



**ESTUDIO PATOLOGICO A LA PÉRDIDA DE LA BANCA DE LA VIA DENOMINADA  
CARRERA 10C ESTE ENTRE CALLES 20 Y 21 SUR DEL BARRIO SAN BLAS DE LA  
LOCALIDAD DE SAN CRISTOBAL EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C.**

**TRABAJO PROFESIONAL INTEGRADO “TPI”**

**CARLOS HERNANDO CUERVO**

**DIRECTOR:  
ARQ. Rodrigo Avendaño Colmenares**

**BOGOTÁ D.C.  
2016**

**UNIVERSIDAD SANTO TOMAS  
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS  
PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN  
COHORTE BOGOTA 2015-1**

**ESTUDIO PATOLÓGICO A LA PÉRDIDA DE LA BANCA DE LA VÍA DENOMINADA CARRERA 10C ESTE ENTRE CALLES 20 Y 21 SUR DEL BARRIO SAN BLAS DE LA LOCALIDAD DE SAN CRISTÓBAL EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C.**



*Fotografía 1: Pérdida de la banca de la vía Carrera 10 C ESTE producida por un movimiento de remoción en masa. (Fuente: El Tiempo, 23 de marzo de 2015, <http://www.eltiempo.com/bogota/deslizamiento-de-tierra-en-san-cristobal/15446298>)*

## RESUMEN

Gran parte de la población de Bogotá D.C. reside en las montañas que la conforman y circundan.

Históricamente estas zonas han sido intervenidas de varias maneras; tala de bosques, explotación de canteras, ladrilleras, asentamientos subnormales o botaderos de basura a cielo abierto. Al mismo tiempo que se desarrollan estas problemáticas, surge la necesidad de proteger estos lugares debido a su biodiversidad, riqueza forestal y ecológica. El caso que aborda este proyecto, ilustra y representa una problemática de carácter repetitivo a lo largo del tiempo en la ciudad. Los terrenos una vez intervenidos y explotados dan paso a construcciones y asentamientos que no cumplen con la normatividad vigente y exigida en cuanto a calidad, seguridad o infraestructura. La mayor amenaza que presentan las zonas de montaña o de ladera son los deslizamientos o movimientos de remoción en masa (Proyecto multinacional andino, 2007), identificándose que la mayor ocurrencia de estos fenómenos sucede en temporadas invernales (Alfonso M. Ramos, 2015); lo que origina ablandamientos y filtraciones en los suelos. El caso que se expone no es la excepción y a esto se le suman otra serie de factores. La pérdida de la banca de la CARRERA 10 C ESTE entre las CALLES 20 y 21 SUR y tema de este proyecto, generó una problemática de orden social, económico e institucional aún no resuelta. Este proyecto aborda y trata de llegar a la causa de lo sucedido a través de un diagnóstico patológico, pasando por los estudios requeridos, la elaboración de una historia clínica y planteando una propuesta de intervención viable para estabilizar la zona, asegurar la reconstrucción de la vía y dar continuidad a las obras iniciadas del proyecto conocido como Parroquia de San Blas.

## **CONTENIDO**

|                                             |           |
|---------------------------------------------|-----------|
| <b>CAPÍTULO 1. PRELIMINARES</b>             | <b>1</b>  |
| 1.1 INTRODUCCIÓN                            | 1         |
| 1.2 LOS SUCECOS                             | 4         |
| 1.3 JUSTIFICACION                           | 5         |
| 1.3.1 Justificación social                  | 5         |
| 1.3.2 Justificación económica               | 5         |
| 1.3.3 Justificación ambiental               | 6         |
| 1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA              | 6         |
| 1.5 OBJETIVOS                               | 8         |
| 1.5.1 Objetivo general                      | 8         |
| 1.5.2 Objetivos específicos                 | 8         |
| 1.6 MARCO TEÓRICO                           | 8         |
| 1.6.1 Definición de talud                   | 9         |
| 1.6.2 Definición de estabilidad             | 10        |
| 1.6.3 Deslizamientos                        | 11        |
| 1.6.4 Movimiento de cuerpo del talud        | 12        |
| 1.6.5 Falla rotacional                      | 12        |
| 1.7 METODOLOGIA                             | 14        |
| 1.8 ETAPAS                                  | 14        |
| 1.9 ALCANCES                                | 15        |
| 1.10 CRONOGRAMA                             | 15        |
| <b>CAPITULO 2. INFORMACION DEL PACIENTE</b> | <b>16</b> |
| 2.1 LOCALIZACION DEL PACIENTE               | 16        |
| 2.2 MAPA DE CALLES Y CARRERAS DEL SECTOR    | 18        |
| 2.3 LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO DE LA ZONA    | 18        |
| 2.4 ZONA URBANA Y USO DEL SECTOR            | 19        |
| 2.5 DESCRIPCION Y RECONOCIMIENTO            | 19        |
| 2.6 RELACIÓN ENTRE DEMANDA Y CAPACIDAD      | 20        |
| 2.7 SISTEMA CONSTRUCTIVO                    | 20        |
| 2.8 FECHA DE CONSTRUCCIÓN                   | 21        |
| 2.9 USO ACTUAL Y PREVISTO                   | 21        |
| 2.10 IMPORTANCIA                            | 21        |
| 2.11 NORMATIVIDAD QUE LA RIGE               | 21        |
| 2.12 ÁREA DE ESTUDIO                        | 22        |
| 2.13 ESTADO Y CONSERVACIÓN                  | 23        |
| 2.14 ENTORNO                                | 23        |
| 2.15 EDIFICACIONES U OBRAS VECINAS          | 23        |
| 2.16 MEDIO AMBIENTE                         | 24        |

|                                         |                                                        |           |
|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------|-----------|
| <b>2.17</b>                             | <b>SISTEMA DE COBERTURAS VEGETALES</b>                 | <b>26</b> |
| <b>2.18</b>                             | <b>AMENAZAS</b>                                        | <b>26</b> |
| 2.18.1                                  | Remoción en masa                                       | 27        |
| 2.18.2                                  | Inundación                                             | 28        |
| 2.18.3                                  | Sismo                                                  | 28        |
| <b>2.19</b>                             | <b>APLICACIÓN PATOLOGICA</b>                           | <b>29</b> |
| <b>2.20</b>                             | <b>ORIGEN POSIBLE DE LAS PATOLOGIAS</b>                | <b>29</b> |
| <b>2.21</b>                             | <b>ESTADO ACTUAL DEL PACIENTE</b>                      | <b>30</b> |
| <b>2.22</b>                             | <b>CALIFICACION DE LA VIA</b>                          | <b>31</b> |
| 2.22.1                                  | Por diseño y construcción, según (A. 10.2.2.1-NSR 10). | 31        |
| 2.22.2                                  | Por el estado de la vía                                | 31        |
| <b>CAPÍTULO 3. GEOLOGIA Y GEOTECNIA</b> |                                                        | <b>32</b> |
| <b>3.1</b>                              | <b>GEOLOGIA DE LA ZONA</b>                             | <b>32</b> |
| <b>3.2</b>                              | <b>GEOMORFOLOGIA DE LA ZONA</b>                        | <b>33</b> |
| <b>3.3</b>                              | <b>CLASIFICACION DE LOS SUELOS</b>                     | <b>34</b> |
| <b>3.4</b>                              | <b>SONDEOS Y EXPLORACION GEOTECNICA</b>                | <b>40</b> |
| 3.4.1                                   | SONDEO No.1                                            | 42        |
| 3.4.2                                   | SONDEO No.2                                            | 43        |
| 3.4.3                                   | SONDEO No.3                                            | 44        |
| 3.4.4                                   | SONDEO No.1E                                           | 45        |
| <b>3.5</b>                              | <b>NIVEL FREATICO Y ESCORRENTIAS</b>                   | <b>48</b> |
| <b>CAPITULO 4. HISTORIA CLINICA</b>     |                                                        | <b>49</b> |
| <b>4.1</b>                              | <b>ANTECEDENTES</b>                                    | <b>49</b> |
| <b>4.2</b>                              | <b>EI MOVIMIENTO DE REMOCION EN MASA</b>               | <b>49</b> |
| <b>4.3</b>                              | <b>CONSIDERACIONES Y SECUENCIA DE LOS HECHOS</b>       | <b>55</b> |
| <b>4.4</b>                              | <b>MAPA</b>                                            | <b>57</b> |
| <b>4.5</b>                              | <b>LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO</b>                       | <b>58</b> |
| <b>4.6</b>                              | <b>DESCRIPCION</b>                                     | <b>58</b> |
| <b>4.7</b>                              | <b>MODELOS TRIDIMENSIONALES</b>                        | <b>60</b> |
| 4.7.1                                   | Partes                                                 | 60        |
| 4.7.2                                   | Intervención del talud                                 | 60        |
| 4.7.3                                   | Movimiento de remoción en masa                         | 61        |
| 4.7.4                                   | Muro construido                                        | 61        |
| <b>4.8</b>                              | <b>CLASIFICACION DEL MOVIMIENTO</b>                    | <b>62</b> |
| <b>4.9</b>                              | <b>DATOS DEL MOVIMIENTO</b>                            | <b>62</b> |
| <b>4.10</b>                             | <b>GEOMETRIA</b>                                       | <b>63</b> |
| <b>4.11</b>                             | <b>DIMENSIONES Y CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN</b>        | <b>63</b> |
| <b>4.12</b>                             | <b>PARTES</b>                                          | <b>65</b> |
| <b>4.13</b>                             | <b>FORMATO PARA INVENTARIO DE MOVIMIENTOS EN MASA</b>  | <b>65</b> |

|                  |                                                                  |     |
|------------------|------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>4.14</b>      | <b>RUMBO, DIRECCION Y BUZAMIENTO</b>                             | 69  |
| <b>4.15</b>      | <b>SECUENCIA TEMPORAL</b>                                        | 70  |
|                  | <b>CAPITULO 5. DIAGNÓSTICO</b>                                   | 85  |
| <b>5.1</b>       | <b>ESTUDIOS</b>                                                  | 85  |
| <b>5.2</b>       | <b>PATOLOGIA RELEVANTE</b>                                       | 85  |
| <b>5.3</b>       | <b>DATOS ESPECIFICOS DE LA LESION PRINCIPAL</b>                  | 85  |
| <b>5.4</b>       | <b>LESIONES MECANICAS, FISICAS y QUIMICAS</b>                    | 86  |
| <b>5.5</b>       | <b>AFECTACIONES</b>                                              | 86  |
| <b>5.6</b>       | <b>DIAGNÓSTICO</b>                                               | 88  |
| <b>5.7</b>       | <b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>                            | 90  |
|                  | <b>CAPITULO 6. PROPUESTAS DE INTERVENCION</b>                    | 92  |
| <b>6.1</b>       | <b>PLANTEAMIENTO</b>                                             | 92  |
| <b>6.1.1</b>     | <b>INTERVENCION UNO</b>                                          | 93  |
| <b>6.1.1.1</b>   | <b>DESCRIPCIÓN</b>                                               | 93  |
| <b>6.1.1.2</b>   | <b>MEMORIAS DE CÁLCULO</b>                                       | 95  |
| <b>6.1.1.2.1</b> | <b>Datos iniciales</b>                                           | 95  |
| <b>6.1.1.2.2</b> | <b>Predimensionamiento</b>                                       | 95  |
| <b>6.1.1.2.3</b> | <b>Análisis de estabilidad.</b>                                  | 95  |
| <b>6.1.1.2.4</b> | <b>Análisis estructural</b>                                      | 96  |
| <b>6.1.1.2.5</b> | <b>Voladizo de la base</b>                                       | 96  |
| <b>6.1.1.2.6</b> | <b>Voladizo del talón</b>                                        | 96  |
| <b>6.1.1.3</b>   | <b>DETALLES CONSTRUCTIVOS</b>                                    | 97  |
| <b>6.1.1.3.1</b> | <b>Detalle muro sección 2</b>                                    | 97  |
| <b>6.1.1.3.2</b> | <b>Detalle lloraderos</b>                                        | 97  |
| <b>6.1.1.3.3</b> | <b>Esquema 3D estructura</b>                                     | 98  |
| <b>6.1.1.3.4</b> | <b>Sección transversal</b>                                       | 99  |
| <b>6.1.1.3.5</b> | <b>Detalle refuerzo</b>                                          | 100 |
| <b>6.1.2</b>     | <b>PRESUPUESTO</b>                                               | 101 |
| <b>6.2</b>       | <b>INTERVENCIÓN DOS</b>                                          | 102 |
| <b>6.2.1</b>     | <b>DESCRIPCIÓN</b>                                               | 102 |
| <b>6.2.2</b>     | <b>MURO DE SUELO MECANICAMENTE ESTABILIZADO</b>                  | 105 |
| <b>6.2.3</b>     | <b>CAPACIDAD PORTANTE DEL TERRENO</b>                            | 108 |
| <b>6.2.4</b>     | <b>RECOMENDACIONES DE CONSTRUCCION</b>                           | 108 |
| <b>6.2.6</b>     | <b>CONSTRUCCION DEL MURO DE SUELO MECANICAMENTE ESTABILIZADO</b> | 109 |
| <b>6.2.7</b>     | <b>PRESUPUESTO</b>                                               | 110 |
| <b>6.3</b>       | <b>COMPARACION DE LAS ALTERNATIVAS PROPUESTAS</b>                | 111 |
| <b>6.4</b>       | <b>SELECCIÓN Y JUSTIFICACIÓN</b>                                 | 113 |
| <b>6.5</b>       | <b>MANTENIMIENTO DE LAS OPCIONES PROPUESTAS</b>                  | 114 |
|                  | <b>ANEXOS</b>                                                    | 118 |

## INDICE DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                                                      |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Figura 1. Bogotá con los eventos de remoción en masa reportados desde 1996 a 2013. [mapa].</i>                                                                                                    | 3   |
| <i>Figura 2: Proyecto Parroquia de San Blas. [render].</i>                                                                                                                                           | 7   |
| <i>Figura 3: Movimiento del cuerpo del talud producido por una falla rotacional</i>                                                                                                                  | 13  |
| <i>Figura 4:Tipos de falla de un deslizamiento rotacional</i>                                                                                                                                        | 13  |
| <i>Figura 5: Área alcance del estudio</i>                                                                                                                                                            | 15  |
| <i>Figura 6: Mapa de las localidades de la ciudad de Bogotá D.C.</i>                                                                                                                                 | 16  |
| <i>Figura 7: Localización del barrio San Blas en la localidad de San Cristóbal.</i>                                                                                                                  | 16  |
| <i>Figura 8: Nomenclatura del sector. El punto rojo señala la ubicación del paciente motivo de investigación.</i>                                                                                    | 18  |
| <i>Figura 9: Entorno del paciente y fotografía en la que se aprecian las viviendas circundantes y las vías vecinas.</i>                                                                              | 24  |
| <i>Figura 10: Amenaza de remoción en masa para la localidad de San Cristóbal.</i>                                                                                                                    | 27  |
| <i>Figura 11: Amenaza por inundación de la zona.</i>                                                                                                                                                 | 28  |
| <i>Figura 12: Mapa de Amenaza sísmica para Colombia</i>                                                                                                                                              | 29  |
| <i>Figura 13: Ubicación. Localización de la zona de interes en la formación Bogotá.</i>                                                                                                              | 34  |
| <i>Figura 14: Corte geologico cercano a la zona del movimiento de remoción.</i>                                                                                                                      | 34  |
| <i>Figura 15: Carta de colores Munsell.Color 5YR 6/2</i>                                                                                                                                             | 37  |
| <i>Figura 16: Carta de colores Munsell. Color 10R 6/2 y Color 10R 4/2.</i>                                                                                                                           | 37  |
| <i>Figura 17: Esquema de los suelos y de los materiales encontrados.</i>                                                                                                                             | 40  |
| <i>Figura 18: Zona de Remoción o de Deslizamiento.</i>                                                                                                                                               | 57  |
| <i>Figura 19: Partes de la zona de estudio.</i>                                                                                                                                                      | 60  |
| <i>Figura 20: Talud intervenido.</i>                                                                                                                                                                 | 60  |
| <i>Figura 21: Movimiento de Remoción en Masa.</i>                                                                                                                                                    | 61  |
| <i>Figura 22: Muro construido.</i>                                                                                                                                                                   | 61  |
| <i>Figura 23: Geometría del movimiento de Remoción.</i>                                                                                                                                              | 63  |
| <i>Figura 24: Partes del movimiento de Remoción en masa.</i>                                                                                                                                         | 65  |
| <i>Figura 25: Formato para inventario de movimientos en masa.</i>                                                                                                                                    | 67  |
| <i>Figura 26: Formato para inventario de movimientos en masa.</i>                                                                                                                                    | 68  |
| <i>Figura 27: Formato para inventario de movimientos en masa.</i>                                                                                                                                    | 69  |
| <i>Figura 28 y Figura 29: Las figuras representan el talud de la vía en dos fases diferentes. El esquema de la izquierda antes de la intervención y el de la derecha después de la intervención.</i> | 69  |
| <i>Figura 30: Detalle muro sección 2.</i>                                                                                                                                                            | 97  |
| <i>Figura 31: Detalle lloraderos.</i>                                                                                                                                                                | 97  |
| <i>Figura 32: Esquema 3D estructura.</i>                                                                                                                                                             | 98  |
| <i>Figura 33: Sección transversal.</i>                                                                                                                                                               | 99  |
| <i>Figura 34: Detalle de los refuerzos.</i>                                                                                                                                                          | 100 |
| <i>Figura 35, Figura 36, Figura 37: Anclajes de retención en los terraceos temporales.</i>                                                                                                           | 102 |

## INDICE DE TABLAS

|                                                                                                                 |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Tabla 1: Metodología.</i>                                                                                    | 14  |
| <i>Tabla 2: Etapas de la investigación</i>                                                                      | 14  |
| <i>Tabla 3: Cronograma de actividades.</i>                                                                      | 15  |
| <i>Tabla 4: Localización del paciente.</i>                                                                      | 16  |
| <i>Tabla 5: Descripción de la UPZ de la localidad de San Cristóbal.</i>                                         | 19  |
| <i>Tabla 6: Características de la carrera 10 C este entre las CALLES 18 y 21 SUR.</i>                           | 20  |
| <i>Tabla 7: Clasificación de la vía.</i>                                                                        | 22  |
| <i>Tabla 8: Área rural, áreas protegidas y área urbanas de la localidad de San Cristóbal.</i>                   | 23  |
| <i>Tabla 9: Nivel según la amenaza en la localidad de San Cristóbal.</i>                                        | 26  |
| <i>Tabla 10: Aplicación patológica.</i>                                                                         | 29  |
| <i>Tabla 11: Calificación según la estructura de la vía.</i>                                                    | 31  |
| <i>Tabla 12: Calificación según el estado de la vía.</i>                                                        | 31  |
| <i>Tabla 13: Sondeos y STP.</i>                                                                                 | 40  |
| <i>Tabla 14: Perfil estratigráfico del Sondeo No.1.</i>                                                         | 42  |
| <i>Tabla 15: Perfil estratigráfico del Sondeo No.2.</i>                                                         | 43  |
| <i>Tabla 16: Perfil estratigráfico del Sondeo No.3.</i>                                                         | 44  |
| <i>Tabla 17: Perfil estratigráfico del Sondeo No.1E.</i>                                                        | 45  |
| <i>Tabla 18: Tabla de Varnes de clasificación del movimiento.</i>                                               | 62  |
| <i>Tabla 19: Clasificación y datos del movimiento.</i>                                                          | 62  |
| <i>Tabla 20: Pruebas y estudios propuestos.</i>                                                                 | 85  |
| <i>Tabla 21: inventario y estado de los elementos comprometidos.</i>                                            | 87  |
| <i>Tabla 22: Datos iniciales.</i>                                                                               | 95  |
| <i>Tabla 23: Predimensionamiento.</i>                                                                           | 95  |
| <i>Tabla 24: Evaluación de las cargas verticales y su momento contra volcamiento con respecto al punto A.</i>   | 96  |
| <i>Tabla 25: Evaluación de las cargas horizontales y su momento contra volcamiento con respecto al punto A.</i> | 96  |
| <i>Tabla 26: Muro.</i>                                                                                          | 96  |
| <i>Tabla 27: Voladizo de la base.</i>                                                                           | 96  |
| <i>Tabla 28: Voladizo del talón.</i>                                                                            | 96  |
| <i>Tabla 29: Presupuesto general de construcción muro de concreto reforzado.</i>                                | 101 |
| <i>Tabla 30: Presupuesto general de construcción de la vía con obras accesorias.</i>                            | 101 |
| <i>Tabla 31: Características de los anclajes.</i>                                                               | 105 |
| <i>Tabla 32: Factores de seguridad.</i>                                                                         | 105 |
| <i>Tabla 33: Parámetros.</i>                                                                                    | 105 |
| <i>Tabla 34: Presupuesto general muro mecánicamente estabilizado.</i>                                           | 110 |
| <i>Tabla 35: Comparación de las alternativas propuestas.</i>                                                    | 111 |
| <i>Tabla 36: Ventajas y desventajas de los anclajes.</i>                                                        | 113 |
| <i>Tabla 37: Calendario de mantenimiento para el año.</i>                                                       | 114 |

## INDICE DE GRAFICAS

|                                                                                                                                  |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Gráfica 1: Perfil geológico transversal inicial.</i>                                                                          | 36  |
| <i>Gráfica 2: Perfiles estratigráficos de los sondeos efectuados.</i>                                                            | 47  |
| <i>Gráfica 3: Dimensiones y movimiento rotacional de suelos por el cuerpo del talud (falla local).</i>                           | 64  |
| <i>Gráfica 4: Dimensiones y movimiento rotacional de suelos por el pie del talud (falla en la base).</i>                         | 64  |
| <i>Gráfica 5: Determinación de cargas en anclajes de retención en terraceos temporales- Etapa de excavación 1.</i>               | 103 |
| <i>Gráfica 6: Determinación de cargas en anclajes de retención en terraceos temporales- Etapa de excavación 2.</i>               | 104 |
| <i>Gráfica 7: Determinación de cargas en anclajes de retención en terraceos temporales- Etapa de excavación 3.</i>               | 104 |
| <i>Gráfica 8: Análisis de estabilidad interna del muro en suelo mecánicamente estabilizado propuesto - Condición estática.</i>   | 106 |
| <i>Gráfica 9: Análisis de estabilidad interna del muro en suelo mecánicamente estabilizado propuesto - Condición bajo sismo.</i> | 106 |
| <i>Gráfica 10: Análisis de estabilidad global del muro en suelo mecánicamente estabilizado propuesto - Condición estática.</i>   | 107 |
| <i>Gráfica 11: Análisis de estabilidad global del muro en suelo mecánicamente estabilizado propuesto - Condición bajo sismo.</i> | 107 |
| <i>Gráfica 12: Muro en suelo mecánicamente estabilizado propuesto con anclajes.</i>                                              | 110 |

## INDICE DE FOTOGRAFIAS

|                                                                                                                          |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <i>Fotografía 1: Pérdida de la banca de la vía Carrera 10 C ESTE producida por un movimiento de remoción en masa.</i>    | <i>II</i> |
| <i>Fotografía 2: Imagen satelital de la zona. El círculo amarillo corresponde a la ubicación del paciente.</i>           | <i>17</i> |
| <i>Fotografía 3: Imagen satelital tridimensional donde se aprecia la localización del paciente.</i>                      | <i>17</i> |
| <i>Fotografía 4: En el rectángulo, el área de estudio.</i>                                                               | <i>22</i> |
| <i>Fotografía 5: Panorámica de las edificaciones vecinas.</i>                                                            | <i>24</i> |
| <i>Fotografía 6: Aspecto de la localidad de San Cristóbal. Está constituida en gran parte por los cerros orientales.</i> | <i>25</i> |
| <i>Fotografía 7: Estado actual del paciente.</i>                                                                         | <i>30</i> |
| <i>Fotografía 8: Estado actual del paciente.</i>                                                                         | <i>30</i> |
| <i>Fotografía 9: Estado actual del paciente.</i>                                                                         | <i>30</i> |
| <i>Fotografía 10: Estado actual del paciente.</i>                                                                        | <i>30</i> |
| <i>Fotografía 11: Estado actual del paciente.</i>                                                                        | <i>31</i> |
| <i>Fotografía 12: Estado actual del paciente.</i>                                                                        | <i>31</i> |
| <i>Fotografía 13: Arcillolita en el escarpe del movimiento de remoción y presencia de roca arenisca.</i>                 | <i>37</i> |
| <i>Fotografía 14: Arcillolita en el escarpe del movimiento de remoción y presencia de roca arenisca.</i>                 | <i>37</i> |
| <i>Fotografía 15: Arcillolita.</i>                                                                                       | <i>38</i> |
| <i>Fotografía 16: Roca arenisca.</i>                                                                                     | <i>38</i> |
| <i>Fotografía 17: Roca arenisca.</i>                                                                                     | <i>38</i> |
| <i>Fotografía 18: Arcillolita.</i>                                                                                       | <i>38</i> |
| <i>Fotografía 19: Roca arenisca fracturada.</i>                                                                          | <i>38</i> |
| <i>Fotografía 20: Arcillolita húmeda.</i>                                                                                | <i>38</i> |
| <i>Fotografía 21: Arcillolita y Arenisca fracturada.</i>                                                                 | <i>39</i> |
| <i>Fotografía 22: Base de la vía.</i>                                                                                    | <i>39</i> |
| <i>Fotografía 23: Base de la vía.</i>                                                                                    | <i>39</i> |
| <i>Fotografía 24: Presencia de basura en la base de la vía.</i>                                                          | <i>39</i> |
| <i>Fotografía 25: Intervención del talud.</i>                                                                            | <i>39</i> |
| <i>Fotografía 26: Presencia de basuras en los suelos.</i>                                                                | <i>39</i> |
| <i>Fotografía 27: Zona del movimiento de remoción.</i>                                                                   | <i>50</i> |
| <i>Fotografía 28: Varias viviendas se vieron severamente afectadas.</i>                                                  | <i>50</i> |
| <i>Fotografía 29: Zona afectada.</i>                                                                                     | <i>51</i> |
| <i>Fotografía 30: Presencia de organismos de socorro una vez sucedido el deslizamiento.</i>                              | <i>52</i> |
| <i>Fotografía 31: Movimiento de remoción en masa.</i>                                                                    | <i>53</i> |
| <i>Fotografías 32, 33, 34, 35: Estado original de la Carrera 10C ESTE.</i>                                               | <i>54</i> |
| <i>Fotografía 36: Cerramiento de la obra.</i>                                                                            | <i>55</i> |
| <i>Fotografía 37: Estado del lote.</i>                                                                                   | <i>55</i> |
| <i>Fotografía 38: Vista del lote desde la CARRERA 10C ESTE.</i>                                                          | <i>55</i> |
| <i>Fotografía 39: Vista del lote desde la CARRERA 10C ESTE.</i>                                                          | <i>55</i> |
| <i>Fotografía 40: Vista desde la corona de la zona de remoción.</i>                                                      | <i>59</i> |
| <i>Fotografía 41: Intervención del talud.</i>                                                                            | <i>65</i> |
| <i>Fotografía 42: Intervención del talud.</i>                                                                            | <i>65</i> |
| <i>Fotografía 43: Instalación cerramiento.</i>                                                                           | <i>70</i> |
| <i>Fotografía 44: Instalación cerramiento.</i>                                                                           | <i>70</i> |
| <i>Fotografía 45: Instalación cerramiento.</i>                                                                           | <i>70</i> |
| <i>Fotografía 46: Vista interior del lote.</i>                                                                           | <i>70</i> |
| <i>Fotografía 47: Vista interior del lote.</i>                                                                           | <i>70</i> |
| <i>Fotografía 48: Instalación cerramiento.</i>                                                                           | <i>70</i> |
| <i>Fotografía 49: Vista del lote desde la CARRERA 10C ESTE.</i>                                                          | <i>71</i> |
| <i>Fotografía 50: Corte del talud.</i>                                                                                   | <i>71</i> |
| <i>Fotografía 51: Corte del talud.</i>                                                                                   | <i>71</i> |
| <i>Fotografía 52: Corte del talud.</i>                                                                                   | <i>71</i> |
| <i>Fotografía 53: Entibado, corte y cubrimiento del talud.</i>                                                           | <i>71</i> |
| <i>Fotografía 54: Entibado, corte y cubrimiento del talud.</i>                                                           | <i>71</i> |

|                                                                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <i>Fotografía 55: Aparición de grietas en el talud.</i>                                                          | 71 |
| <i>Fotografía 56: Socavación por debajo de losas de la vía.</i>                                                  | 71 |
| <i>Fotografía 57: Corte y retiro de material del talud.</i>                                                      | 72 |
| <i>Fotografía 58: Estado del lote y avance de las obras.</i>                                                     | 72 |
| <i>Fotografía 59: Aspecto del entibado y de los trabajos de corte del talud.</i>                                 | 72 |
| <i>Fotografía 60: Aspecto del entibado y de los trabajos de corte del talud.</i>                                 | 72 |
| <i>Fotografía 61: Retiro de material de corte del talud.</i>                                                     | 72 |
| <i>Fotografía 62: Basura presente en el material resultante del corte del talud.</i>                             | 72 |
| <i>Fotografía 63: Corte manual del talud.</i>                                                                    | 73 |
| <i>Fotografía 64: Inicio de la construcción del muro de contención.</i>                                          | 73 |
| <i>Fotografía 65: Construcción del muro de contención.</i>                                                       | 73 |
| <i>Fotografía 66: Falla del entibado y deslizamiento parcial.</i>                                                | 73 |
| <i>Fotografía 67: Aspecto del material resultante del corte del talud.</i>                                       | 73 |
| <i>Fotografía 68: Corte para dar continuidad a la construcción del muro de contención.</i>                       | 73 |
| <i>Fotografía 69: Corte para dar continuidad a la construcción del muro de contención.</i>                       | 73 |
| <i>Fotografía 70: Verticalidad del talud resultante.</i>                                                         | 73 |
| <i>Fotografía 71: Fundición de nuevo tramo del muro de contención.</i>                                           | 74 |
| <i>Fotografía 72: Taladrado de roca arenisca.</i>                                                                | 74 |
| <i>Fotografía 73: Proceso de taladrado de la roca arenisca.</i>                                                  | 74 |
| <i>Fotografía 74: Apuntalamiento de las losas de la vía y restablecimiento del entibado.</i>                     | 74 |
| <i>Fotografía 75: Fundición de muro de contención.</i>                                                           | 74 |
| <i>Fotografía 76: Fundición del muro de contención e inestabilidad del talud.</i>                                | 74 |
| <i>Fotografía 77: Construcción del muro de contención.</i>                                                       | 74 |
| <i>Fotografía 78: Excavación manual del talud.</i>                                                               | 74 |
| <i>Fotografía 79: Instalación de formaleas para fundición de tramo del muro de contención.</i>                   | 75 |
| <i>Fotografía 80: Celebración de eucaristía.</i>                                                                 | 75 |
| <i>Fotografía 81: Aumento de la Socavación de la base de la vía con deslizamiento y destrucción de entibado.</i> | 75 |
| <i>Fotografía 82: Socavación por debajo de las losas de la vía.</i>                                              | 75 |
| <i>Fotografía 83: Socavación por debajo de las losas de la vía.</i>                                              | 75 |
| <i>Fotografía 84: Sellamiento de obra por parte de la alcaldía local.</i>                                        | 75 |
| <i>Fotografía 85: Fotografía que registra los momentos anteriores al movimiento de remoción.</i>                 | 76 |
| <i>Fotografía 86: Masa de lodo formada debajo de las losas de la vía a causa de filtraciones de agua.</i>        | 76 |
| <i>Fotografía 87: Presencia de organismos de socorro y vigilancia.</i>                                           | 76 |
| <i>Fotografía 88: Inspección de la zona.</i>                                                                     | 76 |
| <i>Fotografía 89: Estado y aspecto de la zona después del movimiento de remoción.</i>                            | 76 |
| <i>Fotografía 90: Estado y aspecto de la zona después del movimiento de remoción.</i>                            | 76 |
| <i>Fotografía 91: Estado y aspecto de la zona después del movimiento de remoción.</i>                            | 76 |
| <i>Fotografía 92: Estado y aspecto de la zona después del movimiento de remoción.</i>                            | 76 |
| <i>Fotografía 93: Estado y aspecto de la zona después del movimiento de remoción.</i>                            | 77 |
| <i>Fotografía 94: Estado y aspecto de la zona después del movimiento de remoción.</i>                            | 77 |
| <i>Fotografía 95: Estado y aspecto de la zona después del movimiento de remoción.</i>                            | 77 |
| <i>Fotografía 96: Tramo destruido de la CARRERA 10C ESTE.</i>                                                    | 77 |
| <i>Fotografía 97: Demolición de casa afectada.</i>                                                               | 77 |
| <i>Fotografía 98: Estado y aspecto de la zona.</i>                                                               | 77 |
| <i>Fotografía 99: Estado y aspecto de la zona.</i>                                                               | 78 |
| <i>Fotografía 100: Escombros de la casa demolida.</i>                                                            | 78 |
| <i>Fotografía 101: Estado de la Cimentación de casa afectada.</i>                                                | 78 |
| <i>Fotografía 102: Estado y aspecto de la zona.</i>                                                              | 78 |
| <i>Fotografía 103: Estado y aspecto de la zona.</i>                                                              | 78 |
| <i>Fotografía 104: Estado y aspecto de la zona.</i>                                                              | 78 |
| <i>Fotografía 105: Estado y aspecto de la zona.</i>                                                              | 78 |
| <i>Fotografía 106: Estado y aspecto de la zona.</i>                                                              | 79 |
| <i>Fotografía 107: Estado y aspecto de la zona.</i>                                                              | 79 |
| <i>Fotografía 108: Adecuación manual de la parte superior del talud.</i>                                         | 79 |
| <i>Fotografía 109: Vista del talud desde la CARRERA 10C ESTE.</i>                                                | 79 |
| <i>Fotografía 110: Estado y aspecto de la zona.</i>                                                              | 79 |

|                                                                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <i>Fotografía 111: Estado y aspecto de la zona.</i>                                                                | 79 |
| <i>Fotografía 112: Vista panorámica de la zona y de las obras emprendidas.</i>                                     | 79 |
| <i>Fotografía 113: Reconstrucción de obras sanitarias.</i>                                                         | 80 |
| <i>Fotografía 114: Reconstrucción de obras sanitarias.</i>                                                         | 80 |
| <i>Fotografía 115: La parte verde corresponde al sitio del evento vista desde la avenida Primero de mayo.</i>      | 80 |
| <i>Fotografía 116: Prolongación del muro de contención.</i>                                                        | 80 |
| <i>Fotografía 117: Prolongación del muro de contención.</i>                                                        | 80 |
| <i>Fotografía 118: Prolongación y construcción del muro de contención escalonado con sistema de contrafuertes.</i> | 80 |
| <i>Fotografía 119: Construcción de muro de contención escalonado.</i>                                              | 80 |
| <i>Fotografía 120: Construcción de muro de contención escalonado.</i>                                              | 81 |
| <i>Fotografía 121: Protección con plásticos para evitar filtraciones de agua al talud.</i>                         | 81 |
| <i>Fotografía 122: Construcción del muro de contención del costado sur.</i>                                        | 81 |
| <i>Fotografía 123: Muro de contención del costado sur.</i>                                                         | 81 |
| <i>Fotografía 124: Construcción del muro de contención escalonado.</i>                                             | 81 |
| <i>Fotografía 125: Aspecto de la reconstrucción vía en el tramo destruido.</i>                                     | 81 |
| <i>Fotografía 126: Avance de las obras de Construcción del muro de contención vistas desde la vía.</i>             | 81 |
| <i>Fotografía 127: Empate perpendicular de los dos muros.</i>                                                      | 81 |
| <i>Fotografía 128: Vista de la construcción del muro de contención desde la CARRERA 10C ESTE.</i>                  | 82 |
| <i>Fotografía 129: Protección de la parte superior del talud.</i>                                                  | 82 |
| <i>Fotografía 130: Muro de contención casi terminado. Al fondo el muro del costado sur.</i>                        | 82 |
| <i>Fotografía 131: Muro de contención casi terminado. Se aprecia el sistema de contrafuertes.</i>                  | 82 |
| <i>Fotografía 132: Empate de los dos muros.</i>                                                                    | 82 |
| <i>Fotografía 133: Construcción de andenes de la CARRERA 10C ESTE.</i>                                             | 82 |
| <i>Fotografía 134: Aspecto del muro de contención.</i>                                                             | 83 |
| <i>Fotografía 135: Remate superior del muro y construcción de andenes.</i>                                         | 83 |
| <i>Fotografía 136: Aspecto del muro de contención escalonado.</i>                                                  | 83 |
| <i>Fotografía 137: Vista de las obras desde la CARRERA 10C ESTE.</i>                                               | 83 |
| <i>Fotografía 138: Vista de la CARRERA 10C ESTE.</i>                                                               | 83 |
| <i>Fotografía 139: Remate superior del muro y construcción de andenes.</i>                                         | 83 |
| <i>Fotografía 140: Remate superior del muro y construcción de andenes.</i>                                         | 83 |
| <i>Fotografía 141: Remate superior del muro y construcción de andenes.</i>                                         | 83 |
| <i>Fotografía 142: Restablecimiento de la base de la vía.</i>                                                      | 84 |
| <i>Fotografía 143: Restablecimiento de la base de la vía.</i>                                                      | 84 |
| <i>Fotografía 144: Construcciones, terrenos y zonas comprometidas.</i>                                             | 88 |

## INDICE DE LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS

|                                                                                                                                                                                                                                        |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Levantamiento topográfico 1: En el rectángulo el lote correspondiente al proyecto iglesia de San Blas Delineadas en rojo aparecen la Calle 18 SUR y la Carrera 10 C ESTE.</i>                                                       | 18  |
| <i>Levantamiento topográfico 2: Localización de los sondeos S-1, S-2, S-3. y S1E.</i>                                                                                                                                                  | 41  |
| <i>Levantamiento topográfico 3: En el levantamiento topográfico se aprecia la Carrera 10 C ESTE, lo encerrado en amarillo corresponde al movimiento de remoción y lo encerrado en rojo corresponde a la placa de la casa demolida.</i> | 58  |
| <i>Levantamiento topográfico 4: levantamiento topográfico del muro de contención armado.</i>                                                                                                                                           | 94  |
| <i>Levantamiento topográfico 5: Localización del muro en el barrio San Blas.</i>                                                                                                                                                       | 95  |
| <i>Levantamiento topográfico 6: Levantamiento topográfico del espacio que ocuparía el muro mecánicamente estabilizado.</i>                                                                                                             | 103 |

# **CAPÍTULO 1**

## **PRELIMINARES**

### **1.1 INTRODUCCIÓN**

La remoción en masa es un fenómeno relativamente común en nuestro país. Según el Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático (IDIGER, 2013):

En Colombia existen condiciones que favorecen la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa como la abrupta topografía de las cordilleras, la actividad sísmica, su ubicación en la zona tropical y los altos valores de precipitación.

En Bogotá los fenómenos de remoción en masa se presentan a lo largo de los cerros orientales, del sur, de Suba y sus respectivas franjas de piedemonte (Localidades de Usaquén, Chapinero, Santafé, San Cristóbal, Rafael Uribe Uribe, Usme, Ciudad Bolívar y Suba).

En principio estos fenómenos tienen una causa natural, ya que muchas de las laderas que conforman los cerros de Bogotá tienen una predisposición a la generación de deslizamientos; a esto se suma la intervención de los cerros por medio de explotación de canteras y la adecuación de terrenos para la construcción de vivienda (legal e ilegal) sin el cumplimiento de los mínimos requisitos técnicos.

En Bogotá existen diversos sectores sometidos a fenómenos de remoción en masa. Estos fenómenos se presentan con diferentes grados de actividad: desde los que han destruido viviendas e infraestructura de servicios públicos hasta aquellos en los que la amenaza potencial ha sido identificada por medio de estudios.

De acuerdo con lo anterior, Trujillo-Vela y Prada (2015) afirman:

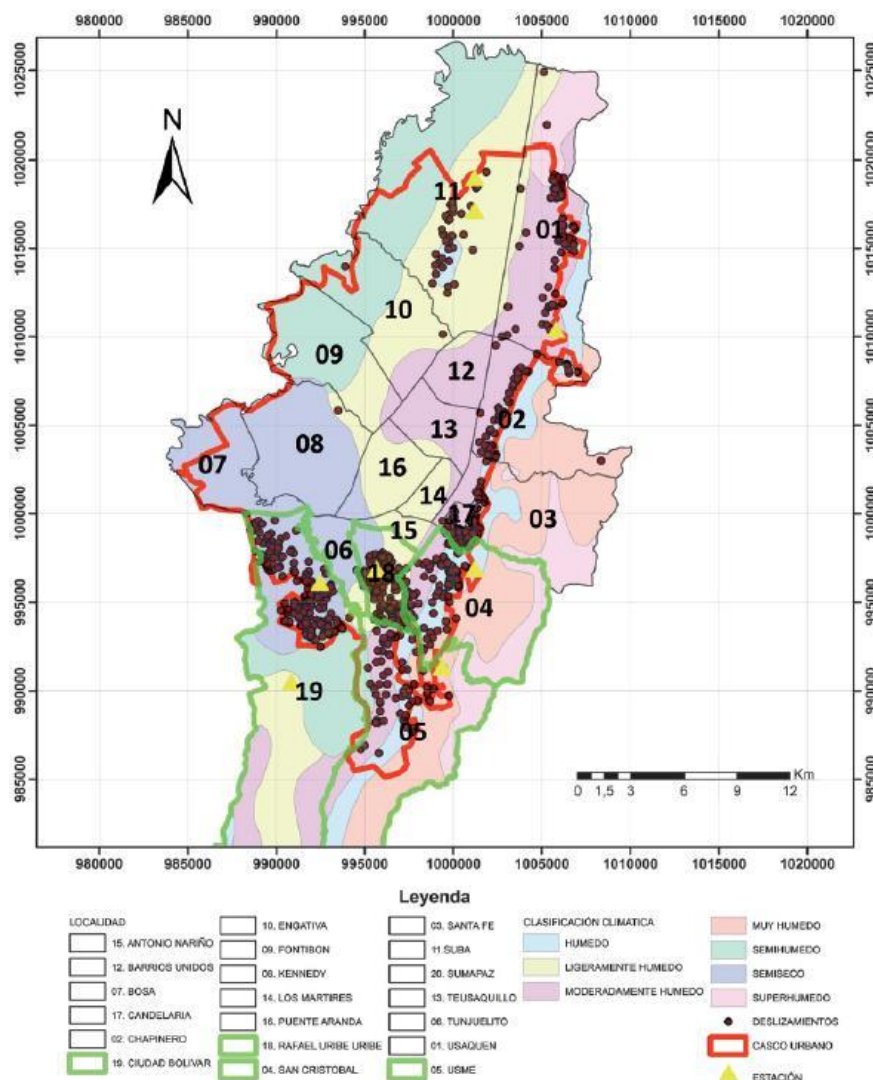
La mayoría de los movimientos en masa se han registrado en las localidades que tienen zonas de altas pendientes como Ciudad Bolívar, San Cristóbal, Rafael Uribe Uribe, Usme, Santa Fe y Usaquén. Estos eventos se han asociado tanto a la precipitación acumulada como a la intervención antrópica, representada en la ejecución de excavaciones, rellenos y autoconstrucción de viviendas carentes de diseños técnicos adecuados que aumentan la susceptibilidad de las laderas. El tipo de movimiento en masa más reportado es el flujo de materiales desagregados con una participación del 33%. La categoría de deslizamientos (puede abarcar diferentes clases de procesos de remoción en masa) tiene una contribución del 36%. Este alto porcentaje se puede explicar a partir de la amplia definición de dicha categoría, teniendo en cuenta que ésta se usa para asociar los eventos en los cuales no se cuenta con suficiente información para poder clasificar específicamente el fenómeno en otra clase de movimiento en masa. El tipo de material deslizado que más se reporta corresponde a suelo y detritos, siendo esto congruente con los tipos de movimiento más registrados (flujos y deslizamientos).

El factor que puede tener mayor influencia en la generación de los procesos de remoción en masa para Bogotá es la lluvia acumulada. Dentro de los factores que influyen en la estabilidad de taludes, es importante destacar que la cobertura del suelo juega un papel importante en el aumento de la resistencia del suelo. Se destaca la significancia de la vegetación de tipo leñosa para incrementar la resistencia de las laderas. De igual manera, se puede concluir que en las laderas cubiertas con árboles es donde se presentan menos deslizamientos, a diferencia de los suelos cubiertos por arbustos y gramíneas.

Se encontró 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  $40^\circ$ . Esto se podría asociar a fenómenos de 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. Por otro lado, hay una relación entre la frecuencia de deslizamientos y el volumen de material deslizado. Dicha relación se puede representar por medio de una ecuación de decremento exponencial, donde la mayor frecuencia de movimientos se presenta para volúmenes inferiores a  $50 \text{ m}^3$ .

El siguiente mapa ilustra la frecuencia de este fenómeno en la ciudad de Bogotá D.C.:



**Figura 1. Bogotá con los eventos de remoción en masa reportados desde 1996 a 2013. [mapa].**  
 Fuente: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-28132015000200006>

Según la Figura 1, la localidad de Ciudad Bolívar (costado sur occidental de la ciudad) es la zona con mayor número de reportes de deslizamientos.

Finalmente, se encontró “una relación entre los máximos registros de deslizamientos y las épocas del fenómeno de la Niña (periodos de lluvia para Bogotá), tal como se registró en el periodo invernal de 2010 y 2011 en la ciudad” (Trujillo-Vela, Prada S., & Ramos C., 2015)

Por medio de este proyecto se pretende aplicar los conocimientos adquiridos en las diferentes cátedras estudiadas en la Especialización de Patología de la Construcción utilizando un caso real y específico de cierta complejidad ocurrido en el barrio San Blas de la localidad de San Cristóbal en la ciudad de Bogotá D.C. el día 21 de marzo de 2015.

## **1.2 LOS SUCESOS**

El día 21 de marzo de 2015 a las 3 am en el barrio San Blas, localidad de San Cristóbal de la ciudad de Bogotá D.C., un movimiento de remoción en masa, causó la pérdida de la banca de la CARRERA 10C ESTE entre CALLES 20 Y 21SUR, afectando no solo a la vía, sino también a varias viviendas circundantes; el volumen aproximado de material desplazado se calculó en 250 m<sup>3</sup>. La vía construida en losas de pavimento rígido, sufrió un colapso total en un tramo de 15 metros, longitud que abarcó el ancho del movimiento de remoción. Los daños también comprometieron el suministro y el funcionamiento de varios servicios públicos, en la zona, entre ellos la red de alcantarillado, la de agua potable, así como la red de energía y de telefonía.

Los hechos se presentaron durante la construcción de un muro de concreto que pretendía contener el talud de la vía como parte de las obras necesarias para la construcción de una iglesia, proyecto conocido como la iglesia de San Blas. Durante el movimiento de remoción las obras de construcción del muro se hallaban

suspendidas por orden de la alcaldía local y algunas casas evacuadas, pues las autoridades fueron alertadas por los vecinos del sector del posible colapso de la vía.

Dentro del movimiento de remoción se encontraron varios materiales, tales como escombros de construcción y de las casas afectadas, restos de tubería de aguas negras y de agua potable, postes de concreto, basura, material orgánico descompuesto y material propio de los suelos de la zona.

Una vez sucedidos los hechos, se hicieron presentes al lugar los organismos de socorro y vigilancia, así como el Idiger, organismo encargado de evaluar la magnitud de lo sucedido.

Al día de hoy el tránsito por la vía aún no ha sido restablecido y prosiguen las obras de mitigación mediante la continuación de la construcción del muro de concreto.

### **1.3 JUSTIFICACION**

La pérdida de la banca de la vía denominada CARRERA 10C ESTE ENTRE CALLES 20 Y 21 SUR DEL BARRIO SAN BLAS comprometió la movilidad vehicular y peatonal del sector, al igual que afectó la habitabilidad de la zona alrededor del evento de remoción en masa.

#### **1.3.1 Justificación social**

- Desplazamiento de los moradores de varias viviendas afectadas a lugares de hospedaje transitorios.
- Dificultad de acceso vehicular al sector por destrucción de un tramo de la calzada de la Carrera 10C Este, lo que ha generado incomodidades a la comunidad.
- Destrucción de la infraestructura de servicios públicos básicos (agua, energía, gas, telefonía alumbrado público y alcantarillado).

#### **1.3.2 Justificación económica**

- Pérdida en propiedad privada por la afectación a varias viviendas construidas a lado y lado de la calzada. Una de las casas fue demolida por amenaza de colapso, otras dos quedaron en serio estado de avería (colapso parcial) y en las restantes se presentaron agrietamientos y fisuras.

- Suspensión de las obras de construcción del proyecto parroquia de San Blas y pago de arrendamientos mensuales a los damnificados hasta la fecha.
- Cierre de negocios (tiendas de barrio) lo que ha ocasionado un lucro cesante.

### **1.3.3 Justificación ambiental**

- Desestabilización física de la zona.
- Destrucción de la morfología del lugar.
- Destrucción de rutas de escorrentía de aguas lluvias.

## **1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La construcción de una iglesia en el lote identificado con la dirección Calle 21 SUR No.10 B-57 ESTE conocido como Proyecto Parroquia de San Blas, surge de la iniciativa de la Arquidiócesis de Bogotá de brindar una atención directa a la comunidad del sector.

El lote mencionado se encuentra en un terreno de ladera limitado por la Calle 18 SUR al norte, por la Carrera 10 C ESTE al oriente, con la Calle 21 SUR y viviendas unifamiliares por el costado sur e igualmente con viviendas unifamiliares por el costado occidental.

El lote en cuestión tiene una geometría rectangular con una longitud variable hacia lo ancho de entre los 28.9 y 25.1 metros y hacia lo largo de 41.0 metros lo que en área representa un total de 1.107 metros cuadrados.

La dificultad que representa una construcción en ese terreno, radica en que el talud de la Carrera 10 C ESTE, a pesar de ser parte del lote del proyecto, hace también parte de la Carrera 10 C ESTE; por lo tanto, puede ser intervenido siempre y cuando se garantice la estabilidad de la banca de la vía y del sector contiguo.

Podemos hacer las siguientes consideraciones:

- El talud a pesar de estar en terrenos propios de la Arquidiócesis de Bogotá hace parte también de la Carrera 10 C ESTE.

- La empresa contratada para la ejecución de las obras de la iglesia de San Blas procedió a construir un muro de contención eliminando en gran parte el talud de la vía. Mediante esta contención, se ganaría el espacio necesario para edificar la obra.
- El muro construido para contener el talud de la Carrera 10 C ESTE a pesar de haber sido edificado por la empresa ejecutora del proyecto, no puede ser parte constructiva de la iglesia.
- Durante el proceso de construcción del muro e intervención del talud, se produjo el día 21 de marzo de 2015, un movimiento de remoción en masa que causó la pérdida de la banca de la vía Carrera 10 C ESTE entre Calles 20 y 21 sur obligando a su cierre y afectando a varias viviendas aledañas e interrumpiendo los servicios públicos del sector.
- A consecuencia de los problemas generados en la construcción del proyecto, surge como prioridad la necesidad de reparar la Carrera 10C ESTE entre las Calles 20 y 21 SUR estabilizando el talud de la vía y los suelos de la zona, además de asegurar la total inactividad del movimiento de remoción en masa inicial, evitando la posibilidad de que se presente en el futuro un evento de carácter similar.



*Figura 2: Proyecto Parroquia de San Blas. [render]. Fuente: Elaboración del arquitecto Pablo Tibaná. (2015)*

## **1.5 OBJETIVOS**

### **1.5.1 Objetivo general**

Determinar las causas que pudieron haber generado el movimiento de remoción en masa ocurrido el día 21 de Marzo de 2015 y que dio lugar a la pérdida de la banca de la vía denominada Carrera 10 C ESTE entre las calles 20 y 21 Sur, en el momento en que se realizaba la intervención del talud de la vía para la construcción de un muro de contención en el lote aledaño (costado occidental de la vía), como parte de la adecuación del terreno para emprender la construcción de una iglesia (proyecto conocido como la parroquia de San Blas) y elaborar una propuesta de intervención tendiente a reparar las patologías allí presentadas.

### **1.5.2 Objetivos específicos**

- Elaborar un diagnóstico patológico y generar propuestas de intervención que conlleven a la estabilización y recuperación de la banca de la vía.
- Proponer la realización de ensayos destructivos y no destructivos en la zona que aporten la información necesaria para esclarecer los eventos sucedidos. Determinar si existió algún tipo de negligencia por parte del constructor del proyecto aledaño o si lo ocurrido hace parte de un evento fortuito o de carácter inesperado.
- A través de este estudio, generar una conciencia social, acerca de la necesidad de realizar estudios adecuados ante la posibilidad de eventos de remoción en masa antes de construir en zonas de ladera o de pendiente pronunciada; máxime, si han sido intervenidas por el hombre con anterioridad.

## **1.6 MARCO TEÓRICO**

Para soportar el presente estudio y familiarizarnos con lo sucedido en el barrio San Blas, se explican a continuación, los términos a los que se hará referencia a lo largo de este proyecto de investigación; teniendo en cuenta la mecánica de suelos, y los procesos físicos y mecánicos que pudieron haber

desencadenado la pérdida de la banca de la vía como consecuencia de un Movimiento de Remoción en Masa.

#### **1.6.1 Definición de talud**

De acuerdo con De Matteis (2003), en su informe de Estabilidad de Taludes:

Se entiende por talud a cualquier superficie inclinada respecto de la horizontal que hayan de adoptar permanentemente las estructuras de tierra. No hay duda que el talud constituye una estructura compleja de analizar debido a que en su estudio coinciden los problemas de mecánica de suelos y de mecánica de rocas, sin olvidar el papel básico que la geología aplicada desempeña en la formulación de cualquier criterio aceptable.

Cuando el talud se produce en forma natural, sin intervención humana, se denomina ladera natural o simplemente ladera. Cuando los taludes son hechos por el hombre se denominan cortes o taludes artificiales, según sea la génesis de su formación; en el corte, se realiza una excavación en una formación terrea natural (desmontes), en tanto que los taludes artificiales son los lados inclinados de los terraplenes.

En ciertos trabajos de ingeniería civil es necesario utilizar el suelo en forma de talud como parte de la obra. Tal es el caso de terraplenes en caminos viales, en presas de tierra, canales, etc.; donde se requiere estudiar la estabilidad del talud. En ciertos casos de estabilidad juega un papel muy importante en la obra, condicionando la existencia de la misma como puede verse en presas de tierra, donde un mal cálculo puede hacer fracasar la obra.

El resultado del deslizamiento de un talud puede ser a menudo catastrófico, con la pérdida de considerables bienes y muchas vidas. Por otro lado, el costo de rebajar un talud para alcanzar

mayor estabilidad suele ser muy grande. Es por esto que la estabilidad se debe asegurar, pero un conservadorismo extremo seria antieconómico.

### **1.6.2 Definición de estabilidad**

En su informe de Estabilidad de Taludes, De Matteis (2003) define el término “estabilidad” como:

La seguridad de una masa de tierra contra la falla o movimiento. Como primera medida es necesario definir criterios de estabilidad de taludes, entendiéndose por tales algo tan simple como el poder decir en un instante dado cual será la inclinación apropiada en un corte o en un terraplén; casi siempre la más apropiada será la más escarpada que se sostenga el tiempo necesario sin caerse. Este es el centro del problema y la razón de estudio.

A diferentes inclinaciones del talud corresponden diferentes masas de material terreo por mover y por lo tanto diferentes costos. Podría imaginarse un caso en que por alguna razón el talud más conveniente fuese muy tendido y en tal caso no habría motivos para pensar en problemas de estabilidad de taludes, pero lo normal es que cualquier talud funcione satisfactoriamente desde todos los puntos de vista excepto el económico, de manera que las consideraciones de costo presiden la selección del idóneo, que resultará ser aquel al que corresponda la mínima masa de tierra movida, o lo que es lo mismo el talud más empinado.

Probablemente muchas de las dificultades asociadas en la actualidad a los problemas de estabilidad de taludes radican en que se involucra en tal denominación a demasiados temas diferentes, a veces radicalmente distintos, de manera que el estudio directo del problema sin diferenciar en forma clara tales variantes tiende a conducir a cierta confusión. Es indudable que en lo anterior está contenida la afirmación de que los taludes son estructuras muy complejas, que prestan muchos puntos de vista dignos de estudio y a través de los cuales la naturaleza se

manifiesta de formas diversas. Esto hará que su estudio sea siempre complicado, pero parece cierto también, que una parte de las dificultades presentes se debe a una falta de correcto deslinde de las diferentes variantes con que el problema de la estabilidad se puede presentar y se debe afrontar.

Los problemas relacionados con la estabilidad de laderas naturales difieren radicalmente de los que se presentan en taludes contruidos por el ingeniero. Dentro de esto deben verse como esencialmente distintos los problemas de los cortes de laderas y los de los terraplenes. Las diferencias importantes radican, en primer lugar, en la naturaleza de los materiales involucrados y, en segundo, en todo un conjunto de circunstancias que dependen de cómo se formó el talud y de su historia geológica, de las condiciones climáticas que primaron a lo largo de tal historia y de la influencia del hombre que ejerce en la actualidad o haya ejercido en el pasado. Esta historia y génesis de formación de laderas y taludes, la historia de esfuerzos a que estuvieron sometidos y la influencia de condiciones climáticas, en general, ambientales, definen aspectos tan importantes como configuración de los suelos y las rocas, o el flujo de las aguas subterráneas a través de los suelos que forman la ladera o el talud, el cual influye decisivamente en sus condiciones de estabilidad.

### **1.6.3 Deslizamientos**

De Matteis (2003) define los deslizamientos:

Se denomina deslizamiento a la rotura y al desplazamiento del suelo situado debajo del talud, que originan un movimiento hacia abajo y hacia afuera de toda la masa que participa del mismo.

Los deslizamientos pueden producirse de distintas maneras, es decir en forma lenta o rápida, con o sin provocación aparente, etc. Generalmente se producen como consecuencia de excavaciones o socavaciones en el pie del talud. Sin embargo, existen otros casos donde la falla se produce por

desintegración gradual de la estructura del suelo, aumento de las presiones intersticiales debido a filtraciones de agua, etc.

Los tipos de fallas, más comunes en taludes son:

- Deslizamiento superficial (*creep*).
- Movimiento del cuerpo del talud.
- Flujos.

Para este estudio me centraré en el movimiento del cuerpo del talud.

#### **1.6.4 Movimiento de cuerpo del talud**

Respecto a este aspecto, el informe de De Matteis (2003) menciona:

Puede ocurrir en taludes movimientos bruscos que afecten a masas considerables de suelo, con superficies de falla que penetran profundamente en su cuerpo, interesando o no al terreno de fundación. Se considera que la superficie de falla se forma cuando en la zona de su futuro desarrollo actúan esfuerzos cortantes que sobrepasan la resistencia al corte del material; a consecuencia de ello sobreviene la ruptura del mismo, con la formación de una superficie de deslizamiento a lo largo de la cual se produce la falla.

Estos fenómenos se los denomina *deslizamientos de tierras* y pueden estudiarse dos tipos diferenciados:

- Falla rotacional.
- Falla Translacional.

#### **1.6.5 Falla rotacional**

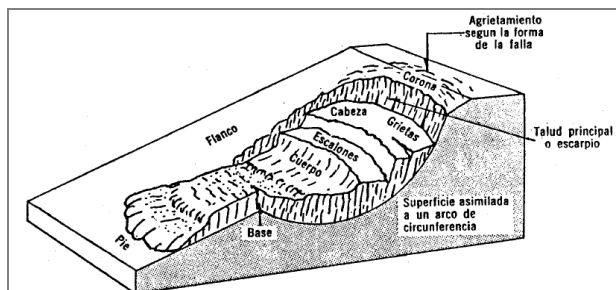
En su informe de Estabilidad de Taludes, De Matteis (2003) menciona que:

En el primer lugar se define una superficie de falla curva, a lo largo de la cual ocurre el movimiento del talud. Esta superficie forma una traza con el plano del papel que puede asimilarse, por facilidad y sin mayor error a una circunferencia, aunque pueden existir formas algo diferentes, en la que por lo general influye la secuencia geológica local, el perfil estratigráfico y la naturaleza de los materiales. Estas fallas son llamadas de rotación.

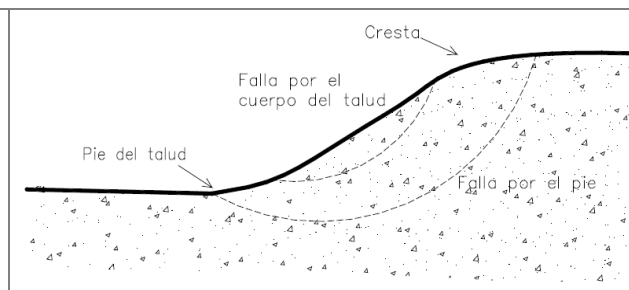
Este tipo de fallas ocurren por lo común en materiales arcillosos homogéneos o en suelos cuyo comportamiento mecánico este regido básicamente por su fricción arcillosa. En general afectan a zonas relativamente profundas del talud, siendo esta profundidad mayor cuanto mayor sea la pendiente.

Las fallas por rotación se denominan según donde pasa el extremo de la masa que rota. Puede presentarse pasando la superficie de falla por el cuerpo del talud (falla local), por el pie, o adelante del mismo afectando al terreno en que el talud se apoya (falla en la base). Cabe señalar que la superficie de este último tipo de falla puede profundizarse hasta llegar a un estrato más resistente o más firme de donde se encuentra el talud, provocando en este punto un límite en la superficie de falla.

Para este estudio me centraré en la falla rotacional.



**Figura 3: Movimiento del cuerpo del talud producido por una falla rotacional.**



**Figura 4: Tipos de falla de un deslizamiento rotacional**

Fuente: Geología y geotecnia - Estabilidad de taludes. Álvaro F. De Matteis. Universidad Nacional de Rosario. (2003)

## 1.7 METODOLOGIA

Para la elaboración del estudio de la pérdida de la banca de la Carrera 10C ESTE ENTRE CALLES 20 Y 21 SUR, se plantea una metodología basada en el método científico tendiente a encontrar las causas que produjeron el evento de remoción en masa y plantear alternativas de solución.

**Tabla 1. Metodología**

| <b>METODOLOGIA</b> |                                              |
|--------------------|----------------------------------------------|
| <b>ITEM</b>        | <b>DESCRIPCION</b>                           |
| <b>1</b>           | Observación                                  |
| <b>2</b>           | Planteamiento del problema                   |
| <b>3</b>           | Información previa                           |
| <b>4</b>           | Hipótesis                                    |
| <b>5</b>           | Experimentación                              |
| <b>6</b>           | Análisis de resultados                       |
| <b>7</b>           | Conclusiones                                 |
| <b>8</b>           | Propuestas de intervención y recomendaciones |
| <b>9</b>           | Elaboración proyecto                         |

## 1.8 ETAPAS

Etapas proceso de investigación:

**Tabla 2: Etapas de la investigación**

| <b>ETAPAS DE LA INVESTIGACION</b> |                                                                                                          |
|-----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ETAPA</b>                      | <b>DESCRIPCION</b>                                                                                       |
| <b>1</b>                          | Observación y reconocimiento del paciente.                                                               |
| <b>2</b>                          | Formulación del proyecto de investigación.                                                               |
| <b>3</b>                          | Recopilación de información y elaboración de historia clínica.                                           |
| <b>4</b>                          | Formulación de hipótesis.                                                                                |
| <b>5</b>                          | Elaboración de estudios, pruebas, ensayos de laboratorio y seguimiento periódico del paciente.           |
| <b>6</b>                          | Análisis de los estudios, de la información y de los resultados de las pruebas y ensayos de laboratorio. |
| <b>7</b>                          | Clasificación de las lesiones encontradas.                                                               |
| <b>8</b>                          | Diagnostico Patológico.                                                                                  |
| <b>9</b>                          | Conclusiones.                                                                                            |
| <b>10</b>                         | Propuestas de intervención                                                                               |
| <b>11</b>                         | Estudios de vulnerabilidad sísmica.                                                                      |
| <b>12</b>                         | Elaboración y entrega TPI                                                                                |

| ETAPAS DE LA INVESTIGACION |                                                                                                                                       | TIEMPO EN SEMANAS |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|---|---|---|-------|---|---|---|-------|---|---|---|-------|---|---|---|
|                            |                                                                                                                                       | MES 1             |   |   |   | MES 2 |   |   |   | MES 3 |   |   |   | MES 4 |   |   |   |
|                            |                                                                                                                                       | 1                 | 2 | 3 | 4 | 1     | 2 | 3 | 4 | 1     | 2 | 3 | 4 | 1     | 2 | 3 | 4 |
| 1                          | Observación y reconocimiento del paciente.                                                                                            | X                 |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |
| 2                          | Formulación del proyecto de investigación.                                                                                            | X                 |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |
| 3                          | Recopilación de información y elaboración de historia clínica.                                                                        |                   | X | X |   |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |
| 4                          | Formulación de hipótesis.                                                                                                             |                   |   |   | X |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |
| 5                          | Elaboración de estudios, pruebas, ensayos de laboratorio y seguimiento periódico del paciente.                                        |                   |   |   |   | X     | X | X | X |       |   |   |   |       |   |   |   |
| 6                          | Análisis de los resultados de los estudios y de los resultados de las pruebas y ensayos de laboratorio y del seguimiento al paciente. |                   |   |   |   |       |   |   |   | X     |   |   |   |       |   |   |   |
| 7                          | Clasificación de lesiones encontradas.                                                                                                |                   |   |   |   |       |   |   |   |       | X |   |   |       |   |   |   |
| 8                          | Conclusiones.                                                                                                                         |                   |   |   |   |       |   |   |   |       | X |   |   |       |   |   |   |
| 9                          | Propuestas de intervención                                                                                                            |                   |   |   |   |       |   |   |   |       |   | X | X |       |   |   |   |
| 10                         | Estudios de vulnerabilidad sísmica.                                                                                                   |                   |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   | X | X     | X | X | X |
| 11                         | Informe de la investigación                                                                                                           |                   |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   |   |       |   |   | X |

## CAPITULO 2

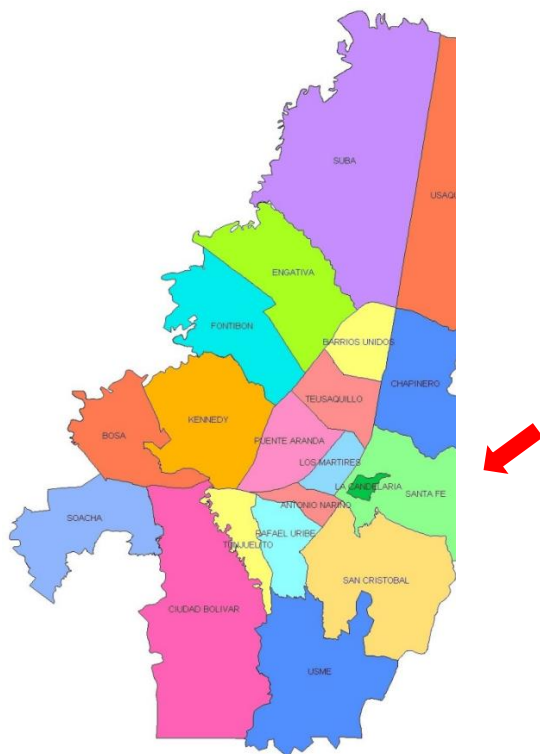
### INFORMACION DEL PACIENTE

#### 2.1 LOCALIZACION DEL PACIENTE

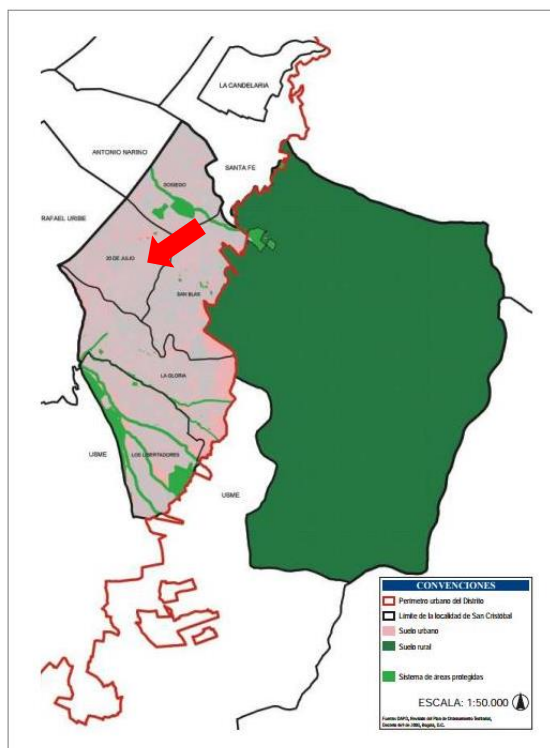
Carrera 10C ESTE entre calles 18 y 21 SUR del barrio San Blas de la localidad de San Cristóbal en la ciudad de Bogotá D.C.

**Tabla 4:** Localización del paciente.

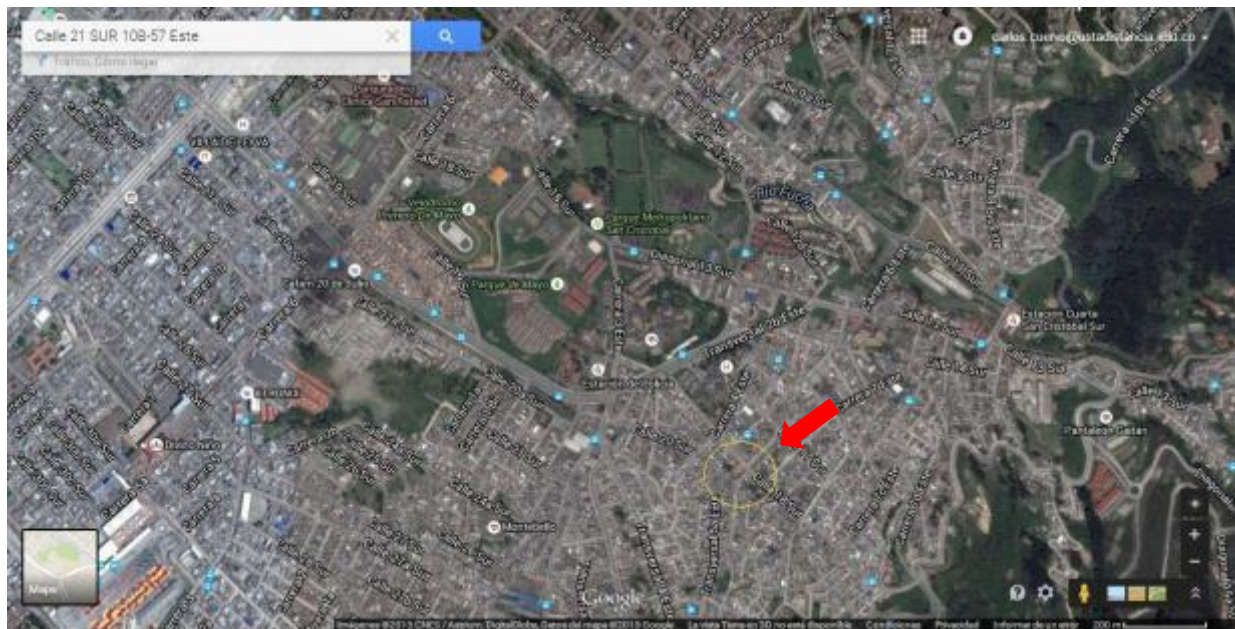
| LOCALIZACIÓN DEL PACIENTE |                                           |
|---------------------------|-------------------------------------------|
| <b>Departamento</b>       | Cundinamarca                              |
| <b>Ciudad</b>             | Bogotá D.C.                               |
| <b>Localidad</b>          | San Cristóbal                             |
| <b>Barrio</b>             | San Blas                                  |
| <b>Dirección</b>          | Carrera 10 C ESTE entre Calles 18 y 21SUR |
| <b>Cota</b>               | 2.660 m.s.n.m. a 2.670 m.s.n.m.           |
| <b>Longitud</b>           | -74° 5' 9''                               |
| <b>Latitud</b>            | 4° 34' 1''                                |



**Figura 6:** Mapa de las localidades de la ciudad de Bogotá D.C. En la parte inferior derecha se aprecia la localidad de San Cristóbal. Fuente: [www.civilju.com](http://www.civilju.com)



**Figura 7:** Localización del barrio San Blas en la localidad de San Cristóbal. Fuente: *Recorriendo San Cristóbal*. Recuperado de: [http://www.shd.gov.co/shd/sites/default/files/documentos/recorriendo\\_san\\_cristobal.pdf](http://www.shd.gov.co/shd/sites/default/files/documentos/recorriendo_san_cristobal.pdf)



**Fotografía 2: Imagen satelital de la zona. El círculo amarillo corresponde a la ubicación del paciente.**  
**Fuente: Google Maps.**



**Fotografía 3: Imagen satelital tridimensional donde se aprecia la localización del paciente.**  
**Fuente: Google Maps.**



## 2.4 ZONA URBANA Y USO DEL SECTOR

La zona de interés cuenta con un uso de suelo urbano, que corresponde a un sector en construcción con densidad de construcción media a baja, en un terreno inclinado. No obedece a ningún tipo de normatividad.

**Tabla 5: Descripción de la UPZ de la localidad de San Cristóbal.**

**Fuente: (Secretaría de Hacienda Distrital -SHD, 2004).**

[http://www.shd.gov.co/shd/sites/default/files/documentos/recorriendo\\_san\\_cristobal.pdf](http://www.shd.gov.co/shd/sites/default/files/documentos/recorriendo_san_cristobal.pdf)

### UPZ de San Cristóbal, 2002

| No.          | UPZ              | Clasificación                          | Extensión UPZ (ha) | % <sup>1/</sup> | No. manzanas | Superficie de manzanas (ha) | Áreas protegidas en suelo urbano (ha) | Áreas sin desarrollar en suelo urbano (ha) | Suelo urbanizado (ha) |
|--------------|------------------|----------------------------------------|--------------------|-----------------|--------------|-----------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------|
| 32           | San Blas         | Residencial de urbanización incompleta | 352,19             | 21,62           | 441          | 153,48                      | 18,88                                 | 76,80                                      | 275,39                |
| 33           | Sosiego          | Residencial consolidado                | 235,49             | 14,45           | 209          | 133,15                      | 24,70                                 | 10,80                                      | 224,69                |
| 34           | 20 de Julio      | Residencial de urbanización incompleta | 266,55             | 16,36           | 460          | 160,82                      | 0,41                                  | 2,40                                       | 264,15                |
| 50           | La Gloria        | Residencial de urbanización incompleta | 385,88             | 23,69           | 844          | 190,45                      | 18,61                                 | 24,90                                      | 360,98                |
| 51           | Los Libertadores | Residencial de urbanización incompleta | 389,08             | 23,88           | 562          | 184,80                      | 108,11                                | 21,13                                      | 367,95                |
| <b>Total</b> |                  |                                        | <b>1.629,19</b>    | <b>100,00</b>   | <b>2.516</b> | <b>822,70</b>               | <b>204,47</b>                         | <b>136,03</b>                              | <b>1.493,16</b>       |

<sup>1/</sup> Corresponde a la participación del área de la UPZ sobre el área total de la localidad.

Fuente: DAPD, POT, Decreto 619 de 2000 y Subdirección de Desarrollo Social, Bogotá, D.C., 2002.

## 2.5 DESCRIPCION Y RECONOCIMIENTO



**Fotografía 4: Aspecto de la Carrera 10 C ESTE antes del inicio del proyecto de construcción iglesia de San Blas.**

**Fuente: Constructor Parroquia de San Blas.**

Vía de 3.70 metros de ancho que colinda por el occidente con el lote destinado a la construcción del proyecto iglesia de San Blas y por el oriente con casas habitacionales. Dispone de un andén en el costado

oriental de ancho variable, que en algunas zonas no sobrepasa los 100 cm de ancho. Al lado opuesto no existe andén, sino un sardinel de 20 cm de ancho. Desde la Calle 18 SUR, la carrera 10 C ESTE se empina de manera fuerte alcanzando una pendiente de 20° en un tramo de 45 metros hasta llegar a su elevación máxima en la Calle 21 SUR, justo en frente a una de las casas afectadas y posteriormente demolida. Después de este punto, inicia una ruta en descenso que la comunica con otros sectores del barrio.

## 2.6 RELACIÓN ENTRE DEMANDA Y CAPACIDAD

La Carrera 10C ESTE es una vía de tipo local secundaria en zona residencial. No cumple las especificaciones V7 de la normatividad del IDU para esta clase de vías. Por su anchura, solo permite el tránsito vehicular en un solo sentido y un tránsito restringido de buses o camiones. Solo puede ser transitada por vehículos livianos, ciclistas y peatones.

## 2.7 SISTEMA CONSTRUCTIVO

Pavimento rígido sin ninguna planeación, diseño o cumplimiento de Normatividad (Sistema de autoconstrucción posteriormente legalizado). La base granular y la subbase granular no son apreciables.

- Tipo de pavimento: Losas de concreto.
- Base granular de la vía: Arena amarilla.
- Sub-base granular de la vía: No se aprecia.
- Confinamiento de la Vía: No se aprecia.

**Tabla 6: Características de la carrera 10 C este entre las CALLES 18 y 21 SUR.**  
**Fuente: elaboración propia**

| CARACTERISTICAS DE LA CARRERA 10 C ESTE<br>ENTRE LAS CALLES 18 Y 21 SUR |            |
|-------------------------------------------------------------------------|------------|
| Largo                                                                   | 45 m       |
| Ancho de la vía                                                         | 3.7 m      |
| Tipo de pavimento                                                       | Rígido     |
| Dimensiones losas de concreto                                           | 1.85m x 3m |
| Espesor de losa                                                         | 12-15 cm   |
| Cantidad de losas                                                       | 30         |
| Subbase de la vía                                                       | Arena      |
| Pendiente                                                               | 15°        |

|                                                                             |           |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Pendiente del talud</b>                                                  | 29.8°     |
| <b>Clase de vía según IDU</b>                                               | No cumple |
| <b>Calidad del diseño y la construcción según numeral A.10.2.2.1 NSR-10</b> | Mala      |
| <b>Estado de la estructura según numeral A.2.2.2 NSR-10</b>                 | Mala      |

## **2.8 FECHA DE CONSTRUCCIÓN**

La vía se trazó y se abrió al servicio hace veinte (20) o treinta (30) años. La fundición de losas se realizó aproximadamente hace ocho (8) años. No existe información o datos precisos al respecto.

## **2.9 USO ACTUAL Y PREVISTO**

Vía publica de tránsito vehicular, de ciclistas y peatones. La zona de interés se encuentra en un suelo de uso urbano.

## **2.10 IMPORTANCIA**

La carrera 10C ESTE surgió de las necesidades de comunicación de la comunidad en el sector; por hacer parte en su momento de un barrio ilegal, fue hecha por los mismos vecinos por el sistema de autoconstrucción. En un terreno de ladera y de difícil acceso, se tornaba indispensable tener una vía transitable por la cual se pudiera circular con seguridad.

## **2.11 NORMATIVIDAD QUE LA RIGE**

- Reglamento Colombiano de Construcción Sismoresistente NSR-10.
- Especificaciones IDU-ET-2005 Capítulo 6 Concretos de pavimento hidráulico.
- Ley 400 de 1997.
- Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente.

Según la normatividad, la Carrera 10C ESTE, debería cumplir con las especificaciones de vía tipo siete (7).

**Tabla 7: Clasificación de la vía. Fuente: IDU-ET-2005.**

| Descripción Vía | Ancho de Sección Transversal                           |
|-----------------|--------------------------------------------------------|
| Vía V – 0       | 100 metros                                             |
| Vía V – 1       | 60 metros                                              |
| Vía V – 2       | 40 metros                                              |
| Vía V – 3       | 30 metros (en sectores sin desarrollar)                |
|                 | 28 metros (en sectores desarrollados)                  |
| Vía V – 3E      | 25 metros                                              |
| Vía V – 4       | 22 metros                                              |
| Vía V 4R        | 22 metros (en zonas rurales)                           |
| Vía V – 5       | 18 metros (para zonas industriales y acceso a barrios) |
| Vía V – 6       | 16 metros (local principal en zonas residenciales)     |
| Vía V – 7       | 13 metros (local secundaria en zonas residenciales)    |
| Vía V – 8       | 10 metros (pública, peatonal, vehicular restringida)   |
| Vía V – 9       | 8 metros (peatonal)                                    |

## 2.12 ÁREA DE ESTUDIO

Área de la superficie de estudio e intervención: 48 m (largo) x 15 m (ancho)= 576 m<sup>2</sup> (Incluye el talud de la vía y zona del muro de contención que se estaba construyendo).



**Fotografía 4: En el rectángulo, el área de estudio.**  
**Fuente: Sinupot**

## 2.13 ESTADO Y CONSERVACIÓN

La vía Carrera 10 C ESTE presenta las siguientes condiciones:

- Vía inhabilitada.
- Losas de concreto con escalonamiento, grietas y fisuras.
- Destrucción de varias losas de concreto entre las Calles 20 y 21 SUR a causa del evento de remoción en masa.
- Pérdida total del talud de la vía entre las calles 20 SUR y 21 SUR con afectaciones que se extienden a las calles 18 y 22 Sur.

## 2.14 ENTORNO

El paciente se encuentra en una zona de área urbana, constituida por edificaciones realizadas por autoconstrucción al igual que algunas vías. La zona en general está compuesta por áreas urbanas y rurales discriminadas de la siguiente manera:

**Tabla 8: Área rural, áreas protegidas y área urbanas de la localidad de San Cristóbal.**  
Fuente: [http://www.shd.gov.co/shd/sites/default/files/documentos/recorriendo\\_san\\_cristobal.pdf](http://www.shd.gov.co/shd/sites/default/files/documentos/recorriendo_san_cristobal.pdf)

| Localidad            | Área total (ha') | Área rural    |                  |                | Área urbana   |                  |               | Área de expansión       |                  |              |
|----------------------|------------------|---------------|------------------|----------------|---------------|------------------|---------------|-------------------------|------------------|--------------|
|                      |                  | Suelo rural   | Áreas protegidas | Total          | Suelo urbano  | Áreas protegidas | Total         | Suelo de expansión      | Áreas protegidas | Total        |
| Usaquén              | 6.531            | -             | 2.720            | 2.720          | 3.245         | 277              | 3.522         | 107,17+146,06*          | 37               | 290          |
| Chapinero            | 3.899            | -             | 2.664            | 2.664          | 1.037         | 198              | 1.235         | -                       | -                | -            |
| Santa Fe             | 4.488            | -             | 3.803            | 3.803          | 591           | 94               | 685           | -                       | -                | -            |
| <b>San Cristóbal</b> | <b>4.816</b>     | -             | <b>3.187</b>     | <b>3.187</b>   | <b>1.425</b>  | <b>204</b>       | <b>1.629</b>  | -                       | -                | -            |
| Usme                 | 21.556           | 9.239         | 9.068            | 18.307         | 1.496         | 568              | 2.064         | 818,34+64*              | 303              | 1.186        |
| Tunjuelito           | 1.028            | -             | -                | -              | 752           | 276              | 1.028         | -                       | -                | -            |
| Bosa                 | 2.392            | -             | -                | -              | 1.699         | 230              | 1.929         | 229                     | 234              | 462          |
| Kennedy              | 3.857            | -             | -                | -              | 3.275         | 331              | 3.606         | 106,85+46*              | 98               | 251          |
| Fontibón             | 3.326            | -             | -                | -              | 2.976         | 76               | 3.053         | 39,06+6,64*             | 228              | 273          |
| Engativá             | 3.556            | -             | -                | -              | 3.073         | 366              | 3.439         | -                       | 117              | 117          |
| Suba                 | 10.055           | 1.931         | 1.210            | 3.141          | 5.568         | 465              | 6.034         | 421,87+379,24*          | 79               | 880          |
| Barrios Unidos       | 1.190            | -             | -                | -              | 1.008         | 181              | 1.190         | -                       | -                | -            |
| Teusaquillo          | 1.421            | -             | -                | -              | 1.222         | 199              | 1.421         | -                       | -                | -            |
| Los Mártires         | 655              | -             | -                | -              | 646           | 9                | 655           | -                       | -                | -            |
| Antonio Nariño       | 494              | -             | -                | -              | 472           | 21               | 494           | -                       | -                | -            |
| Puente Aranda        | 1.724            | -             | -                | -              | 1.685         | 39               | 1.724         | -                       | -                | -            |
| La Candelaria        | 184              | -             | -                | -              | 184           | -                | 184           | -                       | -                | -            |
| Rafael Uribe         | 1.310            | -             | -                | -              | 1.221         | 89               | 1.310         | -                       | -                | -            |
| Ciudad Bolívar       | 12.998           | 5.574         | 3.982            | 9.556          | 2.645         | 593              | 3.238         | 174,73+19,04*           | 11               | 205          |
| Sumapaz              | 78.096           | 31.284        | 46.812           | 78.096         | -             | -                | -             | -                       | -                | -            |
| <b>Total</b>         | <b>163.575</b>   | <b>48.029</b> | <b>73.445</b>    | <b>121.474</b> | <b>34.219</b> | <b>4.219</b>     | <b>38.438</b> | <b>1.896,71+660,98*</b> | <b>1.106</b>     | <b>3.664</b> |

## 2.15 EDIFICACIONES U OBRAS VECINAS

Terrenos habitados por posesión y legalizados según la resolución 467 de 1975. Viviendas sin cumplimiento de Normatividad Ley 400, NSR-98 o NSR-10.



Fotografía 5: Panorámica de las edificaciones vecinas.  
Fuente: Elaboración propia.

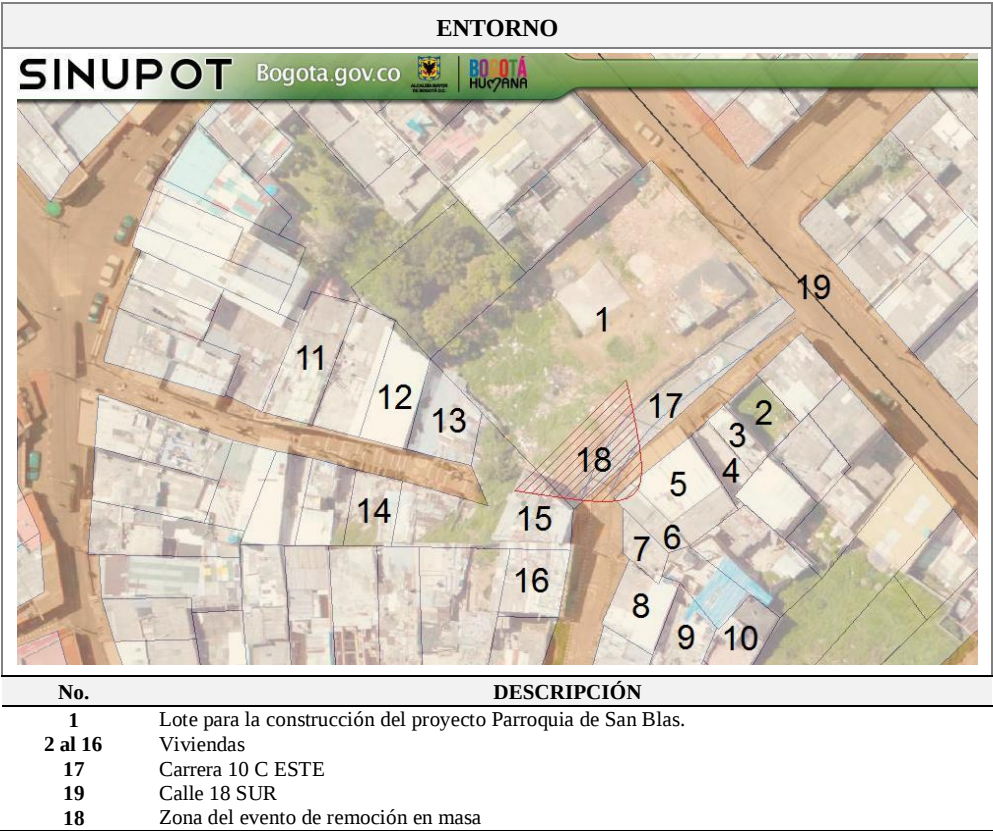


Figura 9: Entorno del paciente y fotografía en la que se aprecian las viviendas circundantes y las vías vecinas.  
En el rectángulo, el área de estudio. Fuente: SINUPOT

2.16MEDIO AMBIENTE

Gran parte de la localidad de San Cristóbal hace parte de los Cerros Orientales; estos a su vez, hacen parte de la cadena montañosa ubicada en la zona central de la cordillera Oriental colombiana, que atraviesa de

sur a norte el Distrito Capital, cubriendo las localidades de Usme, San Cristóbal, Santafé, Chapinero y Usaquén.



**Fotografía 6: Aspecto de la localidad de San Cristóbal. Está constituida en gran parte por los cerros orientales.**  
**Fuente: Elaboración propia.**

Según la Secretaría de Planeación (2015), refiriéndose a los Cerros Orientales:

- Gran parte de su área incluye la Reserva Forestal Protectora Bosque Oriental de Bogotá, que tiene un área de 14.197 hectáreas (incluyendo la Franja de Adecuación), de acuerdo con la resolución 076 de 1977 del Ministerio de Agricultura.
- Los Cerros Orientales hacen parte del corredor de conservación Chingaza, Sumapaz, Cerros Orientales y páramo de Guerrero.
- A escala distrital, los Cerros Orientales ofrecen biodiversidad eco sistémica (orquídeas, Bromelias, aves, entre otros), y son el principal corredor ecológico de la ciudad.
- Otra característica ambiental es la oferta hídrica existente, representada en 1.120 drenajes, destacándose los ríos: Fucha, San Francisco o Vicachá, Arzobispo y Teusacá; y las quebradas La Vieja, Las Delicias, Chicó y La chorrera, entre otras.
- Estas fuentes se convierten en corredores hídricos que conectan los Cerros Orientales con la Sabana y el río Bogotá. Algunas aun surten barrios que se encuentran en el área.
- Los Cerros Orientales se conectan por el norte con la Reserva Forestal Productora Thomas van der Hammen, y por el sur con el valle del Tunjuelo y el páramo de Sumapaz.

- Se ubican 64 barrios: 60 en la Franja de Adecuación, de los cuales 34 están legalizados y 26 se encuentran en proceso de legalización.
- La población de los Cerros Orientales se estima en 91.444 personas, siendo las localidades más ocupadas Usaquéen con 28% de esa población, Chapinero con el 24%, y Santa Fe la de menor población, con 15% del total.

## 2.17 SISTEMA DE COBERTURAS VEGETALES

De acuerdo con el observatorio Rural de Bogotá (2015):

Las localidades de Usaquéen y San Cristóbal comparten igualmente el ecosistema de los Cerros Orientales, que por su condición biofísica únicamente puede proveer oferta paisajística, protección de suelos, producción de agua que evita la artificialización de los cauces naturales a su entrada en las zonas urbanas, producción forestal y hábitat para fauna. En este grupo, considerando la influencia del desarrollo urbano desde Bogotá, estas localidades han percibido la ocupación del piedemonte de los Cerros Orientales con asentamientos subnormales, actualmente prácticamente consolidados y legalizados, pero a los cuales se asocian fenómenos de riesgo geotécnico.

## 2.18 AMENAZAS

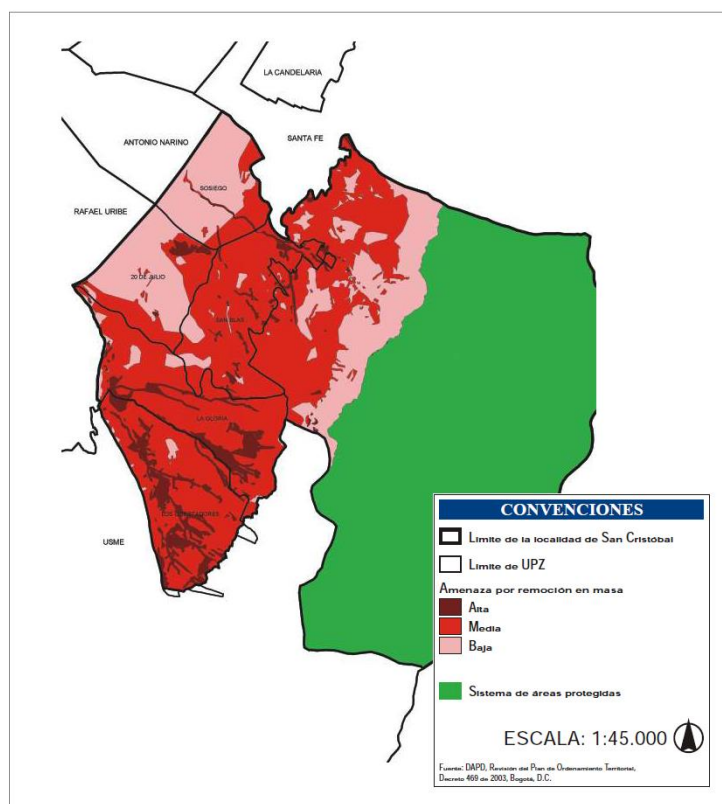
Para la localidad de San Cristóbal se tendrán en cuenta tres tipos de amenazas: Remoción en masa, inundación y sismo.

**Tabla 9: Nivel según la amenaza en la localidad de San Cristóbal. Fuente: Elaboración Propia**

|                         | AMENAZAS |       |      |          |
|-------------------------|----------|-------|------|----------|
|                         | NIVEL    |       |      |          |
|                         | Baja     | Media | Alta | Muy alta |
| <b>Remoción en masa</b> |          |       |      |          |
| <b>Inundación</b>       |          |       |      |          |
| <b>Sismo</b>            |          |       |      |          |

### 2.18.1 Remoción en masa

De acuerdo con el IDIGER (2013), “en Bogotá los fenómenos de remoción en masa se presentan a lo largo de los cerros orientales, del sur, de Suba y sus respectivas franjas de piedemonte (Localidades de Usaquén, Chapinero, Santa Fe, San Cristóbal, Rafael Uribe Uribe, Usme, Ciudad Bolívar y Suba)”.



**Figura 10: Amenaza de remoción en masa para la localidad de San Cristóbal.**

**Fuente: Recorriendo San Cristóbal 2004. Recuperado de:**

**[http://www.shd.gov.co/shd/sites/default/files/documentos/recorriendo\\_san\\_cristobal.pdf](http://www.shd.gov.co/shd/sites/default/files/documentos/recorriendo_san_cristobal.pdf)**

Amenaza media: Zona donde existe una probabilidad entre el 12 y 44 % de que se presente un fenómeno de remoción en masa, con factor de seguridad mayor o igual que 1.1 y menor de 1.9, en un periodo de 10 años, ya sea por causas naturales o por intervención antrópica no intencional, sin evidencia de procesos activos. (IDIGER, 2013)

## 2.18.2 Inundación



**Figura 11: Amenaza por inundación de la zona.**

**Fuente: Sinupot**

## 2.18.3 Sismo

La ciudad de Bogotá está ubicada en un ambiente tectónico complejo: se encuentra cerca de lineamientos de fallas, como los sistemas del Borde Llanero, Romeral, Salinas, Suárez, entre otros. Según el Estudio General de Amenaza Sísmica para Colombia (INGEOMINAS, 1997) el territorio nacional se divide en tres tipos de amenaza sísmica (alta, media y baja), Bogotá está ubicada en una zona de amenaza sísmica media.

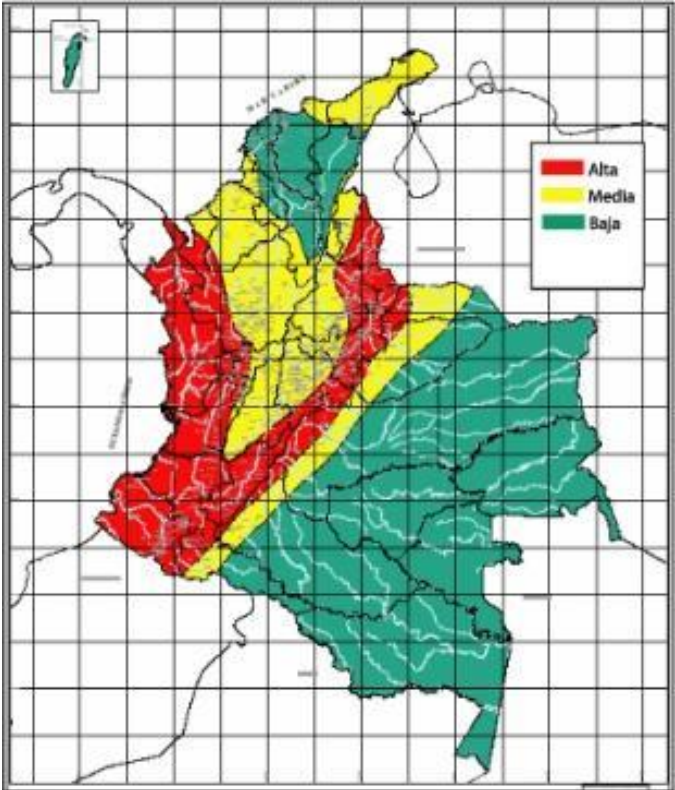


Figura 12: Mapa de Amenaza sísmica para Colombia Fuente: INGEOMINAS (1997)

2.19 APLICACIÓN PATOLÓGICA

Tabla 10: Aplicación patológica.

| APLICACIÓN PATOLÓGICA |  |
|-----------------------|--|
| Pediátrica            |  |
| Geriátrica            |  |
| Forense               |  |
| Preventiva            |  |

2.20 ORIGEN POSIBLE DE LAS PATOLOGÍAS

- Procesos constructivos
- Diseños y estudios
- Eventos inesperados

## 2.21 ESTADO ACTUAL DEL PACIENTE

En visita realizada el 12 de mayo de 2016, se observa el estado actual del paciente. El proceso de construcción del muro de contención ha continuado abarcando ya el total de la longitud del lote (45 metros). Adicionalmente, se observa la construcción de otro muro que empata en ángulo con el primero en la esquina sur-oriental del lote. En las siguientes fotografías se observa el estado actual del paciente:



**Fotografía 7: Estado actual del paciente.**  
Agosto 22 de 2016



**Fotografía 8: Estado actual del paciente.**  
Agosto 22 de 2016



**Fotografía 9: Estado actual del paciente.**  
Agosto 22 de 2016



**Fotografía 10: Estado actual del paciente.**  
Agosto 22 de 2016



**Fotografía 11: Estado actual del paciente.**

Agosto 22 de 2016



**Fotografía 12: Estado actual del paciente.**

Agosto 22 de 2016

Fuente: Elaboración propia

## 2.22 CALIFICACION DE LA VIA

### 2.22.1 Por diseño y construcción, según (A. 10.2.2.1-NSR 10).

Podemos calificar la estructura de la vía como MALA, ya que no tiene diseños o procesos constructivos ajustados a alguna normatividad, carece de registros de interventoría o de ensayos o de calidad.

**Tabla 11: Calificación según la estructura de la vía.**

| CALIFICACIÓN DE LA ESTRUCTURA |  |
|-------------------------------|--|
| Buena                         |  |
| Regular                       |  |
| Mala                          |  |

### 2.22.2 Por el estado de la vía

Las losas de concreto de la vía presentan grietas, fisuras y juntas expuestas. Se observa también escalonamiento. Con el evento de remoción en masa entre las calles 20 y 21 Sur varias losas quedaron destruidas y otras inservibles.

**Tabla 12: Calificación según el estado de la vía.**

| ESTADO DE LA ESTRUCTURA |  |
|-------------------------|--|
| Buena                   |  |
| Regular                 |  |
| Mala                    |  |

## **CAPÍTULO 3**

### **GEOLOGIA Y GEOTECNIA**

#### **3.1 GEOLOGIA DE LA ZONA**

De acuerdo con la Secretaría Distrital de Salud (2009):

Geológicamente, la localidad San Cristóbal comprende una porción menor de sedimentos lacustre del altiplano andino y una porción mayor de areniscas y arcillas deslizadas sobre el altiplano, las cuales se encuentran en diferentes grados de compactación y de equilibrio, yendo desde estructuras sólidas, hasta materiales en proceso de reajuste y remoción, obedeciendo a los procesos orogénicos que permitió el levantamiento de los Andes y que aún están presentes. La formación típica en San Cristóbal es predominantemente blanda y arcillosa, de morfología relativamente suave a excepción de la arenisca de la Formación Cacho, la cual forma algunas colinas alargadas. En las laderas de los Cerros Orientales se han acumulado depósitos de coluviales y otros de aluviales asociados a diferentes quebradas que bajan de los cerros. Las partes más bajas y pobladas corresponden a rellenos cuaternarios recientes.

La localidad presenta formaciones geológicas, con un enrejado estructural específico que la hacen especialmente susceptible a la actividad entrópica. En general en la zona se presentan las siguientes formaciones:

Formación Guadalupe Superior: La unidad litológica más antigua está constituida fundamentalmente por calizas y areniscas duras de edad Cretácica Superior.

Formación Guaduas: Es una espesa secuencia de Arcillolitas abigarradas, generalmente rojizas de especial conformación topográfica. Contienen Arcillolitas, Limolitas, niveles de carbón y sal de

especial significación ambiental puesto que son los corredores desmontados, profetizados y expuestos altamente a la actividad erosiva.

Formación Cuaternario: Representado por los sedimentos más recientes, los que se pueden agrupar según su origen así: sedimentos aluviales de corrientes fluviales, que provienen de las partes, sedimentos lumínicos proceso de contaminación, sedimentos fluvio - glaciales que incluyen sedimentos coluviones, de grandes bloques que discurren con un paralelismo típico indicando líneas de flujo glacial (Cantillo et al., 2009).

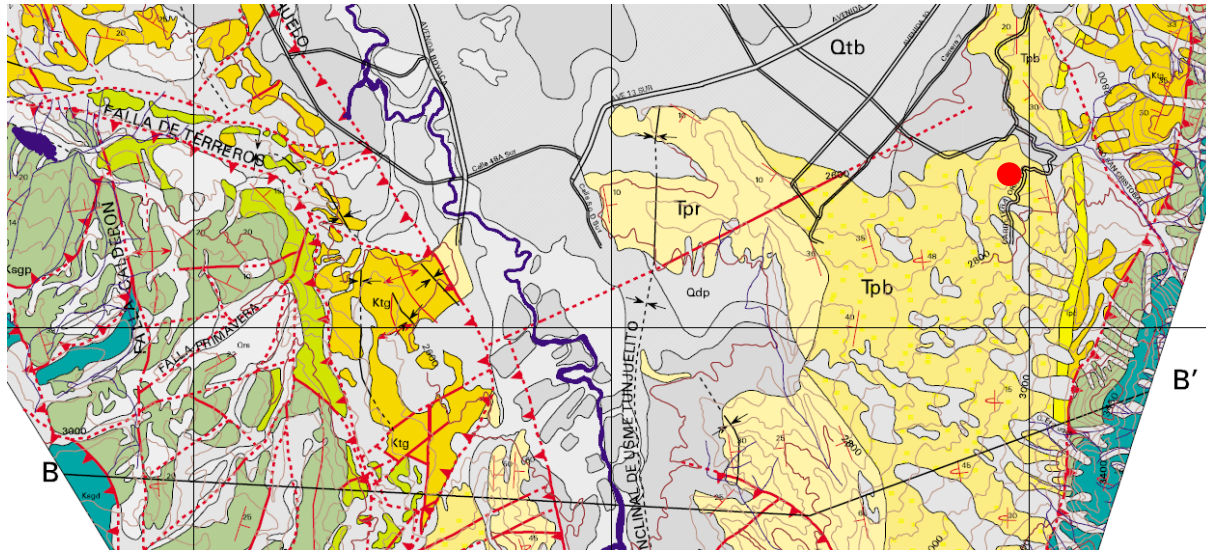
Formación Regadera: Compone todos los relieves denudacionales del Parque Entre Nubes: una alternancia de crestas y de valles, paralelos y ligeramente flexionados por un lineamiento de la estructura geológica. De esta formación se encuentran aflorando seis niveles de areniscas y seis niveles de Arcillolitas. Los estratos de Areniscas son gruesos, compuestos por arenitas cuarzosas de grano medio a fino, en capas no muy consolidadas, friables, gris a moradas, con intercalaciones y niveles conglomeráticos de cuarzo lechoso y costras ferruginosas frecuentes.

### **3.2 GEOMORFOLOGIA DE LA ZONA**

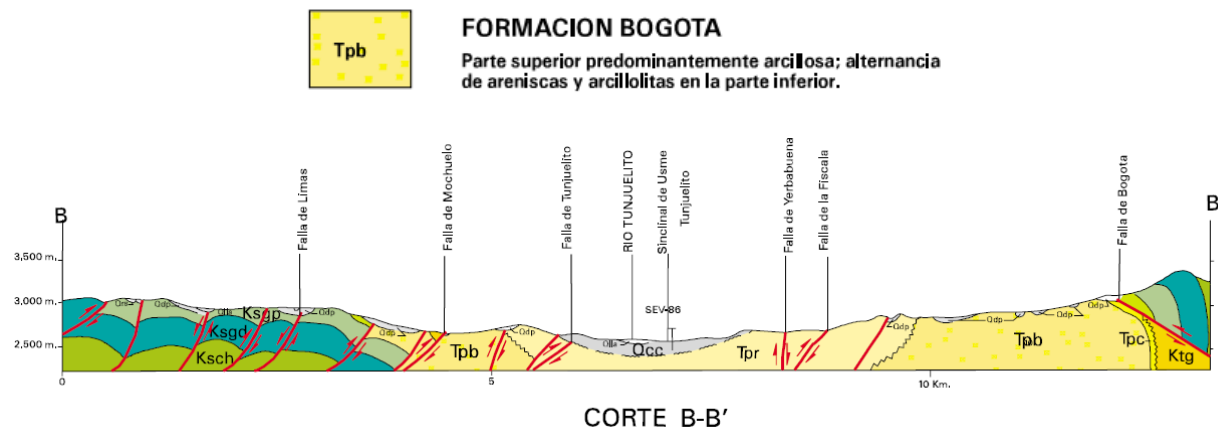
De acuerdo con el Mapa Geológico de Bogotá (1997), la zona del movimiento de remoción se encuentra en la Formación de Bogotá (Tpb), conformada por Arcillolitas abigarradas e intercalaciones de areniscas micáceas en la parte superior de las mismas, cerca de zonas con desarrollo de suelos residuales (Qsr); este mapa establece también que hay una familia de diaclasas con buzamientos hacia el suroccidente, debido a que esta formación hace parte del flanco oriental del Sinclinal de Bogotá.

La inspección geológica realizada en el sitio permitió establecer que en el lugar afloran estratos rocosos con una familia de diaclasas subverticales, al parecer correspondientes a la estratificación, que favorecen

el volcamiento; la orientación de las diaclasas es coherente con la información proveniente del Mapa Geológico de Bogotá.



**Figura 13: Ubicación. Localización de la zona de interés en la formación Bogotá.**  
Fuente: Mapa geológico de Santafé de Bogotá (1997).



**Figura 14: Corte geológico cercano a la zona del movimiento de remoción.**  
Fuente: Mapa geológico de Santafé de Bogotá (1997).

### 3.3 CLASIFICACION DE LOS SUELOS

De acuerdo con la Secretaría Distrital de Salud (2009):

Respecto a los suelos de la localidad están caracterizados por presentar grados avanzados de erosión, altos grados de compactación y tendencia a generar deslizamientos. Se destacan los siguientes barrios por estar ubicados en zonas de alto riesgo: Alto del Virrey, Molinos de Cafam y Santa Rosa. Otros presentan alto riesgo por ubicarse en áreas de canteras (Barrio San Vicente, el Alto del Zuque y Quindío).

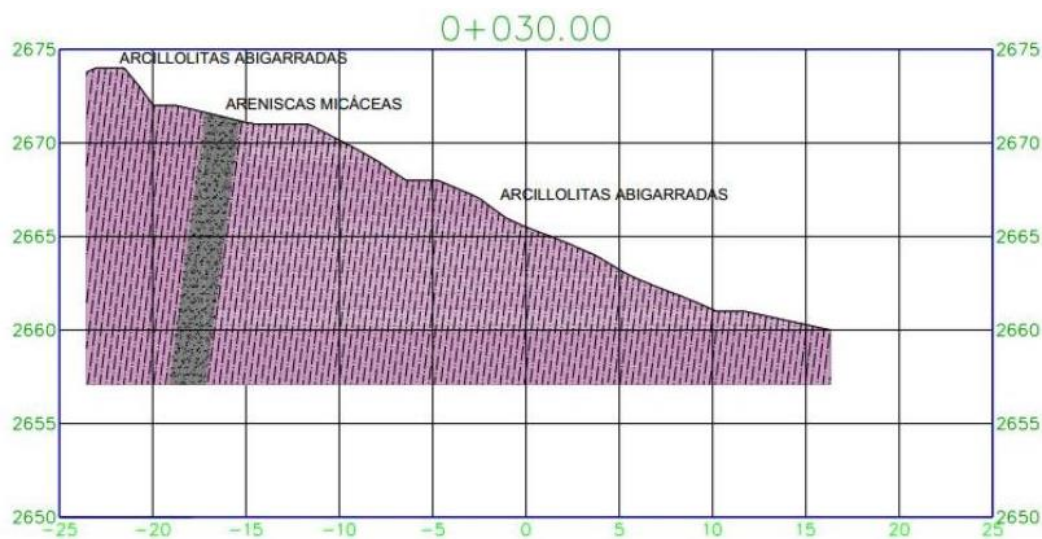
El Cerro Juan Rey presenta suelos muy erosionados generados por antiguas actividades extractivas y fuerte urbanización por parte de sectores marginales, hasta media ladera. El Cerro Guacamayas soporta una presión de urbanización similar en toda su falda y hasta casi la cima, coexistiendo con zonas de extensa erosión superficial, focos de erosión severa y canteras abandonadas. La Cuchilla del Gavilán, que representa un mosaico de pastizales, cultivos, matorrales y rastrojos, con algo de cobertura leñosa es un sistema deteriorado por el manejo agropecuario inadecuado y es objeto de un proceso de urbanización a partir del desarrollo vial de la Autopista al Llano, se presenta deforestación a lo largo del perímetro urbano-rural, principalmente en los barrios San Jacinto, Sagrada Familia, La Gran Colombia y El Pilar generando inestabilidad.

Se observan procesos erosivos asociados a pastoreo de ganado, deforestación por utilización de leña como combustible, pérdida de diversidad biológica y de nutrientes del suelo, principalmente en áreas de quemas a lo largo de la zona de transición urbano – rural, así como contaminación por disposición inadecuada de residuos, riesgo ambiental tales como fenómenos de remoción en masa, erosión, compactación, inundaciones y deterioro de la malla verde.

Lo anterior se puede asociar a la falta de conciencia de la comunidad frente al cuidado del medio ambiente, asentamientos ilegales e inadecuada disposición de escombros, generando alteraciones en la salud de la comunidad residente en zonas aledañas, alteración de la calidad paisajística de la

localidad, acumulación de residuos en zonas verdes con proliferación de vectores, deterioro de condiciones sanitarias, aumento de delincuencia, pérdida de viviendas asociadas al mal estado de los suelos y ausencia de espacios propicios para actividades de esparcimiento.

Haciendo un análisis y un estudio detenido del área afectada, la zona corresponde a depósitos naturales de origen residual con presencia de roca arenisca micácea. Se observa limo y arcillolitas rojizas de consistencias medias a firmes que afloran en la parte del escarpe. Las rocas areniscas se encuentran fracturadas y susceptibles al volcamiento; algunas de estas se desprendieron en el momento de la remoción. Adicionalmente se observan depósitos antrópicos, tales como basura y escombros de construcción, material orgánico, además de arena que constituía la vía construida en losas de concreto.



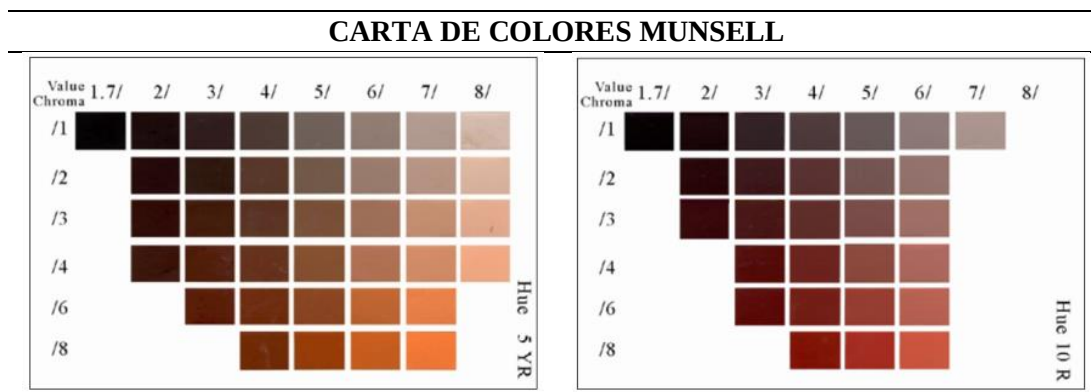
**Gráfica 1: Perfil geológico transversal inicial. Fuente: Constructor.**

Para clasificar los suelos me he basado en una inspección en el lugar de la remoción tratando de verificar lo encontrado con textos y estudios especializados.

Colores de los materiales de los suelos:

**Tabla No.14:** Codificación de colores según Munsell.

| COLORES DEL SUELO SEGÚN MUNSEL |               |
|--------------------------------|---------------|
| Código                         | Color         |
| 10R 6/2                        | Pale Red      |
| 10R 4/2                        | Weak Red      |
| 5YR 5/6                        | Yellowish Red |



**Figura 15:** Carta de colores Munsell. Color 5YR 6/2

*Fuente: (Salzburg Universitat)*

**Figura 16:** Carta de colores Munsell. Color 10R 6/2 y Color 10R 4/2.

*Fuente: (Salzburg Universitat)*

Las siguientes fotografías muestran lo observado:



**Fotografía 13:** Arcillolita en el escarpe del movimiento de remoción y presencia de roca arenisca.



**Fotografía 14:** Arcillolita en el escarpe del movimiento de remoción y presencia de roca arenisca.



*Fotografía 15: Arcillolita.*



*Fotografía 16: Roca arenisca.*



*Fotografía 17: Roca arenisca.*



*Fotografía 18: Arcillolita.*



*Fotografía 19: Roca arenisca fracturada.*



*Fotografía 20: Arcillolita húmeda.*



***Fotografía 21: Arcillolita y Arenisca fracturada.***



***Fotografía 22: Base de la vía.***



***Fotografía 23: Base de la vía.***



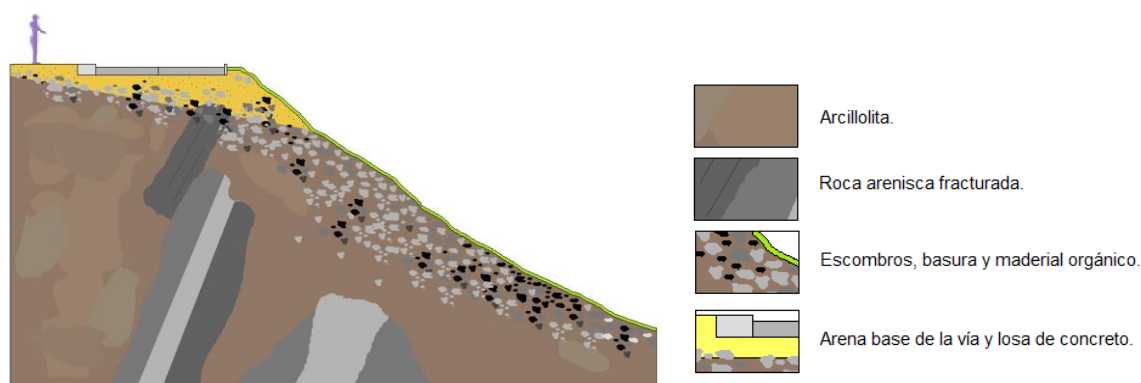
***Fotografía 24: Presencia de basura en la base de la vía.***



***Fotografía 25: Intervención del talud.***



***Fotografía 26: Presencia de basuras en los suelos.***



**Figura 17: Esquema de los suelos y de los materiales encontrados.**

**Fuente: Elaboración propia.**

### 3.4 SONDEOS Y EXPLORACION GEOTECNICA

Se programó la ejecución de tres (3) sondeos manuales. Los trabajos incluyeron la ejecución de pruebas de Resistencia a la Penetración Estándar (SPT) para determinar la consistencia del terreno, básicamente de la resistencia de las Arcillolitas que afloran en el sitio tanto en la parte baja como en las paredes del escarpe de la falla.

Los sondeos manuales se excavaron para establecer el perfil de suelos y principalmente, la profundidad a la cual aparecen los mantos de rocas duras en las zonas en las que estas no son visibles. Los resultados de los ensayos muestran la presencia de espesores de rellenos heterogéneos como basura y escombros variables entre los 1.55 m y los 2.90 m, los cuales están dispuestos sobre rocas arcillosas de consistencia media a firme.

En el avance de los Sondeos Directos de efectuaron ensayos de SPT en materiales arcillosos; los resultados de estos ensayos son los siguientes:

**Tabla 13: Sondeos y STP.**

| Sondeo | Desde | Hasta | (golpes/pie) |
|--------|-------|-------|--------------|
| S-1    | 1.80  | 2.26  | 40           |
| S-1    | 2.40  | 2.86  | 50           |
| S-2    | 1.40  | 1.80  | 36           |
| S-2    | 1.10  | 1.55  | 33           |
| S-3    | 1.70  | 2.15  | 49           |

En el presente proyecto muestra los resultados del Sondeo No.1, No 2, No 3 y No.1E. El Sondeo No.1 queda justo al lado del escarpe del movimiento de remoción en masa, los otros dos en el talud de la vía en terrenos del proyecto iglesia de San Blas, al igual que el sondeo No.1E., tal como lo muestra la figura siguiente:



**Levantamiento topográfico 2: Localización de los sondeos S-1, S-2, S-3, y S1E. Fuente: Constructor Parroquia de San Blas**

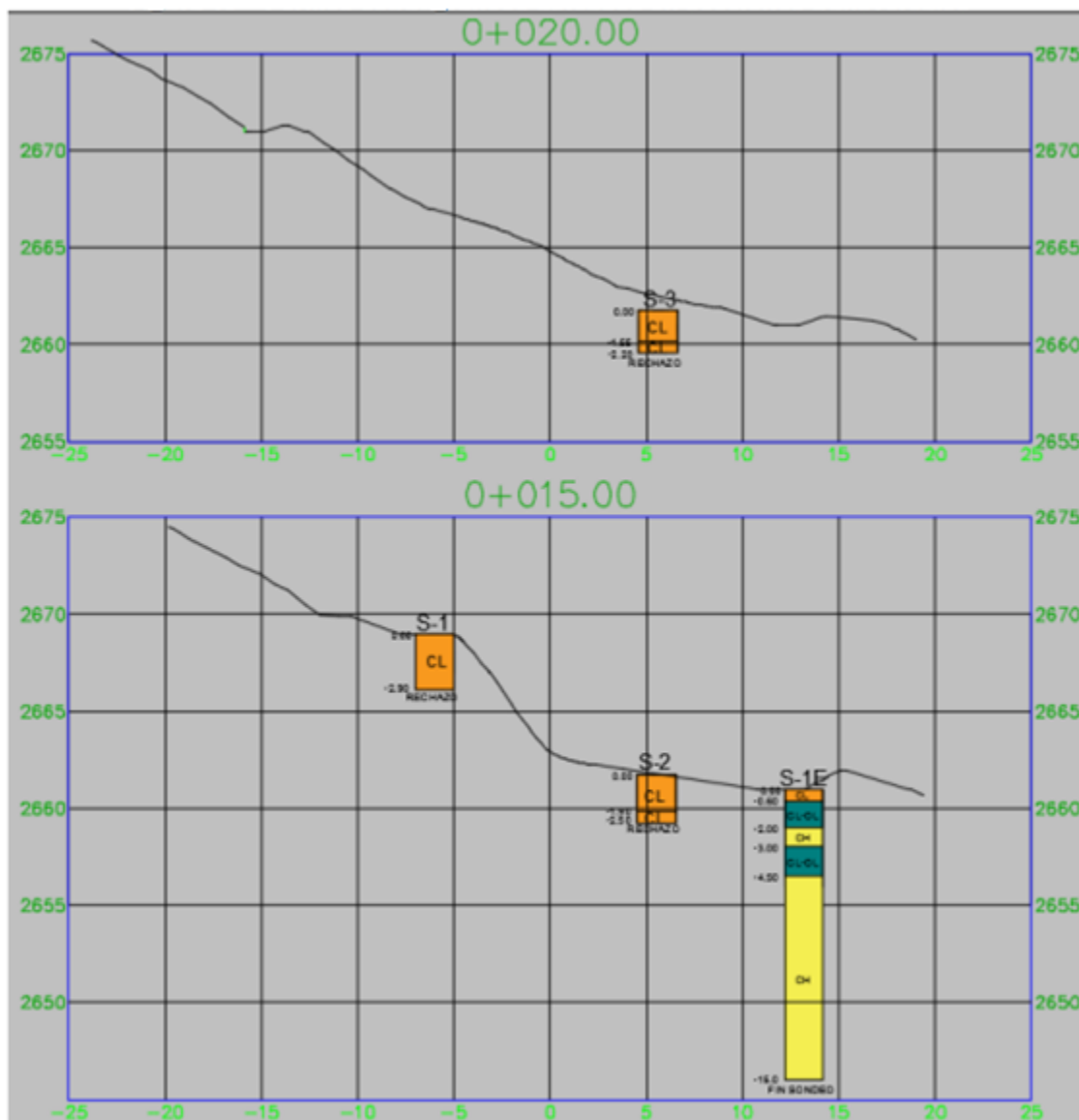








| ESTUDIO GEOTECNICO PARA EL DISEÑO DE FUNDACIONES |  |                                                                                                     |         |              |                    |                                     |                |                          |               |                       |
|--------------------------------------------------|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|--------------|--------------------|-------------------------------------|----------------|--------------------------|---------------|-----------------------|
| ESTUDIO GEOTECNICO PARA EL DISEÑO DE FUNDACIONES |  |                                                                                                     |         |              |                    |                                     |                |                          |               |                       |
| LOCALIZACION                                     |  | Calle 18 Sur # 5A-57 ESTE                                                                           |         |              | INCLINACION        |                                     |                |                          |               |                       |
| COORDENADAS                                      |  |                                                                                                     |         |              | INICIO -0.00 m     |                                     |                |                          |               |                       |
| ELEVACION                                        |  | -1,50 m                                                                                             |         |              | TERMINADA -20,00 m |                                     |                | PROF TOTAL -20,00 m      |               |                       |
| PROF. (m)                                        |  | DESCRIPCION                                                                                         | HUMEDAD | CONSISTENCIA | TIPO MUESTRA       | MUESTRAS                            |                |                          | OBSERVACIONES |                       |
|                                                  |  |                                                                                                     |         |              |                    | PROF.                               | NIVEL FREATICO | PENETRACION ESTANDAR G/P |               | P.B K/cm <sup>2</sup> |
| 10,5                                             |  | LIMO EN FORMACION DE ROCA CON ALGO DE ARCILLA Y ARENA MUY FINA, DE HUMEDAD BAJA Y CONSISTENCIA DURA | B       | D            | SPT                | 10,50                               |                |                          |               |                       |
| 11                                               |  |                                                                                                     |         |              |                    |                                     |                |                          |               |                       |
| 11,5                                             |  |                                                                                                     |         |              |                    |                                     |                |                          |               |                       |
| 12                                               |  |                                                                                                     | B       | D            | SPT                | 12,00                               |                |                          |               |                       |
| 12,5                                             |  |                                                                                                     |         |              |                    |                                     |                |                          |               |                       |
| 13                                               |  |                                                                                                     |         |              |                    |                                     |                |                          |               |                       |
| 13,5                                             |  |                                                                                                     | B       | D            | SPT                | 13,50                               |                |                          |               |                       |
| 14                                               |  |                                                                                                     |         |              |                    |                                     |                |                          |               |                       |
| 14,5                                             |  |                                                                                                     |         |              |                    |                                     |                |                          |               |                       |
| 15                                               |  |                                                                                                     | B       | D            | SPT                | 15,00                               |                |                          |               |                       |
| Observaciones:                                   |  |                                                                                                     |         |              |                    | SS: Split Spoon                     |                |                          |               |                       |
| N.E: Se encontró nivel freático hasta -6.00 m    |  |                                                                                                     |         |              |                    | SPT: Ensaio de Penetración Estándar |                |                          |               |                       |
|                                                  |  |                                                                                                     |         |              |                    | G/P: Golpes por Pie                 |                |                          |               |                       |
|                                                  |  |                                                                                                     |         |              |                    | L: Muestras por lavado              |                |                          |               |                       |



**Gráfica 2: Perfiles estratigráficos de los sondeos efectuados.**  
**Fuente: Constructor Parroquia de San Blas Constructor Parroquia de San Blas.**

Los materiales estudiados corresponden a Arcillolitas y de acuerdo con estos resultados, muestran consistencias medias a firmes.

Desde el punto de vista de los tipos de suelos, las pruebas de laboratorio determinaron la presencia de Arcillas de Baja Compresibilidad (CL); los contenidos de humedad variaron entre el 7.8% y el 20.7%, los límites líquidos entre 26% y 39%, y los índices de plasticidad entre 8% y 33%.

### **3.5 NIVEL FREATICO Y ESCORRENTIAS**

Los sondeos no indicaron presencia de agua libre. Los niveles encontrados son el reflejo de la estación de invierno predominante en la época en que se adelantaron las investigaciones de campo. Es importante anotar que el nivel de agua está sujeto a cambios ocasionados por fluctuaciones de las condiciones climáticas. Se recomienda durante la construcción mantener un equipo de bombeo para evacuar el agua que pueda fluir hacia la excavación. (Ver anexo No. X: Estudio de suelos).

## **CAPITULO 4**

### **HISTORIA CLINICA**

#### **4.1 ANTECEDENTES**

Antes de la pérdida de la banca ocurrida el día 21 de marzo de 2015 el talud de la vía presentaba ya algunas manifestaciones de inestabilidad y de perdida de confinamiento, fenómenos que fueron observados por los vecinos de la zona quienes elevaron sus quejas ante la alcaldía local de San Cristóbal. Nos referiremos a dos fechas en particular:

- 12 de diciembre de 201: aparición de grietas a lo largo del talud (ver fotografía No. X).
- 16 de diciembre de 2014: señales de socavación del talud por debajo de las losas de concreto (ver fotografía No. X).
- 4 de marzo de 2015: deslizamiento parcial del talud (ver fotografía No. X).
- 16 de marzo de 2015: deslizamiento parcial del talud (ver fotografía No. X).

El 15 de marzo de 2015, a petición de los vecinos se celebró una eucaristía (ver fotografía No. X) en favor de que no sucediera algún evento que lamentar y el 17 de marzo de 2015 se selló (ver fotografía No. X) la obra comprometiendo al constructor a realizar un plan de contingencia para evitar el movimiento de remoción, cosa que nunca llego a realizarse (Ver anexo No. X: acta de reunión del 18 de marzo de 2015, alcaldía local de San Cristóbal).

#### **4.2 EL MOVIMIENTO DE REMOCION EN MASA**

El día domingo 22 de marzo de 2015 en horas de la noche, fui informado de lo sucedido en el barrio San Blas; hecho que también fue documentado en algunos noticieros. Eran días de semana santa y de lluvias torrenciales. Lo acontecido causo gran conmoción en el sector, pues los vecinos cercanos a la zona del derrumbe temían que este pudiera continuar. Muchos habitantes fueron evacuados de sus casas y la zona fue acordonada alrededor del sitio del evento. Pensaba, como suele suceder en estos casos, que era un

derrumbe más de aquellos que suelen suceder en estos barrios, en los que se construye por necesidad y de manera anti técnica en zonas de alto riesgo sin medir las posibles consecuencias.

El día martes 24 de marzo, decidí visitar el lugar para enterarme por mi mismo de los hechos y en medio de la vigilancia policial me fue dado el permiso de fotografiar.

Las siguientes fotografías de mi autoría, ilustran el estado la zona dos días después de sucedido el evento:



*Fotografía 27: Zona del movimiento de remoción.  
Fuente: Autoría propia.*



*Fotografía 28: Varias viviendas se vieron severamente  
afectadas.  
Fuente: Autoría propia.*

Abajo se presentan algunas de las informaciones aparecidas en algunos medios de comunicación de lo sucedido:

### **EVACÚAN A 190 PERSONAS EN SUR DE BOGOTÁ TRAS DESLIZAMIENTO DE TIERRA**

Una de las posibles causas, según las autoridades, sería la construcción de una iglesia cercana.

Por: BOGOTÁ |

7:31 p.m. | 21 de marzo de 2015



*Fotografía 29: Zona afectada.*

*Fuente: EL TIEMPO, 21 de marzo de 2015. <http://www.eltiempo.com/bogota/bogota-evacuan-a-habitantes-de-san-cristobal-tras-un-deslizamiento-de-tierra/15439075>*

El diario El Tiempo (2015), en su edición del 21 de marzo menciona que:

27 viviendas resultaron afectadas por un deslizamiento de tierra que se presentó en el barrio San Blas, en el sur de Bogotá.

Al menos 100 personas resultaron damnificadas por un deslizamiento de tierra que se registró en el barrio San Blas, sur de Bogotá, en la madrugada del viernes al sábado.

De acuerdo con el informe de los organismos de socorro, diez viviendas no podrán ser habitadas debido a los daños estructurales que sufrieron por el movimiento de tierra y una tendrá que ser demolida para evitar una tragedia.

El informe preliminar de las autoridades indica que la construcción de una iglesia que se realizaba en el lugar estaría entre las causas principales que originaron la tragedia. El movimiento de tierra se presentó hacia las 3:00 a. m. debido a las fuertes lluvias que se presentan por estos días en la

ciudad, afirmó Javier Pava, director del Fondo de Prevención y Atención de Emergencias de Bogotá.

La posibilidad de un derrumbe de sus viviendas había sido alertada por los vecinos, que habían detectado grietas en seis viviendas en los últimos días. De hecho, algunas de las casas fueron evacuadas por las autoridades por prevención.

Tal como lo habían anticipado algunos residentes, en la madrugada del sábado, a eso de las 3 de la mañana la tierra cedió y se llevó los cimientos de sus viviendas.

Por ahora los afectados fueron trasladados temporalmente a zonas de albergue, pero reclaman una ayuda real de la administración, pues sus viviendas son su único patrimonio.



*Fotografía 30: Presencia de organismos de socorro una vez sucedido el deslizamiento.*

*Fuente: El espectador.com, Bogotá, 21 de marzo 2015, 1:37 pm. <http://www.elspectador.com/tags/barrio-san-blas>*

## CONTINÚA EXPECTATIVA POR DESLIZAMIENTO EN SAN BLAS

RedMasNoticias.com

Bogotá 23-03-2015 11:44



*Fotografía 31: Movimiento de remoción en masa.*

*Fuente: Redmas.23 de marzo de 2015.*

<http://www.redmasnoticias.com/portal/redmas/noticias/nacional/colombia/detalle/deslizamiento%20san%20blas-302309/>

La noticia fue presentada en RedMasNoticias.com (2015) así:

En medio de la zozobra transcurrió fin de semana para habitantes del sector del suroriente bogotano donde hubo derrumbe.

El temblor del pasado 10 de marzo, las lluvias de los últimos días y supuestas fallas en el manejo de un talud que sostenía el terreno en donde planeaban construir un templo son algunas de las teorías que plantean para explicar el deslizamiento que a las 3:00 de la madrugada del sábado 21 de marzo arrasó con la tranquilidad de 190 personas en el sector de San Blas, sur de Bogotá.

El recurso fue acudir a los salones comunales de la zona, mientras que en el transcurso de ese sábado empezaron a evaluar la situación en particular de una de las casas que se ve en el aire.

Luego de la verificación de las autoridades, el balance indicó que 12 viviendas quedaron inservibles, y, con ello, 67 adultos y 33 niños deben salir de la zona. En la mañana de este lunes, varios camiones llegaron hasta ese punto (carrera 10C este con calle 21 sur) para sacar las pertenencias que los afectados lograron rescatar.

Como las lluvias continuaron el sábado y el domingo, este lunes las construcciones señaladas como peligrosas eran el objeto de la incertidumbre, pues vencía el plazo de 48 horas que había señalado el Instituto de la Gestión del Riesgo del Distrito para demolerlas. Datos de la alcaldía local indicaron que el inmueble que corre mayor riesgo de caer cedió tres centímetros en las últimas horas, a pesar de lo cual no hay un plan de acción claro sobre las próximas decisiones.

Las siguientes fotografías ilustran el estado del movimiento de remoción dos días después de sucedido el evento:

Reseña fotográfica del lugar antes del deslizamiento:



**Fotografías 32, 33, 34, 35: Estado original de la Carrera 10C ESTE.**  
**Fuente: Google maps.**

En las fotografías siguientes se aprecia el estado del sector objeto de una vez iniciado el cerramiento por parte de la constructora del proyecto iglesia de San Blas.



**Fotografía 36: Cerramiento de la obra.**  
**Fuente: Constructor**



**Fotografía 37: Estado del lote.**  
**Fuente: Constructor**



**Fotografía 38: Vista del lote desde la CARRERA 10C ESTE.**  
**Fuente: Constructor.**



**Fotografía 39: Vista del lote desde la CARRERA 10C ESTE.**  
**Fuente: Constructor.**

### 4.3 CONSIDERACIONES Y SECUENCIA DE LOS HECHOS

Podemos precisar los siguientes aspectos:

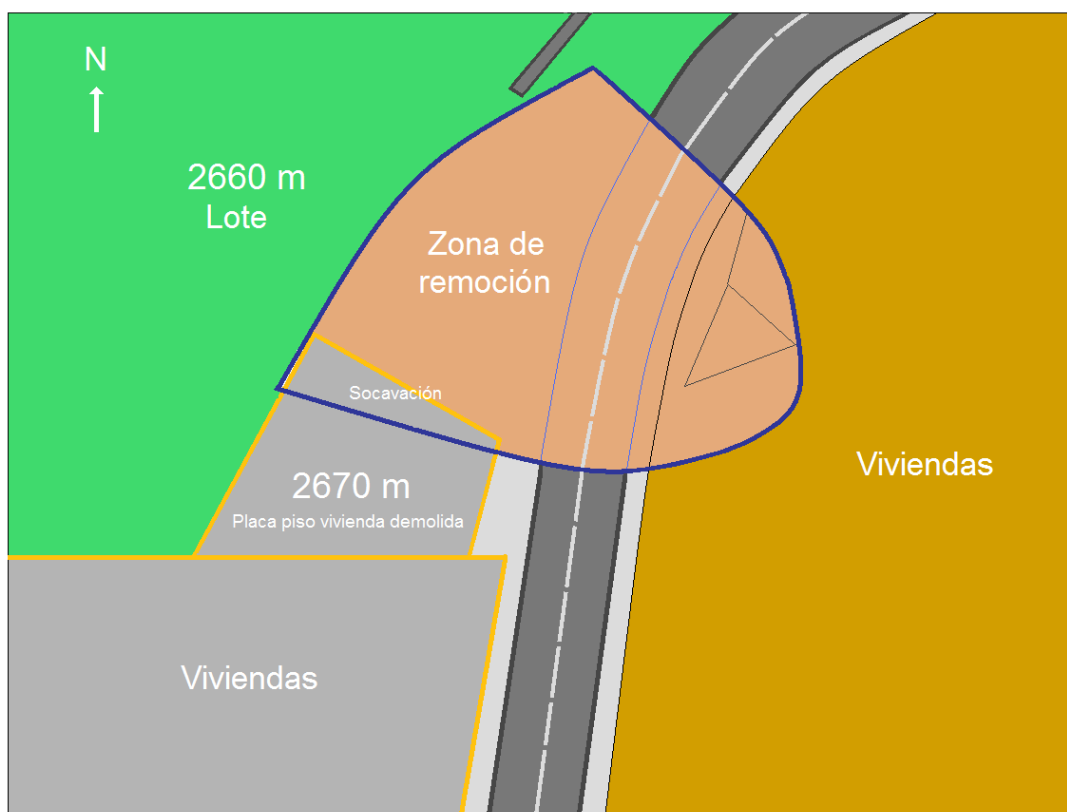
- Terrenos habitados por posesión y legalizados según la resolución 467 de 1975.
- Trazado, apertura de vías y construcción de pavimento rígido sin ninguna planeación, diseño o cumplimiento de Normatividad (sistema de autoconstrucción) legalizado posiblemente mediante la misma resolución.
- Servicios Públicos de acueducto y alcantarillado acondicionados a las necesidades del sector, posiblemente por autoconstrucción en sus inicios y posteriormente legalizados ante la correspondiente empresa pública.

- Valla informativa a la comunidad residente en el sector y autoridades, sobre el Trámite de la Licencia de Construcción para un proyecto de obra civil denominado: PARROQUIA SAN BLAS.
- Ausencia de Alcantarillado Pluvial.
- Sistemas de Evacuación de aguas lluvias de las viviendas directamente sobre la vía.
- Viviendas sin cumplimiento de normatividad de tipo Arquitectónico o Civil, ausencia de licencias de construcción.
- Viviendas sin cumplimiento de Normatividad Ley 400; NSR-98; NSR-10.
- Vetustez del paciente (vía pública): entre 20 y 30 años de trazado y apertura y losas fundidas aproximadamente (8 años).
- Junta de losas de concreto de la vía, sin ningún tratamiento.
- Escalonamiento de losas de concreto en la vía por asentamiento de las mismas.
- Pendientes de los terrenos superiores al 15%.
- Infiltración y manejo no controlado de aguas subterráneas.
- Relleno sanitario a cielo abierto sobre el terreno de excavación, con un periodo de retención de basuras de aproximadamente 10 años.
- Periodo invernal en el momento de la construcción.
- Constancia de excavaciones mediante procesos manuales.
- Durante el proceso constructivo se dio manejo al talud con la colocación de entibados.
- El 17 de marzo de 2015 se presenta un derrumbe parcial del talud y la alcaldía local de San Cristóbal decide sellar la obra.
- Se suspendieron los trabajos sin medidas de mitigación frente al problema de inestabilidad de taludes.
- EL 21 de marzo de 2015 en horas de la madrugada, se detectó un escape de agua como consecuencia de la rotura de la tubería de 4" de agua potable que formó una masa fangosa debajo de las losas de

concreto de la Carrera 10C ESTE. Finalmente, en esa misma madrugada, se produjo un deslizamiento que produjo el colapso parcial de tres viviendas y que dejó inservible la Carrera 10C ESTE entre las calles 20 y 21 Sur. El evento estuvo acompañado de fuertes lluvias en la zona.

- El 21 de marzo en horas de la mañana se evidencian la magnitud del derrumbe y los daños causados.
- Remoción y pérdida de la banca de la vía carrera 10C aproximadamente en 20 metros.
- Pérdida de un 10% de la estructura de cimentación de las viviendas del costado oriental, afectadas por causa del volcamiento de la banca de la vía antes mencionada.
- Pérdida de Pozo de inspección y desconexión de la red de Alcantarillado Publico, ubicado anteriormente justo donde se perdió la banca de la vía.
- Pérdida de tubería de la red de Acueducto.
- Pérdidas de postes telefónicos y de red eléctrica.

#### 4.4 MAPA



**Figura 18: Zona de Remoción o de Deslizamiento.**  
*Fuente: Elaboración propia.*

#### 4.5 LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO



*Levantamiento topográfico 3: En el levantamiento topográfico se aprecia la Carrera 10 C ESTE, lo encerrado en amarillo corresponde al movimiento de remoción y lo encerrado en rojo corresponde a la placa de la casa demolida. Fuente: Constructor Parroquia de San Blas.*

#### 4.6 DESCRIPCION

Haciendo una inspección visual el día 24 de marzo de 2015 en el sector, se observa una cantidad aproximada de 250 m<sup>3</sup> de material removido proveniente del volcamiento del talud de la vía Carrera 10C ESTE entre calles 20 Y 21 Sur.

Dentro del derrumbe se encontraron los siguientes materiales:

- Fragmentos de concreto de las losas destruidas.

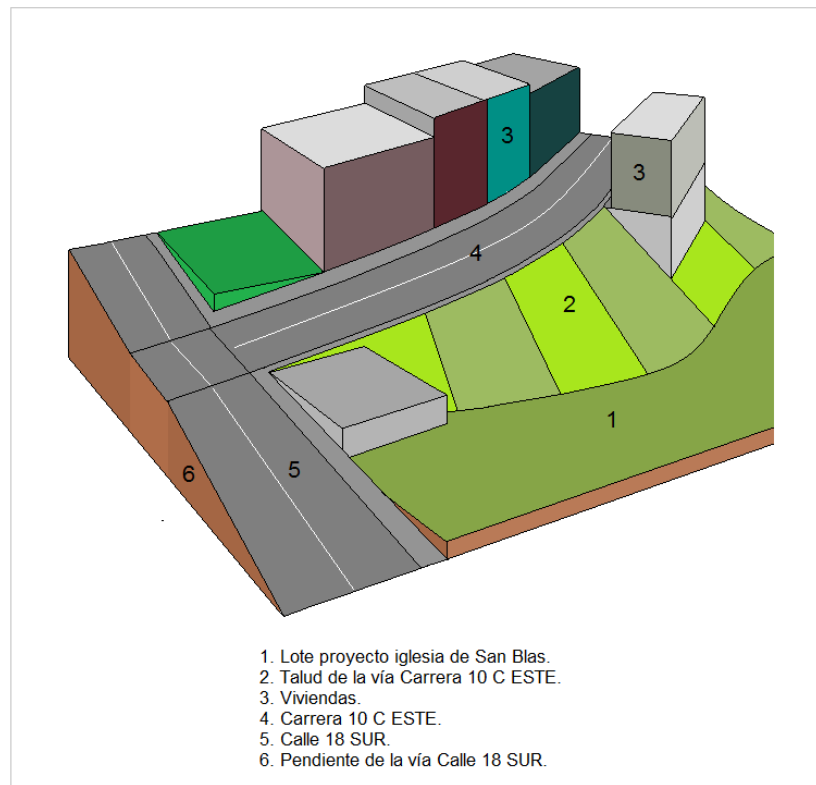
- Escombros de las viviendas afectadas.
- Escombros de construcción.
- Postes telefónicos y de energía.
- Fragmentos de tubería de agua potable de PVC y fragmentos de tubo de gres para aguas negras.
- Basura y elementos orgánicos degradados.
- Arcillas y trozos de areniscas.



***Fotografía 40: Vista desde la corona de la zona de remoción.  
Fuente: Autoría propia.***

## 4.7 MODELOS TRIDIMENSIONALES

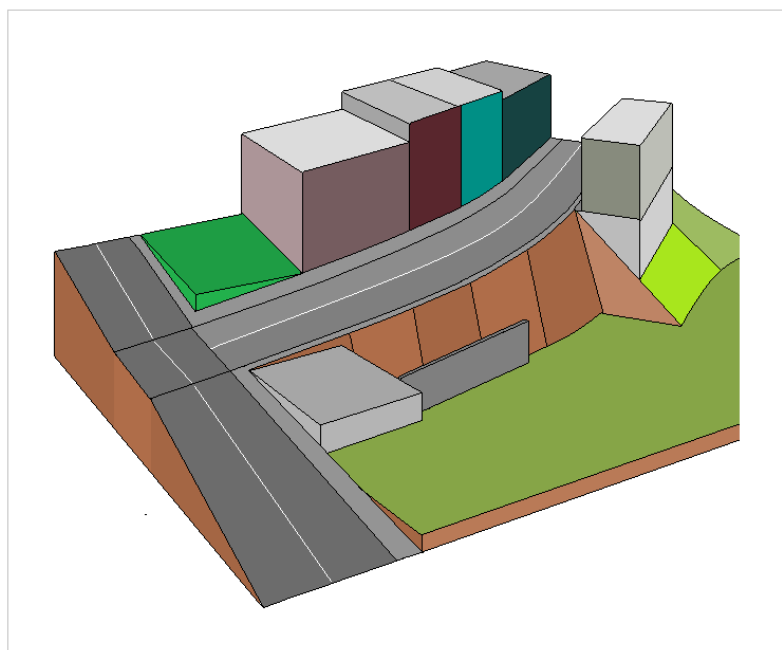
### 4.7.1 Partes



**Figura 19: Partes de la zona de estudio.**

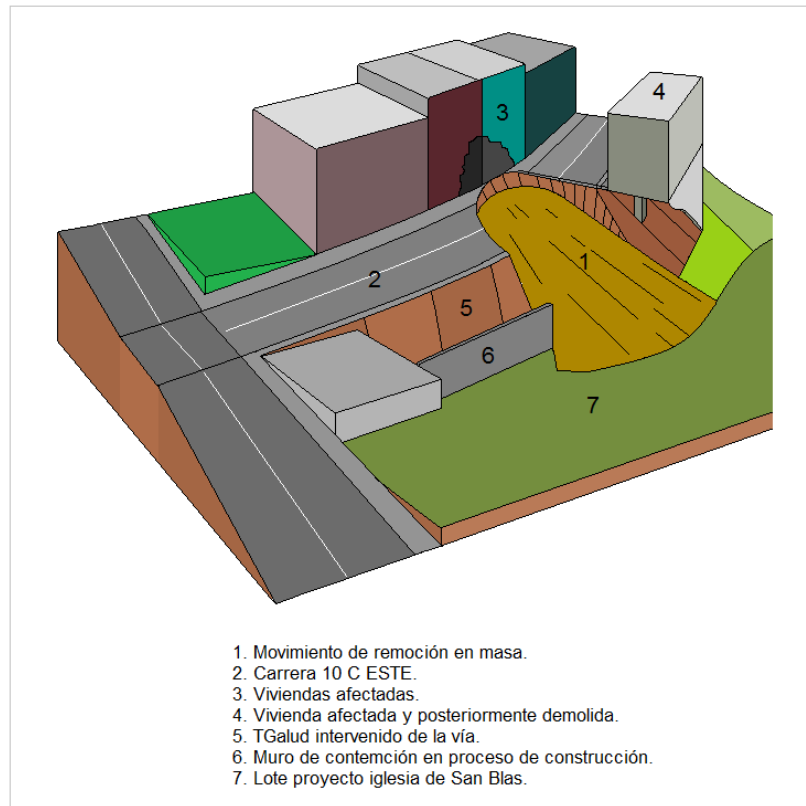
*Fuente: Elaboración propia.*

### 4.7.2 Intervención del talud



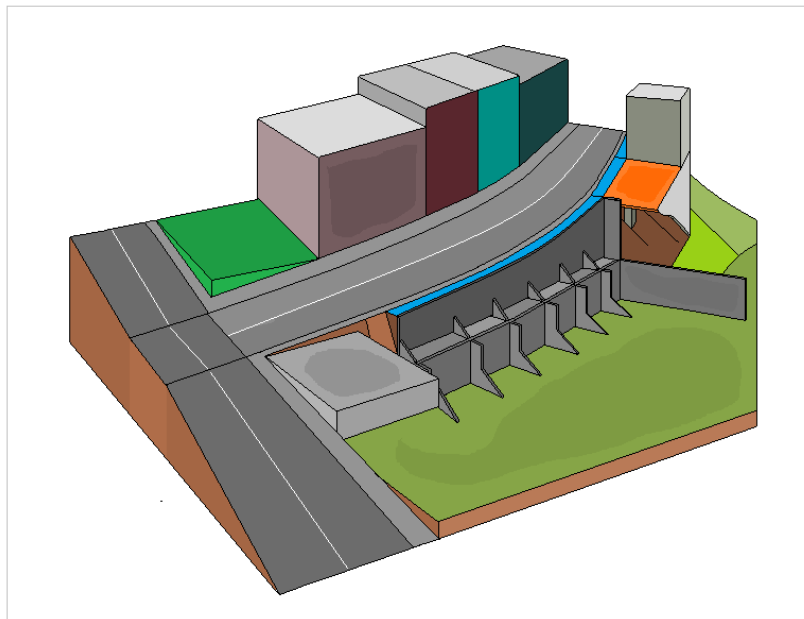
**Figura 20: Talud intervenido. Fuente: Elaboración propia.**

#### 4.7.3 Movimiento de remoción en masa



*Figura 21: Movimiento de Remoción en Masa. Fuente: Elaboración propia.*

#### 4.7.4 Muro construido



*Figura 22: Muro construido. Fuente: Elaboración propia.*

#### 4.8 CLASIFICACION DEL MOVIMIENTO

Para clasificar el movimiento se utilizó como guía el libro *Movimientos en Masa en la Región Andina*, la tabla de Varnes (1978) y la clasificación de los movimientos de Shape (1938), en esta sección se citan los documentos. Otros datos fueron obtenidos directamente en el terreno o consultados a testigos del movimiento.

**Tabla 18: Tabla de Varnes de clasificación del movimiento.**  
**Fuente: (Mora Chinchilla, ND).**

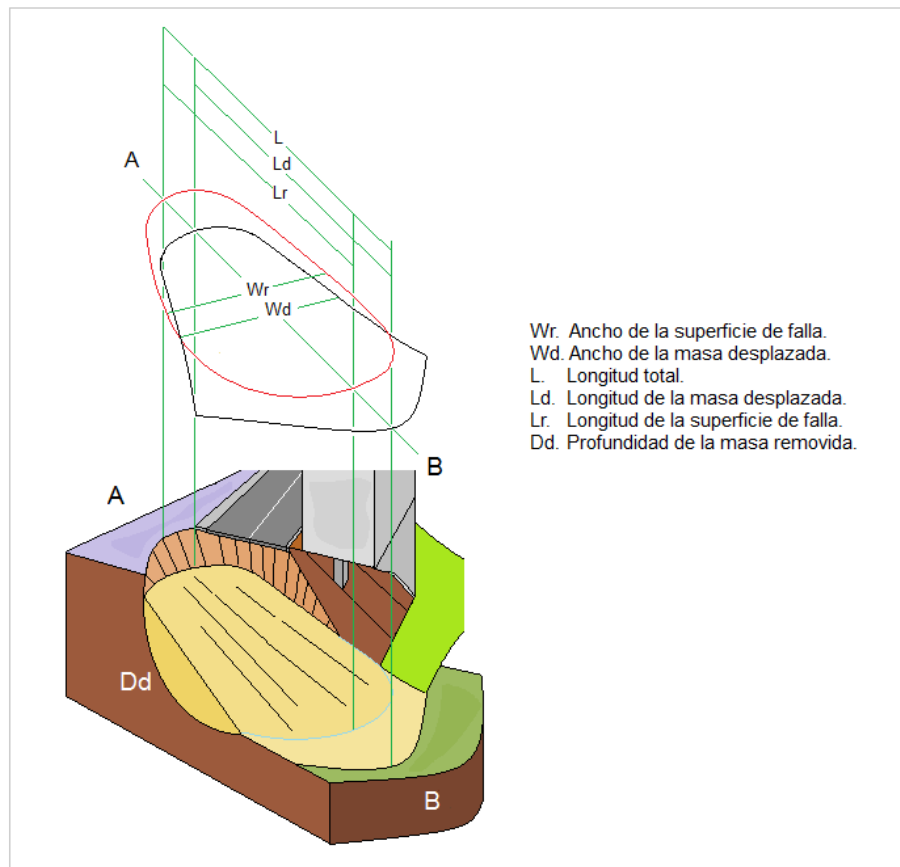
| Tipo de movimiento     |                 | Tipo de material                     |                                         |                                       |
|------------------------|-----------------|--------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------|
|                        |                 | Roca                                 | Suelo                                   |                                       |
|                        |                 |                                      | De grano grueso                         | De grano fino                         |
| Caídas                 |                 | Caídas de rocas                      | Caídas de detritos                      | Caídas de suelos                      |
| Basculamientos         |                 | Basculamiento de rocas               | Basculamiento de detritos               | Basculamiento de suelos               |
| Deslizamientos         | Rotacionales    | Deslizamiento rotacional de rocas    | Deslizamiento rotacional de detritos    | Deslizamiento rotacional de suelos    |
|                        | Translacionales | Deslizamiento translacional de rocas | Deslizamiento translacional de detritos | Deslizamiento translacional de suelos |
| Separaciones laterales |                 | Separación lateral en roca           | Separación lateral en detritos          | Separación lateral en suelos          |
| Flujos                 |                 | Flujo de rocas                       | Flujo de detritos                       | Flujo de suelos                       |
| Complejos              |                 | Combinación de dos o más tipos       |                                         |                                       |

#### 4.9 DATOS DEL MOVIMIENTO

**Tabla 19: Clasificación y datos del movimiento. Fuente: Elaboración propia**

| CLASIFICACIÓN Y DATOS DEL MOVIMIENTO          |                                    |
|-----------------------------------------------|------------------------------------|
| <b>Clase</b>                                  | Deslizamiento rotacional de suelos |
| <b>Tipo</b>                                   | Falla por el pie del talud         |
| <b>Velocidad</b>                              | Muy rápido                         |
| <b>Características</b>                        | Húmedo                             |
| <b>Pendiente masa desplazada</b>              | 19.2°                              |
| <b>Volumen aproximado de masa removida</b>    | 250 m <sup>3</sup>                 |
| <b>Actividad</b>                              | Inactivo                           |
| <b>Área</b>                                   | 354.5 m <sup>2</sup> aprox.        |
| <b>Ancho superficie de falla</b>              | 14.47m <sup>2</sup>                |
| <b>Longitud total</b>                         | 24.5 m                             |
| <b>Altura</b>                                 | 10 m                               |
| <b>Angulo de buzamiento</b>                   | 29.8°                              |
| <b>Angulo de buzamiento talud intervenido</b> | 60°                                |
| <b>Rumbo</b>                                  | 30° NE                             |

#### 4.10 GEOMETRIA



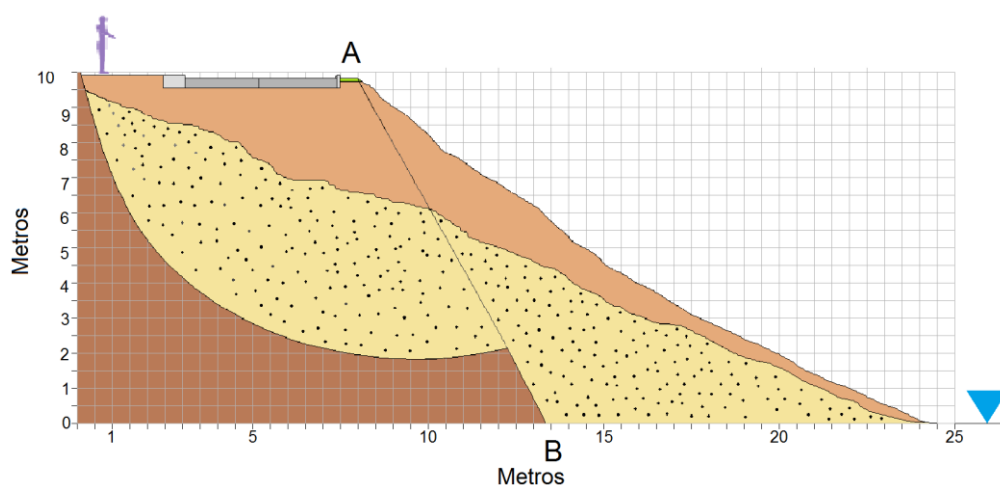
*Figura 23: Geometría del movimiento de Remoción. Fuente: elaboración propia*

#### 4.11 DIMENSIONES Y CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN

Dentro de las dimensiones se ha considerado la clase de falla rotacional que provoco el movimiento de remoción en masa. En un movimiento de tales características puede dificultarse el determinar con exactitud la línea de falla, pues el terreno puede variar de dureza o existir elementos que hagan que esta línea sea irregular. Se han considerado dos posibilidades:

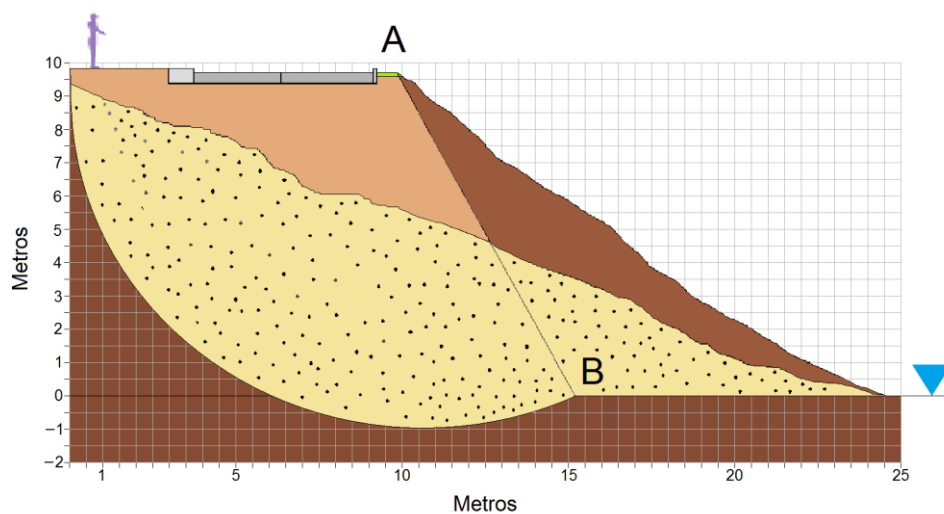
- Movimiento rotacional de cuerpo (La línea de falla se ubica por encima del pie del talud).
- Movimiento rotacional por el pie (La línea de falla se ubica por debajo del nivel del suelo y termina en el pie del talud).

Para efectos de este proyecto y para los cálculos de las propuestas de intervenían se considerará esta segunda opción, pues ante la imposibilidad de determinar con exactitud por donde se trazó la línea de falla, tendremos la certeza y confiabilidad en los diseños.



**Gráfica 3: Dimensiones y movimiento rotacional de suelos por el cuerpo del talud (falla local).**

*Fuente: elaboración propia*



**Gráfica 4: Dimensiones y movimiento rotacional de suelos por el pie del talud (falla en la base).**

*Fuente: elaboración propia*

Es importante anotar que el moviento de remoción en masa de produjo a partir del talud intervenido lo que incrementó drásticamente su pendiente (Línea trazada desde el punto A hasta el punto B y no desde el talud original que existía antes de emprender las obras para la construcción de la iglesia.

Las siguientes fotografías ilustran lo anteriormente anotado:

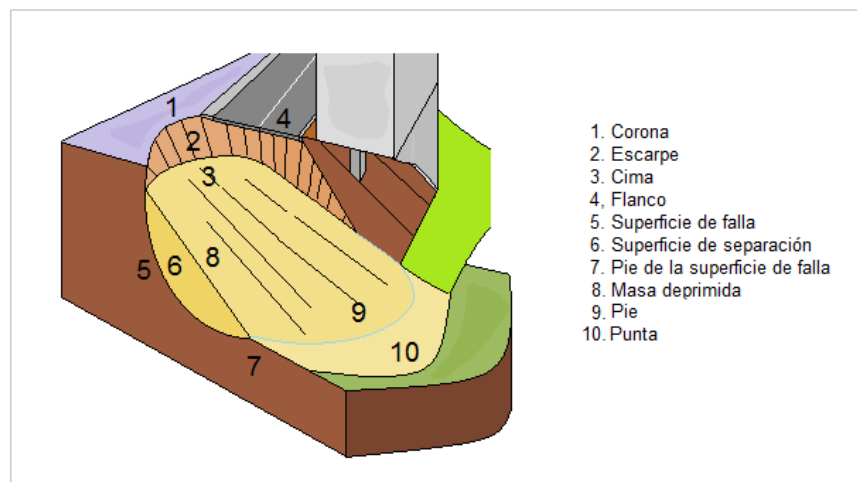


*Fotografía 41: Intervención del talud.  
Fuente: Constructor*



*Fotografía 42: Intervención del talud.  
Fuente: Constructor*

#### 4.12PARTES



*Figura 24: Partes del movimiento de Remoción en masa. Fuente: elaboración propia*

#### 4.13FORMATO PARA INVENTARIO DE MOVIMIENTOS EN MASA

El siguiente formato contenido en el libro *Movimientos en Masa en la Región andina* hace parte de la información preliminar que un investigador debe recolectar antes de elaborar un diagnóstico definitivo cuando llega al sitio del evento. Este formato contiene:

- Localización geográfica.
- Actividad del movimiento.
- Litología y estratigrafía.
- Clasificación del movimiento.
- Morfometría.
- Causas del movimiento.
- Cobertura y uso del suelo.
- Documentos de referencia
- Efectos secundarios.
- Daños.
- Notas y apreciación del riesgo.
- Esquema del movimiento.

| FORMATO PARA INVENTARIO DE MOVIMIENTOS EN MASA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                           |                                                                        |                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | IMPORTANCIA DEL EVENTO                                                                                                     |                          |                          |                          |                                 |                          |                                                                                                                                        |                          |                          |                          |                          |                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |   |   |     |     |                                     |                          |           |           |                                     |                          |           |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |   |   |                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |                                                                                                                                                                                             |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------------|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|---|---|-----|-----|-------------------------------------|--------------------------|-----------|-----------|-------------------------------------|--------------------------|-----------|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|---|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|
| Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andina                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                           |                                                                        |                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <input checked="" type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja                      |                          |                          |                          |                                 |                          |                                                                                                                                        |                          |                          |                          |                          |                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |   |   |     |     |                                     |                          |           |           |                                     |                          |           |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |   |   |                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |                                                                                                                                                                                             |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |  |
| Nombre del Encuestador: <b>CARLOS HERNANDO CUERVO</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                          | Fecha: Día: <b>24</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Mes: <b>03</b>                                                                                                                                                                                                         | Año: <b>2015</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Institución: _____                                                                                                                                                                          | Código del Evento: _____                                                                                                                                                                                  |                                                                        |                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                            |                          |                          |                          |                                 |                          |                                                                                                                                        |                          |                          |                          |                          |                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |   |   |     |     |                                     |                          |           |           |                                     |                          |           |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |   |   |                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |                                                                                                                                                                                             |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |  |
| LOCALIZACION GEOGRAFICA Y DOCUMENTAL DEL EVENTO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                           |                                                                        |                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                            |                          |                          |                          |                                 |                          |                                                                                                                                        |                          |                          |                          |                          |                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |   |   |     |     |                                     |                          |           |           |                                     |                          |           |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |   |   |                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |                                                                                                                                                                                             |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |  |
| POR DIVISION POLITICA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                          | COORDENADAS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                        | REFERENTES GEOGRAFICOS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                             | DOCUMENTACION                                                                                                                                                                                             |                                                                        |                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                            |                          |                          |                          |                                 |                          |                                                                                                                                        |                          |                          |                          |                          |                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |   |   |     |     |                                     |                          |           |           |                                     |                          |           |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |   |   |                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |                                                                                                                                                                                             |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |  |
| País: <b>Colombia</b><br>Dpto./Prov./Edo.: <b>Cundinamarca</b><br>Municipio/Ciudad: <b>Bogotá D.C.</b><br>Localidad: <b>San Cristóbal</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                          | Sitio: <b>Corona del movimiento</b><br>Norte/Lat: <b>4°34' 1"</b><br>Este/Long: <b>-74°5' 9"</b><br>Proyección: _____<br>Altura sitio (m.s.n.m.): <b>2660 - 2670</b>                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                        | <b>Calle 18 Sur con Carrera 10 C Este, Barrio San Blas de la localidad de San Cristóbal, Bogotá D.C.</b>                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                             | Mapa/Plancha No. _____ Año _____ Escala _____ Editor _____                                                                                                                                                |                                                                        | Fotografía No. _____ Año _____ Escala _____ Editor _____                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                            |                          |                          |                          |                                 |                          |                                                                                                                                        |                          |                          |                          |                          |                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |   |   |     |     |                                     |                          |           |           |                                     |                          |           |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |   |   |                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |                                                                                                                                                                                             |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |  |
| ACTIVIDAD DEL MOVIMIENTO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                        | LITOLOGIA Y ESTRATIGRAFIA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                           |                                                                        |                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                            |                          |                          |                          |                                 |                          |                                                                                                                                        |                          |                          |                          |                          |                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |   |   |     |     |                                     |                          |           |           |                                     |                          |           |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |   |   |                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |                                                                                                                                                                                             |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |  |
| FECHAS DE OCURRENCIA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                          | ESTADO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | ESTILO                                                                                                                                                                                                                 | DISTRIBUCION                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | DESCRIPCION                                                                                                                                                                                 | ESTRUCTURA                                                                                                                                                                                                | ORIENTACION                                                            |                                                                                                                                      | ESPACIAMIENTO (m)                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                            |                          |                          |                          |                                 |                          |                                                                                                                                        |                          |                          |                          |                          |                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |   |   |     |     |                                     |                          |           |           |                                     |                          |           |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |   |   |                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |                                                                                                                                                                                             |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |  |
| DD / MM / AA<br>Primer Movimiento: <b>21 / 04 / 2015</b><br>Edad (años): _____                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                          | <input type="checkbox"/> Activo<br><input type="checkbox"/> Reactivado<br><input type="checkbox"/> Suspendido<br><input type="checkbox"/> Latente<br><input checked="" type="checkbox"/> Abandonado<br><input type="checkbox"/> Estabilizado<br><input type="checkbox"/> Relicto                                                                                  | <input type="checkbox"/> Simple<br><input type="checkbox"/> Compuesto<br><input type="checkbox"/> Múltiple<br><input type="checkbox"/> Sucesivo<br><input type="checkbox"/> Único<br><input type="checkbox"/> Enjambre | <input type="checkbox"/> Retrogresivo<br><input type="checkbox"/> Avanzando<br><input type="checkbox"/> Ensanchando<br><input type="checkbox"/> Confinado<br><input type="checkbox"/> Creciente<br><input type="checkbox"/> Decreciente<br><input type="checkbox"/> Móvil                                                                                                          | <b>Ladera de montaña con presencia de arcilolitas abigarradas, roca arenisca y diaclastas subverticales. En el terreno tambien se observó restos de basura y escombros de construcción.</b> | <input type="checkbox"/> Estructura 1<br><input type="checkbox"/> Estructura 2<br><input type="checkbox"/> Estructura 3<br><input type="checkbox"/> Estructura 4<br><input type="checkbox"/> Estructura 5 | DB: <b>300°NW</b> BZ: <b>29 8°</b><br>DB: <b>300°NW</b> BZ: <b>60°</b> |                                                                                                                                      | <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>&gt;2</td> <td>2-0.6</td> <td>0.6-0.2</td> <td>0.2-0.06</td> <td>&lt;0.06</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> |                                                                                                                            |                          | >2                       | 2-0.6                    | 0.6-0.2                         | 0.2-0.06                 | <0.06                                                                                                                                  |                          |                          |                          |                          |                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |   |   |     |     |                                     |                          |           |           |                                     |                          |           |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |   |   |                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |                                                                                                                                                                                             |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |  |
| >2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 2-0.6                    | 0.6-0.2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 0.2-0.06                                                                                                                                                                                                               | <0.06                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                           |                                                                        |                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                            |                          |                          |                          |                                 |                          |                                                                                                                                        |                          |                          |                          |                          |                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |   |   |     |     |                                     |                          |           |           |                                     |                          |           |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |   |   |                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |                                                                                                                                                                                             |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                           |                                                                        |                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                            |                          |                          |                          |                                 |                          |                                                                                                                                        |                          |                          |                          |                          |                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |   |   |     |     |                                     |                          |           |           |                                     |                          |           |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |   |   |                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |                                                                                                                                                                                             |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                           |                                                                        |                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                            |                          |                          |                          |                                 |                          |                                                                                                                                        |                          |                          |                          |                          |                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |   |   |     |     |                                     |                          |           |           |                                     |                          |           |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |   |   |                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |                                                                                                                                                                                             |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |  |
| DB: Dirección de buzamiento    BZ: Buzamiento                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                           |                                                                        |                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                            |                          |                          |                          |                                 |                          |                                                                                                                                        |                          |                          |                          |                          |                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |   |   |     |     |                                     |                          |           |           |                                     |                          |           |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |   |   |                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |                                                                                                                                                                                             |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |  |
| CLASIFICACION DEL MOVIMIENTO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                           |                                                                        |                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                            |                          |                          |                          |                                 |                          |                                                                                                                                        |                          |                          |                          |                          |                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |   |   |     |     |                                     |                          |           |           |                                     |                          |           |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |   |   |                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |                                                                                                                                                                                             |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |  |
| TIPO DE MOVIMIENTO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                          | MATERIAL                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                        | ORIGEN DEL SUELO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                             | OTRAS CARACTERISTICAS                                                                                                                                                                                     |                                                                        | VELOCIDAD                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                            |                          |                          |                          |                                 |                          |                                                                                                                                        |                          |                          |                          |                          |                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |   |   |     |     |                                     |                          |           |           |                                     |                          |           |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |   |   |                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |                                                                                                                                                                                             |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |  |
| <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>1</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table> |                          | 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 2                                                                                                                                                                                                                      | <input checked="" type="checkbox"/>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                                    | <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                                                  | <input type="checkbox"/>                                               | <input type="checkbox"/>                                                                                                             | <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                                                                                                                                           | <input type="checkbox"/>                                                                                                   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>                                                                                                               | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>% 1</td> <td>% 2</td> </tr> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><b>15</b></td> <td><b>25</b></td> </tr> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><b>60</b></td> <td></td> </tr> </table> |  | 1 | 2 | % 1 | % 2 | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <b>15</b> | <b>25</b> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <b>60</b> |  | <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>1</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table> |  | 1 | 2 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> Movimiento canalizado<br><input type="checkbox"/> Movimiento no canalizado<br><input type="checkbox"/> Liquefacción<br><input type="checkbox"/> Otra ... Describir |  | DESCRIPCION VELOCIDAD TÍPICA<br><input checked="" type="checkbox"/> Extr. Rápido (>5 m/s)<br><input type="checkbox"/> Muy rápido (>3 m/min)<br><input type="checkbox"/> Rápido (>1.8 m/hr)<br><input type="checkbox"/> Moderado (>13 m/mes)<br><input type="checkbox"/> Lento (>1.6 m/año)<br><input type="checkbox"/> Muy lento (>16 mm/año)<br><input type="checkbox"/> Ext. Lento (<16 mm/año) |  |  |  |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 2                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                           |                                                                        |                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                            |                          |                          |                          |                                 |                          |                                                                                                                                        |                          |                          |                          |                          |                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |   |   |     |     |                                     |                          |           |           |                                     |                          |           |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |   |   |                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |                                                                                                                                                                                             |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |  |
| <input checked="" type="checkbox"/>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <input type="checkbox"/> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                           |                                                                        |                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                            |                          |                          |                          |                                 |                          |                                                                                                                                        |                          |                          |                          |                          |                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |   |   |     |     |                                     |                          |           |           |                                     |                          |           |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |   |   |                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |                                                                                                                                                                                             |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |  |
| <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <input type="checkbox"/> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                           |                                                                        |                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                            |                          |                          |                          |                                 |                          |                                                                                                                                        |                          |                          |                          |                          |                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |   |   |     |     |                                     |                          |           |           |                                     |                          |           |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |   |   |                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |                                                                                                                                                                                             |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |  |
| <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <input type="checkbox"/> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                           |                                                                        |                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                            |                          |                          |                          |                                 |                          |                                                                                                                                        |                          |                          |                          |                          |                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |   |   |     |     |                                     |                          |           |           |                                     |                          |           |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |   |   |                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |                                                                                                                                                                                             |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |  |
| <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <input type="checkbox"/> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                           |                                                                        |                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                            |                          |                          |                          |                                 |                          |                                                                                                                                        |                          |                          |                          |                          |                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |   |   |     |     |                                     |                          |           |           |                                     |                          |           |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |   |   |                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |                                                                                                                                                                                             |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |  |
| <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <input type="checkbox"/> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                           |                                                                        |                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                            |                          |                          |                          |                                 |                          |                                                                                                                                        |                          |                          |                          |                          |                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |   |   |     |     |                                     |                          |           |           |                                     |                          |           |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |   |   |                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |                                                                                                                                                                                             |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |  |
| <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <input type="checkbox"/> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                           |                                                                        |                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                            |                          |                          |                          |                                 |                          |                                                                                                                                        |                          |                          |                          |                          |                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |   |   |     |     |                                     |                          |           |           |                                     |                          |           |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |   |   |                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |                                                                                                                                                                                             |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |  |
| <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <input type="checkbox"/> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                           |                                                                        |                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                            |                          |                          |                          |                                 |                          |                                                                                                                                        |                          |                          |                          |                          |                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |   |   |     |     |                                     |                          |           |           |                                     |                          |           |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |   |   |                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |                                                                                                                                                                                             |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |  |
| <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <input type="checkbox"/> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                           |                                                                        |                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                            |                          |                          |                          |                                 |                          |                                                                                                                                        |                          |                          |                          |                          |                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |   |   |     |     |                                     |                          |           |           |                                     |                          |           |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |   |   |                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |                                                                                                                                                                                             |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |  |
| <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <input type="checkbox"/> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                           |                                                                        |                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                            |                          |                          |                          |                                 |                          |                                                                                                                                        |                          |                          |                          |                          |                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |   |   |     |     |                                     |                          |           |           |                                     |                          |           |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |   |   |                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |                                                                                                                                                                                             |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |  |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 2                        | % 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | % 2                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                           |                                                                        |                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                            |                          |                          |                          |                                 |                          |                                                                                                                                        |                          |                          |                          |                          |                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |   |   |     |     |                                     |                          |           |           |                                     |                          |           |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |   |   |                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |                                                                                                                                                                                             |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |  |
| <input checked="" type="checkbox"/>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <input type="checkbox"/> | <b>15</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <b>25</b>                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                           |                                                                        |                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                            |                          |                          |                          |                                 |                          |                                                                                                                                        |                          |                          |                          |                          |                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |   |   |     |     |                                     |                          |           |           |                                     |                          |           |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |   |   |                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |                                                                                                                                                                                             |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |  |
| <input checked="" type="checkbox"/>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <input type="checkbox"/> | <b>60</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                           |                                                                        |                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                            |                          |                          |                          |                                 |                          |                                                                                                                                        |                          |                          |                          |                          |                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |   |   |     |     |                                     |                          |           |           |                                     |                          |           |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |   |   |                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |                                                                                                                                                                                             |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |  |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 2                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                           |                                                                        |                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                            |                          |                          |                          |                                 |                          |                                                                                                                                        |                          |                          |                          |                          |                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |   |   |     |     |                                     |                          |           |           |                                     |                          |           |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |   |   |                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |                                                                                                                                                                                             |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |  |
| <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <input type="checkbox"/> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                           |                                                                        |                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                            |                          |                          |                          |                                 |                          |                                                                                                                                        |                          |                          |                          |                          |                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |   |   |     |     |                                     |                          |           |           |                                     |                          |           |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |   |   |                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |                                                                                                                                                                                             |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |  |
| <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <input type="checkbox"/> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                           |                                                                        |                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                            |                          |                          |                          |                                 |                          |                                                                                                                                        |                          |                          |                          |                          |                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |   |   |     |     |                                     |                          |           |           |                                     |                          |           |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |   |   |                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |                                                                                                                                                                                             |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |  |
| <input checked="" type="checkbox"/>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <input type="checkbox"/> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                           |                                                                        |                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                            |                          |                          |                          |                                 |                          |                                                                                                                                        |                          |                          |                          |                          |                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |   |   |     |     |                                     |                          |           |           |                                     |                          |           |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |   |   |                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |                                                                                                                                                                                             |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |  |
| <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <input type="checkbox"/> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                           |                                                                        |                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                            |                          |                          |                          |                                 |                          |                                                                                                                                        |                          |                          |                          |                          |                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |   |   |     |     |                                     |                          |           |           |                                     |                          |           |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |   |   |                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |                                                                                                                                                                                             |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |  |
| NOTA: 1 = Primer movimiento<br>2 = Segundo movimiento                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                          | Suelos Ingeniería<br><input type="checkbox"/> Bloques<br><input type="checkbox"/> Cantos<br><input type="checkbox"/> Grava<br><input type="checkbox"/> Arena<br><input type="checkbox"/> Finos<br><input type="checkbox"/> M.O.<br>M.O.: Materia orgánica, turba                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                        | Plasticidad<br><table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>1</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table> |                                                                                                                                                                                             | 1                                                                                                                                                                                                         | 2                                                                      | <input checked="" type="checkbox"/>                                                                                                  | <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                                                                                                                                           | <input type="checkbox"/>                                                                                                   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Clasificación USCS<br><b>CL</b> |                          | CLASIFICACION DEL MOVIMIENTO<br>Sistema de Clasificación: <b>Varnes 1978</b><br>NOMBRE DEL MOVIMIENTO: <b>Deslizamiento rotacional</b> |                          |                          |                          |                          |                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |   |   |     |     |                                     |                          |           |           |                                     |                          |           |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |   |   |                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |                                                                                                                                                                                             |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |  |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 2                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                           |                                                                        |                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                            |                          |                          |                          |                                 |                          |                                                                                                                                        |                          |                          |                          |                          |                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |   |   |     |     |                                     |                          |           |           |                                     |                          |           |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |   |   |                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |                                                                                                                                                                                             |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |  |
| <input checked="" type="checkbox"/>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <input type="checkbox"/> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                           |                                                                        |                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                            |                          |                          |                          |                                 |                          |                                                                                                                                        |                          |                          |                          |                          |                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |   |   |     |     |                                     |                          |           |           |                                     |                          |           |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |   |   |                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |                                                                                                                                                                                             |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |  |
| <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <input type="checkbox"/> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                           |                                                                        |                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                            |                          |                          |                          |                                 |                          |                                                                                                                                        |                          |                          |                          |                          |                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |   |   |     |     |                                     |                          |           |           |                                     |                          |           |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |   |   |                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |                                                                                                                                                                                             |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |  |
| <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <input type="checkbox"/> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                           |                                                                        |                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                            |                          |                          |                          |                                 |                          |                                                                                                                                        |                          |                          |                          |                          |                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |   |   |     |     |                                     |                          |           |           |                                     |                          |           |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |   |   |                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |                                                                                                                                                                                             |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |  |
| MORFOMETRIA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                           |                                                                        |                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                            |                          |                          |                          |                                 |                          |                                                                                                                                        |                          |                          |                          |                          |                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |   |   |     |     |                                     |                          |           |           |                                     |                          |           |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |   |   |                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |                                                                                                                                                                                             |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |  |
| GENERAL                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                          | DIMENSIONES                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                             | DEFORMACION DEL TERRENO                                                                                                                                                                                   |                                                                        | GEOFORMA                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                            |                          |                          |                          |                                 |                          |                                                                                                                                        |                          |                          |                          |                          |                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |   |   |     |     |                                     |                          |           |           |                                     |                          |           |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |   |   |                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |                                                                                                                                                                                             |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |  |
| Diferencia de altura corona a punta (m) <b>10</b><br>Longitud horizontal corona a punta (m) <b>22.36</b><br>Fahrböschung (°) <b>24°</b><br>Pendiente de ladera en post-falla (°) <b>30°</b><br>Pendiente ladera en pre-falla (°) <b>300° NW</b><br>Dirección del movimiento (°) <b>30°</b><br>Azimut del talud (°) <b>30°</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                          | Profundidad de la superficie de falla, Dr (m) <b>11</b><br>Ancho de la superficie de falla Wf (m) <b>14.47</b><br>Longitud de superficie de falla Lr (m) <b>15</b><br>Espesor de la masa desplazada Dd (m) <b>7.5</b><br>Ancho de la masa desplazada Wd (m) <b>12.47</b><br>Longitud de la masa desplazada Ld (m) <b>24</b><br>Longitud total, Lt (m) <b>24.5</b> |                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                             | Volúmen inicial (m³) _____<br>Volúmen desplazado (m³) <b>250</b><br>Área inicial (km²) _____<br>Área total afectada (m²) <b>354.5</b><br>Distancia de viaje (km) _____<br>Runup (m) _____                 |                                                                        | Modo<br><input type="checkbox"/> Ondulación<br><input type="checkbox"/> Escalonamiento<br><input checked="" type="checkbox"/> Severa |                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Severidad<br><input type="checkbox"/> Leve<br><input type="checkbox"/> Media<br><input checked="" type="checkbox"/> Severa |                          |                          |                          |                                 |                          |                                                                                                                                        |                          |                          |                          |                          |                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |   |   |     |     |                                     |                          |           |           |                                     |                          |           |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |   |   |                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |                                                                                                                                                                                             |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |  |  |

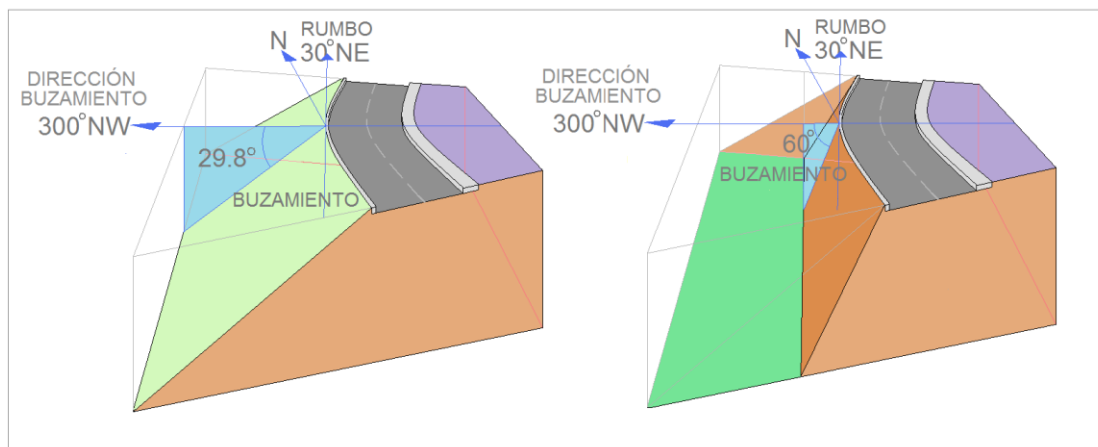
**Figura 25: Formato para inventario de movimientos en masa.**  
**Fuente: Movimientos en Masa en la Región andina: Una guía para la evaluación de amenazas (2007). Sección 104. Hoja No.1.**

*Figura 26: Formato para inventario de movimientos en masa. Fuente: Movimientos en Masa en la Región andina: Una guía para la evaluación de amenazas (2007). Sección 104. Hoja No.2.*

| NOTAS Y APRECIACION DEL RIESGO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Movimiento de remoción en masa que destruyó parte de una vía publica ( Carrera 10 C Este) en un tramo aproximado de 20 metros. Durante el evento se estaba interviniendo de manera manual el talud de la vía para adecuar los terrenos (construcción de muro de contención) del lote aldaño para iniciar la construcción de una iglesia.El evento de remoción se desencadenó el día 21 de marzo de 2015 en horas de la madrugada (3 am) y además de causar el colapso de la vía, comprometió de manera directa a 15 viviendas, 3 de ellas con daños severos. En el mismo tramo, la infraestructura de servicios publicos se vio severamente afectada (alcantarillado, energía, telefono y agua potable) causandose la interrupción y el daño de la misma. Dentro de la masa removida se encontró material de diversa indole: postes de concreto, arena, arcilla, rocas, basura, escombros, enseres, tubería, cables, tierra y lodo.</p> |                                                                                     |
| ESQUEMA DEL MOVIMIENTO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |  |
| PLANTA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | PERFIL                                                                              |

**Figura 27:** Formato para inventario de movimientos en masa. Fuente: *Movimientos en Masa en la Región andina: Una guía para la evaluación de amenazas* (2007). Sección 104. Hoja No.3.

#### 4.14RUMBO, DIRECCION Y BUZAMIENTO



**Figura 28 y Figura 29:** Las figuras representan el talud de la vía en dos fases diferentes. El esquema de la izquierda antes de la intervención y el de la derecha después de la intervención. Los ángulos de buzamiento varían drásticamente. Fuente: *Elaboración propia*

#### 4.15 SECUENCIA TEMPORAL

Las siguientes fotografías muestran la evolución del paciente una vez emprendidas las obras en julio de 2014 hasta el 19 de agosto de 2016.



**Fotografía 43: Instalación cerramiento.**  
Julio 21 de 2014.



**Fotografía 44: Instalación cerramiento.**  
Julio 21 de 2014.



**Fotografía 45: Instalación cerramiento.**  
Julio 21 de 2014.



**Fotografía 46: Vista interior del lote.**  
Julio 21 de 2014.



**Fotografía 47: Vista interior del lote.**  
Julio 21 de 2014.



**Fotografía 48: Instalación cerramiento.**  
Julio 21 de 2014.



**Fotografía 49: Vista del lote desde la CARRERA 10C ESTE.**

Julio 21 de 2014.



**Fotografía 50: Corte del talud.**

Octubre 22 de 2014.



**Fotografía 51: Corte del talud.**

Octubre 22 de 2014.



**Fotografía 52: Corte del talud.**

Noviembre 08 de 2014.



**Fotografía 53: Entibado, corte y cubrimiento del talud.**

Noviembre 28 de 2014.



**Fotografía 54: Entibado, corte y cubrimiento del talud.**

Noviembre 29 de 2014.



**Fotografía 55: Aparición de grietas en el talud.**

Diciembre 12 de 2014



**Fotografía 56: Socavación por debajo de las losas de la vía.**

Diciembre 16 de 2015



**Fotografía 57: Corte y retiro de material del talud.**  
Diciembre 13 de 2014.



**Fotografía 58: Estado del lote y avance de las obras.**  
Diciembre 20 de 2014.



**Fotografía 59: Aspecto del entibado y de los trabajos de corte del talud.**  
Enero 3 de 2015.



**Fotografía 60: Aspecto del entibado y de los trabajos de corte del talud.**  
Enero 3 de 2015.



**Fotografía 61: Retiro de material de corte del talud.**  
Enero 6 de 2015.



**Fotografía 62: Basura presente en el material resultante del corte del talud.**  
Enero 10 de 2015.



**Fotografía 63: Corte manual del talud.**

Enero 22 de 2015



**Fotografía 65: Construcción del muro de contención.**

Febrero 04 de 2015



**Fotografía 67: Aspecto del material resultante del corte del talud.**

Febrero 09 de 2015.



**Fotografía 69: Corte para dar continuidad a la construcción del muro de contención.**

Febrero 16 de 2015.



**Fotografía 64: Inicio de la construcción del muro de contención.**

Febrero 04 de 2015



**Fotografía 66: Falla del entibado y deslizamiento parcial.**

Febrero 09 de 2015



**Fotografía 68: Corte para dar continuidad a la construcción del muro de contención.**

Febrero 16 de 2015



**Fotografía 70: Verticalidad del talud resultante.**

Febrero 21 de 2015.



**Fotografía 71: Fundición de nuevo tramo del muro de contención.**  
Febrero 26 de 2015.



**Fotografía 72: Taladrado de roca arenisca.**  
Febrero 28 de 2015.



**Fotografía 73: Proceso de taladrado de la roca arenisca.**  
Febrero 28 de 2015.



**Fotografía 74: Apuntalamiento de las losas de la vía y restablecimiento del entibado.**  
Marzo 4 de 2015.



**Fotografía 75: Fundición de muro de contención.**  
Marzo 4 de 2015.



**Fotografía 76: Fundición del muro de contención e inestabilidad del talud.**  
Marzo 6 de 2015.



**Fotografía 77: Construcción del muro de contención.**  
Marzo 7 de 2015.



**Fotografía 78: Excavación manual del talud.**  
Marzo 12 de 2015.



**Fotografía 79: Instalación de formaletas para fundición de tramo del muro de contención.**

Marzo 12 de 2015.



**Fotografía 80: Celebración de eucaristía.**

Marzo 15 de 2015.



**Fotografía 81: Aumento de la socavación de la base de la vía con deslizamiento y destrucción de entibado.**

Marzo 16 de 2015.



**Fotografía 82: Socavación por debajo de las losas de la vía.**

Marzo 16 de 2015.



**Fotografía 83: Socavación por debajo de las losas de la vía.**

Marzo 17 de 2015.



**Fotografía 84: Sellamiento de obra por parte de la alcaldía local.**

Marzo 17 de 2015



**Fotografía 85: Fotografía que registra los momentos anteriores al movimiento de remoción.**

Marzo 21 de 2015.



**Fotografía 86: Masa de lodo formada debajo de las losas de la vía a causa de filtraciones de agua.**

Marzo 21 de 2015.



**Fotografía 87: Presencia de organismos de socorro y vigilancia.**

Marzo 24 de 2015.



**Fotografía 88: Inspección de la zona.**

Marzo 24 de 2015.



**Fotografía 89: Estado y aspecto de la zona después del movimiento de remoción.**

Marzo 24 de 2015.



**Fotografía 90: Estado y aspecto de la zona después del movimiento de remoción.**

Marzo 24 de 2015.



**Fotografía 91: Estado y aspecto de la zona después del movimiento de remoción.**

Marzo 24 de 2015.



**Fotografía 92: Estado y aspecto de la zona después del movimiento de remoción.**

Marzo 24 de 2015.





**Fotografía 93: Estado y aspecto de la zona después del movimiento de remoción.**

Marzo 24 de 2015.



**Fotografía 94: Estado y aspecto de la zona después del movimiento de remoción.**

Marzo 24 de 2015.



**Fotografía 95: Estado y aspecto de la zona después del movimiento de remoción.**

Marzo 24 de 2015.



**Fotografía 96: Tramo destruido de la CARRERA 10C ESTE.**

Marzo 24 de 2015.



**Fotografía 97: Demolición de casa afectada.**

Marzo 31 de 2015.



**Fotografía 98: Estado y aspecto de la zona.**

Abril 1 de 2015.



**Fotografía 99: Estado y aspecto de la zona.**

Abril 28 de 2015.



**Fotografía 100: Escombros de la casa demolida.**

Abril 28 de 2015.



**Fotografía 101: Estado de la Cimentación de casa afectada.**

Abril 28 de 2015.



**Fotografía 102: Estado y aspecto de la zona.**

Abril 28 de 2015.



**Fotografía 103: Estado y aspecto de la zona.**

Abril 28 de 2015.



**Fotografía 104: Estado y aspecto de la zona.**

Abril 28 de 2015.



**Fotografía 105: Estado y aspecto de la zona.**

Octubre 21 de 2015.



**Fotografía 106: Estado y aspecto de la zona.**

Octubre 21 de 2015.



**Fotografía 107: Estado y aspecto de la zona.**

Octubre 21 de 2015.



**Fotografía 108: Adecuación manual de la parte superior del talud.**

Octubre 21 de 2015.



**Fotografía 109: Vista del talud desde la CARRERA 10C ESTE.**

Octubre 21 de 2015.



**Fotografía 110: Estado y aspecto de la zona.**

Octubre 21 de 2015.



**Fotografía 111: Estado y aspecto de la zona.**

Octubre 21 de 2015.



**Fotografía 112: Vista panorámica de la zona y de las obras emprendidas.**

Octubre 21 de 2015.





**Fotografía 113: Reconstrucción de obras sanitarias.**

Octubre 21 de 2015.



**Fotografía 114: Reconstrucción de obras sanitarias.**

Octubre 21 de 2015.



**Fotografía 115: La parte verde corresponde al sitio del evento vista desde la avenida Primero de mayo.**

Mayo 12 de 2016.



**Fotografía 116: Prolongación del muro de contención.**

Mayo 12 de 2016



**Fotografía 117: Prolongación del muro de contención.**

Mayo 12 de 2016



**Fotografía 118: Prolongación y construcción del muro de contención escalonado con sistema de contrafuertes.**



**Fotografía 119: Construcción de muro de contención escalonado.**

Mayo 12 de 2016.



**Fotografía 120: Construcción de muro de contención escalonado.**

Mayo 12 de 2016.



**Fotografía 122: Construcción del muro de contención del costado sur.**

Mayo 12 de 2016.



**Fotografía 124: Construcción del muro de contención escalonado.**



**Fotografía 126: Avance de las obras de Construcción del muro de contención vistas desde la vía.**

Mayo 12 de 2016.

Mayo 12 de 2016.



**Fotografía 121: Protección con plásticos para evitar filtraciones de agua al talud.**

Mayo 12 de 2016.



**Fotografía 123: Muro de contención del costado sur.**

Mayo 12 de 2016.



**Fotografía 125: Aspecto de la reconstrucción vía en el tramo destruido.**



**Fotografía 127: Empate perpendicular de los dos muros.**

Mayo 12 de 2016.



**Fotografía 128: Vista de la construcción del muro de contención desde la CARRERA 10C ESTE.**

Mayo 12 de 2016.



**Fotografía 129: Protección de la parte superior del talud.**

Mayo 12 de 2016.



**Fotografía 130: Muro de contención casi terminado. Al fondo el muro del costado sur.**

Agosto 4 de 2016.



**Fotografía 131: Muro de contención casi terminado. Se aprecia el sistema de contrafuertes.**

Agosto 4 de 2016.



**Fotografía 132: Empate de los dos muros.**

Agosto 4 de 2016.



**Fotografía 133: Construcción de andenes de la CARRERA 10C ESTE.**

Agosto 4 de 2016.



**Fotografía 134: Aspecto del muro de contención.**

Agosto 4 de 2016.



**Fotografía 135: Remate superior del muro y construcción de andenes.**

Agosto 4 de 2016.



**Fotografía 136: Aspecto del muro de contención escalonado.**

Agosto 4 de 2016.



**Fotografía 137: Vista de las obras desde la CARRERA 10C ESTE.**

Agosto 4 de 2016.



**Fotografía 138: Vista de la CARRERA 10C ESTE.**

Agosto 19 de 2016



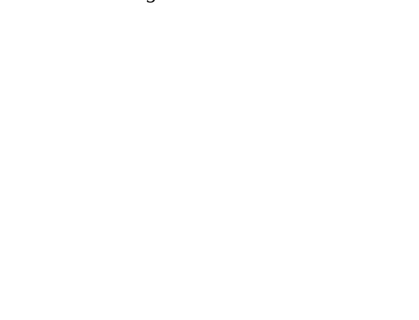
**Fotografía 139: Remate superior del muro y construcción de andenes.**

Agosto 19 de 2016



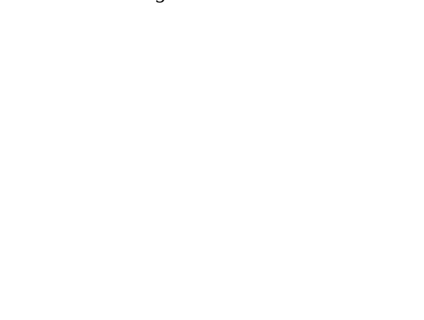
**Fotografía 140: Remate superior del muro y construcción de andenes.**

Agosto 19 de 2016



**Fotografía 141: Remate superior del muro y construcción de andenes.**

Agosto 19 de 2016





***Fotografía 142: Restablecimiento de la base de la vía.***

*Agosto 19 de 2016*



***Fotografía 143: Restablecimiento de la base de la vía.***

*Agosto 19 de 2016*

***Fuente de las fotografías: Constructor y autoría propia.***

## CAPITULO 5

### DIAGNÓSTICO

#### 5.1 ESTUDIOS

Los siguientes son las pruebas y estudios propuestos:

*Tabla 20: Pruebas y estudios propuestos. Elaboración propia*

| ESTUDIOS |                               |                                                                                                                                                    |                  |            |
|----------|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|------------|
| No.      | TIPO                          | OBJETIVO                                                                                                                                           | APLICADO A       | NUMERAL    |
| 1        | Estudio geotécnico de suelos. | Elaboración perfil estratigráfico de la zona. Conocer los materiales que conforman la vía, su cohesión y su capacidad portante.                    | Vía y talud.     | CAPITULO 3 |
| 2        | Estudio geológico.            | Composición de los suelos. Determinar el grado de exposición de la zona a un evento de remoción en masa y determinar la causa del evento sucedido. | Zona en general. | CAPITULO 3 |
| 4        | Estudio de remoción en masa.  |                                                                                                                                                    | Zona en general  | 4.2 a 4.15 |

#### 5.2 PATOLOGIA RELEVANTE

Pérdida de la banca de la vía Carrera 10 C ESTE entre Calle 20 y 21 SUR.

#### 5.3 DATOS ESPECIFICOS DE LA LESION PRINCIPAL

*Tabla No.23: Datos específicos de la lesión más relevante*

| DATOS ESPECIFICOS DE LA LESION                                                                                                                                      |                     |          |                                      |                                            |                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|----------|--------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| PACIENTE                                                                                                                                                            | EVENTO              | TIPO     | CLASE DE LESIÓN                      |                                            | CAUSA                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                      |
|                                                                                                                                                                     |                     |          | PRIMARI<br>A                         | SECUNDARIA                                 | DIRECTA                                                                                                 | INDIRECTA                                                                                                                                                                                            |
| VÍA<br>CARRERA<br>10C ESTE<br>ENTRE<br>CALLES 20 Y<br>21 SUR DEL<br>BARRIO SAN<br>BLAS,<br>LOCALIDAD<br>DE SAN<br>CRISTÓBAL<br>DE LA<br>CIUDAD DE<br>BOGOTÁ<br>D.C. | Remoción<br>en masa | Mecánica | Pérdida de<br>la banca de<br>la vía. | Suelos sin<br>cohesión o<br>confinamiento. | <ul style="list-style-type: none"> <li>Intervención del talud.</li> <li>Filtración de aguas.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Deficiente contención y ejecución de las obras de intervención del talud.</li> <li>Proceso constructivo de la vía sin ningún tipo de normatividad.</li> </ul> |

## 5.4 LESIONES MECANICAS, FISICAS y QUIMICAS

*Tabla No.24: Clases de lesiones.*

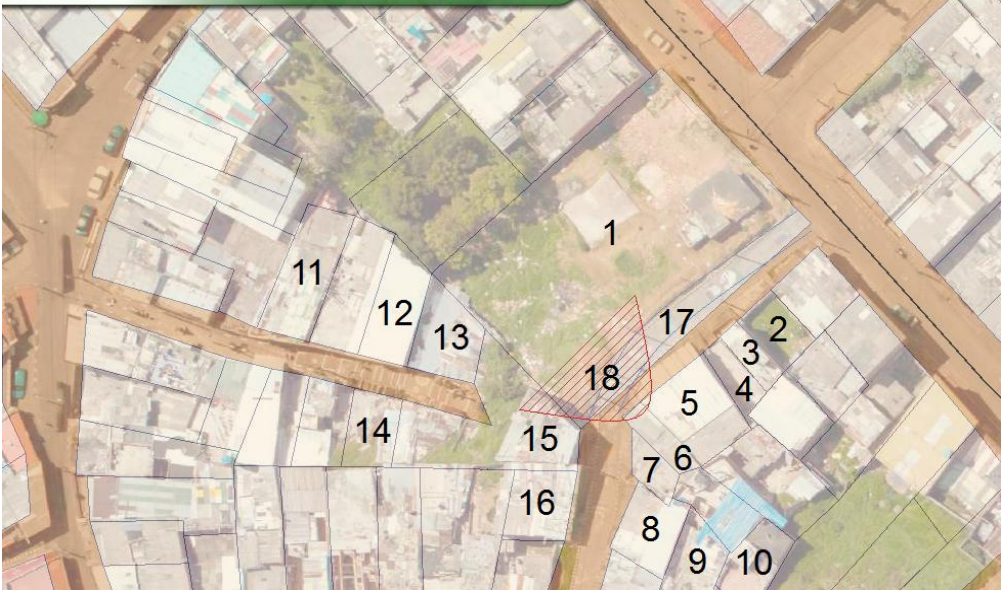
| CLASE DE LESIONES |                                                          |                                                                                     |                                                                                                                                                        |                                                                                                                                    |                                                            |
|-------------------|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| LESIONES          | CLASE                                                    | ORIGEN                                                                              | CAUSA                                                                                                                                                  | EVOLUCION                                                                                                                          | ESTADO ACTUAL                                              |
| <b>MECANICAS</b>  | Evento de remoción en masa.                              | Construcción muro de contención, falla sistema de estibación y eventos inesperados. | Desestabilización talud.                                                                                                                               | Ninguna.                                                                                                                           | Zona estable.                                              |
|                   | Dstrucción parcial de la vía                             | Construcción muro de contención, falla sistema de entibación y eventos inesperados. | Desestabilización talud.                                                                                                                               | Ninguna.                                                                                                                           | Zona estable pero inhabilitada.                            |
|                   | Colapso parcial de viviendas                             | Desestabilización talud.                                                            | Pérdida de la cimentación.                                                                                                                             | Ninguna                                                                                                                            | Viviendas parcialmente derrumbadas que han sido evacuadas. |
|                   | Amenaza de colapso total vivienda                        | Desestabilización talud.                                                            | Evento de remoción en masa.                                                                                                                            | Casa demolida                                                                                                                      | Existencia de columnas y placa de contrapiso.              |
| <b>FISICAS</b>    | Humedad excesiva del terreno.                            | Filtración de aguas.                                                                | Rotura de tubería de agua potable. Rotura de sistema de cañería de aguas negras. Sistema de protección contra aguas lluvias y de escorrentía ineficaz. | El servicio de agua potable en la zona fue cortado. Las casas que vertían sus aguas negras a tuberías de la zona fueron evacuadas. | Zona sin presencia de humedad, entorno seco.               |
| <b>QUIMICAS</b>   | Pérdida de resistencia del concreto de placas de la vía. | Contaminación atmosférica                                                           | Carbonatación de los concretos.                                                                                                                        | Presencia de fisuras y grietas.                                                                                                    | Vía interrumpida                                           |

## 5.5 AFECTACIONES

- Volcamiento y pérdida de la banca de la vía carrera 10C Este, aproximadamente 20 metros y afectaciones hacia las calles 18 y 22 Sur.
- Pérdida de un 10% de la estructura de cimentación de las viviendas del costado oriental, afectadas por causa del volcamiento de la banca de la vía.
- Colapso parcial de la estructura, mamposterías y fachadas de tres viviendas.

- Pérdida total de una vivienda que tuvo que ser demolida por orden de la alcaldía local ante amenaza de colapso.
- Pérdida de Pozo de inspección y desconexión de la red de Alcantarillado Publico, ubicado en el lugar donde se perdió la banca de la vía.
- Pérdida de tubería de la red de Acueducto.
- Pérdida de tubería de la red de Gas Natural.
- Pérdida de 3 (tres) postes telefónicos.
- Suspensión del proyecto Parroquia de San Blas por orden de la alcaldía local.
- Evacuación de los habitantes y moradores de las casas afectadas.
- Suspensión de la movilidad peatonal y vehicular en zona afectada.

Tabla 21: inventario y estado de los elementos comprometidos.

| INVENTARIO Y ESTADO DE LOS ELEMENTOS COMPROMETIDOS                                                                                                                                                                                       |                                                          |                                                                     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| <div><div>SINUPOT</div><div>Bogota.gov.co</div><div></div></div>  |                                                          |                                                                     |
| No.                                                                                                                                                                                                                                      | ELEMENTOS COMPROMETIDOS                                  | ESTADO                                                              |
| 1                                                                                                                                                                                                                                        | Lote para la construcción proyecto Parroquia de San Blas | Construcción reanudada.                                             |
| 2                                                                                                                                                                                                                                        | Vivienda                                                 | Presencia de grietas y fisuras.                                     |
| 3                                                                                                                                                                                                                                        | Vivienda                                                 | Presencia de grietas y fisuras.                                     |
| 4                                                                                                                                                                                                                                        | Vivienda                                                 | Presencia de grietas y fisuras.                                     |
| 5                                                                                                                                                                                                                                        | Vivienda                                                 | Colapso parcial, pérdida parcial de cimentación, grietas y fisuras. |

|    |                                 |                                                                                                                         |
|----|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 6  | Vivienda                        | Colapso parcial, pérdida parcial de cimentación, grietas y fisuras.                                                     |
| 7  | Vivienda                        | Colapso parcial, pérdida parcial de cimentación, grietas y fisuras.                                                     |
| 8  | Vivienda                        | Presencia de grietas y fisuras.                                                                                         |
| 9  | Vivienda                        | Presencia de grietas y fisuras.                                                                                         |
| 10 | Vivienda                        | Presencia de grietas y fisuras.                                                                                         |
| 11 | Vivienda                        | Presencia de grietas y fisuras.                                                                                         |
| 12 | Vivienda                        | Presencia de grietas y fisuras.                                                                                         |
| 13 | Vivienda                        | Presencia de grietas y fisuras.                                                                                         |
| 14 | Vivienda                        | Presencia de grietas y fisuras.                                                                                         |
| 15 | Vivienda                        | Construcción demolida.                                                                                                  |
| 16 | Vivienda                        | Presencia de Grietas y fisuras,                                                                                         |
| 17 | Carrera 10 C ESTE               | Vía interrumpida.                                                                                                       |
| 18 | Zona evento de Remoción en Masa | Estable. No se aprecia mayor desestabilización en terrenos bajo el deslizamiento o al lado de las viviendas existentes. |

**Fotografía 144: Construcciones, terrenos y zonas comprometidas.**

**Fuente: Sinupot.**

## 5.6 DIAGNÓSTICO

Pérdida de la banca de la CARRERA 10C ESTE entre las CALLES 20 Y 21 SUR producida por un Movimiento de Remoción en Masa causado por la intervención y posterior desestabilización del talud de la vía durante la construcción de un muro de contención al que se unieron factores de carácter técnico, antrópico y de orden natural; pues la vía se construyó en una zona de ladera sin ningún tipo de especificación o normativa y en terrenos conformados por escombros y basuras. Adicionalmente, se presentaron filtraciones de aguas no controladas.

El paciente, clasificado como Geriátrico Forense (vía pública), de aproximadamente veinte (20) a treinta (30) años de construido, pudo haber colapsado por:

Falta de especificaciones técnicas y ausencia de normatividad de la vía existente, al igual que de las construcciones aledañas:

- Falta de confinamiento de la vía.
- Falta de compactación de la base y de los materiales del talud de la vía.

- Inestabilidad general de la zona a causa de la presencia de escombros de construcción y de basuras (antiguo botadero a cielo abierto) en el talud y bajo las placas de concreto de la vía.
- El sector carece de un adecuado control de aguas lluvias, todas las viviendas recogen y conducen las aguas lluvias a la vía pública.

Fallas en la ejecución del proyecto iglesia de san Blas:

- Proceso inadecuado de intervención del talud.
- Falla repetida del sistema de entibado.
- Volcamiento del entibado una vez se presentó el desempate del tubo de agua potable del acueducto existente, razón que contribuyó al proceso de deslizamiento.
- Según los registros fotográficos se evidencia un mal manejo del control de la erosión del talud.
- Una vez iniciada la intervención, se evidenció un empuje activo de los suelos.

Filtración de aguas:

- Filtración de aguas negras y rotura del sistema de alcantarillado existente.
- Filtración de agua potable proveniente del sistema de acueducto a consecuencia de la rotura de una tubería de suministro de PVC de 4 pulgadas, lo que causó la formación una masa fangosa por debajo de las placas de concreto. Antes del movimiento de remoción en masa, la empresa de acueducto no cortó el suministro de agua en la zona, lo que fue solicitado varias veces por el constructor del proyecto iglesia de San Blas.
- Filtración de aguas lluvias que causaron ablandamiento de los suelos.

Ausencia de medidas de mitigación:

- Una vez iniciado el proceso de deslizamiento fue sellada la obra por orden de la alcaldía local, impidiéndole al constructor emprender acciones inmediatas para manejar el riesgo.

Factores de carácter natural:

- Temporada invernal y lluvias torrenciales.
- El movimiento telúrico, ocurrido el día 10 de marzo de 2015, pudo haber sido otro factor que contribuyó a desencadenar el movimiento de remoción.

## 5.7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A pesar de que la amenaza al movimiento de remoción en masa para la zona es calificada como media, la posibilidad de un evento de esta naturaleza en ese lugar era altamente probable. A esto se sumaron diversos factores que unidos contribuyeron de manera directa o indirecta a lo sucedido. Como recomendación es indispensable; antes de emprender una obra de esta naturaleza en terrenos de ladera, hacer un estudio especializado en dónde se contemplen, no solo los riesgos de remoción en la zona en el que circunscribe el proyecto, sino también en los del entorno; al igual que la investigación de otra serie de factores que puedan contribuir a que se produzca un evento de esta clase, máxime cuando han sido zonas de intervención y de influencia antrópica.

- La vía no fue construida de manera técnica como lo exige la normatividad.
- Durante el proceso de intervención, se presentó la inestabilidad del talud de la CARRERA 10C ESTE entre CALLES 20 y 21 SUR debido a la falta de cohesión de los materiales de la banca de la vía causada por la presencia de escombros y basuras, los que hacían parte de la base de la vía.
- Inadecuados procesos constructivos y falta de acciones correctivas inmediatas para la mitigación del riesgo.

- La obra empezó a construirse con licencia de construcción en trámite.
- No se hicieron estudios a los suelos de la vía y a los del talud.
- No se hizo un estudio de amenaza de remoción en masa para la zona.

De acuerdo a los estudios de suelos los materiales estudiados corresponden a Arcillolitas y de acuerdo con estos resultados, muestran consistencias medias a firmes. En la zona también se encontró la presencia de roca arenisca micácea.

Desde el punto de vista de los tipos de suelos, las pruebas de laboratorio determinaron la presencia de Arcillas de Baja Compresibilidad (CL);

Desde el punto de vista constructivo, la zona es apta para edificar, pues los suelos ofrecen buena capacidad portante. Lo que creó las condiciones de inestabilidad de la banca de la vía, fue la presencia de materiales que no ofrecían cohesión alguna, tales como basuras, escombros y diversos tipos de residuos. Sobre un suelo firme y a través del tiempo, fue depositado un material que posteriormente paso a hacer parte del talud de la CARRERA 10C ESTE y que no tenía las condiciones de cohesión requeridas. Estas anomalías se fueron revelando, desde el momento mismo en que se iniciaron los cortes del talud.

## **CAPITULO 6**

### **PROPUESTAS DE INTERVENCION**

#### **6.1 PLANTEAMIENTO**

Se propone la construcción de un muro para estabilizar la zona. Se planteará la construcción de dos clases de muros diferentes y se compararán las ventajas y desventajas de cada uno de ellos. Finalmente, se seleccionará la alternativa más viable dependiendo de los factores que se mencionan a continuación y que se ordenan por orden de prioridad:

1. Disponibilidad de espacio e interacción con estructuras circundantes.
2. Adaptabilidad a la topografía.
3. Tiempo de construcción.
4. Posibilidad de hacer obras accesorias y necesarias (tuberías, cajas, alcantarillas, etc).
5. Fundación.
6. Drenaje.
7. Mantenimiento.
8. Vida útil.
9. Costo.

En la tabla No.39 se comparan las alternativas considerando algunos de estos ítems. En el numeral 6.4 encontraremos el muro seleccionado y su justificación.

Las dos alternativas propuestas son:

- Muro de contención en concreto reforzado.
- Muro mecánicamente estabilizado con anclajes.

Mientras se elaboran la obra de carácter definitivo (muro)., es necesario emprender varias acciones para minimizar el riesgo y que harán parte del plan de mitigación para la zona:

- Demoler y retirar las partes afectadas de las viviendas.

- Entibar y apuntalar las viviendas afectadas en su fachada.
- Cubrir con plásticos la zona afectada por la pérdida de la banca de la vía y el deslizamiento, para conducir las aguas lluvias hasta la CALLE 20 SUR.
- Solicitar a la alcaldía local autorización, tramite y expedición por resolución de la licencia de construcción para iniciar el proceso de mitigación a desarrollar una vez presentado un plan de trabajo.
- Se debe presentar el esquema de mitigación y obras a realizar para restablecer el tránsito y los servicios públicos sobre la vía y la restauración de las viviendas afectadas.
- Ejecutar la construcción del muro de contención de acuerdo a diseño estructural, sin olvidar la construcción de filtros.
- Hacer retiro manual y mecánico del suelo suelto producto de la caída de la banca de la vía y el deslizamiento.
- Estudiar los títulos de propiedad de las viviendas afectadas.
- Recuperar las fachadas de las viviendas afectadas a sus condiciones iniciales.
- Reconstruir el sistema de alcantarillado “combinado”, preferiblemente no dejar el pozo sobre el relleno de la nueva banca de la vía.
- Realizar la conexión de aguas lluvias y servidas al alcantarillado público.
- Solicitar el apoyo de un ajustador para la mediación de las partes comprometidas en los hechos para restablecer las construcciones.
- Desarrollar la mitigación con plan de trabajo por orden de prioridades de mayor a menor.

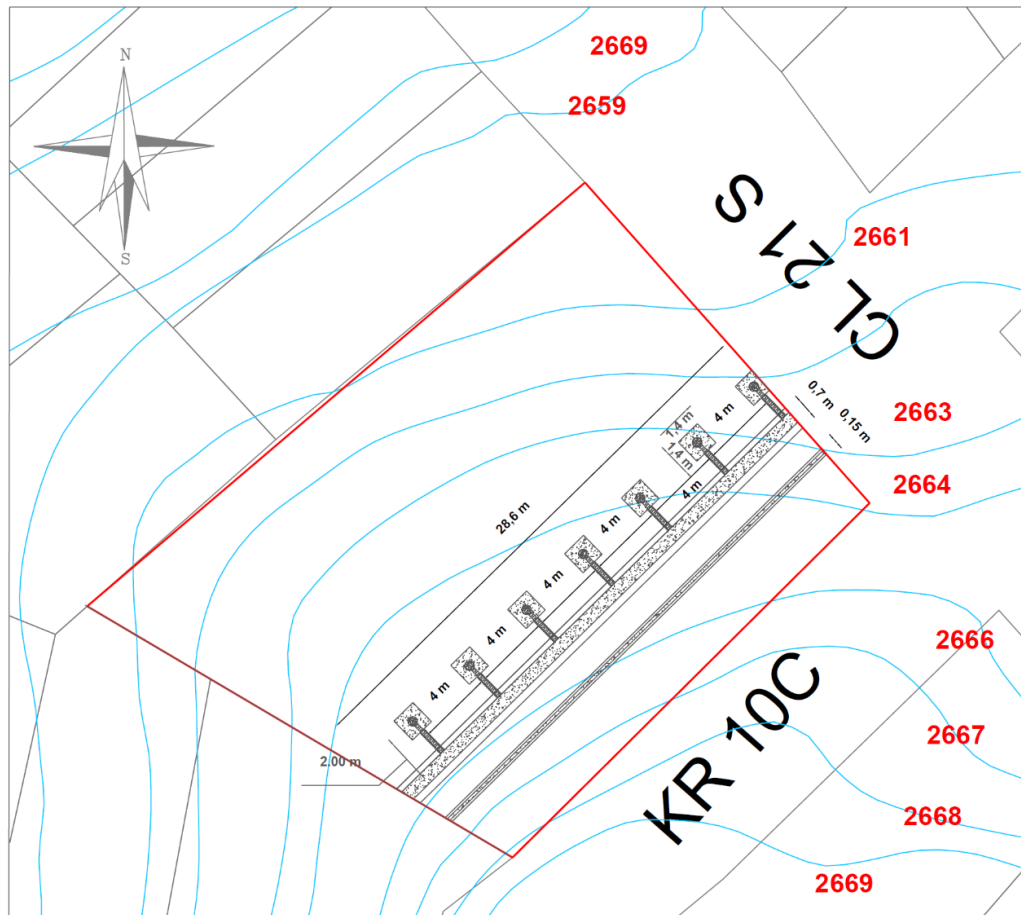
#### **6.1.1 INTERVENCION UNO**

##### **6.1.1.1 DESCRIPCIÓN**

Se propone la construcción de un muro de contención en concreto reforzado en dos niveles con un

sistema de contrafuertes; estos le darán la rigidez y la estabilidad necesarias y le ayudarán a transmitir las

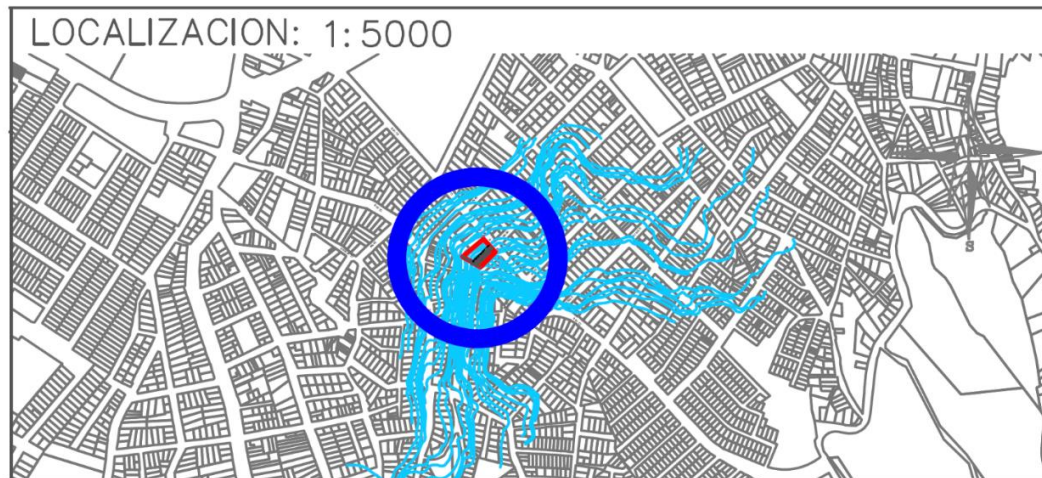
cargas que debe soportar a los suelos de cimentación. En el siguiente levantamiento topográfico podremos observar el muro de contención y su ubicación en el terreno.



PLANTA GENERAL

ESCALA 1:200

**Levantamiento topográfico 4: levantamiento topográfico del muro de contención armado. Fuente: Constructor Parroquia de San Blas.**



*Levantamiento topográfico 5: Localización del muro en el barrio San Blas. Fuente: Constructor Parroquia de San Blas.*

#### 6.1.1.2 MEMORIAS DE CÁLCULO

##### 6.1.1.2.1 Datos iniciales

*Tabla 22: Datos iniciales. Fuente: Plano Muro San Blas*

|                                   |       |                 |         |        |     |
|-----------------------------------|-------|-----------------|---------|--------|-----|
| $q =$                             | 6.00  | $\text{kN/m}^2$ |         |        |     |
| $\gamma =$                        | 19.50 | $\text{kN/m}^3$ | $f'c =$ | 21.00  | Mpa |
| $Ka =$                            | 0.43  |                 | $f_y =$ | 420.00 | Mpa |
| Angulo de fricción ( $\phi$ ) =   | 23.50 |                 | $H =$   | 2.55   | m   |
| Capacidad Portante ( $\sigma$ ) = | 0.20  | Mpa             |         |        |     |

##### 6.1.1.2.2 Predimensionamiento

*Tabla 23: Predimensionamiento. Fuente: Plano Muro San Blas*

|                         |                  |   |
|-------------------------|------------------|---|
| b superior Sugerido     | 0.25             | m |
| b superior Adoptado     | 0.42             | m |
| b inferior Sugerido     | 0.21             | m |
| b inferior Adoptado     | 0.45             | m |
| Base total Sugerido (L) | entre 1.28 y 1.7 | m |
| Base total Adoptado (L) | 1.35             | m |
| Base Sugerido           | 0.45             | m |
| Base Adoptado           | 0.30             | m |
| Talón Sugerido          | 0.45             | m |
| Talón Adoptado          | 0.60             | m |
| h Sugerido              | 0.21             | m |
| h Adoptado              | 0.20             | m |

##### 6.1.1.2.3 Análisis de estabilidad.

##### Volcamiento

Evaluación de las cargas verticales y su momento contra volcamiento con respecto al punto A

**Tabla 24: Evaluación de las cargas verticales y su momento contra volcamiento con respecto al punto A. Fuente: Plano Muro San Blas**

| Cargas (kN)                                           |       | Brazo (A)<br>(m) | Momento $M_A^+$<br>(kN m) |
|-------------------------------------------------------|-------|------------------|---------------------------|
| P1 = $1/2 \cdot 0.030 \cdot 2.35 \cdot 1.00 \cdot 24$ | 0.85  | 0.32             | 0.27                      |
| P2 = $0.42 \cdot 2.35 \cdot 1.00 \cdot 24$            | 23.69 | 0.54             | 12.79                     |
| P3 = $0.2 \cdot 1.35 \cdot 0 \cdot 1.00 \cdot 24$     | 6.48  | 0.68             | 4.37                      |
| P4 = $0.6 \cdot 2.35 \cdot 1.00 \cdot 19.5$           | 27.50 | 1.05             | 28.87                     |
| P5 = $0.6 \cdot 1.00 \cdot 6$                         | 3.60  | 1.05             | 3.78                      |
| Totales                                               |       | 62.11            | 50.09                     |

Evaluación de las cargas horizontales y su momento contra volcamiento con respecto al punto A:

**Tabla 25: Evaluación de las cargas horizontales y su momento contra volcamiento con respecto al punto A. Fuente: Plano Muro San Blas**

|                        |                            |                                               |                         |
|------------------------|----------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------|
| $h' =$                 | 0.31                       | <b>Chequeo Capacidad Portante del Terreno</b> |                         |
| $E_t =$                | 16.92 kN                   | $\Sigma M_A =$                                | 34.31 kN m              |
| $P' =$                 | 2.58 kN/m <sup>2</sup>     | $(X_A) =$                                     | 0.55 m                  |
| $P_{(h+h')} =$         | 23.96175 kN/m <sup>2</sup> | $e =$                                         | 0.12 m                  |
| Brazo =                | 0.93 m                     | $\sigma_{\max} =$                             | 71.09 kN/m <sup>2</sup> |
| $M_A =$                | 15.8 kN m                  | $\sigma_{\min} =$                             | 20.93 kN/m <sup>2</sup> |
| FS =                   | 3.17                       |                                               |                         |
| ok FS Volcamiento >3.0 |                            | ok esfuerzos < que la capacidad portante      |                         |

#### 6.1.1.2.4 Análisis estructural Muro

**Tabla 26: Muro. Fuente: Plano Muro San Blas**

|                               |                        |                              |                        |              |                               |
|-------------------------------|------------------------|------------------------------|------------------------|--------------|-------------------------------|
| $E =$                         | 23.15 kN               | $E' =$                       | 6.06 kN                | $\Sigma E =$ | 29.22 kN                      |
| Cortante: $V_{a-c} =$         | 29.22 kN               | $V_u =$                      | 43.82 kN               | $\phi V_c =$ | 210.34 kN ok $V_u < \phi V_c$ |
| Flexión: $M_{a-c} =$          | 25.26 kN m             | $\phi M_n =$                 | 37.9 kN m              | $d =$        | 0.36 m $\rho = 0.0008$        |
| As repartición =              | 8.7 cm <sup>2</sup> /m | As principal =               | 3.4 cm <sup>2</sup> /m |              |                               |
| <u>Armadura Longitudinal:</u> |                        | <u>Armadura Transversal:</u> |                        |              |                               |
| del lado del relleno =        | Nº 4 c/ 0.37           | del lado del relleno =       | Nº 4 c/ 0.29           |              |                               |
| del lado exterior =           | Nº 4 c/ 0.29           | del lado exterior =          | Nº 4 c/ 0.29           |              |                               |

#### 6.1.1.2.5 Voladizo de la base

**Tabla 27: Voladizo de la base. Fuente: Plano Muro San Blas**

|                       |                         |              |                         |                    |                              |
|-----------------------|-------------------------|--------------|-------------------------|--------------------|------------------------------|
| Cortante: $V_{a-b} =$ | 18.21 kN                | $V_u =$      | 20.04 kN                | $\phi V_c =$       | 64.27 kN ok $V_u < \phi V_c$ |
| Flexión $M_{a-b} =$   | 2.82 kN m               | $\phi M_n =$ | 4.22 kN m               | $\rho = 0.000086$  |                              |
| As mínimo =           | 1.20 cm <sup>2</sup> /m | As =         | 0.31 cm <sup>2</sup> /m | Nº 3 c/ 0.59 Abajo |                              |

#### 6.1.1.2.6 Voladizo del talón

**Tabla 28: Voladizo del talón. Fuente: Plano Muro San Blas**

|                            |                         |              |                          |                     |                              |
|----------------------------|-------------------------|--------------|--------------------------|---------------------|------------------------------|
| Cortante: $\sigma_{c-e} =$ | 30.96 kN/m <sup>2</sup> | $V_u =$      | 20.25 kN                 | $\phi V_c =$        | 64.27 kN ok $V_u < \phi V_c$ |
| $V_{c-e} =$                | 18.41 kN                | $\phi M_n =$ | 8.74 kN m                | $\rho = 0.000179$   |                              |
| Flexión: $M_{c-e} =$       | 5.82 kN m               | As =         | 0.643 cm <sup>2</sup> /m | Nº 3 c/ 1.10 Arriba |                              |

### 6.1.1.3 DETALLES CONSTRUCTIVOS

#### 6.1.1.3.1 Detalle muro sección 2

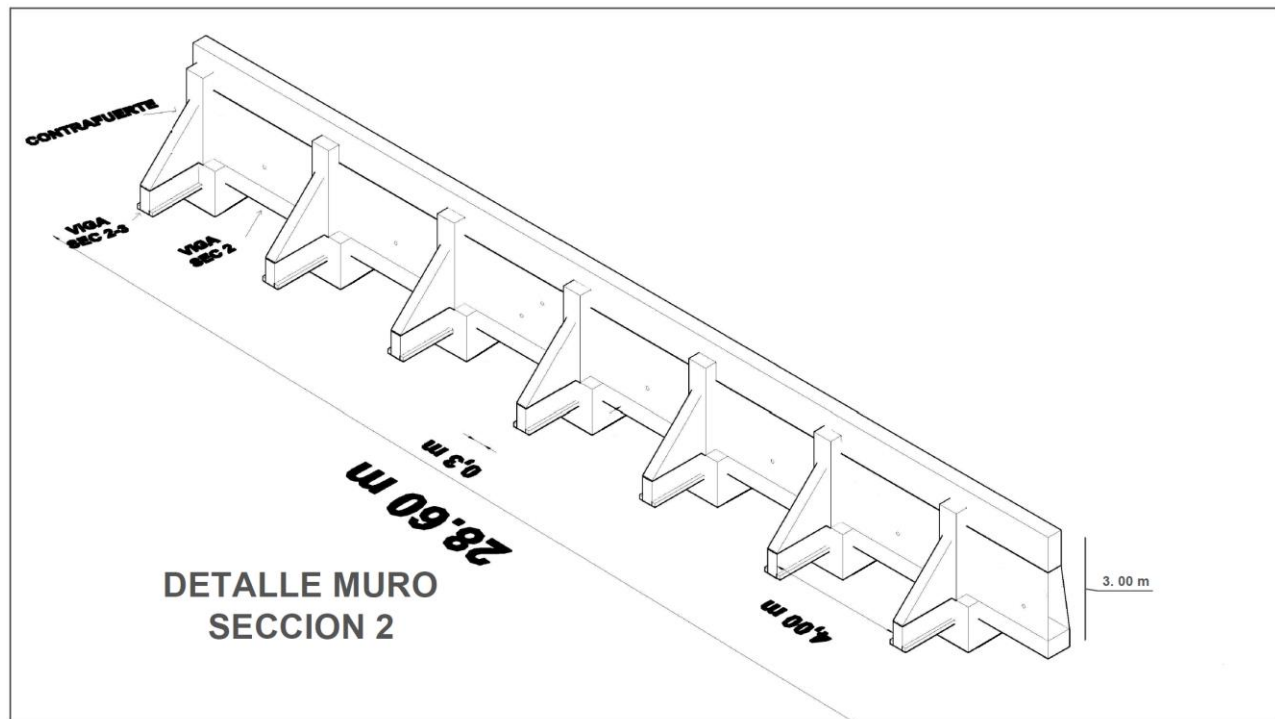


Figura 30: Detalle muro sección 2. Fuente: Plano Muro San Blas

#### 6.1.1.3.2 Detalle lloraderos

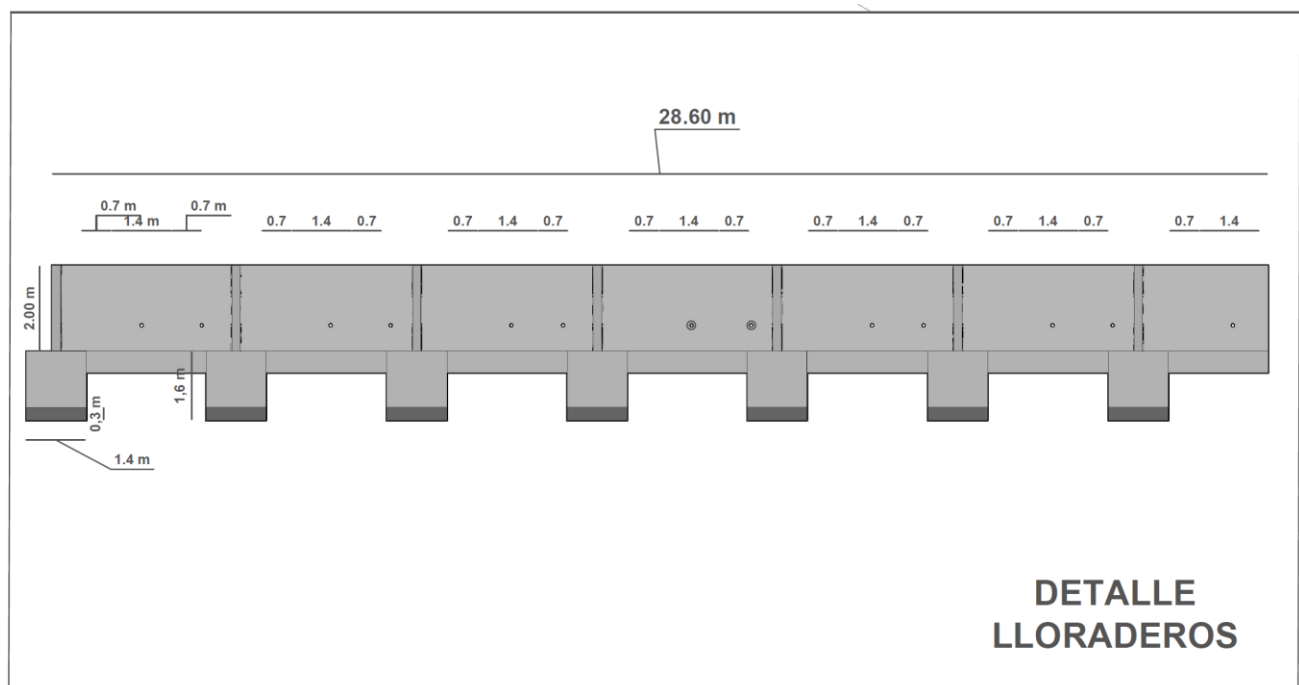
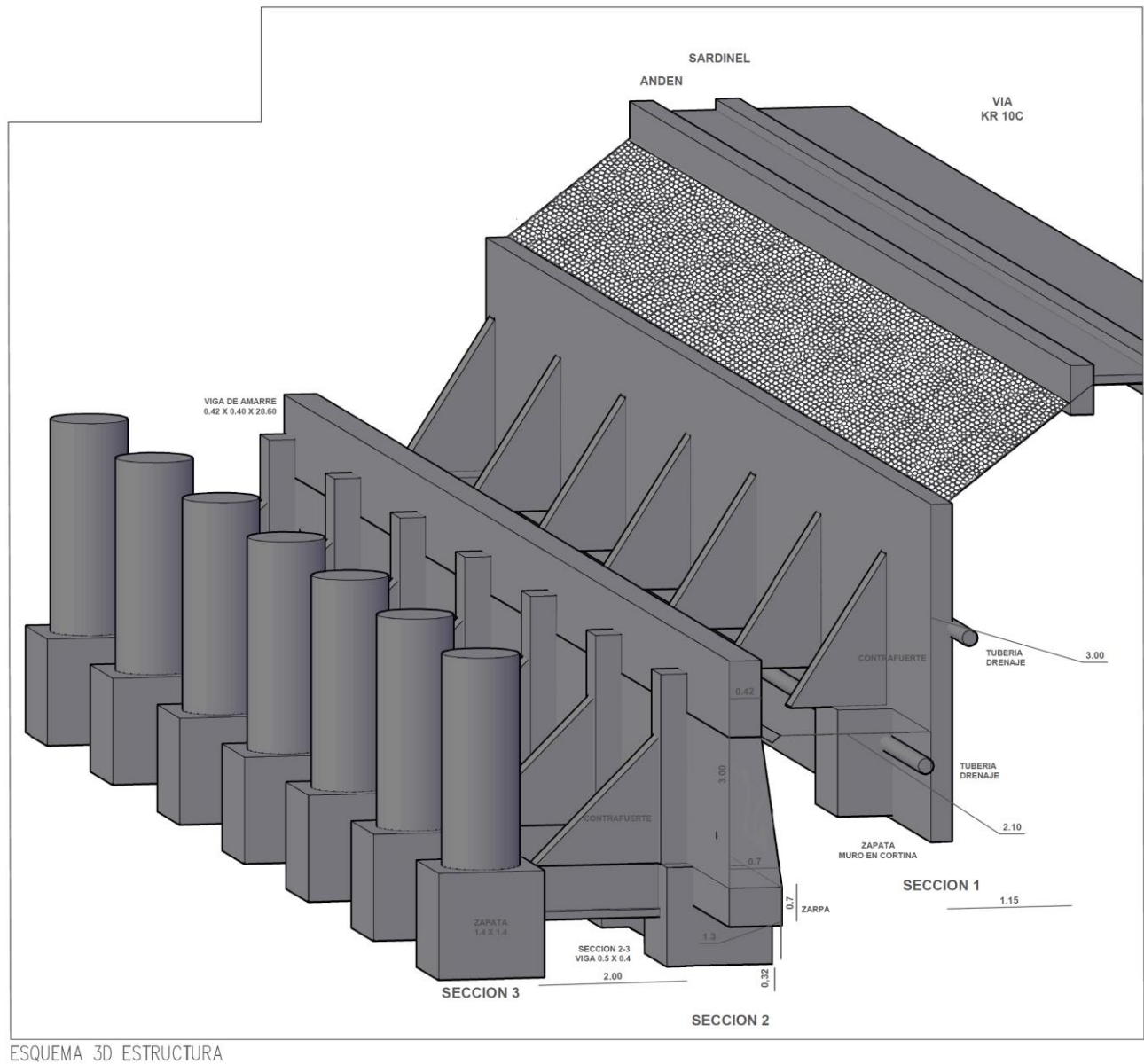


Figura 31: Detalle lloraderos. Fuente: Plano Muro San Blas

### 6.1.1.3.3 Esquema 3D estructura

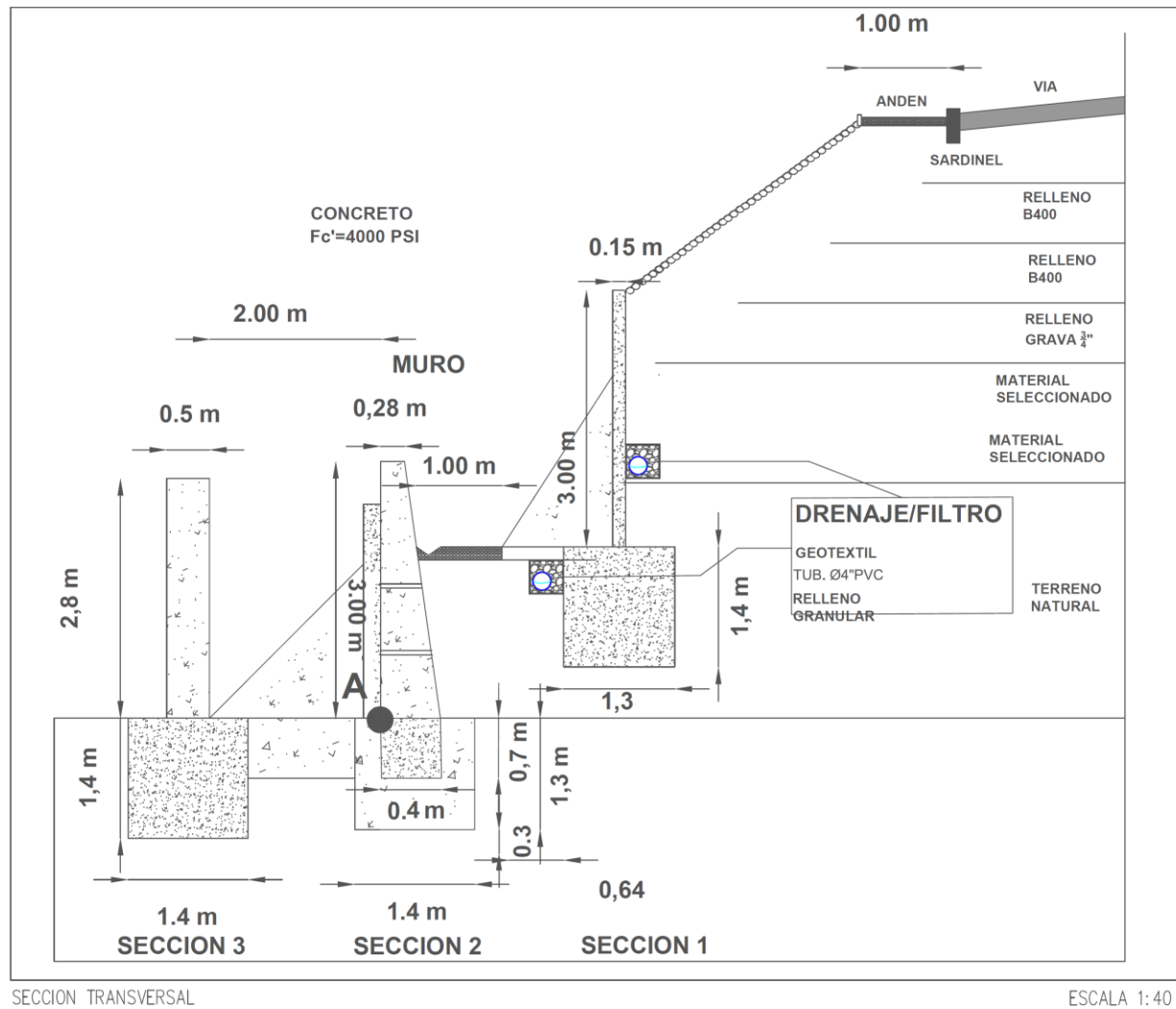


ESQUEMA 3D ESTRUCTURA

**Figura 32: Esquema 3D estructura. Fuente: Plano Muro San Blas**

**Nota: La sección 3 hace parte de la estructura de la iglesia y es totalmente independiente del muro de contención.**

#### 6.1.1.3.4 Sección transversal



**Figura 33: Sección transversal. Fuente: Plano Muro San Blas**

6.1.1.3.5Detalle refuerzo

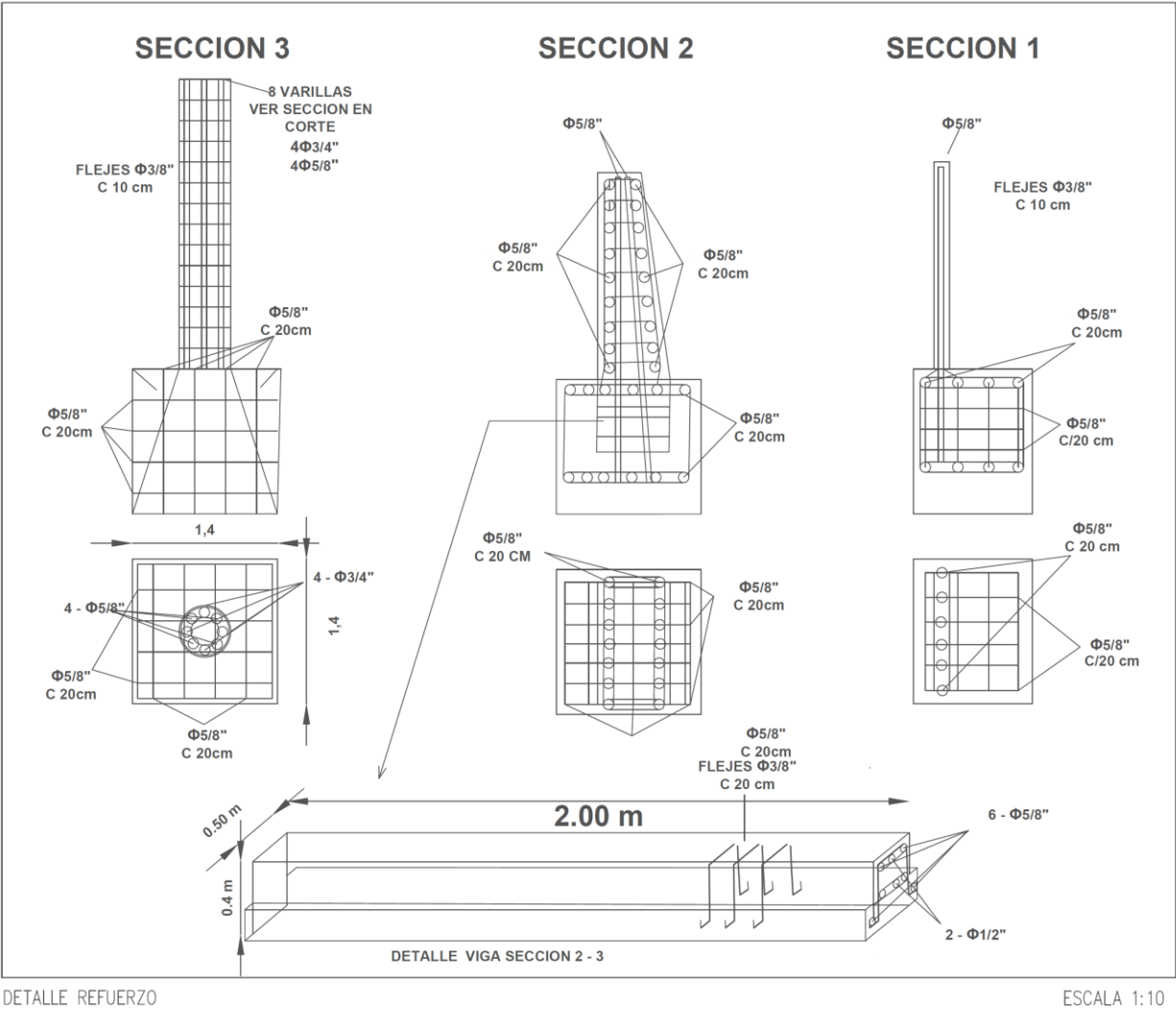


Figura 34: Detalle de los refuerzos. Fuente: Plano Muro San Blas

## 6.1.2 PRESUPUESTO

**Tabla 29: Presupuesto general de construcción muro de concreto reforzado.**

| PRESUPUESTO GENERAL DE CONSTRUCCIÓN MURO DE CONCRETO REFORZADO |                                                 |                |            |                   |                    |
|----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------|------------|-------------------|--------------------|
|                                                                | ITEM                                            | UNIDAD         | CANTIDAD   | \$ VALOR UNITARIO | \$ VALOR TOTAL     |
| 1                                                              | Diseño estructural (incluye estudio de suelos). | Global         | 1          | 5.000.000         | 5.000.000          |
| 2                                                              | Localización y replanteo                        | Metro lineal   | 38.30*     | 20.000            | 766.000            |
| 3                                                              | Excavación manual                               | m <sup>3</sup> | 343.98*    | 22.000            | 7.567.560          |
| 4                                                              | Excavación en roca                              | m <sup>3</sup> | 229.32*    | 90.000            | 20.638.800         |
| 5                                                              | Concretos                                       | m <sup>3</sup> | 143.369*   | 650.000           | 93.189.850         |
| 6                                                              | Acero                                           | Kig            | 15.770.80* | 2.500             | 39.426.475         |
| 7                                                              | Rellenos                                        | m <sup>3</sup> | 147        | 70.000            | 10.290.000         |
| 8                                                              | Filtro de drenaje                               | Metro lineal   | 27.30*     | 85.000            | 2.320.500          |
| 9                                                              | Retiro de escombros y material de excavación.   | m <sup>3</sup> | 573.30     | 20.000            | 11.466.000         |
| <b>VALOR TOTAL</b>                                             |                                                 |                |            |                   | <b>190.665.185</b> |

- \* El metro lineal de la localización y replanteo corresponde a la suma de la longitud de los dos muros: 27.30 m + 11 m = 38.30 m
- \* Se considera que la excavación manual corresponde al 60% del total de material excavado (573.30 m<sup>3</sup>) y el restante a excavación mecánica realizada con taladro neumático.
- \* Se calcula que la cantidad del concreto empleado para el muro es de 97.98 m<sup>3</sup>.
- \* La cantidad de acero de refuerzo obedece a lo que debe contener un metro cubico de concreto: 110 Kig/m<sup>3</sup>, luego el total de acero de refuerzo necesario es: 110 Kig/m<sup>3</sup> x 143.369 m<sup>3</sup>= 15.770.59. Kig.
- \* El valor del concreto obedece a la resistencia de un concreto impermeabilizado de 4.000 psi.
- \* El relleno utilizado es base 400.
- \* Filtro de drenaje de 0.40m x 0.40m.

**Tabla 30: Presupuesto general de construcción de la vía con obras accesorias.**

| CÁLCULO VALOR APROX. POR METRO LINEAL<br>CONSTRUCCIÓN A PRECIO ACTUAL DE UNA VIA EN<br>LOSAS DE CONCRETO DE 3.70 METROS DE ANCHO POR<br>0.15 METROS DE ESPESOR |                                     |                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------|
| ITEM                                                                                                                                                           |                                     | \$ VALOR          |
| 1                                                                                                                                                              | Base y sub-base vía                 | 112.000           |
| 2                                                                                                                                                              | Concreto vía                        | 315.000           |
| 3                                                                                                                                                              | Concreto sardineles                 | 80.000            |
| 4                                                                                                                                                              | Recebo andén                        | 16.000            |
| 5                                                                                                                                                              | Concreto andén                      | 48.000            |
| 6                                                                                                                                                              | Acero sardinel y andén              | 25.000            |
| 7                                                                                                                                                              | Malla electrosoldada para losas     | 120.000           |
| 8                                                                                                                                                              | Maquinaria                          | 65.000            |
| 9                                                                                                                                                              | Mano de obra 20%                    | 156.200           |
| <b>VALOR TOTAL VIA POR ML</b>                                                                                                                                  |                                     | <b>937.200</b>    |
| OBRAS ACCESORIAS                                                                                                                                               |                                     |                   |
| ITEM                                                                                                                                                           |                                     | \$ VALOR          |
| 10                                                                                                                                                             | Construcción Pozo                   | 4.000.000         |
| 11                                                                                                                                                             | Construcción alcantarilla           | 600.000           |
| 12                                                                                                                                                             | Instalación tubería (\$ 180.000 ml) | 2.250.000         |
| 13                                                                                                                                                             | No se incluye la señalización       | 0                 |
| 14                                                                                                                                                             | Mano de obra 20%                    | 920.000           |
| <b>VALOR TOTAL</b>                                                                                                                                             |                                     | <b>7.770.000</b>  |
| <b>VALOR TOTAL VIA MAS OBRAS<br/>ACCESORIAS</b>                                                                                                                |                                     | <b>52.755.600</b> |

\* Metros de vía afectados: 48 metros

$$\begin{aligned} * \quad & \text{Valor total de la vía a precio actual} = (\text{largo} \times \text{valor metro lineal}) + \text{valor} \\ & \text{obras accesorias} = 48 \text{ m} \times (937.200) + (7.770.000) = \$ 52.755.600 \end{aligned}$$

## 6.2 INTERVENCIÓN DOS

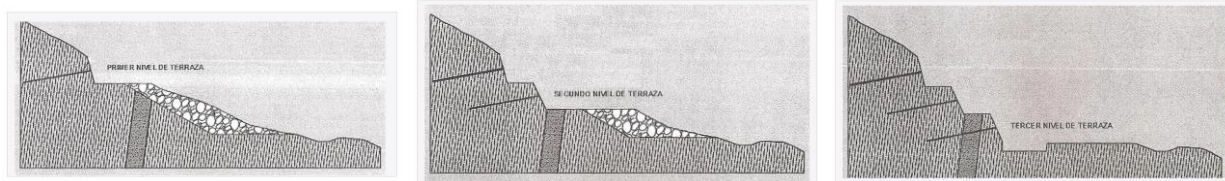
### 6.2.1 DESCRIPCIÓN

Se propone efectuar inicialmente un trabajo de estabilización temporal de la ladera y posteriormente hacer la recuperación morfológica del sitio mediante la construcción de un muro de suelo mecánicamente estabilizado (SME).

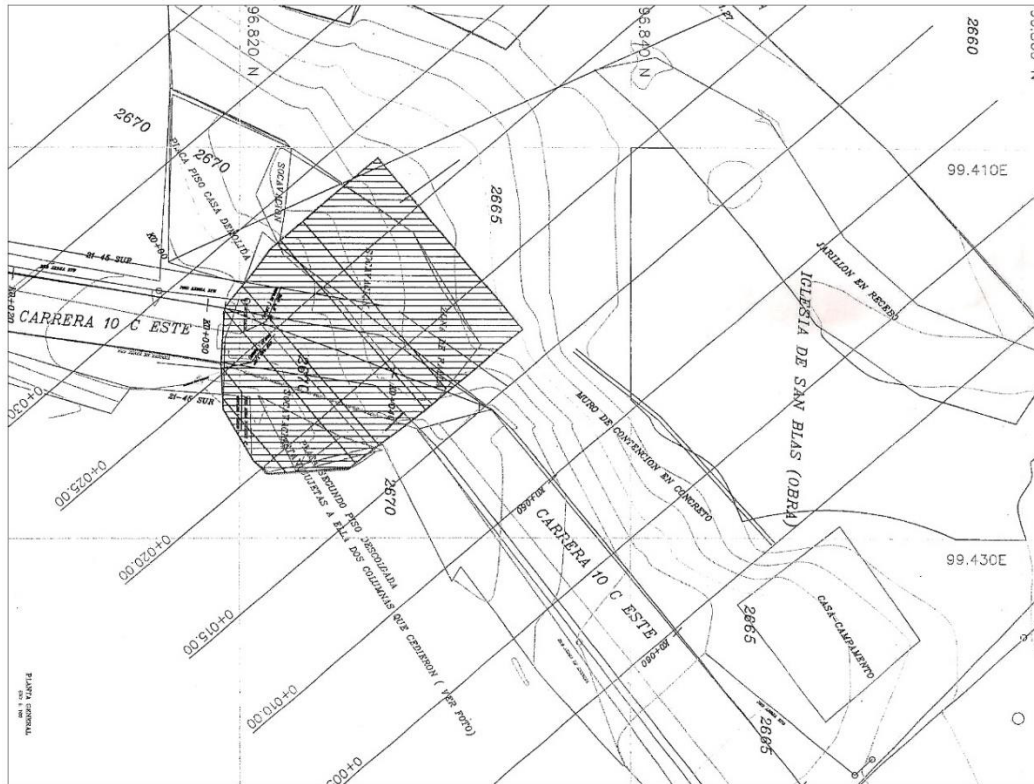
Se propone efectuar un terraceo, anclado por etapas, mediante el siguiente proceso constructivo general:

- Etapa 1: Retiro de materiales deslizados y de un primer nivel de roca para conformar una terraza de 3 metros de altura, medidos a partir de la corona del escarpe de falla existente; cuando se alcance la mitad de la altura de la excavación, se instalará una línea de anclajes.
- Etapa 2: Conformación de una nueva terraza a una cota inferior de la pata de la anterior, retirando un segundo nivel de roca y de suelos deslizados; cuando se alcance la mitad de la altura de la excavación, se instalará una línea de anclajes.
- La etapa 2 se repite hasta que alcance la cota final de diseño y quede completamente anclado el escarpe de falla.

La secuencia de excavación y soporte temporal se presentan en las figuras 35 a 37:



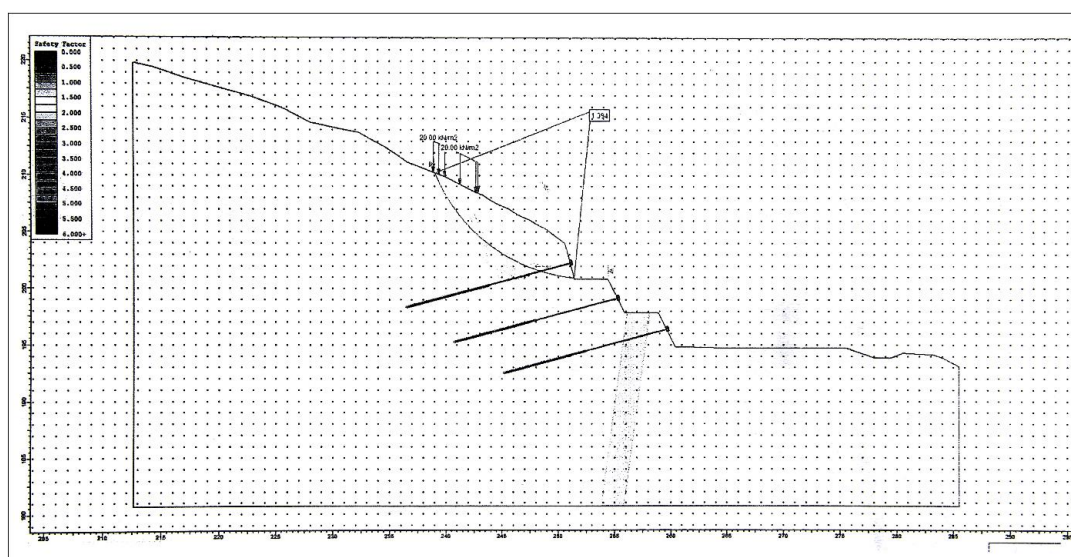
*Figura 35, Figura 36, Figura 37: Anclajes de retención en los terracedos temporales.*



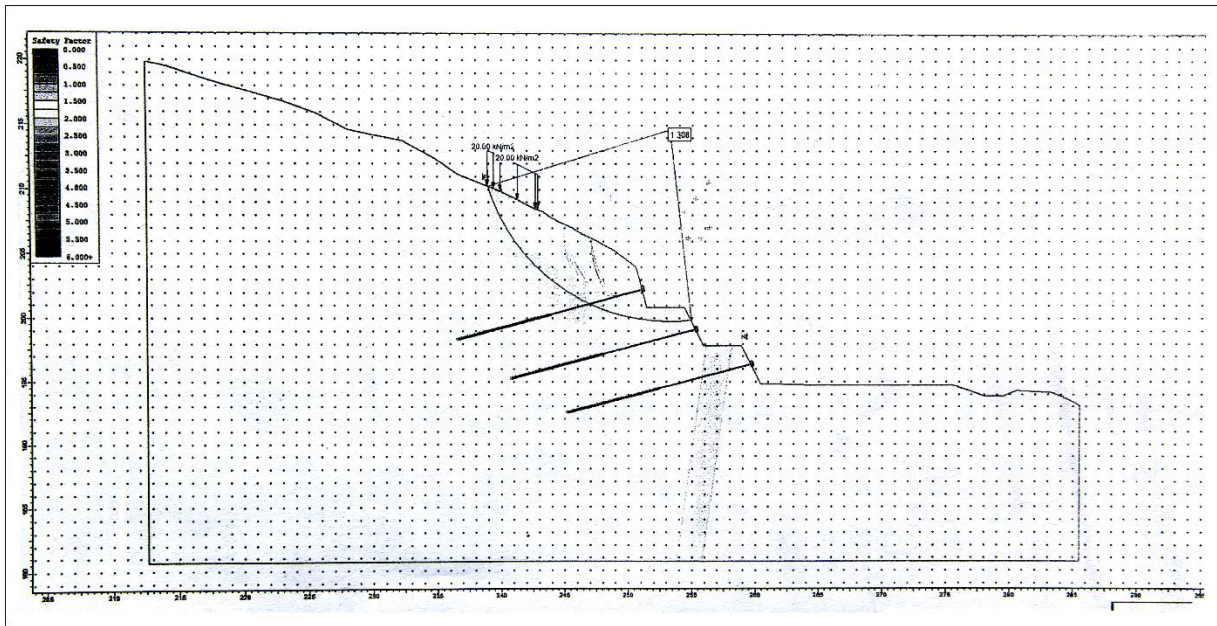
**Levantamiento topográfico 6: Levantamiento topográfico del espacio que ocuparía el muro mecánicamente estabilizado. Fuente: Constructor Parroquia de San Blas.**

El análisis de estabilidad de cada una de las etapas de excavación del terreno para la estabilización de la ladera antes de instalar el muro de tierra reforzada con geomallas se presenta desde la gráfica No.5 a la

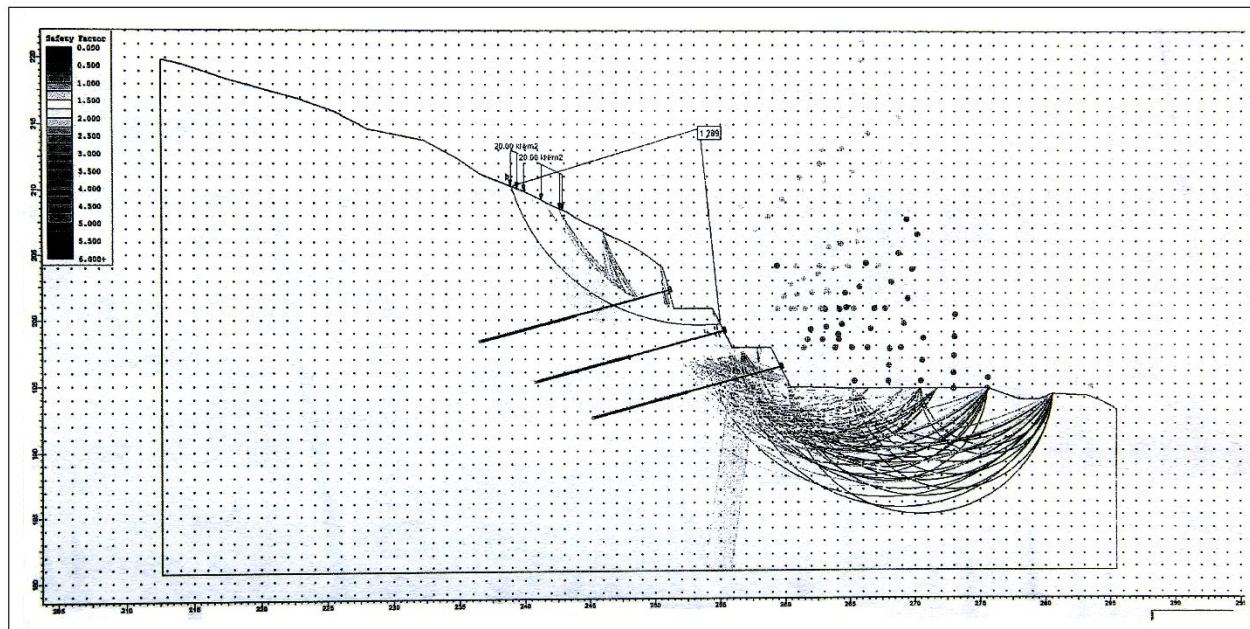
gráfica No.7:



**Gráfica 5: Determinación de cargas en anclajes de retención en terracedos temporales- Etapa de excavación 1.**



Gráfica 6: Determinación de cargas en anclajes de retención en terracedos temporales- Etapa de excavación 2.



Gráfica 7: Determinación de cargas en anclajes de retención en terracedos temporales- Etapa de excavación 3.

De acuerdo con los análisis, realizados con la ayuda del programa Slide, se requieren las siguientes características para los anclajes activos requeridos:

**Tabla 31: Características de los anclajes.**

| CARACTERISTICAS DE LOS ANCLAJES |             |
|---------------------------------|-------------|
| ITEM                            | DESCRIPCION |
| Carga de tensionamiento         | 250 KN      |
| Separación horizontal           | 2.0 m       |
| Numero de torones               | 3           |
| Diámetro de torones             | ½"          |
| Carga por Torón                 | 84 KN       |

Además de estas obras, se propone que los anclajes se vinculen entre sí con un manto de malla electrosoldada con diámetro D=6 mm y abertura de malla de 15.0cm.

### 6.2.2 MURO DE SUELO MECANICAMENTE ESTABILIZADO

En este caso se propone el uso de un muro de tierra reforzada con geomallas apoyado en el estrato portante identificado en la exploración geotécnica realizada; para esto es necesario establecer el espesor de las capas de construcción de la obra considerando el uso de geomallas uniaxiales tipo Fortgrid UX-100 o similar, con resistencia nominal de 100 KN.

La resistencia para análisis geotécnicos se obtiene reduciendo la resistencia nominal con los siguientes factores de seguridad:

**Tabla 32: Factores de seguridad.**

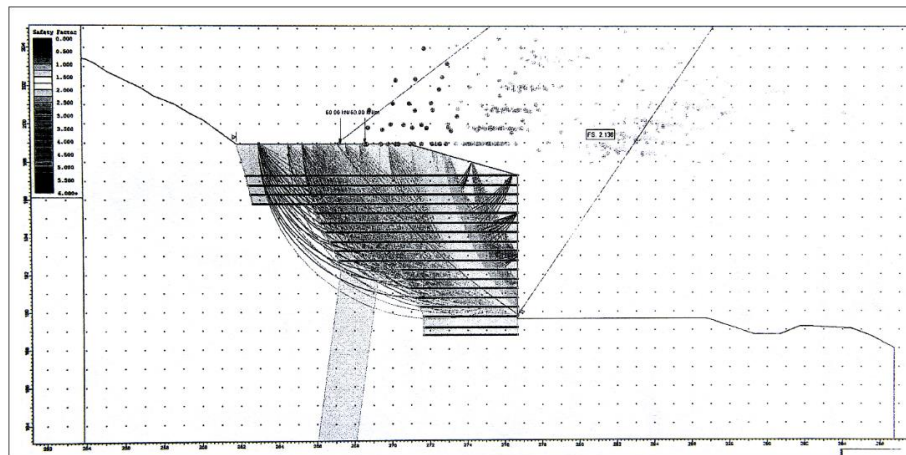
| FACTORES DE SEGURIDAD |      |
|-----------------------|------|
| ITEMS                 |      |
| Instalación           | 1.50 |
| Creep                 | 1.58 |
| Durabilidad           | 1.15 |

Se realizó un análisis para una condición estática y para sismo; en este último caso se tuvieron en cuenta los parámetros establecidos para la zona del proyecto por el decreto 523 de 2010 y que corresponden a los siguiente:

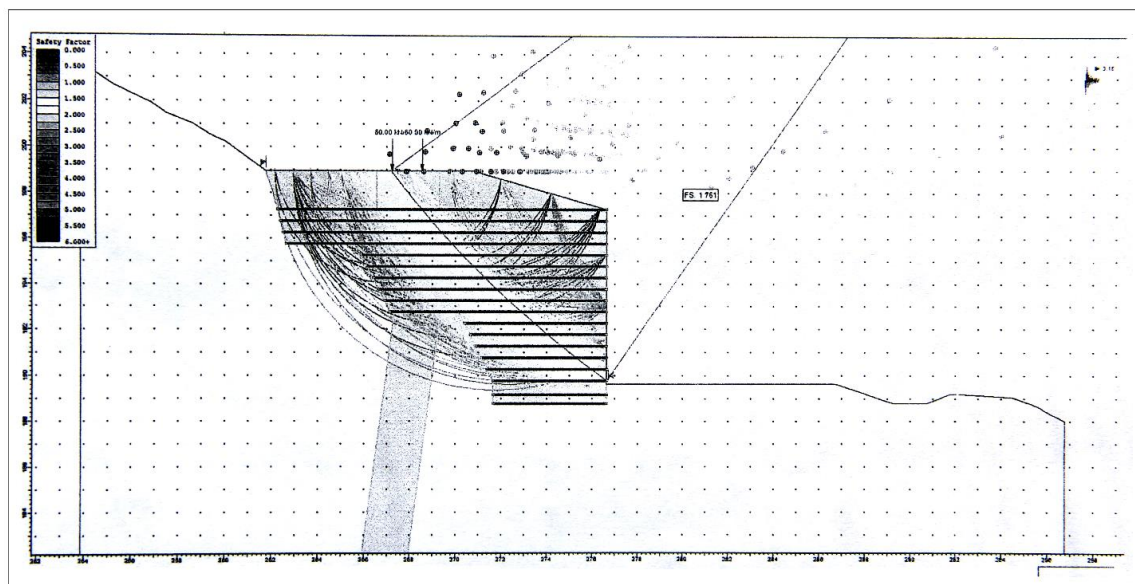
**Tabla 33: Parámetros.**

| PARAMETROS                             |        |
|----------------------------------------|--------|
| Zona de respuesta sísmica              | Cerros |
| Coefficiente de aceleración horizontal | 0.18   |
| A <sub>0475</sub>                      |        |

En los cálculos realizados con la ayuda del programa Slide, se encontró que pueden emplearse capas de 0.50 m de espesor para la construcción del muro en Tierra Reforzada con geomallas, tal como se muestra en las memorias de análisis de las gráficas No.8 y 9, que muestran los análisis en condición estática y seudoestática:

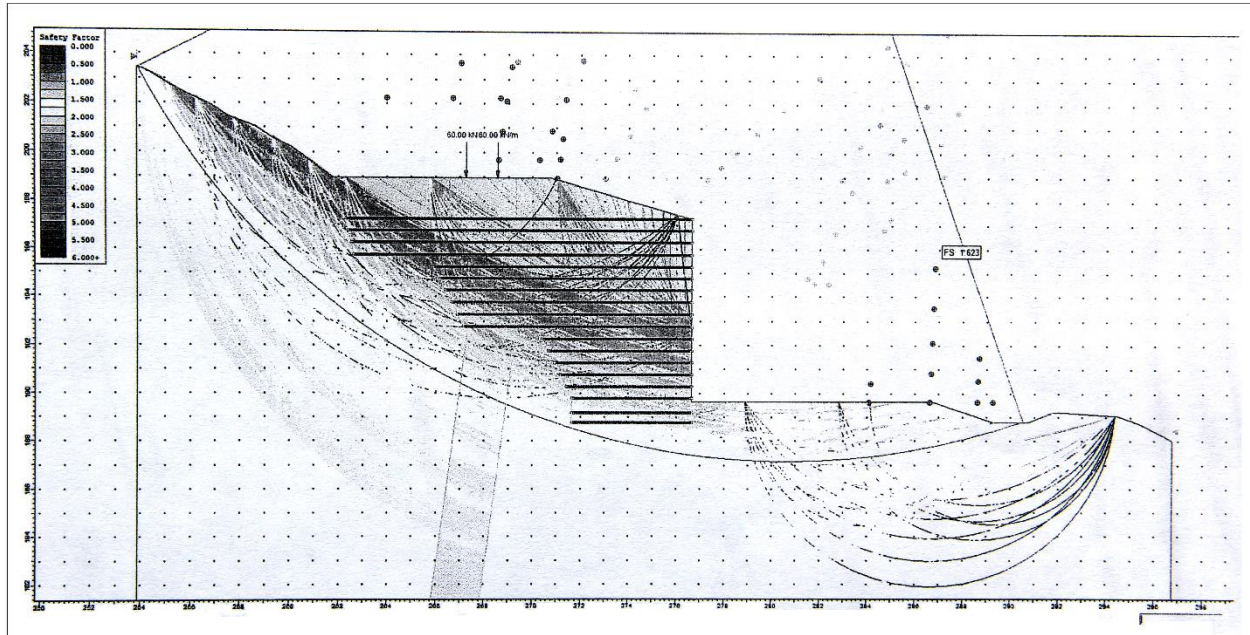


**Gráfica 8: Análisis de estabilidad interna del muro en suelo mecánicamente estabilizado propuesto - Condición estática.**

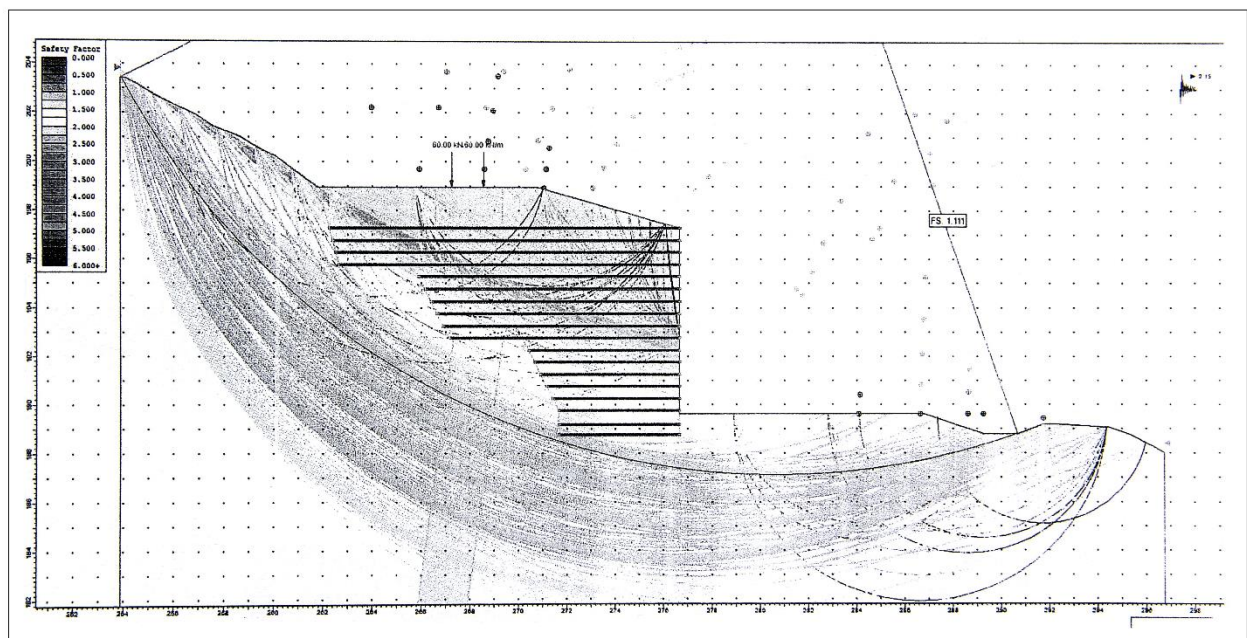


**Gráfica 9: Análisis de estabilidad interna del muro en suelo mecánicamente estabilizado propuesto - Condición bajo sismo.**

Los análisis de estabilidad global de la solución propuesta se presentan en las gráficas 10 y 11.



**Gráfica 10: Análisis de estabilidad global del muro en suelo mecánicamente estabilizado propuesto - Condición estática.**



**Gráfica 11: Análisis de estabilidad global del muro en suelo mecánicamente estabilizado propuesto - Condición bajo sismo.**

### **6.2.3 CAPACIDAD PORTANTE DEL TERRENO**

El valor de la capacidad portante admisible para cimentaciones superficiales se calcula mediante la expresión:

$$\text{Esfuerzo}_{\text{admisible}} = 5.14 c_u / FS$$

Para una resistencia no drenada  $c_u$  de 145.2 KN/m<sup>2</sup> y un Factor de Seguridad de 3.0 se obtiene un valor de capacidad portante admisible de 248.8 KN/m<sup>2</sup>.

Para una altura de muro de 10 metros la presión de contacto máxima aplicada es de 190.0 KN/m<sup>2</sup>, considerando un peso unitario de relleno de 19.0 KN/m<sup>2</sup>, con lo cual las cargas esperadas por la presencia del muro son inferiores a la admisible.

### **6.2.4 RECOMENDACIONES DE CONSTRUCCION**

Debido a la presencia de viviendas y otras estructuras alrededor de la zona inestable, es conveniente la realización de Actas de Vecindad que permitan conocer el estado de las edificaciones antes y durante la ejecución de la obra.

Es necesario retirar o demoler los elementos que puedan desprenderse y afectar los trabajos de construcción, tales como losas, bloques inestables, postes y fragmentos de muros y tuberías de alcantarillado.

### **6.2.5 EXCAVACION DE TERRAZAS**

Como ya se indicó, el proceso de estabilización temporal deberá hacerse por etapas; la conformación de un nuevo nivel de terraza no deberá iniciarse hasta que se haya completado la instalación de los anclajes de sostenimiento de la anterior.

La excavación de cada nivel requiere el retiro de material deslizado y de material rocoso, obteniendo una plataforma de trabajo temporal cuya cota no deberá ser inferior a la de la terraza proyectada respectiva,

toda vez que, a cualquier cota, la plataforma se apoyará al menos parcialmente sobre los suelos deslizados, por lo cual, se recomienda contener temporalmente la pata del movimiento con un dique de tierra de unos 3.0 metros de altura que restrinja el movimiento del depósito.

La instalación de anclajes podrá hacerse por el método de presillas, a fin de no efectuar la totalidad de la excavación de la terraza; en cada sitio de anclaje deberá instalarse, antes de colocar el dado y de iniciar el tensionamiento, una malla electrosoldada para protección del talud, la cual finalmente quedará adosada al elemento. Estas mallas deberán traslaparse, con un solape de 0.50 metros con las de los anclajes vecinos una vez se complete la excavación de cada nivel.

Se prevé que los anclajes se construyan con tres (3) Torones Grado 13 de 12.7mm (0.50 in), tensionados a 84 KN cada uno, la longitud total de anclaje es de 15.0 m, con un bulbo de 7.5 m de longitud y diámetro mínimo de 0.10 m. la carga total de tensionamiento es de 250.0 KN como mínimo.

Las plataformas de trabajo deberán mantenerse libres de encharcamientos, esto con el fin de evitar la desestabilización del deslizamiento por saturación.

En caso de considerarse necesario y dependiendo de la condición de los materiales que se expongan en la excavación temporal, las paredes podrán protegerse con mortero.

#### **6.2.6 CONSTRUCCION DEL MURO DE SUELO MECANICAMENTE ESTABILIZADO**

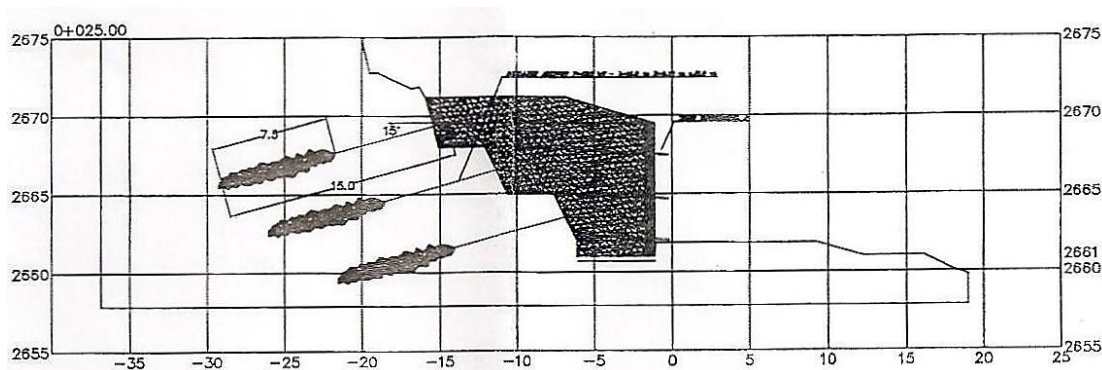
El espaldón y las zonas laterales del muro deberán tener adosado un Geodren Planar con diámetro no inferior a 3", esto con el propósito de reducir la posibilidad de generar presiones de poros dentro del muro; adicionalmente deberán instalarse drenes horizontales de 3", ubicados en cada nivel de terraza, para facilitar el drenaje de aguas que puedan llegar a la estructura.

La base del muro en Tierra Reforzada con Geomallas deberá apoyarse en un estrato portante de consistencia adecuada y suficiente y siempre por debajo de la superficie de falla actual en el sitio.

Se recomienda que antes de iniciar los trabajos de conformación del muro, se instale una capa de concreto de limpieza de 5.0 cm de espesor que permita restringir la contaminación de los rellenos a emplear en la obra.

Para el caso de la construcción del muro en tierra Reforzada con Geomalla propuesto, es necesario que las capas se compacten en espesores de máximo 25.0 cm cada uno; el grado de compactación mínimo que se exigirá será del 95% del Proctor modificado del material, el cual además no deberá tener propiedades expansivas ni ser dispersivo en presencia de agua. De ser posible, las capas del muro de contención deberán ser compactadas con ayuda de equipo pesado.

Se recomienda que el material de conformación del muro cumpla con las exigencias del *Artículo 610 - Rellenos para Estructuras*, de las especificaciones generales *de Construcción de Carreteras del Instituto Nacional de Vías*.



Gráfica 12: Muro en suelo mecánicamente estabilizado propuesto con anclajes.

6.2.7 PRESUPUESTO

Tabla 34: Presupuesto general muro mecánicamente estabilizado.

| PRESUPUESTO MURO MECÁNICAMENTE ESTABILIZADO |                                    |                |          |                   |                |
|---------------------------------------------|------------------------------------|----------------|----------|-------------------|----------------|
| ITEM                                        |                                    | UNIDAD         | CANTIDAD | \$ VALOR UNITARIO | \$ VALOR TOTAL |
| 1                                           | Diseño                             | Global         | 1        | 2.000.000         | 2.000.000      |
| 2                                           | Localización y replanteo           | m <sup>2</sup> | 62.5     | 2.500             | 156.250        |
| 3                                           | Excavación manual (Material común) |                | 42       | 25.000            | 1.050.000      |
| 4                                           | Excavación manual en roca          | m <sup>3</sup> | 25       | 45.000            | 1.125.000      |

|                    |                                                                                      |                |             |         |            |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-------------|---------|------------|
| 5                  | Retiro de escombros (Viajes)                                                         |                | 67          | 114.925 | 7.700.000  |
| 6                  | Drenaje (Incluido Geotextil)                                                         | ml             | 24          | 256.000 | 6.144.000  |
| 7                  | Geomallas (Geomallas uniaxiales tipo Fortgrid UX-100, capas de 0.25 m).              | m2             | 2.500       | 3.500   | 8.750.000  |
| 8                  | Geodren planar (Diámetro no inferior a 3").                                          | m <sup>2</sup> | 125         | 4.500   | 562.500    |
| 9                  | Capa de concreto de limpieza de 7 cm                                                 | m <sup>3</sup> | 4.375       | 350.000 | 1.531.250  |
| 10                 | Compactación (Compactación en espesores de máximo 25 cm) incluye transporte Benitón. | Hora           | 32 (4 días) | 40.000  | 1.280.000  |
| 11                 | Relleno para estructura                                                              | m <sup>3</sup> | 312.5       | 65.000  | 20.312.500 |
| 12                 | Anclajes (9 anclajes de 15 m)                                                        | ml             | 135         | 171.700 | 23.179.500 |
|                    |                                                                                      |                |             |         | 73.791.000 |
| 13                 | Obras accesorias (30% del valor total)                                               | Global         |             |         | 22.137.300 |
| <b>VALOR TOTAL</b> |                                                                                      |                |             |         | 95.928300  |

\* El metro lineal de la localización y replanteo corresponde al área que ocupa el muro mecánicamente estabilizado: 12.5 m x 5 m: 62,5 m<sup>2</sup>.

\* Las capas de Geomalla son de 0.25 cm por metro, es decir 4 por metro, en 10 metros (altura del muro) son 40 capas de 0.25 cm. Total: 40 x 62.5 m<sup>2</sup> = 2.500m<sup>2</sup>

\* El Geodren planar cubre la cara frontal del muro: 12.5m x 10 m = 125 m<sup>2</sup>

\* La construcción del muro implica hacer 40 bolsas.

\* Se consideran 9 anclajes de 15 m cada uno. 15m x 9 = 135m. Cada anclaje cuesta: \$ 2.575.000

### 6.3 COMPARACION DE LAS ALTERNATIVAS PROPUESTAS

*Tabla 35: Comparación de las alternativas propuestas.*

| COMPARACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS PROPUESTAS |                                                                                                                             |                                                                                                           |                                                 |
|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
|                                            | CRITERIOS DE COMPARACIÓN                                                                                                    | MURO DE CONTENCIÓN DE CONCRETO                                                                            | MURO MECANICAMENTE ESTABILIZADO CON ANCLAJES    |
| 1                                          | Localización del muro propuesto, su posición relativa con relación a otras estructuras y la relación de espacio disponible. | No requiere gran cantidad de espacio.                                                                     | Alta disponibilidad de espacio para contención. |
| 2                                          | Altura de la estructura propuesta y la topografía resultante.                                                               | Puede emplearse en alturas grandes (superiores a diez metros) previo diseño estructural y de estabilidad. |                                                 |
| 3                                          | Condiciones del terreno y agua freática.                                                                                    | Control de aguas freáticas.                                                                               | Control de aguas freáticas.                     |
| 4                                          | Movimiento del terreno.                                                                                                     | Menor.                                                                                                    | Elevado.                                        |
| 5                                          | Vida útil de la estructura.                                                                                                 | Elevada.                                                                                                  | Menor.                                          |
| 6                                          | Efecto del movimiento de tierras durante la construcción en muros vecinos, estructuras o servicios.                         | Menor.                                                                                                    | Elevada.                                        |
| 7                                          | Disponibilidad de los materiales.                                                                                           | Total disponibilidad.                                                                                     | Total disponibilidad.                           |

|    |                                                                            |                                                |                                           |
|----|----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 8  | Tiempo disponible para la construcción.                                    | Mayor tiempo.                                  | Menor tiempo.                             |
| 9  | Apariencia.                                                                |                                                |                                           |
| 10 | Mantenimiento.                                                             | Requiere de mantenimiento rutinario.           | Requiere de reparaciones mayores.         |
| 11 | Comportamiento, (estabilidad, flexibilidad, rigidez).                      | Rigido y estable.                              | Flexible.                                 |
| 12 | Facilidad de construcción                                                  | Requieren de formaletas especiales.            | Facil de construir.                       |
| 13 | Adaptabilidad a la topografía.                                             | Facilmente adaptable.                          | Facilmente adaptable.                     |
| 14 | Fundación                                                                  | Requiere de buen piso de cimentación.          | Puede construirse en fundaciones debiles. |
| 15 | Tolerancia a sentamientos diferenciales                                    | Poca tolerancia a asentamientos diferenciales. | Tolera asentamientos diferenciales.       |
| 16 | Reconstrucción o reparación                                                | Reparaciones complejas.                        | Facilmente reparable.                     |
| 17 | Empuje de cargas                                                           | Elevada.                                       | Elevada.                                  |
| 18 | Presupuesto                                                                | Elevado.                                       | Económico.                                |
| 19 | Peso                                                                       | Poco peso.                                     | Estructura masiva por gravedad.           |
| 20 | Posibilidad de construcción de otras estructuras en la zona de contención. | No tiene inconvenientes.                       | Minima.                                   |
| 21 | Durabilidad de los materiales.                                             | Elevada.                                       | Materiales degradables.                   |
| 22 | Ductilidad ante la aparición de una falla                                  | Minima.                                        | Elevada.                                  |
| 23 | Drenaje.                                                                   | Requiere de buen drenaje.                      | Requiere de buen drenaje.                 |
| 24 | Profundidad de cimentación.                                                |                                                |                                           |

*Tabla 36: Ventajas y desventajas de los anclajes.*

| UTILIZACION DE ANCLAJES - MURO MECANICAMENTE ESTABILIZADO |                                                                                                    |                                                                                                                                              |
|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                           | VENTAJAS                                                                                           | DESVENTAJAS                                                                                                                                  |
| Anclajes                                                  | Permiten la estabilizacion de bloques individuales o puntos especificos dentro del macizo de roca. | Corrosion.<br>Con frecuencia se roban las tuercas y los elementos de anclaje.<br>Costo elevado.<br>Mantenimiento frecuente (tensionamiento). |

#### 6.4 SELECCIÓN Y JUSTIFICACIÓN

Para la selección de la alternativa más viable se tuvieron en cuenta los siguientes factores:

1. Disponibilidad de espacio e interacción con estructuras circundantes.
2. Adaptabilidad a la topografía.
3. Vida útil.
4. Posibilidad de hacer obras accesorias y necesarias (tuberías, cajas, alcantarillas, etc.).
5. Fundación.
6. Drenaje.
7. Mantenimiento.
8. Tiempo de construcción.
9. Costo.

La disponibilidad de espacio, la posibilidad de proseguir con la construcción del templo de San Blas y la necesidad de construir obras accesorias en la banca de la vía, así como la vida útil y la durabilidad, han sido fundamentales para escoger el muro de concreto reforzado. El muro de concreto reforzado ofrece una solución definitiva a una zona que necesita de manera urgente de estabilidad para emprender la reparación de la vía y de las tres viviendas afectadas. A pesar de que el tiempo de construcción es más largo de lo que lleva construir un muro mecánicamente estabilizado, los beneficios a largo plazo son superiores, pues

el muro de tierra armada requiere de mantenimiento mucho más frecuente compensando así los costos. El cimiento no es inconveniente, pues se encuentra en Arcillolitas de baja compresibilidad y areniscas.

Tampoco se evidencia a baja profundidad la existencia de existencia de nivel freático.

- Justificación social

La necesidad de proseguir con la construcción del templo, el restablecimiento de los servicios públicos y la necesidad de reconstruir las viviendas afectadas se constituyen en factores determinantes a la hora de escoger el muro de concreto reforzado como alternativa viable.

- Justificación ambiental

El muro de concreto reforzado ofrece un aspecto estético y más agradable al mecánicamente estabilizado y permite emprender la totalidad de las obras accesorias y de control y manejo de las aguas.

- Justificación económica

A pesar de que el muro de concreto es más costoso, ofrece soluciones definitivas para la estabilidad de la zona compensando los gastos a largo plazo. La vida útil del muro de concreto reforzado es mucho más larga que la del muro mecánicamente estabilizado.

## 6.5 MANTENIMIENTO DE LAS OPCIONES PROPUESTAS

**Tabla 37: Calendario de mantenimiento para el año. Fuente: Manual Para el Mantenimiento de la red vial Secundaria (Pavimentada y en afirmado) Ministerio de Transporte y Universidad Javeriana**

### CALENDARIO DE MANTENIMIENTO PARA EL AÑO

El calendario de mantenimiento propuesto obedece a que sobre el talud afectado se construyó una vía de pavimento rígido. Dentro de las ideas contenidas en la propuesta de intervención se plantea fundir nuevamente las losas de concreto del tramo afectado; de igual manera, se plantea la construcción de un muro de contención de concreto o el restablecimiento del talud de la vía. De esta manera, y con estas posibilidades, se contempla la elaboración de este manual de mantenimiento.

#### Mantenimiento vía de pavimento rígido

**MANTENIMIENTO RUTINARIO:** El mantenimiento rutinario es aquel que puede realizarlo un grupo de personas no calificadas y que comprende labores básicas como limpieza, auscultación y retiro de escombros. Debe realizarse con la

siguiente periodicidad: dos veces al mes, antes y después de una temporada invernal o cuando ocurra un evento que así lo requiera.

|   | ELEMENTO | INSPECCION                                                   | LIMPIEZA              | REPARACION | PROPOSITO                                                                                                                                  |
|---|----------|--------------------------------------------------------------|-----------------------|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Vía      | Búsqueda de fisuras o grietas                                |                       |            | Evitar posibles filtraciones a través de las placas de concreto. Identificar puntos de filtración en juntas de alcantarilla y de desagües. |
| 3 | Vía      | Revisión de sellos de juntas longitudinales y transversales. |                       |            | Evitar posibles filtraciones a través de las juntas de las placas por sellamientos defectuosos.                                            |
| 4 | Vía      |                                                              | Limpieza de drenajes. |            | Retirar basura o elementos que obstruyan los desagües para evitar apozamientos de agua.                                                    |

**MANTENIMIENTO PERIODICO:** Comprende labores de reparaciones menores de las losas de concreto, sellamiento de juntas y destape de drenajes. Este mantenimiento se debe realizar con la siguiente periodicidad: Una vez al año o cuando ocurra un evento que así lo requiera. Debe ser realizado por personal especializado.

|   | ELEMENTO | INSPECCION | LIMPIEZA | REPARACION                        | PROPOSITO                                                                                                                                                         |
|---|----------|------------|----------|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Vía      |            |          | Sellamiento de fisuras o grietas. | Evitar filtraciones de agua para preservar la base de la via. Esto puede incluir levantamiento parcial de losas, mejoramiento y reparación de la base o fundición |
| 2 | Vía      |            |          | Reparación de losas de concreto.  | Esto puede incluir levantamiento parcial de losas, mejoramiento y reparación de la base o fundición                                                               |
| 3 | Vía      |            |          | Cambio de losas.                  | Esta labor implica la fundición de losas y la reparación de la base en caso de existir lesiones severas.                                                          |

### Mantenimiento de taludes y obras de contención

**MANTENIMIENTO RUTINARIO:** El mantenimiento rutinario es aquel que puede realizarlo un grupo de personas no calificadas y que comprende labores básicas como limpieza y retiro de escombros. Debe realizarse con la siguiente periodicidad: dos veces al mes, antes y después de una temporada invernal y cuando ocurra un evento que así lo requiera.

|   | ELEMENTO           | INSPECCION                                                       | LIMPIEZA                                             | REPARACION | PROPOSITO                                                                                                                                                                                                                                      |
|---|--------------------|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Talud              | Control de la erosión del terreno en la corona de la estructura. |                                                      |            | Controlar procesos de erosión que puedan afectar la estabilidad del talud o de la estructura de contención existente.                                                                                                                          |
| 2 | Talud              |                                                                  | Limpieza de canales y zanjas de drenaje.             |            | Mantener limpia la sección hidráulica de los canales y zanjas a fin de garantizar su correcto funcionamiento.                                                                                                                                  |
| 3 | Muro de contención |                                                                  | Limpieza de drenajes subsuperficiales                |            | Recuperar el funcionamiento de los drenajes subsuperficiales tipo dren subhorizontal que se encuentren tapados por material que obstruye su sección parcial o totalmente e impide su correcto funcionamiento como obra de evacuación de aguas. |
| 4 | Talud              |                                                                  | Retiro de material suelto (suelo o bloques rocosos). |            | Mantener limpio el talud de material suelto para mejorar la seguridad del usuario, el aspecto general y el buen estado de las zonas aledañas.                                                                                                  |

|   |       |                                                                         |                                                                                                                                                                                                      |
|---|-------|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5 | Talud | Reparación de agrietamientos en zanjias o canales de drenaje en taludes | Garantizar que no existan escapes de agua hacia el terreno, bien sea por la base o las paredes del canal, ni concentración de aguas que causen erosión del terreno o de la estructura de contención. |
|---|-------|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

**MANTENIMIENTO PERIODICO:** Comprende labores de reparaciones menores de estructuras de contención, sistemas de contención y de obras de drenaje. Este mantenimiento se debe realizar con la siguiente periodicidad: dos veces al año y cuando ocurra un evento que así lo requiera.

|    | ELEMENTO | INSPECCION                                                       | LIMPIEZA | REPARACION                                                               | PROPOSITO                                                                                                                                                                                      |
|----|----------|------------------------------------------------------------------|----------|--------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Talud    | Control de erosión en la superficie del talud                    |          |                                                                          | Controlar procesos de erosión que puedan afectar la estabilidad del talud.                                                                                                                     |
| 2  | Talud    |                                                                  |          | Sellado de grietas en la superficie del talud                            | Controlar la infiltración de agua a la masa del talud por la presencia de grietas en su superficie. La existencia de grietas también puede iniciar procesos erosivos.                          |
| 3  | Talud    | Control de vegetación que causa daños en la superficie del talud |          |                                                                          | Controlar el crecimiento o retirar de forma definitiva la vegetación puede contribuir a la inestabilidad del talud.                                                                            |
| 4  | Talud    |                                                                  |          | Reparación, abombamiento y/o roturas en coberturas rígidas de taludes.   | Recuperar la continuidad del recubrimiento rígido del talud.                                                                                                                                   |
| 5  | Talud    |                                                                  |          | Sellado de grietas en la corona del talud.                               | Controlar la infiltración de agua hacia la masa del talud por la presencia de grietas en su corona. La existencia de grietas también puede iniciar procesos erosivos.                          |
| 6  | Talud    | Control de erosión en la corona del talud                        |          |                                                                          | Controlar y/o disminuir procesos de erosión que puedan afectar la estabilidad del talud.                                                                                                       |
| 7  | Talud    | Control de la infiltración de agua en la corona de un talud.     |          |                                                                          | Controlar y/o disminuir procesos de erosión o de saturación de la masa de un talud que puedan afectar su estabilidad.                                                                          |
| 8  | Talud    |                                                                  |          | Sellado de grietas en la pata del talud.                                 | Controlar la infiltración de agua a la masa de terreno que se encuentra en la pata del talud. La existencia de grietas también puede iniciar procesos erosivos.                                |
| 9  | Talud    | Control de socavación en la pata del talud.                      |          |                                                                          | Controlar la socavación en la pata de un talud para evitar su desestabilización.                                                                                                               |
| 10 | Talud    |                                                                  |          | Reparación de agrietamientos en zanjias o canales de drenaje en taludes. | Evitar la filtración de agua hacia la masa del talud por la presencia de grietas en el fondo o paredes de canales y zanjias. La existencia de grietas también puede iniciar procesos erosivos. |
| 11 | Talud    | Capacidad hidráulica de canales y zanjias                        |          |                                                                          | Aumentar la capacidad de conducción de estructuras de drenaje superficial tipo canales y/o zanjias de                                                                                          |

|    |                    |                                                                                                                                                                                |  |                                                                                                                                                        |
|----|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                    | de drenaje en taludes.                                                                                                                                                         |  | drenaje para evitar desbordamientos de agua o concentración de aguas que conduzcan a procesos erosivos.                                                |
| 12 | Muro de contención | Tratamiento de superficie del cuerpo de estructuras de contención de taludes<br>Reparación por daño causado por impacto en estructuras de concreto en la contención de taludes |  | Recuperar la textura superficial y el material perdido por efectos erosivos en la superficie de estructuras de concreto para la contención de taludes. |
| 13 | Muro de contención |                                                                                                                                                                                |  | Recuperar la textura superficial y las características estructurales originales de la estructura.                                                      |

## **ANEXOS**