propagación repentina.
E	<p>Movimientos de detritos del tipo flujo (Debris movements of flow-like form)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Flujo de lodo (no periglacial). 2. Flujo de lodo periglacial (geliflucción de arcillas). 3. Deslizamientos tipo flujo (Flowslide). 4. Flujos de detritos. 5. Avalanchas de rocas (Sturzstroms).
F	<p>Volcamientos (Topples)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Delimitados por discontinuidades preexistentes. 2. Liberados por fallas de tensión en la parte superior de una masa.
G	<p>Caídas (Falls)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Primaria, que involucra la roca desalojada inicialmente (rocas y suelos). 2. Secundaria, involucra el material caído previamente, que se desprende desde otro sitio.
H	<p>Movimientos complejos de taludes (Complex slope movements)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Combaduras y pandeos o abultamientos de valles (Cambering and valley-bulging).

2. Movimientos de laderas del tipo Bloque (Block-type slope movements).
3. Acantilados o farallones de arcilla abandonados (Abandoned clay cliffs).
4. Deslizamientos que irrumpen en la pata de deslizamientos de lodo o flujos (Landslides breaking down into mudslides or flows at the toe).
5. Deslizamientos causados por erosión asociada a filtración (Slides caused by seepage erosion).
6. Deslizamientos en varios niveles (Multi-tiered slides).
7. Deslizamientos de varios pisos (Multi-storeyed slide).

Fuente: Hutchinson 1988. (Olarte, 2017)

7.10. TIPOS Y SUBTIPOS DE MOVIMIENTOS PROPUESTOS POR CRUDEN & VARNES

7.10.1. Caída

Según Cruden & Varnes es la separación de una masa ya sea de roca o suelo de un talud empinado, a lo largo de una superficie sobre la cual se puede presentar o no desplazamiento por cortante. Una vez ocurrido el desprendimiento, el material desciende a través del aire, principalmente en caída libre, rebotando o rodando.

La caída es un tipo de movimiento muy rápido a extremadamente rápido. Exceptuando el caso de que la masa haya sido desestabilizada por eliminación de soporte inferior por excavación o erosión por ejemplo, la caída puede estar precedida de pequeños deslizamientos o volcamientos que separa la masa desplazada del material in situ no perturbado.

7.10.2. Volcamiento

Comprende la rotación hacia delante de una masa de roca o suelo en una ladera, alrededor de un pivote o eje, por debajo del centro de gravedad de la masa que se desplaza (Varnes 1978; Cruden & Varnes 1996). Se consideran tres tipos:

7.11. TIPOS Y SUBTIPOS DE MOVIMIENTOS PROPUESTOS POR HUTCHINSON (1988).

7.11.1. Rebote Elástico

Se refiere a un tipo de movimiento en masa que ocurre en el fondo de valles o de excavaciones originado por un proceso natural o artificial de descarga del terreno, al inicio la zona descargada responde elásticamente y luego se expande con lentitud hacia arriba y hacia

los lados, permitiendo fracturas y otros cambios en la fábrica, con deterioro de la resistencia a causa de meteorización acelerada. (Olarde, 2017)

7.11.2. Creep

Se define como un movimiento imperceptible, salvo periodos largos de observación y medición, para el caso de un creep profundo, se considera que el movimiento es esencialmente a esfuerzo constante a diferencia del creep superficial, en donde tiende a ser difuso pues no se concentra a lo largo de superficies de falla definidas. (Olarde, 2017)

7.11.3. Hundimientos profundos en laderas de montañas

Son grandes deformaciones que afectan las crestas de las cordilleras del mundo y otras, asociadas a cumbres de cordilleras abruptas, donde se forman gran variedad de escarpes y hundimientos, relacionados en algunos casos con crestas dobles y pequeños lagos en la cima formados a partir de desplazamientos individuales de grandes masas expuestas en las laderas, a lo largo de escarpes de varios metros y decenas de metros, en muchos casos sin evidencia de movimientos recientes excepto tal vez por abultamientos o protuberancias en la parte baja de las laderas. Por estas razones y la carencia de datos del subsuelo, los investigadores no asocian el origen de estos procesos a deslizamientos. (Olarde, 2017)

Para Hutchinson, este tipo de deformaciones se desarrolla mejor en rocas con marcada anisotropía de su resistencia, como shales, filitas, pizarras, granulitas, esquistos y neis. Pero también son comunes en rocas ígneas graníticas e intrusiones básicas dispuestas en capas. (Olarde, 2017)

7.11.4. Deslizamiento

Se definen como movimientos relativamente rápidos pendiente abajo de suelo o roca a lo largo de una o más superficies discretas que delimitan la masa movilizada en el proceso. Se considera que los deslizamientos comprenden una etapa inicial de falla, seguida de un

recorrido, Hutchinson incluye aquellos movimientos en los cuales la geometría de la superficie de falla es identificable y el recorrido moderado esto para facilidad en la clasificación que se de en estos dos aspectos. (Olarte, 2017)

Resulta muy interesante su planteamiento, que concuerda muy bien con la realidad: “Tanto los suelos como las rocas son predominantemente friccionantes y su resistencia por lo tanto tiende a incrementarse con la profundidad proporcionalmente a la presión efectiva de la sobrecarga. En consecuencia, el desarrollo de deslizamientos con superficies de falla profundas es poco frecuente, salvo el caso de algunos deslizamientos rotacionales y compuestos que se menciona más adelante, y la mayoría de los deslizamientos son relativamente superficiales y traslacionales por naturaleza” (Olarte, 2017)

7.11.4.1. Falla confinada

En muchos materiales pueden presentarse fallas parciales de estilo progresivo tanto en laderas como en taludes artificiales. En ambos casos se presenta un escarpe superior a partir del cual se desarrolla una superficie de falla pendiente abajo; sin embargo, en el caso de la falla confinada, la superficie de falla no se desarrolla en forma continua hasta la pata, debido a que el movimiento de la parte superior de la masa potencial de deslizamiento es absorbido por compresión y débil abultamiento en su parte más baja. (Olarte, 2017)

Algunos ejemplos de fallas confinadas

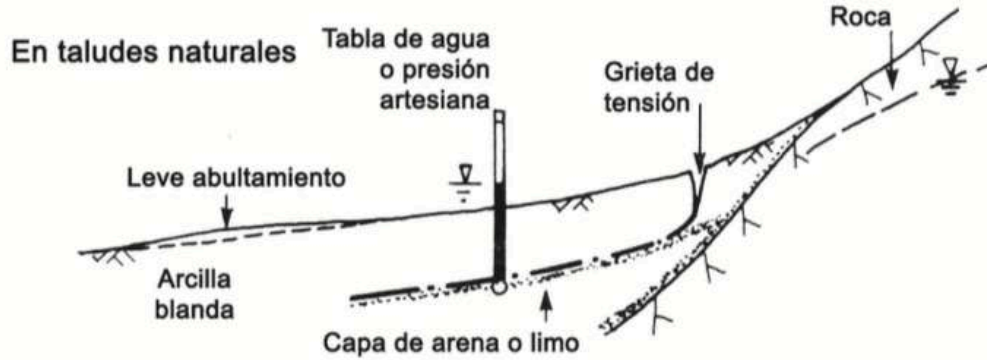


Ilustración 4 Falla confinada en laderas naturales
Fuente: Hutchinson 1988. (Olarte, 2017)

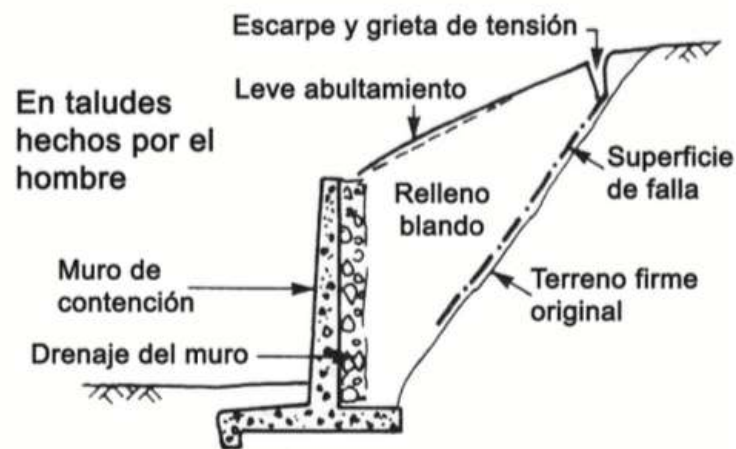


Ilustración 5 Falla confinada en talud artificial
Fuente: Hutchinson 1988. (Olarte, 2017)

7.11.4.2. Deslizamiento rotacional (hundimientos-slump)

Este tipo de movimiento con superficie de falla profunda (en contra de la tendencia general, junto con algunos deslizamientos compuestos) ocurre en taludes conformados por capas gruesas homogéneas de arcilla o shale. También se presenta en materiales granulares o en macizos de roca muy fracturada, en los cuales la presión de poros es suficientemente alta para generar una falla rotacional en vez de una traslacional.

Las fallas rotacionales también pueden presentarse en taludes de roca altamente meteorizada (Hoek & Bray 1977). La falla se desarrolla a una velocidad moderada por cortante a lo largo de

una superficie de deslizamiento curvada y cóncava hacia arriba. Debido a esa concavidad, en la rotación la superficie de la masa inestable se inclina hacia atrás, lo que permite un hundimiento en la zona adyacente a la corona y un ligero levantamiento en la pata. En la zona hundida adyacente al escarpe superior se pueden formar empozamientos. (Olarte, 2017)

Según Skempton & Hutchinson (1969), las fallas de tipo profundo descritas tienen una relación D/L entre 0,15 y 0,33, donde D es la profundidad de la superficie de falla y L su longitud. (Olarte, 2017)

Hutchinson (1988) reconoce tres tipos de deslizamiento rotacional:

7.11.4.3. Deslizamiento rotacional individual (single rotational step).

Posee una superficie de falla única, cóncava hacia arriba, sobre la cual la masa deslizada se mueve como una unidad coherente. Puede presentarse como una falla de talud, una falla de pata –la más frecuente– o una falla de base o ruptura de base, debida esta última a la presencia de un nivel duro por debajo del nivel inferior de una excavación, como parte de una secuencia de capas de diferente competencia.



Ilustración 6 Deslizamiento rotacional individual

Fuente: Hutchinson 1988. (Olarte, 2017)

7.11.4.4. Deslizamiento rotacional sucesivo.

Es la sucesión de movimientos rotacionales relativamente superficiales dispuestos cabeza a pie sobre una ladera, y por lo general de tipo retrogresivo. En conjunto son solo moderadamente profundos y se relacionan más con el manto de meteorización que con

estructuras profundas de roca. Tienden a ser bastante anchos y forman un patrón escalonado uniforme a través del talud afectado, pero en algunos casos los cuerpos deslizantes se distribuyen irregularmente, formando un mosaico más que un patrón escalonado. Hutchinson considera este tipo de fallas como la última etapa de degradación de colinas de pendiente muy suave, constituidas por arcillas fisuradas del Eoceno (en referencia a Arcillas de Londres del Eoceno) (Olarte, 2017)



Ilustración 7 Deslizamiento rotacional sucesivo

Fuente: Hutchinson 1988. (Olarte, 2017)

7.11.4.5. Deslizamiento rotacional múltiple (múltiple rotational slip).

En algunos casos, debido a la retrogresión de deslizamientos rotacionales individuales, se pueden generar dos o más bloques deslizantes, cada uno con superficie cóncava hacia arriba, tangencial a una superficie de falla común relativamente profunda. Este tipo de movimientos es por lo general de gran escala y característico en situaciones en las cuales estratos subhorizontales constituidos de arcillas firmes o shales fisurados se apoyan sobre un estrato más competente (límite rígido inferior) y están superpuestos por un estrato de roca relativamente dura fracturada (roca de tapa). (Olarte, 2017)

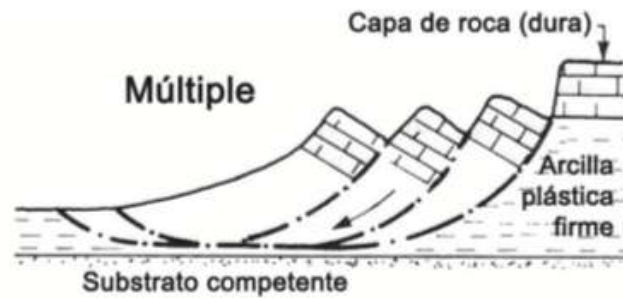


Ilustración 8 Deslizamiento rotacional múltiple.

Fuente: Hutchinson 1988. (Olarte, 2017)

7.11.4.6. Deslizamiento traslacional

Según Hutchinson (1988), este tipo de deslizamiento involucra falla por cortante a lo largo de una superficie casi planar en el sentido de la ladera, a veces canalizada en sección transversal. El material se desplaza en forma casi paralela a la pendiente del terreno y la relación D/L es de 0,1 o menos. (Olarte, 2017)

Los tipos más frecuentes de deslizamiento traslacional se describen a continuación.

7.11.4.7. Deslizamiento traslacional de láminas

Se presenta generalmente en taludes compuestos de materiales secos no cohesivos (dunas, por ejemplo) que se encuentran próximos a su ángulo de reposo.

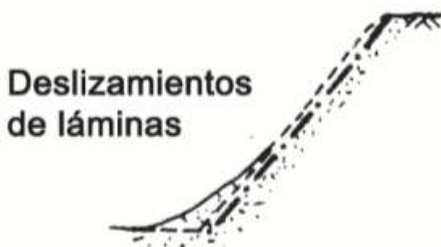


Ilustración 9 Deslizamiento traslacional de láminas

Fuente: Hutchinson 1988. (Olarte, 2017)

7.11.4.8. Deslizamiento traslacional de losas o de escamas.

Término dado por Hutchinson para citar al deslizamiento en láminas de suelo arcilloso algo compacto (ejemplo, arcilla especialmente de Londres) expuestas en laderas de pendiente de 8

a 10 grados. Cuando se refiere a escamas es cuando el material firme que se desplaza, se mueve sobre una zona relativamente más blanda. Estos procesos pueden ser retrogresivos o progresivos. (Olarte, 2017)



Ilustración 10 Deslizamiento traslacional de losas o escamas.

Fuente: Hutchinson 1988. (Olarte, 2017)

7.11.4.9. Deslizamiento traslacional de turba.

Ocurre en zonas de pantanos con una superficie de falla definida por algún tipo particular de minerales en la base de la turba o algún material diferente. (Olarte, 2017)

7.11.4.10. Deslizamiento traslacional de roca.

Son Deslizamientos traslacionales relativamente monolíticos de bloques de roca que se desplazan sobre discontinuidades planares, tales como planos de estratificación o de diaclasas, clivaje o foliación. En estos deslizamientos, por lo general, los planos de falla están dispuestos en forma paralela a las laderas. (Olarte, 2017)

Pueden ser: Deslizamientos traslacional planar, deslizamientos traslacional planar escalonado o deslizamientos traslacional planar de cuñas.

7.11.4.11. Deslizamiento traslacional de detritos.

Ocurre en el manto de detritos acumulado sobre una ladera. La masa que se desliza es de baja cohesión y tiende a sufrir considerable distorsión y disgregación durante el movimiento. La velocidad del movimiento y el nivel de recorrido tienden a incrementarse con la inclinación del talud y a decrecer con el contenido de arcilla. Hutchinson reconoce dos variedades: no periglacial y periglacial. (Olarte, 2017)

7.11.4.12. Deslizamiento compuesto

Se caracteriza por una superficie de falla no circular, en la cual se combina un escarpe superior pronunciado, curvado o planar, seguido de una superficie relativamente plana. A veces la superficie de falla tiene también una terminación ascendente en el pie. (Olarte, 2017)

En contraste con la falla circular o planar en las cuales el movimiento, puede iniciarse sin distorsión de la masa deslizante, el deslizamiento compuesto está bloqueado en el sitio debido a la geometría de la superficie de falla, de tal manera que la masa se mueve solo cuando se desarrolla un mecanismo cinemática mente admisible, que permita desplazamientos internos y cizallamiento. (Olarte, 2017)

Los deslizamientos compuestos reflejan por lo general la presencia de alguna heterogeneidad por debajo del talud, puede ser una capa débil o el contacto entre roca meteorizada y roca fresca. Estos deslizamientos son intermedios en sus proporciones generales y la relación D/L se sitúa entre la que corresponde a deslizamientos rotacionales y la de los deslizamientos traslacionales. (Olarte, 2017)

7.11.4.12.1. Deslizamiento compuesto progresivo

Presenta un mecanismo de falla progresiva, corresponde a una falla rotacional en la corona seguida de una extensa falla traslacional de la masa restante. Este mecanismo podría aplicar al caso de muchos deslizamientos en rocas lodosas de Colombia. (Olarte, 2017)

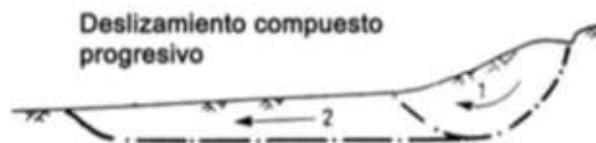


Ilustración 11 Deslizamiento compuesto progresivo
Fuente: Hutchinson 1988. (Olarte, 2017)

8. ESTADO DEL ARTE

8.1. EL RIESGO DE LOS MOVIMIENTOS DE LADERA EN LA PLANIFICACIÓN DEL TERRITORIO. ESTUDIOS DE CASO EN TOSCANA (ITALIA)

Trabajo Fin de Máster de la Universidad Complutense de Madrid - España en 2016, realizado por Mamposo Terremocha, Mario. El objetivo del artículo es analizar y evaluar la incidencia de las políticas en la planificación territorial y la gestión de los movimientos de ladera en Toscana, a partir de la presentación de tres estudios de caso de desastres naturales provocados por deslizamientos de tierra. (Terremocha, 2016)

8.1.1. *Labores realizadas*

- ✓ Estudio bibliográfico apoyado de fuentes científico - académico.
- ✓ Trabajo de campo
- ✓ Planificación de rutas de cada deslizamiento
- ✓ Observación del estado de cada ladera.
- ✓ Relación entre la normativa de los planes y la cartografía de peligrosidad y riesgos de cada deslizamiento.
- ✓ Material fotográfico.
- ✓ Medidas estructurales ejecutadas en cada zona.

8.1.2. *Metodología realizada*

La metodología que realizó el autor fue la siguiente:

- ✓ Análisis de trabajos de investigación publicados referidos a movimientos de la ladera y su gestión

- ✓ Selección de casos de estudio
- ✓ Análisis de documentos normativos y de planificación
- ✓ Trabajo de campo
- ✓ Análisis de los casos de estudio

8.1.3. Resultados

En contexto físico de la región Toscana, al igual que el del resto de Italia, presenta todos los condicionantes necesarios para que se produzcan numerosos movimientos de ladera, junto con las dinámicas territoriales experimentadas en la segunda mitad del siglo XX, abandono de actividades rurales, aumento de la urbanización, construcción de infraestructuras de comunicación y abastecimiento, etc. han aumentado la exposición y vulnerabilidad al riesgo de dichos movimientos causado graves daños económicos, sociales y ambientales, con tiempos de recuperación muy largos y costosos. (Terremocha, 2016)

Concluye que a pesar que las zonas de estudio cuenta con una legislación y planificación que abordan el riesgo de movimientos de ladera, la gestión que se ha realizado por parte de las administraciones públicas es inadecuada ya que de estos instrumentos como la región, las provincias o los municipios conlleva a no mitigar el riesgo hacia unos niveles aceptables para la población y sus actividades. (Terremocha, 2016)

8.2. TÉCNICAS DE MITIGACIÓN PARA EL CONTROL DE DESLIZAMIENTOS EN TALUDES Y SU APLICACIÓN A UN CASO ESPECIFICO

Trabajo de grado de la Universidad de el Salvador Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela de Ingeniería Civil, San Salvador Octubre 2006, realizado por José Alberti Arroyo; Rodolfo Canales Bernal; Brenda Elizabeth Sandoval. El objetivo del artículo es describir las diferentes técnicas de mitigación en taludes para el control de deslizamientos en taludes y aplicarlas para la solución de un problema específico.

(taludes, 2013)

8.2.1. *Labores realizadas*

- ✓ Recopilación de información
- ✓ Visitas y observaciones realizadas en campo
- ✓ Elaboración de formulario de evaluación
- ✓ Selección y aplicación de la técnica al caso correspondiente.

8.2.2. *Metodología realizada*

La metodología que realizaron los autores fue la siguiente:

- ✓ Definición de conceptos relacionados a la gestión de riesgos por deslizamientos en taludes.
- ✓ Descripción de diferentes tipos de deslizamientos en taludes y sus causas.
- ✓ Descripción de los procedimientos constructivos de las diferentes técnicas de mitigación ante deslizamientos en taludes.
- ✓ Elaboración de una herramienta sencilla que permita determinar el estado general de estabilidad de un talud
- ✓ Aplicación de las técnicas de mitigación ante deslizamientos en taludes, con base al tipo de material del talud y de su geometría.
- ✓ Elaboración de una carpeta técnica con las alternativas de las medidas de mitigación propuestas con base a los resultados obtenidos. (taludes, 2013)

8.2.3. *Resultados*

Concluyen que la implementación de las diferentes técnicas de mitigación implican altos costos económicos, debido al avanzado proceso de deterioro de los taludes o a la compleja situación de los asentamientos urbanos, por lo que se debía realizar un estudio técnico-económico de la viabilidad de ejecución, y considerar otras opciones, como la reubicación de

los asentamientos urbanos. Resultando para ese caso específico que la técnica de recubrimiento con mortero resulta ser el más viable económicamente, aunque requiere de un tiempo de ejecución mayor debido al proceso manual de aplicación del mortero. (taludes, 2013)

A demás dicen que la elección de una medida de mitigación en un talud es totalmente condicionada por la estabilidad geotécnica del mismo, por lo que deben estudiarse los parámetros geotécnicos del lugar y no generalizar las soluciones. (taludes, 2013)

8.3. ANÁLISIS DESCRIPTIVOS DE PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA EN BOGOTÁ

Artículo publicado por la revista Obras y Proyectos # 18 de la ciudad de Bogotá y publicado en el año 2015, realizado por los ingenieros Alfonso M. Ramos C.1, Mario Germán Trujillo-Vela1 y Luis Felipe Prada S de la Pontificia Universidad Javeriana departamento de Ingeniería. El objetivo del artículo es tener mayores insumos para mejorar el entendimiento del problema de los procesos de detonación de los deslizamientos y los factores que influyen sobre estos. (Ramos, Trujillo, & Prada, 2015)

8.3.1. Labores realizadas

- ✓ Recopilación de información a partir de informes técnicos elaborados por el Instituto Distrital de Gestión del Riesgo y Cambio Climático IDIGER (antiguo FOPAE) entre 1996 y 2013
- ✓ Clasificación de información
- ✓ Elaboración de formulario de evaluación
- ✓ Selección y aplicación de la técnica al caso correspondiente.

8.3.2. Metodología realizada

La metodología que realizaron los autores fue la siguiente:

- ✓ Filtración de la base de datos suministrada en función del tipo de riesgo (movimientos en masa) consignado en el inventario.
- ✓ Generación de una nueva base de datos con una estructura sistemática y compacta.
- ✓ Registró del número del diagnóstico técnico correspondiente a cada evento
- ✓ Recopilación de la información geotécnica relativa al tipo de movimiento
- ✓ Análisis de la información
- ✓ Elaboración de base de datos correspondiente al evento de movimiento en masa en Bogotá.

(Ramos, Trujillo, & Prada, 2015)

8.3.3. Resultados

Concluyeron en su investigación que la mayoría de los movimientos en masa se registraron en las localidades que tienen zonas de altas pendientes como Ciudad Bolívar, San Cristóbal, Rafael Uribe, Usme, Santa Fe y Usaquén. Donde estos eventos se han asociado tanto a la precipitación acumulada como a la intervención antrópica, representada en la ejecución de excavaciones, rellenos y autoconstrucción de viviendas carentes de diseños técnicos adecuados que aumentan la susceptibilidad de las laderas. (Ramos, Trujillo, & Prada, 2015)

Determinaron que el factor que puede tener mayor influencia en la generación de los procesos de remoción en masa para Bogotá es la lluvia acumulada y recomendando el uso de la base de datos realizada por los autores con el fin de generar umbrales de lluvia asociados a deslizamientos, para implementar en el futuro sistemas de alerta temprana en la ciudad. (Ramos, Trujillo, & Prada, 2015)

Mencionan que las laderas cubiertas con árboles es donde menos se presentan

deslizamientos, a diferencia de suelos cubiertos por arbustos y gramíneas. Y que para Bogotá, la frecuencia de deslizamientos en función del ángulo de inclinación del talud puede ajustarse con una ley de crecimiento exponencial, en donde la mayor cantidad de eventos se presentan en pendientes por encima de los 40°. Y asocian los fenómenos a la caída de bloques, volcamientos y flujos de material desagregado registrados en las zonas de la ciudad donde también es evidente la intervención antrópica que desencadena el aumento de la susceptibilidad de las laderas. (Ramos, Trujillo, & Prada, 2015)

8.4. ANÁLISIS DE UMBRALES DE PRECIPITACIÓN DE PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA, EN LADERAS URBANIZADAS DE LA COSTA DE CHILE CENTRO-SUR

Artículo publicado por la revista Colombiana de Geografía y publicado en el año 2015, realizado por el Geógrafo Pablo Andrés López Filun de la Universidad Católica de Chile. El objetivo del artículo es el análisis del registro histórico de precipitación en 24 horas, asociado a procesos de remoción en masa, desencadenados durante 1990-1999 y 2000-2013, en laderas urbanizadas de la ciudad de Talcahuano, Chile centro-sur, para lo cual analizó umbrales de precipitación, mediante la relación intensidad-duración (I-D) y determinó el periodo de retorno y la probabilidad de excedencia.

(Filun, 2015)

8.4.1. Metodología realizada

- ✓ Registro de precipitación, en 24 horas, de los procesos de remoción en masa, desencadenados en los periodos 1990-1999 y 2000-2013.
- ✓ Evaluación de la probabilidad de excedencia asociada a un periodo de retorno
- ✓ Determinación de las precipitaciones máximas registradas de cada evento.
- ✓ Determinación de la cantidad de precipitación asociada al periodo de retorno

- ✓ Registro de precipitaciones en 24 horas, ajustado a la función de distribución de Gumbel
- ✓ Comprobación a través del test de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov
- ✓ Determinación de la intensidad-duración de la precipitación para periodos de tiempo de 2, 4, 6, 8, 12 y 24 horas, según la cantidad de precipitación en 24 horas, registrada para cada evento histórico en los periodos 1990-1999 y 2000-2013
- ✓ Creación de umbrales críticos de precipitación según los criterios de Caine.

(Filun, 2015)

8.4.2. Resultados

El autor identificó que existe el 75% de probabilidad de que, en un periodo de retorno de 4 años se precipite una cantidad menor o igual a los 85,1 mm y los 84,8 mm en 24 horas, de precipitación excediendo el promedio de precipitación en 24 horas desencadenando procesos de remoción en masa, bajo las mismas condiciones climáticas los periodos estudiados. (Filun, 2015)

La estimación de umbrales asociada a los procesos de remoción en masa desencadenados en los periodos 1990-1999 y 2000-2013, determinó que las intensidades de precipitación concentradas en un lapso menor a 4 horas, era el periodo crítico de desestabilización, donde determinó como umbral local crítico a intensidades que bordearon los 24,5 mm y los 26,3 mm, precipitación que sería necesaria para alcanzar un punto crítico de saturación y romper el equilibrio de laderas urbanizadas, en ambientes mediterráneos. (Filun, 2015)

Indico que la información encontrada fuera apoyada con estudios de susceptibilidad, para estimar la frecuencia del desarrollo de dichos procesos de remoción, a través de mapas de inventario y estudios de factores físico-naturales para la evaluación de la estabilidad de la ladera. (Filun, 2015)

8.5. METODOLOGÍA PARA ELABORAR MAPAS DE SUSCEPTIBILIDAD A PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA, ANÁLISIS DEL CASO LADERA SUR DE TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS

Artículo publicado por la revista Investigaciones Geográficas y publicado en el año 2017, realizado por los ingenieros J. A. Paz Tenorio, R. González Herrera, M. Gómez Ramírez y J. A. Velasco Herrera de la Universidad Nacional de México. El objetivo del artículo es la elaboración del Mapa de Amenazas por Procesos de Remoción en Masa (PRM) a partir del método heurístico con combinación de análisis multicriterio, para determinar cinco niveles de amenaza en la zona urbana, abarcando porcentajes de: muy baja 5%, baja 27.1%, media 39.3%, alta 15.3% y muy alta 13.3%, donde la última fue la que se distribuyó en su mayor parte en los depósitos de talud, alrededor de la Mesa de Copoya, confirmando una situación de máximo peligro. (Tenorio, Herrera, & Herrera, 2017)

8.5.1. *Labores realizadas*

- ✓ Recorridos de campo en la zona de estudio.
- ✓ Recopilación de información.

(Tenorio, Herrera, & Herrera, 2017)

8.5.2. *Metodología realizada*

- ✓ Uso del método heurístico y el análisis multicriterio.
- ✓ Priorización de las variables a emplear para el caso de Tuxtla Gutiérrez.
- ✓ Jerarquización de criterios.
- ✓ Construcción de la retícula de 1 000 x 1 000 m.
- ✓ Generación de un centroide para aplicar el proceso de interpolación y generar las isolíneas.
- ✓ Obtención de los valores normalizados y el Índice de Consistencia (IC) y la Relación de Consistencia (RC).

- ✓ Revisión de imágenes de Google Earth de los años 2006, 2008 y 2010 y ortofoto de alta resolución.
- ✓ Definición de cinco capas de información, una por cada variable, para que al resultado final se le sobreponga los eventos registrados en los últimos nueve años.
- ✓ Generación de la matriz de preferencia sobre los criterios seleccionados para obtener la ponderación de las cinco variables elegidas.

(Tenorio, Herrera, & Herrera, 2017)

8.5.3. Resultados

Los autores resaltan que con base a los resultados de los trabajos de campo y analíticos con técnicas SIG. que realizaron, ayudo para que propusieran una metodología para la construcción de mapas ya a partir del método heurístico con combinación de cinco mapas cualitativos que fueron la geología, edafología, pendiente, densidad de drenaje, uso de suelo y vegetación. (Tenorio, Herrera, & Herrera, 2017)

Presentaron para el caso de estudio de la ladera sur en Tuxtla Gutiérrez, cinco niveles de amenaza zona muy baja 5%, baja 27.1%, media 39.3%, alta 15.3% y muy alta 13.3%, siendo la última la que se distribuyó en su mayor parte en los depósitos de talud, confirmando la situación de máximo peligro. (Tenorio, Herrera, & Herrera, 2017)

Dicen que para Tuxtla Gutiérrez se calculo una población expuesta de aproximadamente 62.500 habitantes (11.6% del total) donde 537.102 habitantes estaban en el área urbana y que residen tanto en la parte sur de la ciudad como en 30 localidades rurales asentadas en los flancos de la mesa de Copoya. Y que la tendencia hasta ese momento era de crecimiento en la ciudad haciendo evidente la necesidad de ordenar y reglamentar las nuevas edificaciones. (Tenorio, Herrera, & Herrera, 2017)

Concluyendo que la ladera sur era inestable por naturaleza, y que en la ladera norte se

establecían complejos habitacionales que estaban modificando la geometría de la pendiente, lo que podía ser un factor detonador para la ocurrencia de movimiento en masa a corto y/o mediano plazo. (Tenorio, Herrera, & Herrera, 2017)

8.6. CARACTERÍSTICAS, DINÁMICA Y CAUSAS DEL MOVIMIENTO EN MASA DEL BARRIO EL SOCORRO (31 DE MAYO DE 2008) EN MEDELLÍN

Artículo publicado por la revista Escuela de Ingeniería de Antioquia (EIA) y publicado en el año 2008, realizado por el ingeniero Édier Aristizábal de la universidad Nacional de Colombia. El objetivo del artículo es describir las causas y dinámica del movimiento en masa del día 31 de mayo de 2008 en la parte alta del barrio San Pedro, sector Las Peñitas del municipio de Medellín, el cual dejó un saldo trágico de 27 personas muertas y 16 lesionadas, además de la destrucción de 20 viviendas del barrio El Socorro por ser uno de los eventos más trágicos en el valle de Aburrá en toda su historia. (Aristizábal, 2008)

8.6.1. Labores realizadas

- ✓ Recopilación de estudios previos del área, realizados por diferentes instituciones.
- ✓ Recorridos de campo para recolectar evidencia sobre el terreno e inspección visual
- ✓ Recolección de datos de precipitación de diferentes estaciones hidrometeorológicas de Empresas Públicas de Medellín (EPM) y del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM).

(Aristizábal, 2008)

8.6.2. Metodología realizada

- ✓ Caracterización del área del evento
- ✓ Caracterización y descripción de la dinámica predominante del evento y sus causas
- ✓ Evaluación de la influencia de la lluvia como elemento desencadenante.

(Aristizábal, 2008)

8.6.3. Resultados

El autor concluye que el evento se clasificó como un movimiento complejo tipo deslizamiento rotacional simple-flujo de escombros, que se desplazó con velocidades superiores a 5 m/s. Dice que con esas altas velocidades, sumadas al gran volumen de material movilizado e incorporado en el recorrido, fueron los principales causantes del alto número de víctimas. (Aristizábal, 2008)

Comentó que basado en inspección de campo y análisis de las series de lluvia en la ciudad de Medellín, se consideraron como principales causas del evento las pobres condiciones geomecánicas del material que conformaba el talud fallado y las condiciones hidrometeorológicas en los 15 días precedentes y 3 días antecedentes al día del evento en la ciudad, donde confirmó los umbrales de lluvia críticos propuestos para el departamento de Antioquia por Moreno et al. (2006), y los cuales utiliza el Sistema Municipal para la Prevención y Atención de Desastres de la ciudad de Medellín (SIMPAD) para la definición de alertas por movimientos en masa. (Aristizábal, 2008)

8.7. CAUSAS, CARACTERÍSTICAS E IMPACTO DE LOS PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA, EN ÁREAS CONTRASTANTES DE LA REGIÓN ANDINA.

Artículo publicado por la revista Colombiana de Geografía y publicado en el año 2014, realizado por Martin Mergili, Carla I. Marchant Santiago y Stella M. Moreiras de las universidades de Universidad de Viena, Viena – Austria, Universidad Austral de Chile, Valdivia – Chile y Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales (IANIGLA), CONICET, Mendoza – Argentina respectivamente donde el objetivo del artículo es comparar en profundidad las correspondientes causas, los mecanismos, las características y los impactos de los procesos de remoción en masa en dos áreas contrastantes de la región

Andina: en Colombia la región húmedo-tropical y en Argentina, la zona subtropical-árida del centro- occidente. (Mergili & Moreiras, 2014)

8.7.1. *Labores realizadas*

- ✓ Investigación primaria
- ✓ Revisión de desastres históricos producidos por eventos de remoción en masa

(Mergili & Moreiras, 2014)

8.7.2. *Metodología realizada*

- ✓ Revisión patrones generales de eventos históricos de remoción en masa en la región Andina y sus características climáticas, geológicas y antropogénicas.
- ✓ Estudio de los procesos de remoción en masa y su impacto en las áreas densamente pobladas de los Andes húmedos tropicales colombianos
- ✓ Estudio de los procesos de remoción en masa en los Andes áridos y semiáridos del centro de Argentina
- ✓ Estudio de remociones en masa y manejo de pendientes en zonas rurales

(Mergili & Moreiras, 2014)

8.7.3. *Resultados*

Los autores concluyeron que ambos ejemplos representaban interesantes puntos de contraste, desde el punto de vista climático como de densidad de población. Y que así mismo, presentaban contrastes marcados en gran parte de las variables geográficas, excepto por el relieve de alta montaña. (Mergili & Moreiras, 2014)

En su artículo mencionaban que en el aspecto sísmico las dos áreas eran igualmente activas y que la actividad sísmica era un factor desencadenante de remociones en masa, las precipitaciones eran, en ambos casos, el factor principal. Aunque los regímenes de lluvias, en Colombia y Argentina eran absolutamente diferentes; pues Colombia se registraba un mayor

número de remociones en masa durante los periodos La Niña, también válido para la parte occidental de los Andes en el centro de Argentina, pero durante los periodos de El Niño. (Mergili & Moreiras, 2014)

Coincidieron que en muchas de las actuales ciudades más grandes como en Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia, las áreas de montaña proveen condiciones favorables para la vida y las actividades económicas y donde se concentran una alta densidad poblacional. Mientras que por el contrario, en los Andes argentinos, donde la densidad poblacional era baja y las áreas de montaña eran vistas a menudo como espacios desfavorables, que tienen que ser superados para poder conectar las áreas metropolitanas en las tierras bajas. (Mergili & Moreiras, 2014)

8.8. EVALUACIÓN DE LESIONES ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS POR MOVIMIENTO EN MASA. CASO DE ESTUDIO BARRIO “LA ESMERALDA” DEL MUNICIPIO DE AMAGÁ EN COLOMBIA

Artículo publicado por la revista REHABEND 2018 Congress y publicado en el año 2018, realizado por los arquitectos Juan Carlos Ochoa, Henry carvajal y Hernán Cañola de la Universidad Nacional de Colombia los dos primeros y del Colegio Mayor de Antioquia. El objetivo del artículo es mostrar los resultados de la evaluación de las lesiones estructurales que presentaron las viviendas del barrio La Esmeralda, localizado en el Municipio de Amagá (Colombia) por un movimiento en masa del suelo. (Ochoa-Botero & Carvajal, 2018)

8.8.1. Labores realizadas

- ✓ Investigación primaria histórica y técnica.
- ✓ Visita a las viviendas

(Ochoa-Botero & Carvajal, 2018)

8.8.2. Metodología realizada

- ✓ Descripción y análisis de las lesiones en las viviendas.
- ✓ Clasificación y calificación del grado de afectación de la estructura.
- ✓ Sectorización de las áreas de mayor a menor deterioro.
- ✓ Determinación de la tendencia del movimiento del terreno.

(Ochoa-Botero & Carvajal, 2018)

8.8.3. Resultados

Los autores concluyeron que la metodología empleada permitió determinar el nivel de deterioro de las viviendas la cual era ascendente, siguiendo la pendiente del terreno, y determinando la zona más afectada. (Ochoa-Botero & Carvajal, 2018)

Mencionaban que la causa del movimiento se atribuía a las bajas características geomecánicas del suelo y el proceso de formación de los estratos superficiales, que correspondían a la extracción incontrolada de aguas subterráneas o por explotación minera.

(Ochoa-Botero & Carvajal, 2018)

Que en el borde de la quebrada La Ceibala se presentaban deslizamientos y movimientos del terreno des confinando la masa inestable principal, por la generación de movimientos de tipo rotacional, encontrando en esa zona los mayores grados de afectación en las viviendas.

(Ochoa-Botero & Carvajal, 2018)

Y que además el deterioro de la red de alcantarillado no solo producía filtraciones sino obstrucciones ayudando en la poca capacidad de los sumideros de las vías para desalojar los caudales de agua lluvia, sino que se dirigían hacia la quebrada la Ceibala coadyuvando en el progresivo deterioro de sus laderas. (Ochoa-Botero & Carvajal, 2018)

8.9. FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA. ACCIONES PARA REDUCIR LA VULNERABILIDAD Y EL RIESGO

Artículo publicado por la revista Vector y publicado en el año 2016, realizado por el Dr. Oscar Andrés Cuanalo Campos y MSc. Romel Jesús Gallardo Amaya de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña. El objetivo del artículo es presentar los conceptos característicos que definen el riesgo, teniendo como base metodológica la definición de los conceptos de amenaza y vulnerabilidad incluyendo su clasificación y los elementos de riesgo. (Campos & Gallardo, 2016)

8.9.1. Metodología realizada

- ✓ Definición de conceptos.
- ✓ Clasificación de la vulnerabilidad.
- ✓ Medidas propuestas para reducir el riesgo.
 - Procesos constructivos de estabilización (medidas estructurales).
 - Instrumentos de monitoreo y control (medidas instrumentales).
 - Medidas no estructurales

(Campos & Gallardo, 2016)

8.9.2. Resultados

Los autores concluyeron que en la gestión del riesgo de desastres asociados principalmente a fenómenos de remoción en masa, un componente importante sobre el que se puede actuar, es actuando sobre uno de los factores que conforman el riesgo, la vulnerabilidad mediante la implementación de medidas de tipo estructural y no estructural. (Campos & Gallardo, 2016)

Donde dicha reducción se puede realizar mediante la implementación de medidas de tipo correctivo, prospectivo o restrictivo, buscando intervenir en el nivel de exposición y fragilidad que se tenga ante una determinada amenaza por eventos de remoción en masa. Explicaban

que esas medidas también se podían implementar para incidir en el nivel de amenaza presente, de modo que se pudiera evitar o neutralizar dicho evento. (Campos & Gallardo, 2016)

Incluían en el artículo que las medidas de tipo instrumental como una forma de reducir el nivel de vulnerabilidad y riesgo tienen la ventaja de que permiten hacer monitoreo y seguimiento de la amenaza, teniendo de esta forma una herramienta de prevención ante la ocurrencia de un deslizamiento. (Campos & Gallardo, 2016)

A demás mencionaban que para el caso de eventos de remoción en masa, que tuvieran como factor detonante las condiciones hidrometeorológicas, la gestión del riesgo de desastres debe tener en cuenta que estos eventos se constituyen en un riesgo que puede ser recurrente, especialmente en muchas comunidades vulnerables ubicadas en zonas de ladera. Siendo importante para estos casos que las políticas institucionales deberían buscar potenciar la resiliencia de dichas comunidades; de modo que ellas puedan hacer frente de manera más efectiva y rápida a un evento de desastre. (Campos & Gallardo, 2016)

8.10. LA GESTIÓN COMUNITARIA DEL RIESGO

Artículo publicado por la revista Bitácora Urbano Territorial 30 y publicado en el año 2020, realizado por los ingenieros Edna Margarita Rodríguez, Hendys Paola Guzmán, Alejandro Ramírez Madrigal, Luis Alejandro Rivera Flórez y Carlos Alberto Velásquez de la Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia. El objetivo del artículo es presentar una experiencia de gestión comunitaria del riesgo en el barrio El Pacífico (Comuna 8, Medellín) para la construcción de un plan comunitario de gestión de riesgos. (Rodríguez, Guzmán, Madrigal, & Flórez, 2020)

8.10.1. Labores realizadas

- ✓ Recorridos de campo.

- ✓ Entrevistas semiestructuradas.

(Rodríguez, Guzmán, Madrigal, & Flórez, 2020)

8.10.2. Metodología realizada

- ✓ Contextualización: reconocimiento de las características físico-espaciales del territorio.
- ✓ Implementación de la Escuela de Gestión Comunitaria del Riesgo en el barrio El Pacífico: desarrollando encuentros de educación popular frente a la gestión del riesgo y sus implicaciones prácticas en el territorio.
- ✓ Construcción participativa del Plan Comunitario de Conocimiento y Reducción del Riesgo de Desastres a través de tres elementos centrales: los procesos de conocimiento, reducción de riesgos y manejo de la emergencia.
- ✓ Análisis y estructuración del Plan Comunitario de Conocimiento y Reducción de Riesgo de Desastres, articulado a los ejercicios de planificación local (desarrollo y ordenamiento territorial).
- ✓ Elaboración de informes técnicos y comunitarios para la socialización del Plan a la comunidad a nivel barrial y comunal.

(Rodríguez, Guzmán, Madrigal, & Flórez, 2020)

8.10.3. Resultados

Los autores concluyen que al analizar la justicia espacial y ambiental se permite entrever las inequidades manifiestas en la configuración socio espacial de los territorios. Donde estas a su vez, se traducen en prácticas institucionales de redistribución de las problemáticas ambientales de un territorio urbano en función de las condiciones socioeconómicas de las diferentes comunidades que lo habitan y de vulneración, de las posibilidades que un grupo humano tiene de habitar un espacio socialmente construido, en donde los costos de adquisición de vivienda y servicios públicos domiciliarios son asequibles en relación con sus ingresos económicos. (Rodríguez, Guzmán, Madrigal, & Flórez, 2020)

Aseguran que en el caso del barrio El Pacífico, estas problemáticas se agudizan al considerar las condiciones de la habitabilidad en espacios de alta pendiente y sus implicaciones para las construcciones barriales y comunitarias, aunado a las dificultades para acceder a los servicios públicos domiciliarios y a los constantes intentos de desalojo de la comunidad por parte de la administración municipal. (Rodríguez, Guzmán, Madrigal, & Flórez, 2020)

En cuanto a la problemática estructural los autores dicen que puede ser enfrentada mediante diferentes mecanismos de intervención, reforzando los vínculos comunitarios y el tejido social que han generado sus pobladores, en cuanto a el POT., encontraron que en razón de la distribución inequitativa de los recursos para la comunidad en relación con el uso del suelo (urbano-rural), se convierte en lo contrario a una herramienta diseñada para organizar el territorio y la resiliencia, pero si produciendo un impacto negativo en la justicia ambiental y, por ende, genera condiciones de vulnerabilidad y riesgo en el barrio, relegándolo a una especie de limbo espacial; y a su vez, reafirman los autores la poca intención por parte de la Alcaldía Municipal por desarrollar procesos para construir resiliencia y aumentar las capacidades barriales de adaptabilidad. (Rodríguez, Guzmán, Madrigal, & Flórez, 2020)

Los autores agregan que la gestión comunitaria del riesgo, la educación popular es una herramienta clave para asumir los desafíos enfrentados por las comunidades periféricas en contextos de ladera, y que los resultados observados en El Pacífico sugieren que la combinación de estos elementos puede resultar en el mejoramiento efectivo de las capacidades comunitarias para asumir los riesgos de territorios física y socioeconómicamente complejos, aportando al mejoramiento de las condiciones de vida de la población residente, siempre y cuando las estrategias empleadas respeten la participación, los conocimientos empíricos, las construcciones sociales y las perspectivas comunitarias locales. (Rodríguez, Guzmán, Madrigal, & Flórez, 2020)

8.11. MANEJO DEL RIESGO QUE GENERAN LOS TALUDES DE LA QUEBRADA LA SECA, DEL MUNICIPIO DE ENVIGADO.

Artículo publicado por la revista Cuaderno Activa y publicado en el año 2014, realizado por los ingenieros Marcela Ramírez y Edwin Sánchez con el objeto hacer un estudio de caso para identificar la problemática y el deterioro que presentan los taludes vecinos al cauce de la quebrada. (Ramírez & Sánchez, 2014)

8.11.1. Metodología realizada

- ✓ Revisión de trabajos previos.
- ✓ Análisis de probabilidades de desestabilización de las laderas.
- ✓ Revisión de métodos empleados para la estabilización de las laderas.
- ✓ Diseño de perspectiva del desarrollo del área afectada.
- ✓ Descripción de la corriente de agua antes de los problemas presentados.
- ✓ Análisis de la situación empleando el diagrama causa-efecto.
- ✓ Determinación de los factores que más afectan la ladera, aledaña a la quebrada La Seca.
- ✓ Propuesta de acciones a tomar por parte de la administración municipal.

(Ramírez & Sánchez, 2014)

8.11.2. Resultados

Los autores concluyen que es de vital importancia un correcto y adecuado manejo oportuno de los taludes intervenidos, ya que esto impediría las pérdidas y daños, a las infraestructuras, los bienes y la vida de las personas. (Ramírez & Sánchez, 2014)

Identifican que la comunidad aledaña a la quebrada la seca esta en un riesgo de desastre probable y latente, pues encuentran que el deterioro es evidente, ya que encontraron evidencias de movimiento en masa. (Ramírez & Sánchez, 2014)

Establecen que se deben realizar reparaciones de tipo estructural, como lo es el muro en gavión, construido en una finca aledaña ya que este no cumplía ese momento con la función estructural ni normativa. Finalizando concluyen que las entidades de Gestión del riesgo de desastres y Planeación, la secretaria del medio ambiente del municipio de Antioquia y Coratoquia debería ser los responsables de la solución oportuna. Para darle solución a dicha problemática. (Ramírez & Sánchez, 2014)

8.12. AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA EN EL MUNICIPIO DE PAJARITO, BOYACÁ.

Trabajo de grado para optar al título de Especialista en Gromática de la Universidad Militar Nueva Granada De Bogotá, presentado por la ingeniera Paola Andrea Vargas en el año 2018. El Objetivo del documento es sectorizar, a partir de un análisis de susceptibilidad, la probabilidad de ocurrencia de los movimientos en masa en un área circundante al municipio de Pajarito. (Amenaza por Movimientos en Masa en el Municipio de Pajarito, 2018)

8.12.1. Labores realizadas

- ✓ Información geográfica digital en formatos ráster y vector.
- ✓ Información de Sistemas de Información Geográfica (SIG.)
- ✓ Cartas topográficas.
- ✓ Instrumentos de campo.

(Amenaza por Movimientos en Masa en el Municipio de Pajarito, 2018)

8.12.2. Metodología realizada

- ✓ Obtención de la información vectorial como: geología, geomorfología, suelos y cobertura de la tierra.
- ✓ Verificación y construcción de datos en la localidad y sectores aledaños.
- ✓ Obtención de la susceptibilidad mediante la aplicación del análisis multicriterio.

- ✓ Determinación analítica del peso relativo de cada factor con respecto a los demás, usando el método de evaluación multicriterio de las jerarquías analíticas.
- ✓ Clasificación del grado de amenaza en un SIG., en cinco rangos de amenaza de movimientos en masa.
- ✓ Generación de mapas de amenaza e intermedias por movimientos en masa del municipio Pajarito Boyacá a escala 1:25.000.

(Amenaza por Movimientos en Masa en el Municipio de Pajarito, 2018)

8.12.3. Resultados

La autora del documento registra que según la información recopilada y con ayuda del software ArcGIS determinó en Índice de Amenaza por Movimientos en Masa para cada uno de los factores que analizó. (Amenaza por Movimientos en Masa en el Municipio de Pajarito, 2018)

Concluye que con la metodología usada se puede zonificar un terreno y establecer los escenarios desde el extremo inferior hasta el extremo superior, permitiendo, en ese caso, encasillar polígonos con características homogéneas en términos de inestabilidad, desde Muy Baja hasta Muy Alta. (Amenaza por Movimientos en Masa en el Municipio de Pajarito, 2018)

A demás determina que el área que estudió está controlada por zonas de Baja a Media inestabilidad, en vista que son los polígonos de mayor extensión dentro del mapa final. Sin embargo es de tener en cuenta que el municipio está en una zona de piedemonte llanero y que en cualquier momento se podrían presentar localmente PRM. (Amenaza por Movimientos en Masa en el Municipio de Pajarito, 2018)

Afirma que al analizar la incidencia de los factores exógenos o detonantes dentro del área de estudio, estos tienen un papel fundamental al establecer las zonas inestables, porque la parte Sur del municipio tiene las condiciones más desfavorables de estabilidad, de precipitación y de amenaza sísmica. (Amenaza por Movimientos en Masa en el Municipio de Pajarito, 2018)

8.13. AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA E INUNDACIONES ZONA URBANA

Documento encontrado en la web de la Universidad Católica de Oriente, sin autor específico en el año 2018. El Objetivo del documento es Analizar, evaluar y mapificar los componentes para identificación de riesgo por los fenómenos geológicos de movimiento en masa e inundación en la cabecera urbana del municipio de Guarne. (Amenaza, 2014)

8.13.1. Labores realizadas

- ✓ Recolección de información de tipo geológico, geomorfológico y estructural.
- ✓ Actualización de la información que se encuentra en las bases de datos de las entidades gubernamentales de la región.
- ✓ Visitas detalladas de campo

(Amenaza, 2014)

8.13.2. Metodología realizada

- ✓ Estudio de la zonificación a escala rural de los municipios del Oriente.
- ✓ Análisis cualitativo del riesgo por fenómenos geológicos a partir de la utilización del método indirecto.
- ✓ Identificación la potencialidad de ocurrencia de un evento desastroso.
- ✓ Determinación de dos parámetros, la evaluación de las condiciones naturales y la susceptibilidad del terreno ante la ocurrencia de fenómenos geológicos.
- ✓ Construcción del plan de gestión del riesgo de Guarne.

(Amenaza, 2014)

8.13.3. Resultados

La autora recomienda la incorporación del riesgo en los procesos de planeación y

ordenamiento territorial, para establecer medidas de prevención y mitigación, orientadas a la reducción del riesgo existente del municipio de Guarne. (Amenaza, 2014)

Define que para cada uno de los 82 puntos que analizó establece recomendaciones puntuales, algunas son temporales otras permanentes, esto para atender la zonas en emergencia, obras y medidas. (Amenaza, 2014)

Entre algunas se encuentran: Actualizar los planes de emergencia municipal, zonificar geotécnicamente la zona con estudios definitivos como lo exige el Título H de la NSR-10, realizar por parte de la administración municipal la identificación predial y catastral en las zonas inestables y ronda hídrica, delimitar y reclasificar las zonas inestables tanto en la zona urbana como rural de municipio, Ejercer control por parte de la Secretaria de Planeación para evitar la construcción de viviendas en zonas de alto riesgo y la instalación de llenos antrópicos sobre las llanuras aluviales del municipio, sancionar los propietarios de los que hagan cortes civiles anti técnicos y generan riesgo de deslizamientos entre otros. (Amenaza, 2014)

8.14. METODOLOGÍA PARA EVALUAR LA VULNERABILIDAD FÍSICA DE VIVIENDAS EN BARRIOS URBANOS AUTO PRODUCIDOS

Artículo publicado por la revista Terra Nueva Etapa y publicado en el año 2017, realizado por Carlos Alberto Padrón Chacón de la Universidad Central de Venezuela, el artículo tiene como objeto de generar una propuesta metodológica para evaluar vulnerabilidad física, específicamente a edificaciones de uso residencial ubicadas en asentamientos urbanos populares y expuestos particularmente a la ocurrencia de movimientos en masa activados por lluvia. (Chacón, 2017)

8.14.1. Labores realizadas

- ✓ Recolección mediante instrumento denominado ficha de vulnerabilidad física.

- ✓ Recolección de información.

(Chacón, 2017)

8.14.2. Metodología realizada

- ✓ Revisión exhaustiva de metodologías aplicadas por distintos autores y organismos internacionales en análisis de vulnerabilidad física.
- ✓ Comparación de las distintas metodologías encontradas por el autor.
- ✓ Diseño de un sistema de variables e indicadores ajustados a la amenaza por movimientos en masa y a la realidad local.
- ✓ Caracterización y descripción de factores que originan la vulnerabilidad física.

(Chacón, 2017)

8.14.3. Resultados

El autor precisó que los movimientos en masa eran a futuro consecuencia del desarrollo, principalmente al crecimiento de asentamiento humano, ubicados en zonas de montaña. Por ello recomienda acciones de planificación, control y seguimiento bajo las normativas de construcción pues permitirían reducir la vulnerabilidad, e incluso modificar patrones de ocupación urbana. (Chacón, 2017)

Asegura que el diseño de su propuesta metodológica depende del grado de susceptibilidad de los elementos expuestos y la susceptibilidad ante la ocurrencia de movimientos en masa evaluando 4 factores: el número de niveles en la estructura, la tipología de construcción, el deterioro físico de la estructura y el entorno adyacente a las edificaciones, evaluándose cada factor por separado de acuerdo a las variables e indicadores diseñados para la investigación, medidos con valores entre 0 y 1 usando tablas descriptivas que detallan el nivel de daño potencial ante la ocurrencia de un movimiento generador de fuerzas o sollicitaciones sobre la estructura. (Chacón, 2017)

El autor asegura que presenta una propuesta metodológica capaz de arrojar resultados óptimos al evaluar viviendas auto producidas usando como principio métodos cualitativos, sin que esto implique a futuro nuevos ajustes y calibraciones adicionando nuevas variables, indicadores, como también la medición de estos con mayor precisión. (Chacón, 2017)

8.15. PERFIL DE VULNERABILIDAD SOCIAL FRENTE A MOVIMIENTOS EN MASA EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE LA VEGA, CUNDINAMARCA

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Geógrafo y Ambiental de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales de Bogotá, presentado por Ana María Cardozo y Cesar Iván Acevedo en el año 2018. El Objetivo del documento es desarrollar un modelo de disminución de vulnerabilidad social que aporte a la adecuada gestión del riesgo ante la ocurrencia de movimientos en masa para la población del casco urbano del municipio de la Vega, Cundinamarca. (Perfil de Vulnerabilidad social frente a Movimientos en Masa en el casco Urbano del Municipio de la Vega, 2018)

8.15.1. Labores realizadas

- ✓ Recopilación y revisión de la literatura correspondiente al tema propuesto.
- ✓ Identificación de conceptos y fuentes especializadas de estudios, informes y otros documentos con base en la gestión del riesgo y la vulnerabilidad social para la zona de estudio.
- ✓ Obtención de la información primaria mediante el trabajo de campo realizado en la zona de estudio.

(Perfil de Vulnerabilidad social frente a Movimientos en Masa en el casco Urbano del Municipio de la Vega, 2018)

8.15.2. Metodología realizada

- ✓ Identificación y tipificación de actores.

- ✓ Identificación de iniciativas para promover la Gestión del Riesgo de Desastres.
- ✓ Revisión de Instrumentos de gestión y planificación.
- ✓ Caracterización de factores de vulnerabilidad social.
- ✓ Análisis de vulnerabilidad social frente a movimientos en masa para la zona de estudio.
- ✓ Elaboración un mapa referente a la vulnerabilidad social de la población del casco urbano del municipio de La Vega.
- ✓ Determinación los criterios y herramientas para la elaboración del modelo.

(Perfil de Vulnerabilidad social frente a Movimientos en Masa en el casco Urbano del Municipio de la Vega, 2018)

8.15.3. Resultados

Los autores concluyen que las herramientas que se obtuvieron en esa investigación contribuyen a la disminución de la vulnerabilidad social en el casco urbano del municipio de La Vega y pueden enmarcar un avance considerable en la adecuada gestión de riesgo de desastres en el territorio. (Perfil de Vulnerabilidad social frente a Movimientos en Masa en el casco Urbano del Municipio de la Vega, 2018)

El grado de vulnerabilidad que determinaron fue medio-alto debido al desconocimiento y percepción de los habitantes de la región. En cuanto a la metodología usada por los autores afirman que les permitió una interacción y complementariedad para determinar la problemática planteada en cuanto a las amenazas y gestión del riesgo de desastre con mayor claridad. (Perfil de Vulnerabilidad social frente a Movimientos en Masa en el casco Urbano del Municipio de la Vega, 2018)

Aseguran que su investigación refleja la importancia de la inclusión de la dimensión de la vulnerabilidad social en la GRD ya que ayuda a comprender que las personas, las instituciones, el estado y comunidades del municipio y en general del territorio nacional juegan

un papel clave en la construcción social del riesgo, asociando su interacción con los movimientos en masa como aspecto biofísico. (Perfil de Vulnerabilidad social frente a Movimientos en Masa en el casco Urbano del Municipio de la Vega, 2018)

8.16. RENTABILIDAD ECONÓMICA Y SOCIAL PARA LA MITIGACIÓN DEL RIESGO DE DESLIZAMIENTOS EN EL KM (1+500) SECTOR LAS SALINAS QUE COMUNICA LAS VEREDAS PINZAIMA, TERESA, EL CERRO Y TARJADA CON EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE NIMAIMA, CUNDINAMARCA.

Trabajo de grado para optar al título de Especialista en Gerencia de Obras de la Universidad Católica de Colombia de Bogotá, presentado por Camilo Aranda, Leonardo Forero, Raúl Gamboa y César Simancas en el año 2017. El Objetivo del documento es determinar el beneficio económico y social que representaría la mitigación oportuna de los riesgos de deslizamiento, en el sector Las Salinas que comunica las veredas Pinzaima, Teresa, Cerro y Tarjada con el Casco Urbano del municipio de Nimaima. (Rentabilidad Económica y Social para la Mitigación del Riesgo de Deslizamientos en el km (1+500) Sector Las Salinas que Comunica las Veredas Pinzaima, 2017)

8.16.1. Labores realizadas

- ✓ Recolección de datos e información correspondiente a: Informes, estudios y antecedentes de la zona de estudio.
- ✓ Visitas de campo.

(Rentabilidad Económica y Social para la Mitigación del Riesgo de Deslizamientos en el km (1+500) Sector Las Salinas que Comunica las Veredas Pinzaima, 2017)

8.16.2. Metodología realizada

- ✓ Verificación del plan de gestión del riesgo actual o existente en el municipio de Nimaima Cundinamarca.

- ✓ Análisis y evaluación de soluciones técnicas de las obras de protección para mitigar el riesgo de deslizamientos en masa.
- ✓ Determinación de propuesta técnico-económica más acertada para el municipio.
- ✓ Cálculo y evaluación financiera, mediante los métodos de valor presente neto, tasa interna de retorno e índice de rentabilidad o relación beneficio – costo.
- ✓ Evaluación de los costos económicos y sociales para el municipio.

(Rentabilidad Económica y Social para la Mitigación del Riesgo de Deslizamientos en el km (1+500) Sector Las Salinas que Comunica las Veredas Pinzaima, 2017)

8.16.3. Resultados

Según los autores del documento concluyen que de acuerdo al tipo de deslizamiento que presentó el sector las Salinas, y que desde del punto de vista técnico y económico la mejor solución, era la construcción de un muro de hormigón reforzado en ambos sentidos. A demás dicen que el flujo de caja neto, y la tasa de descuento utilizado, el índice de precios al consumidor para octubre de 2017, obtuvieron un valor de inversión neto de \$ 1.634.189.080,25. (Rentabilidad Económica y Social para la Mitigación del Riesgo de Deslizamientos en el km (1+500) Sector Las Salinas que Comunica las Veredas Pinzaima, 2017)

Indican que el flujo de caja neto arrojado se calculo la tasa interna de retorno del proyecto del 51% y que con la relación beneficio costo obtenida de 3,94 era aceptable la inversión en el proyecto para mitigar el riesgo de deslizamientos. (Rentabilidad Económica y Social para la Mitigación del Riesgo de Deslizamientos en el km (1+500) Sector Las Salinas que Comunica las Veredas Pinzaima, 2017)

8.17. LA GESTIÓN DEL AGUA LLUVIA Y LA REDUCCIÓN DE RIESGOS URBANOS

Artículo publicado por la revista La Gestión del Riesgo Urbano en América Latina:

Recopilación de artículos y publicado en el año 2015, realizado por Margarita Pacheco Montes Consultora de Planificación Ambiental, el artículo tiene como objeto reflexionar sobre la gestión del agua lluvia para la reducción de riesgos urbanos. (Montes, 2015)

8.17.1. Labores realizadas y metodología realizada

En el artículo no es claro las labores y la metodología utilizada por la autora, para realizar el manuscrito.

8.17.2. Resultados

La autora argumenta en el artículo que si los sistemas de captación se incluyeran ampliamente en la arquitectura y en la normativa urbanística se ahorraría agua potable, y que se prevendrían inundaciones, sequías y riesgos urbanos en zonas de ladera de gran inestabilidad. (Montes, 2015)

Propone que aguas arriba de los ríos, se pueden prever canales y obras hidráulicas, y que las escorrentías que bajan peligrosamente por las laderas de los barrios más pobres de Bogotá, Medellín o Manizales, podrían ser captadas de forma tecnificada, de forma que los planes de urbanismo y los programas de vivienda incorporen sistemas de captación e incentivos comunitarios para que la lluvia se convierta en un recurso utilizable y no en una desgracia. (Montes, 2015)

8.18. LA GESTIÓN DE RIESGOS EN EL DESARROLLO URBANÍSTICO DEL ASENTAMIENTO HUMANO DEFENSORES DE LA PATRIA

Artículo publicado por la revista La Gestión del Riesgo Urbano en América Latina: Recopilación de artículos y publicado en el año 2015, realizado por Walter Saavedra Ruiz ONG Nuevo Destino, Perú. El artículo tiene como objeto identificar las vulnerabilidades en el uso del suelo, en el cual las acciones del hombre se transforman en su principal peligro. (RUIZ,

2015)

8.18.1. Labores realizadas

- ✓ Visitas de campo.
- ✓ Recolección de información.

(RUIZ, 2015)

8.18.2. Metodología realizada

- ✓ Análisis sobre la situación de las edificaciones.
- ✓ Elaboración de un perfil de inversión.
- ✓ Formulación de las posibles alternativas.

(RUIZ, 2015)

8.18.3. Resultados

El autor resalta la importancia que tiene la influencia del grado de daños en las edificaciones e infraestructura y en la distribución geográfica más cuando no asumen medidas preventivas o las que asumen son equivocadas. (RUIZ, 2015)

Señala que los Gobiernos Regionales y Locales son los que deben asumir, un mayor sentido preventivo, de planificación, ejecución, funcionamiento y sostenimiento de la obra y sus respectivas responsabilidades frente a los efectos que podrían provocar los desastres naturales en el futuro. (RUIZ, 2015)

A demás refiere a la gran discontinuidad en la ejecución de planes, programas y proyectos, en la zona y que este problema se podría subsanar, en gran medida, si, durante el proceso del manejo edil, se logrará una participación ciudadana plena, sobre todo en la etapa de toma de decisiones para el desarrollo de las ciudades en donde se podría lograr si se organizarán equipos de trabajo que asuman las funciones de prevención. (RUIZ, 2015)

El autor resalta la falta de un plan de ordenamiento y ocupación territorial para que se hubiera direccionado el crecimiento en las zonas mejor habitables. A demás asegura que los planes de desarrollo urbano basados en mapas de peligros, constituyen una valiosa y efectiva metodología para reducir significativamente las pérdidas humanas y materiales que pueden causar futuros eventos naturales intensos y que la ocupación informal de todas las laderas de cerro se encuentra en forma riesgosa. (RUIZ, 2015)

Denota que debido a la complejidad de la problemática, el tipo de perfiles son participativos para las conclusiones finales y que la alternativa viable o de ejecución deberán exponerse a la población ya que serán ellos quienes decidan la alternativa técnica adecuada y los compromisos que asumirán para su ejecución efectiva. (RUIZ, 2015)

Concluye recomendando la gradual reubicación de las edificaciones construidas en sectores de peligro muy alto en el distrito ya que el rápido crecimiento poblacional ha sobrepasado la capacidad del gobierno local para proporcionarles servicios adecuados, provocando un acentuado deterioro de la vida urbana. (RUIZ, 2015)

8.19. UN MODELO PARA LA PLANIFICACIÓN DE LA GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRE EN GRANDES CIUDADES

Artículo publicado por la revista La Gestión del Riesgo Urbano en América Latina: Recopilación de artículos y publicado en el año 2015, realizado por Fernando Ramírez, Francis Ghesquiere, Carlos Costa. El artículo tiene como objeto proponer un “Modelo de Planificación de la Gestión de Riesgos” utilizado en el 2005 por la ciudad de Bogotá (Colombia) para formular un Plan Distrital de Prevención y Atención de Emergencias. (Ramirez, Ghesquiere, & Costa, 2015)

8.19.1. Labores realizadas

- ✓ Identificación de conceptos y fuentes especializadas.
- ✓ Recopilación de información.

(Ramirez, Ghesquiere, & Costa, 2015)

8.19.2. Metodología realizada

- ✓ Formulación del Plan.
- ✓ Definición de los escenarios.
- ✓ Identificación y definición de variables por frente de gestión.
- ✓ Análisis de relación entre variables.
- ✓ Selección de variables y análisis de motricidad y dependencia.
- ✓ Representación de procesos en el escenario.
- ✓ Definición de políticas y objetivos estratégicos del Plan.
- ✓ Construcción de agenda por escenario y definición de proyectos.
- ✓ Análisis de lecciones aprendidas y posibles aplicaciones en otras ciudades.

(Ramirez, Ghesquiere, & Costa, 2015)

8.19.3. Resultados

Los autores resaltan que la estructura de un plan de gestión del riesgo se define con al menos tres conceptos: los riesgos (el plan es la suma de agendas por cada tipo de riesgo), las líneas de acción de gestión del riesgo (el plan se organiza según el proceso de conocimiento, prevención, mitigación, protección financiera, etc.) o desde el territorio (sus características y realidades). (Ramirez, Ghesquiere, & Costa, 2015)

Aseguran que la delimitación del territorio y la identificación de los actores específicos de cada escenario facilitan la concertación de prioridades y limitaciones así como la aplicación focalizada de las líneas de acción de gestión del riesgo, donde el proceso metodológico conduce a la construcción de un panorama completo y comprensivo de la problemática del

riesgo de desastre en la ciudad. (Ramirez, Ghesquiere, & Costa, 2015)

En cuanto al modelo los autores consideran que es un modelo es flexible, que no restringe el tipo y ni el número de escenarios, y que estos pueden ser ajustados según mejoramiento de la información y los recursos. (Ramirez, Ghesquiere, & Costa, 2015)

También recalcan que un plan elaborado con esta metodología y alcance es muy robusto y sus bases técnicas muy sólidas. Y que esta característica le otorga una ventaja importante para los procesos de valoración y concertación política propios de los cambios de gobierno de la ciudad. Que de hecho, el contenido del plan facilita que cada nueva administración “seleccione” sus prioridades en concordancia con el énfasis político de su gobierno. (Ramirez, Ghesquiere, & Costa, 2015)

8.20. DIAGNOSTICO Y VALORACIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES EN ENTORNOS URBANOS

Artículo publicado por la revista La Gestión del Riesgo Urbano en América Latina: Recopilación de artículos y publicado en el año 2015, realizado por Víctor Manuel García Lemus docente e investigador universitario. El artículo tiene como objeto presentar una recopilación de estudios de riesgo urbano, el análisis, integración de las principales conclusiones del autor sobre investigaciones de estudiantes y tutores frente al tema para proponer una agenda de investigación e incidir en procesos de planificación urbana, generar propuestas de normatividad para regular el uso de suelo en forma equilibrada para evitar la construcción del riesgo en países como Costa Rica, República Dominicana, Nicaragua, Panamá entre otros. (Lemus, 2015)

8.20.1. Labores realizadas

- ✓ Revisión de base de datos, planos, fotos e informes

- ✓ Recopilación de información empleando fuentes primarias, secundarias y terciarias.
- ✓ Trabajo de campo realizando entrevistas a pobladores de la comunidad, a profesionales y entidades que hayan desarrollado algún tipo experiencia en el área.

(Lemus, 2015)

8.20.2. Metodología realizada

- ✓ Selección de ejes temáticos en función a las prioridades regionales, institucionales y académicas.
- ✓ Presentación de propuesta de trabajo de investigación.
- ✓ Asignación de estudiantes a cada docente.
- ✓ Construcción de protocolo de trabajo.
- ✓ Construcción de una brecha para sistematizar algunos procesos relacionados con el desarrollo urbano y los desastres en cada uno de los países de la Región.

(Lemus, 2015)

8.20.3. Resultados

El autor argumenta que en la mayoría de países de la región no existe una política, normatividad o lineamientos para incluir el análisis de riesgo a desastres en los proyectos de infraestructura pública y/o privada; que en muy pocos países se realiza un análisis de sitio o de emplazamiento de obras de infraestructura física como mecanismo de aprobación de proyectos y que en ocasiones se hace un análisis de impacto ambientales donde algunas veces se considera el riesgo a desastres. (Lemus, 2015)

En cuanto a la normatividad de diseño y construcción de infraestructura pública dice que es muy diversa, y que en algunos países se utilizan códigos de construcción de Norteamérica, pero que la capacidad de los gobiernos municipales para su supervisión es muy variable, que pueden llegar a ser deficientes o por el contrario ni existen. (Lemus, 2015)

Asegura que gran parte de la vulnerabilidad de los entornos urbanos es secundaria ya que existe un inadecuado uso del recurso agua y suelo y que la población mas desfavorable generalmente se encuentran en áreas de inundación o deslizamientos, carentes de servicios y de forma desordenada lo que hace que sea unas zonas muy vulnerables. (Lemus, 2015)

8.21. ESTUDIO DE RESILIENCIA EN DESASTRES NATURALES EN SEIS BARRIOS DE LA CIUDAD DE LA PAZ, BOLIVIA

Artículo publicado por la revista La Gestión del Riesgo Urbano en América Latina: Recopilación de artículos y publicado en el año 2015, realizado por Luis A. Salamanca docente Competence in Research (NCCR-NS) – Investigador Senior. El artículo tiene como objetivos:

1. Estudiar cuales son los activos y las capacidades que la gente tiene a nivel familiar para tomar y/o beneficiarse de medidas de protección.
2. Estudiar el comportamiento de genero de las familias en el antes, durante y después del desastre natural o antrópico.
3. Estudiar las intermediaciones que se construyen y se destruyen entre el gobierno municipal y la población a través de las juntas vecinales.
4. Estudiar como las políticas públicas y otras estructuras sociales influyen sobre sus activos y capacidades y el acceso a medidas de protección. (Salamanca, 2015)

8.21.1. Labores realizadas

- ✓ Realización de entrevistas guiadas.
- ✓ Recolección de información.

(Salamanca, 2015)

8.21.2. Metodología realizada

El autor del artículo realizó el tratamiento de los datos obtenidos de forma cuantitativa y cualitativa siendo la primera (numero de viviendas con problemas, numero de familias afectadas, bienes perdidos, entre otros) y la segunda (sentir, valorar, imaginar, emotividad).

- ✓ La identificación de la población y de áreas de investigación por medio de indicadores.
- ✓ Análisis de los resultados. (Salamanca, 2015)

8.21.3. Resultados

Según el autor del artículo, la investigación estableció lo siguiente:

La gente que es muy vulnerable al no tener suficientes recursos económicos por su grado de instrucción, empleo formal, acceso a salud les es muy difícil poder rehacerse de un desastre y peor si no pueden volver al lugar donde vivían. (Salamanca, 2015)

La gente que ha sufrido un desastre para contar con acciones de protección social por parte del Gobierno Municipal o Nacional, deben tener mucho apoyo político de la Alcaldía, o generar mucha presión para ser escuchados, de lo contrario son ignorados y para que la gente logre reponerse deben tener buena situación económica. (Salamanca, 2015)

El autor concluye que la población no construye resiliencia ante la presencia de eventos adversos, por lo tanto no es un tema agendado y las instancias nacionales como sub-nacionales no generan políticas que permitan tener a la población viviendas seguras, ni estabilidad laboral, ni acceso a los servicios públicos y de seguros y protección a los grupos mas vulnerables, mas bien alientan procesos de fraccionamiento, marginalidad y exclusión. (Salamanca, 2015)

8.22. PREPARACIÓN ANTE DESASTRES EN ASENTAMIENTOS PRECARIOS DE LA ZONA METROPOLITANA DE GUATEMALA, CENTRO

Artículo publicado por la revista La Gestión del Riesgo Urbano en América Latina: Recopilación de artículos y publicado en el año 2015, realizado por Edy Manolo Barillas y Maribel Carrera de la ciudad de Guatemala. El artículo tiene como objetivo la implementación de programa de preparación ante desastres en zona urbanas. (Barillas & Carrera, 2015)

8.22.1. Metodología realizada

- ✓ Investigación de amenazas, sistemas y herramientas.
- ✓ Capacitación de equipamiento, planes de atención y evacuación.
- ✓ Estudio de componente Técnico-Científicos.
- ✓ Coordinación institucional.
- ✓ Campañas de información.

8.22.2. Resultados

El autor encontró que el modelo de preparación ante desastres incluye componentes de trabajo comunitario, institucional y técnico científico ayudado con actividades de información, educación y sensibilización que se ha estado implementado en Guatemala desde finales de los años 90. Dice que las metodologías y estrategias para la creación o fortalecimiento de vínculos de trabajo cooperativo entre los actores llamados a responder ante emergencias se han ido perfeccionando y que se han materializado a través de los Planes Locales, Municipales e Institucionales de Respuesta. Afirma que el acercamiento y el dialogo con las instituciones deben ser involucradas y al mismo tiempo entender sus necesidades incrementan las posibilidades de sostenibilidad de los resultados. (Barillas & Carrera, 2015)

8.23. GESTIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES URBANOS

Artículo publicado por la revista La red de estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina. y publicado en el año 1999, realizado por Allan Lavell de la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales. El artículo tiene como objetivo la gestión del riesgo ambientales y desastres urbanos en América Latina. (Lavell, 1999)

8.23.1. Labores realizadas

- ✓ Recolección de información.

8.23.2. Metodología realizada

El documento no presenta una metodología definida por el autor.

8.23.3. Resultados

Según el autor del artículo encuentra que el alto rango de amenazas existentes se combina con los procesos y expresiones diversas de la vulnerabilidad, que el riesgo y su significación social varían, de acuerdo con el tamaño y complejidad del centro urbano que se encuentre bajo análisis y su posición en la jerarquía urbana nacional e internacional. (Lavell, 1999)

Dice que no solo es importante entender los procesos de conformación del riesgo e identificar los factores principales que contribuyen a su desarrollo y agudización del mismo, sino que se debe tener también una planificación adecuada y una dotación de recursos consecuentes con las posibles necesidades durante tiempos de desastre y reconstrucción pos desastre en los centros urbanos, si se desea una reducción del riesgo viable. (Lavell, 1999)

Concluye su investigación con la siguiente reflexión “La clave de la reducción del riesgo está en el entendimiento del riesgo mismo, en la educación acerca de él, y en la participación decidida y comprometida de todos los actores sociales, privados y públicos, en su resolución”. (Lavell, 1999)

8.24. SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA POR MOVIMIENTO EN MASA INDUCIDO POR LLUVIA PARA CIUDAD BOLÍVAR (COLOMBIA)

Artículo publicado por la revista Ingeniería Solidaria. y publicado en el año 2018, realizado por David Esneider Gutiérrez Alvis, Leydy Stefany Bornachera Zarate, Darin Jairo Mosquera Palacios de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. El artículo tiene como objetivo crear un sistema de alerta temprana por movimiento en masa inducido por lluvia para la localidad de Ciudad Bolívar, en Bogotá, Colombia.

(Alvis, Zarate, & Palacios, 2018)

8.24.1. Labores realizadas

- ✓ Recolección de información.

8.24.2. Metodología realizada

- ✓ Generación de código de montaje.
- ✓ Determinación de escala de alerta de humedad según el sitio específico (J.J Radón)
- ✓ Desarrollo de una red de sensores por medio de una estación base, que se encarga de generar una alerta si existe riesgo de deslizamiento.

(Alvis, Zarate, & Palacios, 2018)

8.24.3. Resultados

Según los autores el sistema de alerta temprana por movimiento en masa inducido por lluvia para la localidad de Ciudad Bolívar, con una red de sensores guiada por una estación base, muestra las alertas generadas por medio de gráficas, dando tiempo suficiente para informar a las personas que se encuentren en el sector afectado donde este instalado. (Alvis, Zarate, & Palacios, 2018)

Los autores terminan su investigación diciendo que la mejor herramienta tecnológica para la

recaudación de datos, en este de ámbito, son sensores y nodos porque según sus resultados brindan una mayor estabilidad y un menor riesgo que se pierda la información. (Alvis, Zarate, & Palacios, 2018)

9. ANTECEDENTES HISTÓRICOS DEL ESTUDIO DE CASO

El sector denominado Altos de la Estancia de la Localidad Ciudad Bolívar de la ciudad de Bogotá, en límites con el municipio de Soacha, es considerado como el fenómeno de movimiento en masa más grande en área urbana de América Latina y el más extenso de la ciudad, con un tamaño de 73 hectáreas y 16 barrios afectados. (Fondo de Prevención y Atención de Emergencias FOPAE, 2013)

La ladera que forma parte del polígono de Altos de la Estancia no siempre fue una zona inestable, los deslizamientos están relacionados con la actividad de explotación artesanal de materiales de construcción que se desarrolló en la década de los setenta, en el sector nor-oriental del barrio el Espino (Cantera Santa Rita).

En los años ochenta, empezó la ocupación ilegal de tierras sin planificación, de población inmigrante, víctimas de violencia y construyendo sin condiciones técnicas, conocidas popularmente como invasiones, que densificaron la ladera en la parte media y alta, que contribuyeron a la formación de los barrios del sector de Altos de la Estancia.

En la década de los noventa el 80% del área estaba poblada con un tipo de vivienda de mala calidad, sin obedecer a ningún criterio de planificación, sin el cumplimiento de técnicas de construcción adecuadas, y sin las mínimas obras de urbanismo como el manejo de las redes domiciliarias y sin tener en cuenta las condiciones de riesgo en las que vivían. (Fondo de Prevención y Atención de Emergencias FOPAE, 2013)

Los 16 barrios de la zona no tenían acceso legal al agua potable debido a que eran barrios ilegales, la comunidad desarrolló una red artesanal de agua potable instalando mangueras

para tener acceso al líquido con complejos problemas de fugas en este sistema de acueducto y la aparición de vertimientos de aguas servidas al interior de la ladera. (Fondo de Prevención y Atención de Emergencias FOPAE, 2013)

A finales de los años noventa la comunidad se organizó para firmar un convenio entre la Alcaldía Local, la Empresa de Acueducto y la empresa de Energía de Bogotá, que permitió que la comunidad se abastecieron de servicios de agua y energía de manera legal. De igual manera se consolidó el impulso definitivo por la legalización de estos barrios que contaba ya con una población de 170.000 habitantes. (Fondo de Prevención y Atención de Emergencias FOPAE, 2013)

A finales de los 90, se presentó un fenómeno de movimiento en masa en la zona urbana, que provocó daños a casi tres mil viviendas, calles, avenidas y redes de servicio, afectando 8 barrios de la zona como Santa Viviana, sector Vista Hermosa, el Espino 1, San Antonio del Mirador, Santa Helena y Cerros del Diamante, entre otros. (Fondo de Prevención y Atención de Emergencias FOPAE, 2013)

Para los años siguientes el Fondo de Prevención y Atención de Emergencia - FOPAE, actual IDIGER, empieza con el estudio y conocimiento del riesgo presente en el sector, iniciando con la zonificación por inestabilidad del terreno para toda la ciudad de Bogotá, en la que concluyó que el sector denominado como Altos de la Estancia está delimitado por zonas de amenaza alta y media por fenómeno de movimiento en masa. Por lo anterior y con el fin de atender esta problemática y a la población afectada para disminuir los impactos para los habitantes del sector por residir en una zona de alto riesgo, se han adelantado una serie de estudios para la evaluación de las condiciones de amenaza y riesgo por movimiento en masa a niveles de zonificación, evaluación detallada por sectores, monitoreo geotécnico

Desde que ocurrió el fenómeno por movimiento en masa en el año 1998 hasta el día de hoy han intervenido 15 entidades las cuales han contribuido a la prevención, solución y monitoreo constante de la zona para dar protección a los habitantes que residen en cercanías de esta ladera y las que aún se encuentran en el lugar de los hechos.

Esta información se encuentra reposada en las instalaciones del IDIGER entidad que encabeza el seguimiento y control de lo realizado en Altos de la Estancia. A continuación se detallara cada una de esas intervenciones en orden cronológico después del evento.

9.1. CONSORCIO CIVILES LTDA. – HIDROCONSULTA LTDA. - IDIGER, 1998.

En el año 1998 esta entidad evaluó los niveles de amenaza por medio de factores geológicos, geotécnicos, hidráulicos, hidrológicos y poblacionales de la zona en estudio para luego definir las acciones y obras de mitigación. (Cosorcio civiles Ltda.-Hidroconsulta Ltda., 1998)

9.1.1. Labores ejecutadas

Para alcanzar los objetivos la entidad realizó las siguientes labores:

- ✓ Un levantamiento topográfico a escala 1:1000
- ✓ Un levantamiento geológico detallado de la zona apoyada con interpretaciones de fotografías aéreas.
- ✓ Trabajos de investigación del subsuelo, con los que se obtuvieron parámetros de resistencia para la evaluación de estabilidad, información de población y vivienda mediante encuestas.
- ✓ Clasificación de la tipología de construcciones, densidad de población y determinación conceptual de disponibilidad de servicios públicos sanitarios.
- ✓ Consultas de las bases de datos y centros de información de las entidades del distrito

- ✓ Evaluación de las condiciones hidrológicas de la zona de estudio.

9.1.2. Metodología realizada

La metodología que realizó Consorcio civiles Ltda. - Hidroconsulta Ltda. se describen a continuación:

- ✓ Visitas por parte de la dirección del proyecto y los especialistas de geología, geotecnia, hidrología e hidráulica y riesgo.
- ✓ Recopilación y análisis de información preliminar de la zona, en relación con aspectos sociales y poblacionales, geología, geotecnia, antecedentes de los fenómenos, hidrología, redes de servicios, sismicidad, fotografías aéreas y cartografía existente en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi Escala 1:2000. A partir de esta actividad se formularon el programa definitivo de las actividades de campo.
- ✓ Análisis secundario de la pluviosidad y generación de caudales a partir de los modelos de tormentas existentes para la zona, empleando registros pluviométricos y pluviográficos de estaciones instaladas por la empresa de Acueducto de Bogotá y la cartografía básica existente, con la que se determinó la extensión de la cuenca de la quebrada Santa Rita.
- ✓ Identificación de las áreas inestables en el campo a partir de la comprobación del ejercicio de fotointerpretación. Esta actividad lo llevaron a cabo en forma conjunta por los grupos de geología y geotecnia, con el propósito de lograr una visión global de los fenómenos y sus factores determinantes, además de aprovechar los aportes interdisciplinarios en la comprensión de los problemas que presentan los diversos sitios de la antigua cantera y sus alrededores.
- ✓ Levantamiento topográfico para construcción cartográfica con escala 1:1000. Materialización de puntos de exploración y levantamiento de columnas estratigráficas en los frentes de explotación y escarpes expuestos.

- ✓ Estudio de factores hidráulicos en el sitio para comprobar observaciones relacionadas con la infiltración de aguas negras y su influencia sobre los movimientos, empleando el programa PCStable; además, se evaluó un hipotético represamiento de la Quebrada Santa Rita, debido al manejo incontrolado de rellenos en la porción inferior del sitio, con base en el levantamiento topográfico y el análisis secundario de pluviosidad.
- ✓ Levantamiento geológico de detalle en el sitio, para plantear el mapa de geología para ingeniería, en escala 1:1000.
- ✓ Levantamiento geológico y geotécnico de campo para identificar factores que indujeron la inestabilidad, su morfología, atributos y características, recurriendo a la observación de procesos y toma de datos de geología estructural.
- ✓ Investigación directa del subsuelo en escarpes y sondeos para identificar las características de los materiales involucrados y recuperar muestras para análisis de laboratorio.
- ✓ Determinación de propiedades índice y parámetros geomecánicas en ensayos de laboratorio de Mecánica de Suelos y Rocas.
- ✓ Sectorizaron las laderas y escarpes por tipos de fenómenos observados.
- ✓ Modelación geotécnica de los problemas para realizar análisis cuantitativos.
- ✓ Planteamiento de modelos de mecanismos de movimiento que representaran lo mejor posible los fenómenos observados.
- ✓ Análisis de estabilidad sobre los modelos geomecánicas planteados, con ayuda del programa de computador PCSTABLE.
- ✓ Análisis de niveles de Amenaza para toda la zona de estudio empleando la metodología planteada por Rosembleuth para la determinación de probabilidades de falla.
- ✓ Determinación de niveles de exposición de la población y de daños esperados sobre construcciones, con base en los resultados de las encuestas de vivienda y el

levantamiento topográfico.

- ✓ Realización de encuestas de viviendas para cálculo de índices generales de carencias, niveles de exposición y vulnerabilidad.
- ✓ Deducción de niveles de riesgo, empleando la metodología propuesta por el Ingeniero Álvaro González para la ciudad de Santafé de Bogotá.
- ✓ Formulación las alternativas para estabilización y análisis de su efecto a partir de la modelación, para seleccionar las alternativas viables. Plantearon las medidas complementarias a la luz de un estudio conceptual.
- ✓ Formularon las alternativas de mitigación de riesgo a partir de la intervención de los factores correspondientes, basada además en un análisis económico.
- ✓ Pre diseño ingenieril de medidas correctivas o medidas de mitigación seleccionadas finalmente, elaboración de planos esquemáticos, evaluación de cantidades de obra y presupuestos aproximados. Las obras de intercepción de aguas en la parte superior de la ladera, para mejorar las condiciones de estabilidad de la ladera, se llevaron a nivel de diseño para que emprendiera por parte de la UPES de manera inmediata, evaluaron sus cantidades de obra y presupuestos y se incluyeron las especificaciones de construcción necesarias.
- ✓ Recomendaciones para la rehabilitación ambiental, urbanística y paisajística del área.

9.1.3. *Evaluación y Análisis de la Vulnerabilidad y Riesgo*

Se empleó la metodología consignada en el documento “Metodología Para Análisis de Vulnerabilidad y Riesgo por Remoción en Masa en Santafé de Bogotá”, basado a su vez en el trabajo efectuado por Frédéric Leone para evaluación de daño de viviendas; esta metodología se aplica a cada una de las fuentes de amenaza, evaluando de forma conceptual la extensión de los posibles daños en sus áreas de influencia. (Cosorcio civiles Ltda.-Hidroconsulta Ltda., 1998)

Según esta metodología, y de acuerdo a la forma en que un fenómeno de remoción en masa

pueda afectar una determinada construcción, se presenta un tipo de solicitud que puede ser Alto, Medio, o Bajo; este nivel depende también de la calidad de construcción de la vivienda. Con base en la solicitud, se determinan los índices de vulnerabilidad física y por deslizamiento que, en combinación con la valoración de pérdidas humanas y materiales, proporcionan los niveles de vulnerabilidad. (Cosorcio civiles Ltda.-Hidroconsulta Ltda., 1998)

Según lo anterior la entidad evalúa la vulnerabilidad de la zona en los siguientes aspectos:

- ✓ Vulnerabilidad física.
- ✓ Vulnerabilidad social.
- ✓ Evaluación conceptual de vulnerabilidad de cada zona.

9.1.4. Planteamiento de alternativas de Mitigación

Los resultados de los análisis efectuados por esta entidad llevaron al planteamiento de varias medidas y obras de mitigación y control de la amenaza que mostraban las zonas inestables identificadas en ese momento en el sector; esto con el fin de reducir la posibilidad de colapso y eliminar la exposición de la población a niveles de riesgo altos. (Cosorcio civiles Ltda.-Hidroconsulta Ltda., 1998)

Con el levantamiento topográfico realizado a escala 1:1000, el levantamiento geológico local de detalle, este último realizado con el apoyo del análisis multitemporal de fotografías aéreas de diferentes escalas, que fueron las herramientas empleadas por esta entidad para la identificación de los procesos de inestabilidad activos, cuya disposición en el terreno lo presentaron en el Mapa de Zonificación por Amenaza; y que estos procesos activos los analizaron empleando modelos de computador PCStable y Tumble, con base en la información proveniente de los ensayos de laboratorio que efectuaron sobre muestras de roca y recurriendo a secciones geológicas que obtuvieron en el levantamiento topográfico y consignados en el plano Geológico Regional a escala 1:5000. (Cosorcio civiles Ltda.-

Hidroconsulta Ltda., 1998)

Para realizar la Geología local la entidad hizo un reconocimiento de campo dividido en tres etapas:

- ✓ Antiguo frente de explotación de la cantera Santa Rita
- ✓ Frente de explotación de la cantera sur
- ✓ Parte alta de la ladera, en los barrios El Cerro del Diamante y El Espino I Sector

Asegurando que los materiales presentes en los sitios mencionados se agrupaban en suelos transportados, masas deslizadas, relleno y rocas sedimentarias. También concluyeron que el terreno de la Cantera El Espino y el área aledaña hacia el suroccidente, hasta la divisoria de aguas, estaban ubicadas sobre rocas sedimentarias, preferencialmente areniscas, pertenecientes a la Formación Arenisca La Guía; además en sus vecindades, hacia el norte, noreste y sur; en contacto fallado con estas areniscas se encontraban secuencias potentes de arcillolitas con cintas de carbón y areniscas con intercalaciones de arcillolitas respectivamente, pertenecientes a la Formación Guaduas. (Cosorcio civiles Ltda.-Hidroconsulta Ltda., 1998)

En cuanto a la Estructura Geológica aseguraron que el área en su gran mayoría se encuentra ubicada sobre una estructura monoclinial, aparentemente sencilla, que buza hacia el nororiente con inclinación inferior a 25° y que se encontraba afectada por tres clases genéticas de fallas: inversa, de tendencia gravitacional y de rumbo. Argumentan que los niveles de precisión de los análisis efectuados fueron medios, ya que los ensayos de laboratorio que realizaron no cubrían toda la ladera y que el muestreo de los materiales rocosos fue difícil, por lo que los resultados de dichos ensayos sólo aportaron un orden de magnitud de los parámetros de resistencia. (Cosorcio civiles Ltda.-Hidroconsulta Ltda., 1998)

Sobre la observación de los fenómenos activos y latentes la entidad lo asocia a los factores

antrópicos que se realizaban en ese instante como lo eran la intensa actividad minera que tuvieron lugar en amplios frentes de explotación, y el también extenso proceso de urbanización del sector. En el primero de los casos, la explotación artesanal e incontrolada de material rocoso dio como resultado la descompresión del macizo en todos los frentes de explotación y en el segundo caso, el proceso de urbanización impuso el retiro de la cobertura vegetal, y el vertimiento de aguas servidas en el terreno, lo cual afectó especialmente la estabilidad de la zona nororiental, en la zona de la cantera Santa Rita. (Cosorcio civiles Ltda.-Hidroconsulta Ltda., 1998)

Estos fenómenos activos y latentes de las zonas que estaban habitadas y su influencia en ese momento, la entidad los enmarco en el mapa de zonificación por riesgo, el cual lo obtuvieron del análisis del alcance e influencia de las fuentes de amenaza que se presentaban sobre las construcciones. La precisión en la determinación de las diferentes zonas de riesgo y vulnerabilidad que se halló fue media; pues las fuentes de amenaza y su localización en relación con las viviendas, las establecieron de forma conceptual el nivel de daño fue de acuerdo al tipo de vivienda expuesto apoyándose principalmente por la metodología planteada por Leone. (Cosorcio civiles Ltda.-Hidroconsulta Ltda., 1998)

En cuanto a los principales factores que obedecen a la inestabilidad del lugar la entidad realizó ejercicios descriptivos de las fuentes de amenaza dando como resultado ocho (8) los cuales fueron identificados mediante los levantamientos geológicos, y su importancia dependiendo de los volúmenes de material inestable y de la cercanía a las viviendas. Estas fuentes de amenaza fueron:

- ✓ Deslizamiento de materiales frente al pequeño tanque de distribución de la parte suroccidental alta. (Fuente de Amenaza No. 1)
- ✓ Caída de bloques, frente al pequeño tanque de distribución de la parte suroccidental

alta. (Fuente de Amenaza No. 2)

- ✓ Deslizamiento latente de bloques en la parte media de la cantera sur (Fuente de Amenaza No. 3).
- ✓ Deslizamiento de detritos y bloques en el flanco derecho de la cantera sur (Fuente de Amenaza No. 4).
- ✓ Deslizamiento de suelo y roca, controlado estructuralmente, entre la parte alta del antiguo frente de explotación de la cantera Santa Rita y la vía de acceso a los barrios de la zona noroccidental; esta es la amenaza más notable de la zona de estudio, e involucra un volumen alto de material que puede desplazarse (Fuente de Amenaza No. 5).
- ✓ Relleno efectuado de forma poco técnica, en la parte oriental de la cantera Santa Rita: se trata de una amenaza potencial de colapso de los materiales depositados en caso de urbanización de la zona del relleno, con lo cual además resultaría afectado el cauce de la quebrada Santa Rita (Fuente de Amenaza No. 6).
- ✓ Caída de bloques y falla planar en el talud norte de la quebrada Santa Rita (Fuente de Amenaza No. 7).
- ✓ Deslizamiento potencial por falla planar en la ladera localizada al occidente de la vía de acceso a los barrios de la parte noroccidental alta (Fuente de Amenaza No.8).

Con la misma base topográfica realizaron la localización de las obras de mitigación de niveles de Amenaza, consistentes en estructuras de intercepción y drenaje, cuyos diseños detallados y planos de construcción se presentaron en los Planos de Construcción y Localización de las Obras Hidráulicas de Mitigación; la precisión de los diseños fue alta, pues exponen que la escala de la base topográfica es muy buena. Es por ello que el consultor planteo como necesarias las actividades de reconfiguración del terreno para reducir los niveles de Amenaza en algunas zonas del área de estudio que no se presentó mediante un diseño detallado sino

como una recomendación conceptual, toda pues los diseños se encontraban fuera del alcance del estudio. (Cesorcio civiles Ltda.-Hidroconsulta Ltda., 1998)

En cuanto a los servicios públicos la entidad considero necesario conocer el manejo de aguas lluvias y las de producto de actividad humana en donde concluyeron que casi la totalidad de las viviendas contaban con servicio de agua potable el cual era suministrado por medio de mangueras provenientes del tanque de distribución del Acueducto de Bogotá ubicado en la zona de Jerusalén. Donde especifican que dichas conexiones eran deficientes ya que sufrían perdidas constantes del líquido y que sin duda estaban afectado la estabilidad de la ladera, debido a la infiltración. (Cesorcio civiles Ltda.-Hidroconsulta Ltda., 1998)

Por otro lado, según el consorcio civiles Ltda. – Hidroconsulta Ltda. estimo que la zona en que se encuentra el sector del barrio El Espino era en general de baja pluviosidad, pero que existían factores como la disposición de las aguas servidas y las redes clandestinas que existían en ese momento no eran apropiadas, en donde la primera en la mayoría de casos, eran vertidas directamente al terreno o conducidas hasta las quebradas vecinas mediante acequias no revestidas y, empleadas también para depositar basuras, y la segunda con escapes dando lugar a la inestabilidad del terreno para lo anterior la entidad recomendó una posible construcción de una alcantarilla de cajón de 2 x 2 y 75 m de longitud, y de unos diques de protección del lecho de la Quebrada Santa Rita, los cuales los presentaron a nivel de prediseño agrego que la construcción dependía del manejo que se le diera al relleno que se realizaba por particulares en la parte baja de la zona de estudio como mitigación del riesgo al que podría estar sometida la población aguas abajo, esta condición no fue evaluada ya que excedía el alcance del estudio. (Cesorcio civiles Ltda.-Hidroconsulta Ltda., 1998)

El consultor propuso la construcción de tres diques transversales tipo vertedero para mejorar las condiciones de estabilidad del cauce de la quebrada Santa Rita, construidos con gavión.

Donde los diques estarían conformados por un colchón Reno de 0.50 m de espesor, convenientemente embebido en los taludes laterales, sobre el cual se colocarían dos niveles de gavión, de 1.0 m de altura en todo el ancho de la sección, igualmente empotrado en las paredes laterales, y sobre este, gaviones separados entre 1.50m y 4.0m para permitir el paso del caudal a manera de vertedero. Especifico que se deberían dejar embebidos al menos dos lloraderos en tubería PVC de 0.10 m (4"), para garantizar el paso del caudal y evitaran la generación de presiones una vez se colmatara el vertedero. Los diques servirían para de retener material de arrastre y elevar el nivel del fondo del cauce, con lo cual se lograría una mayor estabilidad del cauce al controlar la degradación natural del lecho. Las dimensiones de los diques en gaviones dependerían de las condiciones de la quebrada en el momento de la construcción. Por lo que los planos entregados fueron a nivel de esquemas. (Cosorcio civiles Ltda.-Hidroconsulta Ltda., 1998)

En cuanto al análisis económico que realizó esta entidad para determinar la alternativa de mitigación más viable se basó en la adopción de costos medios para cada uno de los tipos de vivienda que se encontraban en el sector; donde, la alternativa más viable fue la reubicación y la adopción del valor de la vivienda de acuerdo a su tipología que se basó en el costo de ese momento de un lote en la zona de estudio, el cual se encontraba entre los tres y los cuatro millones de pesos, por lo que se consideraron que la precisión del análisis fue alto y de acuerdo a la localización de las viviendas de la parte alta de la ladera, en el costado occidental, lo efectuaron de manera aproximada sobre la base topográfica original, empleando los planos de loteo a escala 1:1000 realizados por la comunidad del barrio El Espino I Sector; para este sector escogieron un valor modal de 6 habitantes por vivienda, obtenidas de las encuestas efectuadas en la zona. (Cosorcio civiles Ltda.-Hidroconsulta Ltda., 1998)

9.2. INGENIERÍA Y GEOTECNIA LTDA. - IDIGER, 1999

El informe presentado por la entidad Ingeniería y Geotecnia Ltda, se encontró los resultados del estudio efectuado en la cuenca de la quebrada La Carbonera de la Localidad de Ciudad Bolívar, relacionado con el estudio geotécnico, alternativas de mitigación y los diseños detallados de las obras recomendadas para la estabilización. Enmarcada en el contrato de consultoría UPES-IGL G-800-101/98. (Ingeniería y Geotecnia Ltda (IGL), 1999)

El estudio que realizó la entidad fue la evaluación de amenaza y riesgo por movimiento en masa únicamente, sin tener en cuenta el efecto que pudiera generar un evento sísmico en las viviendas de la zona, aclaran que se tiene en cuenta el aspecto sísmico al analizar el comportamiento del terreno y dan algunas recomendaciones para reducir la vulnerabilidad sísmica de dichas viviendas. (Ingeniería y Geotecnia Ltda (IGL), 1999)

9.2.1. *Labores ejecutadas*

Las labores que realizó Ingeniería y Geotecnia Ltda. se describen a continuación:

- ✓ Recopilación y análisis de información existente
- ✓ Reconocimiento de la zona: Durante el cual adelantaron las siguientes labores:
 - Evaluación geológica y geomorfológica general del área.
 - Identificación de las diferentes formaciones y materiales, disposición de estratos, depósitos cuaternarios y afloramientos rocosos.
 - Identificación de factores geológicos de mayor relevancia e incidencia en los fenómenos de erosión y remoción en masa que se han presentado.
 - Determinación de la red de drenaje natural, corrientes y nacimientos de agua.
 - Sectorización geomorfológica.
 - Delimitación y clasificación de movimientos de falla del terreno activos y potenciales, antiguos y recientes.

- Definición de sitios de exploración del subsuelo.
- Comportamiento hidráulico de las dos (2) quebradas principales.
- Identificación de elementos en riesgo por fenómenos de movimiento en masa.
- ✓ Levantamiento topográfico
- ✓ Exploración del Subsuelo y Ensayos de Laboratorio
- ✓ Formatos de evaluación de daños y encuesta socioeconómica
- ✓ Análisis de amenaza, vulnerabilidad y riesgo
- ✓ Planteamiento de alternativas e Informe Final

9.2.2. Metodología realizada

La entidad basa su metodología con la que plantea el autor Carrillo (1998) justificando que es la que busca evaluar el “riesgo asociado a fenómenos de remoción en masa en un contexto de tiempo-espacio, correspondiente a un sistema territorial compuesto por subsistemas interrelacionados e interdependientes que son básicamente el subsistema físico y el subsistema sociocultural de la comunidad usuaria de la zona en estudio en el periodo de tiempo de ese momento. (Ingeniería y Geotecnia Ltda (IGL), 1999)

Las etapas de dicha metodología fue la siguiente:

- ✓ Definición del estudio.
- ✓ Análisis de contexto.
- ✓ Evaluación de la amenaza.
- ✓ Evaluación de vulnerabilidad.
- ✓ Evaluación de riesgo.
- ✓ Análisis de sensibilidad.
- ✓ Recomendaciones.

9.2.3. Resultados de la Amenaza

Para la evaluación de la amenaza la entidad en el informe presentado utilizó la metodología planteada por Cantillo (1998), cuyo primer paso consiste en la identificación y caracterización espacial y temporal de la amenaza. (Ingeniería y Geotecnia Ltda (IGL), 1999)

Elaboraron mapas de susceptibilidad general teniendo en cuenta varios factores intrínsecos y detonantes, los cuales se listaron con sus respectivos rangos de calificación. Para el procesamiento de esos insumos emplearon el sistema de información geográfica SPAS, empleando un rango de calificación para cada una de las categorías. (Ingeniería y Geotecnia Ltda (IGL), 1999)

Establecieron tres niveles o categorías de amenaza con base en la curva de distribución de las calificaciones de amenaza:

- ✓ **Amenaza Alta:** Abarca un porcentaje muy alto del área comprendida entre las quebradas Rosales y La Carbonera en la zona de estudio. Comprende casi la totalidad del barrio Santa Viviana y en general todas las zonas con procesos de inestabilidad existentes o potenciales. Las márgenes de las quebradas principales también resultan en esta categoría.
- ✓ **Amenaza Media:** incluye en general las zonas con menos densidad de ocupación y las zonas donde los rellenos superficiales son de espesor inferior a 2.0 m.
- ✓ **Amenaza Baja:** corresponde a zonas con pendiente suave y cubiertas con depósitos de poco espesor y que no han sido afectados por procesos de inestabilidad. Dentro del área de estudio comprendida entre las dos quebradas esta categoría representa un porcentaje bajo.

9.2.4. Resultados de la Vulnerabilidad

Para la evaluación y análisis de la vulnerabilidad la entidad dijo en su informe haber tomado

los conceptos de los siguientes autores A.M. Wassef, Aysan, T. Horlick Jones et al, E.E. Alley, C.H. Green et al, y T. Cannon, todos ellos contribuyentes a la sesión sobre Vulnerabilidad de Comunidades en el congreso "Natural Disasters - Protecting Vulnerable Communities, Londres, 1993 (Memorias editadas por P.A. Merriman y C.W.A. Browitt y publicadas por Thomas Telford, de Londres) y la metodología planteada por Soler et al (1999) (Ingeniería y Geotecnia Ltda (IGL), 1999)

La entidad estableció que el tipo de fenómeno mas probable que se que puede afectar los objetos vulnerables (casas y personas que circulen por la zona) lo constituyó el deslizamiento traslacional, pero que aunque en algunas zonas ya inestables con espesores importantes de rellenos y depósitos sueltos se habían presentado deslizamientos de tipo rotacional; y que eventualmente pueden presentarse problemas de caídas de bloques rocosos y de detritos. (Ingeniería y Geotecnia Ltda (IGL), 1999)

Con lo anterior relacionan criterios de intensidades de los tipos de sollicitaciones que se asociaron a dos factores:

- ✓ Espesor de los rellenos, depósitos y suelos superficiales hasta el nivel de roca.
- ✓ Velocidad de movimiento de los procesos de inestabilidad.

Con los resultados de la evaluación de los criterios anteriormente mencionados la entidad presentó el Mapa de Vulnerabilidad donde afirmaban que todas las construcciones tenían una vulnerabilidad de media o alta y que las porciones de la zona de estudio con índices de vulnerabilidad baja correspondían a lotes vacíos, vías y zonas sin desarrollo. (Ingeniería y Geotecnia Ltda (IGL), 1999)

Donde concluyeron que el resultado general de la vulnerabilidad ante movimientos de en masa tenían carácter de muy crítico, y que además si se tenía en cuenta que existía la

vulnerabilidad sísmica, la cual no realizaron ya que se encontraba fuera del alcance del estudio, aunque en el último párrafo del capítulo 8 del informe agregaron que los análisis de estabilidad del capítulo 7 mostraban que para pendientes mayores a 15° y considerando el sismo de diseño para la zona, se presentaría inestabilidad generalizada ante el mecanismo de falla plana. Donde consideraron que el resultado general de una evaluación de vulnerabilidad ante eventos sísmicos podría resultar incluso más crítico. (Ingeniería y Geotecnia Ltda (IGL), 1999)

9.2.5. Resultados del Riesgo

Para la evaluación del riesgo la entidad tomó como base los mapas de amenaza y vulnerabilidad y los multiplicaron con la herramienta SIG. SPANS, definiendo una matriz para el riesgo. (Ingeniería y Geotecnia Ltda (IGL), 1999)

Tabla 5 Matriz de Riesgo

VULNERABILIDAD	AMENAZA		
	Alta	Media	Baja
Alta	Alto	Alto	Medio
Media	Alto	Medio	Medio
Baja	Medio	Medio	Bajo

Fuente: (Ingeniería y Geotecnia Ltda (IGL), 1999)

Afirma la entidad que la evaluación de riesgo la efectuaron en forma matricial (con la tabla anterior) y estableciendo tres categorías en cada uno de los mapas fuente, haciendo una ponderación y mirando la curva de distribución de los resultados finales para hacer la agrupación final. En el plano No. 17 se presentaron el mapa de riesgo resultante. (Ingeniería y Geotecnia Ltda (IGL), 1999)

Como resultado definieron tres niveles de riesgo para la zona de la Carbonera los cuales fueron:

- ✓ **Zona de Riesgo Alto:** Incluyó toda el área de estudio ocupada por construcciones.

Asegurando que es un resultado muy crítico pero que recogía todas las observaciones sobre la gravedad del problema recopilada en el todo el informe que entregaron. En donde afirman que era una zona que levantaron sobre múltiples procesos de inestabilidad y que por diversos factores se encontraba en una condición de estabilidad marginal, lo cual merecía la mayor atención por parte de las autoridades distritales.

- ✓ **Zona de Riesgo Medio:** Abarcaba las zonas de vías, laderas donde no había ocurrido intervención humana y las manzanas con menor densidad de ocupación como las de la parte baja del área de estudio.
- ✓ **Zona de Riesgo Bajo:** Correspondía a toda la franja exterior que había sido contemplada en la restitución y que no se encontraba dentro del alcance del estudio, una pequeña zona cerca de la escuela de Santo Domingo y una zona sobre la margen izquierda de la quebrada La Carbonera, unos 200 m antes de la confluencia con la quebrada Rosales.

(Ingeniería y Geotecnia Ltda (IGL), 1999)

9.2.6. *Planteamiento de alternativas de Mitigación*

Ingeniería y Geotecnia Ltda., informo que las condiciones de inestabilidad en las que en ese momento ya se encontraba el área de estudio y con la alta densidad de vivienda construida sobre ese terreno, afirmaban la imposibilidad de garantizar la estabilización total y definitiva del área. Lo que se presento en ese capítulo pretendía proporcionar un cierto grado de mitigación de riesgos por fenómenos de movimiento en masa de común ocurrencia, pero no reducía los riesgos por eventos sísmicos. (Ingeniería y Geotecnia Ltda (IGL), 1999)

Establecieron una serie de medidas correctivas deducidas del estudio que realizaron de las zonas inestables para su posterior construcción plantando un programa económico con alternativas técnicas de dichas obras civiles. (Ingeniería y Geotecnia Ltda (IGL), 1999)

Concluyen que la inestabilidad mas común del área fue debida a la acción del agua, y por tal motivo las medidas que propusieron se centraron en dicho tema. En cuanto a la corrección o prevención de futuros deslizamientos se propusieron algunas obras civiles de mitigación. (Ingeniería y Geotecnia Ltda (IGL), 1999)

A continuación se describen las obras de mitigación que propuso por la entidad en el año 1999 según el orden en que aparecen en el cuadro 10-1 del informe presentado:

1. Evacuación y prohibición de la reutilización del terreno.
2. Sellado de grietas y rebanado de escarpes.
3. Reconformación del terreno en área no construida.
4. Terraceo
5. Empradización de taludes y áreas destapadas
6. Pavimentación de calles
7. Cunetas y zanjas en tierra
8. Cunetas y zanjas revestidas
9. Canales revestidos
10. Rectificación o mejoramiento de cauces
11. Filtros franceses con geo sintéticos
12. Trincheras estabilizantes
13. Drenes horizontales
14. Columnas de piedra
15. Columnas de grava
16. Compactación
17. Densificación dinámica en terreno no construido.
18. Inyecciones de lechada de cemento o de mortero muy fluido
19. Muros de gaviones

20. Muros de concreto

21. Pilotes de madera

Recomendaron tratamientos especiales a dos zonas las cuales consideraron como las mas criticas del estudio, una en el barrio Santa Viviana II y la otra para la recuperación y tratamiento de los cauces de las quebradas La Carbonera y Rosales. Para la primera zona la recomendación implicaba la reubicación de todas las viviendas que se encontraban sobre los flancos del deslizamiento al mismo tiempo recomendaron como se podía llevar a cabo dicho procedimiento y para la segunda zona concluyeron la importancia de mantener activos los cauces de las quebradas donde se debían canalizar o rectificarlas, y dotarlas de elementos de protección y disipación de energía, contra socavación o derrumbe de las márgenes ello para que pudieran recibir las aguas de escorrentía y las subterráneas para que captaran las obras que la misma entidad recomendó a demás dedican un capitulo donde relacionaban las especificaciones técnicas de construcción para las obras recomendadas. (Ingeniería y Geotecnia Ltda (IGL), 1999)

9.3. INGENMÉTRICA LTDA. – IDIGER, 2000

En los informes entregados por la entidad Ingemétrica Ltda., presentó el diseño de la instrumentación para el monitoreo y seguimiento del deslizamiento en la cuenca de la Quebrada la Carbonera, comprendía desde el punto de confluencia de las quebradas Los Rosales y La Carbonera hasta la cima de la ladera, abarcado por los barrios San Antonio, Santa Helena, Santo Domingo, Santa Viviana, Vista Hermosa, la Carbonera y Perdomo Alto. Enmarcado en el contrato de consultoría No. CCS –547/99. (Ingemétrica Ltda. , 2000)

9.3.1. Labores ejecutadas

Para alcanzar los objetivos la entidad se baso en los lineamientos entregados por la entidad Ingeniería y Geotecnia Ltda., realizada el año anterior a este informe, donde se realizaron las

siguientes labores:

- ✓ Análisis de la información
- ✓ Visitas técnicas a la zona de estudio
- ✓ Predicción de los mecanismos que controlan el comportamiento
- ✓ programa de instrumentación que incluyeron: objetivos, parámetros a medir, localización, toma, captura, análisis y presentación de la información
- ✓ Modelo y programa de monitoreo estructural
- ✓ Definición preliminar de sistemas de alarmas y protocolos.

9.3.2. Metodología realizada

La compañía a cargo no especifica una metodología específica pero se evidencia en los informes la secuencia de ella.

9.3.3. Análisis y Resultado del Monitoreo Instrumental

Control Topográfico: Se consideraron puntos de control con 35 mojones de concreto, 60 puntos en las viviendas y 25 puntos entre los que se encontraban postes, muros, drenajes, vías, etc. (Ingeniería y Geotecnia Ltda (IGL), 1999)

Los mojones se localizaron haciendo especial énfasis en los procesos con más movimiento y que representaban en ese momento una mayor amenaza. Utilizando la información ya aportada por la entidad Ingeniería y Geotecnia Ltda. Lo realizaron de la siguiente manera: (Ingemétrica Ltda. , 2000) (Ingeniería y Geotecnia Ltda (IGL), 1999)

- ✓ Tres puntos en la zona L (según nomenclatura del mapa geomorfológico presentada por dicha entidad), distribuidos así: un mojón en la corona detrás del escarpe principal y dos dentro de la masa deslizante, alineados en la dirección del movimiento en la parte media del cuerpo.

- ✓ En el barrio San Antonio se propuso un mojón en la subzona J3, otro en la subzona J2 y un tercero en la parte intermedia del subproceso j4.
- ✓ En la zona m1 se propuso un punto, quedando sin controlar los procesos m2 y m3 que también revestían de importancia por su movimiento.
- ✓ En barrio Santa Viviana se considero un punto en la parte intermedia del subproceso b1 y otro en la parte intermedia del subproceso c1.
- ✓ En el barrio Santo Domingo se considero un mojón en la zona f2, uno en el proceso D, uno en la parte superior del proceso e3 que afecta también parte del barrio Santa Helena.
- ✓ Se considero dos puntos en zonas potencialmente inestables pero que no presentan actividad: uno localizado en limites del barrio San Antonio cerca al canal transversal y otro en la escuela del barrio Santa Helena.
- ✓ Para efectos topográficos se sugirió 4 puntos de referencia fijos, a partir de los cuales se hizo la toma de coordenadas y cotas. Estos puntos quedaron fuera del área de estudio en zonas estables y visibilidad hacia los demás puntos de control topográfico.
- ✓ Otros puntos se ubicaron para determinar dos secciones transversales con dirección NE-SW, que atravesaban el área de estudio en la parte alta y media tal como se ilustra en el plano adjuntaron.

Afirman que el numero de mojones fue insuficiente para hacer un control riguroso de los fenómenos que se presentan en el área de estudio, además aseguran que por las limitaciones no fue posible monitorear muchas subzona presentadas en el estudio y que las consideradas se controlaron con un numero insuficiente. (Ingemétrica Ltda. , 2000)

Con esta información se determino la tendencia de los movimientos y la correlación con otras variables de interés tales como el nivel freático y la lluvia.

Los 59 puntos para el control de las viviendas se localizaron en los sitios indicados en el plano que adjuntaron y se distribuyeron teniendo en cuenta los diferentes subprocesos que ocurrían, el tipo de vivienda y buscando una distribución conveniente sobre toda el área que durante el desarrollo del monitoreo se dejaron de tomar los datos de 6. Estos puntos se materializaron sobre andén y/o piso de la vivienda con clavos de acero firmemente anclados. (Ingemétrica Ltda. , 2000)

Los 25 puntos se ubicaron en las obras próximas a construir del sector de Vista Hermosa y en los agrietamientos más importantes.

La entidad realizó 13 campañas topográficas durante la ejecución del contrato, con lecturas espaciadas una de otra de dos semanas y tomando datos de coordenadas y cotas, las primeras con estación geográfica y las segunda con nivel de precisión, para el estudio de monitoreo y seguimiento del deslizamiento en la cuenca de la quebrada La Carbonera, donde determinaron la magnitud y dirección del movimiento de cada punto materializado sobre las viviendas seleccionadas para el control topográfico. La base estaba constituida por tres puntos localizados por fuera del área, amarrados a placas del IGAC. (Ingemétrica Ltda. , 2000)

Con los valores de desplazamiento obtenidos durante el monitoreo establecieron tres zonas claramente definidas:

- ✓ La primera comprende el barrio de San Antonio del Mirador limita por el Norte con la quebrada Los Rosales, por el Sur y Este con la quebrada La Carbonera y por el Oeste con la vía que divide al barrio Santa Helena del Barrio San Antonio. (Ingemétrica Ltda. , 2000)
- ✓ La segunda que denominaron zona de transición, cubría todo el barrio de Santa Helena y parte inferior del barrio Santa Viviana. Dentro de esa zona están ubicados 3 inclinómetros, 4 piezómetros y una gran cantidad de puntos materializados para el

control topográfico. (Ingemétrica Ltda. , 2000)

- ✓ La tercera zona comprendía el barrio de Santo Domingo y Santa Viviana, esa zona se caracterizaba por ser la mas poblada, con mayores pendientes y con desplazamientos más bajos. Aunque en algunos puntos notaron que las cifras de desplazamiento alcanzaban valores hasta de 10 cm como era el caso del mojón 10 y el punto 33. (Ingemétrica Ltda. , 2000)

Afirmaron que el control de coordenadas aunque fue el mas útil para la evaluación de desplazamientos en comparación del control de cotas, el calculo de coordenadas no fue exacto ya que argumentaban que tenia un error +/- 5 centímetros en cada punto por causas de manejo del profesional y auxiliares, condiciones climáticas, estados de animo y aspectos de seguridad. (Ingemétrica Ltda. , 2000)

Concluyeron que el monitoreo topográfico se pudo realizar con instrumentos topográficos menos sofisticados como un distanciometro normal ya que para su percepción estos podían tomar asentamientos de decenas de centímetros; pues los desplazamientos horizontales fueron de casi dos metros y los verticales de casi un metro fueron detectados por los agrietamientos de las viviendas antes que con los elementos topográficos, es por ello que aseguraron que para realizar los monitoreos de desplazamiento no fue razonable llegar a un detalle del milímetro, pues con los resultados que obtuvieron al centímetro sus resultados fueron similares. (Ingemétrica Ltda. , 2000)

Que los resultados de este sistema indicaron que no toda el área estaba afectada por los movimientos, encontrando que en el curso de los seis meses monitoreados existían puntos que han sufrieron movimientos hasta de 2 metros y mas, mientras que en otros no registraron desplazamiento de la siguiente manera: 27 puntos permanecieron sin desplazamiento mientras 21 puntos registraron desplazamientos de mas de un metro y los 11 puntos restantes

con movimientos menores de 1 metro. (Ingemétrica Ltda. , 2000)

Que en cuanto a cotas, se observó que la mayoría de los puntos registraron asentamiento, mientras 4 puntos de la pata, en proximidades de la confluencia de las quebradas Carbonera y Rosales registraron levantamientos, situación que indicaba una componente rotacional del movimiento, no se sabían si por naturaleza del desplazamiento o por acumulación de material en la pata contra algún obstáculo rocoso. (Ingemétrica Ltda. , 2000)

Control mediante inclinómetros: Realizaron la instalación de cuatro (4) inclinómetros. Donde afirmaban que dada la magnitud, complejidad y extensión de los fenómenos la cantidad de inclinómetros propuesta era insuficiente y solo permitiría monitorear en forma parcial uno o dos procesos, así que la localización se hizo teniendo en cuenta:

- ✓ La amenaza de los diferentes procesos
- ✓ La vulnerabilidad de la zona de influencia directa
- ✓ Conociendo su naturaleza
- ✓ Buscando monitorear áreas donde los fenómenos ponen en riesgo a los habitantes.

Para la materialización de la información la entidad realizó 25 campañas de control tomando lecturas cada semana durante el periodo de ejecución del contrato obteniendo las deformaciones que sufrieron las tuberías instaladas y las variaciones de nivel freático. (Ingemétrica Ltda. , 2000)

El inclinómetro No 1 se instaló en la parte media del barrio San Antonio, le informaron que el instrumento fue destruido por el movimiento a una profundidad de 7 m y solo se pudo medir deformaciones hasta la campaña No 7. Que mediante control topográfico pudieron determinar la magnitud de desplazamiento en este punto, con resultados de 166 cm en el sentido horizontal y 91 cm en sentido vertical. (Ingemétrica Ltda. , 2000)

El segundo inclinómetro se localizó detrás de la corona del mismo deslizamiento a unos 80 m en predios que corresponden al barrio Santa Viviana. Las lecturas de deformación para este inclinómetro se realizaron a una profundidad de 7.5 m hasta el monitoreo No 18 y finalmente se tomaron lecturas hasta una profundidad de 5.5 m a partir de esta se comparó hasta la lectura final. (Ingemétrica Ltda. , 2000)

El tercer inclinómetro fue localizado en la parte alta del barrio San Antonio en un punto intermedio de la subzona j3. La última lectura registró una deformación de 0.23 mm en la dirección del movimiento presentada en la superficie del terreno. La deformación máxima acumulada resultó también en la superficie con una magnitud de 8.77 mm y ortogonalmente al movimiento del terreno de 3.6 mm también en superficie. (Ingemétrica Ltda. , 2000)

El cuarto inclinómetro fue ubicado en la zona intermedia del proceso e3 que afecta tanto a la parte central del barrio Santo Domingo como un costado del barrio Santa Helena. La profundidad total de ese instrumento fue de 10.5 m, donde la deformación máxima se presentó en la superficie del terreno con un valor de 3.75 mm. (Ingemétrica Ltda. , 2000)

Explicaron que para el control de movimientos en masa el Inclinómetro tenía como función principal captar las superficies de desplazamiento, y que adicionalmente, se podían determinar la magnitud de los desplazamientos que ocurrían en ese sitio, relacionadas con el fondo del mismo. (Ingemétrica Ltda. , 2000)

Concluyeron que en la cuenca de la quebrada La Carbonera los Inclinómetros cumplieron en gran medida su función, pues las lecturas que realizaron no captaron claramente las superficies de falla, aseguran que probablemente fue porque los movimientos parecían ser súbitos en un momento dado. Y que además, la sonda no pase en un sitio no siempre se debe al doblamiento del tubo sino puede ser causado por obstrucción del mismo o daños de las canales. (Ingemétrica Ltda. , 2000)

En cuanto a magnitud de los movimientos, el inclinómetro dio resultados muy buenos pero para el caso, esas magnitudes no tenían mucha importancia por ser puntuales y de tipo milimétrico, por esa razón, la utilidad era reducida, pues en el caso que se ocupaban tenían más significado los movimientos zonales y en magnitudes que superaban varios centímetros. (Ingemétrica Ltda. , 2000)

Control piezómetro: Se instalaron cinco (5) piezómetros de tubo abierto tipo Casagrande. La ubicación se presenta en el plano y su ubicación se basó en las perforaciones que efectuó la entidad Ingeniería y Geotecnia Ltda:

- ✓ El nivel freático solo se detectó en el sector de Vista Hermosa a profundidades que variaron entre 2.1 m y 4.20 m de profundidad.
- ✓ En el resto de las perforaciones no se evidenció.
- ✓ Las trincheras que se habían ejecutado por Ingeniería y Geotecnia Ltda encontraron zonas húmedas o saturadas entre 1 m y 3 m de profundidad o en el manto superficial, donde afirmaban que tenía relación directa con las aguas negras provenientes de casas vecinas.

Deduciendo que el nivel freático de los sondeos probablemente correspondía a agua infiltrada, ya fuera por agua lluvia y agua de consumo o principalmente por aguas negras. En la zona f2 se observaron bastante humedad con nacimientos de agua que alimentaba una pequeña corriente. (Ingemétrica Ltda. , 2000)

Con lo anterior realizaron la distribución de los piezómetros y obtuvieron los siguientes resultados tras haber realizado 25 campañas de monitoreo:

Dos (2) piezómetros en la masa deslizante L del sector Vista Hermosa, localizados en el tercio inferior y en el tercio superior del cuerpo. (Ingemétrica Ltda. , 2000)

Piezómetro No 1

En donde informan que a partir de la octava campaña se suspendió la toma de lecturas del nivel piezométrico debido a las obstrucciones que presentaba. A demás fue destruido por el movimiento en masa que se presentaba el lugar. (Ingemétrica Ltda. , 2000)

Piezómetro No 2

Piezómetro no reportó la existencia de agua subterránea durante el período de ejecución del proyecto asegurando que fue ubicado en un sitio donde permanece un flujo constante de aguas domésticas. (Ingemétrica Ltda. , 2000)

Uno (1) en la zona m3 en la parte media

Piezómetro No 3

El nivel freático que observaron en ese piezómetro se estabilizó en el mes de julio de ese año, en donde la profundidad de la tabla de agua se mantuvo entre 5.74 y 5.73 m. La profundidad máxima que se observo registrado en la última semana del mes de abril de ese año un registro de 5.83 m. (Ingemétrica Ltda. , 2000)

Uno (1) en la zona f2

Piezómetro No 4

Se instaló a una profundidad de 8.50 m donde la profundidad del nivel freático aumento en las últimas lecturas. Argumentan que dicho aumento se debió probablemente a la acumulación de aguas en el sitio. La profundidad del nivel freático final observado fue de 5.56 m el cual aumentó en 2.64 m en un mes. (Ingemétrica Ltda. , 2000)

Uno (1) en la zona j3 del barrio San Antonio.

La profundidad de ese piezómetro llegó hasta los 7.30 m La lectura inicial se efectuó el 5 de Julio de ese año y se registró a una profundidad de 2.00 manteniéndose constante. (Ingemétrica Ltda. , 2000)

Estos piezómetros sirvieron para determinar la presión de poros en el estrato o para medir la fluctuación del nivel freático a lo largo del tiempo y correlacionarla con variables importantes tales como la lluvia y los movimientos. (Ingemétrica Ltda. , 2000)

Concluyeron que este era un buen sistema de control, pero que perdía efectividad si no se comparaban los resultados con los volúmenes de lluvia ocurridos en el lugar. En el caso de La Carbonera los piezómetros se medieron semanalmente pero que los datos solo sirvieron como registro a los informes sin análisis, pues no habían elementos para realizarlos. (Ingemétrica Ltda. , 2000)

Control hidrológico: Se propuso instalar un pluviómetro para registrar la lluvia diaria para que:

- ✓ Estableciera la relación entre las magnitudes de lluvia.
- ✓ Calculara las dimensiones de los desplazamientos,
- ✓ Evaluarían el desfase entre los eventos lluviosos y la respuesta del terreno.
- ✓ Correlacionara los datos hidrológicos con los niveles de agua en el suelo, este último se mediría con el control piezométrico.

No se evidencia en los informes del porque este control no fue realizado y el porque ya que en el numeral anterior se puede evidenciar la necesidad de haberlo hecho.

9.3.4. Análisis y Resultado del Monitoreo Estructural de las Viviendas

En este punto la entidad reconoció la imposibilidad de monitorear cada vivienda de la zona justificando el número de viviendas y tipología que habitaban en ese momento en la zona de

estudio y el alcance del proyecto. (Ingemétrica Ltda. , 2000)

Basándose en la información ya consignada de la entidad Ingeniería y Geotecnia Ltda, en cuanto a la tipología de las viviendas dedujeron que el comportamiento estructural, respuesta al nivel de esfuerzos, agrietamientos y deformaciones de los elementos estructurales se comportarían de forma muy diferente. (Ingemétrica Ltda. , 2000)

Por lo anterior concluyeron que no era representativo realizar el monitoreo en ese aspecto; pero que si se decidía recomendaban hacerlo en las zonas en donde las viviendas se encontraban con mas daño, se realizaría el monitoreo escogiendo un elemento estructural representativo de cada vivienda y mediría el pandeo, verticalidad o grieta. (Ingemétrica Ltda. , 2000)

El monitoreo consistió en la identificación de las casas con estructuras agrietadas (Placas, muros, vigas) para localizar puntos a cada lado de la grieta y se tomaron lecturas de separación cada dos semanas, se tomaron como referencia 15 para el correspondiente monitoreo.

(Ingemétrica Ltda. , 2000)

Se ejecutaron conjuntamente con las lecturas de piezómetros e inclinómetros en 13 campañas durante el tiempo de ejecución del contrato, en donde observaron que las diez primeras casas no se reportaron movimientos, las cuales se localizaban en la parte alta de la zona de estudio especialmente en los barrios de Santa Viviana y Santo Domingo; mientras que en los barrios Santa Helena y San Antonio por consecuencia del movimiento que se presentaba en ese momento era la zona, en donde el gran porcentaje de viviendas estaban siendo afectadas muy seriamente sus estructuras encontrando grietas en paredes y abombamiento en las columnas. Durante el monitoreo destruidas 5 viviendas por dicho evento. (Ingemétrica Ltda. ,

2000)

Manifestaron que al tener en cuenta la zona de construcción de viviendas , es concluyente que cualquier desplazamiento ya sea horizontal o vertical, estos se iban a manifestar en agrietamientos, por tal razón se podían captar al milímetro y que se podía implementar en cualquier zona como primera opción de control, pero también marazónstan que no es confiable ya que existió la posibilidad que las viviendas se desplazaran debido a dicho movimiento, por lo tanto esa magnitud no debía tomarse como cifra de desplazamiento del terreno. (Ingemétrica Ltda. , 2000)

9.3.5. Zonificación del Área

De los resultados obtenidos de los diferentes sistemas de monitoreo teniendo en cuenta la magnitud de los movimientos y las manifestaciones visibles de grietas la entidad zonifico el área de estudio de la siguiente manera:

9.3.5.1. Zona Inferior

Delimitada por el escarpe visible que se había conformado hasta ese momento hacia la parte central del terreno, el cual se extendía desde la quebrada La Carbonera hasta la quebrada Los Rosales. Todo ese terreno inferior tenia desplazamientos en el sentido de la pendiente del terreno. Hacia la parte baja y lateral el límite estaba definido por las quebradas mencionadas, las cuales se unen en el extremo mas bajo del área. Ahí se ubicaban los barrios Mirador, San Antonio y parte baja de Santa helena. La velocidad de desplazamiento de los puntos en ese momento controlados topográficamente fueron de 42 a 13 cm/mes con un valor medio de 30 cm/mes. Allí habían puntos que se desplazaron horizontalmente hasta 2.35 m en los 5.6 meses que duraron los monitoreos. Y que en promedio los desplazamientos horizontales serán del orden de 1.70 m en el tiempo que duró el monitoreo. (Ingemétrica Ltda. , 2000)

En cuanto a asentamientos estos se encontraban en el rango de 45 cm a 1.00 m con un promedio de 66 cm. De acuerdo con eso, el ángulo medio del plano de deslizamiento era de 21 grados de inclinación. (Ingemétrica Ltda. , 2000)

En cuanto a la posición de la superficie de falla reconocen la desinformación y afirman que solo se encontraba en el inclinómetros No 1 a 7 m de profundidad, con sospecha de que fuera más profunda, abarcando algunos estratos de roca, que era probable que si la superficie de falla era por planos de estratificación este fuera escalonado, pues no se podía explicar de otra manera el deslizamiento de estratos de roca hacia la parte superior de la zona inestable. (Ingemétrica Ltda. , 2000)

En lo que tenía que ver con agua subterránea, la información obtenida fue muy puntual, referida al piezómetro No 1, el cual hasta su destrucción no reportó modificaciones de nivel, estando esta a 7.88 m de profundidad. (Ingemétrica Ltda. , 2000)

En esta zona el movimiento se manifestaba con agrietamientos del terreno y límites como la destrucción de algunas las viviendas.

9.3.5.2. Zona superior

Comprendía toda la zona ubicada por encima del escarpe mencionado anteriormente, donde no apreciaron evidencias de movimiento en general. Tuvieron algunos puntos de control topográfico que presentaban desplazamiento pero sospechaban que ocurrían probablemente por las zonas de relleno, las cuales parecían ocupaban antiguos cauces y caños. Y que por tal motivo podían tener desestabilizaciones debido al desconfinamiento en la parte inferior del escarpe, y el área estaba comprendida por los barrios Santa Viviana, Santo Domingo y parte superior de Santa Helena. (Ingemétrica Ltda. , 2000)

Por lo anterior concluyeron que esa zona era estable a excepción de los sitios de relleno que

recomendaban la necesidad de identificar geológicamente y monitorearla para observar su comportamiento. (Ingemétrica Ltda. , 2000)

9.3.5.3. *Resultado Sistema de Alarmas y Protocolos de Aviso*

La entidad Ingemétrica Ltda. Para este aspecto no presento resultados justificando que por el poco tiempo en que se desarrolló el monitoreo y la falta de parámetros como la lluvia, no se disponía de información suficiente para conocer el comportamiento del terreno y los posibles límites de peligrosidad de los desplazamientos. (Ingemétrica Ltda. , 2000)

Además que el modelo de deslizamiento no se encontraba establecido, excepto por hipótesis no comprobadas. Y que tampoco se conocía el grado de influencia del agua subterránea, porque no se captaron variaciones en los piezómetros; por tal motivo realizar una clasificación de desplazamiento (alto, medio y bajo) no era posible en el campo científico – técnico. (Ingemétrica Ltda. , 2000)

Su aporte estuvo en que con la velocidad de 30 cm/mes de desplazamiento, aseguraron que el área de estudio no revestía de peligrosidad por movimientos de masa súbitos que pudieran causar una catástrofe, pues que a esa velocidad la masa se estaba desplazando hasta ese momento sin que hubiera ocurrido deslizamiento súbito. (Ingemétrica Ltda. , 2000)

Para este punto expusieron algunas ideas que podían conducir a tomar acciones y a pronosticar un posible colapso:

- ✓ Continuidad con el monitoreo topográfico, graficando tiempo – desplazamiento – lluvia de puntos típicos del área. Ya que se sabe
- ✓ Que los mayores peligros están cuando las lluvias sean más intensas, pues parte de esa agua se filtra en el suelo y contribuye a aumentar presión de poros. En las épocas de lluvia es necesario intensificar el monitoreo topográfico y elaborar las gráficas

observando las posibles aceleraciones que pueden suceder.

Argumentaron que de acuerdo con la teoría de fluencia, toda aceleración conduce a un colapso, razón por la cual es posible establecer alarma cuando las curvas desplazamiento – tiempo tienen aceleración. Alarmas físicas en el terreno no es posible establecer por la ausencia de información que represente los diferentes niveles de peligro. (Ingemétrica Ltda. , 2000)

9.3.6. Recomendaciones de la Entidad

Explicaron que dado el poco conocimiento que se tenía todavía del terreno era necesario emprender acciones que condujeran a comprender mejor la situación realizando exploración del terreno para evaluar posición y forma de la superficie de falla y que para ello era conveniente emplear métodos geofísicos, los cuales eran a menor costo, mas rápido y con mayor cubrimiento y se podían identificar contactos entre materiales de relleno o cuaternarios y niveles de roca. (Ingemétrica Ltda. , 2000)

Emplear medios geofísicos (geoeléctrica) era posible identificar niveles de agua y sitios o zonas de mayores concentraciones de flujo para conocer con mas detalle el comportamiento del principal detonante de los movimientos. Porque solo después de un estudio geoeléctrico era posible evaluar la influencia de las aguas subterráneas. Para Identificar las zonas de mayor flujo era necesario hacer monitoreo con piezómetros en esas zonas o canales subterráneos. (Ingemétrica Ltda. , 2000)

Que solo con un conocimiento apropiado del terreno era posible diseñar medidas de mitigación apropiadas. Junto con la investigación del terreno era necesario continuar con el monitoreo topográfico, buscando un sistema que ojalá se pudiera hacer en un solo día para que los resultados fueran más inmediatos. (Ingemétrica Ltda. , 2000)

Concluyeron que si se tenía en cuenta que el principal detonante del movimiento era el agua subterránea, toda obra de mitigación debía enfocarse para atacar ese problema, porque era muy posible que si se lograra controlar el agua subterránea, el movimiento se mitigaría satisfactoriamente. Aseguraron que el principal origen del agua subterránea eran los desechos domésticos. (Ingemétrica Ltda. , 2000)

Mencionaron que las obras de movimientos de tierra no resultarían apropiadas dadas las grandes masas en movimiento y como medida inmediata se requeriría la evacuación de todas las viviendas en la zona inferior, donde ocurría el deslizamiento. (Ingemétrica Ltda. , 2000)

Que en la zona superior debía controlarse con el monitoreo de agrietamiento de viviendas y control topográfico concentrado en la franja de transición ubicada en las proximidades al escarpe y que al ya identificarse los sitios de relleno, en estas áreas debía hacerse monitoreo de agrietamientos inicialmente, y luego, cuando se note progreso pasar a monitoreo topográfico. (Ingemétrica Ltda. , 2000)

Que la instrumentación con inclinómetros solo debía hacerse en sitios donde se requería comprobar posición de probables superficies de falla porque para otros fines los Inclinómetros no eran apropiados. (Ingemétrica Ltda. , 2000)

9.4. GEOTECNIA Y CIMENTACIONES S.A. - IDIGER, 2000-2001

Desde el año 2000 la entidad Geotecnia y Cimentaciones S.A. Realizo el diseño e Instalación de la Instrumentación para el Monitoreo y Seguimiento del Fenómeno de Movimiento en Masa del Barrio El Espino. Para describir el proceso y metodología utilizada por la entidad se hace con base a la información del documento denominado “Informe Mensual del Espino”.

La zona para el estudio fue localizado por la entidad de la siguiente manera:

Desde la parte occidental del barrio Ismael Perdomo, en la localidad de Simón Bolívar, al sur de Bogotá D.C., que limitaba por los barrios San Rafael (Al Norte), La Carbonera (Al Sur), el Espino III (Al Este), y en la parte alta de la ladera por los barrios EL Espino sectores I y II y el Cerro El Diamante (Al Occidente). En los costados norte y sur, se encontraba, las quebradas Santa Rita y Santo Domingo. La extensión total del área de evaluación era aproximadamente de 16,5 Hectáreas. (Geotecnia & Cimentaciones S.A., 2000-2001)

Encontraron que parte de la población de la Quebrada Santa Rita y los sectores próximos a la Quebrada Santo Domingo y a la Cantera Sur fue reubicada por la Dirección, dadas las condiciones de riesgo que representaba su permanencia dichas zonas, en el momento de llevar a cabo la medida. (Geotecnia & Cimentaciones S.A., 2000-2001)

Informan que la información de referencia que utilizaron fue la aportada por la entidad Civiles Ltda. – Hidroconsulta Ltda. realizada un par de años atrás.

9.4.1. Labores ejecutadas

Las labores que realizó Geotecnia y Cimentaciones S.A. se describen a continuación:

- ✓ Reconocimiento de campo.
- ✓ Reconocimiento geológico.
- ✓ Diseño del programa de Instrumentación

9.4.2. Metodología realizada

La metodología que realizó Geotecnia y Cimentaciones S.A. se describen a continuación:

- ✓ Procedimiento en campo que consistía en la realización de lecturas periódicas en los aparatos instalados y calibrados, de donde se obtenía la información por medio de una consola electrónica sin manipulación directa del operador.
- ✓ Para los Inclinómetros, los datos fueron bajados a un computador por medio de un

software especializado (DMM Digitilt DataMate), el cual leía los datos y los traducía en deformaciones, para graficar y valorar de acuerdo con las condiciones geotécnicas de la información recopilada.

- ✓ En el campo de la topografía, realizaron un levantamiento planimétrico por medio de una poligonal, con altimetría convencional en cada uno de los 70 puntos de control, con base en los BMs de referencia.
- ✓ Análisis de la instrumentación, enlace con los estudios realizados en ese momento del suelo en la zona con criterios geotécnicos basados en experiencia con proyectos similares en la región.
- ✓ Con la información recopilada realizaron la localización de puntos de control de instrumentación. Al mismo tiempo recopilaron muestras de suelo para realizarle laboratorio básicos.
- ✓ Los controles los reportaron en informes mensuales con entregas semanales de ejecución de lecturas con los datos mas significativos obtenidos en dichas lecturas.
- ✓ Elaboraron un plano de vectores de desplazamiento con, un plano de tendencias con las tendencias de movimiento por zonas de amenaza y un plano de resumen general con la zonificación de acuerdo al grado de amenaza y dirección principal de los movimientos.
- ✓ Generación de herramientas de juicio útiles a la Dirección para toma de decisiones.

9.4.3. *Análisis y Resultado del Monitoreo Instrumental*

1. Control Topográficos:

La entidad realizo un levantamiento topográfico inicial del área de estudio, ubicando la altimetría, haciendo nivelaciones geométricas con contranivelacion en varios circuitos debido a las altas pendientes del área, emplearon aproximadamente 150 cambios en cuatro circuitos, para poder tomar las lecturas con precisión milimétrica en cada uno de los 33 mojones

conformados por pilas de concreto de 0.30x0.30x0.80 m excavados y fundidos en sitio y 40 Niveletas con el objeto de registrar variaciones de posición o altura en construcciones y estructuras representativas de los sectores del Espino I, Cerro El Diamante, San Rafael y la Cantera Sur. Conformados por taches metálicos (estoperoles) y pintura que garantizaban su permanencia en el sitio de instalación durante el monitoreo a largo plazo. Las vistas o cambios de nivel las realizaron a distancias no mayores a 80m por la condición del terreno, y se materializaron con la finalidad de mostrar la tendencia, orientación y magnitud de movimientos a nivel superficial, de acuerdo con su localización. (Geotecnia & Cimentaciones S.A., 2000-2001)

Definieron cuatro sectores principales de control, cuyos resultados mostraron durante el seguimiento los movimientos sectorizados y la interrelación de los procesos activos. Los sectores de control fueron:

- ✓ Zona habitada en la parte superior de la ladera, en los Barrio El Espino I Sector u Cerro del Diamante.
- ✓ Zona habitada al costado sur del proyecto, cerca de la quebrada Santo Domingo.
- ✓ Sector de desplazamientos de suelo, en la parte alta de la Cantera Santa Rita.
- ✓ Barrio san Rafael.

2. Control de Instrumentación

La entidad manifiesto que ejecutaron 27 campañas de lectura de instrumentación, a intervalos fijos de ocho (8) días entre cada una.

- ✓ **Inclinómetros:** Instalaron cuatro (4) inclinómetros digitales a diferentes profundidades, localizados entre la franja intermedia escarpes y viviendas donde la longitud mínima de anclaje en la roca firme fue del orden de los 6.0m. (Geotecnia & Cimentaciones S.A., 2000-2001)

Inclinómetro No. 1, instalado para controlar los deslizamientos de ladera, en un punto intermedio entre la Cantera Santa Rita y la Cantera Sur. Constituida por una masa de remanentes de explotación en matriz areno arcillosa de las zonas bajas de cantera cuya estabilidad se ve afectada por el deterioro de las capas más superficiales de material. (Geotecnia & Cimentaciones S.A., 2000-2001)

El Inclinómetro No. 2, instalado para ejecutar el control de movimientos a la zona de amenaza No. 5, (información basada de la entidad Consorcio civiles e Hidroconsulta Ltda.) era la fuente de amenaza más extensa en cuanto a área de deslizamiento involucrada y abarcaba gran parte del sector norte del proyecto con muestra de actividad continua, y con desplazamientos de masa y volcamiento de bloques sobre los estratos subyacentes que habían quedado descubiertos. (Geotecnia & Cimentaciones S.A., 2000-2001)

El inclinómetros No.3, instalado para monitorear la inestabilidad del talud en el costado occidental a la vía de acceso a los barrios de la parte noroccidental alta, viniendo del barrio Ismael Perdomo. Catalogada como una falla planar originada en el vertimiento de aguas sobre estratos de arcilla y arenisca con buzamientos favorables a la inestabilidad. (Geotecnia & Cimentaciones S.A., 2000-2001)

El Inclinómetro No.4, instalado para monitorear la parte central de la zona de amenaza No. 3 (información basada de la entidad Consorcio civiles e Hidroconsulta Ltda.), era la parte alta de la cantera sur. Catalogada como una falla de deslizamiento, caída de bloques y desechos de explotación, originada por la explotación indiscriminada y de forma artesanal de la cantera. (Geotecnia & Cimentaciones S.A., 2000-2001)

Para relacionar el comportamiento de los Inclínómetros directamente con el grado de saturación del suelo, la entidad instaló tubería perforada y protegida con geotextil con la finalidad de permitir el paso del agua libre en sitio y presentaron la siguiente tabla donde relacionaron los Inclínómetros instalados. (Geotecnia & Cimentaciones S.A., 2000-2001)

Tabla 6 Relación Inclínómetros

NOMBRE	INSTALACIÓN	LONGITUD	LECTURA INICIAL
INCO 1	27 de Julio	9.0 m	24 de Agosto
INCO 2	3 de Agosto	14.0 m	24 de Agosto
INCO 3	9 de Agosto	16.5 m	24 de Agosto
INCO 4	17 de Agosto	10.0 m	24 de Agosto

Fuente (Geotecnia & Cimentaciones S.A., 2000-2001)

La estratigrafía que se encontró al realizar las perforaciones de los Inclínómetros fue la siguiente según la entidad:

Tabla 7 Descripción General del Subsuelo

REGISTRO DE PERFORACIÓN INCLINÓMETRO 1	
Muestra	Descripción
0.00 – 3.20 m	Conglomerados en matriz de arcilla, con algo de arena fina, gravas y cantos
3.20 – 9.20 m	Arenisca muy friable con vetas de arcillolitas

REGISTRO DE PERFORACIÓN INCLINÓMETRO 2	
Muestra	Descripción
0.00 – 0.70 m	Relleno de arcillas gravas y piedras
0.70 – 4.20 m	Conglomerados y gravas en matriz de arcilla habana
4.20 – 7.20 m	Arenisca fina con vetas de arcillolitas
7.20 – 7.40 m	Arcillolitas habana oscura
7.40 – 10.20 m	Arenisca fina con vetas de arcillolitas
10.20 – 10.45 m	Arcillolitas
10.45 – 12.00 m	Arenisca fina muy friable
12.00 – 12.20 m	Arcillolitas
12.20 – 14.00 m	Arenisca fina muy friable

Registro de perforación Inclínómetro 3	
Muestra	Descripción
0.00 – 1.00 m	Relleno heterogéneo con material orgánico
1.00 – 2.80 m	Conglomerados en matriz de arcilla con arena y gravas
2.80 – 6.20 m	Arenisca fina muy friable
6.20 – 6.50 m	Arcillolitas habana oscura
6.50 – 10.50 m	Arenisca fina muy friable
10.50 – 10.80 m	Arcillolitas habana oscura, consistencia muy dura
10.80 – 16.80 m	Arenisca fina muy friable

REGISTRO DE PERFORACIÓN INCLINÓMETRO 4	
Muestra	Descripción
0.00 – 1.80 m	Relleno de arcillas, gravas y piedras
1.80 – 3.20 m	Conglomerados de Arenisca y mantos de arcillolitas
3.20 – 4.00 m	Arenisca con vetas de arcillolitas
4.00 – 7.00 m	Arenisca habana con rastros de óxido
7.00 – 10.00 m	Arcillolitas habana con vetas de óxido

Fuente (Geotecnia & Cimentaciones S.A., 2000-2001)

- ✓ **Piezómetros:** Instalaron dos (2) piezómetros de tubo abierto, con los cuales se pretendía correlacionar el perfil de la tabla de agua en la zona de falla. Se esperaba que una vez iniciada la temporada de lluvias, este procedimiento reportara alguna tendencia de comportamiento, a pesar del alto grado de fracturamiento de la arenisca encontrada en toda la zona. (Geotecnia & Cimentaciones S.A., 2000-2001)

Las características generales de estos aparatos se presentaron con la siguiente tabla:

Tabla 8 Características Generales Piezómetros

NOMBRE	INSTALACIÓN	LONGITUD	LECTURA INICIAL
PIEZO 1	21 de Agosto	10.0 m	24 de Agosto
PIEZO 2	22 de Agosto	7.0 m	24 de Agosto

Fuente (Geotecnia & Cimentaciones S.A., 2000-2001)

- ✓ **Mojones topográficos:** El ordenamiento y distribución, lo basaron en el estudio de la firma Civiles Ltda., definidos así:
 1. Trazado de la denominada Carrera 1ª - Calle 5ª.
 2. Zona del talud superior en la Cantera Santa Rita.
 3. Primer bloque de casas al borde del talud superior.
 4. Sector superior del escarpe sobre la Quebrada Santa Rita.

Instalaron treinta (33) mojones en concreto, definiendo la localización de dos (2) BMs de control, con amarre a las coordenadas del Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Y mencionaron que las placas de bronce donde centraban la ubicación de cada aparato fueron

retiradas en al menos diez (10) mojones, sitios en los cuales el control lo realizaron sobre taches metálicos.

(Geotecnia & Cimentaciones S.A., 2000-2001)

- ✓ **Niveletas:** Estos puntos tenían por objeto registrar variaciones de posición o altura en construcciones y estructuras representativas del sector. La mayoría de estos puntos los localizaron en los postes de alumbrado público ubicados en las calles de acceso al sector de El Espino I y el Cerro El Diamante, y otros los localizaron en fachadas, o muros no era una buena práctica debido a las bajas especificaciones constructivas de las casas del sector (viviendas tipo B1 en su mayoría), y la inexistencia de andenes para circulación peatonal. (Geotecnia & Cimentaciones S.A., 2000-2001)
- ✓ **Control estructural:** El propósito principal de este control era identificar el grado de vulnerabilidad de las construcciones escogidas de acuerdo con su ubicación, y determinando las tendencias de desplazamiento la relación con lo reportado con el resto de la instrumentación. (Geotecnia & Cimentaciones S.A., 2000-2001)

Seleccionaron veinte (20) puntos, entre viviendas de aproximada similitud constructiva. Donde buscaban que las casas cumplieran con mínimo una cimentación en concreto ciclópeo, con muros en bloque de arcilla confinados y presentaran algunas condiciones de acabado exterior que reflejaran deformaciones o daños en caso de que presentaran algún fenómeno de inestabilidad. (Geotecnia & Cimentaciones S.A., 2000-2001)

Esta información la presentaron en la siguiente tabla:

Tabla 9 Localización Control Estructural

CASA	LOCALIZACIÓN	ESTADO
1	Calle 55 A No 87- 08 Sur	Bueno
2	Calle 55 A No 87- 72 Sur	Bueno
3	SN El Espino I Antonio Pérez	Bueno
4	Calle 55 A No 88 -03 Sur	Bueno

5	Carrera 88 No 56 A 36 Sur	Bueno
6	Carrera 88 No 54 A 34 Sur	Bueno
7	SN El Espino I Oscar Garzón	Bueno
8	SN El Espino I Mariela Rivas	Bueno
9	SN El espino I Taller Ornamentación	Bueno
10	Carrera 88 No 56 A -15 Este	Bueno
11	Calle 55 A No 87-08 Sur	Bueno
12	Carrera 89 No 58-08 Sur	Bueno
13	Carrera 88 No 55 A-15 Sur	Bueno
14	Carrera 88 No 55 A-54 Sur	Bueno
15	Carrera 88 No 55-62 Sur	Bueno
16	Carrera 77 No 56-06 Sur	Bueno
17	Diagonal 66 Sur B 74B-26	Bueno
18	Diagonal 66 Sur 74B-41	Bueno
19	Parque alta Canteras Santa Rita	Bueno
20	Muro cerramiento parque	Bueno

Fuente. (Geotecnia & Cimentaciones S.A., 2000-2001)

9.4.4. Análisis Geotécnico

Realizaron los análisis de estabilidad para las nueve (9) zonas de amenazas determinadas por la entidad Consorcio civiles e Hidroconsulta Ltda. Donde realizaron una serie de retroanálisis, de carácter determinístico para modelar una falla similar a la que encontraron en la zona, y parten de la geometría de la zona en ese momento registrada y teniendo en cuenta la posición de la falla y donde modificaron las propiedades geomecánicas del material para alcanzar un factor de seguridad cercano a 1.

Encontrando que los mecanismos de falla correspondían a un deslizamiento de tipo falla rotacional (Z.A. No. 1, 3 y 4), un deslizamiento a lo largo de la pendiente (Z.A. No.3 y 8), un fenómeno de volteo (Z.A. No. 2 y 7), Falla planar (Z.A. No. 5, y 10) y un posible colapso de la ladera en zona de amenaza No. 6. (Geotecnia & Cimentaciones S.A., 2000-2001)

Para los mecanismos de falla tipo rotacional emplearon el método simplificado de Janbú para fallas circulares, utilizando el programa de computador PCSTABL (Purdue University). Y para compensar el grado de conservatismo a que daba lugar la suposición despreciaron las fuerzas entre dovelas, y utilizaron el coeficiente de corrección recomendado por el método.

Para el caso de deslizamiento a lo largo de la pendiente siguieron la metodología expresada por Lee W. Abramson y Tomas E. Lee en su libro “Slope Stability and Stabilization Methods” y para el mecanismo de falla por volteo, utilizaron la metodología consignada en el libro “Landslides Analysis and Control” del Transportation Research Board National Academy of Sciences. (Geotecnia & Cimentaciones S.A., 2000-2001)

Teniendo en cuenta lo anterior la entidad confirma las hipótesis de falla planteadas en el informe geotécnico que se uso como referencia de la entidad Consorcio Civiles Ltda. Y con ello validan las medidas planteadas por estos, al mismo tiempo recomiendan la elaboración de un estudio económico para la estabilización del proceso en eso momento activo. Proponen las siguientes obras de mitigación:

- ✓ En las zonas donde el mecanismo de falla correspondían al deslizamiento a lo largo de la pendiente estructural, y por la profundidad del material afectado se considero la implementación de soluciones como información a la comunidad, señalizaciones, limpieza y recopilar más información de tipo topográfica e incluir un inclinómetros en la zona de amenaza # 1.
- ✓ Conformación de muros de contención, caissons de contención o la implementación de anclajes. Para las zonas donde el mecanismo de falla involucraba la caída de bloques, se recomiendo la realización de trincheras o zanjas, las cuales sorbían de trampa para los bloques.
- ✓ Realizar un retiro de los bloques sueltos y la conformación de un muro de concreto lanzado con pernos, en los sitios más críticos.

(Geotecnia & Cimentaciones S.A., 2000-2001)

9.4.5. Recomendaciones de la Entidad

Con los resultados que obtuvo la entidad estimaron que el área de viviendas puede verse

afectada de manera significativa en un plazo del orden 8 meses a un año y por lo tanto se sugiere efectuar algunas medidas de control adicional como las siguientes:

- ✓ Que se continuara con el monitoreo por un periodo complementario de al menos 1 año de manera que se confirmen o no las tendencias de movimientos y se alerte con tiempo las diferentes alarmas.
- ✓ Que se completara la información de Inclínómetros en la zona de amenaza 1 y 5
- ✓ Que se realizara una investigación geotécnica adicional con la excavación de caisson de exploración.
- ✓ Que se efectuara estudios de posibles alternativas de contención, para que se evaluara económica y socialmente con la alternativa de reubicación.
- ✓ Que se realizara programas de información a la comunidad con un programa de señalización en la zona.
- ✓ Que se realizara la Prohibición a la explotación artesanal de la Cantera Sur.
- ✓ Se hiciera limpieza y desabombe de los taludes de las zonas de amenaza 2, 4, 7 y 8.
- ✓ Que se realizara una evaluación de medidas de contención como muros anclados, caissons de exploración entre otros.

(Geotecnia & Cimentaciones S.A., 2000-2001)

9.5. GEOTECNIA Y CIMENTACIONES S.A. - IDIGER, 2002

En enero de 2002 Geotecnia y cimentaciones fue nuevamente contratado por la Dirección de Prevención y Atención Emergencias – DPAE, para realizar monitoreo y seguimiento del deslizamiento que afecta a los barrios San Antonio del mirador, Santa Helena, Santa Viviana, Vista Hermosa, Santo Domingo y La Carbonera, Ciudad Bolívar en la ciudad de Bogotá. para la realización del análisis se cuenta con el informe final durante el periodo comprendido entre los meses de enero a octubre de 2002 presentada por esta entidad. (Geotecnia & Cimentaciones

S.A., 2002)

9.5.1. *Labores ejecutadas*

- ✓ Levantamiento topográfico de los puntos de control, referencia e instrumentos.
- ✓ Levantamiento altimétrico y planimétrico de los mojones de referencia con GPS.
- ✓ Realización de dos campañas de lecturas de Inclínómetros y piezómetros en cada mes de monitoreo.
- ✓ Control manual de desplazamiento de los extensómetros a partir del mes de marzo.
- ✓ Inventario del estado de las viviendas seleccionadas y clasificación global de riesgo.
- ✓ Visita periódicas de campo en conjunto con la Interventoría.

(Geotecnia & Cimentaciones S.A., 2002)

9.5.2. *Metodología realizada*

La entidad Geotecnia y cimentaciones para este informe no da a conocer una metodología definida.

9.5.3. *Análisis y Resultado del Monitoreo Instrumental*

1. Piezómetros

Se puede evidenciar en este informe que durante el periodo de estudio se realizó el monitoreo de cinco (5) piezómetros, donde muestran el comportamiento de cada uno durante ese mismo periodo, diciendo que:

- ✓ **Piezómetro PZ-2:** Durante el periodo de estudio se mantuvo seco.
- ✓ **Piezómetro PZ-4:** Mostraba las mayores variaciones en el nivel freático. Que entre los meses de enero y marzo/02, su comportamiento fue estable, y que luego mostró un

ascenso del nivel del agua de hasta 9m, después el nivel del agua tuvo un descenso lento hasta septiembre, de hasta 2m. Y que en el último mes fue destruido.

- ✓ **Piezómetro PZ-5:** informan que en la campaña del 9 de septiembre, este piezómetro mostraba un ascenso en el nivel de agua de hasta 15cm. Pero que para la campaña del 25 de septiembre, se afecto por las obras de excavación del alcantarillado y la grieta generada durante ese mes.
- ✓ **Piezómetro PZ-UA1:** Durante el periodo de estudio su comportamiento fue estable.
- ✓ **Piezómetro PZ-UA2:** Durante el periodo de estudio se mantuvo seco.

(Geotecnia & Cimentaciones S.A., 2002)

2. Extensómetros

Los contratistas manifiestan que para estos, tuvieron dos controles, uno que realizaron durante los levantamientos topográficos donde indicaban los desplazamientos horizontales, y dos en la medición manual que realizaban con cinta métrica de los diferentes lados entre las estacas que componen los grietómetros o extensómetros. Donde informan que durante su periodo de monitoreo 16 extensómetros tuvieron un desplazamiento importante, siendo 4 los movimientos mas importantes. (Geotecnia & Cimentaciones S.A., 2002)

3. Inclínómetros

La entidad muestra en este ítem los desplazamientos acumulados en las direcciones de los ejes A-A y B-B obtenidas de los cuatro (4) inclinómetros, en el periodo de estudio en donde asegurando que tres de ellos su comportamiento fue estable mientras que uno tuvo deformaciones de hasta 28 cm en los 5m de profundidad. (Geotecnia & Cimentaciones S.A., 2002)

Se evidencia en la siguiente tabla la informacion del numero de instrumentación con que contaban para

el monitoreo al inicio y el final del periodo de estudio.

Tabla 10 Estado Final de la Instrumentación

ÍTEM	No. AL ÚNICO DEL ESTUDIO	ADICIONES	PERDIDOS	No. AL FINAL ESTUDIO	OBSERVACIONES
PUNTOS DE CONTROL, MOJONES Y NIVELETAS	67	-	9	58	Se colocaron algunos mojones temporales para sustituir los perdidos. Ej: M15.
INCLINÓMETROS	4	-	1	3	El INC-04 destruido por vandalismo.
PIEZÓMETROS	5	-	2	3	Un piezómetro destruido por obras de alcantarillado y uno tapado con residuos de obras.
EXTENSÓMETROS O GRIETÓMETROS	12	12	10	14	Perdidos por incremento en las grietas del deslizamiento y obras locales. Los nuevos extensómetros se instalaron en los meses de enero, agosto y septiembre de 2002.

Fuente. (Geotecnia & Cimentaciones S.A., 2002)

9.5.4. Análisis y Resultado del Monitoreo Estructural.

Según la entidad seleccionaron de 47 casas cumpliendo con los criterios para evaluación de viviendas en zonas de alto riesgo de deslizamiento de la Universidad de Los Andes y de

similitud constructiva, en donde, tuvieran elementos rígidos como una cimentación en concreto, placas de contrapiso en concreto, con muros en bloque de arcilla confinados y que presentaran algunas condiciones de acabado exterior, con el fin de poder determinar deformaciones o daños, debidos al fenómeno inestable que ocurre en el área; encontrando que :

- ✓ El 34% (16 casas) fueron demolidas y el 66% (31 casas) no presentaron variaciones importantes en el último inventario estructural.
- ✓ De las 31 casas resultantes al finalizar el estudio, el 87% (27 casas) quedaron clasificadas como de riesgo bajo (color verde) y el 13% (4 casas) como de riesgo medio (color amarillo)

(Geotecnia & Cimentaciones S.A., 2002)

9.5.5. *Sistemas De Alarma*

Según la entidad lo define como el conjunto de acciones a desarrollar que permitan predecir con cierta certeza la evolución de la magnitud de los desplazamientos con el tiempo y el momento de falla catastrófica.

Con la información anterior seleccionaron el Modelo 1, el cual consistía en un ajuste polinomial de las lecturas realizadas de los desplazamientos, donde tomaron las lecturas del Mojón D4, localizado dentro de la masa inestable.

Determinando un valor de referencia tanto de la magnitud (40cm) como de la velocidad de desplazamiento (20cm/mes) y a partir de estos, se propusieron una serie de intervalos de magnitud de desplazamiento (cm) y velocidad de movimiento (cm/día) con los que pudieron definir unos niveles de alarma.

Con lo que llegaron a definir lo siguiente:

En el **grado de alarma amarilla** se encontraba la parte alta del área de estudio, en donde los movimientos eran menores de 20cm (M1) y las velocidades inferiores a 10cm/mes.

El **grado de alarma Naranja** comprendía un sector al occidente desde la grieta perimetral del deslizamiento y al noroccidente del área de estudio.

En **grado de alarma ROJA** con aviso de evacuación debido a que los movimientos hasta ese momento eran mayores de 40cm y sus velocidades superiores a 20cm/mes, incluyendo la escuela de Santa Viviana.

9.5.6. Alternativas De Mitigación

- ✓ **Alternativa 1.** Recomendaban la construcción de un Terraplén en la Pata de Deslizamiento entre las quebradas Rosales y Carbonera y que como complemento se deberían realizar obras de drenaje para reducir la humedad de estos materiales e incrementar su resistencia.

Para esta alternativa se requeriría un volumen de aproximadamente 350.000m³ y que su costo se estimaban en \$15.000 millones.

- ✓ **Alternativa 2.** Construcción de Muro Anclado en la parte alta del deslizamiento, el cual se construiría entre caissons de 1.5m de diámetro anclados al nivel de roca, y que el valor estimado de esta alternativa sería de unos \$3'000.000 millones.

9.5.7. Recomendaciones de la Entidad

La entidad recomiendo continuar con los estudios y el monitoreo del deslizamiento de La carbonera, esto con el fin de que se siguiera con el análisis de evolución del fenómeno y afectación de nuevas áreas.

Recomendaban la recuperación de la instrumentación e instalación de nuevos Inclínómetros y piezómetros especialmente cerca del escarpe principal debido a la pérdida de algunos de estos instrumentos en este sector.

Y que considerando que el área de la Carbonera se venía estudiando desde 1988 y teniendo en cuenta la evolución del fenómeno y la afectación del mismo, recomendaban la realización de nuevos estudios de riesgo y alternativas de mitigación y diseño de obras de estabilización.

9.6. INGEOMINAS - IDIGER, 2003.

En mayo de 2003 Ingeominas fue contratado Dirección de Prevención y Atención Emergencias – DPAE, para realizar el estudio de evaluación de amenaza por deslizamiento, definir el modelo de comportamiento geotécnico de la ladera y evaluar la amenaza por deslizamiento para las viviendas e infraestructura para los barrios El Espino y El Cerro del Diamante, Ciudad Bolívar en la ciudad de Bogotá, a partir de los resultados de la instalación y monitoreo de la instrumentación geotécnica. Por medio del convenio 076/2002, en este documento afirman, que su labor se evidencia por medio de ocho (8) informes, un (1) informe semestral, por medio del informe final; siendo este ultimo la base del análisis del presente documento pues no se tuvo el resto de información. (Ingeominas, 2003)

9.6.1. Labores ejecutadas

- ✓ Levantamientos topográficos.
- ✓ Exploración del subsuelo e instrumentación.
- ✓ Ensayos de laboratorio.
- ✓ Evaluación de la instrumentación y monitoreo.

9.6.2. Metodología realizada

- ✓ Obtención de mapas base e instrumentación.
- ✓ Obtención de Parámetros.
- ✓ Generación del modelo y mapa de Amenaza

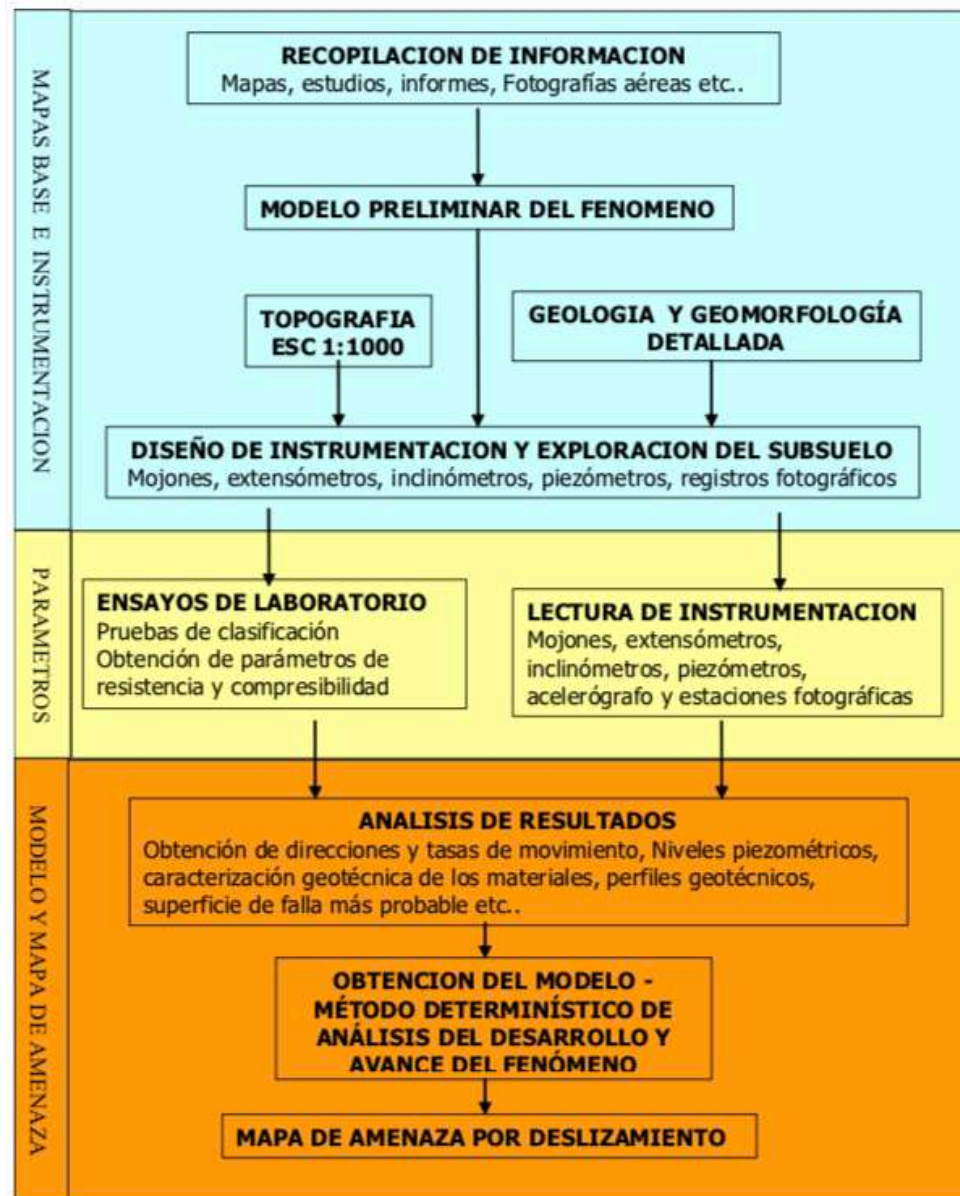


Ilustración 12 Metodología usada por la entidad
Fuente: (Ingeominas, 2003)

9.6.3. Análisis de Instrumentación y Resultados.

Según la entidad en el Capítulo 7 del documento hallado, se pudo evidenciar para este punto, que la información bibliográfica que revisaron de anteriores instrumentaciones no fue clara en cuanto a patrones de movimiento, por lo cual deciden diseñar la instrumentación para la zona de estudio de la siguiente manera: (Ingeominas, 2003)

1. Instrumentación superficial

Esta instrumentación tuvo como objetivo el control de los desplazamientos en superficie, para encontrar dirección y tasas de movimiento, a partir de desplazamientos de mojones, o por abertura de grietas detectados mediante extensómetros. Para tal fin construyeron una red de 65 mojones los cuales se distribuyeron de la siguiente manera; 25 mojones de control ubicados en forma de cuadrícula, sobre los barrios El Espino Sectores I y II y El Cerro el Diamante, orientados con lineamientos topográficos y 8 mojones de referencia alrededor de los anteriores, y 40 mojones más, en los barrios San Rafael, El Rodeo y El Espino III Sector para realizar campañas mensuales del control de desplazamientos. (Ingeominas, 2003)

Los mojones fueron contruidos en concreto de 2500 psi aproximadamente, fundidos in situ y que como testigo usaron tubos de acero de 3" de diámetro que ayuda a dar estabilidad al mojón y en el su centro una varilla de ½" en hierro, con su respectiva referencia el cual definía la ubicación. (Ingeominas, 2003)

Instalaron siete (7) extensómetros de polea a lo largo de la grieta principal sobre los cuales tomaron lecturas diarias en un periodo de dos (2) meses (22/04/02 - 15/06/02) pues argumentan que los extensómetros fueron destruidos en su totalidad y por tal motivo esta actividad no la pudieron seguir realizando. (Ingeominas, 2003)

También instalaron nueve (9) extensómetros de estacas sobre ubicadas arriba de la grieta

principal; comentan que por daños en los mismos quedaron con cuatro (4) extensómetros de estacas. (Ingeominas, 2003)

2. Instrumentación profunda

Esta instrumentación tuvo como objetivo el control de los desplazamientos, la ubicación del nivel freático y la ubicación de la superficie probable de falla. Obtuvieron información en dos perfiles A-A' y B-B' orientados mediante alineación topográfica en la dirección promedio del buzamiento de los estratos. Del primer perfil A-A', se obtuvieron información acerca de espesores de los estratos y variación del nivel freático, para ubicar la instrumentación de precisión sobre el otro perfil. (Ingeominas, 2003)

Instalaron cuatro (4) piezómetros Casagrande, tres (3) ubicados sobre las tres (3) primeras perforaciones del perfil A-A, a 30 m de profundidad nombrados como PC1, PC2 y PC3 y uno (1) a 100 m al suroeste del perfil B-B' en la perforación No. 8 a 15 m de profundidad nombrado como PC4. De estos dice la entidad que uno (1) se destruyó el PC1 debido a los movimientos de la zona. (Ingeominas, 2003)

También instalaron 7 Inclínómetros de precisión sobre el perfil B-B' de instrumentación, tres (4) sobre las perforaciones 4, 5 y 6 que tenían una profundidad de 21 m, uno (1) sobre la perforación 7 de profundidad de 26 m., dos (2) en los barrios San Rafael y El Rodeo respectivamente. (Ingeominas, 2003)

9.6.4. Análisis de cambios topográficos y resultados.

Realizaron 3 levantamientos topográficos Mayo - Agosto de 2002 y Febrero de 2003 con curvas de nivel cada metro. Con el objetivo de hacer un análisis sobre los cambios topográficos más relevantes, mediante la ayuda del SIG. ILWIS donde obtuvieron diferencias

de altura entre las topografía inicial y final. (Ingeominas, 2003)

- ✓ **Zona de hundimiento del escarpe principal:** Mostraron desplazamientos aproximados de -4 a -7 m.
- ✓ **Zona de levantamiento Barrio San Rafael:** Presentó desplazamientos del orden de +7 m al costado norte de Quebrada Santa Rita y de +4 m al sur
- ✓ **Frente de avance del movimiento principal:** Indico incremento en la cota debido al corrimiento del terreno como producto del empuje del cuerpo principal del deslizamiento.
- ✓ **Zona de levantamientos Barrio El Rodeo:** Zona era un cordón de aproximadamente 3 a 4 m de ancho con levantamientos del orden de +2 a +3 m. El Inclinómetros INC7 lo colocaron sobre dicha zona para que pudiesen dar una idea de la tendencia del movimiento.

Análisis de Estabilidad y resultados del método de equilibrio límite para determinar la estabilidad del macizo rocoso; para esto reprodujeron las diferentes etapas del movimiento y el agente detonante. (Ingeominas, 2003)

El análisis de estabilidad lo dividieron a su vez en dos partes:

- ✓ Análisis retrospectivo de la estabilidad del terreno: Realizados sobre los perfiles, B-B' y el C-C', donde el corte lo realizaron en la pata de la ladera para explotación de materiales térreos.
- ✓ Análisis de la estabilidad futura del deslizamiento.

La entidad dividió la zona de estudio por bloques como se muestra a continuación:

Etapas 1 Minería a Cielo Abierto – Bloque A: Identificada como falla de tipo traslacional con una inclinación promedio de los estratos de 13°.

Llegando a la conclusión que los primeros signos de inestabilidad del talud se presentaban cuando se realizaban la excavación; por ello, la inestabilidad se contribuía a dos agentes:

- ✓ **Intrínsecos:** Bajos parámetros de resistencia
- ✓ **Extrínsecos:** Excavación en la base del talud

Expresaron el agua que influía en menor proporción y por ello se asumieron que el nivel de agua estuviese a un metro por encima de la superficie de falla. (Ingeominas, 2003)

Etapa 2 – Falla del Bloque Principal - Bloque B: Presentaba una longitud de 200 metros; para simular el proceso de falla asumieron que el desplazamiento del primer bloque (Bloque A), generaba una pérdida de confinamiento lateral en el segundo (Bloque B). (Ingeominas, 2003)

Y bajo esas premisas, se realizaron el análisis, teniendo en cuenta los probables agentes que originaron la inestabilidad. Para ello la entidad realizó una encuesta a 65 habitantes del sector, sobre las posibles causas que generaron la inestabilidad del terreno, encontrando en primer lugar el inadecuado uso de la dinamita, y la instalación del alcantarillado que creó fugas en la tubería. (Ingeominas, 2003)

La entidad asegura que esta última era una incidencia importante ya que esta agua se infiltraban sin ningún control y que a demás no las pudieron saber ya que la empresa de acueducto no les suministro la información. (Ingeominas, 2003)

Construyeron zanjas paralelas a las curvas de nivel para facilitar la infiltración tanto del agua de escorrentía como la que provenía del rompimiento de los tubos; dicen en su informe que lo largo de la excavación se encontraba el desarrolló de la grieta principal. (Ingeominas, 2003)

Etapa 3 Fallamiento - Bloque C: Caracterizada por la presencia de tuberías rotas que inyectaban permanentemente agua al deslizamiento. (Ingeominas, 2003)

Para efectos de análisis se asumieron que pequeños movimientos del bloque movilizaron la

resistencia residual de la arcillolitas de manera que el analizar el bloque se obtuvieron factores de seguridad:

- ✓ Talud Seco FS = 1.011
- ✓ Talud con agua FS = 0.984

Dicen que para el efecto del agua en el análisis se simuló que el rompimiento de la tubería producía un ascenso del nivel freático de un metro. (Ingeominas, 2003)

Concluyendo que los agentes que contribuían a la inestabilidad del bloque C era:

- ✓ **Intrínsecos:** Bajos parámetros de resistencia de la arcillolitas sobre el plano de falla.
- ✓ **Extrínsecos:** Pérdida de soporte lateral por movimiento del bloque B. Aporte de agua que provenía del rompimiento de tuberías instaladas en el sector.

(Ingeominas, 2003)

Etapa 4 – Predicción del movimiento: Para esta etapa la entidad enfatiza en la identificación del mecanismo de falla como los agentes desestabilizadores para definir un modelo físico del fenómeno. Analizando dos escenarios comportamiento ante un sismo y ante el rompimiento de la tubería. (Ingeominas, 2003)

Encontrando que a medida en que se incrementa la aceleración al área afectada, será mayor esto en cuanto a un sismo y ante el rompimiento de tubería dicen que el material al saturarse presentaba una expansión presentando una pérdida de resistencia. (Ingeominas, 2003)

9.6.5. Zonificación De La Amenaza Por Movimientos En Masa.

La entidad consigna en su informe que realizó la zonificación de la amenaza por movimientos en masa, en escala 1:1.000, teniendo en cuenta los movimientos que afectan la ladera, su génesis, estado y actividad, tipo de material involucrado, así como su afectación a la

comunidad. Evaluando las zonas ladera arriba del movimiento principal que podía llegar a estabilizarse por efectos sísmicos y por la continuación de la acción antrópica. La compañía identifica 9 zonas algunas con sub zonas y dos (2) mas con un escenario por intervención antrópica. (Ingeominas, 2003)

Zona 1: Deslizamiento del Espino y Cerro del Diamante

Correspondiente al movimiento principal de la zona de estudio, de carácter traslacional retrogresivo de aproximadamente 1.750.000 m³ de areniscas muy fracturadas con intercalaciones de arcillolitas, y algunos suelos residuales que las sobreyacen. Presentando un escarpe de aproximadamente 450m de longitud y altura entre 8 a 10m. Su desplazamiento horizontal hasta el momento era de 20 a 30 m. (Ingeominas, 2003)

- ✓ Zona 1A. Suelo y Roca desplazados.
 - Zona 1B. Levantamiento de suelo y roca.
 - Zona 1C. Roca fracturada desplazada.
- ✓ Zona 2: Bloque desplazado detrás del escarpe principal
- ✓ Zona 3: Deslizamiento Quebrada Santo Domingo
- ✓ Zona 4: Flujo de Detritos Quebrada Santo Domingo
- ✓ Zona 5: Caída de Rocas del Espino Sector III
- ✓ Zona 6: Escarpe y Depósitos de Talus
- ✓ Zona 7: Parte Alta Quebrada Santo Domingo
- ✓ Zona 8: Ladera Arriba Deslizamiento El Espino y Cerro Del Diamante - Escenario de Amenaza por Sismo
 - Zona 8A – Efecto sísmico de 0.05g de aceleración horizontal.
 - Zona 8B – Efecto sísmico de 0.15g de aceleración horizontal
 - Zona 8C - Efecto sísmico de 0.24g de aceleración horizontal

- ✓ Zona 9: Ladera Arriba Deslizamiento El Espino y Cerro Del Diamante
- ✓ Zona 10: Ladera Abajo Deslizamiento El Espino y Cerro Del Diamante - Escenario de Amenaza por Avance del Movimiento
 - Zona 10a: Avance del movimiento ladera abajo de la zona 1c
 - Zona 10b: avance del movimiento ladera abajo de la zona 1a
- ✓ Zona 11: Influencia en San Rafael

9.6.6. Conclusiones de la Entidad

La entidad concluyó que el movimiento principal del Espino y Cerro del Diamante era un deslizamiento traslacional de detritos con corona retrogresiva. Donde a partir del fenómeno originó gran cantidad de grietas de distensión que afectaron las viviendas de los barrios Cerros del Diamante y El Espino. Asociados a ese deslizamiento se presentaban hasta la fecha deslizamientos superficiales de suelo y roca, flujos de suelo y de Detritos, talud o depósitos de talud y caídas de roca, movimientos en masa presentes regresivos y se desplazándose a diferentes velocidades representando alta amenaza para toda la zona estudiada según la entidad. (Ingeominas, 2003)

Aseguran que el control del problema dependía del control que se hiciera en cuanto a las aguas superficiales y subterráneas que circulaban por la zona. (Ingeominas, 2003)

En el estudio resaltan que la incorporación de agua al suelo correspondía a la que originada los eventos de “precipitación”, no las cantidades atribuibles a intervención humana por obras de infraestructura como acueductos y alcantarillados. (Ingeominas, 2003)

9.6.7. Planteamiento de alternativas de Mitigación

La entidad encargada del estudio sugirió medidas para la mitigación del riesgo en la zona del estudio y sectores aledaños. Las dividieron en inmediatas y a corto o mediano plazo, siendo las primeras aquellas que debían se implementadas en el menor tiempo posible y las

segundas las que tomarían un mayor tiempo debido a que requerían un diseño detallado.

(Ingeominas, 2003)

Medidas inmediatas

- ✓ Realizar levantamiento detallado de todas las redes de instalaciones hidráulicas y sanitarias para identificar escapes y rectificarlos, o eliminar totalmente los conductos defectuosos.
- ✓ Impermeabilizar las superficies a la intemperie ladera arriba de la grieta incipiente, principalmente las vías, para de evitar infiltraciones, aconsejaban realizarlo con una red de zanjas o cunetas impermeables y en materiales muy flexibles.
- ✓ Sellar con materiales arcillosos todas las grietas ladera arriba del escarpe principal, sectores II y III.
- ✓ Reconformar los cauces de la quebradas Santa Rita y Santo Domingo.
- ✓ Inspeccionar los antiguos túneles de minería y determinar su alineamiento y dimensiones con el objeto de evaluar su eventual uso como galerías de drenaje.
- ✓ Mantener el monitoreo y ampliar la instrumentación en algunos sectores.

(Ingeominas, 2003)

Medidas a mediano y largo plazo

- ✓ Estabilización del sector III (ladera arriba de la grieta incipiente) mediante la utilización de pilotes empotrados en la roca.
- ✓ Reconformación del terreno mediante Terraceo en los Sectores I y II.
- ✓ Obras de drenaje superficial, drenaje profundo y revegetalización.

(Ingeominas, 2003)

9.7. MOYA Y GARCÍA LTDA. - IDIGER, 2003.

Para el análisis del trabajo y monitoreo de esta identidad, no se obtuvo información de ningún tipo, por tal motivo solo se nombra su participación, en el Monitoreo y Seguimiento al Deslizamiento que Afecta los Barrios San Antonio del Mirador, Santa Helena, Santa Viviana, Santa Viviana Sector Vista Hermosa, Santo Domingo y La Carbonera de la Localidad de Ciudad Bolívar. Estudio de Riesgo por Remoción en Masa, Evaluación de Alternativas de Mitigación y Diseños Detallados de la obras de protección y control en el barrio San Rafael, en el año 2003.

9.8. UNIÓN TEMPORAL KANYU – IDIGER, 2003.

En el año 2003 la Unión Temporal Kanyu desarrolló el contrato de consultoría No 255/03 contratado por Fondo De Prevención Y Atención De Emergencias (FOPAE) para realizar el “Estudio de riesgos por remoción en masa, evaluación de alternativas de mitigación y diseños detallados de las obras de protección y control en el barrio San Rafael, de la localidad de Ciudad Bolívar, en la ciudad de Bogotá D.C. La información presentada en este documento se basa en el ultimo informe entregado por la entidad Unión Temporal Kanyu. (UNIÓN TEMPORAL KANYU , 2003)

9.8.1. Labores ejecutadas

- ✓ Trabajo de campo.
- ✓ Levantamientos Topográficos
- ✓ Recopilación y análisis de información disponible.
- ✓ Organización del informe.

(UNIÓN TEMPORAL KANYU , 2003)

9.8.2. Metodología realizada

- ✓ Estudio Geológico
- ✓ Evaluación del riesgo.
- ✓ Alternativas de mitigación.
- ✓ Evaluación del riesgo con medidas de protección.
- ✓ Selección y diseño de la alternativas.

(UNIÓN TEMPORAL KANYU , 2003)

Según la entidad, el trabajo hecho, está basado en los resultados que entrego Ingeominas en mayo de 2003 resultando lo siguiente:

9.8.3. Análisis de estabilidad

Informaron que no existía evidencia sobre ampliación de la superficie de falla en la base; pues el Inclinómetros instalado por INGEOMINAS (P10_INC6) hasta ese momento presentaba desplazamientos muy pequeños (menores que 2.0 mm). (UNIÓN TEMPORAL KANYU , 2003)

9.8.4. Análisis de deformabilidad

Esta entidad afirmo que en el análisis de deformabilidad se realizó mediante la modelación con elementos finitos (esto realizado por Ingeominas) en donde hallaron que los resultados generados son similares al comportamiento real del deslizamiento en cuanto a desplazamientos se refería. (UNIÓN TEMPORAL KANYU , 2003)

9.8.5. Estudio geológico

La entidad realizó una revisión de la información geológica disponible y contenida en los estudios previos realizados en la zona inestable de El Espino y El Diamante entregados en los informes del Consorcio Civiles Ltda. – Hidroconsulta Ltda., realizado en abril de 1999 y Ingeominas en abril de 2003. (UNIÓN TEMPORAL KANYU , 2003)

9.8.6. Estudio Geoeléctrica

La entidad realizó una investigación geoeléctrica como método indirecto de exploración del

subsuelo, con el objeto de definir las características de las fallas geológicas cartografiadas en el área de estudio. Realizaron sondeos Geoeléctricos, empleando las Configuraciones Schlumberger (sondeos largos) y Wenner (sondeos cortos), ubicados según el sector de exploración. (UNIÓN TEMPORAL KANYU , 2003)

- ✓ Configuración Schlumberger: Cinco (5) Sondeos Geoeléctricos (SEV)
- ✓ Configuración Wenner: Seis (6) Sondeos Geoeléctricos (W)

9.8.7. Evaluación Del Riesgo

Trazaron un total de 24 secciones de análisis discriminadas en 12 representando las trayectorias más probables previstas para los bloques sueltos que podían emprender la caída, y 12 secciones que seguían las trayectorias de mayor pendiente. Donde se pudieron extraer resultados de alcance máximo horizontal (m) dentro del grupo de bloques lanzados, alcance promedio (m) y energía máxima de los bloques (kJ). (UNIÓN TEMPORAL KANYU , 2003)

9.8.8. Evaluación De La Amenaza

Entregaron los resultados de alcance horizontal para las secciones 1 a 11 con los alcances máximo y promedio para cada sección se trazó una envolvente de dispersión de bloques que permitió identificar visualmente que la amenaza tendía a crecer sobre las manzanas numeradas como 5 y 6, habitadas en ese momento. (UNIÓN TEMPORAL KANYU , 2003)

9.8.9. Evaluación De La Vulnerabilidad

Realizaron un inventario de las viviendas del área de estudio para extraer los datos que determinaban el modelo de vulnerabilidad, necesario para evaluar el riesgo las cuales fueron:

- ✓ Índice de Daño en ese momento, con valores entre 1 (Daños ligeros no estructurales. Estabilidad no afectada) y 5 (Derrumbe parcial o total de la estructura).
- ✓ Tipo de vivienda: B1 (recuperación), B2mamp (vivienda en mampostería no confinada), B2prefab (vivienda en elementos prefabricados), B3, B4 (vivienda en mampostería)

confinada de uno y dos pisos, respectivamente) y C.V. (lote vacío).

(UNIÓN TEMPORAL KANYU , 2003)

9.8.10. Alternativas De Mitigación

Con la información anterior la entidad propuso las siguientes alternativas de mitigación con el presupuesto de obra para cada una:

1. Reubicación de predios, sin alterar el talud - \$ 2,363,879,762
2. Remoción de los bloques que inducen el riesgo - \$ 279,503,170
3. Construcción de zanjas perimetrales con o sin terraplén - \$ 276,338,033
4. Construcción de una barrera de protección - \$ 93,475,387
5. Construcción de un muro en gavión - \$ 115,805,527

(UNIÓN TEMPORAL KANYU , 2003)

9.8.11. Conclusiones de la Entidad

A continuación se listaran las conclusiones que dejó la entidad como solución al trabajo realizado:

- ✓ La fuente de amenaza sobre el Barrio San Rafael era la caída de bloques inducida por el solevantamiento, cuyo origen, estaba en el deslizamiento de El Diamante-El Espino. Hay que resaltar que según el informe esa fecha, FOPAE ya había iniciado el programa de reubicación de familias buscando alejarlas de la fuente de amenaza. El número total de predios que debían reubicar era de 113, sumando construidos y vacíos.
- ✓ La amenaza por caída de bloques, aunque mitigable, era una de las más peligrosas, por eso una opción era la remoción del material rocoso susceptible de caer,

recomendaban llevar la roca al botadero de Cantarrana en Usme, por ser el más cercano y adecuado.

- ✓ De la alternativa de barrera para peñascos aunque la más económica comentaban que el beneficio que conllevaría podía ser menor por los inconvenientes del probable robo de sus partes por parte de delincuentes y la posibilidad de volcamiento.
- ✓ La alternativa que el consultor recomendaba era la zanja con terraplén, ya que podía ser ejecutada más rápidamente.

(UNIÓN TEMPORAL KANYU , 2003)

9.9. INGENIERÍA Y GEORIESGOS LTDA.- ACCI, ENERO – AGOSTO 2004.

A principios del año 2004 Ingeniería y Georiesgos fue contratada por la AGENCIA COLOMBIANA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL ACCI, mediante el contrato ACCI-001 por una duración de ocho (8) meses, para realizar el estudio de riesgo y diseño de medidas de mitigación en el sector altos de la estancia, localidad de ciudad bolívar, Bogotá D.C., en el área que involucra los barrios El Espino, Cerros del Diamante y San Rafael, que en adelante se llamarán genéricamente “El Espino” y los barrios San Antonio del Mirador, Santa Helena, Santa Viviana Sector Vista Hermosa, Santo Domingo y La Carbonera, que de manera sintética serán “La Carbonera”. La información presentada en este documento se basa en el ultimo informe entregado por la entidad Ingeniería y Georiesgos Ltda. (Ingeniería & georiesgos Ltda, 2004)

9.9.1. Labores ejecutadas

- ✓ Recopilación y análisis de la información existente.
- ✓ Levantamientos topográficos.
- ✓ Trabajos de exploración del subsuelo.
- ✓ Pruebas de campo y ensayos de laboratorio.

- ✓ Organización del informe.

9.9.2. Metodología realizada

- ✓ Estudio geológico y geotécnico.
- ✓ Análisis hidrológico.
- ✓ Evaluación de la amenaza por remoción en masa.
- ✓ Análisis de vulnerabilidad y riesgo.
- ✓ Selección de alternativas para la mitigación del riesgo.

9.9.3. Análisis De Estudios Geológicos

Determinaron el modelo litológico y estructural regional y su influencia sobre la zona de estudio, evaluando las condiciones litológicas y estructurales locales y los procesos morfodinámicos existentes en la zona. (Ingeniería & georiesgos Ltda, 2004)

Para la Zonificación Geotécnica la entidad realizó trabajos de exploración del subsuelo, consistente en exploración indirecta mediante sondeos eléctricos verticales y líneas de refracción y/o reflexión sísmica; y exploración directa con perforaciones y trincheras, donde realizaron pruebas de campo con muestras alteradas e inalteradas de los principales materiales encontrados. Con ellos obtuvieron parámetros geomecánicas de clasificación y resistencia al corte. (Ingeniería & georiesgos Ltda, 2004)

En el análisis geológico y estructural regional y semiregional, demostraron que el Cerro Altos de la Estancia correspondía a un cerro de origen estructural, orientada en dirección EW, casi perpendicular a la dirección de las laderas de la Cordillera Oriental. La estructura regional de pliegues en dirección NE se pierde y se presentan capas de rocas de las formaciones Guadalupe y Guaduas formando pendientes estructurales inclinadas hacia el NE. Estratigráficamente se constituye de rocas de la formación Guadalupe (Plaeners y Arenisca tierna) y de la formación Guaduas. A demás evidenciándose por el cambio brusco de la

morfología, la estratigrafía y la estructura del terreno. (Ingeniería & georiesgos Ltda, 2004)

En la zona de estudio demuestran que presentaba un sistema de fallas de Terreros y al norte por el sistema de Fallas de Mochuelo otras mas recientes denominadas Santa Rita, Rosales y Carbonera y orientadas en dirección NE entre los 45 y 85 grados. (Ingeniería & georiesgos Ltda, 2004)

La entidad argumenta que en cuanto se refería a la parte litoestratigráfica, en la zona de estudio se presentaba dos unidades de roca de tipo sedimentario clástico conformando por Formaciones Guadalupe de edad Cretáceo superior con unidad Arenisca Tierna y la Formación Guaduas de edad Cretáceo – Terciario y de composición predominantemente arcillosa y en menor proporción arenosa. (Ingeniería & georiesgos Ltda, 2004)

Permitiéndoles establecer que a partir del trazo de la falla de Los Rosales ubicada en la parte central se presentan, dos bloques tectónicos, uno hundido que correspondía a la zona de El Espino permitiendo aflorar una secuencia predominantemente arenosa de la parte media de la Formación Guaduas y otro bloque levantado que correspondía a la zona de la Carbonera y en donde subyacen bajo los depósitos cuaternarios una secuencia predominantemente arcillosas de la Formación Guaduas (Ingeniería & georiesgos Ltda, 2004)

La entidad concluye que el componenete Geológico Estructural influía en la inestabilidad del área, particularmente por la presencia de fallas que producto del movimiento relativo a través de sus planos de fallas producian una zona de bloques tectónicas con movimientos diferenciales y efectos sobre las rocas afectadas de composición arcillosa y arenosa, ocasionando de una moderada a alta meteorización fracturadas a cizalladas y con direcciones de estratificación paralelas a la pendiente. Por otra parte aseguraban que la presencia de diferentes tipos de materiales depósitos inconsolidados, particularmente en la zona de la Carbonera evidenciaban una alta dinámica de estas laderas durante el Cuaternario.

(Ingeniería & georiesgos Ltda, 2004)

9.9.4. Análisis Hidrológico

Determinaron caudales de aguas derivados del la precipitación y factores antrópicos, debido a el deterioro de las redes de alcantarillado; planteando recomendaciones para minimizar los efectos del manejo del agua en el sector. En cuanto a el estudio de hidrogeología evaluaron factores: litológicos, estratigráficos y estructurales que controlaban el régimen y orientación de los flujos de aguas subterráneas y las variaciones del nivel freático con lo que se definieron un modelo hidrogeológico. (Ingeniería & georiesgos Ltda, 2004)

9.9.5. Análisis Del Monitoreo Instrumental

La entidad establece los posibles mecanismos de falla, por medio de análisis probabilísticos donde obtuvieron, la Zonificación de Amenaza por Fenómenos de remoción en masa para 1, 10, 25 y 50 años en la zona de estudio. (Ingeniería & georiesgos Ltda, 2004)

9.9.6. Alternativas De Mitigación

A continuación se listan las alternativas de mitigación que se podían realizar en la zona según se identifica en el informe entregado por Ingeniería y Georiesgos Ltda.

1. Anclajes
2. Dados en concreto reforzado.
3. Drenes horizontales.
4. Cuneta revestida en concreto.
5. Sellado de grietas.
6. Mejoramiento de cauces
7. Terraplén para control caída de rocas.

9.9.7. Conclusiones y Recomendaciones de la Entidad

A continuación se listaran las conclusiones que dejó la entidad como solución al trabajo

realizado:

- ✓ La entidad resalto la importancia de ampliar el estudio local hacia todo el cerro Altos de la Estancia con un estudio de variables físicas que permitan obtener un mapa de susceptibilidad.
- ✓ Concluyen que el estudio realizado no solo permitió la integración de información geológica existente de estudios anteriores, sino logró la generación de nuevo conocimiento de la geología local, semiregional y regional , estableciendo un modelo geológico apoyado en el uso de tecnología de punta.
- ✓ En cuanto a el estudio litoestratigráfico del subsuelo la entidad estableció que a partir de la falla de Los Rosales se presentaban dos bloques tectónicos, uno hundido que correspondían a la zona de El Espino y otro bloque levantado que correspondía a la zona de la Carbonera.
- ✓ Resaltando el componente geológico estructural donde la entidad aseguraba en la influencia en la inestabilidad del área, esto por la presencia de fallas que producto del movimiento relativo a través de sus planos de fallas habían producido una zona de bloques tectónicos con movimientos diferenciales y efectos sobre las rocas afectadas de composición arcillosa y arenosa, ocasionando una moderada a alta meteorización fracturadas a cizalladas y con direcciones de estratificación paralelas a la pendiente.

(Ingeniería & georiesgos Ltda, 2004)

9.10. GEOTECNIA Y CIMENTACIONES S.A. – IDIGER, 2004-2005

A finales del año 2004 Geotecnia y cimentaciones fue nuevamente contratada por La Dirección de Prevención y Atención de Emergencias – DPAAE, para prestar los servicios al estudio geotécnico y monitoreo, esto con el propósito de continuar con la observación y

monitoreo del deslizamiento que afectaba al sector de Ciudad Bolívar con los siguientes límites: Al norte, por los barrios Mirador de La Estancia, San Rafael y Rincón del Porvenir; al sur, por el barrio Santa Viviana; al oriente con el barrio Perdomo Alto y al occidente, por el barrio Santo Domingo, en la ciudad de Bogotá, por medio del contrato de consultoría No. CONS 408 de 2004, dicha entidad deja como evidencia de su labor siete (7) informes. A continuación se analizará la metodología utilizada para dicha labor. (Geotecnia & Cimentaciones S.A., 2004-2005)

La entidad continua con las actividades de monitoreo que afecta a la zona norte de Altos de la Estancia según en los informes presentados de la siguiente manera:

- ✓ Seguimiento a la evolución del deslizamiento, su avance retrogresivo y los deslizamientos de la ladera.
- ✓ Evaluación de los daños de un grupo representativo de viviendas del sector y establecer el nivel de riesgo permisible.
- ✓ Establecer un sistema de alarma que permita priorizar los sectores que deben ser objeto de evacuación y/o reubicación de familias por parte de FOPAE.
- ✓ Afinar el modelo geotécnico presentado en el estudio específico incorporando la información obtenida a partir de las lecturas de instrumentación, control topográfico y estructural.

(Geotecnia & Cimentaciones S.A., 2004-2005)

9.10.1. Labores ejecutadas

- ✓ Control topográfico de las 10 secciones definidas.
- ✓ Campañas de Instrumentación geotécnica a inclinómetros existentes y nuevos.
- ✓ Evaluación geológica y geotécnica.
- ✓ Monitoreo estructural de las 250 viviendas seleccionadas.

(Geotecnia & Cimentaciones S.A., 2004-2005)

9.10.2. Metodología realizada

- ✓ Verificación en el sitio del estado de los puntos de control e instrumentos (Inventario General).
- ✓ Seguimiento a la evolución del deslizamiento, su avance retrogresivo y los deslizamientos de la ladera.
- ✓ Evaluación de los daños de un grupo representativo de viviendas del sector y establecer el nivel de riesgo permisible.
- ✓ Establecer un sistema de alarma que permita priorizar los sectores que deben ser objeto de evacuación y/o reubicación de familias por parte de FOPAE.

(Geotecnia & Cimentaciones S.A., 2004-2005)

9.10.3. Análisis y Resultados del Monitoreo

La entidad registra en su primer informe que los datos consignados en el mismo, se realizaron con base al levantamiento topográfico realizado por INGEOMINAS y MOYA Y GARCÍA en el año de 1999. (Geotecnia & Cimentaciones S.A., 2004-2005)

La identidad Geotecnia y Cimentaciones S.A. inicio sus labor con un listado de 259 puntos localizados en el sector de los barrios El Espino y La Carbonera, donde incluían puntos de control topográfico de mojones, GPS, niveletas, y de instrumentación de piezómetros, inclinómetros y extensómetros. Dice el contratista que esta información es recibida por INGENIERÍA Y GEORIESGOS al inicio del estudio. (Geotecnia & Cimentaciones S.A., 2004-2005)

Relacionada a continuación en la siguientes tablas:

Tabla 11 Inventario Instrumentación

SECTOR	PUNTOS CONTROL TOPOGRÁFICO	INCLINÓMETROS	PIEZÓMETROS	EXTENSÓMETROS
EL ESPINO	54	4	2	14
CARBONERA	70	4	2	24

Fuente. Geotecnia y Cimentaciones S.A., 2004-2005

Tabla 12 Inventario Sector El Espino

PUNTOS DE CONTROL	BUENO	DESTRUIDO	TAPADO
PUNTOS TOPOGRÁFICOS (MOJONES, NIVELETAS, ESTACIONES) (TOTAL 54)		AUX-M4	ES1
	B5	C5	ES6
	C3	C5(C)	ES7
	ES10	D2	IGR-A2
	ES11	ES2	IGR-A4
	ES4	ES13	R1
	GPS-039	ES8	R2
	GPS-45	IGR-13	R4
	IGR-11	IGR-3	R5
	IGR-12	IGRA5	
	IGRB3	IGRB2	
	IGRD4	IGRB4	
	IGRD5	IGR-C4	
	IGR-E4	IGR-D3	
	IGR-E5	IGR-E1	
	M15	M15-1	
	M15-A		
	M2		
	M3		
	MG1		
	MG2		
	R3		
	SR-A0		
	SR-A1		
	SR-A1A		
	SR-B1A		
	SRB3		
	SRD2		
SRD3			
	TOTAL 28	TOTAL 16	TOTAL 9
EXTENSÓMETROS (TOTAL 14)		EXT42	
		EXT43	
		EXT44	
		EXT45	
		EXT46	
		EXT47	

		EXT48	
		EXT49	
		EXT50	
		EXT51	
		EXT52	
	EXT53	EXT54	
		EXT55	
	TOTAL 1	TOTAL 13	TOTAL 0
PIEZÓMETROS	PZ-3	PZ4	
(TOTAL 2)	TOTAL 1	TOTAL 1	TOTAL 0
INCLINÓMETROS	INC-3	INC-6	
	INC-5	INC-2	
(TOTAL 4)	TOTAL 2	TOTAL 2	TOTAL 0

Fuente. Geotecnia y Cimentaciones S.A., 2004-2005

Tabla 13 Estado de Instrumentación Sector El Espino

INSTRUMENTACIÓN	BUENOS	DESTRUIDOS	TAPADOS
	%	%	%
PUNTOS TOPOGRÁFICOS (MOJONES NIVELETAS Y ESTACIONES).	52	30	18
EXTENSÓMETROS	7	93	0
PIEZÓMETROS.	50	50	0
INCLINÓMETROS	50	50	0

Fuente. Geotecnia y Cimentaciones S.A., 2004-2005

Tabla 14 Inventario Sector La Carbonera

PUNTOS DE CONTROL	BUENO	DESTRUIDO	TAPADO
	104N	100N	E3
	14N	102N	GPS-036
	19N	105N	GPS-046
	20N	115N	M6
	21N	27N	MG5
	23N	A3C	MG6
	28N	A5C	
PUNTOS TOPOGRÁFICOS (MOJONES, NIVELETAS, ESTACIONES)	30N	B3	
(TOTAL 70)	32N	B4	
	33N	C2-D2	
	37N	9N	
	49N	E1	
	50N	E2	
	50N-1	E3SV	
	53N	IGR4	

	54N	IGR8	
	A3	M10	
	A4	M12C	
	A5	M18	
	B1	M9-ING	
	C4	MG3	
	F3	MG4	
	F4	MG8	
	GPS-14	MG9	
	GPS-O37		
	IGR-2		
	IGR5		
	IGR1		
	IGR10		
	IGR-2A		
	IGR6		
	IGR7		
	IGR9		
	M11		
	M16		
	M12		
	M1C		
	M17		
	M17A		
	MG10		
	TOTAL 40	TOTAL 24	TOTAL 6
EXTENSÓMETROS (TOTAL 24)		EXT05	EXT19
		EXT07	EXT21
		EXT08	EXT31
		EXT09	EXT33
		EXT10	
		EXT16	
		EXT17	
		EXT20	
		EXT22	
		EXT27	
		EXT28	
		EXT29	
		EXT30	
		EXT32	
		EXT34	
		EXT35	
	EXT36		
	EXT38		
	EXT39		
	EXT40		
	TOTAL 0	TOTAL 20	TOTAL 4
INCLINÓMETROS (TOTAL 4)	INCUA-1	INC-2	
	INCUA-3	INC-4	
	TOTAL 2	TOTAL 2	TOTAL 0

PIEZÓMETROS	PIEZ-2	PZ-1	
	(TOTAL 2)	TOTAL 1	TOTAL 1

Fuente. Geotecnia y Cimentaciones S.A., 2004-2005

Tabla 15 Estado Instrumentación Sector La Carbonera

INSTRUMENTACIÓN	BUENOS %	DESTRUIDOS %	TAPADOS %
PUNTOS TOPOGRÁFICOS (MOJONES NIVELETAS Y ESTACIONES).	57	34	9
EXTENSÓMETROS	0	83	17
PIEZÓMETROS.	50	50	0
INCLINÓMETROS	50	50	0

Fuente. Geotecnia y Cimentaciones S.A., 2004-2005

Para el seguimiento la entidad realiza la instalación de tres (3) inclinómetros distribuidos estratégicamente. A continuación se presentan los resultados obtenidos por la compañía en cuanto al control topográfico, instrumental y estructural que realizo para el sector El Espino y la Carbonera. (Geotecnia & Cimentaciones S.A., 2004-2005)

3. Control Topográfico de Secciones

- ✓ **Sector El Espino:** Realizaron seis secciones topográficas, en donde registraron el comportamiento de los puntos de control, entre Enero y Julio de 2005.

Tabla 16 Control Secciones Topográficas Sector el Espino

CONTROL SECCIONES TOPOGRÁFICAS - SECTOR LA CARBONERA					
SECCIÓN	LONGITUD	COTAS PUNTOS DE CONTROL			DIFERENCIA
	(m)	PUNTO	(Referencia)	CONTROL	DE COTA ACU.
			1-ene-05	15-jul-05	(mm)
		GEO - 17	2721.027	2721.011	-16
		M - 5	2721.156	2720.996	-160
		AUN - M4	2713.091	2713.084	-7
		GEO - 19	2704.844	TAPADO / DESTRUIDO	
		M - 3	2698.376	2698.379	3
		GEO - 20	2685.457	2685.479	22
SET - 01	962	M - 2	2677.488	2677.495	7
		M - 1	2668.080	2668.106	26
		SR - B3	2661.183	2661.225	42
		SR - B2	2637.312		-

		SR - B1A	2637.217	2637.726	509
		SR - A1	2637.311	2637.368	57
		SR - A0	2622.370	2622.439	70
		R - 3	2605.387	TAPADO / DESTRUIDO	
		IR - 11	2741.274	2741.021	-253
SET - 02	465	GEO - 17	2721.027	2720.749	-278
		GEO - 18	2692.233	2692.182	-51
		IR - 12	2759.233	2759.211	-22
		B - 5	2740.637	2740.457	-180
SET - 03	372	GEO - 15	2738.034	2737.977	-57
		GEO - 16	2720.865	2720.867	2
		IR - B3	2701.768	2701.758	-10
		IR - 13	2769.730	2769.578	-152
SET - 04	354	GEO - 14	2747.568	2747.348	-220
		C - 5		TAPADO / DESTRUIDO	
		GEO - 13	2725.491	2725.372	-119
		D - 5	2760.529	2760.495	-34
		GEO - 11	2755.684	2755.630	-54
SET - 05	335	GPS - 039	2754.204	2754.154	-50
		INC - 3	2752.806	2752.730	-76
		INC - 5	2746.097	2746.072	-25
		IR - 14	2803.988	2803.914	
		MG - 1	2766.627	2766.720	93
		GEO - 10	2766.993	2766.606	-387
SET - 06	974	GEO - 9	2731.490	2731.493	3
		MG - 2	2729.738	2729.715	-23
		M - 15	2694.452	2694.044	-408
		ES - 4	2670.408	2670.067	-341
		ES - 12	2620.400	TAPADO / DESTRUIDO	

Fuente. Geotecnia y Cimentaciones S.A., 2004-2005

- ✓ **Sector La Carbonera:** Realizaron cuatro (4) secciones topográficas, en donde registraron el comportamiento de los puntos de control, entre Enero y Julio de 2005.

Tabla 17 Control secciones Topográficas Sector la Carbonera

CONTROL SECCIONES TOPOGRÁFICAS - SECTOR LA CARBONERA					
SECCIÓN	LONGITUD (m)	COTAS PUNTOS DE CONTROL			DIFERENCIA
		PUNTO	(Referencia)	CONTROL	DE COTA ACU.

			1-ene-05	15-jul-05	(mm)
		IR - 3	-	TAPADO / DESTRUIDO	
		GEO - 8	2770.540	2770.366	-174
		53 - N	2758.510	TAPADO / DESTRUIDO	
		GEO - 7	2742.386	2742.328	-58
SET - 07	863	INC - 1	2741.799	2741.840	41
		MG - 8	2737.809	2737.765	-44
		104 - N	2711.359	2710.952	-407
		B - 3	2693.627	2692.861	-766
		A - 4	2678.240	2677.821	-419
		GPS - 045	2647.031	2647.047	16
		M - 15A	2634.444	2634.474	30
		IR - 1	2813.409	2813.299	-110
		IR - 2	2806.576	2806.457	-119
SET - 08	501	IR - 5	2791.133	2791.020	-113
		IR - 6	2774.353	2774.460	107
		GEO - 5	2781.686	2781.792	106
		GEO - 6	2750.833	2750.872	39
		IR - 2A	2814.844	2814.566	-278
SET - 09	306	GEO - 4	2791.650	2791.336	-314
		GEO - 3	2754.251	2754.021	-230
		IR - 10	2783.313	2783.255	-58
		GEO - 1	2760.220	2760.207	-13
		INC - 3	2758.433	2758.381	-52
SET - 10	448	M - 12	2738.977	2739.586	609
		GEO - 2	2712.074	2712.027	-47
		F - 4	2704.052	2704.011	-41
		N - 114	2684.136		-

Fuente. Geotecnia y Cimentaciones S.A., 2004-2005

Donde concluyen que la zona de mayor hundimiento dentro de la masa inestable es la parte media-baja de la quebrada Santo Domingo en el antiguo sector de Santa Helena, con tasas de desplazamiento vertical entre 1.7 y 4.0mm/día. (Geotecnia & Cimentaciones S.A., 2004-2005)

4. Control Instrumental

Presentan los resultados de los inclinómetros obteniendo los siguientes resultados:

- ✓ **Sector El Espino:** Para el este sector la compañía diseño cuatro (4) inclinómetros en donde los registraron de la siguiente manera: INC- 3, INC – 5, INC - GC – 1 y INC – GC – 3, los cuales dicen los contratistas durante su periodo de monitoreo el primero fue el mostro las máximas deformaciones alcanzando 4mm, para el segundo alcanzaron una deformación máxima de 2mm, el tercero de 80mm y 90 mm para los eje A-A y B-B respectivamente y para el ultimo Inclinómetros registro una deformación de 10mm a 35 mm 2n los ejes A-A y B-B. (Geotecnia & Cimentaciones S.A., 2004-2005)
- ✓ **Sector La Carbonera:** Para el este sector la compañía diseño dos (2) inclinómetros denominados ANCUA – 1 y ANCUA – 3, donde aseguran que el primero se encontraba obstruido a una profundidad de 6 a 8 m, mientras que el segundo sus resultados mostraron un comportamiento estable. (Geotecnia & Cimentaciones S.A., 2004-2005)

5. Monitoreo Estructural: La entidad manifiesta que se inicio el seguimiento estructural a 252 viviendas en los sectores El Espino y La Carbonera, de las cuales ocho (8) fueron reubicadas, terminando su labor con 244 casas clasificándolas según el grado de riesgo obteniendo los siguientes datos:

- ✓ El 61% de las casas en riesgo Bajo (147 casas)
- ✓ El 28% de las casa en riesgo Medio (69 casas)
- ✓ El 10% de la casas en riesgo Alto (26 casas)
- ✓ El 1% de la casas en riesgo Crítico (2 casas)

(Geotecnia & Cimentaciones S.A., 2004-2005)

Concluyen en este ítem que en general no se presento un cambio significativo, ya que la aparición y ampliación de las fisuras no cambio el nivel de riesgo de las viviendas, ayudando a la reubicación de las que se categorizaron en riesgo crítico debido a la baja calidad en materiales y procesos constructivos de dichas viviendas. (Geotecnia & Cimentaciones S.A., 2004-2005)

6. Evaluación Geológica – Geotécnica: Informan que para finales de su contrato se apreció el incremento del deslizamiento en el barrio Santa Viviana, coincidiendo con los periodos lluviosos afectando la margen izquierda de la quebrada La Carbonera, sin afectar su cause. (Geotecnia & Cimentaciones S.A., 2004-2005)

En el reconocimiento de este ítem deja como resultado la demolición de viviendas categorizadas de alto riesgo, esto por el desconfinamiento del talud originado por un movimiento lento y progresivo de la masa inestable ubicada entre las quebradas Santo Domingo (Q. Rosales) y Santa Rita. (Geotecnia & Cimentaciones S.A., 2004-2005)

Además identificaron el incremento de grietas existentes y otras nuevas, cerca de escarpe principal del deslizamiento, esto sobre la margen izquierda de la quebrada Santo Domingo (Q. Rosales). Y en el barrio Santo Domingo se incrementó la profundidad de una cárcava originada por el agua de escorrentía frente a las manzanas 54, 55 y 56 y sobre la margen interna de la vía de acceso, la cual se encuentra a una distancia de 60m del escarpe principal del deslizamiento, al oriente del sector. (Geotecnia & Cimentaciones S.A., 2004-2005)

En el periodo del contrato el evento mas importante y con mayor afectación revelado por la entidad Geotecnia y Cimentaciones S.A. dicen que fue la reactivación del deslizamiento en el sector de La Carbonera sobre la margen Izquierda de la quebrada del mismo nombre, sin que afectara su cause. Determinan que el incremento de velocidad de desplazamiento con la época de lluvias sin olvidar el vertimiento de aguas domesticas continua sobre la masa inestable. (Geotecnia & Cimentaciones S.A., 2004-2005)

7. Sistemas de Alerta: Según el análisis realizado por la entidad el sistema de alerta se

establece por su cercanía a los escarpes principales de las zonas de hundimiento y sectores de levantamiento que comprenden los barrios de más impacto los cuales son:

- ✓ Barrio El Espino.
- ✓ Barrio Santa Viviana.
- ✓ Barrios Mirador de La Estancia y San Rafael.
- ✓ Manzanas 55, 56 y 57 del barrio Santo Domingo.
- ✓ Sector II del El Espino.

(Geotecnia & Cimentaciones S.A., 2004-2005; Geotecnia & Cimentaciones S.A., 2002)

Como se puede evidenciar la compañía Geotecnia y Cimentaciones S.A., no establece un sistema de alerta claro para la zona de estudio solo se limitó a declarar las zonas que consideraban de alto riesgo.

9.10.4. Recomendaciones de la Entidad

- ✓ La entidad recomienda la continuación del monitoreo en el área haciendo especial énfasis al sector de Santa Viviana en donde se había reactivado el deslizamiento.
- ✓ Las viviendas que escogieron para el monitoreo estructural era suficiente pero especifican que debían estar en las áreas de alerta media y alta, con énfasis en los sectores aledaños al deslizamiento reactivado del Barrio Santa Viviana incluyendo viviendas de la parte baja del sector II del Espino.
- ✓ Incluyen que las casas que se encontraban en nivel de riesgo alto y crítico deberían ser incluidas en los programas de reubicación.
- ✓ En cuanto a el control topográfico recomendaron que se realizará levantamientos de secciones detallando de cambio morfométricas para que pudiesen ser comparados en el tiempo superponiendo dichas secciones.
- ✓ Establecieron la necesidad de instalación de piezómetros s profundidades mayores a

15 m especialmente en el sector de tabique formado por las quebradas de Santo Domingo y Santa Rita, para que se pudiese monitorear el comportamiento del nivel freático para la incidencia de los deslizamientos.

- ✓ Mayor control en el manejo de las aguas domésticas que se estaban vertiendo hasta ese momento directamente a la masa inestable, recomendando tuberías flexibles para que estas fuesen conducidas hacia la parte baja de los cauces de las quebradas.

Consideran importante la inclusión del análisis de lluvias y su relación con la variación del nivel freático, y la influencia en la inestabilidad del terreno.

9.11. GEOTECNIA Y CIMENTACIONES – IDIGER AGOSTO 2005.

Para el análisis del trabajo y monitoreo de esta identidad, no se obtuvo información de ningún tipo, por tal motivo solo se nombra su participación, en el Monitoreo y Seguimiento a los deslizamientos activos que afectaban al Sector Altos de la Estancia de la Localidad de Ciudad Bolívar, Bogotá D.C. a finales del año 2005.

9.12. CONSORCIO ALTO DE LA ESTANCIA – IDIGER 2007– SEPTIEMBRE 2007.

Para el análisis del trabajo y monitoreo que realizó esta identidad, la información obtenida fueron planos en formato pdf realizados por esta entidad de los diseños detallados, en cuanto al presupuesto y especificaciones técnicas para la construcción de las obras de mitigación de riesgos requeridas en el sector Altos de la Estancia de la Localidad de Ciudad Bolívar en la Ciudad de Bogotá no se tiene información de lo realizado por esta entidad, por tal motivo solo se nombra su participación.

9.13. CONSORCIO ALTOS DE LA ESTANCIA 2009 – IDIGER FEBRERO 2009 - MAYO 2011

En el año 2011 Consorcio Altos de la Estancia 2009 fue contratada por La Dirección de Prevención y Atención de Emergencias – DPAAE, para realizar el monitoreo geotécnico especializado en el sector de Altos de la Estancia de la Localidad de Ciudad Bolívar en Bogotá D.C, por medio del contrato de consultoría No. 755 - 2009, se encuentra como evidencia de su labor un (1) informe final. A continuación se analizará la metodología utilizada para dicha labor. (Consortio Altos de la Estancia 2009, 2009-2011)

9.13.1. Labores ejecutadas

- ✓ Visitas de campo.
- ✓ Recopilación de información.
- ✓ Levantamiento topográfico general del sector de Altos de la Estancia.
- ✓ Reunión social
- ✓ Diagnóstico del estado de la instrumentación.

(Consortio Altos de la Estancia 2009, 2009-2011)

9.13.2. Metodología realizada

- ✓ Revisión preliminar de la información geotécnica existente
- ✓ Definición de los puntos de control topográfico y secciones para el monitoreo de los desplazamientos de la zona.
- ✓ Monitoreo instrumental.
- ✓ Análisis de la información.
- ✓ Calificación del índice de daño (vulnerabilidad).
- ✓ Conclusiones y recomendaciones.

9.13.3. Sistema De Alerta

La entidad toma como base lo realizado por Ingeniería y Georriesgos 2004 en donde lo que realizan para este ítem es calcular un índice de aleta en donde identificaron por zonas:

(Consorcio Altos de la Estancia 2009, 2009-2011)

- ✓ Carbonera C-1 donde se encontraba instalado el piezómetro P-5, lo estimaron en grado de alerta AMARILLA.
- ✓ Carbonera C-3 donde se encontraba instalado el piezómetro P-4 lo estimaron en grado de alerta AMARILLA.
- ✓ Carbonera C-4 donde se encontraba instalado el piezómetro I-3 e I-4 lo estimaron en grado de alerta NARANJA.
- ✓ Carbonera C-5 donde se encontraba instalado el piezómetro I-2 lo estimaron en grado de alerta ROJA.
- ✓ Carbonera C6-1 donde se encontraba instalado el piezómetro I-1, I-5 e I-21 lo estimaron en grado de alerta NARANJA.
- ✓ Carbonera C6-2 donde se encontraba instalado el piezómetro I-6, I-8 e I-20 lo estimaron en grado de alerta NARANJA.
- ✓ Espino E-1A, E-1B, E-1C, E-2, E-3, E-4, E-5, E-6 y E-7 zonas que se encontraban dentro del deslizamiento y el grado de alerta que estimaron era NARANJA-ROJO debido a que el deslizamiento se encontraba activo.
- ✓ Espino E-8B y E-8C grado de alerta que estimaron era NARANJA – AMARILLO respectivamente
- ✓ Espino E-10A grado de alerta que estimaron era NARANJA.
- ✓ Espino E-10B grado de alerta que estimaron era AMARILLA.
- ✓ Espino E-11 grado de alerta que estimaron era ROJA.
- ✓ Espino E-12 grado de alerta que estimaron era AMARILLO.

- ✓ Espino E-13 grado de alerta que estimaron era VERDE.

9.13.4. Monitoreo Topográfico

Realizaron el control topográfico para cada uno de los mojones existentes, determinaron los ángulos horizontales con estación total electrónica y Sistema GPS en tiempo real RTK, con ello instalaron tres mojones georeferenciados en lugares estables alrededor de la zona de estudio y 14 mojones sobre los perfiles de control, piezómetros e inclinómetros. (Consortio Altos de la Estancia 2009, 2009-2011)

9.13.5. Monitoreo Instrumental

Instalaron once (11) inclinómetros en el sector de La Carbonera y diez (10) en el sector de El Espino y quince (15) piezómetros abiertos, esto con el fin permitir un adecuado monitoreo de los movimientos de masa antes y después de las obras de monitoreo en ese momento. (Consortio Altos de la Estancia 2009, 2009-2011)

9.13.6. Monitoreo Estructural

Revisaron las viviendas mayormente unifamiliares e identificaron los daños que se presentaban en los diferentes elementos como (muros, entrepisos y cubierta), en las que identificaron que las construcciones eran de tipo informal por el método de autoconstrucción con sistemas estructurales como: mampostería sin refuerzo, mampostería sin refuerzo con algunas columnetas, mampostería confinada y edificaciones prefabricadas en una topografía de tipo montañoso a escarpado y gran parte de éstas presentaban inclinaciones del terreno muy fuertes. Dice la entidad que por esta razón, durante la construcción, algunas de las edificaciones habían desarrollando cambios de nivel que superaban los 2.40 m de altura. (Consortio Altos de la Estancia 2009, 2009-2011)

En cuanto a las vías urbanas algunas estaban pavimentadas y otras en afirmado con poca canalización de agua de escorrentia y que no tenían obras de drenaje. Además que en

algunas zonas no existían obra de contención como en el Barrio San Rafael. (Consortio Altos de la Estancia 2009, 2009-2011)

9.13.7. Análisis De Lluvias Como Factor Detonante De Movimiento

La entidad informa que para el análisis de lluvias obtuvieron los datos por el FOPAE, del consolidado de lluvias de la estación de Sierra Morena. Realizando un total por mes, obteniendo el siguiente grafica. (Consortio Altos de la Estancia 2009, 2009-2011)

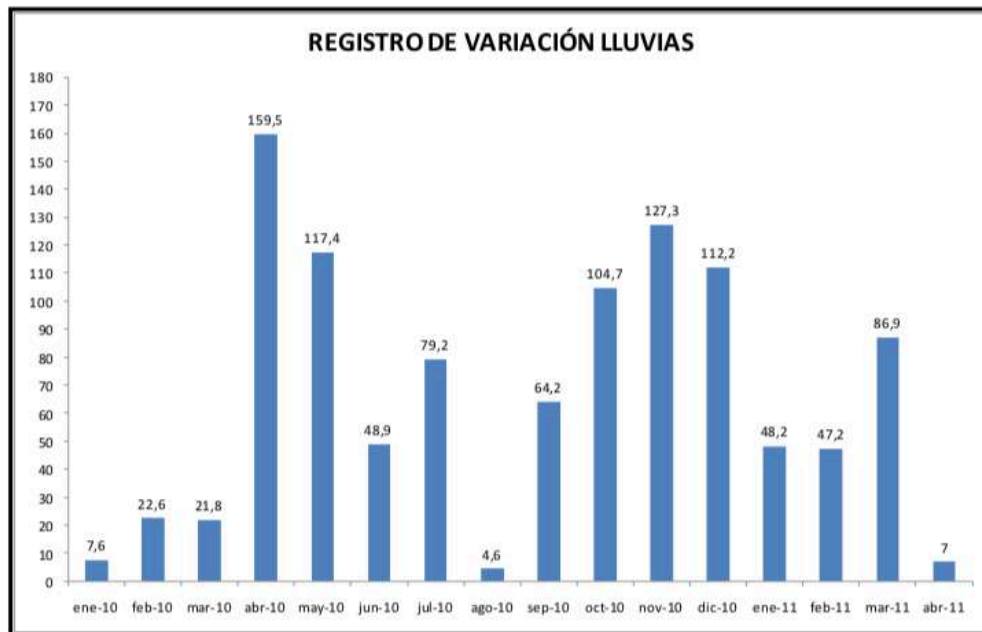


Ilustración 13 Registro de variación de lluvias estación Sierra Morena 2010-2011
Fuente: (Consortio Altos de la Estancia 2009, 2009-2011)

En el análisis de la lluvia la entidad asegura que los datos anteriormente expuestos revelaban fuertes variaciones y que como la lluvia siempre ha sido el mayor agente desencadenante de los deslizamientos, era importante considerar el efecto que ésta tenía para la generación de deslizamientos pero al realizar el análisis de los niveles fráticos encontraron que en los diferentes piezómetros de la zona, no presentaron variación durante el tiempo de estudio por tal motivo quedaba descartada la lluvia como factor detonante de los movimientos. (Consortio Altos de la Estancia 2009, 2009-2011)

9.13.8. Conclusiones y Recomendaciones de la Entidad

- ✓ La entidad concluyo que con el desarrollo del monitoreo geotécnico que en la zona de Fase III, es decir que en el sector que se encontraba hasta ese momento habitado no había evidencia clara de movimiento, teniendo en cuenta los desplazamientos que registraron los inclinómetros y el control topográfico, aclarando en su informe que el cuerpo del deslizamiento seguía activo.
- ✓ En cuanto a los registros de niveles de agua en los piezómetros no se encontraron variación durante todo el estudio.
- ✓ Recomiendan continuar con el monitoreo geotécnico y estructural para conocer el comportamiento del terreno y generar los niveles de alerta a tiempo sin que la población que habita la zona se vea afectada.
- ✓ Para el deslizamiento del sector bajo de la Carbonera recomendaban un Estudio Geotécnico Detallado, donde incluyeran, topografía actualizada, exploración del subsuelo, ensayos de laboratorio, y el análisis y evaluación geológica, geotécnica, hidráulica y estructural del problema, para definir el tipo de movimiento, los parámetros geomecánicas y los respectivos diseños que reduzcan el riesgo que en ese momento presentaba
- ✓ Recomendaban estar monitoreando durante la temporada invernal en las viviendas del monitoreo de “Altos De La Estancia” barrios; la Carbonera manzana A2, Santo Domingo, El Espino I, Santa Viviana, Rincón del Porvenir, Mirador de la Estancia, Tres Reyes, Barrio San Rafael, y Vista Hermosa ya aseguraban que al estar construidos en una ladera podían verse comportamientos inusuales en su cimentación en razón a las intensas lluvias.

(Consortio Altos de la Estancia 2009, 2009-2011)

9.14. CONSULTORES EN INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE – CI AMBIENTAL LTDA – IDIGER AGOSTO 2011

A finales del año 2011 Consultores en ingeniería y Medio Ambiente - CI Ambiental Ltda. fue contratada por Fondo De Prevención Y Atención De Emergencias - FOPAE, para realizar el monitoreo topográfico, geotécnico y estructural para el seguimiento del movimiento en masa de la zona de alto riesgo del sector de altos de la estancia de la localidad de Ciudad Bolívar en Bogotá D.C, por medio del contrato No. 363 - 2011, se encuentra como evidencia de su labor un (1) primer informe con el cual se tratará de analizar la metodología utilizada para dicha labor sin conocer los resultados que obtuvieron al finalizar su labor. (Consultores en Ingeniería y Medio Ambiente - CI Ambiental Ltda. , 2011)

9.14.1. Labores ejecutadas

- ✓ Visitas de campo.
- ✓ Recopilación de información.
- ✓ Levantamiento topográfico.
- ✓ Socialización del proyecto con la comunidad.
- ✓ Diagnóstico del estado de la instrumentación.

(Consultores en Ingeniería y Medio Ambiente - CI Ambiental Ltda. , 2011)

9.14.2. Metodología a realizar

- ✓ Evaluación de las condiciones del Proyecto.
- ✓ Sectorización del área de estudio.
- ✓ Instalación de instrumentación.
- ✓ Monitoreo topográfico.
- ✓ Análisis de estabilidad de laderas.
- ✓ Monitoreo estructural.

- ✓ Interpretación y Análisis de Resultados.
- ✓ Sistemas de Alerta y Aviso.

(Consultores en Ingeniería y Medio Ambiente - CI Ambiental Ltda. , 2011)

9.14.3. Análisis

Como se menciona anteriormente de la información recopilada no se puede realizar un análisis, ya que solo se obtuvo el primer informe realizado por esta compañía, donde solo se pudo extraer lo que se pretendía realizar (metodología) y las actividades preliminares que realizaron antes de dicho informe como:

- ✓ Realizaron la socialización del proyecto con la comunidad donde explicaron de forma general el objetivo, alcance, las actividades a desarrollar tanto del monitoreo geotécnico, instrumentación y del control estructural.
- ✓ Mostraron un compendio de la recopilación de información de las anteriores estudios realizados por las diferentes entidades en Altos de la estancia desde 1998 hasta 2010.
- ✓ Describieron la realización del levantamiento topográfico donde definían la zona de estudio.
- ✓ Realizaron la ubicación e instalación de instrumentación de inclinómetros y piezómetros que permitieran cuantificar las tasas de deformación que presentaba el sector.
- ✓ Informan que durante las perforaciones para la instalación de los piezómetros-Inclinómetros, realizaron ensayos de SPT cada 1.5m y que tomaron núcleos de roca en diámetro NQ y HQ para evaluar el RQD de la secuencia rocosa. Resultando para estos perfiles estratigráficos.
- ✓ Realizaron la instalación de 28 mojones con las siguientes especificaciones técnicas: Mojones en concreto de dimensiones 0.25 m x 0.25 m x 0.50 m, con una varilla de

acero de Diámetro =1” de 1 de longitud, enterrada mínimo 0.5m en el terreno.

- ✓ Para la medición de grietas lo realizarían con cinco (5) extensómetros que ubicaron en el recorrido de la zona y teniendo en cuenta la importancia de las grietas que presentaba el sector, y las nuevas grietas identificadas en la actividad de actualización de procesos.
- ✓ Realizaron el primer monitoreo Estructural a 127 de 222 viviendas afectadas en el sector.
- ✓ La entidad usaría para el análisis de estabilidad métodos de equilibrio límite

(Consultores en Ingeniería y Medio Ambiente - CI Ambiental Ltda. , 2011)

9.14.4. Conclusiones de la Entidad

La entidad concluye en su primer informe que los resultados que obtuvieron en el levantamiento topográfico referente a la ubicación de los mojones existían en el sector al comparar con los resultados de la campaña 29 y 30 de la consultoría 755 de 2009, decían que no existía compatibilidad entre los registros, puesto que presentaban desplazamientos verticales de mayores a 2m y no continuaban la tendencia de desplazamiento horizontal de 0.076 m presentándose desplazamientos de 0.247 m. (Consultores en Ingeniería y Medio Ambiente - CI Ambiental Ltda. , 2011)

9.15. CONSULTORES UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS – IDIGER DICIEMBRE 2016 - ABRIL 2020

A finales del año 2016 Consultores Universidad Distrital Francisco José de Caldas fue contratada por el Instituto Distrital De Gestión De Riesgos Y Cambio Climático - IDIGER, para aunar esfuerzos y continuar la operación del sistema de monitoreo del sector de alta complejidad de altos de la estancia de la localidad de ciudad bolívar, que permita evaluar la

evolución del comportamiento geotécnico a partir de la instrumentación y monitoreo topográfico, estructural y geotécnico del sector, por medio del convenio interadministrativo No. 430 - 2016, para el análisis del presente documento se encuentra como evidencia de su labor 40 informes, presentados mensualmente desde diciembre de 2016 hasta marzo de 2020 y un (1) informe final presentado en abril de 2020. A continuación se presentara la metodología y resultados de las actividades realizadas para dicha labor. (Consultores Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, 2016-2020)

9.15.1. Labores ejecutadas

- ✓ Visitas de campo.
- ✓ Recopilación de información.
- ✓ Realización de informes mensuales de las actividades realizadas
- ✓ Levantamiento topográfico.
- ✓ Verificación de la instrumentación instalada

(Consultores Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, 2016-2020)

9.15.2. Metodología a realizar

La entidad dividió en tres componentes la metodología: Topografía, Geotécnica y Estructural.

En cuanto al componente Topográfico

- ✓ Analizar la información disponible de tipo cartográfico, fotográfico, imágenes satélites, informes de estudios anteriores.
- ✓ Verificación de los antecedentes de la instrumentación instalada por anteriores consultorías.
- ✓ Determinación de puntos de amarre IGAC y ubicación de los puntos principales de control (GPS y/o BM).

- ✓ Definición de secciones topográficas para el análisis de los cambios de relieve a lo largo de la ladera.
- ✓ Ubicación para la instalación de la nueva instrumentación de control topográfico.
- ✓ Definición de las prolongaciones de tiempo de las campañas de la altimetría y planimetría de cada uno de los puntos de control y secciones topográficas, para detectar movimientos en cualquier sentido.

En cuanto al componente Geotécnico

- ✓ Precisar el modelo litológico y estructural de cada deslizamiento, tomado de los estudios realizados por el IDIGER, 2000, 2004, 2009.
- ✓ Conocer las características morfológicas del cuerpo del deslizamiento, incluyendo el modelo de agrietamientos generados desde la fase inicial del evento
- ✓ Conocer el comportamiento dinámico de cada deslizamiento.
- ✓ Revisión de la información de sondeos mecánicos realizados por los estudios geotécnicos.
- ✓ Identificación de diferentes controles geológicos y geotécnicos que determinaron la dinámica del movimiento original.

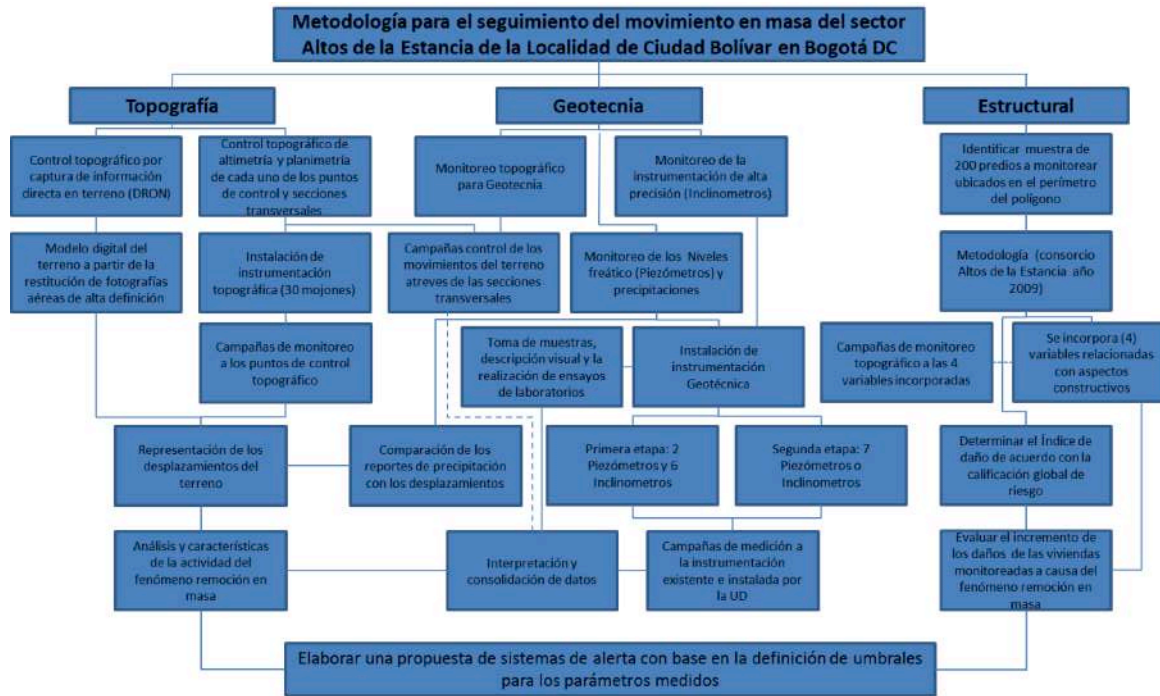
En cuanto al componente estructural

- ✓ Evaluación del índice de daño de viviendas.

- ✓ Medición de variables.

(Consultores Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, 2016-2020)

Consultores Universidad distrital adjunta el siguiente diagrama donde se observa a detalle



cada una:

Ilustración 14 Metodología

Fuente : (Consultores Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, 2016-2020)

9.15.3. Análisis Topográfico

Al realizar en el año 2016 una verificación de la instrumentación de las anteriores consultorías encontraron que gran parte de la instrumentación instalada había desaparecido o se encuentra en mal estado, esto debido a la construcción de las diferentes obras de estabilización o por habitantes del sector que los han destruido.

A continuación se relaciona lo que encontraron con lo instalado por consultores Universidad Distrital Francisco José de Caldas:

- ✓ De los seis (6) inclinómetros - piezómetros referidos en informes de monitoreo anteriores, informan que ninguno de estos elementos se ubico.
- ✓ De los quince (15) inclinómetros encontraron cuatro (4), de los cuales dos (2) los

encontraron en propiedad privada lo que les impidió el acceso a la toma de datos (inclinómetros I-20 y I-21) y el I-06 y I17 al que pudieron tomar lecturas.

- ✓ De los once (11) piezómetros ubicaron en la zona tres (3) el P-9, el P-10 y el P-11, reportándolos obstruidos completamente utilizándolos como mojones para completar el control topográfico.
- ✓ De los 52 mojones reportados en el sector, ubicaron 22 elementos e instalaron 40 de estos seis (6) los dispusieron para que registraran los sitios o zonas que se debían priorizar o densificar, con el fin de que pudieran detallar zonas donde se deseaba realizar en el monitoreo de los cuales comentan que 7 fueron perdidos durante el tiempo de monitoreo por obras o cambios del terreno.

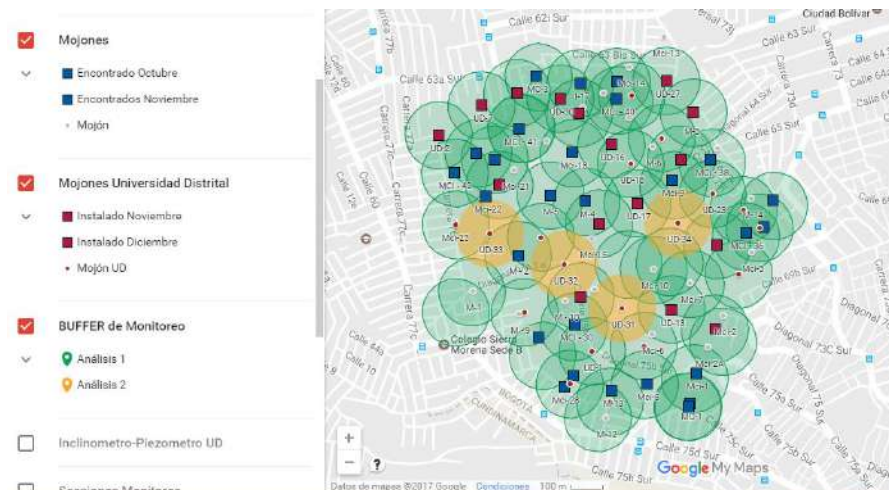


Ilustración 15 Buffer de Mojones

Fuente: (Consultores Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, 2016-2020)

- ✓ Para el monitoreo superficial de las estructuras instalaron sobre la superficie expuesta a la vista, elementos reflectivos, cintas especiales o dianas, las cuales eran compatibles con el rayo proveniente de la estación total de topografía.



Ilustración 16 Elementos Reflectivos Monitoreo Estructural

Fuente: (Consultores Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, 2016-2020)

La entidad informa que para realizar el análisis de estabilidad mantiene las seis (6) secciones realizadas por anteriores consultorías además establecieron que el deslizamiento de la Carbonera al tener una forma cónica en su convergencia seguirían, manteniendo también con las secciones A-A' y C-C'. Y que el deslizamiento del Espino propusieron las secciones D-D' Y E-E' ya que es un movimiento aproximadamente paralelo y establecen extender las secciones transversales cada una hasta las vías, con el fin de generaran un amarre para el monitoreo estructural de las viviendas cercanas al polígono y pudieran detectar posibles movimientos relativos en las mismas. (Consultores Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, 2016-2020)

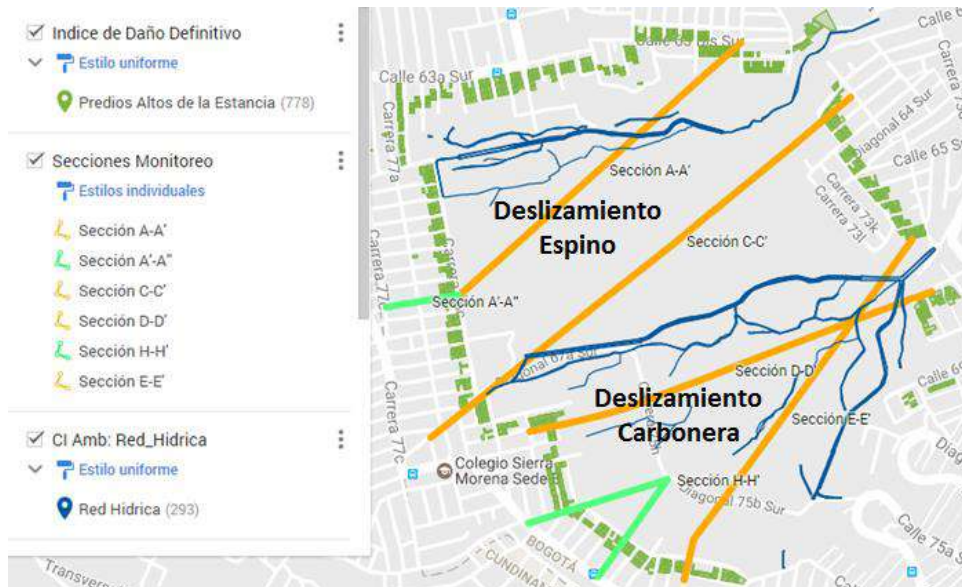


Ilustración 17 Ubicación Secciones Topográficas

Fuente: (Consultores Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, 2016-2020)

Como resultado del análisis de las 40 campañas topográficas, la entidad levantó información a 123 puntos de control superficial obteniendo información de los deslizamientos en la zona La Carbonera, deslizamientos de la zona de El espino. (Consultores Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, 2016-2020)

9.15.3.1. Monitoreo de obras de contención

Es la única entidad que relaciona las obras realizadas dentro de la zona de estudio relacionando las siguientes: Muro de contención anclado en la zona del movimiento del Espino complementada con vigas fundadas sobre pilotes y con anclajes superficiales. En la Carbonera identificaron una red de vigas cabezales sobre pilotes y anclados, complementados con una extensa red de drenes horizontales. (Consultores Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, 2016-2020)

9.15.3.2. Monitoreo Foto control

Con ayuda de un dron la entidad ubico diez (10) puntos de control fotogramétricos cercano al parque. Realizaron 6 vuelos con Dron que les permitió generar ortofotomosaico detallado, información de insumos para los demás análisis técnicos. Donde encontraron que las áreas cubiertas en las 6 ortofoto fueron similares, lo que permiten ser comparadas temporalmente. (Consultores Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, 2016-2020)



Ilustración 18 Ortomosaico Nov. 2016

Fuente: (Consultores Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, 2016-2020)



Ilustración 19 Ortomosaico Jun. 2017

Fuente: (Consultores Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, 2016-2020)



Ilustración 20 Ortomosaico Dic. 2017

Fuente: (Consultores Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, 2016-2020)



Ilustración 21 Ortomosaico Ago. 2018

Fuente: (Consultores Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, 2016-2020)



Ilustración 22 Ortomosaico Feb. 2019

Fuente: (Consultores Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, 2016-2020)



Ilustración 23 Ortomosaico Ago. 2019

Fuente: (Consultores Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, 2016-2020)

9.15.4. Análisis y Monitoreo Geotécnico

La entidad presenta los resultados obtenidos de las visitas realizadas al polígono e inspección

visual, de los puntos de control, las mediciones de instrumentación instalada, incluyendo los resultados de la zonificación geológica y geotécnica del área de estudio para ello determinaron los siguientes criterios: (Consultores Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, 2016-2020)

1. Crecimiento de asentamientos humanos dentro del polígono de estudio.
2. Zonas Húmedas
3. Extensómetros
4. Afectación drenes sobre bermas sector La Carbonera
5. Monitoreos de la instrumentación Inclínómetro – Piezómetros

Con la información anterior la entidad realizo la caracterización y zonificación geotécnica de los materiales en el área del proyecto de monitoreo de Altos de la Estancia, determinando los parámetros que describen la resistencia, la rigidez y la permeabilidad de los materiales y depósitos presentes. Obteniendo lo siguiente:

- ✓ La descripción de las propiedades físicas y características básicas del material. Incluyendo la clasificación del suelo, los ensayos de propiedades índices, la descripción litológica de los materiales y la determinación de los pesos unitarios. A partir de estos parámetros, junto con resultados de ensayos in situ, generaron la correlación para estimar las propiedades geomecánicas.
- ✓ Los parámetros de resistencia al corte, como el ángulo de fricción interna y la cohesión.
- ✓ La estimación de la recarga superficial a través del suelo y/o formación superficial mediante el balance hídrico entregado.

Para el monitoreo lo dividieron en cuatro (4) unidades para la zona de la carbonera de la siguiente manera:

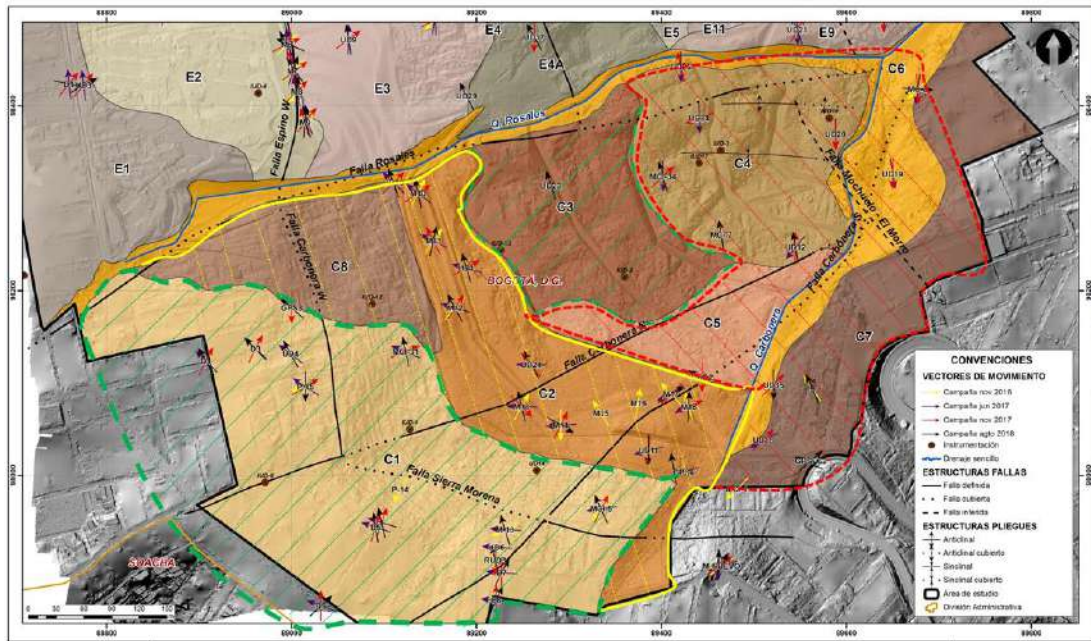


Ilustración 24 Zonificación geológica geotécnica y vectores de movimiento.

Fuente: (Consultores Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, 2016-2020)

E identificando cada una como:

- ✓ Zona de aislamiento parte superior – C1

Litología de roca ligeramente a moderadamente meteorizada, dentro de los factores detonantes predomina Vertimientos de aguas. De acuerdo con las mediciones de la instrumentación de inclinómetros hasta la última lectura registrada. Y en donde no identificaron evidencias superficiales de inestabilidad de importancia. (Consultores Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, 2016-2020)

- ✓ Parte superior del deslizamiento, corona del movimiento – C2

Zonas de adecuación morfológica con obras de drenaje superficial y obras de estabilización. Predominio litológico suelo residual a nivel superficial de la Formación Guaduas, catalogándolo como una zona de alerta temprana de baja intensidad de acuerdo con las mediciones del monitoreo geotécnico. Y que dentro de los factores detonantes predomina Vertimientos de aguas como en C1. De acuerdo con las mediciones de la instrumentación de

inclinómetros hasta la última lectura registrada. Identificando esta zona con evidencias superficiales de inestabilidad de moderada magnitud y de carácter puntual. (Consultores Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, 2016-2020)

✓ Cuerpo del Deslizamiento – C3

La entidad la clasifica como masa disgregada con procesos múltiples, incluye litología asociada a depósitos coluviales y suelos residuales afectados por el movimiento superficial y profundo, entre los coluviones que suprayacen horizontes de arcillolitas y areniscas moderadamente meteorizadas con saturación por flujo sub-superficial. Catalogándola como una zona de alerta temprana de moderada intensidad de acuerdo con las mediciones del monitoreo geotécnico. Dentro de los factores detonantes incluyen las actividades antrópicas por cortes para adecuación morfológica y también la infiltración sub-superficial de flujos de agua principalmente por vertimientos de agua residual. De acuerdo con las mediciones de la instrumentación de inclinómetros hasta la última lectura registrada. Identificando esta zona con evidencias superficiales de inestabilidad de moderada magnitud y de carácter puntual. (Consultores Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, 2016-2020)

✓ Pata del deslizamiento – C4

La identifican como masa disgregada con procesos morfodinámicos tipo Flujos y desplazamientos laterales muy lentos tipo reptación. Donde el predominio litológico se asocia a depósitos coluviales y suelos residuales movilizados, los cuales cubren rocas altamente meteorizadas afectadas por el movimiento, cuya superficie de falla sería principalmente de tipo circular. Catalogándola como una zona de alerta temprana de alta intensidad de acuerdo con las mediciones del monitoreo geotécnico. Y que dentro de los factores detonantes incluyen el flujo subterráneo sub-superficial que se encuentra favorecido por la saturación del suelo residual y la roca altamente meteorización y que cuya dirección de flujo es concordante

con la tendencia estructural de la ladera y los vertimientos de la parte alta del sector C1 y C2. (Consultores Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, 2016-2020)

9.15.4.1. Análisis de los datos pluviométricos

Mostraron la información de las precipitaciones diarias con los registros recopilados para el periodo sep. 2016 – dic 2018 de la zona, suministrada por las estaciones pluviométricas registradas de Altos de la Estancia y Sierra Morena. Encontrando que para el año 2016 el máximo registro se presentó en el mes de noviembre, en el año 2017 los máximos registros de precipitación se presentaron en mayo y en el año 2018 marzo fue el año donde se presentaron los máximos registros en 24 horas. (Consultores Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, 2016-2020)

9.15.4.2. Análisis Desplazamiento Y Precipitación

En este ítem la entidad consultores Universidad Distrital registraron que los desplazamientos en función del tiempo habían sido de consideración en el año 2017 donde evidenciaban picos por encima de la tolerancia de 78mm esto para algunos puntos de control ubicados en El Espino, para el año 2019 la entidad registra que los movimientos presentados están por debajo de la tolerancia, con menor magnitud de precipitación registrada. Identificando todas las velocidades durante las campañas como “nivel muy lento” según la clasificación de Varnes. (Consultores Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, 2016-2020)

En cuanto al ciclo bimodal de lluvias la entidad registra que la zona de estudio no evidencia una correlación con los desplazamientos máximos registrados para cada deslizamiento, explicando que según los movimientos máximos obtenidos por encima de la tolerancia y con registro de lluvia bajos, y que de igual manera deslizamiento-lluvia asociando los mismos desplazamientos para el periodo de lluvias, no encontraron relación en el mecanismo de ascenso del frente húmedo, concluyendo que estos movimientos se encuentran relacionados a las inestabilidades focalizadas a la capa superior del suelo por el flujo combinado con los

vertimientos. (Consultores Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, 2016-2020)

9.15.4.3. Análisis de estabilidad base

En este ítem la entidad Consultores Universidad distrital Francisco José de Caldas, como parte de trabajos académicos y la ampliación del conocimiento elaboraron con estudiantes la monografía "Seguimiento y análisis de los procesos de instrumentación para el monitoreo y control geotécnico del fenómeno de remoción en masa del sector Altos de la estancia" Con el fin de presentar los resultados de los análisis matemáticos o factores de seguridad tomando como base la información de exploración de subsuelo y topografía del año 2017, en el año previo a la Ubicación e instalación de la instrumentación del convenio. (Consultores Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, 2016-2020)

Presentando los resultados, los factores o niveles de seguridad obtenidos asociados a niveles de amenaza con criterio semáforo (rojo, amarillo, verde). (Consultores Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, 2016-2020)

9.15.5. Análisis Geológico, Geomorfológico

En este punto la entidad presenta los resultado de los análisis y las interpretaciones sobre el conocimiento litológico, estructural, estratigráfico, geomorfológico, hidrogeológico, morfodinámicos, morfométricos, de caracterización geomecánica y análisis de detalle a escala 1:5000, incorporando dentro de los resultados un análisis de las principales causas tanto naturales como antrópicas asociadas a los procesos identificados incluyendo la caracterización geotécnica de superficie y del subsuelo, que permite establecer criterios y una metodología para un SAT que facilite la toma de decisiones respecto de la localización de infraestructura social de la localidad de Ciudad Bolívar particularmente los barrios Ismael Perdomo, El Espino, Sierra Morena y Santa Viviana. Donde se listan a continuación: (Consultores Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, 2016-2020)

- ✓ Zonificación geomecánica del área acorde con los datos y nivel de información obtenida en el monitoreo geológico – geotécnico
- ✓ Identificación de los movimientos en masa más relevantes en las zonas de estudio, y los principales detonantes de los mismos
- ✓ Determinación de las zonas con comportamientos geomecánicos especiales así como las propiedades geomecánicas de los materiales geológicos de superficie de la zona de estudio.
- ✓ Con los datos recopilados de la instrumentación instalada, captura de topografía detalle y sensores remotos, fotointerpretación de imágenes y geo procesamiento, desarrollando una zonificación de amenaza
- ✓ Identificación de los sitios que presentaban los problemas más críticos mediante mediciones directas e inspecciones en campo y correlacionando los datos mes a mes con la evolución morfodinámica de los movimientos detectados
- ✓ Identificación de los factores que contribuyeron a la estabilidad de los sectores

9.15.6. Modelo hidrogeológico conceptual propuesto

La entidad registrar que de acuerdo al modelo geológico de superficie y del subsuelo, analizaron los factores como: litológicos, estratigráficos y estructurales que controlaban el régimen y orientación de los flujos de aguas subterráneas con los hallazgos de las zonas de infiltración subsuperficial y la estimación del nivel freático subterráneo. Comentan que a través de la inspección de campo de manera periódica y la interpretación de foto mosaicos analizaron la distribución de las aguas producto de vertimientos inadecuados, que circulan libre a favor de la pendiente del terreno e infiltrándose sobre las formaciones superficiales, saturando las unidades granulares y favoreciendo procesos de erosión superficial y de remoción en masa en la parte intermedia y del pie del sector de la Carbonera y El Espino. (Consultores Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, 2016-2020)

9.15.7. Análisis de Coberturas Vegetales y de Tierras

La entidad clasifica el área de estudio Altos de la Estancia, con una cobertura del 32% mayormente alteradas, producto de áreas afectadas por procesos morfodinámicos activos, grietas, escarpes, antiguas áreas de explotación minera, de esta forma el 68% que la completa, se encuentra repartido en otros tipos de coberturas menores en donde dominan áreas desnudas y presenta roca expuesta con bajos grados de meteorización con (24%), categoría de áreas artificializadas y vegetación como arbustos y herbazales que ocupan el 31% del área restante de estudio. Y dentro de la categoría de pastos limpios y enmalezados (que en conjunto cubren el 8% del sector Altos de la Estancia) además de los pastos limpios y porciones aisladas concentradas a áreas muy pequeñas presentan vegetación permanente arbóreas, no cartografiable para la escala de análisis.

9.15.8. Resultados Caracterización Geomorfológica

La universidad distrital durante el convenio espacializó la cartografía y zonificación geomorfológica que constituyó el input de información para la posterior zonificación geológica y geotécnica del área Altos de la Estancia. El proceso metodológico incluyó la base conceptual de los elementos morfológicos de un movimiento en masa, como son: la corona, el escarpe principal, la superficie de ruptura principal y los flancos. Se incluye además definiciones fundamentales que se implementaron en la caracterización morfodinámica, como cuerpo principal, pie y frente.

Exponen que Altos de la Estancia geomorfológicamente comprende un cerro asimétrico escarpado hacia en SW y suavemente inclinado al NE y escarpado hacia el Sur y ligeramente inclinado hacia el Norte. La descripción morfométricas de la zona de estudio la realizaron a partir de la construcción de un modelo digital de terreno DTM. (Consultores Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, 2016-2020)

Donde resaltan que el área presenta un predominio de pendientes inclinadas a muy inclinadas y que particularmente en la zona de los deslizamientos de La Carbonera y El Espino, se destaca el escarpe formado por la falla de Rosales en la quebrada de igual nombre y sobre la Falla de la Carbonera. Identificaron mayor grado de inclinación en la zona de deslizamiento de La Carbonera respecto a la zona del deslizamiento El Espino. (Consultores Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, 2016-2020)

El modelado geomorfológico en el área de Altos de la Estancia, incluye al SW del área un relieve estructural asociado a una morfología influenciada por la deformación tectónica del Sistema de Fallas de Soacha y de pliegues regionales de tipo sinclinal y anticlinal que a nivel local se identificaron pliegues compresivos localizados en la parte baja de la ladera entre la Falla Los Rosales y Santa Rita (véase Mapa Unidades Geológicas); otra macrounidad central conformada por la depresión tectónica y la tercera al NE conformada por el cerro de origen estructural denudacional por modelado por fallas geológicas y procesos denudacionales y de depositación del frente estructural marcado por el trazo de la Falla Espino Oeste. (Consultores Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, 2016-2020)

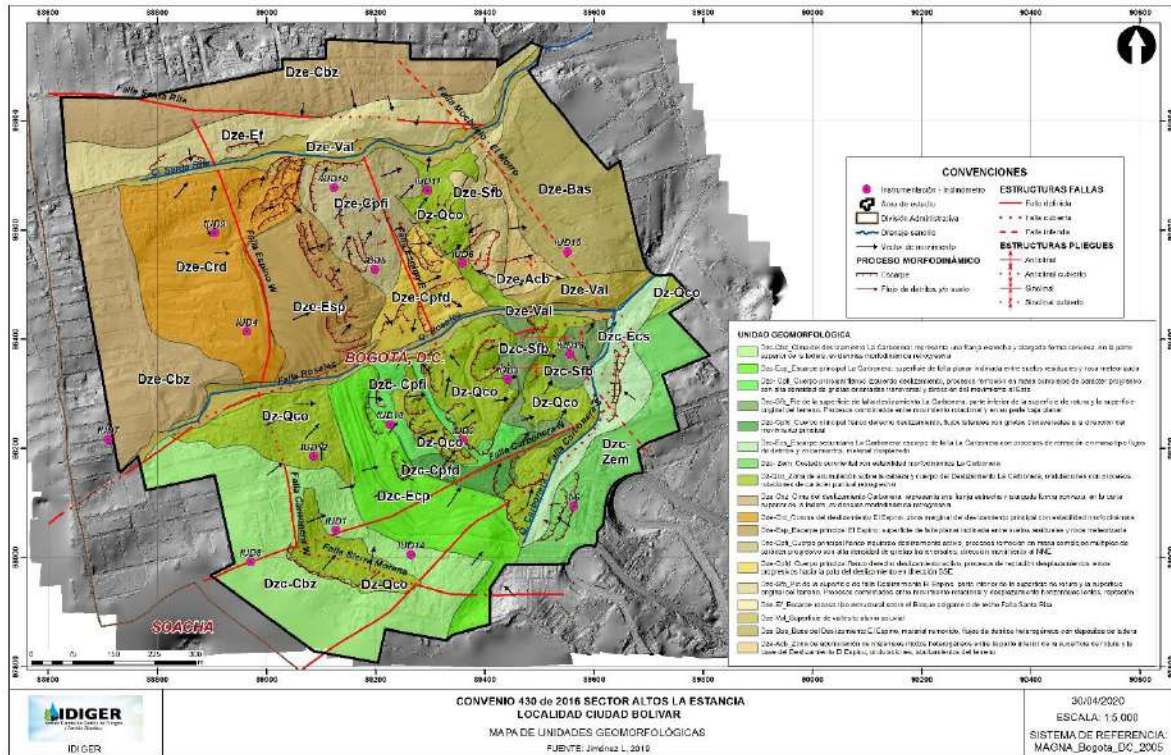


Ilustración 25 Mapa Zonificación Geomorfológica

Fuente: (Consultores Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, 2016-2020)

9.15.9. Resultados zonificación geológica geotécnica

Las unidades geotécnicas homogéneas las obtuvieron a partir del cruce del mapa de UGG y del mapa de elementos geomorfológicos del área de estudio. Para el análisis de estabilidad incluyen ensayos del peso unitario, cohesión y ángulo de resistencia interna de los estratos identificados en cada unidad geotécnica homogénea. (Consultores Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, 2016-2020)

Determinando que la parte baja del Sector La Carbonera se caracteriza por presentar montículos rocosos residuales y coluvión, donde emergen sobre la topografía promontorios o montículos rocosos de la Formación Guaduas (nivel IIA). Y que los resultados de la instrumentación reflejaban direcciones de movimiento hacia la parte baja de la ladera, con un tipo de desplazamiento que reflejaban movimientos planares sobre la superficie de contacto coluvión – roca y sobre el plano de estratificación entre el nivel del suelo residual y el nivel 2 A

de roca moderadamente meteorizada de las limolitas de la Formación Guaduas. (Consultores Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, 2016-2020)

En cuanto a los depósitos coluviales (Qco), dicen que corresponden a acumulación de fragmentos y bloques de roca en disposición semi caótica que yacen sobre las rocas y suelos residuales de la Formación Guaduas. Los depósitos coluviales, debido a su composición en parte arenosa están bien drenados, poco cohesivos, lo cual favorece la acumulación de agua de infiltración superficial con mayor. (Consultores Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, 2016-2020)

Para la correlación de las capas litológicas que actualmente registran desplazamientos horizontales lentos en el sector la entidad lo los relacionan en la siguiente tabla

Tabla 18 Resultados zonificación

ID ZONIFICACIÓN	UNIDADES DE ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA (POR ESCENARIOS DE COMPORTAMIENTO)	Grado evolución proceso observación directa y cuantificable
SECTOR LA CARBONERA		
C1	ZONA DE AISLAMIENTO PARTE SUPERIOR. LITOLOGÍA DE ROCA LIGERAMENTE A MODERADAMENTE METEORIZADA.	Evolución retrogresivo
C2	PARTE SUPERIOR DEL DESLIZAMIENTO, CORONA DEL MOVIMIENTO. ZONAS DE ADECUACIÓN MORFOLÓGICA CON OBRAS DE DRENAJE SUPERFICIAL Y OBRAS DE ESTABILIZACIÓN. PREDOMINIO LITOLÓGICO SUELO RESIDUAL. ZONA DE ALERTA TEMPRANA	Evolución progresivo
C3	CUERPO DEL DESLIZAMIENTO. MASA DISGREGADA CON PROCESOS MÚLTIPLES. DEPÓSITOS COLUVIALES Y SUELOS RESIDUALES AFECTADOS POR EL MOVIMIENTO, SUBRAYASEN HORIZONTES DE ARCILLOLITAS Y ARENISCAS MODERADAMENTE METEORIZADAS CON	Evolución progresivo

	SATURACIÓN POR FLUJO SUB-SUPERFICIAL. OBRAS DE DRENAJES SUPERFICIAL Y SUB-DRENAJES- ZONA DE ALERTA TEMPRANA	
C4	PATA DEL DESLIZAMIENTO. MASA DISGREGADA. FLUJOS Y REPTACIÓN. DEPÓSITOS COLUVIALES Y SUELOS RESIDUALES MOVILIZADOS, CUBREN ROCAS ALTAMENTE METEORIZADAS AFECTADAS POR EL MOVIMIENTO	Sin evolución cuantificable. Desplazamientos muy lentos evidencias a nivel superficial
C5	FLUJO LATERAL DEL DESLIZAMIENTO ORIGINAL. MASA DE BLOQUES DISGREGADOS.	Sin evolución cuantificable
C6	ZONA LATERAL DEL DESLIZAMIENTO, MARGINAL A LAS OBRAS DE ADECUACIÓN MORFOLÓGICA DE LA QDA. LOS ROSALES O SANTO DOMINGO. BLOQUES BASCULADOS. ÁREA ASOCIADA A LA FRANJA PROTECCIÓN CAUCE.	Sin evolución cuantificable
C7	ZONA AISLAMIENTO COSTADO SUR ORIENTAL. ROCA ALTAMENTE METEORIZADA, ESCARPES EROSIVOS Y DEPÓSITOS DE ESCOMBROS. MARGEN DERECHA QDA LA CARBONERA	Evolución progresivo
C8	PARTE SUPERIOR DEL DESLIZAMIENTO. PREDOMINIO LITOLÓGICO ASOCIADO A DEPÓSITOS COLUVIALES PROCESOS PUNTUALES TIPO ROTACIONAL	Evolución progresivo
II SECTOR EL ESPINO		
E1	ZONA DE AISLAMIENTO (PARTE SUPERIOR)	Sin evolución significativa. Desplazamientos muy lentos

E3	ESCARPE PRINCIPAL DEL DESLIZAMIENTO. OBRAS DE ADECUACIÓN MORFOLÓGICA Y OBRAS DE DRENAJES. DESLIZAMIENTOS PLANARES ENTRE SUELO RESIDUAL Y ROCA ALTAMENTE METEORIZADA (2A)	Evolución progresivo. Falla Profunda planar
E4	CUERPO DEL DESLIZAMIENTO PRINCIPAL. PARTE MEDIA Y PATA DEL DESLIZAMIENTO. DESLIZAMIENTOS PUNTUALES MÚLTIPLES DE CARÁCTER COMBINADO, PLANARES CON DESPLAZAMIENTOS HORIZONTALES LENTOS (REPTACIÓN)	Evolución progresivo. Falla Profunda planar. Desplazamientos muy lentos evidencias a nivel superficial

E4A	ZONA LATERAL DEL MOVIMIENTO PRINCIPAL.	Evolución progresivo. Falla Profunda planar. Desplazamientos muy lentos evidencias a nivel superficial
E5	PATA DEL DESLIZAMIENTO Y ZONA MARGINAL. ZONA DE ACUMULACIÓN	Evolución retrogresivo
E6	ZONA LATERAL DEL MOVIMIENTO. ESTABILIDAD MORFODINÁMICA. ESCARPES ESTRUCTURAL FALLA SANTA RITA. MARGEN IZQUIERDA QDA. SANTA RITA	Sin evolución cuantificable
E7	ZONA DE AISLAMIENTO LATERAL, MARGEN IZQUIERDA QDA. SANTA RITA. ESTABILIDAD MORFODINÁMICA FORMACIÓN GUADUAS (Sr-2A)	Sin evolución cuantificable
E8	ZONA MARGINAL AL DESLIZAMIENTO PRINCIPAL. MD QUEBRADA SANTA RITA. ESTABILIDAD MORFODINÁMICA FORMACIÓN GUADUAS (Sr-2A)	Evolución retrogresivo
E9	DIQUE NATURAL MARGINAL DEL DESLIZAMIENTO. M. IZ QUEBRADA EL ESPINO.	Sin evolución cuantificable
E10	ZONA MARGINAL DEL DESLIZAMIENTO PRINCIPAL M IZQ QUEBRADA SANTO DOMINGO. FLUJOS DE DETRITOS ESTABILIZADOS	Evolución movimientos horizontales muy lentos entre depósitos antrópicos y Suelo residual del Guaduas (reptación)
E11	PATA DESLIZAMIENTO. ACUMULACIÓN ACTIVA BLOQUES DEPÓSITOS MIXTOS.	Sin evolución cuantificable

Fuente: (Consultores Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, 2016-2020)

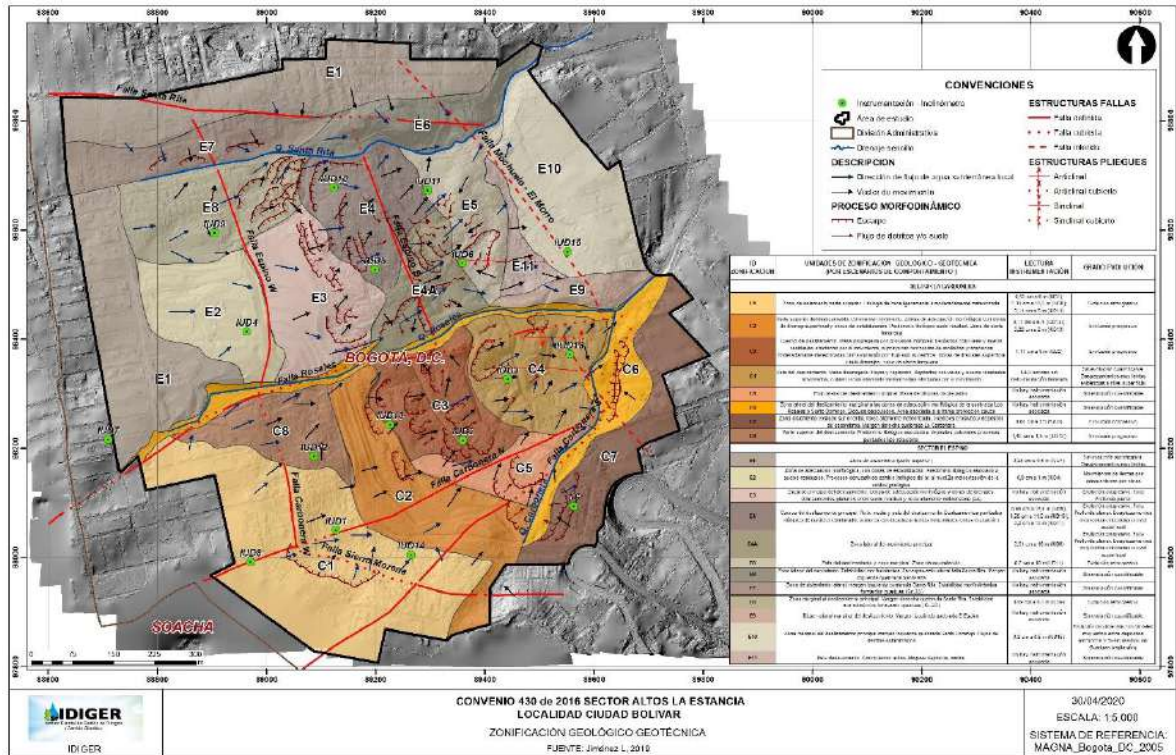


Ilustración 26 Mapa Zonificación Geológica Geotécnica

Fuente: (Consultores Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, 2016-2020)

9.15.10. Resultados Susceptibilidad

La entidad asegura que la susceptibilidad es de alta a muy alta en el sector del Espino, porque arroja deslizamientos locales de características de “complejo” debido a los múltiples mecanismos de falla y de movimientos presentados en su interior, que se caracteriza por desarrollarse como un movimiento combinado de tipo planar y traslacional siguiendo un límite de contacto litológico entre capas de areniscas y limolitas de la Formación Guaduas y la intersección con una zona de falla perpendicular a la dirección de las capas (15o 25o NW) El Espino. Mientras que la susceptibilidad moderada asocia movimientos de tipo rotacional, puntuales y de carácter superficial que involucra los suelos residuales de la Formación Guaduas y los depósitos de coluviales y mixtos de la parte baja del sector. (Consultores Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, 2016-2020)

Para el sector La Carbonera igualmente arrojo que es muy alta y alta con áreas afectadas por

deslizamientos retrogresivos antiguos y recientes, cuyas coronas se extienden desde la quebrada La Carbonera hasta la quebrada Rosales. De acuerdo con las características litológicas de los materiales, resistencia, textura, estructura y deformación geológica involucrada en el análisis multicriterio, las zonas de susceptibilidad media incluye los materiales de roca moderadamente meteorizada IIA, donde la profundidad del plano de falla del deslizamiento asumen que puede ser superior a los 20 metros desde la superficie del terreno. Mientras que hacia la parte media baja de esta zona observaban escarpes asociados a fenómenos superficiales activos con deformaciones en el terreno y pequeñas coronas de deslizamiento que atraviesan la zona. (Consultores Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, 2016-2020)

En las áreas de susceptibilidad moderada o mediana se encontraban en zonas de ocupación en los alrededores que limitan el área de estudio, por viviendas carentes de infraestructura de servicios públicos adecuados, zonas con alta saturación a nivel sub-superficial por los vertimientos de aguas domésticas de los suelos residuales y depósitos coluvión aluviales. (Consultores Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, 2016-2020)

Las zonas de susceptibilidad moderada, representa la ocurrencia de deslizamientos rotacionales superficiales que involucran la capa del suelo residual de la Formación Guaduas, para los cuales se ha determinado profundidades del plano de falla aproximada a 7 metros desde la superficie. (Consultores Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, 2016-2020)

9.15.11. Resultados Estructural

La entidad identifica que la construcción predominante en la zona de estudio son viviendas de mampostería, con confinamiento deficiente, equivalente a un porcentaje del 89% del total de la muestra de 235 viviendas inspeccionadas durante los tres años de duración del convenio 430 de 2016. Con una participación de 2 profesionales y 39 personas de apoyo, para un total de

41 personas durante la vigencia del convenio.

Evidenciando que la concentración de viviendas dentro del polígono de estudio coincidía mayormente con los escarpes que marcan la dinámica de la zona, y a su vez esta se ve influenciada por la presencia de zonas húmedas sumadas a una deficiente de red de alcantarillado y a los procesos morfodinámicos potencialmente inestables presentes alrededor de estas viviendas. (Ver Anexo\18. Ene (24-01-2020) \Análisis MultiZonas Saturadas – Orto))

Viendo con preocupación el crecimiento y la incidencia de este factor en la modificación de la condición de humedad superficial por medio de canales, zanjas, infiltración desde ductos de agua, especialmente de acueducto y alcantarillado, lo que genera un cambio en el régimen de aguas superficiales, activando procesos de inestabilidad y afectación en la estabilidad de la ladera.

Las zonas principales con invasiones que encontraron:

- ✓ Parte alta de La Carbonera cerca de la viga corrida
- ✓ Parte media El Espino, colindante al nuevo parque de Altos de la Estancia.

En cuanto a la inspección de tipo externa la entidad encontró que fue predominante alrededor del 80% estas visitas, debido a varios factores como fueron: los habitante de la zona NO permitieron el ingreso a las viviendas (por desconfianza) aunque siempre se hacia la respectiva identificación del personal (chaleco), en algunos casos, NO había ningún adulto en la vivienda para recibir y autorizar la visita, también otra causa es que las personas estaban cansadas de recibir cada mes al personal de la universidad para revisar los mismos aspectos de las viviendas. Toda esta situación fue comunicada a la entidad IDIGER en los respectivos comités de seguimiento.

Durante el monitoreo estructural en el tiempo del contractual encontraron lo siguiente:

Que las grietas que se evidenciaron en los pisos de las viviendas inspeccionadas, consideraron que la causas fueron falencias constructivas, para identificar si eran o no activas, fue necesario colocar en algunas de ellas testigos, sin embargo algunos habitantes retiraban o dañaban dichos elementos, en otros casos no permitieron el ingreso a las viviendas para hacer el seguimiento de los testigos.

9.15.12. Sistema de Alerta

Para los niveles de alerta en cada componente trabajada por consultores Universidad Distrital Francisco José de Caldas encontró que el concepto de nivel de daño definidos por umbrales de la norma sismo resistente, también usado por otras entidades que participaron con anterioridad

El procesamiento de la información geográfica para la obtención del mapa de zonificación de alerta temprana en el área de estudio se desarrolló teniendo en cuenta el método Heurístico, el cual está basado en la experiencia y criterio del profesional para clasificar, categorizar y ponderar. Cabe mencionar, que se tuvieron en cuenta factores como la disponibilidad de información primaria y secundaria, así como exactitud temática y de posición para garantizar la calidad de los datos geoespaciales.

Los insumos utilizados para la realizar la alerta temprana fueron: geología, geomorfología, zonificación morfodinámica, instrumentación, morfometría del terreno, cobertura vegetal, infiltraciones superficiales, precipitaciones mensuales y medias anuales; todos ellos sustentados en información de referencia, trabajos de campo, el uso de Modelos Digitales de Terreno y las ortofotos disponibles dando resultando un mapa indicativo de la alerta temprana de la ocurrencia de procesos de movimientos en masa en el área de estudio. Es importante resaltar que el mapa final se obtiene mediante la suma de cada criterio o variable de evaluación multiplicada por su peso. Los pesos y subcategorías asignadas a cada variable

fueron establecidas por el evaluador o experto, estos valores presentan variaciones conforme a su nivel de contribución sobre la generación de movimientos en masa.

La entidad concluye que el resultado final un mapa categórico clasificado por su nivel de alerta (baja, media y alta) para el área de estudio, el cual contiene gran cantidad de datos heterogéneos posibles de interpretar y óptimos para la adecuada toma de decisiones gracias a la implementación de herramientas de Sistemas de Información Geográfica.

9.15.13. Recomendaciones De La Entidad

Recomienda agilizar los procesos de reasentamiento en la zona, teniendo en cuenta que los vertimientos presentados se evidencian por las nuevas ocupaciones y/o las ocupaciones que aún no culminan el reasentamiento.

Sugieren al Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático - IDIGER continúe con el reporte a la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá las conexiones de agua potable en mal estado, que son evidenciadas en los recorridos mensuales que realiza la universidad Distrital, puesto que esta situación es una detonante del movimiento en masa del suelo en la zona Altos de la Estancia.

Consideran que es de suma importancia tener un plan de manejo de aguas en obras de mitigación presentes en la zona de estudio ya que es un factor contribuyente en los procesos. Se recomienda encausar provisionalmente el agua residual a la quebrada Carbonera por medio de zanjas, además de tener un mantenimiento preventivo y correctivo en las bermas debido a la ductilidad del terreno, ya que el deterioro y obstrucción por movimientos de masa se pueden presentar apozamientos dentro del talud dificultando la evacuación adecuada del agua superficial.

10. LECCIONES APRENDIDAS INTERVENCIONES DEL ESTUDIO DE CASO

En el presente capítulo se presenta los parámetros generales de las lecciones aprendidas durante el tiempo de intervención de las diferentes entidades y donde se resaltan las de los últimos años de monitoreo Geológico-Geotécnico, Topográfico y Estructural de Altos de la Estancia, de la localidad Ciudad Bolívar en Bogotá D.C, realizadas por la Universidad Distrital Francisco José de Caldas en el marco del convenio 430, ya que con las diferentes metodologías usadas en los diferentes parámetros anteriormente mencionados se logró gestionar el riesgo de una manera eficaz y contundente.

Al desarrollar un sistema de alerta temprana con un continuo seguimiento del estado del terreno y las viviendas, se logró determinar las afectaciones y/o el cambio en su situación de riesgo, además dividiendo el estudio en tres grandes componentes como lo son Topografía, Geotécnica y Estructural, cada una con su metodología se pudo establecer los niveles de alerta durante los monitoreos realizados, permitiendo llevar una evaluación y seguimiento en los procesos de inestabilidad en la zona.

Por otro lado pudieron determinar inconsistencias de tipo conceptual en las metodologías utilizadas en anteriores consultorías, ya que fundamentaron el concepto de nivel de daño, definidos por umbrales de la norma sismo resistente (NCR), asociados al concepto de amenaza por sismo para el nivel de alerta, pues se comprobó que estos umbrales no siempre que se superan su significado sea a causa de un movimiento en masa, en concordancia la Universidad presentó unos cambios en la manera de calificar el daño de los elementos expuestos, mediante una trazabilidad en el tiempo teniendo una evolución dichos daños.

Para establecer un nivel de alerta para cada componentes (topográfico, geotécnico, estructural) con base en la definición de umbrales para los parámetros de medición, establecieron varios sistemas de control: lecturas de la instrumentación geotécnica (puntos de control topográfico mojones, Inclínómetros, extensómetros); un sistema de control visual mediante visitas rutinarias, y monitoreo estructural de la viviendas definidas en el plan de monitoreo, esto obedeciendo a la confiabilidad de los datos, la evolución de los procesos observados a lo largo del proyecto y a su periodicidad.

Con el fin de proporcionar la información precisa de relieve para los análisis de estabilidad, la universidad adoptó de anteriores consultorías seis secciones topográficas transversales las cuales coincidían con varios puntos de control superficial topográfico. Por otro lado se contempla el monitoreo superficial de la obras de contención que permitió identificar el movimiento de las mismas. Dentro de estas se encuentra un muro de contención anclado en la zona de movimiento del Espino complementado con viga fundada con pilotes y ancladas superficiales.

Al realizar la ubicación de puntos de posicionamiento GPS (puntos base), garantizaron que cada punto estuviera fuera de la zona de influencia de los procesos de remoción en masa, en el área de terreno y las fases, para realizar la observación a los puntos de control de la zona de estudio, mediante una radiación doble.

Establecieron un porcentaje de error en las mediciones obtenidas, ya que estas se establecían de observaciones y como es de esperar obtenían significantes diferencias de una misma magnitud. Con este porcentaje de error les permitió definir con mas exactitud cuál era el valor final que se le iba a asignar a cada magnitud y con respecto a la precisión con que se estaba haciendo, el rango de la precisión o error verdadero al cual querían llegar era la diferencia entre el valor verdadero y el valor observado.

Para realizar la topografía obtuvieron las coordenadas de las mediciones al procesar un modelo matemático estadístico pues rara vez las mediciones se usan directamente como información requerida para llegar al resultado final. Teniendo claro lo anterior definieron los errores como aleatorios, que son los que permanecen en la medida y no se conoce su valor, obedeciendo a las leyes de la probabilidad y son ajenos a la voluntad o habilidad del observador.

Para el cálculo de esta tolerancia, se extrajo la muestra de las mediciones realizadas a las estructuras de concreto dentro del polígono, resultando estas constantes por tratarse de estructuras rígidas y no comprobando evidencia alguna de fisuración o desplazamiento del concreto.

Con toda la información recopilada y anteriormente expuesta establecieron que la sensibilidad de la precisión de los registros de medición de topografía a partir del error medio cuadrático de los datos tomados obtuvieron una tolerancia de 77,84 mm con una confiabilidad del 95% para todos los puntos de control superficial.

Identificaron los factores detonantes que propiciaron los movimientos en masa en la zona de estudio siendo los más importantes y que en su mayoría fueron causados por procesos artificiales como lo son :

- ✓ Factores antrópicos
- ✓ La actividad minera realizada en el sector.
- ✓ El mal manejo de las aguas servidas en la zona urbanizada
- ✓ Los cortes y excavaciones realizados durante mucho tiempo en la ladera
- ✓ La modificación del drenaje natural de las quebradas del sector

Sin olvidar que los factores en cuanto a las condiciones del terreno ya prestaban para el

evento pues el terreno cuenta con un alta pendiente, el tipo de terreno es débil, con poca cobertura vegetal y por el que se caracteriza por presentar fallas geológicas. Mientras que procesos naturales como las lluvias se identificaron como un factor contribuyente.

Se pudo comprobar que las intervenciones que se han adelantado en el polígono, han tenido buena efectividad ya que se ha mantenido un buen control de los movimientos reduciendo el riesgo en la zona alta que aún se encuentra habitada.

Existe aun movimientos en la zona identificada como No Mitigable, con una velocidad lenta a muy lenta en las capas mas superficiales del terreno.

Se determino que las quebradas que se encuentran en la zona son de gran importancia ya que con ellas se delimita el deslizamiento evitando un mayor peligro a los habitantes del sector.

En cuanto a las viviendas que aun siguen siendo habitadas dentro de la zona, el estado sigue en el proceso de reubicación ya que por la falta de oportunidades, o por recibir más ayudas del mismo las población no ha permitido una reubicación.

Cabe resaltar que construcción del parque en la zona se realizó sin tener especificaciones especiales en cuanto al tipo de terreno, realizando una obra demasiado invasiva ya que esta es una zona de riesgo no mitigable, sin la posibilidad de detallar las afectaciones que esto pudo haber causado pues por la emergencia sanitaria que se encuentra nuestro país de COVID-19., el monitoreo no se ha podido efectuar en detalle.

En la parte social se pudo observar que la gente se encuentra interesada en la participación en el bienestar de la zona.

11. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Como se ha podido observar después de analizar cada intervención en el Estudio de Caso, salta a la vista que el problema inició por la explotación minera ilegal que se produjo en las zonas La carbonera y El Espino desde los años 80`s, seguido de la construcción de terraceos para ser vendidos como lotes por sujetos inescrupulosos conocidos como “los Tierreros” sin licencias ni permisos legales y aprovechándose de personas que ya eran víctimas de desplazamiento por la violencia y que de su afán de tener un lugar dentro de la ciudad construyeron viviendas en la parte media y alta de la ladera con materiales a su alcance sin ninguna planificación y sin condiciones técnicas, a demás de carecer de servicios públicos, y remplazándolos con alcantarillado artesanal, ayudaron a que las aguas residuales se filtraran en la zona contribuyendo a una superficie de falla y adicionalmente ayudadas por las grietas ya dejadas de la explotación minera; a demás de lo anterior cabe resaltar que la geología y litología de la ladera reunía características para la contribución de los deslizamientos que por sus condiciones ya pertenecía a una zona de Riesgo no Mitigable.

La escasa intervención del Estado, la falta de respuesta eficaz y oportuna de las entidades distritales a la solución de la problemática, dio origen a la Acción de Tutela por parte de las Juntas de Acción Comunal del sector, la cual el fallo resultó a su favor mediante Auto No. 041 de 2006 obligando a el Fondo de Prevención y Atención de Emergencias (FOPAE) en ese momento ahora el Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático (IDIGER) y a la Empresa de Acueducto Agua y Alcantarillado de Bogotá (EAAB) al inicio de los estudios del riesgo a los elementos frágiles de los elementos expuestos que sufrían daños a causa de los movimientos, identificando e implementando estrategias para la reducción del riesgo como:

- ✓ Identificación de los riesgos en la zona a causa de los tipos de deslizamientos que se encontraron, uno traslacional en la zona denominada El Espino y el otro rotacional retrogresivo en La Carbonera.
- ✓ Delimitación de la zona de alto riesgo no mitigable
- ✓ Reubicación de más de 3200 familias que se encontraban dentro de la zona de alto riesgo.
- ✓ Construcciones estructurales de muros pantalla y vigas corridas con anclajes.
- ✓ Revisión de fugas a causa de la inadecuada conducción del agua por medio de mangueras y las aguas residuales.
- ✓ Monitoreo constante de los instrumentos instalados en la zona para verificar la velocidad del movimiento, el nivel freático y de lluvias.
- ✓ Monitoreos de mojones, extensómetros y topográficos.
- ✓ Monitoreos a nivel geológico, geotécnico, estructurales y de estabilidad.
- ✓ Una de las últimas estrategias fue realizar el cambio del uso del terreno llegando a reconocerlo como pasiva, y recomendando una construcción de un parque para actividades pasivas, esto para evitar nuevamente la invasión de esta zona.

Los seguimientos que se han realizado durante 22 años por medio de entidades contratadas por el IDIGER, han realizado permanentes monitoreos del comportamiento del deslizamiento con acciones referentes al desalojo y emitiendo conceptos técnicos ayudando a identificar fases de atención dependiendo la afectación en el polígono: fases I y II catalogadas como zonas de alto riesgo no mitigable, y fase III catalogada como zona de tratamiento especial de mediano riesgo por no presentar movimientos. (Contraloría de Bogotá D.C., 2013)

Producto de los estudios después del mandato de la tutela en convenio con la Unidad de Mantenimiento Vial y la Alcaldía Local de Ciudad Bolívar, construyen el Muro del Espino, para estabilizar la parte alta del cerro para minimizar el riesgo de la fase III, en donde habitaban aproximadamente 2.082 familias. Además, mediante convenio con la Empresa de Acueducto y Alcantarillado, realizaron obras de canalización de las quebradas y manejo de aguas lluvias y servidas. A la fecha no se han realizado nuevas obras de mitigación y de estabilización ya que

argumentan que al ser una zona de riesgo no mitigable, es más viable económicamente la realización constante de monitoreos que en seguir invirtiendo en obras estructurales para estabilizar la ladera. (Contraloría de Bogotá D.C., 2013)

A continuación se listan las obras propuestas por las intervenciones con un aproximado en costo:

Tabla 19 Inversiones obras de mitigación

OBRAS PROPUESTAS		
OBRAS REALIZADA	OBRAS POR REALIZAR	VALOR APROXIMADO Millones \$
ETAPA I 1. Adecuación de las quebradas Carbonera, Santa Rita y Santo Domingo. 2. Manejo de aguas subsuperficiales		
ETAPA II Muro sector superior el Espino	Muro sector superior la Carbonera	
ETAPA III	1. Muro sector inferior espino 2. Muros sector inferior carbonera (superior - cuerpo). 3. Muros sector inferior carbonera (inferior - pata) 4. Soil nails sector inferior carbonera.	28.257.1
ETAPA IV	1. Muro gavión en llantas flanco izquierdo - san Rafael 2. Muro flanco derecho deslizamiento la carbonera 3. Terraceo empradización espino 4. Relleno con material seleccionado de la excavación 5. Micropilotes y viga cabezal berma	62.221.7

	6. Terraceo carbonera Empradización	
	7. Conformación quebradas definitiva	
	8. Micropilotes y viga cabezal sección 1	
	9. Caissons drenantes.	

Fuente: (Contraloría de Bogotá D.C., 2013)

Uno de los problemas más serios que continua teniendo el sector es la falta de control en la ocupación ilegal de predios ya desalojados por parte de las autoridades competentes de la Localidad, esto se ve reflejado en las cifras que han venido en aumento desmedido de personas que asumen el riesgo en habitar las viviendas ya sea para tenerlos en cuenta para nuevos reasentamientos y/o simplemente para recibir las ayudas económicas.

Cabe resaltar que en los últimos años los movimientos en masa han venido en descenso, pues según los últimos estudios del análisis de estabilidad realizados, los daños que aun afectan las viviendas habitadas son por efectos constructivos mas no por el movimientos del terreno, aclarando que en la zona declarada como no mitigable que aun persista movimiento a causa de la falta de obras de mitigación, para ello se creo un sistema de alerta como mecanismo de comunicación con la comunidad directa, para tener el tiempo suficiente de desplazamiento en caso de algún peligro.

Gracias al continuo monitoreo estructural y no estructural de la zona y las estrategias tomadas por cada entidad de intervención se a logrado una efectividad importante pues los daños, y/o peligros se ven reflejados en que los daños estructurales se han mantenido estables y sin avance ayudando a que en ningún momento se haya sufrido perdidas de vidas.

En cuanto a las obras realizadas y que no han sido tan efectivas cabe mencionar las obras de drenaje pues al no acordonar o cerrar el sistema de acueducto de la zona por parte del acueducto ha hecho que hasta el día de hoy siga depositándose las aguas residuales en la

ladera.

Para finalizar se recalca la importancia que tiene el estado para evitar estos eventos; pues si realizaran un mayor control en la organización territorial sobre todo en las zonas en las que existen peligro para la construcción de viviendas se evitaría pérdidas no solo de viviendas como ocurrió en este caso en específico sino humanas.

12. CONCLUSIONES

Para realizar una correcta gestión del riesgo en lo que atañe a los movimientos en masa se identificaron en las diferentes intervenciones, procesos para aplicar estrategias metodológicas, todas orientadas a reducir y controlar los efectos adversos de fenómenos peligrosos sobre la población, los bienes y servicios, y el ambiente en Altos de la Estancia, lo anterior ajustado a cada alcance contractual de cada entidad que ha intervenido y al tiempo destinado al mismo.

Durante más de 20 años en cabeza del Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático de Bogotá D.C. (IDIGER) y/o el Fondo De Prevención y Atención de Emergencias FOPAE se ha llevado a cabo estudios y monitoreos con diferentes entidades para la identificación, control y alternativas de mitigación del riesgo, debido a que el asentamiento de la población y el continuo desconfinamiento que por años las canteras ubicadas en la ladera a causado desde antes del evento de 1998, pues han hecho que esta problemática, halla alcanzando grandes proporciones de inestabilidad de la ladera y ocasionando perdidas socio-económicas importantes para el país.

En el transcurso de las intervenciones se determino que La Carbonera y El Espino llamado Altos de la Estancia es una zona de alto Riesgo no mitigable, reconocida por ser uno de los movimientos de remoción en masa más significativos de América Latina, declarado como suelo de protección por riesgo, información remitida al Departamento Administrativo de Planeación Distrital, DAPD. desde 2002 y en donde los deslizamientos han afectado un área directa aproximada de 73.17 hectáreas, generado impactos en por lo menos 14 barrios de la localidad de Ciudad Bolívar y la inclusión de 3222 familias en el Programa de Reasentamiento de Familias Localizadas en Zonas de Alto Riesgo no Mitigable.

Inicio como un fenómeno rotacional de carácter retrogresivo, activo, continuo y dinámico, causado principalmente por la explotación de materiales de construcción y urbanización sin un manejo adecuado de aguas, actualmente en su última intervención se declaró un nuevo uso de tipo recreación pasiva, y dentro de las velocidades que se tomaron en campo, como resultado lento a muy lento.

Cabe aclarar que aunque no se tuvo información detallada de las obras estructurales realizadas en la zona de estudio se conoce las siguientes: En 2015 definieron un Plan de Acción para estabilizar el terreno, en 2016 construyeron el cerramiento perimetral y se ejecutaron obras complementarias como estrategia para la recuperación, control y mitigación del riesgo en el sector alto del barrio Santa Viviana y en 2018 realizaron obras de estabilización y drenaje en el sector bajo de la quebrada La Carbonera que incluyen la construcción de dos muros en tierra armada, micro pilotes, drenes horizontales, cunetas en colcho-gavión y la siembra de 9.984,36 m² de grama. (Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático, 2021)

Durante la revisión de los diferentes informes que se recopilaron, se evidencia en cada uno, una metodología similar para gestionar el riesgo y para realizar o continuar el monitoreo y/o estudio de acuerdo al alcance u objeto contractual realizado con el Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático de Bogotá D.C. (IDIGER) y/o el Fondo De Prevención y Atención de Emergencias FOPAE, en ellos se evidencian actividades como las siguientes: levantamientos topográficos, mapas geológicos y geomorfológicos, exploración geotécnica, evaluación de la amenaza, riesgo y vulnerabilidad, diseño de obras, monitoreos instrumentales, estructurales y topográficos, posibles obras para la mitigación del riesgo con su respectiva evaluación de costos.

Es claro que para realizar la gestión del riesgo en cuanto a lo que se refiere a movimientos en

masa, se requiere profesionales expertos en diferentes campos como los son: Especialistas en Geotecnia, Estructuras, en SIG.; Auxiliares de ingeniería, auxiliares en el área de estructuras para labores de campo y manejo de instrumentación; Topógrafos y demás que se requieran, por lo que se convierte en un tema multidisciplinar e imposibilita a que un solo profesional aborde decisiones a lo que se refiere a correcciones y/o modificaciones de manera unilateral a los estudios, controles y seguimientos de procesos que se han abordado en Altos de la Estancia en cuanto a la gestión que causa la problemática de movimientos en masa ya que este solo profesional no tiene el suficiente conocimiento para abordar todos los campos que se necesitan.

Es evidente la evolución técnica en la ejecución de los procesos de las metodologías propuestas y en los resultados que año tras año se han realizado en Altos de la Estancia por cada entidad que ha intervenido, haciendo que lo obtenido sea más detallado y preciso.

Adicionalmente se analizaron más de 20 artículos alusivos a la gestión del riesgo de la problemática que atañe a movimientos en masa por factores tanto naturales como antrópicos, que causan daños importantes en lugares de altas pendientes, y donde se pudo determinar que en América Latina es más común el asentamiento urbano en estos lugares que en países europeos, pues tristemente en países latinos no existe una conciencia de peligrosidad, no solo por la falta de oportunidades socioeconómicas, sino por la gran brecha cultura y acaducativa que nos separa de países desarrollados, pues para esta población y sus dirigentes el tema de movimientos en masa no es un tema primordial como riesgo, ya que si existiese algún deslizamiento no afectaría a las comunidades, lógicamente porque no existen asentamientos humanos en las laderas.

Con la ultima intervención realizada por Consultores Universidad Distrital Francisco José de Caldas desde el año 2016 al 2020 se puede identificar un compendio de información detallada

y completa sobre la gestión de riesgo que realizaron durante el desarrollo contractual y en el que se puede evidenciar un aprendizaje no solo para la comunidad afectada de Altos de la Estancia sino para otras comunidades similares a la problemática presentada en este Caso de Estudio.

A lo largo de los monitoreos y estudios de gestión de riesgo en altos de la estancia el modelo geológico ha sido constantemente actualizando con base en la información de la geología superficial, toma de datos de campo, fotointerpretación de ortofotos a escala y resolución espacial detallada, registros litológicos de los sondeos ejecutados, geología del subsuelo.

La importancia del modelo geológico de superficie y del subsuelo es reiterar los procesos de remoción en masa existentes en el área de Altos de la Estancia ya que dependen de las características de los macizos rocosos involucrados y de las estructuras preexistentes desarrolladas en fases de deformación previas (diaclasas, fracturas, fallas y rocas de falla), destacando que parte del alto grado de diaclasamiento y fracturamiento del macizo rocoso de la Formación Guaduas, el origen de los fenómenos morfodinámicos es de tipo genético a los procesos geológicos, como una respuesta mecánica de los materiales involucrados.

Se presentan movimientos superficiales sobre la masa movilizada traslacionales con corona retrogresiva, con presencia de deslizamientos superficiales de suelo, procesos de remoción en masa laterales lentos evidenciados en soliflucción y reptación de la parte intermedia y baja, con flujos puntuales de suelo y detritos de cada uno de los deslizamientos Carbonera y El Espino con algunos daños a las obras de drenaje

Gracias al monitoreo estructural en las áreas residenciales, se caracterizó el sistema de construcción predominante de las viviendas o elemento expuesto en la zona de estudio como estructuras con confinamiento deficiente y estructuras híbridas, donde sus daños tienen relación a problemas constructivos y no por el fenómeno de remoción en masa, en el mismo

sentido se evidencia la misma conclusión de los últimos estudios que el deslizamiento no ha alcanzado las áreas seguras y que las áreas con viviendas permanecen sin evolución o daños por este fenómeno.

Esta metodología de calificación de fragilidad del elemento expuesto ha venido evolucionando y ajustando de acuerdo a los datos recolectados de las diferentes consultorías de acuerdo a la efectividad que presentaban en su momento, por lo cual se modificó los criterios de calificación y umbrales en la evolución de los daños de acuerdo a un fenómeno de remoción en masa.

Al realizar un análisis detallado en cada intervención se puede determinar que no existe un protocolo establecido por el Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático de Bogotá D.C. (IDIGER) para la gestión del sistema de alerta calibrado y propuesto a lo largo de las consultorías.

Se concluyo en la ultima intervención que la velocidad de los Movimientos son extremadamente lentos llegando a 5×10^{-7} mm/s, con aperturas de grietas en la parte media con alerta de reactivación del movimiento principal perceptibles al programa de instrumentación con desplazamientos hacia Noreste. Encontrando el tiempo suficiente para la evacuación de los residentes y protección de sus vidas, donde se podría elaborar un sistema de alerta más simplificado de acuerdo al nivel de velocidad que presenta la zona.

El sistema de alerta ajustado se basa en la definición de los umbrales para cada uno de los parámetros de medición de acuerdo a su importancia y precisión dentro de la red de instrumentación. Esta instrumentación ha presentado varias dificultades debidas a la magnitud del movimiento, la extensión del sector y la población que la circula, encontrando daños en los Inclínómetros instalados por anteriores entidades. También se presenta la pérdida de funcionalidad de los piezómetros por obstrucciones de la tubería y en donde se puede hacer la

lectura se encuentra que los niveles piezométricos son muy bajos (no permitiendo su cuantificación). En el seguimiento de los extensómetros (campañas anteriores) se presenta la pérdida de las estacas, lo que no permitió la continuidad de la toma de datos.

Dentro de los umbrales presentados se dio mayor importancia al factor antrópico como principal detonante en los procesos de inestabilidad, pero no se ha dejado claro la definición de este umbral o cuantificación dentro del sistema de alerta propuesto a lo largo de los estudios, ya que se sugieren que presentaban puntos críticos de fuga de agua por conexiones erradas de agua potable y alcantarillado, las ocupaciones pendientes de reasentamiento y los nuevos asentamientos en el polígono, haciendo que este factor altere el régimen de agua que por infiltración, saturación del suelo contribuya a la generación de procesos inestables del terreno.

Las obras de contención han mitigado la expansión del deslizamiento detectando cierta estabilidad morfodinámica en la parte superior de la ladera reduciendo el riesgo de deslizamiento. Sin embargo en el sector intermedio donde no hay intervenciones estructurales para mitigar el riesgo predomina surcos y procesos de remoción en masa combinados entre planares y rotacionales en los depósitos coluviales, el sentido de los movimientos presenta una tendencia hacia el NE con coronas puntuales retrogresiva.

La parte inferior de los deslizamientos es la zona con mayor riesgo por situarse en la base del deslizamiento y en la dirección del movimiento, donde se presentan flujos de suelo puntuales en suelo residual arenoso limoso de la Formación Guaduas, cicatrices de deslizamientos rotacionales combinados que incluyen flujos de suelo y flujo de detritos en el pie del deslizamiento principal; en el sector del pie y pata del Espino, claramente se registra a nivel superficial, procesos de solifluxión y movimientos laterales lentos (reptación), con evidencias en declinación de la verticalidad de las coberturas vegetales de mayor fuste, grietas a nivel de los depósitos coluviales y suelo residual acompañados de desplazamientos a nivel sub

superficial del plano de estratificación que involucra los estratos de limolitas con el contacto neto con los paquetes gruesos de las areniscas cuarzo feldespáticas.

Se presenta un Sistema de Alerta integrado y totalmente funcional donde se incluye mapa categórico clasificado por su nivel de alerta (baja, media y alta) para el área de estudio, el cual contiene gran cantidad de datos heterogéneos posibles de interpretar y óptimos para la adecuada toma de decisiones gracias a la implementación de herramientas de Sistemas de Información Geográfica.

Los eventos de movimiento en masa ocurridos en Altos de la Estancia se hubiesen podido evitar si el Estado tuviera más control y organización en la urbanización en zonas de alto riesgo.

13. RECOMENDACIONES

Se recomienda la inclusión de la comunidad de Altos de la Estancia en próximos contratos para el monitoreo y gestión del riesgo de la zona en estudio, ya que estudios confirman que al vincular a esta población vulnerable se disminuye la brecha socio-espacial que vivimos en nuestro país, y que al contrario aumentará la confianza, la resiliencia y asertividad de la comunidad frente a este tema, también ayudará a un mayor compromiso de la población, no solo a lo que se refiere a seguridad (robos, daños) de la instrumentación instalada, también del personal que se encuentre en futuros contratos; a demás se estaría generando empleo a una población tan vulnerable no solo por el peligro que corre al tener que vivir cerca de una zona tan inestable sino por las pocas o nulas condiciones de precariedad en las que viven. Lo anteriormente expuesto se puede realizar invirtiendo en educación popular, es decir existen tareas o labores en estos contratos que no necesitan de un técnico o profesional para ejecutarlas, pero que son útiles y necesarias para la ejecución en la gestión del riesgo.

Con este tipo de medidas se puede pensar que muchos de los reprocesos que se realizan en cada contrato entendiéndose labores de (topografía, compra o reconstrucción y ubicación de instrumentación, etc.) por robos o daños que realizan personas inescrupulosas del sector, se pudiesen evitar y así se estaría ahorrando no solo recursos económicos y materiales, sino también en el tiempo que se invierte en la ejecución de las labores ya realizadas.

Evocando el momento por el que esta pasando el mundo debido al virus COVID-19 y por el momento de salud pública que pasa nuestro país, a demás teniendo en cuenta el ultimo diagnostico realizado por Consultores Universidad Distrital Francisco José de Caldas se podría evaluar con el Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático de Bogotá

D.C. (IDIGER), la posibilidad de incluir un monitoreo comunitario con instrumentación de bajo costo que permita hacer seguimiento efectivo de las condiciones de estabilidad geotécnica de la zona de estudio ante la ocurrencia de movimientos en masa potencialmente dañinos, y que por la misma situación se imposibilita un adecuado monitoreo como se estaba llevando hasta principios de 2020.

Entendiendo como monitoreo comunitario a la vigilancia del fenómeno que en este documento se expone y que puede ser realizada por parte de la comunidad, en cuanto a monitoreo de movimientos en masa, esto se refiere a la actividad de medición de magnitud y velocidad de desplazamiento de una masa de suelo inestable y de la variación de parámetros climáticos en Altos de la Estancia, mediante el uso de instrumentos contruidos para tal fin. El monitoreo tendría como objetivo registrar el comportamiento de un movimiento en masa, su posibilidad de causar daños en la zona y llegar a establecer medidas preventivas o correctivas que permitan evitar que se afecte la población y su entorno.

Se trata de una “Cartilla De Implementación Sistema De Monitoreo Comunitario De Movimientos En Masa” realizada por la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres - UNGRD- Subdirección para el Conocimiento del Riesgo en el año 2013 y en donde la metodología usada es ideal para este caso ya que la misma ha sido desarrollada para que sea aplicada en aquellos municipios que por limitaciones presupuestales no les es posible instalar instrumentación convencional ni contratar un monitoreo formal de alta precisión y que teniendo identificado la problemática por movimientos en masa y con el apoyo de un solo profesional con conocimientos en geociencia es posible implementar un sistema de monitoreo comunitario basado en instrumentación artesanal.

La metodología que se propone en esta cartilla se base en el concepto de diseño participativo y por lo tanto busca que la población que desee aplicarla debe tener en cuenta las etapas

propuestas, pero al mismo tiempo tiene la flexibilidad de que se puedan adaptar a las necesidades y suprimir o adicionar etapas de acuerdo a la identificación de características socio-territoriales ya realizadas.

Estas etapas se enumeran de la siguiente manera:

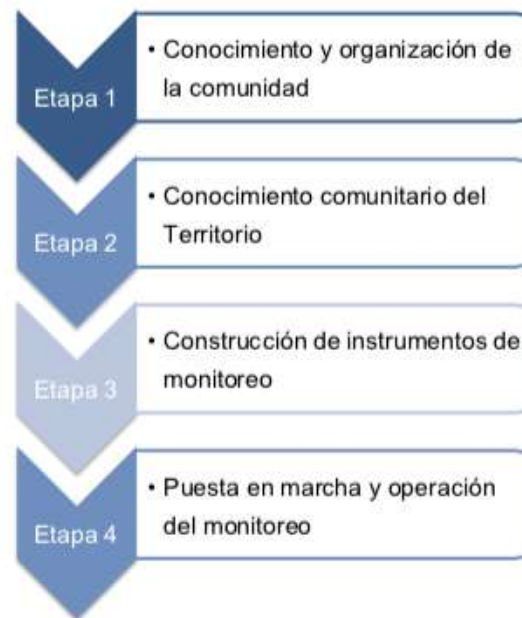


Ilustración 27 Etapas generales Monitoreo Comunitario

Fuente: Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres – UNGRD- Subdirección para el Conocimiento del Riesgo 2013

Se recomienda la planeación y ejecución de obras para el aislamiento de la red existente de alcantarillado dentro del polígono por parte de la Empresa de acueducto de Bogotá como parte fundamental de la reducción del riesgo ya que este es el principal factor detonante de movimientos en masa en la zona alta del deslizamiento La Carbonera. Eliminando este flujo constante que se esta viendo en la zona se podría esperar que el comportamiento geomorfológico de la zona media mejore.



Ilustración 28 Red Alcantarillado

14. BIBLIOGRAFÍA

Ingeniería y Geotecnia Ltda (IGL). (1999). *ESTUDIO GEOTÉCNICO, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN Y DISEÑOS DETALLADOS DE LAS OBRAS RECOMENDADAS PARA ESTABILIZAR LA CUENCA DE LA QUEBRADA LA CARBONERA EN LA LOCALIDAD DE CIUDAD BOLÍVAR* . Bogotá: N/A.

Cosorcio civiles Ltda.-Hidroconsulta Ltda. (1998). *Altos de la Estancia*. Consultoria, Cosorcio civiles Ltda.-Hidroconsulta Ltda., Cundinamarca, Bogotá.

Fondo de Prevención y Atención de Emergencias FOPAE. (6 de Febrero de 2013). *FOPAE*. Recuperado el 25 de Febrero de 2019, de Issuu, Inc.: https://issuu.com/fopae/docs/altos_de_la_estancia

Secretaria Distrital de Ambiente. (7 de Mayo de 2007). *SDA*. Recuperado el 10 de Junio de 2019, de Diagnostico POMCA Tunjuelito .

Departamento Administrativo de Planeación Distrital . (20 de Enero de 2004). *DAPD* . Recuperado el 11 de Mayo de 2019, de Recorriendo Ciudad Bolivar. Diagnóstico Físico y Socioeconómico de las localidades de Bogotá D.C. Bogotá. : <http://www.shd.gov.co/shd/pub-ayi-diagnostico-localidades>

Secretaria de Hacienda Administrativo de Planeación. (20 de Enero de 2004). *Recorrido Usme*. Recuperado el 24 de Mayo de 2019, de Diagnóstico físico y socioeconómico de las localidades de Bogotá, D.C.: <http://www.shd.gov.co/shd/sites/default/files/documentos/RECORRIENDO%20USME.pdf>

Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres. (4 de enero de 2010). *UNGRD*. Recuperado el 28 de junio de 2019, de Conocimiento del Riesgo: <http://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Paginas/Conocimiento-del-Riesgo.aspx>

Ramirez, P., & Alejano, L. (2014). Rotura Plana y Rotura en Cuña. En P. Ramirez, & L. Alejano, *Mecánica de Rocas: Fundamentos e Ingeniería de Taludes*. Madrid, España: N/A.

Coronado, J. E. (16 de noviembre de 2014). *geoedufercor*. (U. A. PERUANAS, Productor) Recuperado el 28 de junio de 2019, de *geoedufercor.blogspot*: <http://geoedufercor.blogspot.com/p/capitulo-vii.html>

Ingemétrica Ltda. . (2000). *DISEÑO DE LA INSTRUMENTACION PARA EL MONITOREO Y SEGUIMIENTO DEL DESLIZAMIENTO EN LA CUENCA DE LA QUEBRADA LA CARBONERA*. Bogotá: N/A.

Olarte, J. M. (2017). *CLASIFICACIÓN DE MOVIMIENTOS EN MASA Y SU DISTRIBUCIÓN EN TERRENOS GEOLÓGICOS DE COLOMBIA*. (L. E. VÁSQUEZ, Ed.) Bogotá, Colombia: GRUPO DE PARTICIPACIÓN CIUDADANA Y COMUNICACIONES.

Aníbal Gaviria Correa, L. F. (2016). Movimientos en Masa. En L. F. Aníbal Gaviria Correa, *Movimientos en Masa* (págs. 7-11). Medellín, Colombia: Alcaldía de Medellín.

Molpeceres, A. (2012). *Conceptos Generales sobre Gestión del Riesgo de Desastres y Contexto del País*. (F. Briones, Ed.) Chile: PNUD.

Kari Keipi, S. M. (2005). *Gestion de riesgo de amenazas naturales*. Banco Interamericano de Desarrollo, Desarrollo sostenible. Washinton: BID.

Planes de Emergencia y Dispositivos de Riesgo Previsible. (31 de 03 de 2020). *BIRTLH*. Recuperado el 23 de 02 de 2021, de PEDRP01: https://ikastaroak.nirt.eis/edu/argitalpen/backupa/20200331/1920k/es/EME/PEDRP/PEDRP=!/es_EME_PEDRP=!_Contenidos/website_index.html#

Cuevas, N. A. (2013). *Cartilla de implementación sistema de monitoreo comunitario de movimientos en masa*. Unidad Nacional para la gestiom del riesgo de desastres UNGRD, Conocimiento de Riesgo. Bogotá: UNGRD.

Terremocha, M. M. (5 de Diciembre de 2016). El riesgo de los movimientos de ladera en la planificación del territorio. Estudio de caso en Toscana-Italia. *El riesgo de los movimientos de ladera en la planificación del territorio. Estudio de caso en Toscana-Italia*. , 109. Madrid, Madrid, España: Trabajo fin master.

taludes, T. d. (13 de Septiembre de 2013). *Google*. Recuperado el 20 de Agosto de 2020, de Repositorio Institucional de la universidad de el Salvador: <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/4514/>

Ramos, A. M., Trujillo, M. G., & Prada, L. f. (1 de Septiembre de 2015). Análisis descriptivos de procesos de remoción en masa en Bogotá. *Obras y Proyectos* 18 , 13.

Filun, P. A. (2015). Análisis de umbrales de precipitación de procesos de remoción en masa, en laderas urbanizadas en la costa de Chile centro-sur. *Revista Colombiana de Geografía* , 24 (2), 17.

Tenorio, J. A., Herrera, R. G., & Herrera, M. G. (2017). Metodología para elaborar mapas de susceptibilidad a procesos de remoción en masa, análisis del caso ladera sur de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. *Investigaciones geograficas* (92), 16.

Aristizábal, E. (2008). CARACTERÍSTICAS, DINÁMICA Y CAUSAS DEL MOVIMIENTO EN MASA DEL BARRIO EL SOCORRO EN MEDELLÍN . *Escuela de Ingeniería de Antioquia EIA* (10), 19-29.

Mergili, M., & Moreiras, C. M. (2014). Causas, características e impacto de los procesos de remoción en masa, en áreas contrastantes de la región Andina. *REVISTA COLOMBIANA DE GEOGRAFÍA* , 24 (2), 19.

Ochoa-Botero, J. C., & Carvajal, H. y. (2018). EVALUACIÓN DE LESIONES ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS POR MOVIMIENTO EN MASA. CASO DE ESTUDIO BARRIO “LA ESMERALDA” DEL MUNICIPIO DE AMAGÁ EN COLOMBIA . *REHABEND* , 9.

Campos, O. A., & Gallardo, R. J. (16 de Agosto de 2016). Fenómenos de remoción en masa. Acciones para reducir la vulnerabilidad y el riesgo. 30-38.

Rodríguez, E. M., Guzmán, H. P., Madrigal, A. R., & Flórez, C. A. (2020). La gestión comunitaria del riesgo. . *Bitácora Urbano Territorial* 30 , 205-218.

Ramírez, M., & Sánchez, E. (6 de Octubre de 2014). Manejo del riesgo que generan los taludes de la quebrada La Seca, del municipio de Envigado. . *Cuaderno Activa* , 109-121.

Amenaza por Movimientos en Masa en el Municipio de Pajarito, B. (2018). *repository.unimilitar*. Recuperado el 4 de ABRIL de 2021, de repository.unimilitar:

<https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/17259/VargasPerezPaolaAndrea2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Amenaza, V. y. (3 de 2014 de 2014). *Univesidad Catolica de Oriente*. Recuperado el 20 de Febrero de 2021, de Repositorio Univesidad Catolica de Oriente: <https://www.uco.edu.co/extension/territoriales/Investigaciones%20y%20consultorias/Documentos/AMENAZA,%20VULNERABILIDAD%20Y%20RIESGO.pdf>

Chacón, C. a. (2017). Metodología para evaluar la vulnerabilidad física de viviendas en barrios urbanos autoproducidos . *Tierra Nueva Etapa* , 197-218.

Perfil de Vulnerabilidad social frente a Movimientos en Masa en el casco Urbano del Municipio de la Vega, C. (2 de 2018 de 2018). *UDCA UNIVERSIDAD DE CIENCIAS APLICADAS Y AMBIENTALES*. Recuperado el 7 de Enero de 2021, de UDCA: <https://repository.udca.edu.co/vitstream/11158/1103/1/Trabajo%20de%20grado%20Ana-Cesar.pdf>

Rentabilidad Económica y Social para la Mitigación del Riesgo de Deslizamientos en el km (1+500) Sector Las Salinas que Comunica las Veredas Pinzaima, T. e. (1 de 2017 de 2017). *Universidad Catolica de Colombia*. Recuperado el 12 de Enero de 2021, de repositorio Universidad Catolica de Colombia: https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15350/1/22_11_2017_%20Proyecto%20de%20Investigacion%2015.pdf

RUIZ, W. S. (2015). LA GESTION DE RIESGOS EN EL DESARROLLO URBANISTICO DEL ASENTAMIENTO HUMANO DEFENSORES DE LA PATRIA . *La Gestión del Riesgo Urbano en America Latina: Recopilación de artículos* , 90-110.

Montes, M. P. (2015). La Gestión del Agua Lluvia y la Reducción de Riesgos Urbanos. *La Gestión del Riesgo Urbano en América Latina: Recopilación de artículos* , 28-38.

Ramirez, F., Ghesquiere, F., & Costa, C. (2015). UN MODELO PARA LA PLANIFICACIÓN DE LA GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRE EN GRANDES CIUDADES . *La Gestión del Riesgo Urbano en America latina: Recopilación de Articulos* , 111-134.

Lemus, V. M. (2015). DIAGNÓSTICO Y VALORACIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES EN ENTORNOS URBANOS . *La Gestión del Riesgo Urbano en America Latina:Recopilación de articulos* , 135-144.

Salamanca, L. A. (2015). ESTUDIO DE RESILIENCIA EN DESASTRES NATURALES EN SEIS BARRIOS DE LA CIUDAD DE LA PAZ, BOLIVIA. *La Gestión del Riesgo Urbano en America Latina: Recopilación de articulos* , 207-224.

Barillas, E. M., & Carrera, M. (2015). PrEPaRación antE dEsastrEs En asEntaMiEntos PrECarios dE la zona MEtroPolitana dE GuatEMala, CEntro. *La Gestión del Riesgo Urbano en America Latina: Recopilación de articulos* , 225-238.

Lavell, A. (1999). Gestión de Riesgos Ambientales Urbanos . 15.

Alvis, D. E., Zarate, L. S., & Palacios, D. J. (2018). Sistema de alerta temprana por movimiento en masa inducido por lluvia para Ciudad Bolívar (Colombia) . 1-13.

Geotecnia & Cimentaciones S.A. (2000-2001). *Diseño, Instalación y Monitoreo de instrumentación para zonas inestables en El Espino - Ciudad Bolívar*. Bogotá: N/A.

Ingeominas. (2003). *ESTUDIO DE EVALUACIÓN DE AMENAZAS POR DESLIZAMIENTO DE LOS BARRIOS EL ESPINO Y CERROS DEL DIAMANTE, CIUDAD BOLIVAR - BOGOTA* . Bogotá: N/A.

Geotecnia & Cimentaciones S.A. (2004-2005). *MONITOREO Y SEGUIMIENTO A LOS DESLIZAMIENTOS ACTIVOS QUE AFECTAN EL SECTOR ALTOS DE LA ESTANCIA DE LA LOCALIDAD DE CIUDAD BOLIVAR, EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C*. Bogotá: N/A.

Geotecnia & Cimentaciones S.A. (2002). *MONITOREO Y SEGUIMIENTO DEL DESLIZAMIENTO QUE AFECTA A LOS BARRIOS SAN ANTONIO DEL MIRADOR, SANTA HELENA, SANTA VIVIANA, VISTA HERMOSA, SANTO DOMINGO Y LA CARBONERA*. Bogotá: N/A.

UNIÓN TEMPORAL KANYU . (2003). *Estudio de riesgos por remoción en masa, evaluación de alternativas de mitigación y diseños detallados de las obras de protección y control en el Barrio San Rafael* . Bogotá: n/a.

Ingeniería & georriesgos Ltda. (2004). *ESTUDIO DE RIESGO Y DISEÑO DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN EN EL SECTOR ALTOS DE LA ESTANCIA, LOCALIDAD DE CIUDAD BOLÍVAR, BOGOTÁ D.C.* Bogotá: n/a.

Consortio Altos de la Estancia 2009. (2009-2011). *MONITOREO GEOTECNICO ESPECIALIZADO EN EL SECTOR ALTOS DE LA ESTANCIA DE LA LOCALIDAD DE CIUDAD BOLIVAR, EN BOGOTA D.C.* . Bogota: n/a.

Consultores en Ingeniería y Medio Ambiente - CI Ambiental Ltda. . (2011). *monitoreo topográfico, geotécnico y estructural para el seguimiento del movimiento en masa de la zona de alto riesgo del sector de altos de la estancia de la localidad de Ciudad Bolívar en Bogotá D.C.* Bogotá: n/a.

Consultores Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas. (2016-2020). *anar esfuerzos para continuar la operación del sistema de monitoreo del sector de alta complejidad de altos de la estancia de la localidad de Ciudad Bolívar, que permita evaluar la evolución del comportamiento geotécnico a partir de la instrumentación y monitoreo topográfico, estructural y geotécnico del sector.* Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas. Bogotá: N/A.

BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO - BID. (2002). *Programa de Información de Indicadores de Gestión de Riesgos: Amenaza, Vulnerabilidad, Riesgo, Desastre, Mitigación, Prevención.* Manizales - Colombia: IDEA UN.

