ESTUDIO GEOTECNICO GENERAL Y PREDISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACION EN EL BARRIO PABLO VI, SECTOR CALLE 66 Y 68 ENTRE CARRERAS 10A, 10B, 10C Y 10E, ZONA DE ESCARPA, MUNICIPIO DE BUCARAMANGA, SANTANDER.



ESTUDIO GEOLOGICO – GEOTECNICO Y DISEÑO DE MEDIDAS DE MITIGACION SECTOR PABLO VI.

Bucaramanga, Santander **Mayo de 2019.**

ESTUDIO GEOTECNICO GENERAL Y PREDISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACION EN EL BARRIO PABLO VI, SECTOR CALLE 66 Y 68 ENTRE CARRERAS 10A, 10B, 10C Y 10E, ZONA DE ESCARPA, MUNICIPIO DE BUCARAMANGA, SANTANDER.

Consultor:
CORPORACION AUTONOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA - CDMB

SUBDIRECCION DE GESTION DEL RIESGO Y SEGURIDAD TERRITORIAL - SURYT

Bucaramanga, Santander **Mayo de 2019.**

CONTENIDO.

INTRODUCCIÓN 11

ALCANCE 12

1. OBJETIVO 13

2. LOCALIZACION DEL PROYECTO 14

2.1. LOCALIZACION 14

3. INFORMACION SECUNDARIA 15

4. ANALISIS GEOLOGICO. 22

4.1. METODOLOGÍA 22
4.2. GEOLOGIA 23
4.2.1.1. GEOLOGÍA REGIONAL 24
4.2.1.2. UNIDADES GEOLÓGICAS SUPERFICIALES (UGS) 32
4.2.1.3. Generalidades 32
4.2.1.4. Unidades de Suelo 34
4.3. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL 41
4.3.1.1. Marco geológico y tectónico de Colombia 41
4.3.1.2. Marco geológico y tectónico del Departamento de Santander 43

5. GEOMORFOLOGÍA 49

5.1. MORFO GENÉTICA 49
5.1.1. GEOFORMAS DE ORIGEN FLUVIAL 50
5.1.2. GEO FORMAS DE ORIGEN DENUDACIONAL 52

6. HIDROGEOLOGIA 57

6.1. INFORMACIÓN SECUNDARIA: 57
6.2. HIDROGRAFÍA: 61
6.3. RECARGA DEL ACUÍFERO: 62
6.4. ANÁLISIS HIDROLÓGICO: 63
6.1. CONDICIONES TOPOGRÁFICAS: 63
6.2. USO ACTUAL DEL SUELO: 64
6.3. NIVEL FREÁTICO, HUMEDAD Y CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS. 64
6.4. RELACIÓN ENTRE LLUVIAS Y NIVELES FREÁTICOS 68

6.5. ANÁLISIS DE DESLIZAMIENTOS: 69
6.6. RELACIÓN DE LLUVIAS – DESLIZAMIENTOS: 71
6.7. AFECTACIÓN DE LA ZONA POR PROBLEMAS DE AGUA: 71
6.8. PARÁMETROS HIDROLÓGICOS: 71
6.9. DRENAJE SUPERFICIAL Y AGUAS SUBTERRÁNEAS 73
6.10. CONCLUSIÓN HIDROGEOLÓGICA: 75
6.11. CRITERIOS PARA DEFINICIÓN Y DISEÑO DE MEDIDAS DE DRENAJE: 77

7. EVALUACION HIDROLOGÍA SECTOR PABLO VI 78

7.1. PARAMETROS MORFOLOGICOS 79
8.1.1 AREA DE LA CUENCA (A) 80
8.1.2 PERIMETRO DE LA CUENCA 80
8.1.3 LONGITUD MAYOR DEL RIO (L) 80
8.1.4 FORMA DE CUENCA 80
- FACTOR DE FORMA (FF) 82
7.2. SISTEMA DE DRENAJE 82
- GRADO DE RAMIFICACION 82
- DENSIDAD DE DRENAJE 82
7.3. PENDIENTE MEDIA DEL DRENAJE. 83
7.4. CLIMATOLOGÍA E HIDROLOGÍA GENERAL 84
7.4.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL CLIMA 84
7.4.2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA TEMPERATURA, HUMEDAD Y BRILLO SOLAR 87
7.4.3. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA PRECIPITACIÓN 90
7.5. DATOS HIDROMETEOROLÓGICOS 92
7.6. INFORMACIÓN HIDROLÓGICA 93
7.7. CARACTERIZACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN 95
7.7.1. PRECIPITACIÓN TOTAL ANUAL 97
7.7.2. VARIACIÓN ESPACIAL DE LA PRECIPITACIÓN TOTAL 99
7.7.3. PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS 103
7.7.4. LLUVIAS DE CORTA DURACIÓN 109
7.7.5. CURVAS IDF PARA EL SECTOR DE PABLO VI. 111
7.7.6. LLUVIAS ACUMULADAS PARA EL SECTOR PABLO VI 112
7.8. DRENAJE NATURAL Y ARTIFICIAL 113
7.9. CALCULO DE LA ESCORRENTIA 116
7.10. DIMENSIONAMIENTO CANALETAS DE CORONACION 121

8. CARACTERIZACION GEOTECNICA. 123

8.1. ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA (INGEOMINAS 2001). 123
8.2. PROPIEDADES GEOTECNICAS: 129
8.2.1. PERFIL GEOTÉCNICO TÍPICO 129

9. SISMOLOGÍA 138

8.4 AMENAZA SÍSMICA SEGÚN LA NORMA NSR-10. 138

9.1.1. MOVIMIENTO SÍSMICO DE DISEÑO.....140
9.1.2. EFECTOS LOCALES.....140
9.1.3. TIPO DE PERFIL DEL SUELO.....140
9.1.4. COEFICIENTE DE IMPORTANCIA.....142
9.1.5. ESPECTRO ELÁSTICO DE DISEÑO.....142
8.5 AMENAZA SÍSMICA SEGÚN LA MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA DEL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA DE 2001.....143
8.6 RESULTADO DE LA SISMOLOGÍA DE ACUERDO A LA NSR-10 Y LA MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA DE BUCARAMANGA DE 2001.....145

10. RESULTADO DEL MODELO GEOLOGICO – GEOTECNICO.....146

11. EVALUACIÓN DE LA AMENAZA POR REMOCIÓN EN MASA (ANALISIS DE ESTABILIDAD).....147

11.1. MODELOS DE ESTABILIDAD.....147
11.2. ESCENARIO ESTÁTICO:.....147
11.3. ESCENARIO DINÁMICO:.....147
11.4. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD.....147
11.4.1. CONDICIONES ESTÁTICAS.....148
11.4.2. CONDICIÓN CON CARGA SÍSMICA.....148

12. MEDIDAS DE MITIGACIÓN ESTRUCTURALES:.....155

12.1. OBRAS DE MITIGACION.....155
12.1.1. OBRA DE ESTABILIZACIÓN:.....156
12.1.2. OBRAS HIDRAULICAS.....160
12.1.3. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD CON OBRAS DE MITIGACIÓN.....161
12.2. PREDISEÑO DE OBRAS PROPUESTAS.....161
12.2.1. OBRAS DE TRATAMIENTO POR EMPRADIZACION.....162
12.2.1.1. Diseño manejo aguas subterráneas.....163
12.2.1.2. Diseño manejo aguas superficiales.....163
12.2.1.3. Cantidades de Obra.....164
12.2.2. OBRAS DE ESTABILIZACION.....165
12.2.2.1. Diseño anclajes.....166
12.2.2.2. Diseño manejo aguas subterráneas.....168
12.2.2.3. Diseño manejo aguas superficiales.....169
12.2.2.4. Cantidades de Obra.....169
12.2.2.5. Especificaciones del planteamiento del pre diseño 1 y 2 en la calle 67.....171
12.3. PREDISEÑO DEFINITIVO CONDICIONES FUTURAS CON OBRAS.....172

13. CONCLUSIONES.....175

BIBLIOGRAFÍA.....177

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Unidades Geológicas Superficiales (UGS) según su origen (Hermelin, 1985 y Salazar, 1995 en INGEOMINAS, 2007). 33
Tabla 2. Clasificación de unidades geomorfológicas según su origen (Modificado del ITC) 49
Tabla 3: Velocidad de Frente Húmedo. 67
Tabla 4: Espesores de Frente Húmedo. 68
Tabla 5: Valores de Ru para el sondeo 1 72
Tabla 6. Parámetros morfológicos de la microcuenca 84
Tabla 7. Principales Parámetros meteorológicos promedios mensuales anuales. 85
Tabla 8. Inventario de estaciones IDEAM no suspendidas – Departamento de Santander, de influencia en el sector Pablo VI 87
Tabla 9. Relación de temperatura del Período (1975 – 2005) 88
Tabla 10.Inventario de estaciones en el Área Metropolitana de Bucaramanga. ... 94
Tabla 11. Inventario de estaciones seleccionadas para el estudio regional 95
Tabla 12. Valores máximos anuales, promedio, desviación y coeficiente de variación 106
Tabla 13. Valores de precipitación máxima en las estaciones de Bucaramanga 107
Tabla 14. Valores de precipitación máxima estaciones Zona Sur Centro de Bucaramanga 107
Tabla 15. Valores de precipitación máxima período de retorno de 100 años 108
Tabla 16. Intensidades máximas. Estación La Floresta. 112
Tabla 17. Resultados curva de frecuencia lluvia acumulada Estación la Floresta. 113
Tabla 18. Coeficientes de escorrentía. 118
Tabla 19. Calculo del tiempo de concentración Tc 120
Tabla 20. Intensidades máximas para la Estación La Floresta. 120
Tabla 21: Tipo y Cantidades de ensayos de Laboratorio efectuados a muestras tomadas de perforaciones y apiques en el área metropolitano de Bucaramanga. 132
Tabla 22: Resultados de algunos ensayos de clasificación y propiedades básicas. 133
Tabla 23: Resultados de algunos de los ensayos de carga puntual. 134
Tabla 24: Resultados de algunos de los ensayos de compresión uniaxial. 135
Tabla 25: Propiedades para clasificación y propiedades básicas por UGS muestreada en las que se catalogan todas las unidades geológicas que componen el área metropolitana de Bucaramanga. 136
Tabla 26: Parámetros de resistencia por UGS muestreada en las que se catalogan todas las unidades geológicas que componen el área metropolitana de Bucaramanga. 136
Tabla 27: Parámetros de compresibilidad por UGS muestreada. 137
Tabla 28: Parámetros de resistencia de roca por UGS muestreada 137
Tabla 29 NSR-10 Tabla A.2.3-1 139

Tabla 30 Tipo de suelo de acuerdo al título A de la NSR-10, tabla A.2.4-1 y valores de Fa y Fv tomados de la tabla 24 y 25 141
Tabla 31 NSR-10 tabla A.2.4-3 Valores del coeficiente Fa, para la zona de periodos cortos del espectro..... 141
Tabla 32 NSR-10 tabla A.2.4-4 Valores del coeficiente Fv, para la zona de periodos intermedios del espectro. 141
Tabla 33: valores de coeficiente de Importancia I (NSR-10)..... 142
Tabla 34: valores de K_{st}/a_{max} mínimos para análisis seudoestaticos en taludes . 145
Tabla 35: Modelo Geologico-Geotecnico 146
Tabla 36 Resumen factores de seguridad zona de estudio Costado Izquierdo 154
Tabla 37 Resumen factores de seguridad zona de estudio Costado Derecho ... 154
Tabla 38 Resumen factores de seguridad prediseño 1 Costado Izquierdo..... 163
Tabla 39 Resumen factores de seguridad prediseño 2, Costado Derecho..... 166

LISTA DE FIGURAS.

Figura 1. Ubicación detallada del área de estudio. Tomado de Google Earth; 2018. 14
Figura 2. Unidad Neis de Bucaramanga ubicada al este del Municipio de Bucaramanga (Tomado de INGEOMINAS, 1999). 25
Figura 3. Formación Silgará en los alrededores de Matanza y Suratá. Ubicada al Noreste del Municipio de Bucaramanga (Tomado de INGEOMINAS, 1999). 25
Figura 4. Formación Bucaramanga Miembro Órganos (Qbo), al oeste del Municipio de Bucaramanga (Tomado de INGEOMINAS, 2001). 27
Figura 5. Formación Bucaramanga Miembro Finos, al norte del municipio de Bucaramanga (Tomado de INGEOMINAS, 2001). 28
Figura 6. Formación Bucaramanga Miembro Gravoso, al norte del municipio de Bucaramanga (Tomado de INGEOMINAS, 2001). 30
Figura 7. Formación Bucaramanga Miembro Limos Rojos (Tomado de INGEOMINAS, 2001). 31
Figura 8. Perfil típico y espesores promedio de la Formación Bucaramanga (Tomado de INGEOMINAS, 2001). 32
Figura 9. Suelo del Miembro Órganos. a) afloramiento general. b) Grietas de desecación..... 35
Figura 10. Suelo gravoso del Miembro Órganos. 36
Figura 11. Suelos de Miembro Gravoso. Este se presenta en el talud hacia el fondo de la imagen. 37
Figura 12. Suelos Coluviales recientes, este se presenta al fondo de la imagen en la escarpa norte de la calle 68 a 38
Figura 13. Variaciones de suelos laterales presentes en zonas puntuales de los suelos gravosos del Miembro Órganos, (a) Afloramiento en general expuesto por cortes antropicos, (b) Detalle de los cantos alineados con la misma dirección del rumbo de las capas, (c) Detalle de los bloques de hasta 1 m de

diámetro afectado hacia su base por la erosión laminar lo que puede llegar a generar futuros deslizamientos que afecten a la comunidad. 39
Figura 14. Mapa geológico y Unidades geológicas superficiales escala 1:750 para el área de estudio. Este se encuentra en el Anexo Planos. 40
Figura 15. Bloque Norandino en la esquina septentrional de Suramerica y su compleja interacción con las Placas Nazca, Caribe y Suramerica. Tomado de Cediel *et al*., 2003. 42
Figura 16. Esquema tectónico del Departamento de Santander. En el cuadro rojo se encuentra el área de estudio. Modificado de Royero y Clavijo, 2001. 44
Figura 17. Esquema estructural del Departamento de Santander. Tomado de Royero y Clavijo, 2001. 46
Figura 18. Desvío del Río Suratá debido a la acción de la Falla de Bucaramanga. Tomado de Diederix *et al.*, 2008. 47
Figura 19. Ubicación de la zona de estudio en el área de afectación de la Falla del Suárez. Tomado de Google Earth (27/11/16). 48
Figura 20. Geoforma de Lecho de cauce, quebrada Guacamayas. 51
Figura 21. Geoforma de escarpes denudacionales. 52
Figura 22. Geoforma de Laderas muy Inclinadas. 53
Figura 23. Geoforma de Laderas moderadas. 54
Figura 24. Geoforma de Escarpe de corona principal de Movimiento en Masa 55
Figura 25. Geoforma de Cuerpo o depósito de MM 55
Figura 26. Mapa Geomorfológico de la zona de estudio. 56
Figura 27. Localización cuenca en estudio con un área de 464km^2. Tomado de INGEOMINAS, 2007. 58
Figura 28. Mapa de localización de las principales afluentes de drenaje del área metropolitana de Bucaramanga y su área de influencia (Cuenca superior rio Lebrija. Fuente: IGAC – Autores). 60
Figura 29 Esquema del modelo Hidrológico de Bucaramanga. 64
Figura 30. Valores de porosidad, Humedad y grado de saturación, peso específico saturado, relación de vacíos y humedades sector Pablo VI. 65
Figura 31. Resultados de la Percolación 66
Figura 32. Mecanismos de falla (CDMB-Gómez Sully-1989) 70
Figura 33 Localización piezómetros de la zona 73
Figura 34 Niveles freáticos piezómetro SV-1 74
Figura 35 Niveles freáticos piezómetro SG-5 74
Figura 36. Delimitación de la subcuenta del drenaje innominado cercado al sector Pablo VI. 78
Figura 37. Zona de influencia del drenaje innominado 79
Figura 38. Localización estaciones Hidroclimatológicas aferentes al área metropolitana de Bucaramanga 86
Figura 39. Temperatura media mensual multianual estación UIS (1975 – 2005).. 88
Figura 40. Humedad relativa promedio mensual multianual E. Aeropuerto Palonegro 89
Figura 41. Brillo solar mensual multianual estación Aeropuerto Palonegro (1975 – 2005) 89

Figura 42. Precipitación media mensual multianual Aeropuerto Palonegro (1975 – 2005) 90
Figura 43. Histograma de precipitación media anual multianual estaciones analizadas..... 91
Figura 44. Isoyetas período retorno 2 años. Zona norte de la ciudad de Bucaramanga (Fuente: INGEOMINAS 2008). 92
Figura 45. Precipitación Media mensual multianual estación Floresta (1978-2008) 96
Figura 46. Histograma de precipitación media anual porcentual las estaciones analizadas..... 96
Figura 47. Precipitación anual Estación Bucaramanga 97
Figura 48. Precipitación anual Estación La Floresta. 97
Figura 49. Precipitación anual Estación Llano Grande 98
Figura 50. Precipitación anual Estación CDMB 98
Figura 51. Precipitación anual Estación Club Campestre 99
Figura 52. Precipitación anual Estación PTAR 99
Figura 53. Curvas Isoyetas medias anuales con base en las estaciones seleccionadas 100
Figura 54. Relación de la elevación y precipitación estaciones de Bucaramanga 101
Figura 55. Relación de la elevación y precipitación de las estaciones en la zona sur centro..... 102
Figura 56. Valores totales anuales de precipitación estaciones en la zona sur centro 102
Figura 57. Precipitación máxima en 24 horas Estación Bucaramanga 103
Figura 58. Precipitación máxima en 24 horas Estación La Floresta 103
Figura 59. Precipitación máxima en 24 horas Estación Llano Grande..... 104
Figura 60. Precipitación máxima en 24 horas Estación CDMB..... 104
Figura 61. Precipitación máxima en 24 horas Estación Club Campestre..... 105
Figura 62. Precipitación máxima en 24 horas Estación PTAR..... 105
Figura 63.Distribución Gumbel para máximos de precipitación en 24 horas 109
Figura 64. Curvas IDF Sintéticas para la Estación La Floresta – Método de Bell 112
Figura 65. Curva frecuencia lluvia acumulada diferentes periodos retorno..... 113
Figura 66. Drenaje y vertientes. 114
Figura 67. Topografía del lugar de estudio. 115
Figura 68. Sección, canaleta proyectada. 121
Figura 69. Capacidad hidráulica, canaleta proyectada 122
Figura 70. Resultado de la Zonificación Geotécnica de la zona en estudio. Fuente: Autores 123
Figura 71 Registro perforación P21 130
Figura 72 Perfil ensayos de laboratorio..... 131
Figura 73. Algunas Curvas granulométricas del estudio para el miembro Limos Rojos (Qblr) de la formación Bucaramanga (Qb) (Fuente: Zonificación De Amenaza Por Movimientos En Masa De Algunas Laderas De Los Municipios De Bucaramanga, Floridablanca, Girón Y Piedecuesta de 2010.)..... 135

Figura 74 NSR-10 Figura A.2.3-2 138
Figura 75 NSR-10 figura A.2.3-3 139
Figura 76. Espectro elástico de diseño. 142
Figura 77. Microzonificación sísmica del lugar de estudio de 2001 (Fuente: Estudio de Microzonificación Sismo geotécnica Indicativa del área metropolitana de 2001). 143
Figura 78. Modelo Geológico – Geotécnico, Sector Pablo VI. 146
Figura 79 Factor de Seguridad - Condiciones estáticas actuales 148
Figura 80 Mapa Factores de seguridad – Condiciones estáticas Actuales 148
Figura 81 Factor de Seguridad – Condiciones actuales con sismo Sección K0+050 148
Figura 82 Mapa Factores de Seguridad – Condiciones actuales con sismo Sección K0+050 149
Figura 83 Factores de seguridad Condiciones Actuales Costado Izquierdo 149
Figura 84 Mapa factores de seguridad Condiciones Actuales Costado Izquierdo 150
Figura 85 Factores de seguridad Condiciones Actuales Costado Derecho 152
Figura 86 Mapa factores de seguridad Condiciones Actuales Costado Derecho 153
Figura 87. Propuesta de obras de mitigación. 155
Figura 88. Pantalla Anclada, detalles. 156
Figura 89. Anclaje, detalles. 157
Figura 90. Bulbo, lechada de cemento. 157
Figura 91. Zapata, detalles. 158
Figura 92. Malla de refuerzo, detalles. 159
Figura 93. Detalle de recuperación de la Vegetación. 160
Figura 94: Detalle de canaletas de coronación. 160
Figura 95: Sección Transversal esquemática canales y escalonadas. 161
Figura 96 Factor de seguridad prediseño 1, Costado Izquierdo. 162
Figura 97 Factor de seguridad prediseño 2, Costado Derecho. 165
Figura 98 Condiciones Zona mitigable. 172

INTRODUCCIÓN

La meseta donde se localiza gran parte del municipio de Bucaramanga y su área metropolitana se encuentra altamente poblada por lo cual ha obligado a la población a migrar y construir en las zonas que presentan amenazas por fenómenos de remoción en masa, erosión e inundación; por tal motivo La Corporación Autónoma Regional Para La Defensa De La Meseta De Bucaramanga - CDMB en miras de proteger a la comunidad presente en dichos sectores requiere conocer su estado actual por medio de la evaluación de los factores de amenaza con el fin de controlar los problemas que se puedan presentar.

Los deslizamientos o movimientos de remoción en masa se presentan por factores climáticos, topográficos, geológicos, geomorfológicos y que en conjunto generan susceptibilidad del suelo natural. Por otra parte, los factores conocidos como antrópicos, están directamente relacionados con el uso del suelo y las actividades socioeconómicas que en el tiempo reflejan el efecto causado sobre el territorio y permiten a su vez identificar las amenazas y riesgos.

Es procedente la realización del presente estudio geotécnico y geológico General debido a la posible afectación de múltiples viviendas que en caso de emergencia podrían provocar grandes pérdidas materiales y sobretodo pérdida del gran número de vidas que se encuentran en el sector de Pablo VI, CALLE 66 Y 68 ENTRE CARRERAS 10A, 10B, 10C Y 10E. Por lo cual La CDMB tomara en cuenta los estudios realizados a nivel general en el área metropolitana de Bucaramanga por medio de convenios realizados con el Ingeominas (Hoy Servicio Geológico Colombia - SGC)

La realización del estudio y la planificación del proyecto en ejecución tiene en cuenta la reglamentación existente, dentro de las cuales cabe mencionar las normas Geotécnicas de la CDMB (2009), la reglamentación pertinente establecida por el Plan Básico de Ordenamiento Territorial, los requisitos exigidos por la ley 400 de 1997, descritos en la Norma Sismo resistente NSR-10 título H; se inicia con algunas generalidades y se enumeran los trabajos realizados en campo y laboratorio, además de la caracterización del suelo y los análisis de amenaza respectivos.

ALCANCE

El presente documento presentara la caracterización Geológica, de unidades geológicas superficiales, geomorfológica, Geotécnica y sísmica del sector Pablo VI en base a los estudios de Zonificación Sismogeotécnica Indicativa del Servicio Geológico colombiano (Antiguo INGEOMINAS) - CDMB de 2001, el Estudio de Amenaza por fenómenos de remoción en algunas laderas de los Municipio de Bucaramanga, Floridablanca y Girón del Servicio Geológico colombiano (Antiguo Ingeominas) – CDMB de 2010 y las visitas realizadas por la Subdirección de Gestión del Riesgo y Seguridad Territorial – SURYT – CDMB, de la misma forma se realizara la respectiva localización y ubicación de obras de estabilización ya ejecutadas tanto por la CDMB y el municipio de Bucaramanga.

Con la caracterización Geológica y geotécnica descrita con anterioridad se determina el Modelo Geológico – Geotécnico con el cual se evaluara las condiciones de estabilidad actuales de las zonas de escarpe de barrio Pablo VI no intervenidas por las obras de estabilización ya ejecutadas tanto por la CDMB como por el Municipio de Bucaramanga, esto con el fin de proponer y pre-dimensionar las medidas de mitigación acordes con la problemática, con el objeto de realizar los trámites administrativos para la consecución de recursos para realizar obras.

1. OBJETIVO

OBJETIVO GENERAL:

Realizar un estudio geotécnico general y diseños de obras de mitigación para la evaluación de la amenaza por remoción en masa del sector CALLE 66 Y 68 ENTRE CARRERAS 10A, 10B, 10C Y 10E, barrio Pablo VI, del municipio de Bucaramanga - Santander.

OBJETIVOS ESPECÍFICO:

- Efectuar el análisis topográfico del sector Barrio Pablo VI de acuerdo a la información secundaria obtenida del estudio de zonificación Sismo-geotécnico de Bucaramanga de 2001 (plano topográfico para el sector).

- Ejecutar la caracterización geotécnica del sector Barrio Pablo VI, tomando como base el estudio de zonificación de amenaza por movimientos en masa de algunas laderas de los municipios de Bucaramanga, Floridablanca, Girón y Piedecuesta de 2009, donde se tomaran las propiedades de los materiales realizados.

- Caracterizar geológica y geomorfológicamente el sector Barrio Pablo VI del municipio de Bucaramanga - Santander.

- Realizar el análisis hidrológico que establezca los parámetros básicos para el dimensionamiento de las obras hidráulicas necesarias para el adecuado manejo del agua de escorrentía si es el caso, en el Sector Barrio Pablo VI.

- Generar el modelo geológico geotécnico de acuerdo a la caracterización geotécnica, geológica y geomorfológica.

- Analizar los diferentes modelos geológicos geotécnicos por medio de métodos determinísticos para evaluar la amenaza a fenómenos de remoción en masa.

- Proponer diferentes medidas de mitigación a la amenaza por fenómenos de remoción en masa e inundación para la reducción de los riesgos asociados a estos fenómenos.

- Diseñar una alternativa de mitigación.

2. LOCALIZACION DEL PROYECTO

2.1. LOCALIZACION

Este proyecto se encuentra localizado en el municipio de Bucaramanga del departamento de Santander, se encuentra entre las coordenadas planas 1'105.625 E – 1'276.405 N y 1'105.600 E – 1'276.780 N, entre las carreras 10 a la carrera 11 y calles 66, 67, 68, 68ª y 69, adicionalmente se encuentra a 90 m de la vía que conduce de Bucaramanga a Girón denominada Calle 70, limita por el sur con el barrio 20 de Julio, Juan XXIII y El asentamiento África, al norte con el sector de escarpa, la quebrada Guacamayas y el asentamiento Cordoncillo I y II, al occidente con el Asentamiento El Fonce y el asentamiento La Islita, y por último al oriente con el barrio La Victoria.



Figura 1. Ubicación detallada del área de estudio. Tomado de Google Earth; 2018.

3. INFORMACION SECUNDARIA

Para el desarrollo de la consultoría requerida para este sector se tomara información base o secundaria, y se resume en lo siguiente:

1- Identificación y relación de fuentes de información:

Para el desarrollo general de cada uno del proyecto se basara en las siguientes fuentes de información:

- **MINAVDT - AIS. 2010. "Código Colombiano de Construcción Sismo resistente NSR-10".** Norma base para el correcto diseño de las obras y alternativas de mitigación, se utilizaran los capitulo A, C y H.

- **INGEOMINAS. 1999. "Geología del departamento de Santander".** Este es el mapa presentado para el departamento de Santander en 1999 por el INGEOMINAS, actualmente Servicio Geológico Colombiano, se usa como contexto regional debido a su escala para la categorización geológica a levanta en campo.

- **INGEOMINAS, 2001. "Zonificación sismo geotécnica indicativa del área metropolitana de Bucaramanga".** Estudio desarrollado para el área metropolitana, con identificación de unidades lito estratigráficas, unidades geomorfológicas, exploración geofísica del subsuelo, caracterización geotécnica del subsuelo y zonificación geotécnica de toda el área metropolitana de Bucaramanga, que sirve como base para realizar el análisis geológico local y para el análisis sísmico de la zona de estudio.

- **INGEOMINAS, 2009. "Zonificación de amenaza por movimientos en masa de algunas laderas de los municipios de Bucaramanga, Floridablanca, Girón y Piedecuesta".** En este se muestran cartografías geológicas, geomorfológicas, cobertura vegetal y uso del suelo a escala 1:5000, como también análisis de subsuelo y ensayos de laboratorio. También se desarrolla el inventario de

movimientos en masa y se zonifica la amenaza a movimientos en masa mediante métodos semi-cuantitativos, es la base para la realización de la clasificación y definición geomorfológica de cada lugar de estudio.

- **IDEAM - CDMB "Información Meteorológica del área metropolitana de Bucaramanga":** Esta información tiene que ver con los datos de precipitación obtenidos en los diferentes sectores donde se esté realizando un monitoreo en el régimen de lluvias, entre las estaciones más importantes están, la estación del aeropuerto Palonegro, la estación de la UIS, la estación de la Flora, la floresta, entre otras.

- **CDMB "NORMAS TECNICAS PARA EL CONTROL DE EROSION , PARA LA REALIZACION DE ESTUDIOS GEOLOGICOS, GEOTECNICOS E HIDROLOGICOS Y PARA LA EJECUCION DE PROYECTOS DE DESARROLLO":** Esta norma es la base para el análisis a fenómenos de remoción en masa, para ello se toma los factores de seguridad para la evaluación determinística en condiciones pseudo-estáticas del modelo geológico geotécnico.

- **Google© "GOOGLE EARTH".** Este medio informático que utiliza la superposición de imágenes satelitales, organizadas en modelos SIG, se utiliza como base cartográfica de localización generan de los lugares en estudio, además de visualizarse la imagen satelital, da una idea inicial de ubicación.

- **Ward y Goldsmith. "Geología de los cuadrángulos H-12: Bucaramanga y H-13: Pamplona, Departamento de Santander. Memoria explicativa.":** Este proyecto abarca el análisis de los cuadrángulos H12 y H13. Se da una recopilación breve y un detalle general sobre el material asociado a la Formación Bucaramanga, nombrando los estudios anteriormente descritos (De Porta, 1959 y Julivert 1959), como también otros dados por estos mismos autores.

- **Julivert M, 1958. "La morfoestructura de la zona de mesas al SW de Bucaramanga":** En este estudio se detalla en la región las diferentes morfologías

presentes en el área, como su origen estructural y su énfasis según la estratigrafía en el área (Detalle de columnas geológicas levantadas y creación de mapa geológico del área).

- J. de Porta, 1959. "La terraza de Bucaramanga": descripción detallada de la estratigrafía comprendida entre el área de Bucaramanga, Floridablanca, Girón y Lebrija". Se especifican y hace referencia a las denominaciones dadas por Hubach, 1952, para cada una de las unidades nombradas por él. Se define a su vez la relación hidrográfica con la geología.

- Bueno y Solarte, 1994. "Geología, geotecnia y comportamiento erosivo de las áreas de reserva forestal de Bucaramanga": Este estudio hace una recopilación bibliográfica general y se enfatiza en el análisis geológico, geomorfológico, hidrogeológico y geotécnico con la finalidad de obtener del porqué de los diferentes comportamientos de los materiales geológicos y determinar así zonas propensas a erosión.

- Royero y Clavijo, 2001. "Mapa geológico generalizado, Departamento de Santander: Memoria explicativa. Escala 1:400.000". En este se especifica de manera general todo el contexto evolutivo geológico del área del Departamento de Santander, como también las unidades geológicas y las diferentes estructuras a nivel regional.

2- Aporte de la información al proyecto:

Entre los aportes más relevante para la realización del proyecto se mencionan los siguientes:

- Contextualización Geológica Regional y Local, todos los estudio realizados por el INGEOMINAS, hoy servicio geológico Colombiano y algunos en convenio con las alcaldías del área metropolitana de Bucaramanga

  Lo descrito en estos documentos son las bases teóricas en la cuales se basa el Geólogo evaluador para predecir de una manera preliminar, lo que se espera encontrar en campo, cuando este realice su visita a cada zona en

estudio, en estos documentos se hace una descripción textura pormenorizada de cada formación identificada, así mismo esta información preliminar, será la guía para la identificación de las unidades geológicas superficiales.

- Identificación de la Geología estructural, con base a los documentos anteriormente nombrados, se identifican las fallas geológicas que predominan, afecta o influyen en la zona en estudio, ya que su identificación se realiza de manera regional y en la mayoría de las veces no se dimensionan localmente.

- Análisis símico, para ello se emplean como base la NSR-10, Titulo A: REQUISITOS GENERALES DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE, Titulo H: Estudio Geotecnico y el estudio de Zonificación sismo geotécnica indicativa del área metropolitana de Bucaramanga, así se identifican los coeficiente de amplificación sísmica A_a y A_{max} para un periodo T igual a cero, con el fin de aportar a la formulación del modelo geológico geotécnico, ya que no se presentan análisis sísmicos locales contemplados dentro del alcance de los estudios.

- Análisis y levantamiento geomorfológico: se basa en el estudio de Zonificación de amenaza por movimientos en masa de algunas laderas de los municipios de Bucaramanga, Floridablanca, Girón y Piedecuesta, se toma como base para identificar las geo formas presentes siguiendo la misma nomenclatura y descripción, es decir que se realizada una identificación en campo de mofo dinámica tomando como únicos parámetros los presentados en estos estudios.

- Análisis hidrológico: para este estudio, se basa en Información Meteorológica del área metropolitana de Bucaramanga, de los datos de precipitación se predicen caudales útiles para el diseño de obras y alternativas de mitigación de acuerdo a periodos de recurrencia de 10 a 500 años.

- Análisis de estabilidad: para este estudio, es primordial categorizar el análisis de remoción en masa con el fin de darle calidad de estable o inestable, por ello y recurriendo al análisis determinístico por factores de seguridad y basándose en los imites por factores de seguridad de la norma geotécnica de la CDMB, se generan dichas categorías, de manera tal que a partir de lo que indica la norma para los diferentes escenarios, se diseñan las obras de estabilización si se requieren.

3- Análisis de la información secundaria:

La información secundaria recolectada se divide en varios temas:

a. Análisis geológico: Dentro de los documentos, se observa una serie de descripciones que se desarrollan de acuerdo a una cronología geológica, en la mayor parte de la zona de estudio, de acuerdo a todos los documento de base geológica, se concuerda que los depósitos geológicos pertenecen al periodo reciente conocido como cuaternario, allí se localiza el sector Pablo VI, en donde predomina la formación Bucaramanga (Qb) con sus miembros Limos Rojos (Qblr), Gravoso (Qbg) y finos (Qbf) y que presentan características texturales correlacionadas con las observada en campo, las cuales se basan en cortes mostrados en la escarpa de la meseta de Bucaramanga que aflora en el sector, lo anterior permitirá al geólogo la interpretación detallada y la correlación del levantamiento geológico cuando se esté ejecutando, así corrobora la teoría organizada como información secundario con lo encontrado en el campo.

b. Análisis Geológico estructural: Este análisis hará referencia a las fallas y formas que presenta el relieve en forma de anticlinales o sinclinales, de acuerdo a los documentos de análisis, Bucaramanga es una zona de confluencia de fallas, entre las más importantes están el sistema de falla Bucaramanga – Santa Marta y la falla del rio Suarez, este tipo de fallas no se presenta directamente en toda la zona de estudio, pero si hace parte del contexto regional e influye indirectamente sobre la zona en estudio, esto de una manera contribuye a la tectónica que existe en la zona y al denominado nido sísmico de Bucaramanga dentro del documento se describe las características más importantes de la falla.

c. Análisis Geomorfológico: Para este análisis, la descripción se basa en geo formas principales, donde se utiliza la misma metodología y nomenclatura

para la realización del estudio en particular, se analiza la zona de estudio en cuanto al origen del suelo y relieve, el cual puede ser Fluvial (F), denudacional (D) y antrópico (A), se detallara más aun ya que dentro del origen del relieve aparecerán categorías propias y fácilmente identificables, de acuerdo al estudio de Zonificación de amenaza por movimientos en masa de algunas laderas de los municipios de Bucaramanga, Floridablanca, Girón y Piedecuesta, así no existirá metodología ni nomenclatura diferente a la mostrada en este estudio para el análisis de cada sector.

d. Análisis sísmico: Este estudio parte de la definición del tipo de suelos, elemento importante ya que este es el medio de propagación de la onda, es así que para su determinación, es necesario acudir al número de golpes promedio, así mismo dentro del apéndice A4 del título A de la NSR-10, se verifica algunas características propias del municipio de Girón, apareciendo los índices de amplificación Aa, Av, Ad y Ae, además de la categoría de la amenaza sísmica (alta), así mismo él estudió de zonificación sísmica da a conocer el Amax que ocurre cuando el periodo de la onda sísmica es cero, todo lo anterior es la base del el sismo de diseño nombrado por la NSR-10 en su título H como Kst, y es este valor el que se ingresa a un modelo geológico geotécnico para determinar la estabilidad de cada zona en estudio cuando se analiza de manera pseudo – estática.

e. Análisis de uso del suelo: dentro de cada estudio se realiza un análisis tomando como base la metodología y nomenclatura dada por el INGEOMINAS, allí se determinará una serie de unidades que pueden ser consociaciones (Unidades conformadas por una o más clases, donde la clase dominante ocupa el 70% o más del área considerada) y asociaciones (Unidades con 2 o más clases, donde ninguna ocupa o alcanza el 70% del área delimitada), de esta forma se determinara la composición de uso del suelo, cabe aclara que en ningún momento este análisis no categorizara al

suelo por uso comercial, es decir que el termino difiere al presentado dentro de los esquemas o planes de ordenamiento territorial.

f. Análisis Hidrológico: Este se fundamentara principalmente en los datos de precipitación recopilados de las estaciones meteorológicas del IDEAM y CDMB, en las cuales por medio de análisis estadísticos y mediante el uso de métodos convencionales conocidos y técnicamente aprobados, se estiman Caudales o régimen de caudales útiles para determinar medidas de protección relacionadas con este tema en particular.

g. Determinación de factores de seguridad: esto es aplicable utilizando la categorización dada por la CDMB en las normas geotécnicas, en las cuales los limites estáticos estarán cuando el FS sea igual a 1.50 y para Pseudo-estáticos 1.20, categorizándose como deslizamiento critico o alto aquellas condiciones en las cuales el FS sea inferior a 1.00, así con esta evaluación se determinan medidas de mitigación, ya que de acuerdo a estos análisis, las propuesta de alternativas de mitigación puede ser fácilmente aplicables a sencillas obras superficiales hasta obras complejas de ingeniería.

Para el análisis de la información secundaria y su utilización, todo se expresa dentro de cada informe de manera particular y de forma detallada, allí cada resultado obtenido indicara el uso de la información base (Secundaria), sobre todo en el ámbito geológico, sísmico, geomorfológico, de uso del suelo e hidrológico, para los otros casos en particular la información base, está determinada por los procesos de análisis directos, que se obtienen a partir ensayos insitu o de laboratorio, además de levantamientos particulares de la zona de estudio.

4. ANALISIS GEOLOGICO.

4.1. METODOLOGÍA

La metodología usada para el desarrollo del presente trabajo consta de las siguientes fases:

Fase de Recopilación Bibliográfica. Esta fase consiste en consultar y seleccionar material bibliográfico, como informes técnicos, artículos científicos, mapas geológicos y memorias explicativas; lo cual permite definir las nomenclaturas a usar para cada uno de los respectivos a visualizar y cartografiar en campo (geología, geomorfología, uso del suelo y deslizamientos), tomando como base los lineamientos usados por el Servicio Geológico Colombiano y entes a nivel local (CDMB). En esta etapa también se genera una base de datos bibliográfica y cartográfica del área de estudio, en un sistema de información geográfica.

Fase de Trabajo de Campo. Consiste en realizar la visita técnica al área de estudio, cartografiando la geología de superficie, la geomorfología, los usos del suelo actual y la delimitación de deslizamientos y zonas propensas a erosión y remoción en masa. Esta información se plasma en mapas realizados en campo de acuerdo a la distribución geológica y geomorfológica observada.

Fase de Digitalización. Esta fase consiste en digitalizar la información colectada en la zona de estudio, para esto se complementan las bases de datos que se desarrollan en etapas previas.

Fase de Elaboración de Informe Final. Consiste en la redacción de un informe técnico detallado donde se explican los principales rasgos geológicos, así como los rasgos geomorfológicos, usos del suelo y deslizamientos.

4.2. GEOLOGIA

Este capítulo describe las características geológicas y las unidades geológicas superficiales a nivel regional y dentro del área de estudio.

Para realizar el análisis geológico se tienen en cuenta estudios previos de entidades oficiales y particulares, dentro de las que se encuentran la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB), la oficina de planeación del municipio de Girón y Servicio Geológico Colombiano, los cuales permiten conocer la información geológica desarrollada en el área a escalas generales.

De igual manera se usaron mapas topográficos, fotografías aéreas e imágenes satelitales los cuales permiten estudiar los rasgos morfo estructurales y los procesos morfo dinámicos presentes en la zona de estudio. A partir de la información obtenida se genera el mapa de unidades geológicas superficiales en el área de trabajo.

Geológicamente la zona más importante del área metropolitana (Bucaramanga) se encuentra ubicada dentro de depósitos de terraza y de cono aluvial (Ward et al., 1973) en la denominada Terraza de Bucaramanga, de edad Pleistoceno-Holoceno. De acuerdo a De porta (1959) y Julivert (1963), la parte inferior de la Terraza de Bucaramanga está compuesta de grava, arena, limo y capas menores arcillosas fluviales; mientras la parte superior está compuesta de cantos no calibrados que se interpretan como depósitos coluviales, los cuales adelgazan lejos del frente montañoso, presentan un gradiente superficial más grande que el de los depósitos fluviales subyacentes y están restringidos a una zona paralela a lo largo de los valles. Estas unidades se encuentran presentes en el área local de estudio dentro del Barrio Corviandi III.

4.2.1.1. GEOLOGÍA REGIONAL

Regionalmente la zona de estudio está relacionada a los bloques tectónicos delimitados por la Falla de Suárez al occidente y la Falla Bucaramanga al Oriente (INGEOMINAS, 2007). A continuación se describen algunas unidades presentes en esta región, tomando como base el estudio de zonificación sismo geotécnico indicativo del área metropolitana de Bucaramanga (2001):

- Neis de Bucaramanga (p€b): Definido por Goldsmith (1971), esta unidad está constituida por una secuencia de roca metasedimentaria de alto grado de metamorfismo conformado principalmente por paraneis pelítico, semipelítico y arenáceo, esquistos y neis calcáreo, mármol, neis horbléndico y anfibolita. El gneis incluye dos tipos de zonas de migmatita, una donde el paraneis está mezclado con roca granítica gnéisica y otra donde ambos están cortados por masas pequeñas de granito no foliado (Ward *et al.,* 1973). Aflora al oriente del área metropolitana de Bucaramanga y se localiza al este de la Falla Bucaramanga (Figura 2). Entre los municipios de Floridablanca y Piedecuesta esta unidad presenta variación en la orientación de la foliación, lo cual indica perturbaciones tectónicas severas. Se encuentra en contacto con intrusivos jurásicos graníticos y se considera de edad precámbrica (Ward *et al*., 1973).

- Formación Silgará (pDs): Nombre propuesto por Ward *et al*., (1973) para referirse a una secuencia de rocas clásticas metamorfizadas de estratificación delgada, compuestas por filitas, cuarcitas, esquistos, metareniscas y menores cantidades de pizarra y filita calcárea, cuya sección tipo se localiza en la Quebrada Silgará. Las relaciones estratigráficas sugieren que esta unidad suprayace al Neis de Bucaramanga e infrayace rocas del Devónico (Figura 3).

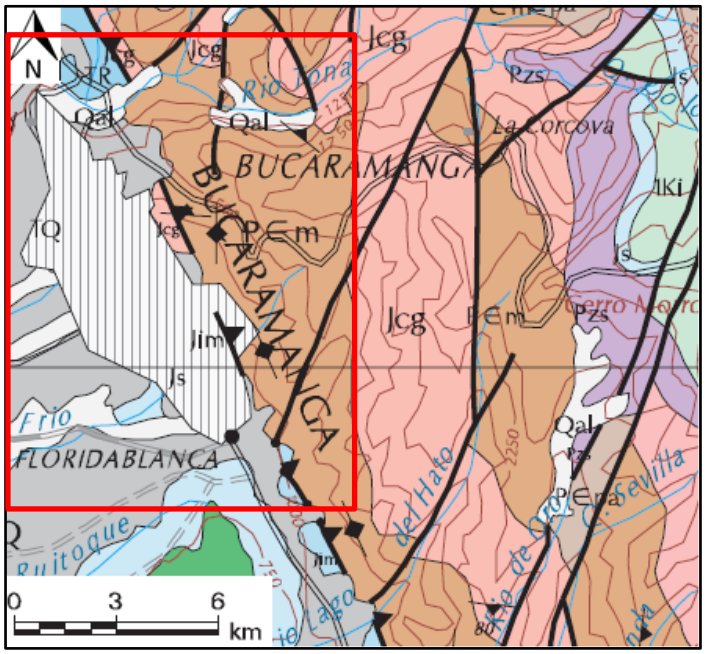


Figura 2. Unidad Neis de Bucaramanga ubicada al este del Municipio de Bucaramanga (Tomado de INGEOMINAS, 1999).

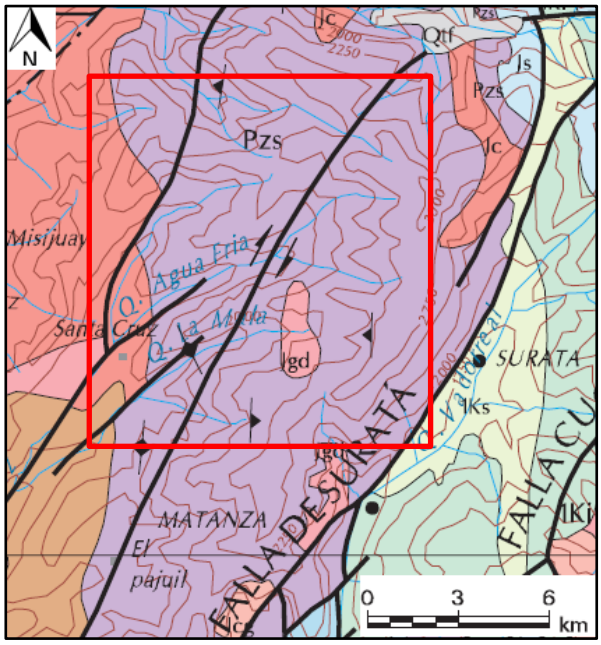


Figura 3. Formación Silgará en los alrededores de Matanza y Suratá. Ubicada al Noreste del Municipio de Bucaramanga (Tomado de INGEOMINAS, 1999).

- Formación Bucaramanga: La Formación Bucaramanga hace parte de los depósitos cuaternarios descritos por Ward *et al*., (1973). Esta unidad inicialmente

fue propuesta por Hubach (1951), quien la subdivide en: Miembro Órganos (Qbo) y Miembro Finos (Qbf). Posteriormente De Porta (1959) divide la formación Bucaramanga en tres paquetes: uno inferior conformado por niveles discontinuos de gravas clasto soportados y con lentes arenosos intercalados con un espesor de 150m; un segundo paquete con un espesor de 18m ubicado en la parte superior, compuesto de sedimentos arcillosos y un tercer paquete de 8 a 15 metros de espesor, constituido por una mezcla de fragmentos angulares gruesos y finos arenosos. Sin embargo después de trabajos de campo detallados el INGEOMINAS subdivide esta unidad en cuatro miembros: Órganos (Qbo), Finos (Qbf), Gravoso (Qbg) y Limos Rojos (Qblr); de acuerdo con las dataciones publicadas en el proyecto hidroeléctrico Fonce-Suárez, la edad de la Formación Bucaramanga es menor que 730.000 años (Pleistoceno) (INGEOMINAS, 1997).

Morfológicamente esta unidad corresponde a un abanico aluvial erosionado posiblemente asociado en gran parte al Río Suratá, acumulado sobre una depresión de origen tectónico, sobre la cual se ubica el casco urbano de la ciudad de Bucaramanga. Este abanico limita al nororiente y oriente con el Macizo de Santander, al noroccidente y occidente con el Cerro de Palonegro y el Río de Oro, y al sur con la Mesa de Ruitoque. Presenta una superficie suavemente ondulada, con pendiente ligeramente inclinada al occidente, entre 2º y 7º, y una extensión aproximada de 60 a 80 km². El valor real del espesor de la Formación Bucaramanga es aún desconocido, sin embargo a partir de cortes geológicos se ha estimado un valor promedio de 250 m en las zonas con mayor espesor.

El ambiente de depositación de esta unidad ha sido considerado como un ambiente fluvial, con alternancia de materiales de origen aluvial tipo cono de deyección, flujos de escombro, canal y lagunar, en base a la granulometría que presentan dichos materiales, los rasgos geomorfológicos que presenta esta formación, así como los posibles agentes de transporte y la fuente de los materiales (Julivert, 1958).

A continuación se describen las características geológicas de cada uno de estos miembros, de acuerdo con la información geológica que se presenta en los estudios del INGEOMINAS (2001).

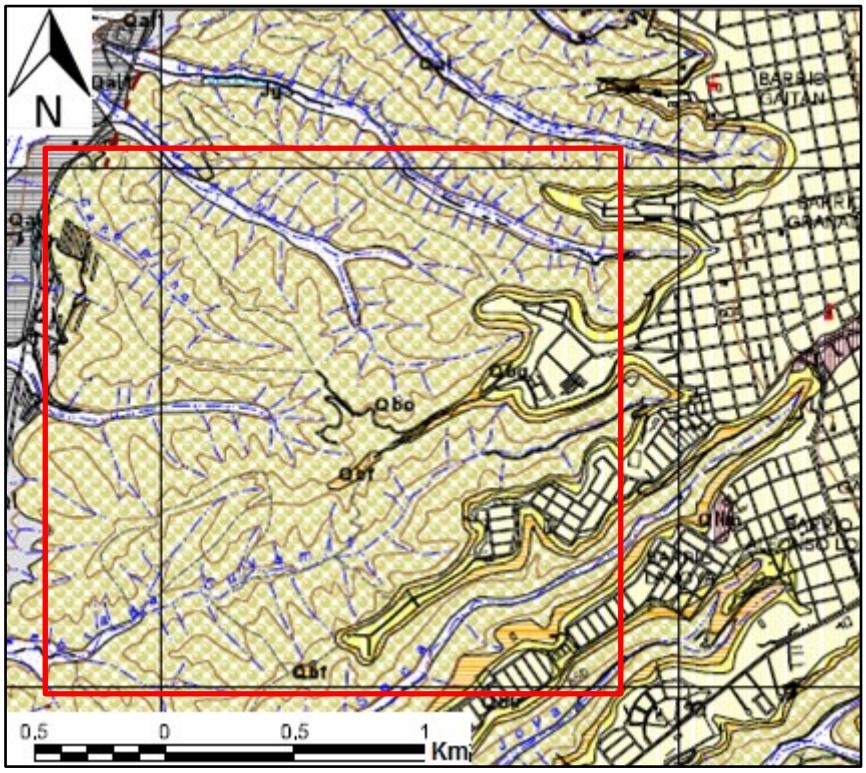


Figura 4. Formación Bucaramanga Miembro Órganos (Qbo), al oeste del Municipio de Bucaramanga (Tomado de INGEOMINAS, 2001).

- **Miembro Órganos (Qbo):** Esta unidad fue definida por Hubach (1951) y presenta un espesor mayor a 180m, siendo este el más potente de la Formación Bucaramanga. Presenta una serie de niveles polimícticos de fragmentos gruesos de aspecto conglomerático, con alternancia de capas y lentes limo arenosos, con variaciones laterales y verticales en composición y textura, según Bueno y Solarte (1994). Los niveles lenticulares descritos por Hubach (1951), algunos son niveles limo-arenosos de hasta 5 m; otros son niveles de aspecto conglomerático que forman los depósitos de gravas y bloques poco consolidados dispuestos en forma de capas gruesas a muy

gruesas, con espesores hasta de 15 m. El tamaño de los cantos varía entre 10 y 30 cm, alcanzando bloques mayores de 1 m de diámetro con una composición predominante de areniscas silíceas de grano medio, bien cementadas y en menor proporción fragmentos de rocas ígneas ácidas de textura fanerítica, neises micáceos de color amarillo hasta rosado, areniscas lodosas rojizas de grano fino y alto contenido de micas, cuarzo lechoso, liditas y cherts. Los niveles gravosos presentan matriz arcillosa pardo amarillenta y los niveles finos presentan material arcillo arenosos y areno arcilloso de consistencia compacta, con trazas de materia orgánica (Figura 4).

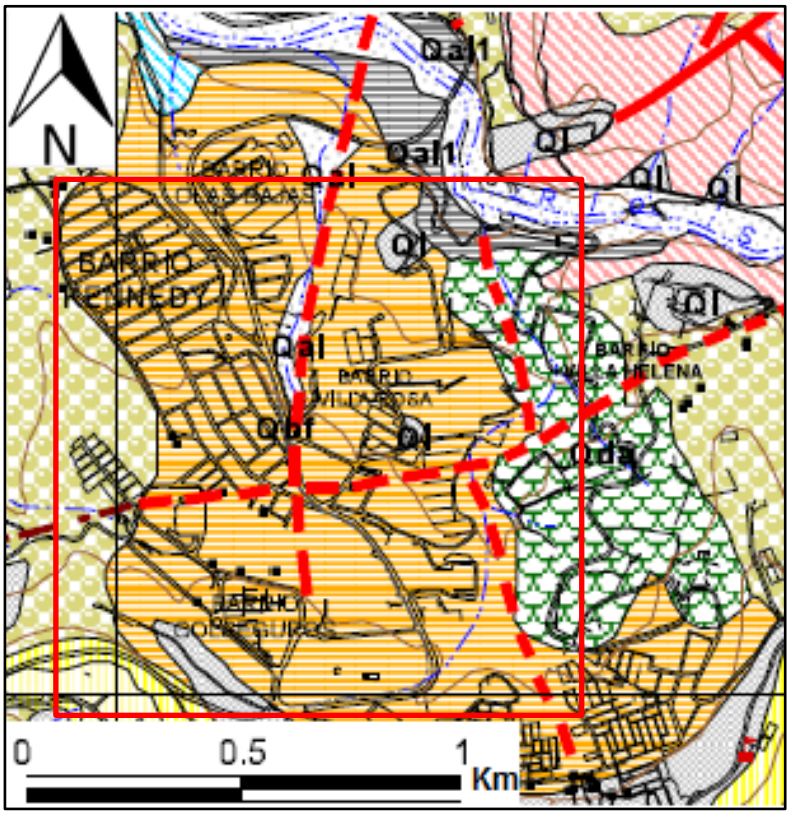


Figura 5. Formación Bucaramanga Miembro Finos, al norte del municipio de Bucaramanga (Tomado de INGEOMINAS, 2001).

- **Miembro Finos (Qbf):** Este nivel fue reconocido y definido por Hubach (1951). Se ubica estratigráficamente entre el nivel inferior de la Formación Bucaramanga (Miembro Órganos) y el nivel superior (Miembro Gravoso) en

contactos netos plano paralelos. Es una capa lenticular horizontal con alternancia de niveles arcillosos, limo-arenosos y areno-limosos, de colores gris verdosos con un espesor promedio de 15m. Estos niveles presentan una geometría tabular de estratificación paralela, cruzada y ondulosa, con espesores que oscilan entre 5 y 40 cm. Hacia la base el Miembro Finos presenta material arcillo-limoso, masivo, de colores grises a verdes, con estratificación plana paralela, con gran variación de espesor. Hacia el techo presenta alternancia entre niveles arenolimosos con niveles limo arenosos arcósicos de colores amarillento a pardo amarillento.

Geomorfológicamente se caracteriza por presentar escarpes con un grado de alteración moderada de consistencia plástica para el material arcilloso (Figura 5). El ambiente de depositación para este miembro de la Formación Bucaramanga, es un ambiente aluvial de intercanales, poco profundo, de baja energía y de escasas interdigitaciones de flujo de escombros de facies arenosas (INGEOMINAS, 2001).

- **Miembro Gravoso (Qbg):** Definido por Niño y Vargas (1992), se encuentra ubicado sobre la escarpa occidental y norte de Bucaramanga (Figura 6). Conforma los escarpes superiores de la parte alta del barrio La Gran Ladera y el nacimiento de la quebrada La Iglesia, en los alrededores de los barrios Lagos del Cacique, Diamante II y San Luis. Presenta un espesor que varía entre 8 y 30 m. presentando niveles gravosos, gravo arenosos y gravo lodosos. Los cantos están compuestos por rocas metamórficas e ígneas y sedimentarias tales como areniscas cuarzosas, areniscas limosas y limolitas moradas. El tamaño grava presenta un diámetro promedio de 15 cm, y predomina sobre bloques de rocas de hasta 80 cm de diámetro. A modo general el Miembro Gravoso es matriz soportado, presentando en sitios puntuales, material clasto soportado. Se encuentra suprayaciendo el Miembro Finos presentando contacto neto, continuo y suavemente onduloso.

Infrayace el Miembro Limos Rojos en contacto gradacional (Niño y Vargas, 1992).

Geomorfológicamente es similar al Miembro Órganos en los sectores de los valles de las quebradas. En la parte sur de la Quebrada la Iglesia, su morfología se caracteriza por presentar colinas suaves onduladas y laderas alargadas con un drenaje dendrítico. Estos depósitos presentan un grado de meteorización medio a alto, siendo la parte superficial de este miembro poco compacta y altamente permeable. Su ambiente de depositación es de flujo de escombros (INGEOMINAS, 2001).

- **Miembro Limos Rojos (Qblr):** Nivel definido por Julivert (1963). Se encuentra localizado de forma no uniforme en el sector urbano de Bucaramanga y continúa hacia el sur, hasta el sector norte del municipio de Floridablanca.

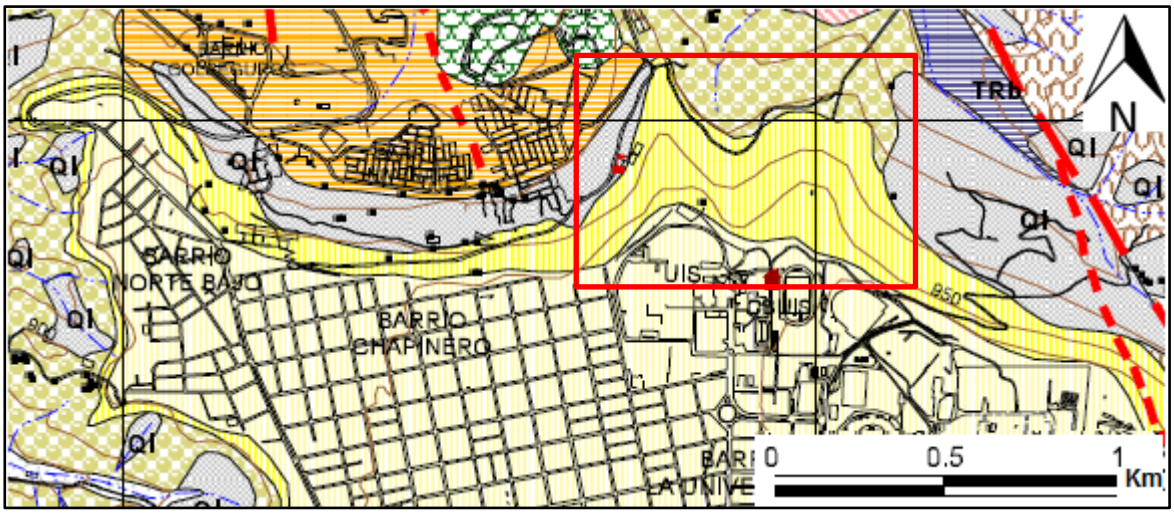


Figura 6. Formación Bucaramanga Miembro Gravoso, al norte del municipio de Bucaramanga (Tomado de INGEOMINAS, 2001).

Presenta arenas arcillosas gravosas y limos de colores rojizos, amarillentos y naranjas. En algunos sectores se aprecian bloques angulares de arenisca meteorizados, embebidos dentro de limos rojos y se asocian superficialmente

a este miembro. Este depósito se encuentra suprayaciendo el Miembro Gravoso en contacto gradacional. La parte más superficial de este miembro presenta un alto grado de meteorización formando niveles de oxidación (INGEOMINAS, 2001). Geomorfológicamente se caracteriza por constituir la parte superficial de la llamada inicialmente "Meseta de Bucaramanga", presentando una topografía plana con pendientes menores al 7%, de drenaje escaso, paralelo y superficial (Niño y Vargas, 1992) (Figura 7).

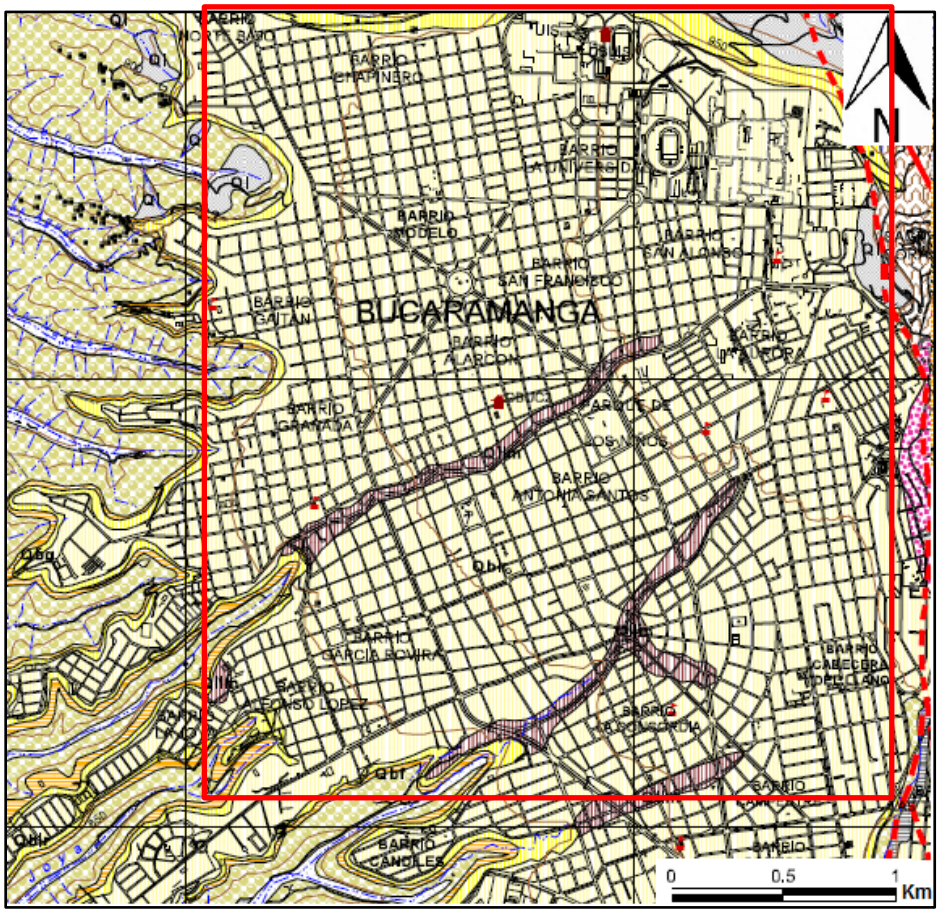


Figura 7. Formación Bucaramanga Miembro Limos Rojos (Tomado de INGEOMINAS, 2001).

En la Figura 8 se muestra de manera esquemática el perfil del subsuelo correspondiente a la Formación Bucaramanga.

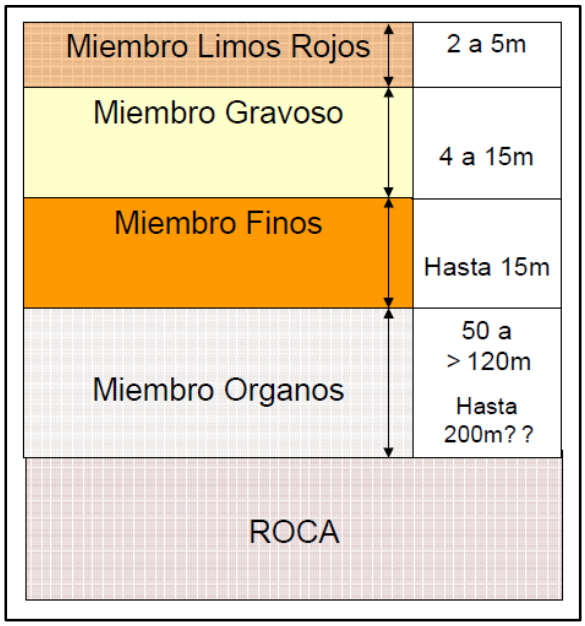


Figura 8. Perfil típico y espesores promedio de la Formación Bucaramanga (Tomado de INGEOMINAS, 2001).

4.2.1.2. UNIDADES GEOLÓGICAS SUPERFICIALES (UGS)

4.2.1.3. Generalidades

En el presente estudio se caracterizaron y se cartografiaron las unidades geológicas superficiales a escala detallada, de acuerdo a las características físico-mecánicas de los diferentes suelos y materiales rocosos presentes en el área de estudio.

Las Unidades Geomorfológicas Superficiales corresponden a un conjunto de materiales que conforman la superficie del terreno hasta profundidades del orden de decenas de metros (Hermelin, 1987). Estas formaciones superficiales incluyen rocas con diferente grado de meteorización, suelos y depósitos inconsolidados según su origen (Tabla 1), son correlacionables con procesos morfodinámicos, debido a la acción de agentes exógenos y endógenos que modelan la superficie terrestre. La caracterización geológica de estas unidades permite evaluar el comportamiento mecánico de un terreno, siendo esta evaluación el insumo principal para el desarrollo de obras civiles. A partir de esta información se elabora el mapa

de Unidades Geológicas Superficiales, el cual proporciona de manera visual las condiciones físicas de estas unidades en superficie.

Tabla 1. Unidades Geológicas Superficiales (UGS) según su origen (Hermelin, 1985 y Salazar, 1995 en INGEOMINAS, 2007).

ORIGEN DE LA UGS	TIPO DE UGS
Derivadas de roca In situ	- Roca inalterada - Saprolito - Suelos Residual
Depósitos aluviales	- Aluviones recientes o de lecho de río - Llanuras aluviales - Abanicos, terrazas aluviales, depósitos torrenciales y fluviotorrenciales.
Depósitos lacustres y paludales	- Depósitos lacustres
Depósitos de ladera, de vertiente o coluviales	- Coluviones - Flujos (de lodo, tierra y de escombros) - Derrubios de pendiente
Depósitos costeros	- Deltas, Barras, Playas, etc.
Depósitos volcánicos	- Tefras, flujos piroclásticos, ignimbritas y flujos de lodos volcánicos - Lahares, cenizas y coladas de Lava
Depósitos eólicos	- Dunas - Loess - Cenizas volcánicas
Depósitos de glaciares	- Morrenas y Tillitas - Fluvioglaciares
Depósitos antrópicos	- Rellenos sanitarios o de basuras - Rellenos de excavaciones - Escombreras o botaderos

El presente estudio constituye un factor importante para el planteamiento del uso del suelo para el desarrollo urbano, el plan de ordenamiento territorial del municipio de Girón, así como la construcción y el mantenimiento de obras de ingeniería que permitan mitigar, controlar y prevenir posibles riesgos geológicos.

4.2.1.4. Unidades de Suelo

Para la clasificación de las Unidades de Suelo se tuvo en cuenta la nomenclatura utilizada por INGEOMINAS (2007), la cual subdivide los suelos en transportados, antrópicos y residuales, de acuerdo al origen de los materiales. En el área estudiada se reconocieron suelos transportados y antrópicos. En el área se reconocieron 4 unidades geológicas superficiales principalmente, suelos gravosos del miembro Gravoso, Suelos del miembro Limos Rojos, Suelos del miembro Órganos y suelos Coluviales, a continuación se describirán las características de cada una de estas unidades.

- **Suelos del Miembro Órganos (Formación Bucaramanga) (Sft3)**

Conformados por arcillas arenosas laminadas, color gris verdoso, amarillentas, de consistencia firme, con intercalaciones de niveles arenosos, gravosos. La arena es de grano fino a medio, color gris claro, cuarzoso, con buena selección y consistencia firme. (INGEOMINAS 2007).

Esta unidad se reconoció hacia el Sur-oriente del área de estudio, allí se observó un suelo de color pardo –amarillento-rojizo, que presenta capas de areniscas corresponden a cuarzo-arenitas de grano medio, poco cementadas lo que las hace muy friables, dispuestas en capas tabulares de hasta 1 m de espesor, intercaladas con arcillolitas de color pardo amarillento dispuestas en capas tabulares de hasta 60 cm de espesor. En los afloramientos se observa una muy marcada erosión laminar como grietas de desecación y surcos principalmente en las capas arcillosas, Ver Figura 9.

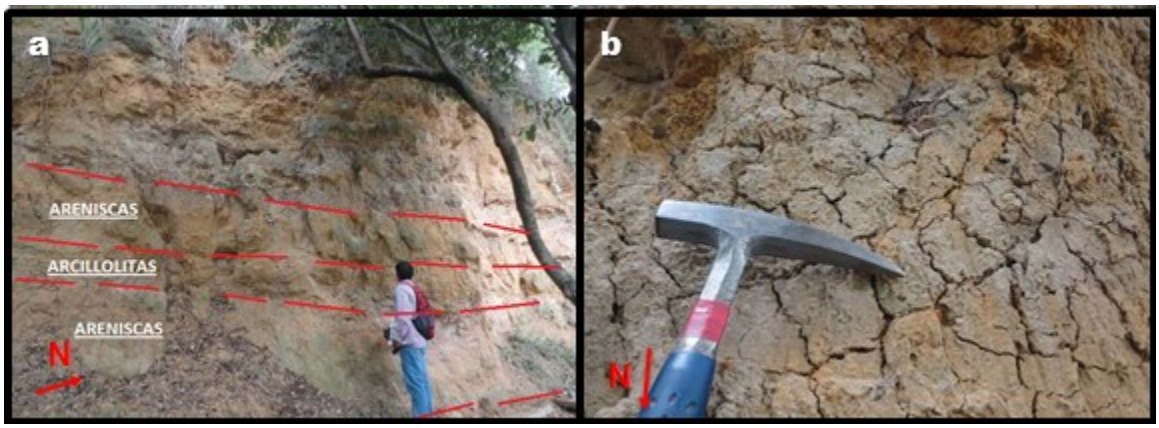


Figura 9. Suelo del Miembro Órganos. a) afloramiento general. b) Grietas de desecación.

- **Suelos Gravoso del Miembro Órganos (Sft3)**

Corresponde a un depósito matriz soportado, cuya matriz es limo-arcillosa, de color gris claro, con tintes marrones y rojizos por alteración, altamente erodable (Figura 10). Presenta bloques y cantos redondeados de arenisca cuarzosa micácea de grano fino. También se aprecian limolitas rojas alteradas, bloques de esquistos, cantos de cuarzo, conglomerados y cuarcitas frescas. Esta unidad presenta lentes de arcillas limo-arenosas con variación lateral areno gravosa, presencia de líticos, micas y restos de materia orgánica y presenta un comportamiento consistente en estado seco, pero al absorber agua pierde totalmente la consistencia y la matriz se desintegra. Tiene alta permeabilidad y es fácilmente erodable lo cual permite la caída de bloques en épocas de lluvias, originando surcos, cárcavas y tierras malas. Estos procesos contribuyen a la formación de estoraques los cuales alcanzan hasta 10 m de altura (INGEOMINAS, 2007).

Esta unidad se presenta en casi toda el área de estudio (exceptuando hacia el Sur-Este en donde se presenta Sfl3), y se caracteriza por ser un suelo de color pardo amarillento matriz soportado con presencia de clastos desde hasta 30 cm de diámetro, con una relación de 70%-30% de cantos y matriz respectivamente. El suelo presenta una matriz areno-arcillo-limosa de color blanca-parduzca, y los cantos que corresponden a diferentes litologías (principalmente rocas de

sedimentarias provenientes de las Formaciones Girón y Jordán, también se presentan cantos provenientes del Gneis de Bucaramanga y algunos granitos.) son subredondeados a sub angulares y subesféricos a subangulares.

En determinados sectores como en el Talud ubicado al norte del Barrio Pablo VI se observaron algunas variaciones laterales caracterizadas por suelos arcillosos de color amarillento rojizos que envuelven algunos cantos menores a 6 cm los cuales presentan una alineación en dirección al rumbo de las capas de arcillas. Se encontraron bloques de hasta 0.50 m de diámetro envueltos por este tipo de suelos arcillosos, que debido a la erosión y los deslizamientos presentes se encuentran inestables y pueden llegar a generar caídas de bloques que afecten a la comunidad.

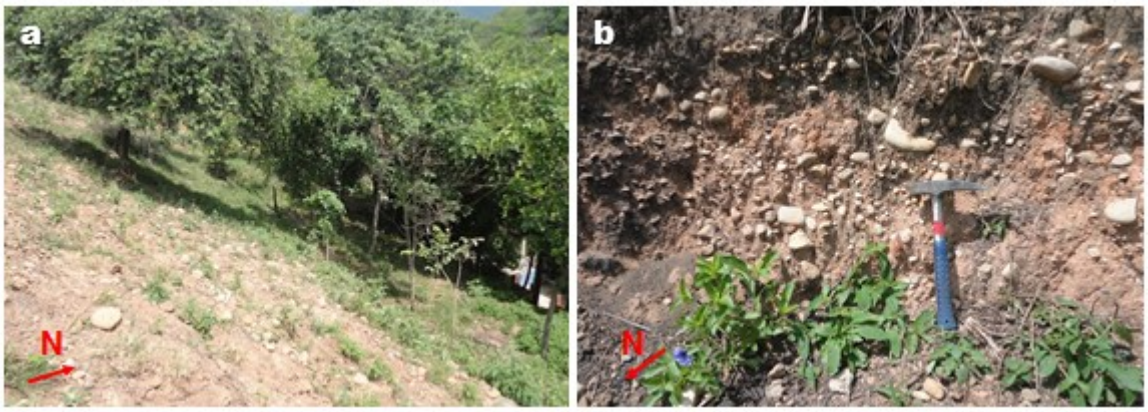


Figura 10. Suelo gravoso del Miembro Órganos.

- **Suelos del Miembro Limos Rojos (Formación Bucaramanga) (Sfl2)**

Esta unidad está compuesta por arcillas y limos de color rojo con fragmentos de cuarzo. También presenta cantos redondeados con diámetros de 2-8 cm principalmente de arenisca y algunos de neis, e encuentra suprayaciendo al Suelo del Miembro Gravoso, mostrando un contacto gradacional. Presenta variaciones laterales y verticales de arcillas limosas, gris verdosas con tintes rojizos de oxidación. Geomorfológicamente este miembro constituye lo que anteriormente se

denominaba como “Meseta de Bucaramanga”, donde la parte más superficial presenta un grado alto de meteorización con formación de niveles de oxidación, pero en la zona de estudio se encuentra cubierta por las viviendas del Barrio Pablo VI.



Figura 11. Suelos de Miembro Gravoso. Este se presenta en el talud hacia el fondo de la imagen.

- **Suelos Miembro Gravoso (Formación Bucaramanga) (Sft2)**

Se caracteriza por un suelo matriz soportado con una matriz areno-limosa de color amarillento-Naranja, compuesto de granos de tamaño arena media y limos (80% y 20 % respectivamente), de consolidación intermedia y con presencia de cantos y bloques compuestos de rocas sedimentarias con posible proveniencia de las formaciones Girón y Jordán, también se observa la presencia de clastos de neises y rocas ígneas, (INGEOMINAS, 2007), en este caso se observa un suelo matriz-soportado, con una matriz areno-limoso-arcillosa de color amarillo-parduzco, con cantos de hasta 30 cm de diámetro, redondeados y esfericidad media, cantos de diferentes litologías como Cuarzo areniscas de grano medio con muy buena cementación, granitos (compuesto principalmente de cuarzo, plagioclasas, feldespatos y micas) (Figura 11).

- **Suelos Coluviales (Sco1)**

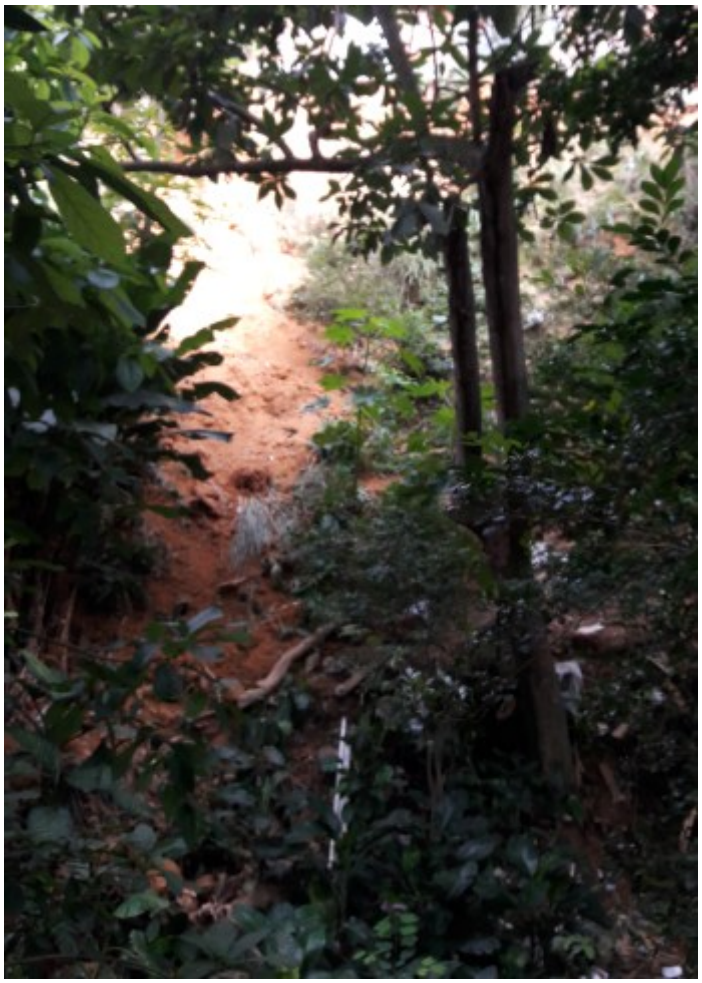


Figura 12. Suelos Coluviales recientes, este se presenta al fondo de la imagen en la escarpa norte de la calle 68 a

Recientes Los coluviones son masas incoherentes de materiales sueltos y heterogéneos, de suelos y/o fragmentos de roca angulares a subangulares, depositados por la gravedad, lavado de la lluvia o movimientos en masa. Se caracterizan por ser materiales clasto-soportados o matriz soportados según el origen de los sedimentos, su tamaño de grano varía desde grava hasta bloques de 1,5 m de diámetro, con consistencia muy baja a baja en coluviones recientes y media a alta en coluviones antiguos y meteorización intermedia a alta (INGEOMINAS, 2007). Estos pueden evidenciarse en la morfometría presente en los suelos en el área de estudio.

El resultado de la identificación, caracterización y levantamiento de las unidades geológicas superficiales en el área de estudio se plasma en el mapa geológico del área de estudio (Figura 12). Se destaca que los límites de las unidades geológicas se encuentran a consideración a cambios debido a que algunos contactos en el área son poco visibles, por lo que se recomienda realizar el empate coherente con datos de perforaciones, trincheras y datos de tomografías eléctricas.



Figura 13. Variaciones de suelos laterales presentes en zonas puntuales de los suelos gravosos del Miembro Órganos, (a) Afloramiento en general expuesto por cortes antropicos, (b) Detalle de los cantos alineados con la misma dirección del rumbo de las capas, (c) Detalle de los bloques de hasta 1 m de diámetro afectado hacia su base por la erosión laminar lo que puede llegar a generar futuros deslizamientos que afecten a la comunidad.

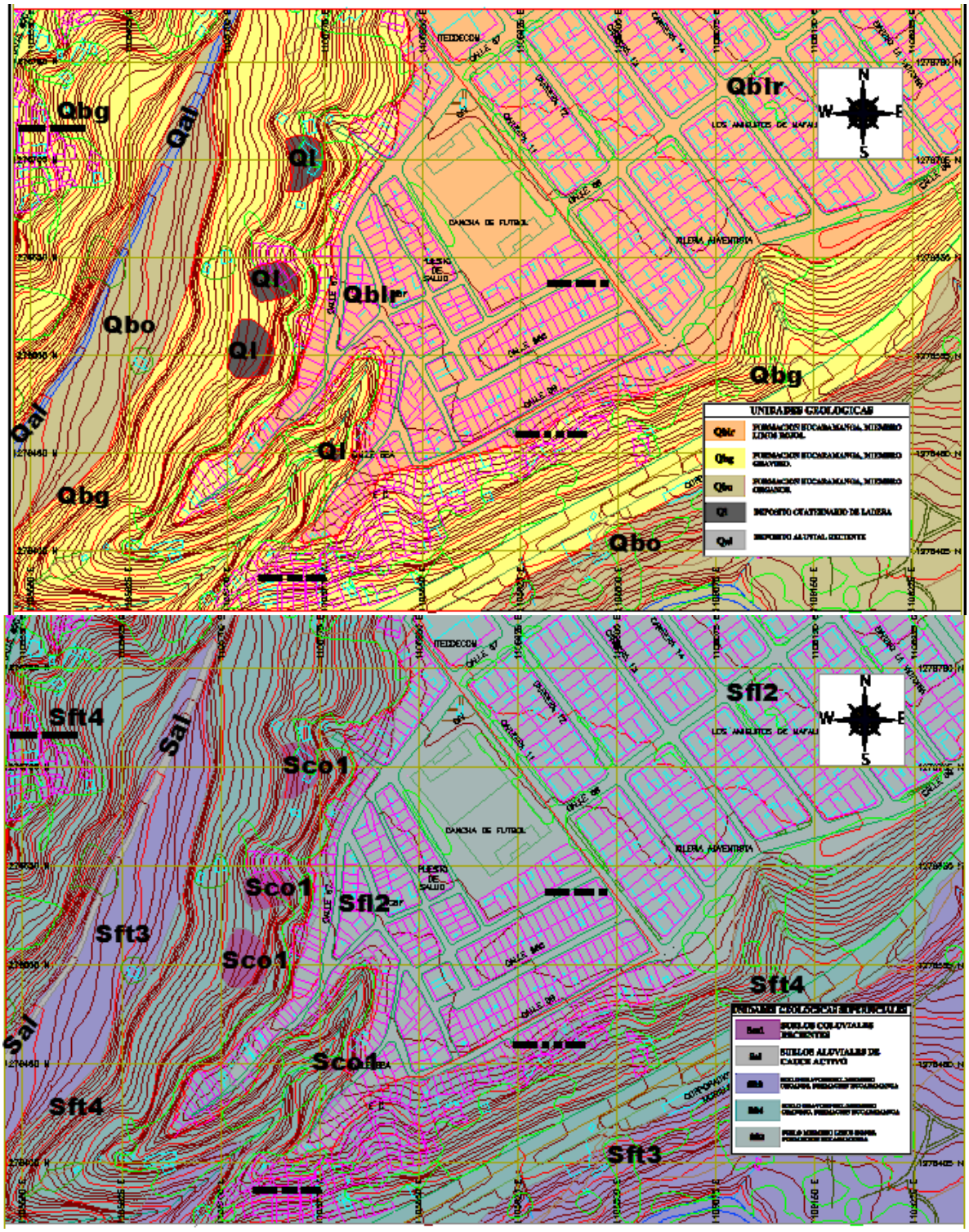


Figura 14. Mapa geológico y Unidades geológicas superficiales escala 1:750 para el área de estudio. Este se encuentra en el Anexo Planos.

Suelos Aluviales de Cauce Activo (Sal): Son sedimentos recientes que han sido transportados y depositados por los ríos y quebradas, conformando cauces activos,

abandonados y llanuras de inundación (INGEOMINAS, 2007). En este caso se observa un suelo areno con cantos subredondeados a subangulares con esfericidad baja en los más grandes (de hasta 5 m de diámetro) y media-alta en los cantos más pequeños (hasta 50 cm de diámetro), principalmente de composición granítica (95% QTZ, PLG, MSC, FKS y 5% Máficos) y gnéisica con bandeamiento muy marcados, gneises cuarzo feldespáticos y cuarzo-anfibóliticos. También se observan algunos depósitos de playas del río, que son principalmente arenas de grano medio-fino, sin consolidación.

4.3. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

4.3.1.1. Marco geológico y tectónico de Colombia

El segmento septentrional de Suramérica en donde se encuentran la cadena montañosa de los Andes de Ecuador, Colombia y Venezuela ha sido reconocida como el Bloque Nor-andino el cual corresponde a un segmento geológicamente diferente de la Cordillera de Los Andes (Cediel et al., 2003) ya que es un territorio geológicamente complejo y tectónicamente dinámico (Royero y Clavijo, 2001), en donde ocurre la interacción de tres placas litosféricas principales: la Placa de Nazca ubicada en el Pacífico, la Placa Caribe y la Placa Suramericana en donde se incluye el Bloque Norandino (Cediel et al., 2003; Royero y Clavijo, 2001) (Figura 14).

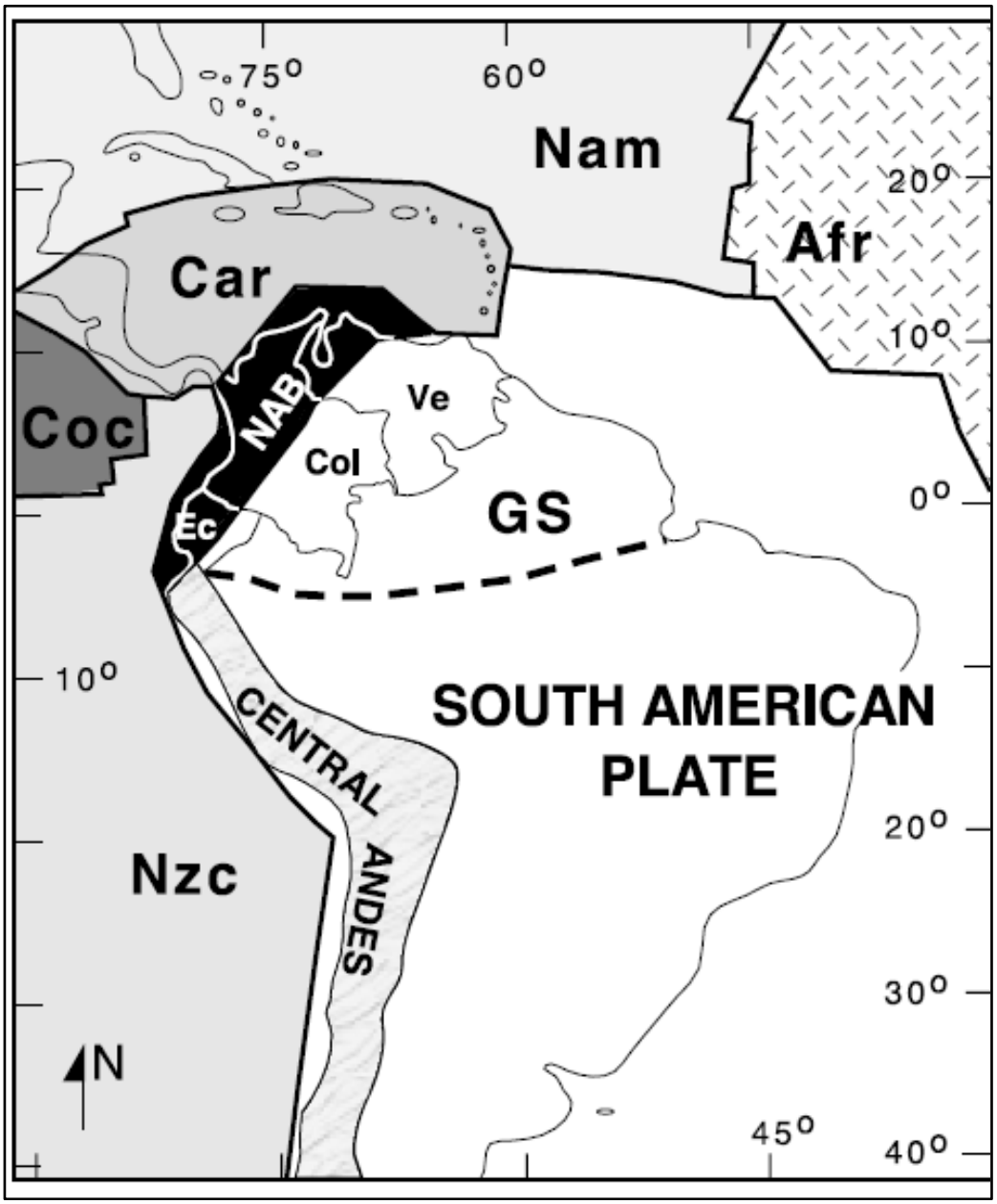


Figura 15. Bloque Norandino en la esquina septentrional de Suramerica y su compleja interacción con las Placas Nazca, Caribe y Suramerica. Tomado de Cediel *et al*., 2003.

La Placa de Nazca se encuentra subduciendo al oriente bajo la Placa Suramericana a una tasa de subducción de 65-70 mm/año (Rhea, et al., 2010). La Placa de Nazca se forma en el último episodio de fragmentación de la Placa Farallón a principios del Mioceno cuando la Placa de Cocos se separa completamente reduciendo

considerablemente el tamaño de la misma y este fragmento de la Placa Farallón es renombrado como Placa de Nazca (Lonsdale, 2005).

La evolución de la Placa Caribe, la cual se encuentra al norte del territorio colombiano ha sido controversial en las últimas décadas, se han planteado básicamente dos grupos de modelos diferentes: Los modelos “del Pacífico” que proponen un origen de la corteza oceánica caribe en el Mesozoico Tardío en la región del Pacífico y una deriva a su posición actual en medio de las dos américas (Pindell et al.,1988;); y otro modelo alternativo el cual propone la formación de la corteza caribe al oeste de su posición actual pero en medio de las dos américas (Meschede y Frisch, 1998). La tasa de desplazamiento de la placa Caribe con respecto a la placa Suramericana es de aproximadamente 20mm/año (Pérez et al., 2001).

4.3.1.2. **Marco geológico y tectónico del Departamento de Santander**

El Departamento de Santander se encuentra conformado por los Terrenos de Santander, Floresta y el Supraterreno Cretácico en el sentido de Etayo et al. (1983). Sin embargo, el uso de estos términos ha dado lugar una serie de confusiones en la aplicación e interpretación de los mismos, por tal razón Royero y Clavijo han optado por subdividir el Departamento de Santander en tres provincias: el Macizo de Santander, la Cordillera Oriental y el Valle Medio del Magdalena (Figura 15).

La Provincia del Macizo de Santander se encuentra al oriente de la Falla de Bucaramanga y esta subdividida en los bloques Floresta, Cucutilla, Pamplona y Ocaña. En términos generales, estos bloques incluyen fallas inversas y sistemas de fallamiento en pequeños bloques y la presencia de anticlinales y sinclinales con direcciones que van desde el SE-NW hasta SW-NE. Esta provincia está constituida principalmente por rocas metamórficas precámbricas y paleozoicas; rocas ígneas

paleozoicas y mesozoicas y, rocas sedimentarias paleozoicas, mesozoicas y cenozoicas (Royero y Clavijo, 2001).

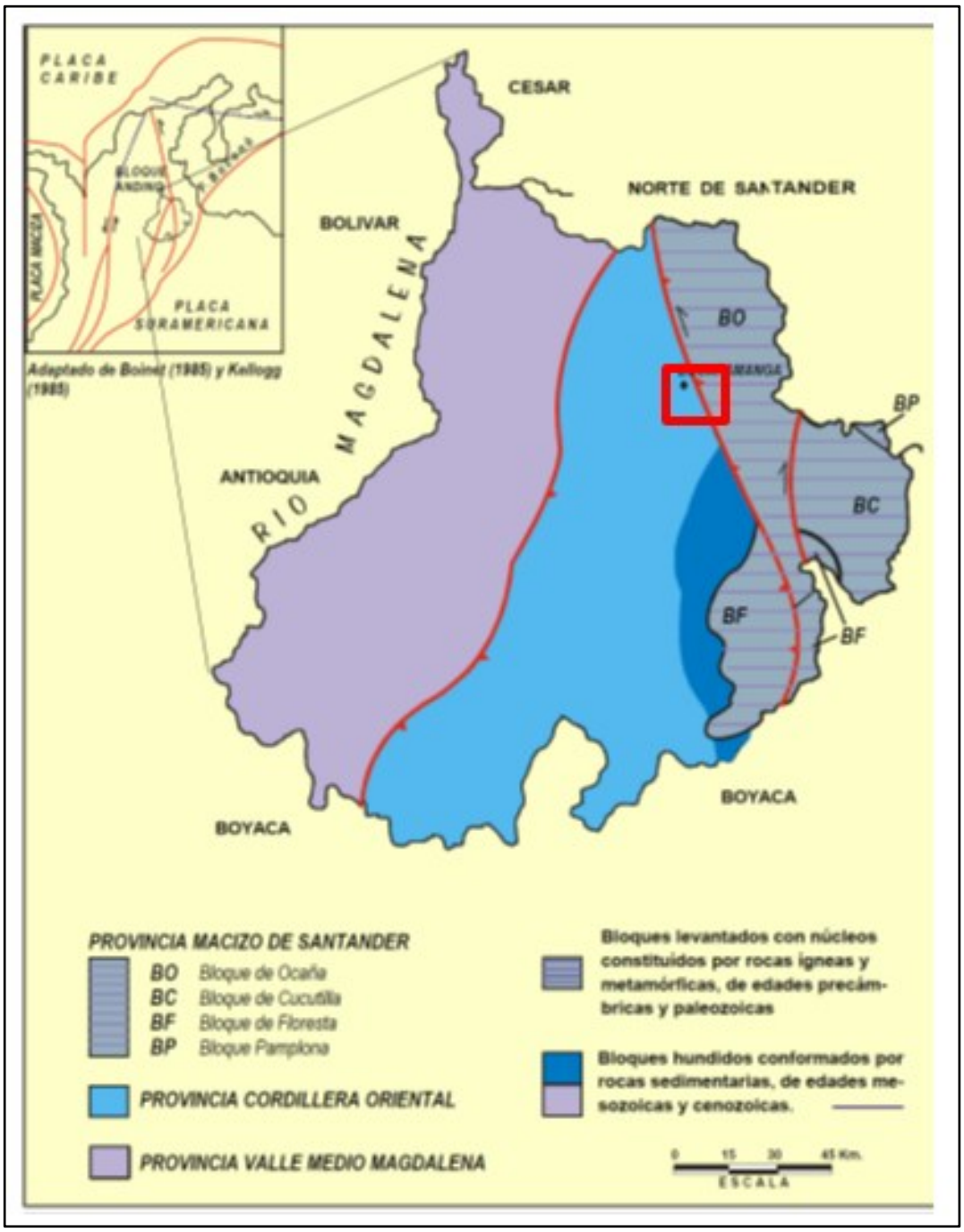


Figura 16. Esquema tectónico del Departamento de Santander. En el cuadro rojo se encuentra el área de estudio. Modificado de Royero y Clavijo, 2001.

La Provincia de la Cordillera Oriental se encuentra entre la Falla de Bucaramanga y la Falla La Salina. Se caracteriza por pliegues anticlinales y sinclinales amplios limitados por fallas inversas de direcciones NE a NW. Esta provincia se caracteriza por la presencia de rocas sedimentarias jurásicas y cretácicas (Royero y Clavijo, 2001). La Provincia del Valle Medio del Magdalena se encuentra al occidente del departamento y está caracterizada tectónicamente por un estilo estructural de plegamiento con anticlinales y sinclinales amplios y suaves. Las rocas presentes en esta provincia son sedimentarias mesozoicas y cenozoicas (Royero y Clavijo, 2001). En la **Figura 17** se encuentran las principales estructuras que se encuentran en el Departamento de Santander, y posteriormente se encuentra una breve descripción de las estructuras que tienen mayor interés en el presente estudio.

Falla de Bucaramanga: Corresponde al segmento meridional de la estructura considerada anteriormente como la Falla Bucaramanga-Santa Marta en el sentido de París et al. (2000). Esta falla corresponde a una falla de rumbo con movimiento sinestral y dirección NNW. La cual muestra un desarrollo geomorfológico bastante evidente que incluye lomos de presión, lomos de obturación, silletas de falla, cauces desviados, lagos de falla entre otros (Royero y Clavijo 2001, Ward y Goldsmith, 1971). Una característica destacable de esta falla es el desplazamiento sinestral del Río Suratá de 2.5 km el cual se ha considerado como el afluente que aporto los sedimentos al Abanico Aluvial de Bucaramanga (Diederix et al., 2008) (**Figura 18**), según Jiménez et al. (2014) en base a investigaciones de paleomagnetismo del abanico (la Falla de Bucaramanga tiene una tasa de desplazamiento de 3mm/año como máximo).

Sistema de Fallas del Suarez: Dentro de este sistema de fallas se incluyen las Fallas del Suarez, del Rio de Oro y la Falla de Chimitá-Café Madrid (INGEMINAS, 2009). Se extiende por una longitud de 120 km desde Barbosa hasta la Falla de

Bucaramanga al norte; su trazo tiene una dirección N20°E y una inclinación hacia el occidente (Royero y Clavijo, 2001).

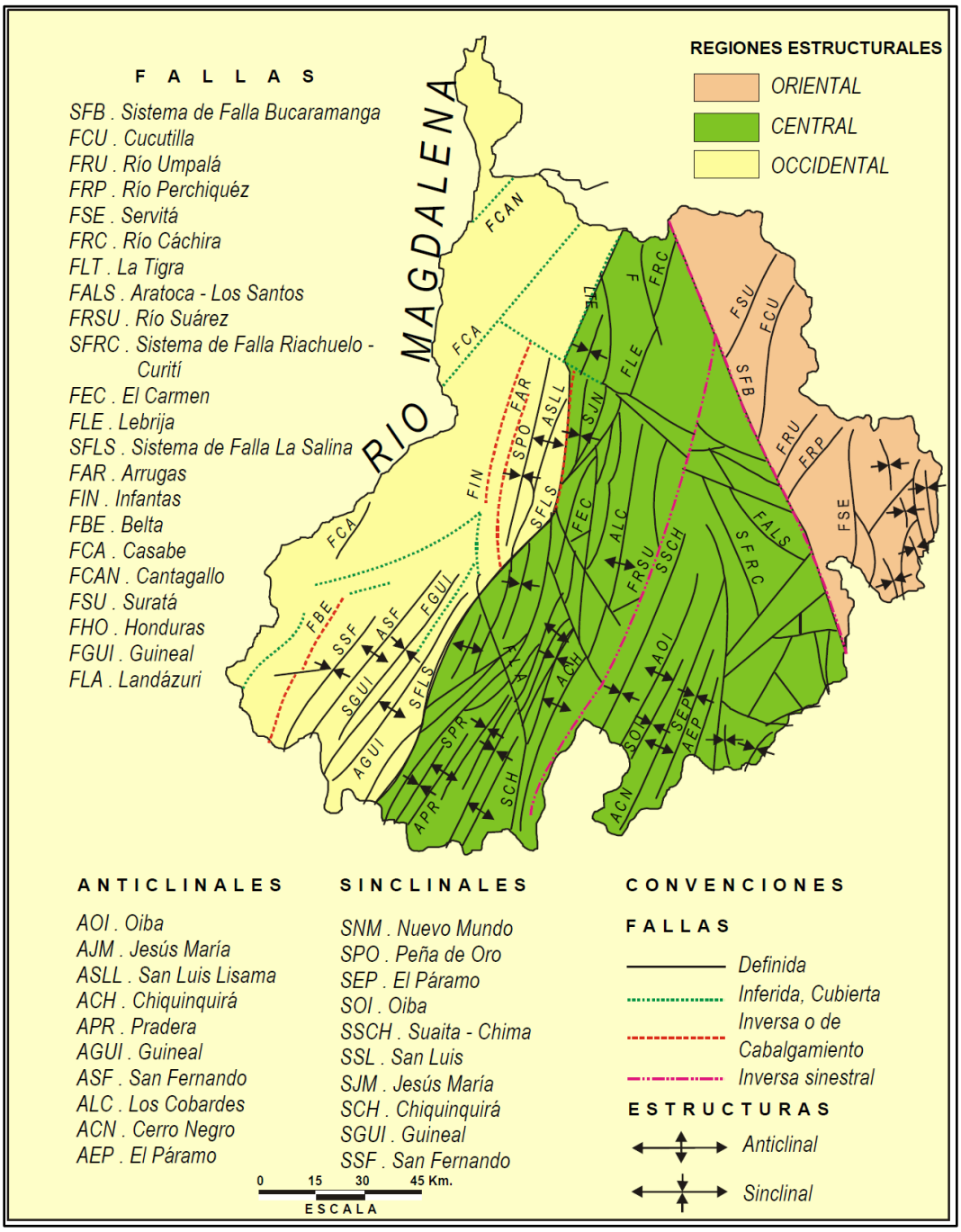


Figura 17. Esquema estructural del Departamento de Santander. Tomado de Royero y Clavijo, 2001.

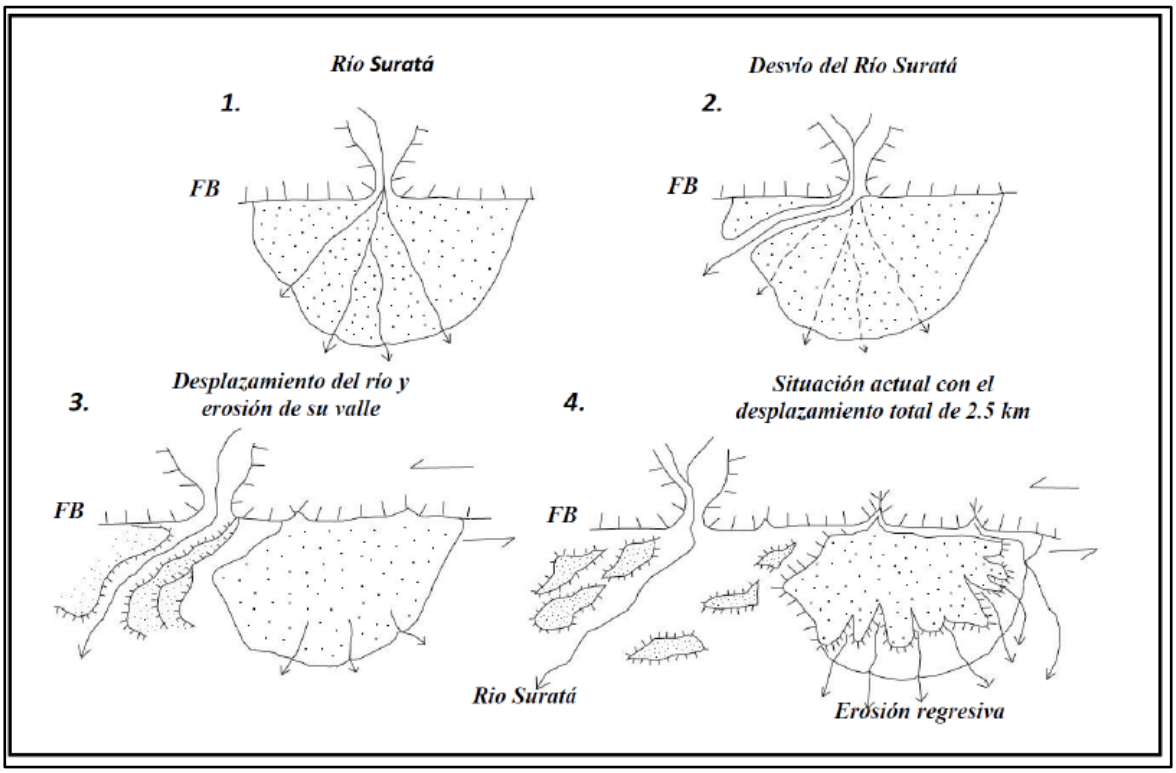


Figura 18. Desvío del Río Suratá debido a la acción de la Falla de Bucaramanga. Tomado de Diederix *et al.*, 2008.

Nido sísmico de Bucaramanga: Corresponde a una zona sísmica de intermedia profundidad, aproximadamente 160 kilómetros de profundidad, ubicada en el Departamento de Santander a 6.8° N y 73.1°W. Este sector tiene una alta tasa de actividad sísmica con relación a su volumen y a la relativa tranquilidad sísmica del área circundante. Esta generación de sismos en el Departamento de Santander se ha tratado de explicar con diversas teorías sin embargo ninguna ha sido capaz de explicar totalmente la naturaleza de dicho nido, por lo que en términos generales se ha explicado por la compleja interacción de las placas de Nazca, Caribe y Suramérica (Cortes et al., 2005; Taboada et al., 2000; Zafiri et al., 2007).

Para el área de estudio los fallamientos principales son la Falla del Suárez y la Falla de Bucaramanga-Santa Marta. El barrio Corviandi III se encuentra ubicado en la zona de acción directa de la Falla Suárez (Figura 18). Estos fallamientos y

lineamientos han sido participes de la formación y estructuración del sitio a través del tiempo geológico, y actualmente se encuentran activos pero sin una caracterización adecuada por parte de los entes encargados (Servicio geológico Colombiano), por lo que para obtener un mejor registro a detalle de la afectación de la actividad sísmica en la zona se recomienda realizar un estudio de la tectónica cuaternaria.



Figura 19. Ubicación de la zona de estudio en el área de afectación de la Falla del Suárez. Tomado de Google Earth (27/11/16).

5. GEOMORFOLOGÍA

5.1. Morfo genética

Huggett en el 2007, define a la Geomorfología como el estudio de las características físicas de la superficie terrestre, sus formas de relieve como ríos, colinas, llanuras, playas, dunas de arena, Terrazas y otras innumerables algunos autores también incluyen las geoformas de origen submarino, anteriormente otros autores como Bloom en el 2005 habían propuesto una definición de esta como el estudio científico a través del análisis, descripción sistemática y entendimiento de las formas de la superficie terrestre y los procesos que las forman. Estas geoformas se encuentran asociadas de forma directa a factores como la climatología, la hidrografía, geología, pedología, entre otros.

Para la Realización de este trabajo se utilizó la metodología y nomenclatura que el Área Metropolitana de Bucaramanga (AMB) ha utilizado en trabajos anteriores (INGEOMINAS, 2007, esto se hace con el objetivo de evitar confusión con el manejo de nuevos términos durante el desarrollo del trabajo. Estas se encuentran basadas en los principales orígenes geomorfológicos según el Sistema ITC de Holanda (Verstappen & Van Zuidam, 1975; Verstappen, 1983; Van Zuidam, 1986) (Tabla 3).

Las geoformas que se observaron en el área de desarrollo de este trabajo, serán descritas minuciosamente a continuación.

Tabla 2. Clasificación de unidades geomorfológicas según su origen (Modificado del ITC)

ORIGEN PRINCIPAL	DESCRIPCIÓN	EJEMPLOS
FLUVIAL	Erosión fluvial y sedimentación.	Geoformas de acumulación y complejas planicies aluviales, transicionales y erosionales.
LACUSTRE	Erosión lagunar y sedimentación.	Geoformas producto de niveles de agua alta (terrazas) y/o fondos de lagos (Evaporitas, playa)

MARINO	Erosión marina y sedimentación.	Geoformas de ambientes de alta energía (grano grueso), baja energía (grano fino).
VOLCÁNICO	Actividad volcánica.	Geoformas de conos, cráteres, escarpes volcánicos, flujos de lava y labradas en materiales piroclásticos
DENUDACIONAL	Meteorización, desgaste de masa, erosión linear.	Geoformas asociadas a desgastes, efectos litológicos no mayores. Geoformas influenciadas por la litología y erosión fluvial linear y asociadas a procesos denudativos específicos (desgaste de masas).
ESTRUCTURAL	Fallamiento	Geoformas asociadas con las capas de rocas estratificadas o estructuralmente controladas, relacionadas con plegamientos, fallamiento y levantamientos.
ESTRUCTURAL-DENUDACIONAL		Geoformas que involucran tanto procesos denudacionales como estructurales
KARSTICO	Solución y re-depositación	Geoformas positivas (colinas), negativas (depresiones) y estructurales.
EÓLICO	Erosión por el viento y sedimentación	Geoformas de acumulación (activas y no activas) y de deflación
GLACIAL	Erosión y sedimentación	Geoformas erosionales dominantes de glaciación continentales, de montañas y de acumulación (morrenas, hielo, y lomos)
ANTROPOGÉNICO		Formas del relieve producidas por modificaciones causadas por la intervención del hombre.

5.1.1. Geoformas de origen fluvial

Estas geoformas son creadas por acción directa de los cauces de ríos o corrientes de agua que han o están actuando sobre un suelo. En este caso no se reconocieron geoformas asociadas a un origen fluvial:

- **Cauce o lecho actual del río (F1):**

  Son áreas en las cuales se encuentra actuando una corriente de agua, y corresponden a las zonas más bajas de una microcuenca. En el área de estudio se observa una quebrada de aproximadamente 4 m de ancho.



Figura 20. Geoforma de Lecho de cauce, quebrada Guacamayas.

- **Planicie o llanura de inundación (F2):**

  Zona aledaña al cauce actual de las corrientes fluviales, donde se presentan inundaciones y avenidas torrenciales dejando grandes bloques y materiales sueltos en sus márgenes. También se conoce como zonas de divagación de corrientes fluviales.

- **Superficie Abanico de Bucaramanga (F7):**

  Geoforma levemente inclinada hacia el Occidente, asociada al nivel más superficial del abanico de Bucaramanga, limitada por escarpes fuertemente erosionados. Sobre esta superficie se encuentra construida la mayor parte de la ciudad de Bucaramanga.

5.1.2. Geo formas de origen denudacional

Son Geoformas las cuales se encuentran asociadas Directamente con factores externos como el Agua y el viento, lo que conlleva a un proceso erosivo y de posterior depositación por medio de agua de lluvia, escorrentía y ríos, entre ellas:

- **Cimas angostas y redondeadas (D2):**
  Cúspides de colinas con geometría angosta, semiredondeadas a redondeadas. La parte superior presenta laderas con inclinación suave.
- **Escarpes denudacionales (D7):**
  Laderas cortas y muy empinadas, mayores a 70º de inclinación, erosionadas, asociadas a depósitos fluviotorrenciales y macizos rocosos.



Figura 21. Geoforma de escarpes denudacionales.

- **Laderas muy inclinadas (D10):** Son superficies naturales del terreno con laderas muy empinadas, producto de procesos denudacionales principalmente, donde dichas laderas presentan inclinaciones entre 40-70°. La vegetación sobre esta geoforma es en algunos casos escasa.se

presentan hacia el costado norte de la zona de estudio, estas laderas se encuentran bordeadas por muros de contención ya que actualmente están sufriendo un proceso de erosión intenso (Figura 22).



Figura 22. Geoforma de Laderas muy Inclinadas.

- **Laderas moderadas (D11):** Esta geoforma corresponde a una superficie natural del terreno producida por procesos denudacionales, se caracteriza por presentarse en forma de laderas onduladas con inclinaciones entre 10-40°, estas zonas por lo general presentan buena cobertura vegetal. Se presenta en algunos sectores del costado sur del área de estudio sobre el talud que bordea la calle 68 al sur (Figura 23).



Figura 23. Geoforma de Laderas moderadas.

- **Escarpe de corona principal de Movimiento en Masa (D14):**

  Superficie casi vertical que se desarrolla en la periferia de un deslizamiento, causada por el desplazamiento de material hacia afuera y abajo de la ladera. Sobre ella suelen presentarse algunas grietas paralelas o semi-paralelas conocidas como grietas de tensión o de tracción (ver figura 24).

- **Cuerpo o depósito de MM:**

  Masa de suelo o roca, o mezcla de ambos, cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla, o por desgarre de una zona de poco espesor (ver figura 25).



Figura 24. Geoforma de Escarpe de corona principal de Movimiento en Masa



Figura 25. Geoforma de Cuerpo o depósito de MM

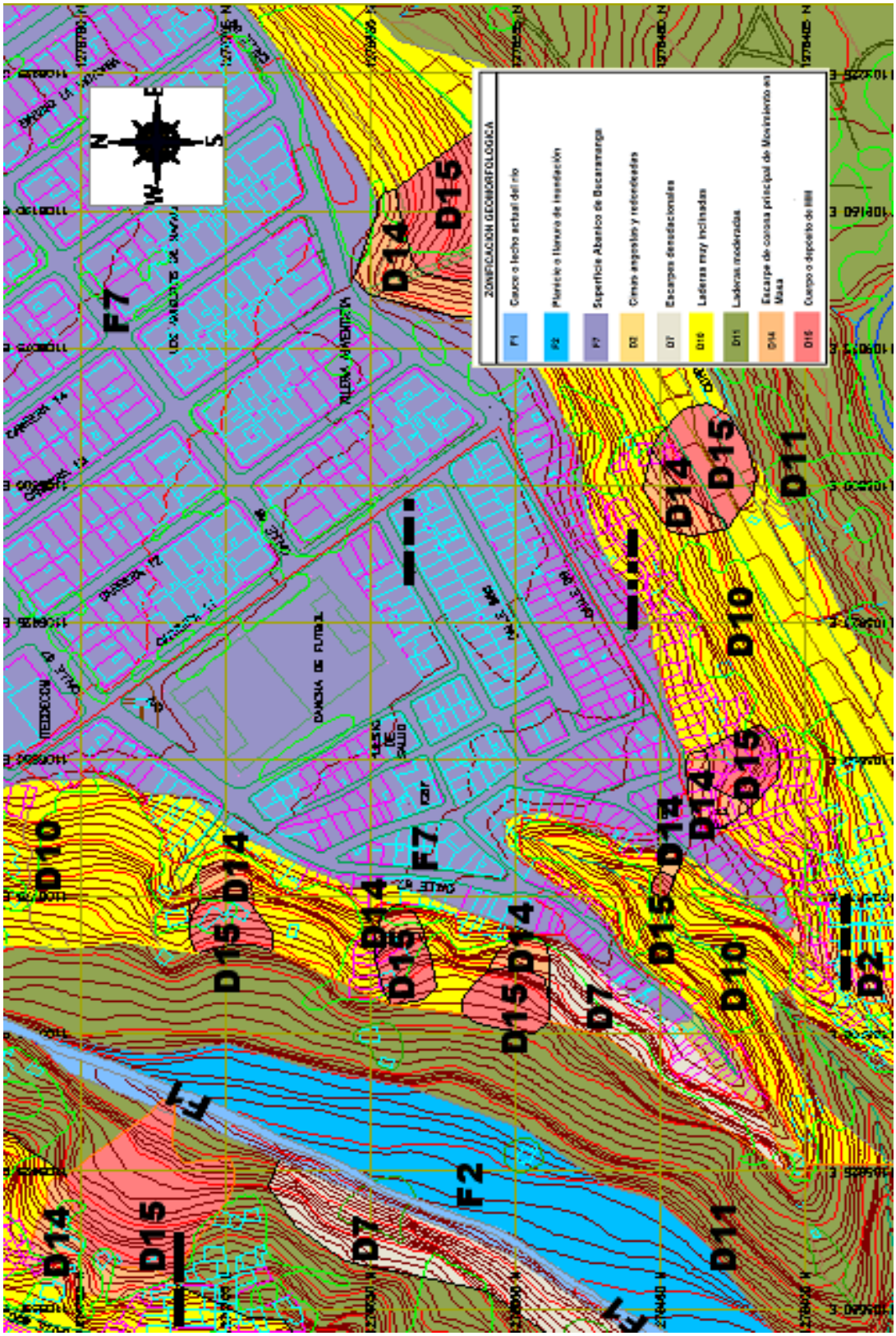


Figura 26. Mapa Geomorfológico de la zona de estudio.

6. HIDROGEOLOGIA

6.1. Información secundaria:

- **Colombia, Ministerio de Minas y Energía, INGEOMINAS-UIS: MEMORIA EXPLICATIVA DE LA INVESTIGACION GEOLOGICA E HIDROGEOLOGICA EN EL MACIZO DE SANTANDER (2007).** Este estudio se realizó en un área de 134 km2 (ver Figura 100), cuyo objeto se referencia en estudiar el macizo de Santander como zona de recarga para abastecer a la población de agua potable debido a las limitaciones que existen, en él se evalúa un balance hídrico a largo plazo. Se plantea finalmente un modelo conceptual de recarga y circulación de agua subterránea a través de la zona del Macizo de Santander, teniendo en cuenta la complejidad estructural de toda el área, la distribución litológica y la presencia de importantes espesores de roca meteorizada. Estos tres aspectos se constituyen como protagonistas del proceso de infiltración y flujo del agua en el Macizo de Santander. Para el presente estudio se contara con el uso del modelo de recarga y circulación del flujo para comparar con lo encontrado en cada sector en estudio.

- **INGEOMINAS, Modelo Geológico - Geofísico para el área metropolitana de Bucaramanga (2004).** En este estudio se hace una recopilación de sondeos eléctricos verticales realizados por el INGEOMINAS en 2001 y 2002 mostrando un modelo geo-eléctrico preliminar, que nos sirve como base para observar el comportamiento en las diferentes zonas en estudio.

- **INGEOMINAS, EVALUACION DE AGUA SUBTERRANEA EN EL AREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA, SANTANDER A ESCALA 1:25000:** En este estudio a partir de análisis de inventarios de puntos de recolección de aguas en diferentes zonas del área metropolitana pudieron encontrar diferentes tipos de acuíferos:

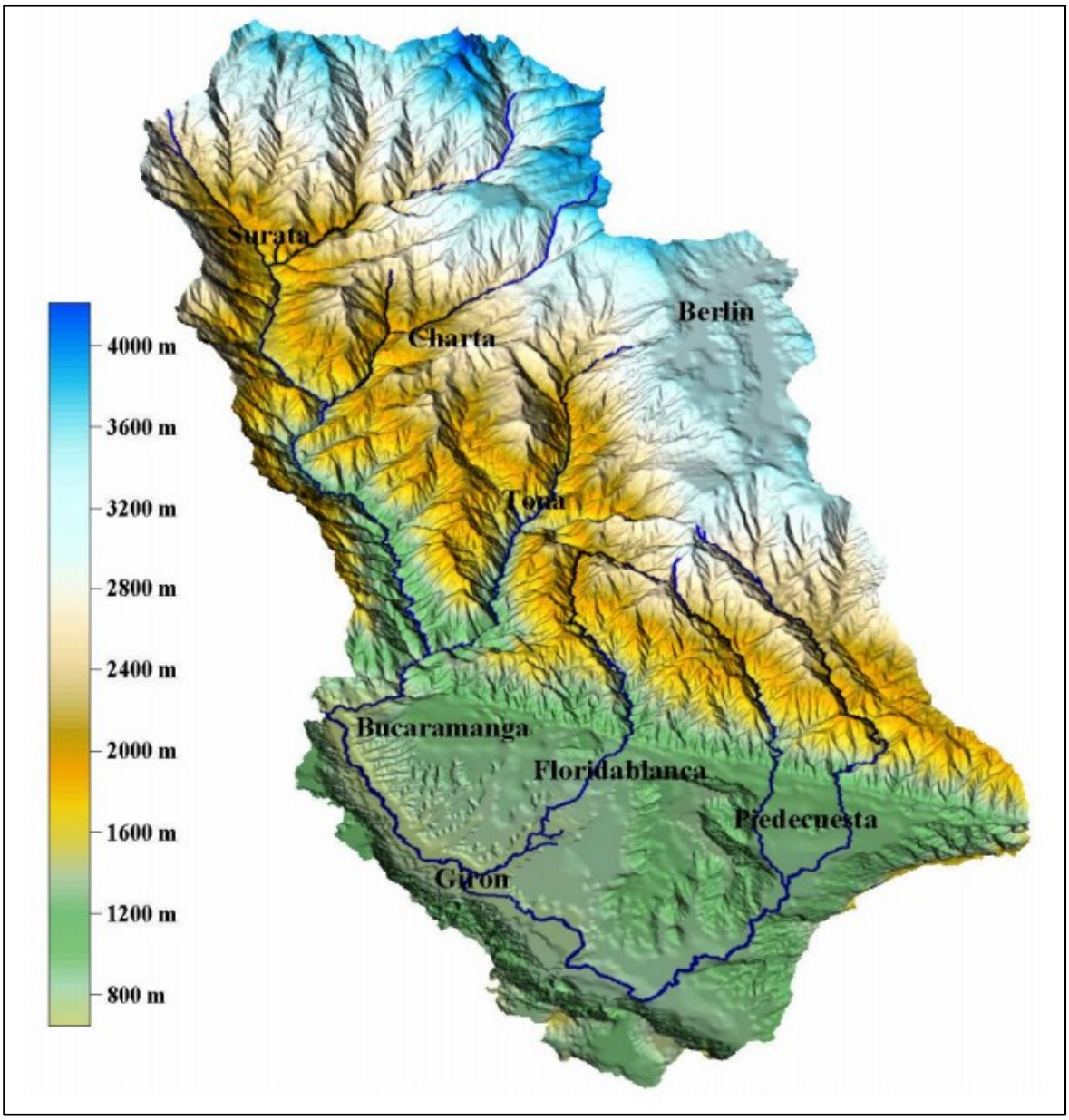


Figura 27. Localización cuenca en estudio con un área de 464km^2. Tomado de INGEOMINAS, 2007.

- Acuífero Órganos: Este acuífero fue captado por 13 pozos de los cuales 6 de ellos se tienen lecturas de niveles estáticos del agua subterránea. Los niveles se encuentran entre 3.2 a 37.5 m, encontrándose los niveles más profundos hacia la parte occidental del acuífero, es decir, hacia la escapa occidental de la ciudad de Bucaramanga. Este también fue captado por 6 aljibes de los cuales 5 de ellos se tienen lecturas de niveles estáticos del agua subterránea. Los niveles se encuentran

a profundidades que fluctúan entre 0.1 a 19 m y al igual que sucede con los niveles estáticos medidos en los pozos, los niveles más profundos se encuentran hacia la parte occidental del acuífero.

- Acuífero Gravoso: Se encuentran 12 pozos de los cuales para 7 de ellos se tienen lecturas de niveles estáticos del agua subterránea. Los niveles se encuentran a profundidades que van de 2.65 a 22.2 m; al igual que para el acuífero Órganos los niveles más profundos están hacia la parte occidental del acuífero, es decir hacia la escapa occidental de la ciudad de Bucaramanga.

- Acuífero Terrazas y depósitos aluviales: Captado por 19 aljibes de los cuales 17 de ellos se le puede medir el nivel estático. Los niveles varían entre 0 y 9.2m, predominando los niveles someros.

- Acuífero depósitos coluviales: Los niveles estáticos oscilan entre 1.4 a 13.7 m. en cuatro aljibes se pudo medir el nivel estático y va de 0.9 a 2.2 m.

- Acuífero Macizo de Santander: Se encuentra entre los 1400 a 3370 m, siendo 1600-200 m el intervalo de altura más predominante.

- Acuífero Girón: Captado por 11 pozos de los cuales a 6 de ellos fue posible medirles el nivel estático, el cual fluctúa entre 0.4 y 9.5 m.

- **CDMB - Gómez Sully. RELACIONES ENTRE NIVELES FREATICOS, PRECIPITACIONES Y SU INFLUENCIA EN LA ESTABILIDAD DE TALUDES-1989:** Este estudio recopila información meteorológica, piezómetro e información de deslizamientos del área metropolitana de Bucaramanga con el fin de observar el comportamiento de los niveles con base en las precipitaciones y su influencia en la escarpa occidental en todo lo que tiene que ver con la ocurrencia de deslizamiento. Para el presente estudio la base y uso de

información será de suma importancia ya que evalúa hidrogeológicamente la terraza de Bucaramanga, que el lugar donde se asienta el sector en estudio.

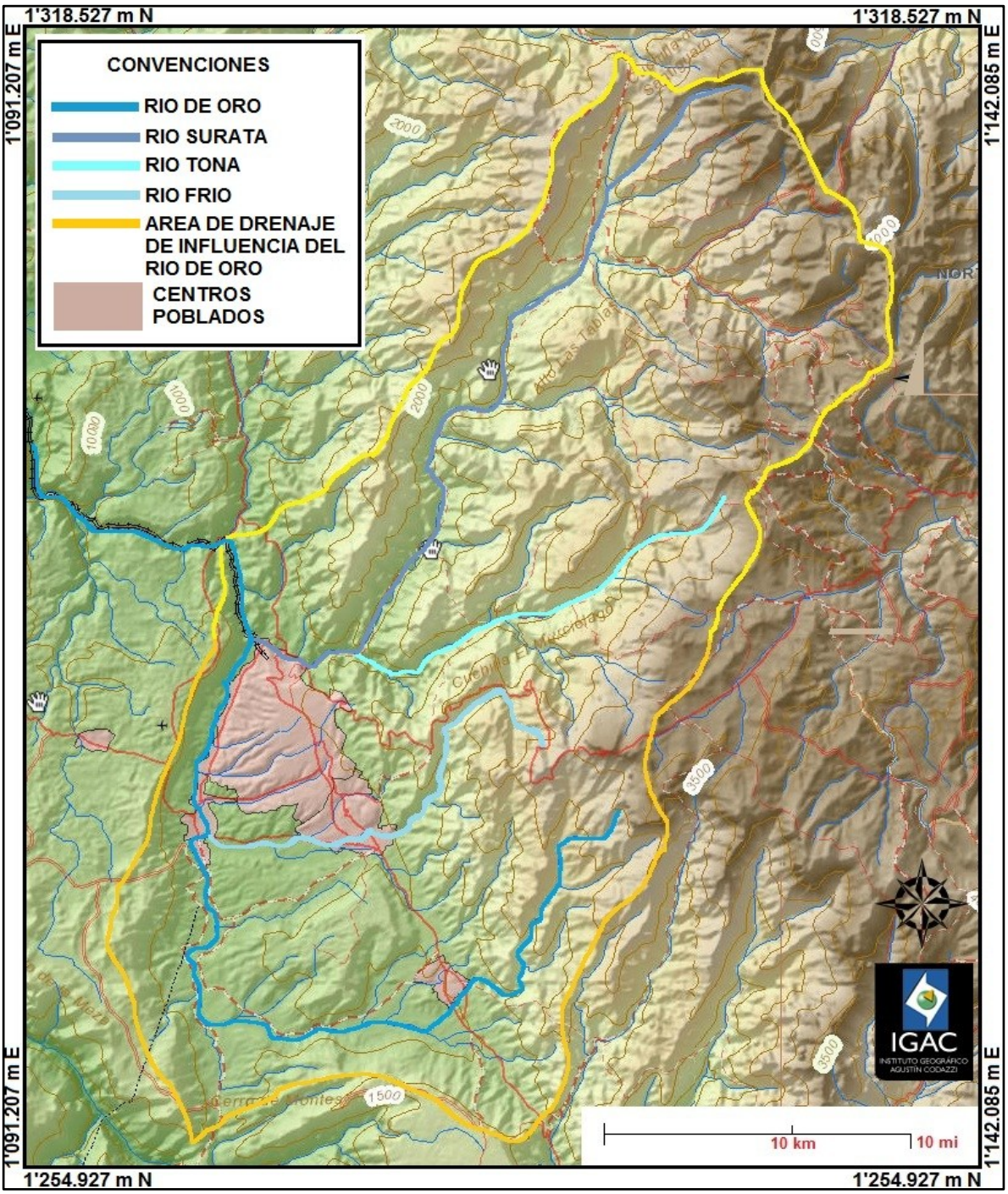


Figura 28. Mapa de localización de las principales afluentes de drenaje del área metropolitana de Bucaramanga y su área de influencia (Cuenca superior rio Lebrija. Fuente: IGAC – Autores).

6.2. Hidrografía:

Los ríos principales del área metropolitana de Bucaramanga son el Rio de oro, Surata, Toná, rio frio, y las quebradas de La flora, Honda, Chiquita, suratoque, La iglesia, Quebrada seca, Cacique, El Horno, san Isidro, Las Navas, La rosita y Bucaramanga.

El rio de oro es uno de los más importantes que atraviesan el área metropolitana, según el POT de Bucaramanga, este se ubica en la escarpa occidental, nace en el macizo de Santander (Cordillera localizada al oriente de la falla de Bucaramanga – Santander donde quedan el páramo de santurban), desemboca en el los drenajes de Piedecuesta, la quebrada grande, suratoque y el rio loto, en la zona de girón recibe las aguas del rio frio, de la quebrada la iglesia, la quebrada chimita, la rosita que tiene como afluentes a la quebrada del loro y la quebrada seca que tiene a su vez a la quebrada la joya como afluente, estas últimas son los principales drenajes de la meseta de la ciudad de Bucaramanga, en el norte de la ciudad el rio de oro recibe al rio surata en el sector conocido como café Madrid, el cual tiene como afluente al rio toná y a la quebrada Honda, desde este sector a 8.0 Km agua abajo el rio de oro se une con el rio Negro formando el rio Lebrija en el corregimiento bocas del municipio de girón este último desembocando en el rio magdalena.

El lugar de estudio se localiza en las coordenadas 1’105.625 E – 1’276.405 N y 1’105.600 E – 1’276.780 N, entre las carreras 10 a la carrera 11 y calles 67, 68, 68ª y 69, se encuentra en la escarpa occidental, en límites entre la zona de meseta de Bucaramanga y el escarpe, en este sector se forma un drenaje intermitente el cual es el resultado de la intervención de la ladera para la urbanización, por lo cual el drenaje son las vías peatonales existentes del sector Pablo VI, recogen el agua de escorrentía la cual es encausada a la red de alcantarillado del sector, y la que se escapa de las captaciones hace parte del drenaje tributario de una quebrada sin denominación de acuerdo a la CDMB, la cual inicia en el barrio la victoria y se

localizado a 120 m al norte, este drenaje corren hacia el occidente y es tributario de la quebrada la Iglesia que se encuentra a 200 m.

6.3. Recarga del acuífero:

Esta se realiza como consecuencia de las precipitaciones pluviales sobre el macizo de Santander, aunque no existe porosidad primaria en muchos de los casos ya que en este sector predominan rocas cristalinas debido al entorno geológico el cual está compuesto principalmente por unidades ígneo – metamórficas (Neis de Bucaramanga pEb – Ortogneis de Berlin pDo – Formación silgara pDs – Tonalita del páramo Rico TRt – Cuarzo monzonita de la corcova TRJc - Cuarzo monzonita de Santa Bárbara Jcs – Formación Girón Jg – Formación los Santos Kils – Formación Paja Kip y Formación Tablazo Kit) cuya porosidad y permeabilidad se limita a lo que puede ofrecer la meteorización y/o sistemas de fracturas presentes debido a la tectónica de la zona (porosidad secundaria)[1].

Para el lugar de estudio, el cual se encuentra sobre depósitos del cuaternario como es la formación Bucaramanga Qb, de origen Fluvial, esta cuenta con porosidad primaria, de acuerdo a BERMOUDES Y VASQUEZ; 2004[2], los cuales mencionan a los miembros Órganos (Qbo) y miembro gravoso (Qbg) como formaciones de interés Hidrológico, por su grado de porosidad e infiltración, pueden conducir y en un momento dado almacenar agua en espesores pequeños, para toda la zona urbana de Bucaramanga la recarga se genera de dos formas, la primera de manera lateral, la cual capta todo el fluido proveniente del macizo de Santander en el contacto que se especifica por la falla de Bucaramanga y la segunda hace referencia a una recarga distribuida que se da en las zonas libre de construcciones o zonas verdes localizadas en la meseta,

[1] INGEOMINAS – UIS Memoria Explicativa de la Investigación Geológica e Hidrogeológica en el Macizo de Santander – 2007.
[2] - INGEOMINAS, Evaluación de agua subterránea en el área metropolitana de Bucaramanga, Santander a escala 1:25000

Para el sector Pablo VI, en la parte alta, está totalmente urbanizado, mientras que en la ladera todo no está construido, el 71% del área en estudio está construido y las zonas con vegetación corresponde a 5% de asociales de árboles y un 24% a arbustos, zonas de cultivo, zonas descubiertas y pastos, por lo cual la mayor parte de la precipitación es captada y conducida a drenajes de la ciudad mientras que el resto es recarga del sistema de drenaje natural, ya que la mayoría de zona verde se encuentra sobre la ladera del talud y contribuye a la recarga en menor grado junto con las zonas verdes de la ciudad ya que las zonas de empozamiento son mínimas.

6.4. Análisis Hidrológico:

Para la zona de estudio, de acuerdo al análisis de precipitaciones para Bucaramanga, se considera como precipitación promedio 1289 mm por año la estación meteorológica base es la floresta, que registra una intensidad de 158.3 mm/h para una concentración de 10 min y un periodo de retorno de 50 años, así mismo en esta caracterización, se reconoce que la zona de estudio tiene un régimen bimodal, lo cual se analizó en el capítulo 7 que evacua la hidrología de la zona en estudio. En la siguiente figura se observa un esquema del modelo hidrológico de Bucaramanga.

En la figura siguiente se generaliza el flujo de agua que se obtiene durante los procesos de infiltración primaria y secundaria que comienza en el masivo de Santander ingresando de manera lateral al depósito aluvial donde se ubica la zona de estudio y llega a la parte baja en la zona de Girón (Rio de Oro)

6.1. Condiciones topográficas:

La zona de estudio se encuentra en el borde occidental de la meseta de Bucaramanga, con pendientes planas en la parte superior de los taludes y superiores a los 30% en las laderas.

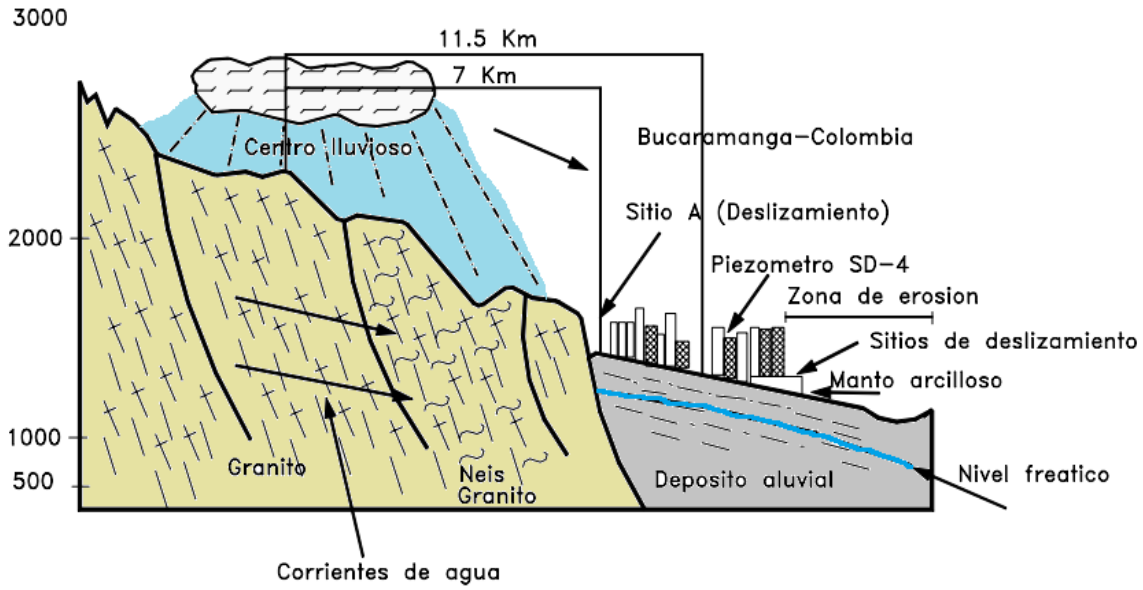


Figura 29 Esquema del modelo Hidrológico de Bucaramanga.[3]

6.2. Uso actual del suelo:

El uso de suelo es de carácter netamente urbano, como se mencionó anteriormente el 68 % del área en estudio corresponde a viviendas y zonas duras urbanizadas, el 32% restante son zonas arbustivas y arbóreas. Así mismo se observa que superficialmente el suelo existente en el sector corresponde a estratos cohesivos, es decir con contenido de finos superior al 30%, con predominancia de arenas arcillosas y limosas de baja plasticidad, lo que hace que la infiltración sea mediana y baja.

6.3. Nivel freático, humedad y características hidráulicas.

De acuerdo a las perforaciones de campo realizadas en el sector Pablo VI, con profundidades que van hasta Los 15.0 m, no se encontró nivel freático, para la zona de estudio las humedades naturales analizadas se encuentran entre 11.48% a 12.62%.

[3] Tomado de Suarez Jaime. Libro de deslizamiento en zonas tropicales, capitulo 7: Lluvias, presión de poros y sus efectos.

Así mismo y utilizando las relaciones peso-volumen[4] para los suelos en estudio, se determinan ciertas propiedades características que se basan en la humedad, encontramos que el grado de saturación no supera el 35.28%, pero no es inferior al 29.49 %, la relación de vacíos varía entre 0.39 a 0.58 y el peso específico saturado es inferior a 2.11 g/cm^3.

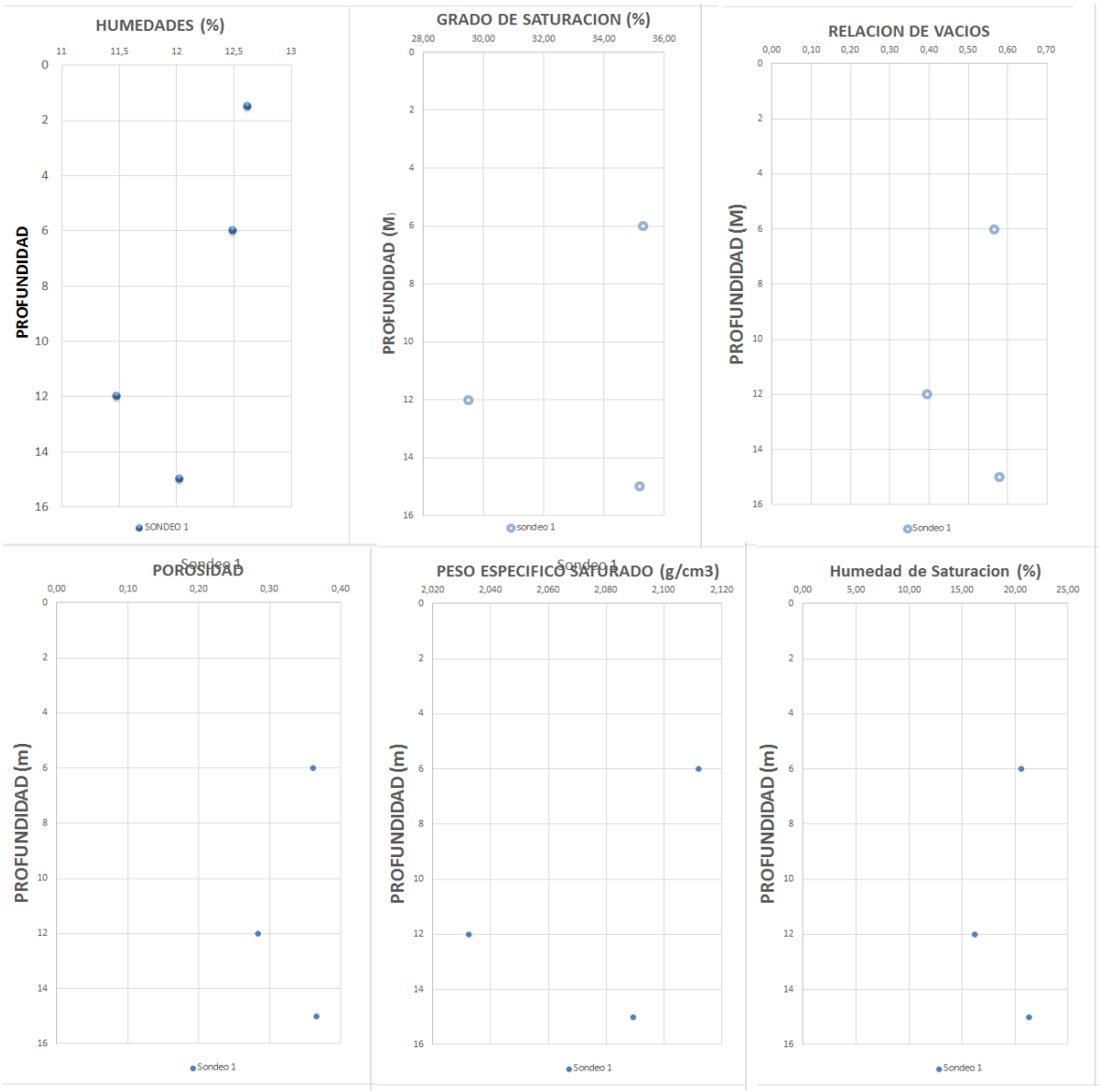


Figura 30. Valores de porosidad, Humedad y grado de saturación, peso específico saturado, relación de vacíos y humedades sector Pablo VI.

[4] Braja M Das. Ingeniería de cimentaciones. 2001, Capitulo 1: Propiedades geotécnicas del suelo, pag. 10.

Así mismo durante el ensayo de percolación se muestra la siguiente variación:

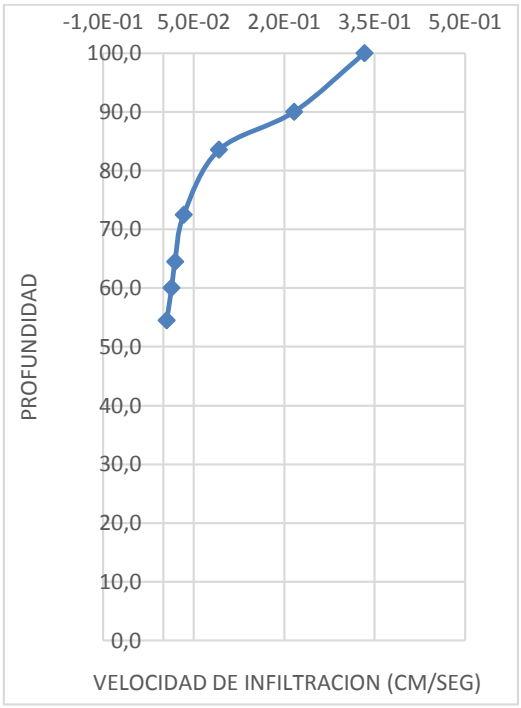


Figura 31. Resultados de la Percolación

En la figura anterior se muestra la velocidad de infiltración en la capa superficial, en ella se observa que la velocidad inicial es superior ya que inicia el proceso de saturación del suelo, disminuyendo a medida que aumenta en el tiempo, la rata promedio de infiltración es de 0.10 cm/seg.

De acuerdo a ensayos registrados en el área metropolitana de Bucaramanga y a la formación aluvial descrita en el sector de los Pablo VI, se obtuvieron medidas de permeabilidad más bajos 0.00002 m/s, siendo el más típico 0.00010 m/s a grandes profundidades (CDMB - Gómez Sully 1989[5]), además de dar a conocer un coeficiente de almacenamiento el cual es de 0.00611 y una transmisibilidad de 0.0003 m^2/s, determinándose una porosidad de 30% aproximadamente, los valores

[5] CDMB - Gomez Isidro, Sully. Relaciones entre Niveles freáticos, precipitaciones y su influencia en la estabilidad de taludes

anteriores son obtenidos de una prueba de bombeo realizado y tomado del estudio de referencia.

Al comparar el ensayo de percolación realizado actualmente en la zona de estudio con los valores típicos mostrado en estudios anteriores, es posible deducir en superficie el alto contenido de infiltración el cual se reduce conforme se aumenta en profundidad, lo mismo ocurre con la porosidad ya que en superficie es superior acercándose a los valores de 34% en promedio.

En condiciones generales, cuando existe un evento de lluvia de manera normal o critica, dentro de suelo se genera un frente húmedo, el cual dependerá del grado de saturación, permeabilidad y porosidad, conociendo estas condiciones, se determina su velocidad de acuerdo a lo siguiente:

$$v = \frac{k}{(1 - S) * n}$$

Para la zona de estudio la velocidad del frente húmedo se generó de la siguiente manera:

Tabla 3: Velocidad de Frente Húmedo.

Profundidad (m)	velocidad (cm/s)
0-5	0,43
5-10	0,50
10-15	0,42

Como el frente húmedo avanza saturando todos los estratos, Lumb en 1975 determino que los frentes contribuirán al aumento de los niveles freáticos, generando así una ecuación en la cual se pueden determinar los espesores basándose en la duración del evento de precipitación, la porosidad, la permeabilidad y el grado de saturación:

$$h = \frac{k * T}{n * (S_F - S_0)}$$

Para el lugar de estudio se determinó asumiendo saturación total de los estratos por lo cual se obtuvieron los siguientes espesores del frente húmedo:

Tabla 4: Espesores de Frente Húmedo.

Profundidad (m)	Espesores frente humedo (m)
0-5	2,57
5-10	3,01
10-15	2,52

De acuerdo al análisis anterior, a nivel superficial, sobre la cabeza del talud, el frente húmedo se infiltrara hasta obtener un espesor de 3.01 m el cual por gravedad bajara en un tiempo determinado hasta la zona de recarga del acuífero.

6.4. Relación entre lluvias y Niveles freáticos

De acuerdo al estudio “Relaciones entre Niveles freáticos, precipitaciones y su influencia en la estabilidad de taludes”, durante el análisis el cual se realiza mediante la medición de precipitaciones y el nivel freático en diferentes sectores del área metropolitana de Bucaramanga, se observa el incremento de los niveles piezómetros debido a eventos de lluvia, este incremento del nivel freático sucede dos meses después de ocurrida la precipitación para la zona occidental de la meseta y de manera inmediata para la zona oriental, esto se atribuye al espesor de la capa de la formación Bucaramanga, la cual es amplia al occidente y además por la presencia de la falla Bucaramanga que se encuentra al oriente y que genera mayor fracturamiento de las formaciones.

Para el sector los Pablo VI, no se detectó nivel freático a 15 m de profundidad alcanzada por la perforación, el cual estará presente después de dicha profundidad, por lo cual las fluctuaciones del nivel freático por precipitaciones dadas para periodos de retorno de 50 años para una duración de 10 minutos e intensidades de 158.3 mm/H, que tendrá un frente húmedo de 3.01 m, que superan el aumento en 2.00 m, esta variaciones se corroboran de acuerdo al estudio referenciado anterior mente (CDMB - Gómez Sully 1989).

6.5. Análisis de deslizamientos:

De acuerdo a los modelos hidrogeológicos, el agua infiltrada corre de oriente a occidente con un gradiente hidráulico bajo y paralela al terreno, cuando se acerca a la zona de escarpa, el gradiente aumenta y se presentan afloramientos.
Los afloramientos se presentan de dos tipos, el primero ocurre por encima o en el pie del talud, por lo cual allí se presentan mayores velocidades de flujo y fuerzas de filtración, generándose una zona crítica por la cual se debilita la superficie de contacto produciendo caídos de suelo.

El segundo tiene que ver con la obstrucción de la salida del afloramiento por depósitos de deslizamientos recientes (Coluviones). El agua fluye saturando dichas masas, produciendo así un movimiento paulatino, generando perdida de soporte del talud que soportaba el coluvión y generando fallas de corte que desembocan en un fracturamiento del terreno que favorecen en un caso dado el proceso de infiltración agilizando el deslizamiento.

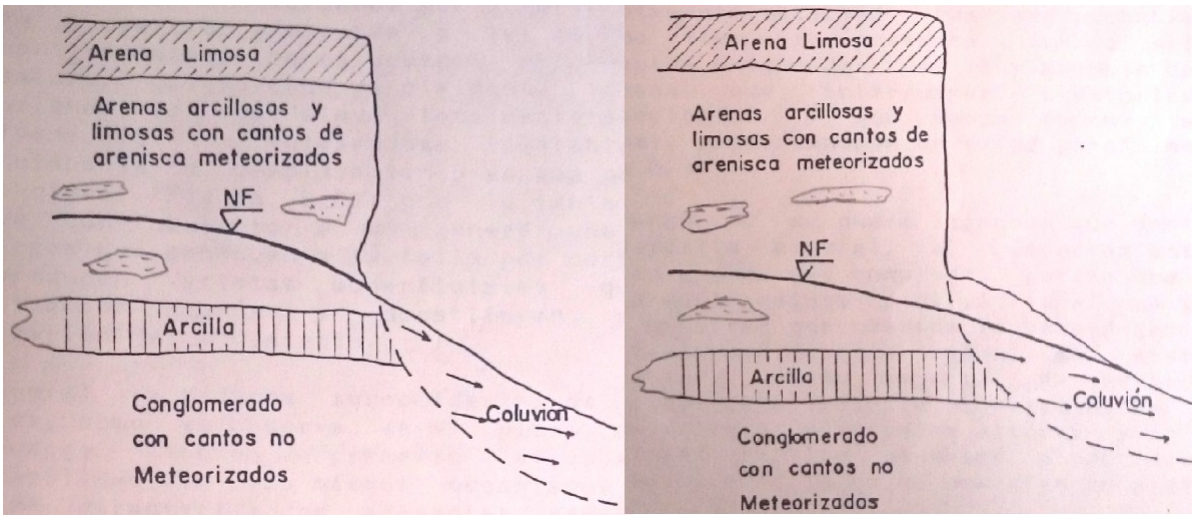


Figura 32. Mecanismos de falla (CDMB-Gómez Sully-1989)

Para la zona de estudio no se tiene evidencia la presencia de grandes masa de coluvión, así mismo no se evidencia la existencia de afloramientos, por lo que es poco probable la presencia de fallas causada por el acuífero existente o por saturación total del suelo, pero la falla tipo que se puede presentar si es una falla de corte que genere caídos de suelo, ya que es posible la creación de grietas de tensión generadas por los esfuerzos de cimentación debido a la cercanía de viviendas a la escarpa del sector.

De acuerdo a Rankine la profundidad de la grieta a tensión se estima mediante la siguiente formula:

$$Z_{CRIT.} = \frac{2 * C}{\gamma \sqrt{\tan\left(45 - {}^{\varphi}/_{2}\right)^{2}}}$$

Por lo anterior y usando las propiedades geotécnica (Φ= 27.45º, γ= 2.09 g/cm^3 y C= 0.1625 kg/cm^2, propiedades promedio de los miembros Limos rojos y Gravosos de acuerdo a los cortes directos). Por lo cual Z_{crit}=4.92 m, es decir que después de esta profundidad libre pueden ocurrir Grietas de tensión en las partes altas de la escarpa

que pueden desencadenar problemas de inestabilidad y generan mayor infiltración que ocasionan caídos del suelo

6.6. Relación de Lluvias – deslizamientos:

De acuerdo al estudio de la CDMB –Gómez Sully de 1989, se evidencia en el análisis de frecuencia de las lluvias en el área metropolitana de Bucaramanga y la frecuencia de los deslizamientos, se concluyó que el deslizamiento ocurre en épocas de verano y no en las épocas de lluvia, se presenta cuando han trascurrido 2 o 3 meses de la lluvia más representativa del periodo de precipitación, y en su mayoría se asocian a lluvia presentadas en periodos secos.

Para la zona de Bucaramanga (el sector de la meseta) y donde existen depósitos aluviales (Girón, Floridablanca y Piedecuesta) los deslizamiento se presenta en periodos entre abril a junio o en agosto a noviembre, son productos del aumento de acuífero que en algunas ocasiones provoca un debilitamiento de la superficie generando fallas de tensión, y en muchas ocasiones al someterse a una precipitación no considerada, genera el deslizamiento al ocurrir mayor infiltración y saturación de las grietas, provocando desprendimientos de suelos.

6.7. Afectación de la zona por problemas de agua:

Durante el recorrido por los taludes descubiertos de la zona de estudio, no se evidencio problemas severos de inestabilidad por afloramientos de agua, se encontró problemas de erosión superficial leve por ausencia de capa vegetal.

6.8. Parámetros hidrológicos:

De acuerdo a las perforaciones de campo que se realizaron a profundidad de 15 m, no se determinó nivel freático, así mismo no se puede determinar la red del flujo debido a la poca información que se tiene en el lugar, así mismo se evidencia que

los cambios de humedad del suelo no son significativos ya que varían de 11.48% a 12.62%, por lo cual se realizara un análisis determinando el Factor Ru, el cual es coeficiente entre la Presión de poros y el esfuerzo vertical total, esto es lo descrito por el ítem H.5.2.4-c del Título H de la NSR-10.

$$R_U = \frac{H * \gamma_w}{H * \gamma_{TOTAL}} = \frac{U}{\sigma}$$

Tabla 5: Valores de Ru para el sondeo 1

SONDEO	PROFUNDIDAD (m)		%Wn	PU (g/cm³)	Gs	Yd (g/cm³)	S (%)	e	n	Ysat (g/cm³)	%Wsat	σ (g/cm²)	U (g/cm²)	Ru Ex
1	0,0	0,5												
	0,5	1,0												
	1	1,5	12,62											
	1,5	2,0												
	2	2,5												
	2,5	3,0												
	3	3,5												
	3,5	4,0												
	4	4,5												
	4,5	5,0												
	5	5,5												
	5,5	6,0	12,49	1,97	2,74	1,75	35,28	0,56	0,36	2,112	20,61	1267,27	588,60	0,46
	6	6,5												
	6,5	7,0												
	7	7,5												
	7,5	8,0												
	8	8,5												
	8,5	9,0												
	9	9,5												
	9,5	10,0												
	10	10,5												
	10,5	11,0												
	11	11,5												
	11,5	12,0	11,48	1,95	2,44	1,75	29,49	0,39	0,28	2,032	16,19	2438,77	1177,20	0,48
	12	12,5												
	12,5	13,0												
	13	13,5												
	13,5	14,0												
	14	14,5												
	14,5	15,0	12,03	1,93	2,72	1,72	35,18	0,58	0,37	2,089	21,28	3134,08	1471,50	0,47

Debido a la poca variación de los valores Ru determinados para cada sondeo, se realiza el promedio dando como valor Ru= 0.4722.

6.9. Drenaje superficial y aguas subterráneas

El drenaje superficial está relacionado con la quebrada La Guacamaya, la cual es lugar a donde drenan naturalmente las aguas lluvias de la zona.

La Guacamaya se encuentra parcialmente canalizada en la cabecera de la quebrada. En cuanto a las aguas subterráneas, se ha establecido que la zona de recarga corresponde al agua infiltrada del macizo de Santander.

En la zona de estudio, el agua subterránea transcurre principalmente a través de los miembros limos rojos y gravosos, los cuales permiten la infiltración de ésta, hasta encontrar niveles arcillosos del miembro Finos principalmente, en cuyo caso se presentan afloramientos de agua en superficie. En la zona se encontraron registros de niveles freáticos correspondientes a los piezómetros SG-5, SV-1, cuya localización se presenta en la Figura 7 y cuyas lecturas corresponden a los años 1984 a 1991, las cuales fueron tomadas por la CDMB.



Figura 33 Localización piezómetros de la zona

En la Figura 34 se presenta la variación de los niveles freáticos en el piezómetro SG-1A y 1B desde abril de 1984 hasta junio de 1991.

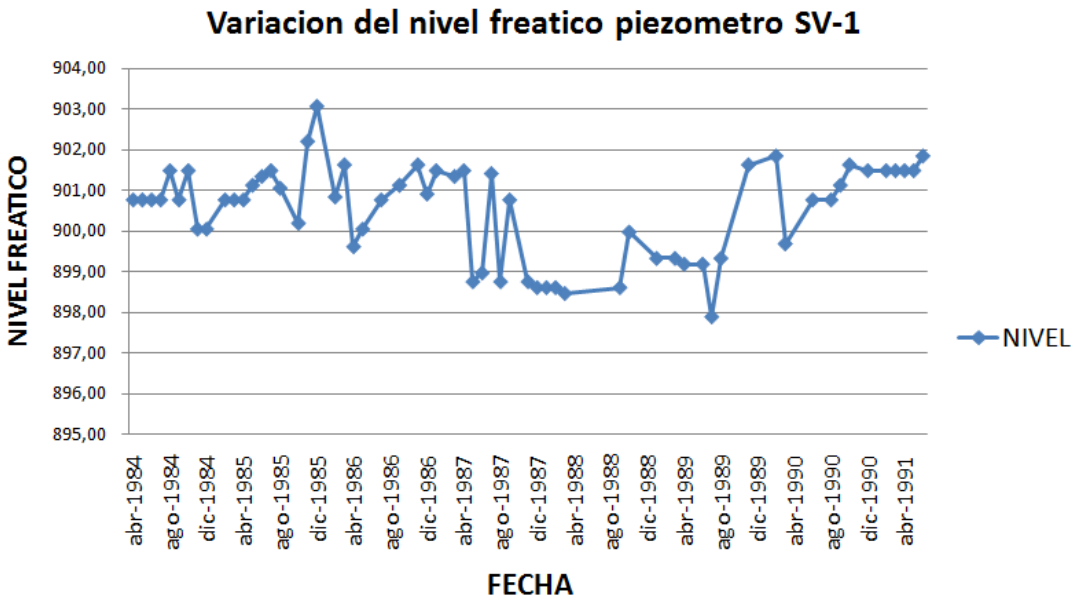


Figura 34 Niveles freáticos piezómetro SV-1

En éste rango de tiempo los niveles freáticos en el piezómetro variaron entre 903,06 y 897,87. El piezómetro se encuentra en una altura de 928,88 y tiene una profundidad de 28,50 metros.

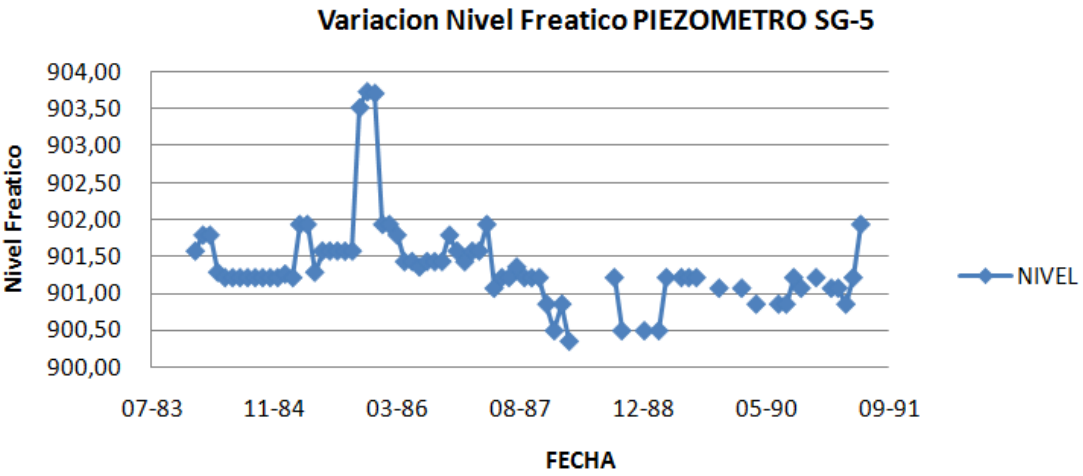


Figura 35 Niveles freáticos piezómetro SG-5

En éste rango de tiempo los niveles freáticos en el piezómetro variaron entre 900,34 y 903,72. El piezómetro se encuentra en una altura de 921.56 y tiene una profundidad de 29,00 metros.

6.10. Conclusión Hidrogeológica:

De acuerdo a lo recopilado tanto en campo como en estudios anteriores se reconoce que el área metropolitana de Bucaramanga es de interés Hidrogeológico, reconociendo zonas potenciales de recarga por precipitación y procesos de infiltración primaria y secundaria.

La infiltración primaria se relaciona con los depósitos aluviales que se encuentran en la zona de la meseta reconocida por el servicio geológico como Formación Bucaramanga (Qb), la cual contiene dos miembros potenciales de almacenamiento y conducción de agua como son miembro órganos (Qbo) y miembro gravoso (Qbg).

La infiltración secundaria tiene que ver con el macizo de Santander y la influencia de la falla de Bucaramanga sobre este, ya que las fracturas de la roca y el grado de meteorización por tectonismo contrarrestan la baja porosidad de las formaciones localizada en el lugar.

Se define en el modelo hidrogeológico que el flujo de agua va de oriente a occidente, siendo parte impórtate del flujo base del rio de Oro, así mismo se reconoce que los procesos de infiltración generados durante los periodos de lluvia causan variaciones en los niveles freáticos asociados al acuífero y con una reacción de dos (2) meses después de acontecido el evento, haciendo énfasis a la zona occidental de la meseta ya que es allí donde existe el mayor espesor aluvial.

Debido a la existencia de flujo dentro del suelo, en la zonas de escarpe durante los años se han generado desprendimiento que pueden ser asociados al aumento y

variación de los niveles freáticos después de un evento de lluvia, dicha variación no ha superado los dos metros de altura en el aumento de nivel. Se asocian los deslizamientos a las precipitaciones en la zona principalmente por el afloramiento que se produce del acuífero en zonas de escarpa, dicho afloramiento genera debilitamiento de las propiedades del suelo, es decir produce inestabilidad de la base o intermedio del talud y causa un desprendimiento de la masa del suelo. Si no se produce el desprendimiento, simplemente se generaría un aumento de tensiones del suelo, lo que ocasiona grietas en la superficie, dicho fenómeno ayudara a activar la inestabilidad y producirá falla cortante inmediata cuando exista otro evento de lluvia, pero en general los deslizamiento asociados a los eventos de lluvia en el sector se producen en los meses de verano ya que la reacción del agua subterránea se genera entre dos a tres meses después de generada la precipitación.

Para el sector Pablo VI, el cual se encuentra sobre la escarpa occidental de la meseta de Bucaramanga, la afectación hidrogeológica no se evidencia, no se encontró nivel freático durante los procesos de investigación mecánica realizados por la consultoría, así mismo no se detectaron puntualmente sectores donde exista afloramiento de agua, lo cual indica que el nivel freático se encuentra a gran profundidad (superior a los 15 m).

Como la influencia de agua subterránea no repercute en la zona de estudio, se tiene que analizar por precipitación cuál puede ser su incidencia, por lo cual se determinaron características de porosidad las cuales como se evidencia anteriormente varia 28% a 37%, el porcentaje de saturación varía entre 29.49% a 35.28%, los vacíos se encontraron desde 39% a 58%, la humedad de saturación de 16.19% a 21.28%, las cuales no superan el límite líquido, así mismo se efectuó para la parte superficial de la zona un ensayo de percolación, el cual arroja una permeabilidad de 0.10 cm/s y un peso saturado que varía de 2.03 g/cm^3 a 2.11 g/cm^3. Como la influencia sobre el talud es por precipitación, se tomara el tiempo de concentración hallado en el capítulo de análisis hidrológico para determinar ciertas

características del frente húmedo el cual es la masa de agua que por efectos de la gravedad ingresa al suelo, se encontró entonces que el espesor de este frente húmedo es de 3.01 m y se moverá dentro del suelo a una velocidad promedio de 0.45 cm/s, aunque va disminuyendo conforme se profundiza en el estrato.

El ingreso del frente húmedo al suelo solo se realizar por zonas descubiertas, de acuerdo al análisis de uso o cobertura del suelo, se determinó que solo el 29% del área corresponde de zonas arbustivas o arbóreas, entre otras y lo demás corresponde a zona urbana, por lo cual la incidencia de la lluvia solo se presentara en la zona donde existe el escarpe, que es la única superficie no construida y que en ciertos sectores tiene deficiente cobertura vegetal, luego la incidencia de la precipitación se ve reflejada en procesos de erosión superficial o en fenómenos de desprendimiento de masa de suelo, sobre todo en el sector donde el talud es más vertical, ya que allí se generan grietas de tensión producto de las cargas de las viviendas emplazadas en el lugar, las cuales pueden ser infiltradas más rápidamente y producir la falla de corte del bloque de suelo.

Para efectos prácticos se mostrara dentro del modelo geológico-geotécnico la incidencia del agua usando el factor de Ru, dicha relación como se definió anteriormente es muy similar en todos los estratos y el promedio es de 0.4722, y parte de la consideración que el talud está totalmente saturado.

6.11. Criterios para definición y diseño de medidas de drenaje:

Debido a que en la zona no existen afloramientos de agua, el 29% del área se encuentra descubierta y es propensa a generar infiltraciones, así mismo la mayor parte de la zona se encuentra como cara del escarpe, se recomienda seguir todos los criterios determinados desde el punto hidráulico ya que las medidas de drenaje que se tengan que proponer más adelante dentro de este estudio serán de control superficial.

7. EVALUACION HIDROLOGÍA SECTOR PABLO VI

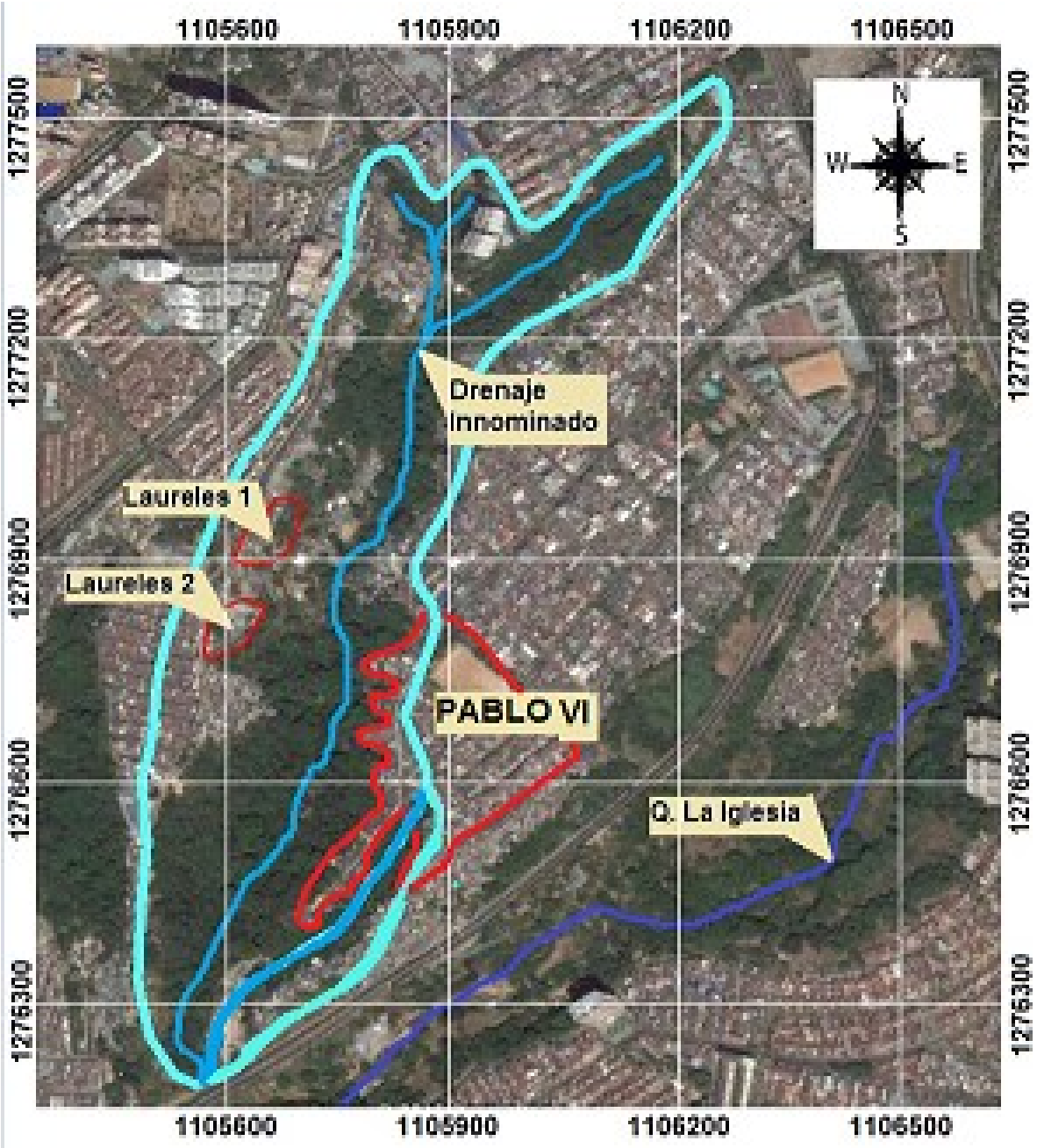


Figura 36. Delimitación de la subcuenta del drenaje innominado cercado al sector Pablo VI.

El lugar de estudio hace parte de la cuenca de la quebrada la iglesia, la cual se encuentra a 700 m al sur, cerca del sector existe de acuerdo a la base de datos de la CDMB un drenaje innominado que se localiza al sur-oriente del lugar de estudio,

el cual tiene pendientes fuerte en su inicio ya que nace de la escarpa occidental, cerca a puerta del sol, suavizando la entrega al llegar a la quebrada la Iglesia, actualmente presenta no presenta flujo de agua.



Figura 37. Zona de influencia del drenaje innominado

7.1. PARAMETROS MORFOLOGICOS

El relieve del ámbito de las cuencas en estudio, es en general montañoso y propia de la zona fisiográficamente del paisaje es ondulado a plano, concerniente a la cobertura vegetal el área de cuenta con amplia cobertura vegetal en toda la margen de la quebrada constituida por especies propias de la zona tropical. En lo que respecta a este ítem, se desarrolló el marco teórico y el cálculo de los principales parámetros geomorfológicos en el Área de Proyecto de la microcuenca asociado a su capacidad de respuesta a la precipitación en forma de escorrentía, tales como:

Área, Perímetro, Longitud del Cauce Principal, Ancho Promedio, Coeficiente de Compacidad. Factor de forma, Grado de Ramificación, Densidad de drenaje y Pendiente Media.

7.1.1 AREA DE LA CUENCA (A)

La superficie de la cuenca delimitada por el divisor topográfico, corresponde a la superficie de la misma proyectada en un plano horizontal, y su tamaño influye en forma directa sobre las características de los escurrimientos fluviales y sobre la amplitud de las fluctuaciones.

7.1.2 PERIMETRO DE LA CUENCA

El perímetro de la cuenca está definido por la longitud de la línea de división de aguas (Divortium Aquarium).

7.1.3 LONGITUD MAYOR DEL RIO (L)

Recibe este nombre, el mayor cauce longitudinal que tiene una cuenca determinada, es decir, el mayor recorrido que realiza el río desde la cabecera de la cuenca, siguiendo todos los cambios de dirección o sinuosidades hasta un punto fijo de interés, que puede ser una desembocadura.

7.1.4 FORMA DE CUENCA

Es la que determina la distribución de las descargas de agua a lo largo del curso principal o cursos principales, y es en gran parte responsable de las características de las crecientes que se presentan en la cuenca. Es expresada por parámetros, tales como el Ancho Promedio, Coeficiente de Compacidad y el Factor de forma:

- **ANCHO PROMEDIO**

Es la relación entre el área de la cuenca y la longitud mayor del curso del río, la expresión es la siguiente:

$$Ap = A/L$$

Dónde:

Ap: Ancho promedio de la cuenca (Km).
A: Área de la cuenca (Km^2)
L: Longitud mayor cauce del afluente (Km).

- **COEFICIENTE DE COMPACIDAD (Kc)**

O índice de Gravelius, constituye la relación entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de una circunferencia cuya área - igual a la de un círculo - es equivalente al área de la cuenca en estudio.

Su fórmula es la siguiente:

$$Kc = \frac{P}{2\sqrt{P * A}} \quad \text{ó} \quad kc = 0.28\sqrt{\frac{P}{A}}$$

Dónde:

Kc: Coeficiente de Compacidad (km/km^2).
P: Perímetro de la Cuenca (Km)
A: Área de la Cuenca (Km^2).

Una cuenca se aproximará a una forma circular cuando el valor Kc se acerque a la unidad, Cuando se aleja de la unidad, presente una relación irregular con relación al círculo. Si este coeficiente fuera igual a la unidad, significa que habrá mayores oportunidades decrecientes debido a que los tiempos de Concentración, Tc (duración necesaria para que una gota de agua que cae en el punto más alejado de aquella, llegue a la salida o desembocadura), de los diferentes puntos de la cuenca serían iguales. De igual modo, cuanto mayor sea el valor de Kc, también será mayor el tiempo de concentración de las aguas y. por tanto, estará menos propensa a una inundación. Generalmente en cuencas muy alargadas el valor de Kc, es mayor que 2. Un valor de Kc, menor que 1 nos indica una cuenca de forma circular, siguiendo el desarrollo de su curso principal, debiendo estar más expuesta a las crecientes que una cuenca de forma redondeada.

FACTOR DE FORMA (Ff)

Es otro índice numérico con el que se puede expresar la forma y la mayor o menor tendencia a crecientes de una cuenca. Es la relación entre el ancho promedio de la cuenca (Ap) y la longitud del curso de agua más largo (L).
La expresión es la siguiente:

$$Ft = \frac{Ap}{L}$$

Siendo:

Ft: Factor de Forma.
Ap: Ancho promedio de la cuenca (Km)
L: Longitud del curso más largo (Km).

Una cuenca con Factor de Forma bajo, está sujeta a menos crecientes que otra del mismo tamaño pero con un Factor de Forma mayor. Este valor es adimensional.

7.2. SISTEMA DE DRENAJE

El sistema de drenaje de una cuenca está conformado por un curso de agua principal y sus tributarios: observándose por lo general, que cuanto más largo sea el curso de agua principal, más llena de bifurcaciones será la red de drenaje. Con la finalidad de determinar las características de dicha red, se definen los siguientes índices:

- **GRADO DE RAMIFICACION**

Para definir el grado de ramificación de un curso de agua principal (Según Horton), se ha considerado el número de bifurcaciones que presentan sus tributarios, asignándole un orden a cada uno de ellos en forma creciente desde el curso principal hasta el encuentro con la divisoria dela cuenca.

- **DENSIDAD DE DRENAJE**

Indica la relación entre la longitud total de los cursos de agua: efímeros, intermitentes o perennes de una cuenca (Li) y el área total de la misma (A). Valores

altos de densidad refleja una cuenca muy bien drenada que debería responder relativamente rápido al influjo de la precipitación, es decir que las precipitaciones influirán inmediatamente sobre las descargas de los ríos (Tiempos de Concentración cortos).Una cuenca con baja densidad de drenaje refleja un área pobremente drenada con respuesta hidrológica muy lenta. Una baja densidad de drenaje es favorecida en regiones donde el material del subsuelo es altamente resistente bajo una cubierta de vegetación muy densa y de relieve plano. La densidad de drenaje tiende a uno en ciertas regiones desérticas de topografía plana y terrenos arenosos, y a un valor alto en regiones húmedas, montañosas y de terrenos impermeables. Esta última situación es la más favorable, pues si una cuenca posee una red de drenaje bien desarrollada, la extensión media de los terrenos a través de los cuales se produce el escurrimiento superficial es corto y el tiempo en alcanzar los cursos de agua también será corto; por consiguiente la intensidad de las precipitaciones influirá inmediatamente sobre el volumen de las descargas delos ríos. La expresión es la siguiente:

$$Dd = \frac{Li}{A}$$

Siendo:

Dd: Densidad de drenaje (Km/Km2).

Li: Longitud total de los cursos de agua (Km)

A: Área de la cuenca (Km2)

Monsalve, refiere que Dd usualmente toma los siguientes valores:

Entre 0.5 Km/Km2 para hoyas con drenaje pobre. Hasta 3.5 Km/Km2 para hoyas excepcionalmente bien drenados.

7.3. PENDIENTE MEDIA DEL DRENAJE.

El agua superficial concentrada en los lechos fluviales escurre con una velocidad que depende directamente de la declividad de éstos, así a mayor declividad habrá

mayor velocidad de escurrimiento. La pendiente Media del río es un parámetro empleado para determinar la declividad de un curso de agua entre dos puntos. Se determina mediante la siguiente expresión:

$$Ic = \frac{HM - Hm}{1000 * L}$$

Siendo:

Ic: Pendiente media del río

L: longitud del río

HM y Hm: Altitud Máxima y mínima del lecho del río, referidas al nivel medio de las aguas del mar.

Tabla 6. Parámetros morfológicos de la microcuenca

DATOS	UNIDAD	PARAMETROS MORFOLOGICOS DE LA MICROCUENCA, DRENAJE INNOMINADO
AREA	Km²	0,39762432
COTA SUP.	msnm	946
COTA INF.	msnm	825
LOG. CAUCE	km	1,65208
PERIMETRO	km	3819
ANCHO PROMEDIO	km	0,278
COEF. COMPACIDAD	km/km²	27,44077614
FACTOR DE FORMA		0,16798218
DENSIDAD DE DRENAJE	km/km²	4,154876643
PENDIENTE MEDIA DEL RIO	%	7,324100528
PENDIENTE MEDIA DEL RIO	m/Km	73,24100528
PENDIENTE MEDIA DEL RIO	m/m	0,073241005

Fuente: Autores

7.4. CLIMATOLOGÍA E HIDROLOGÍA GENERAL

7.4.1. Descripción general del clima

Para la identificación del clima, se utilizan los parámetros presentados por el IDEAM para la ciudad de Bucaramanga a nivel mensual y se aplican al sector de Pablo VI como se muestra en la siguiente Tabla:

Tabla 7. Principales Parámetros meteorológicos promedios mensuales anuales.

MEDIOS	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Precipitación	52,4	70,8	131,9	152,9	123,5	89	84,4	91,8	92,6	157	110,9	57,9
N° de dias	8	9	14	18	19	17	18	20	18	20	14	9
T. Max. Abs.	29,2	30,5	29,6	29	29	29,2	29	30,2	29,4	28,8	29	28,4
T. Min. Abs.	15	15,4	15,6	16,7	16,6	15,6	14,2	12,4	15,5	13	15,8	15,6
T. max. med.	27,3	27,6	27,9	27,5	276	27,6	27,6	28,2	28	27,6	26,9	26,9
Temperatura	21,1	21,4	21,6	21,4	21,3	21,3	21,3	21,3	21,1	20,6	20,7	20,7
T. min. Med.	16,7	16,9	16,9	17,2	17,3	17	16,6	16,4	16,5	16,3	17	16,8
Humedad	82	83	84	87	88	87	85	84	86	89	90	88
Brillo	216,4	163,1	149,1	132,7	152,1	142,6	172,2	155,7	153,7	145,4	148,1	188,6
Evaporación	135,5	128,7	135,2	117,8	122,5	110,4	124	121,8	121,1	115,7	127,7	116,5
Nubosidad	4	5	5	6	6	6	5	6	6	6	6	5

Además, de la red de estaciones consultada como se observa en la tabla anterior se da un Inventario de estaciones en el área metropolitana de Bucaramanga con información hidro-meteorológica referida en el estudio regional (20 estaciones pertenecientes a la CDMB y el IDEAM) fueron seleccionadas cinco estaciones con las cuales se realizó el respectivo análisis espacial y temporal de la lluvia que corresponden a las estaciones de BUCARAMANGA, LA FLORESTA, CDMB, CLUB CAMPESTRE Y PTAR. El listado es presentado en la Tabla siguiente, la cual muestra las Estaciones con registros de precipitación involucrados en el análisis espacial y temporal de la lluvia en el Sector de Pablo VI.

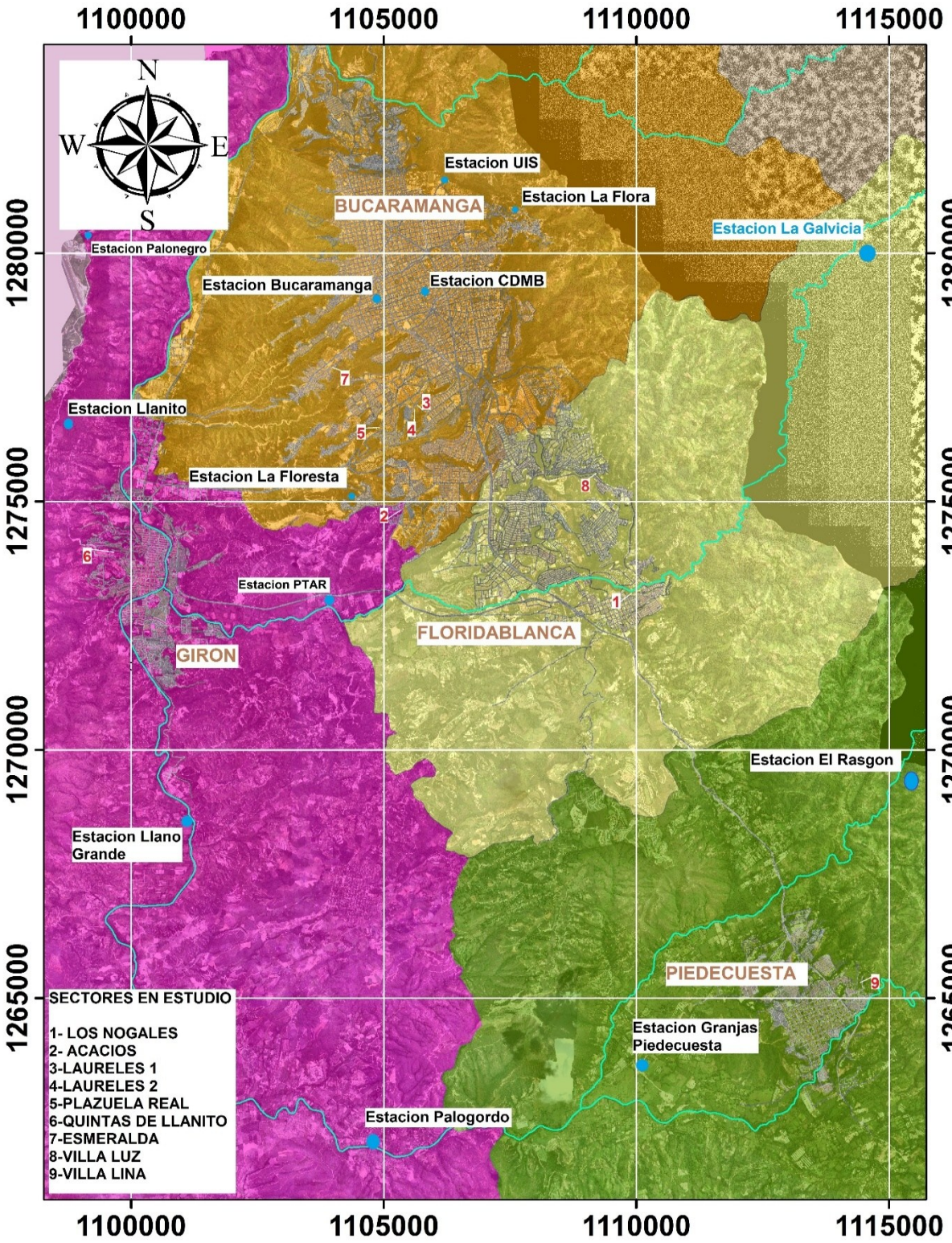


Figura 38. Localización estaciones Hidroclimatológicas aferentes al área metropolitana de Bucaramanga

Tabla 8. Inventario de estaciones IDEAM no suspendidas – Departamento de Santander, de influencia en el sector Pablo VI

N°	Nombre Estacion	Municipio	Corriente	Instalada	Tipo	Coordenada Este	Coordenada Norte	Elevacion (m.s.n.m)
1	Bucaramanga IDEAM	Bucaramanga	Surata	01/10/1998	PG	1106527	1278528	1025
3	Floresta LA	Floridablanca	Q. La Iglesia	01/06/1978	PG	1104693	1274837	925
13	CDMB	Bucaramanga	De Oro	01/01/1979	PG	1105857	1279071	950
14	Club Campestre	Floridablanca	Frio	10/01/1982	PG	1106399	12773072	940
19	PTAR	Giron	Frio	08/01/1985	CO	1102856	1272989	758

7.4.2. Descripción general de la temperatura, humedad y brillo solar

En lo correspondiente con la temperatura, humedad y brillo solar, para la región solo existen cuatro estaciones climatológicas de las cuales tres son las usadas para el presente estudio, estas son la Estación de la Universidad Industrial de Santander, estación Llano Grande y Aeropuerto Palonegro

Para el análisis de variables del clima en el sector la estación más próxima es Llano Grande la cual es operada por el IDEAM y fue instalada desde el año 1971 respectivamente en el municipio de Bucaramanga, tomando los datos de los análisis (bases tomadas para este estudio de INGEOMINAS (2008)). Se observan a continuación los histogramas e temperatura, humedad relativa y brillo solar de forma anual multianual y meda, máxima y mínima mensual multianual de las estaciones referidas.

En cuanto a la temperatura se destaca que los meses con menor temperatura promedio son octubre y noviembre y los de mayor temperatura promedio son marzo y abril coincidiendo este período en las tres estaciones de medición que se muestran en la Tabla siguiente, que presenta la relación de temperatura media, máxima y mínima en las estaciones Llano Grande, UIS, Aeropuerto Palonegro. Período (1975 – 2005) tomada de Ingeominas.

Tabla 9. Relación de temperatura del Período (1975 – 2005)

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

El comportamiento temporal de la temperatura obtenida de los registros de la estación UIS, se presenta a continuación.

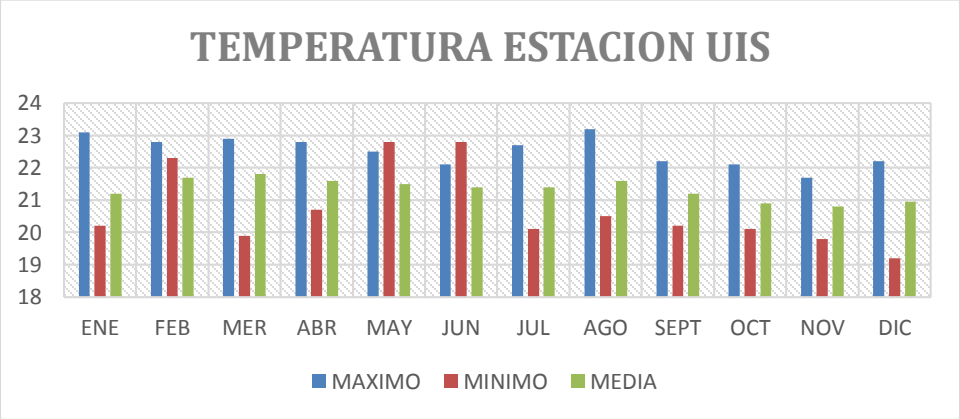


Figura 39. Temperatura media mensual multianual estación UIS (1975 – 2005)

En cuanto a la humedad relativa (%) promedio se establece que los valores en la estación Aeropuerto Palonegro en general son mayores comparadas con la de las estaciones UIS y Llano Grande, por lo cual es esta estación la que se toma como referencia; los mayores valores de humedad relativa coinciden con aquellos periodos lluviosos de la zona norte de la ciudad de Bucaramanga, siendo los meses de abril, mayo, octubre y noviembre aquellos con mayor magnitud. Gráficamente el comportamiento temporal de la humedad relativa (%) promedio de la Estación Aeropuerto Palonegro, se presenta en la siguiente figura.

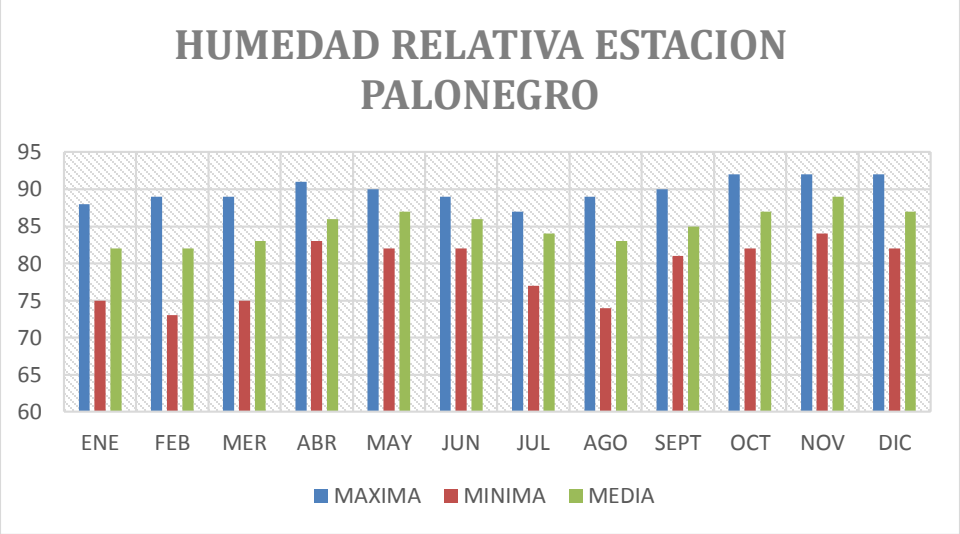


Figura 40. Humedad relativa promedio mensual multianual E. Aeropuerto Palonegro

Finalmente, en cuanto a brillo solar se refiere, las estaciones con mayor periodo de registros son UIS y Aeropuerto Palonegro, aunque se toma esta última como referencia, mostrando los meses con mayor número de horas de brillo solar, los cuales son diciembre y enero en comparación con los meses de abril, mayo y junio donde es menor su número.

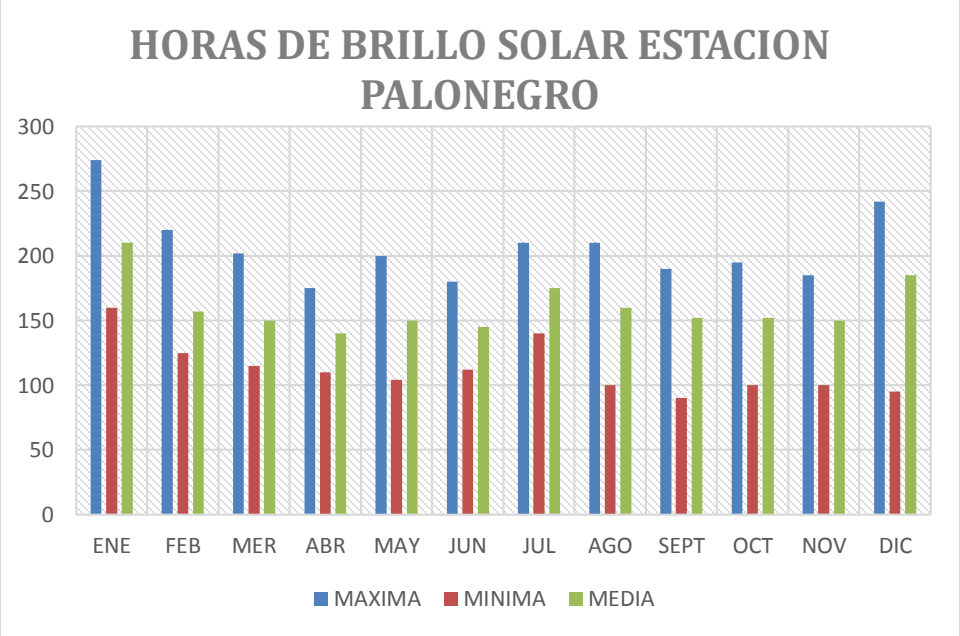


Figura 41. Brillo solar mensual multianual estación Aeropuerto Palonegro (1975 – 2005)

7.4.3. Descripción general de la precipitación

La precipitación es de gran importancia en los análisis de amenaza que se realizarán en el área de estudio. Además, al ser un análisis detallado, es necesario determinar la incidencia de la precipitación sobre el terreno en términos de escorrentía y establecer las posibles obras requeridas.

Los eventos extremos de precipitación registrados en las estaciones seleccionadas dentro de los estudios de INGEOMINAS 2008 fueron relevantes, toda vez que eventos extremos de lluvia son considerados dentro de los análisis de amenazas como factores detonantes de movimientos en masa, como el acontecido el día 12 de febrero de 2005, con gran afectación en los municipios de Girón y Bucaramanga. A partir de los datos de precipitación entre los años 1985 y 2005 de las diferentes estaciones seleccionadas, se generaron los histogramas para las estaciones como se presenta en la Figura sifiennte, de forma particular para la estación Aeropuerto Palonegro.

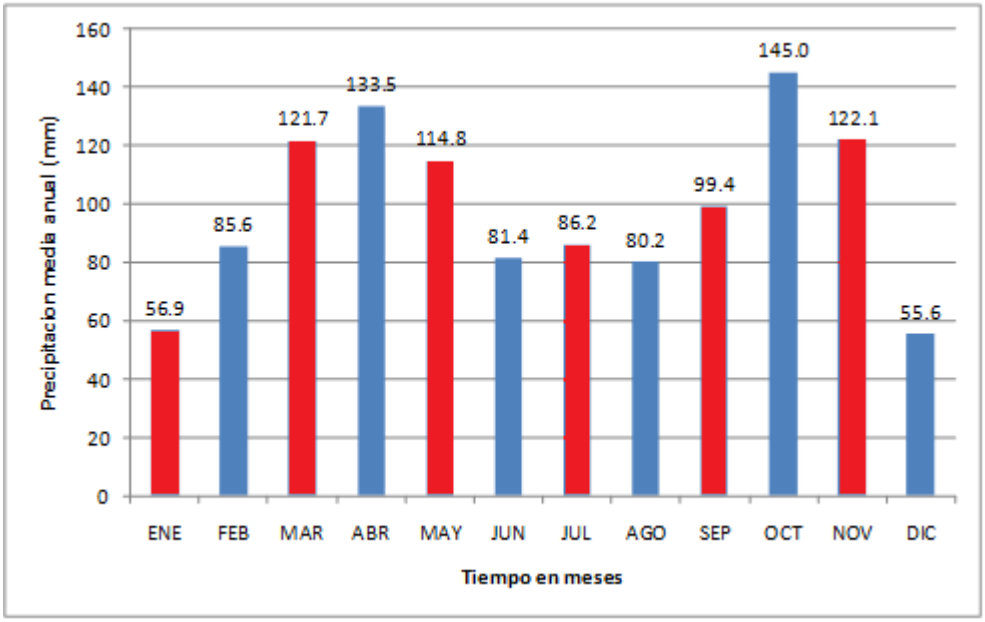


Figura 42. Precipitación media mensual multianual Aeropuerto Palonegro (1975 – 2005)

De la anterior grafica se puede deducir que el régimen de precipitación en la estación es bimodal con picos en los meses de abril y octubre del orden de 130 y 145 mm respectivamente, y dos meses de menor precipitación del orden de los 55 mm en diciembre y enero.

Comparando las precipitaciones anuales registradas en las estaciones seleccionadas dentro del estudio de INGEOMINAS 2008, puede apreciarse la relación entre la magnitud anual y la zona como se ilustra en la siguiente figura.

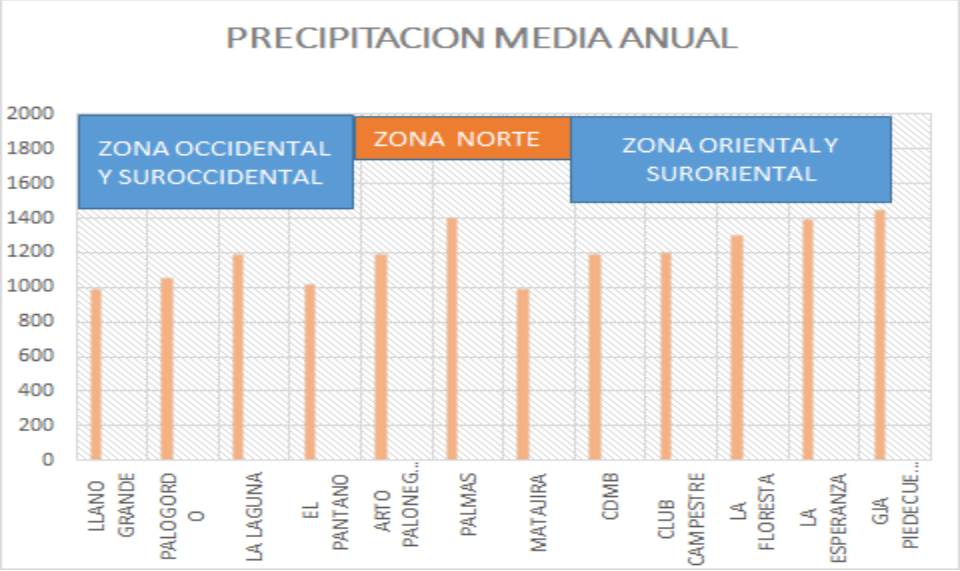


Figura 43. Histograma de precipitación media anual multianual estaciones analizadas

A continuación se presenta el mapa de isoyetas y la distribución de la precipitación anual.

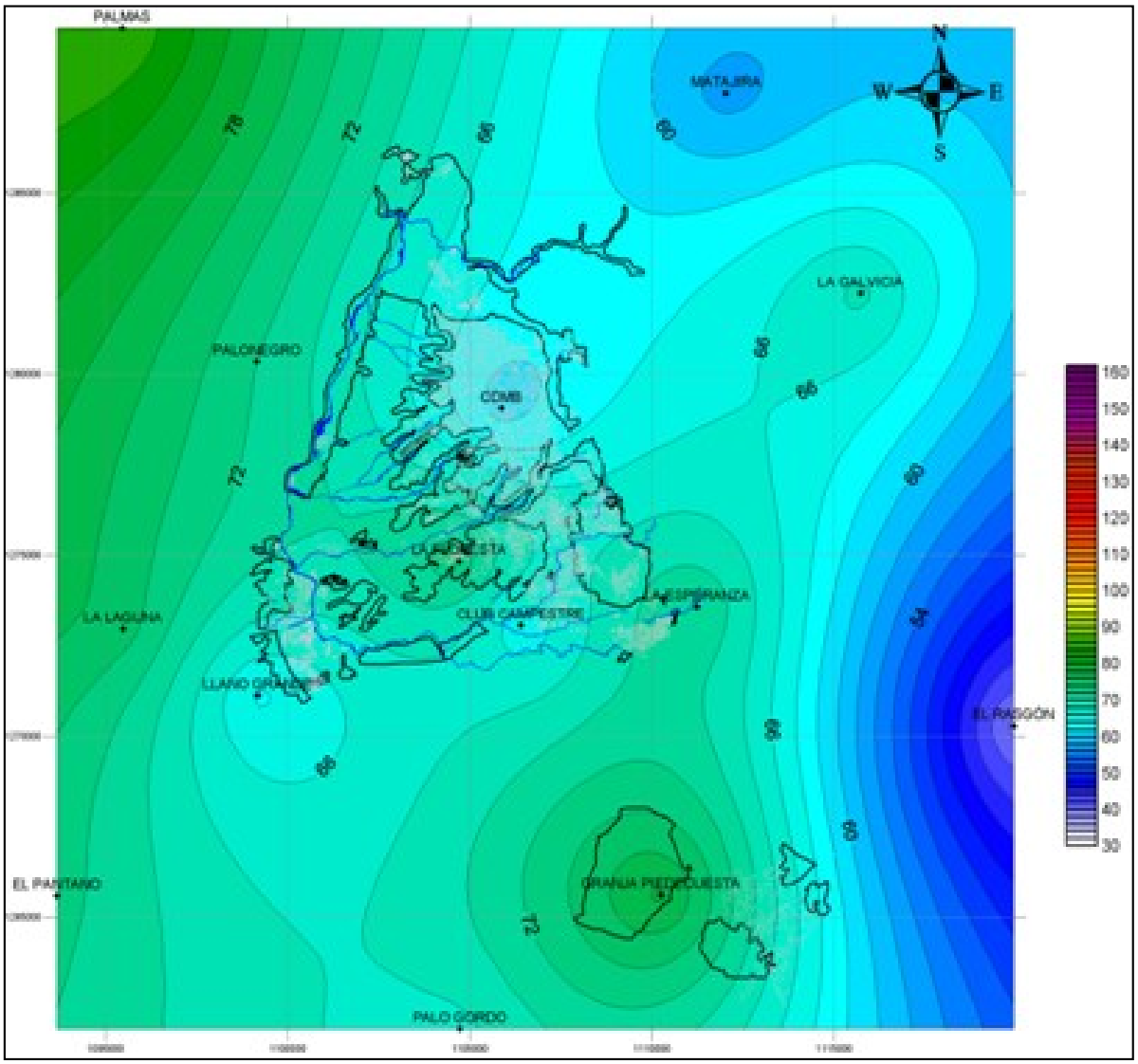


Figura 44. Isoyetas período retorno 2 años. Zona norte de la ciudad de Bucaramanga (Fuente: INGEOMINAS 2008).

7.5. DATOS HIDROMETEOROLÓGICOS

Antes de adquirir los datos hidrometeorológicos de la zona de estudio, se realizó un análisis cualitativo indicativo de la calidad de los registros, encontrándose que la periferia al área metropolitana es de menor cubrimiento espacial, mientras que en las proximidades a las cabeceras municipales mejora la calidad de registro.

Seguidamente se elaboró el inventario de información oficial existente con base en el catálogo de estaciones WEB del IDEAM. Se observaron principalmente las estaciones con registros climatológicos (CO, CP y SP), de tipo Pluviométrico (PM) y Pluviográfico (PG), por ser ésta la información de mayor relevancia para el estudio.

Las estaciones fueron seleccionadas bajo criterio e interés particular requerido para éste estudio hidrológico. La información obtenida de las estaciones no solo permitirá la actualización de la información para observar el contexto hidrológico del territorio y observar el comportamiento temporal de la precipitación sino que también permitirá tener fundamentos sólidos para afirmar o concluir posibles relaciones sobre la ocurrencia de lluvias y deslizamientos.

7.6. INFORMACIÓN HIDROLÓGICA

Los estudios técnicos elaborados en el área de estudio, proporcionan suficiente información técnica.

El Área Metropolitana de Bucaramanga se destaca desde el punto de vista de monitoreo hidrológico porque cuenta con un considerable número de estaciones hidrometeorológicas, en gran medida justificadas por ser esta zona de alta importancia como eje central del desarrollo de la región y por otra parte, por la necesidad de monitoreo de los fenómenos erosivos y de remoción en masa que se presentan, comparada con otras regiones del país.

No obstante el reconocimiento de las potencialidades del territorio y su red de monitoreo, de esa extensa red conformada según el IDEAM por 69 estaciones en los municipios de Bucaramanga, Lebrija, Girón, Piedecuesta, Floridablanca, Tona, Rionegro y Matanza, solo 32 se encuentran a la fecha activas.

Tabla 10. Inventario de estaciones en el Área Metropolitana de Bucaramanga.

N°	CODIGO	ESTACION	TIPO	MUNICIPIO	CORRIENTE	INSTALADA
1	2319503	APTO GOMEZ NIÑO	SINOPTICA SUPLEMENTARIA	BUCARAMANGA	DE ORO	01/06/1940
2	2319083	BUCARAMANGA IDEAM	PLUVIOGRAFICA	BUCARAMANGA	SURATA	01/10/1996
3	2319080	HMAT R.11	PLUVIOMETRICA	BUCARAMANGA	DE ORO	01/06/1984
4	2319504	UNV IND SANTANDER	CLIMATOLOGICA PRINCIPAL	BUCARAMANGA	TONA	01/01/1957
5	2319505	VIVERO CHIMITA	CLIMATOLOGICA PRINCIPAL	BUCARAMANGA	SURATA	01/08/1968
6	2319746	ESPERANZA LA	LIMNIMETRICA	FLORIDABLANCA	FRIO	01/01/1977
7	2319059	FLORESTA LA	PLUVIOGRAFICA	FLORIDABLANCA	Q DE LA IGLESIA	01/06/1978
8	2319040	GALVICIA LA	PLUVIOMETRICA	FLORIDABLANCA	TONA	01/01/1968
9	2319743	CONQUISTADOR EL	LIMNIMETRICA	PIEDECUESTA	DE ORO	01/07/1978
10	2319070	PIEDECUESTA GJA	PLUVIOGRAFICA	PIEDECUESTA	LATO	01/07/1970
11	2319701	PRIMAVERA	LIMNIMETRICA	PIEDECUESTA	MANCO	01/07/1978
12	2319740	ANGOSTURAS	LIMNIGRAFICA	LEBRIJA	LEBRIJA	01/08/1972
13	2319513	APTO PALONEGRO	SINOPTICA PRINCIPAL	LEBRIJA	DE ORO	01/08/1974
14	2319026	LAGUNA LA	PLUVIOMETRICA	LEBRIJA	Q LA ANGULA	01/05/1967
15	2319044	NARANJO EL	PLUVIOMETRICA	LEBRIJA	Q SAN BENITO	01/04/1971
16	2319038	PALMAS	PLUVIOMETRICA	LEBRIJA	Q HONDA	01/11/1967
17	3701502	BERLIN	CLIMATOLOGICA ORDINARIA	TONA	JORDAN	01/05/1968
18	3701701	BERLIN	LIMNIMETRICA	TONA	JORDAN	01/05/1972
19	2319030	PICACHO EL	PLUVIOMETRICA	TONA	TONA	01/07/1967
20	2319013	TONA	PLUVIOMETRICA	TONA	TONA	01/06/1958
21	2319729	CAFÉ MADRID	LIMNIMETRICA	GIRON	LEBRIJA	01/12/1968
22	2319511	LLANO GRANDE	CLIMATOLOGICA ORDINARIA	GIRON	DE ORO	01/07/1971
23	2319028	PALO GORDO	PLUVIOMETRICA	GIRON	DE ORO	01/06/1967
24	2319060	PANTANO EL	PLUVIOMETRICA	GIRON	Q LA ANGULA	01/11/1967
25	2406007	PARROQUIA LA	PLUVIOGRAFICA	GIRON	Q AGUA BLANCA	01/09/1959
26	2406503	TRIGUEROS HDA	CLIMATOLOGICA PRINCIPAL	GIRON	SOGAMOSO	01/03/1996
27	2319730	VAHONDO	LIMNIMETRICA	GIRON	DE ORO	01/12/1969
28	2319034	MATAJIRA	PLUVIOMETRICA	MATANZA	SURATA	01/10/1967
29	2319035	LLANO DE PALMAS	PLUVIOMETRICA	RIO NEGRO	Q HONDA	01/11/1967
30	2319046	PAPAYAL	PLUVIOMETRICA	RIO NEGRO	LEBRIJA	01/05/1971
31	2319036	PORTACHUELO	PLUVIOMETRICA	RIO NEGRO	NEGRO	01/10/1967
32	2319713	PTE SARDINAS	LIMNIGRAFICA	RIO NEGRO	SANTA CRUZ	01/10/1967

De estas 32 estaciones fueron seleccionadas para los análisis hidrológicos, 20 estaciones conforme los resultados de lo observado sobre su tipo, confiabilidad, completitud de registros y consistencia de los mismos; dicho listado se presenta en la Tabla que se presenta a continuación.

Tabla 11. Inventario de estaciones seleccionadas para el estudio regional

N°	ENTIDAD	NOMBRE ESTACION	MUNICIPIO	CORRIENTE	INSTALADA	TIPO	COORDENADA ESTE	COORDENADA NORTE	ELEVACION (M.S.N.M.)
1	IDEAM	BUCARAMANGA IDEAM	BUCARAMANGA	SURATA	01/10/1996	PG	1106527	1278528	1025
2	IDEAM	UNIV IND SANTANDER	BUCARAMANGA	TONA	01/01/1957	CP	1108365	1280375	1018
3	IDEAM	FLORESTA	FLORIDABLANCA	Q DE LA IGLESIA	01/06/1978	PG	1104693	1274837	925
4	IDEAM	GALVICIA LA	FLORIDABLANCA	TONA	01/01/1968	PM	1115726	1282234	1779
5	IDEAM	PIEDECUESTA GJA	PIEDECUESTA	LATO	01/07/1970	PG	1110238	1265631	1000
6	IDEAM	APTO PALONEGRO	LEBRIJA	DE ORO	01/08/1974	SP	1099158	1280356	1189
7	IDEAM	LAGUNA LA	LEBRIJA	Q LA ANGULA	01/05/1967	PM	1095486	1272971	1050
8	IDEAM	PALMAS	LEBRIJA	Q HONDA	01/11/1967	PM	1095458	1289566	855
9	IDEAM	LLANO GRANDE	GIRON	DE ORO	01/07/1971	CO	1099176	1271139	777
10	IDEAM	PALO GORDO	GIRON	DE ORO	01/06/1967	PM	1104719	1261933	950
11	IDEAM	PANTANO EL	GIRON	Q LA ANGULA	01/11/1967	PM	1093661	1265599	1280
12	IDEAM	MATAJIRA	MATANZA	SURATA	01/10/1967	PM	1112029	1287752	996
13	CDMB	CDMB	BUCARAMANGA	DE ORO	01/01/1979	PG	1105857	1279071	950
14	CDMB	CLUB CAMPESTRE	FLORIDABLANCA	FRIO	10/01/1982	PG	1106399	1273072	940
15	CDMB	EL RASGON	PIEDECUESTA	DE ORO	01/01/1987	CO	1119913	1270294	2185
16	CDMB	LA ESPERANZA	FLORIDABLANCA	FRIO	19/09/1979	CO	1111228	1273582	1000
17	CDMB	LA FLORA	BUCARAMANGA	SURATA	01/01/1979	PG	1107543	1280310	1100
18	CDMB	LA MARIANA	TONA	FRIO	06/01/1981	PM	1117627	1280310	2250
19	CDMB	PTAR	GIRON	FRIO	08/01/1985	CO	1102856	1272989	785
20	CDMB	SEVILLA	PIEDECUESTA	TRINCHERAS	08/01/1981	PM	1119428	1267670	1907

7.7. CARACTERIZACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN

Un análisis regional, permite concluir que la estación con registro de precipitación más cercana al sitio Pablo VI es la estación pluviográfica Floresta, por ello se presenta de forma particular la distribución de la precipitación media anual de la misma por medio de una gráfica de columnas, que indica que el régimen de precipitación en la estación es bimodal con picos en los meses de mayo y octubre del orden de 139 y 127 mm respectivamente, y dos meses de menor precipitación entre 52 y 70 mm en diciembre y enero (ver figura 45).

Para este sitio en particular y en el marco de este estudio, se ha denominado como E3 la zona homogénea donde se localiza el mismo. Por ello se destacan los registros de las estaciones La Floresta y Club Campestre como las más cercanas con registro de precipitación así como las estaciones PTAR y Llano Grande como las estaciones climatológicas más cercanas a esta zona. Se observa que el comportamiento de la precipitación porcentualmente es muy similar no obstante en volumen la precipitación anual es de 1291, 1038, 987 y 990 mm respectivamente.

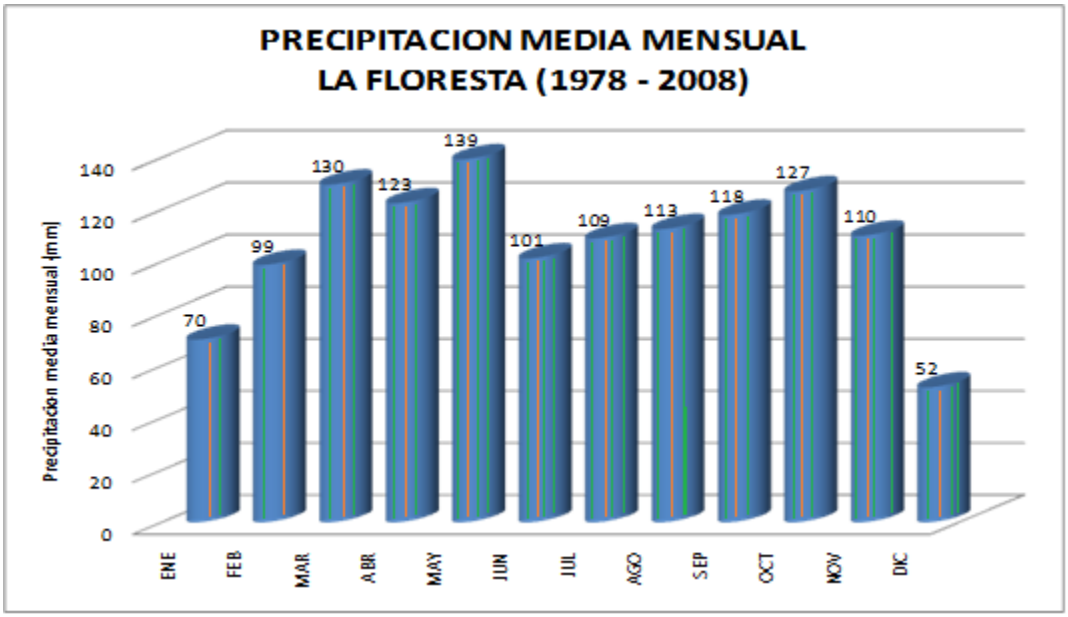


Figura 45. Precipitación Media mensual multianual estación Floresta (1978-2008)

A continuación se muestra el Histograma de precipitación media anual porcentual de las estaciones analizadas en un radio de 10 Km del sector de Pablo VI – Zona Sur Centro de la ciudad de Bucaramanga.

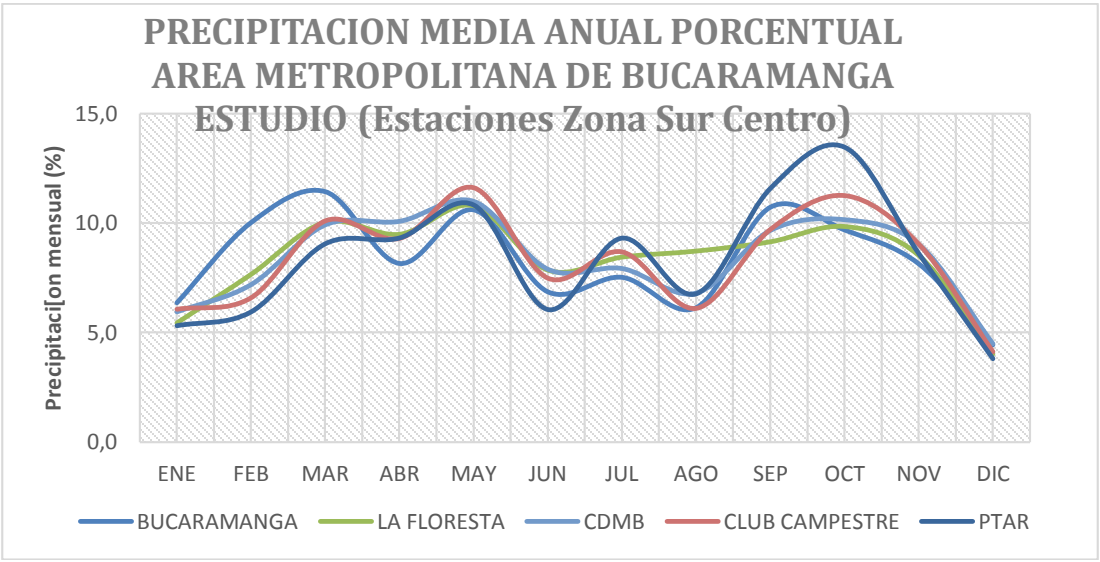


Figura 46. Histograma de precipitación media anual porcentual las estaciones analizadas

7.7.1. Precipitación total anual

A continuación se presentan las gráficas de precipitación anual de cada una de las estaciones de la zona sur cetro identificadas en un radio de 10 Km del sitio Pablo VI.

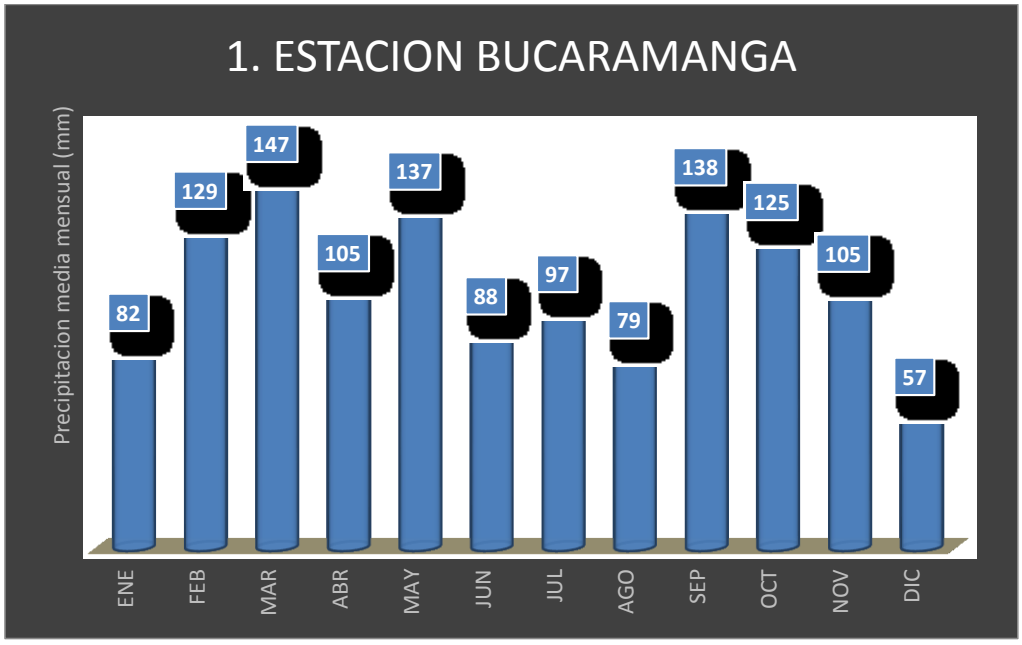


Figura 47. Precipitación anual Estación Bucaramanga

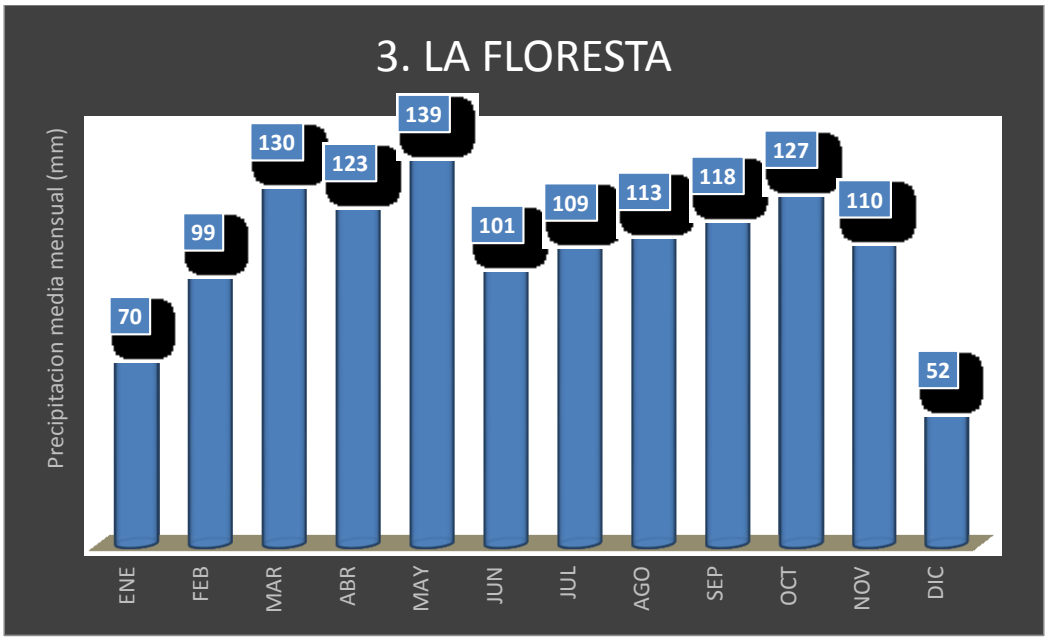


Figura 48. Precipitación anual Estación La Floresta.

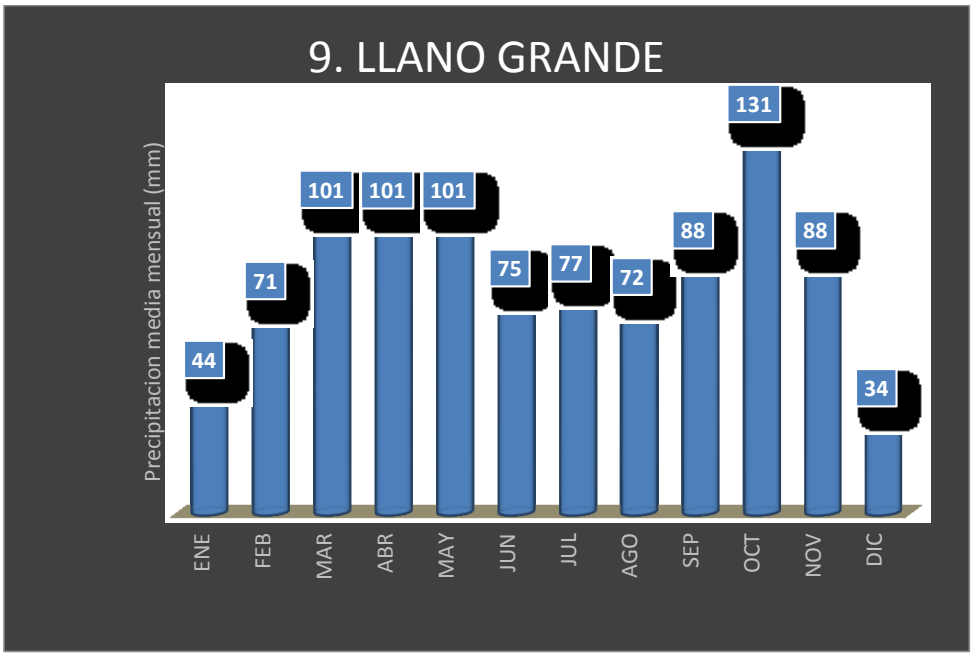


Figura 49. Precipitación anual Estación Llano Grande

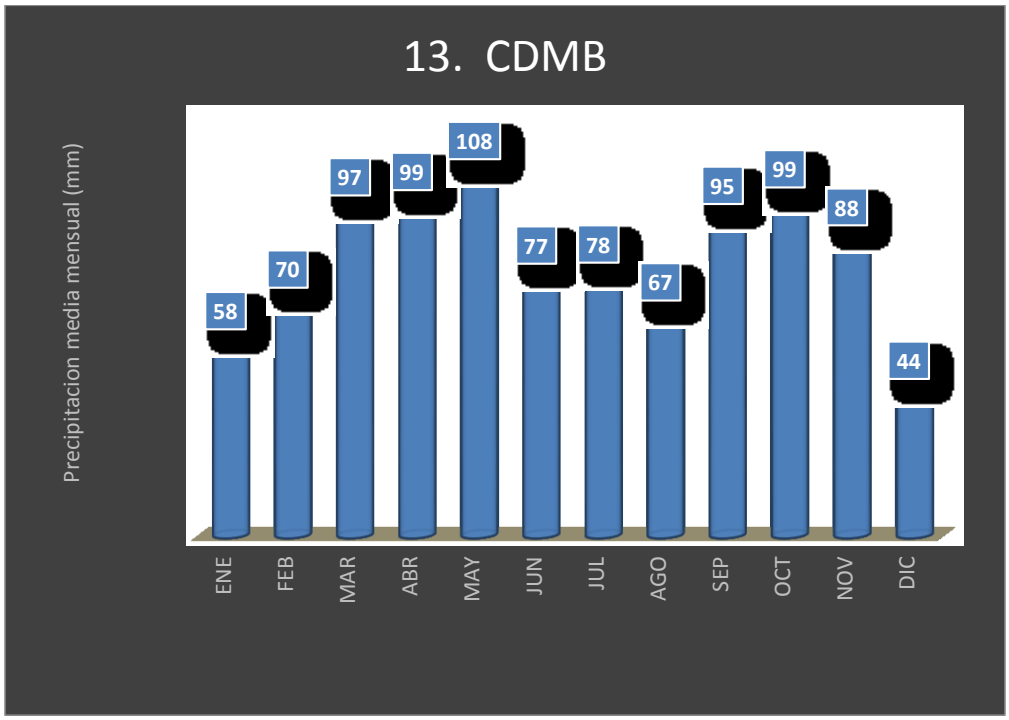


Figura 50. Precipitación anual Estación CDMB

Se incluye la estación Llano Grande por ser la estación Climatológica con registros representativos para la zona.

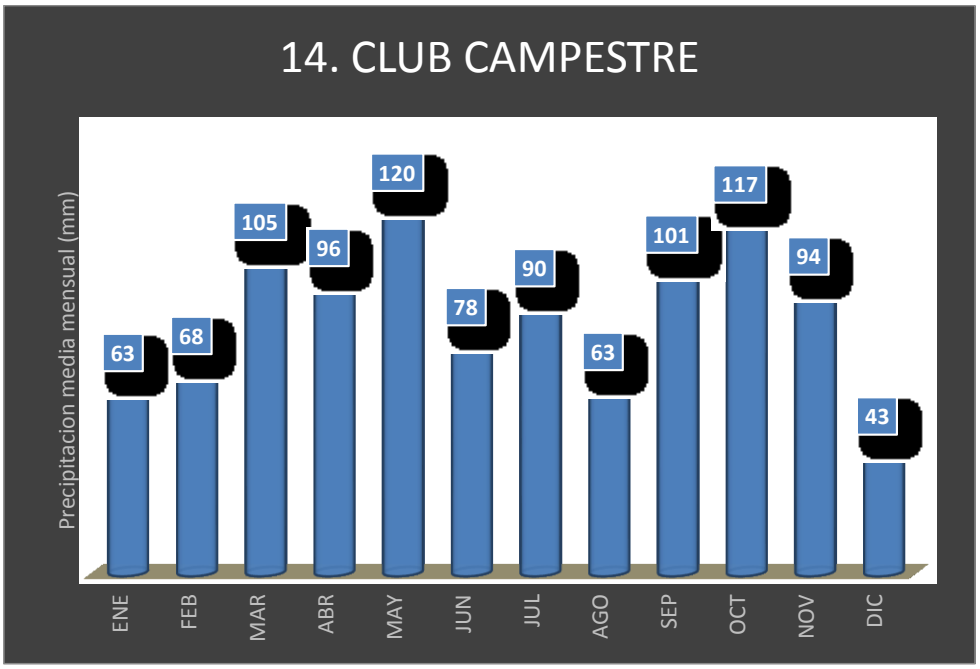


Figura 51. Precipitación anual Estación Club Campestre

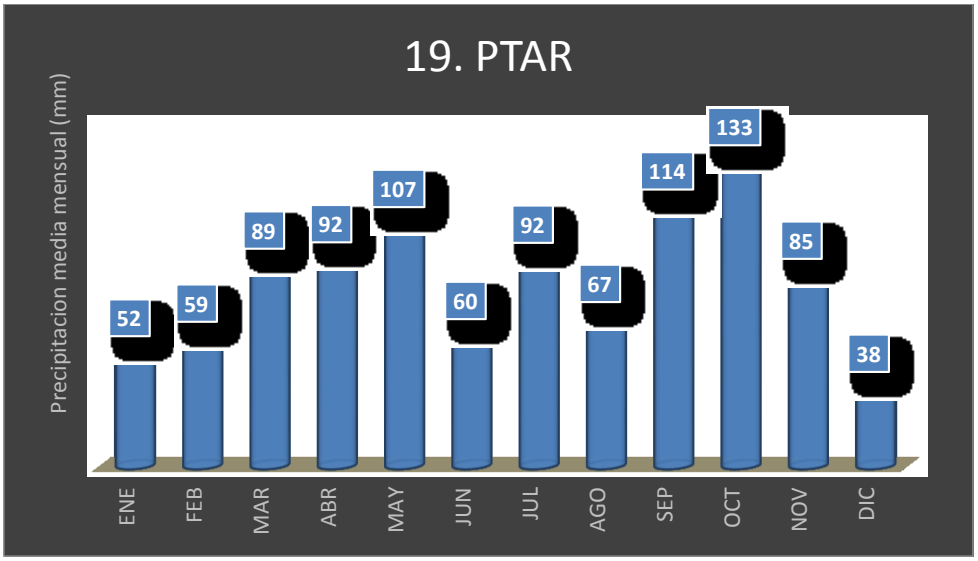


Figura 52. Precipitación anual Estación PTAR

7.7.2. Variación espacial de la precipitación total

Con el fin de observar la variación especial de la precipitación en el área fueron elaboradas las curvas isoyetas a partir de los datos de las estaciones. El resultado

no es significativamente cambiante con respecto a los resultados de INGEOMINAS (2008), pues se trata de los valores promedio de las estaciones.

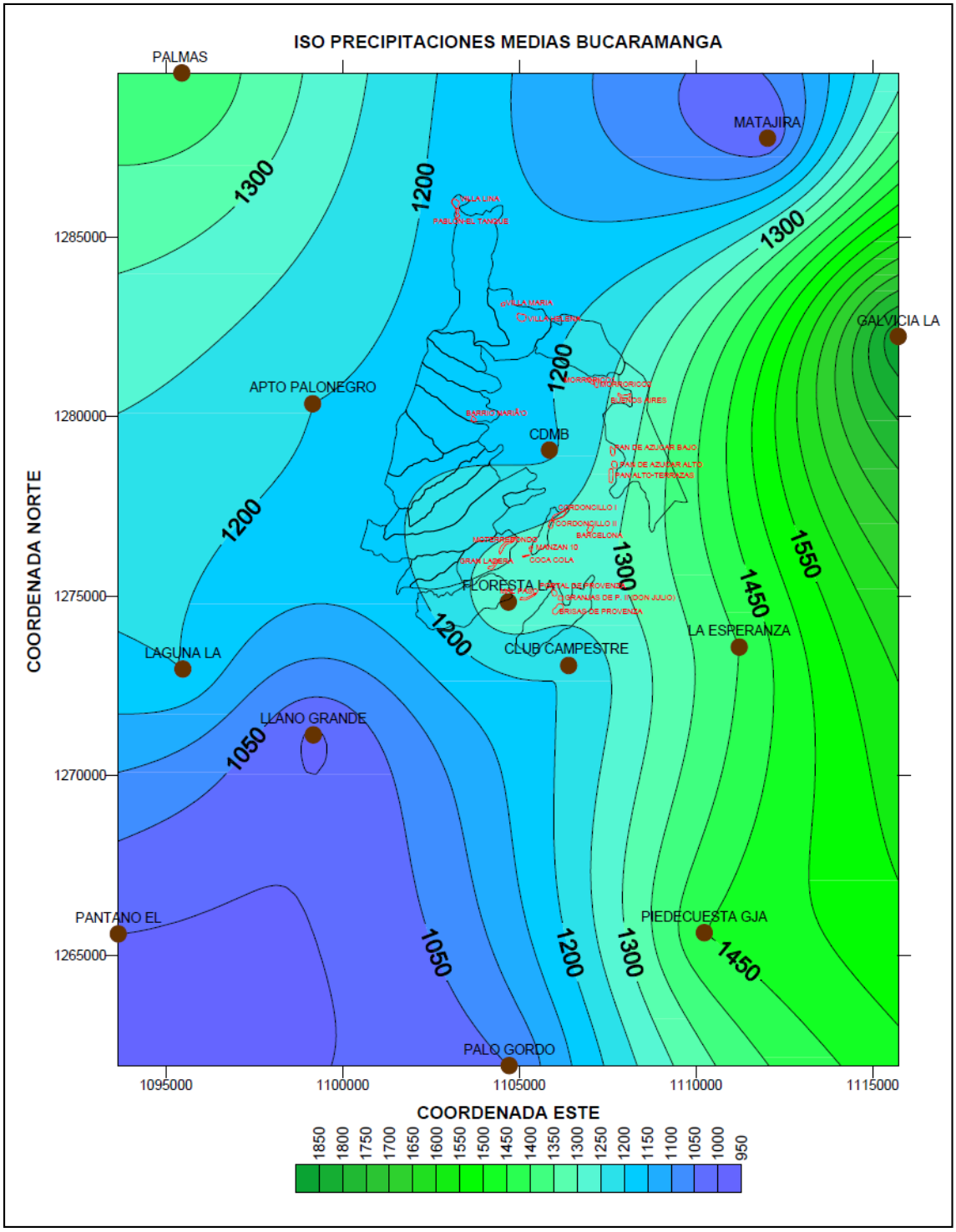


Figura 53. Curvas Isoyetas medias anuales con base en las estaciones seleccionadas

En la gráfica de relación de elevación vs precipitación de las estaciones seleccionadas se observa entre los 700 y los 1400 msnm, la precipitación en las estaciones seleccionadas se encuentra entre 800 y 1600 mm, es decir alrededor de los 1200 mm y son las más comunes entre estas estaciones. Entre los 1800 y 2300 msnm, la precipitación varía entre los 1200 y 1300 mm para las estaciones Sevilla, El Rasgón y La Mariana, a excepción de la precipitación en la estación La Galvicia, cuyo valor de precipitación anual es de 1975 mm a una elevación cercana a los 1800 msnm. Se observa que estas cuatro últimas estaciones corresponden al extremo oriental fuera del área de estudio y que la incidencia en los valores de precipitación obedece a las condiciones propias de esta zona. La estación La Floresta tiene 1291 mm de precipitación media anual.

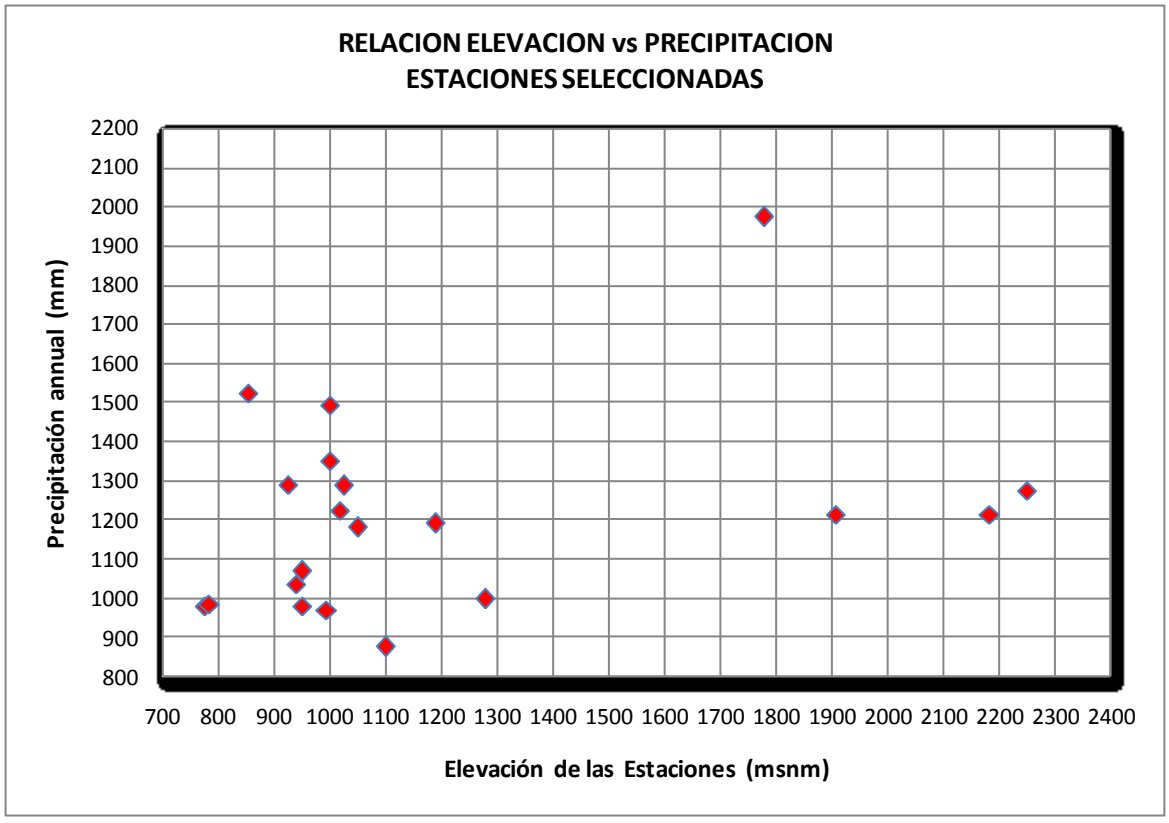


Figura 54. Relación de la elevación y precipitación estaciones de Bucaramanga

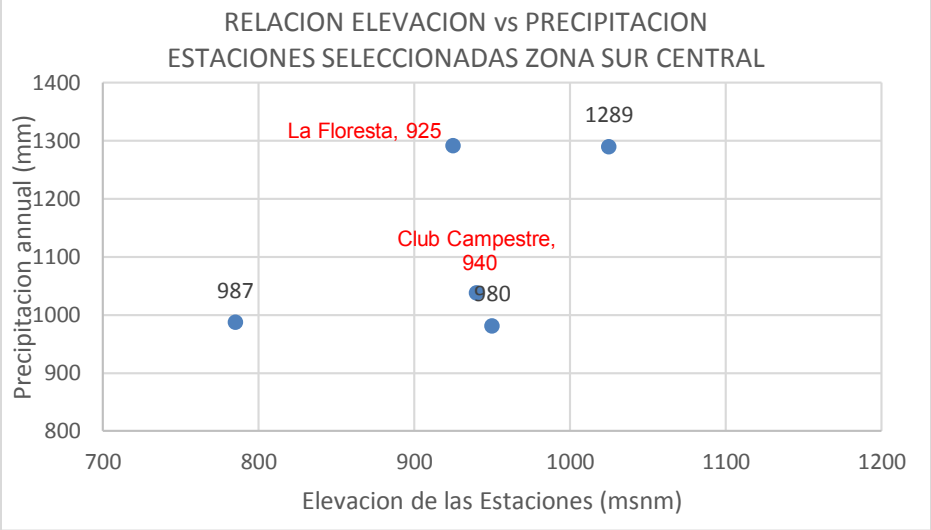


Figura 55. Relación de la elevación y precipitación de las estaciones en la zona sur centro

En particular para la zona sur centro (E3) donde se encuentra el sitio Bucaramanga Pablo VI, se observa la relación entre la precipitación y la elevación en el entorno.

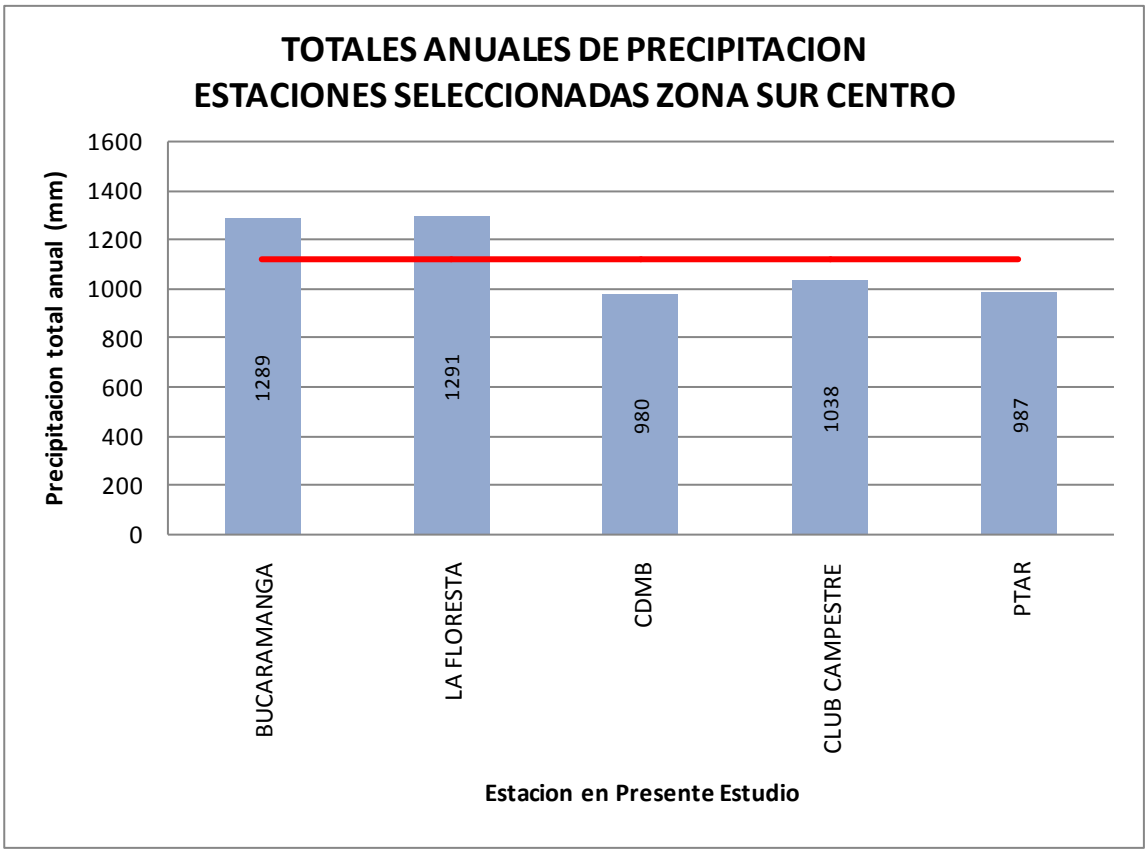


Figura 56. Valores totales anuales de precipitación estaciones en la zona sur centro

7.7.3. Precipitación máxima en 24 horas

Con relación a la precipitación máxima en 24 horas, fueron consultados y procesados los registros de cada una de las estaciones con el fin de determinar los valores máximos, el periodo de recurrencia de los mismos y su promedio estadístico. A continuación se presenta el resultado de éste análisis para las estaciones próximas al sector Pablo VI.

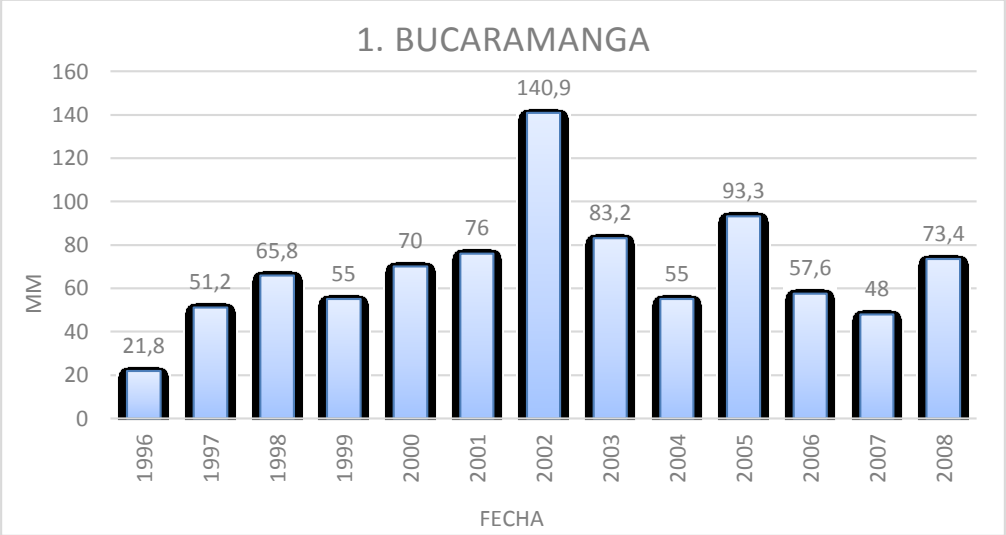


Figura 57. Precipitación máxima en 24 horas Estación Bucaramanga

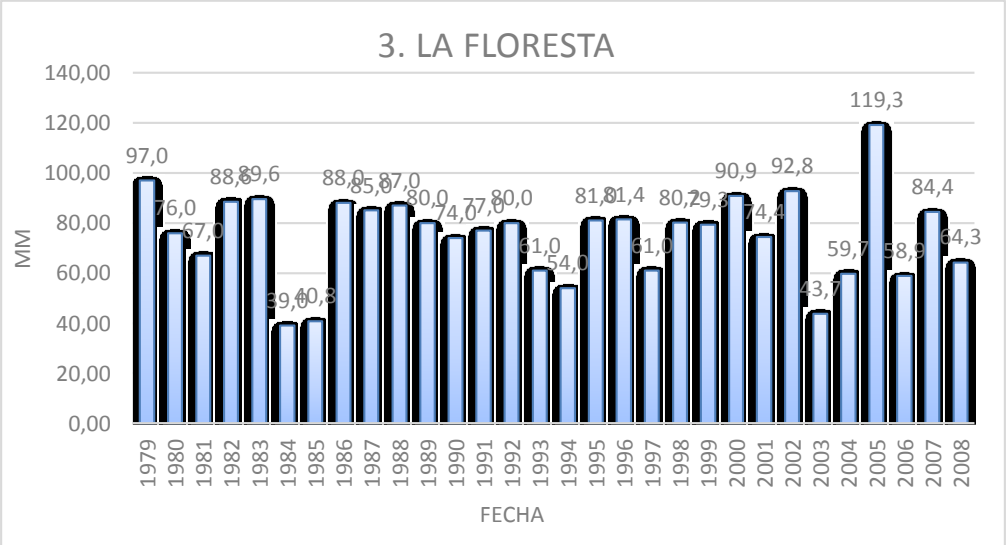


Figura 58. Precipitación máxima en 24 horas Estación La Floresta

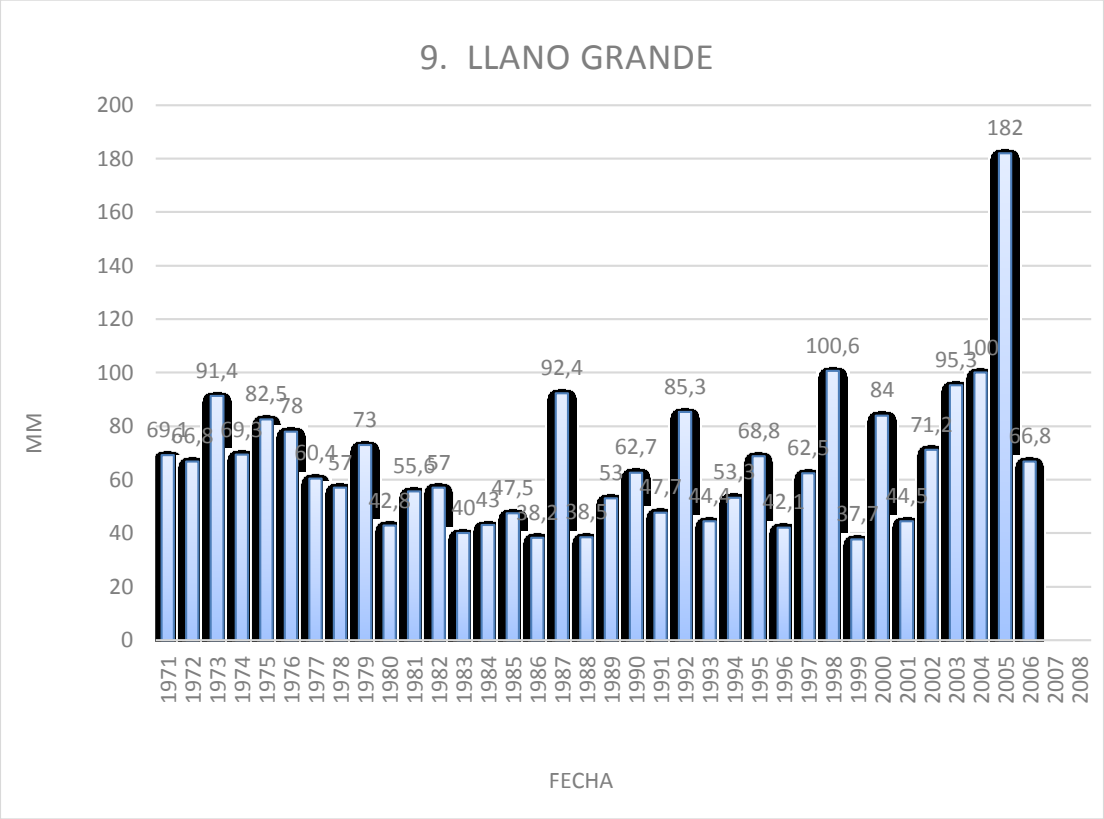


Figura 59. Precipitación máxima en 24 horas Estación Llano Grande

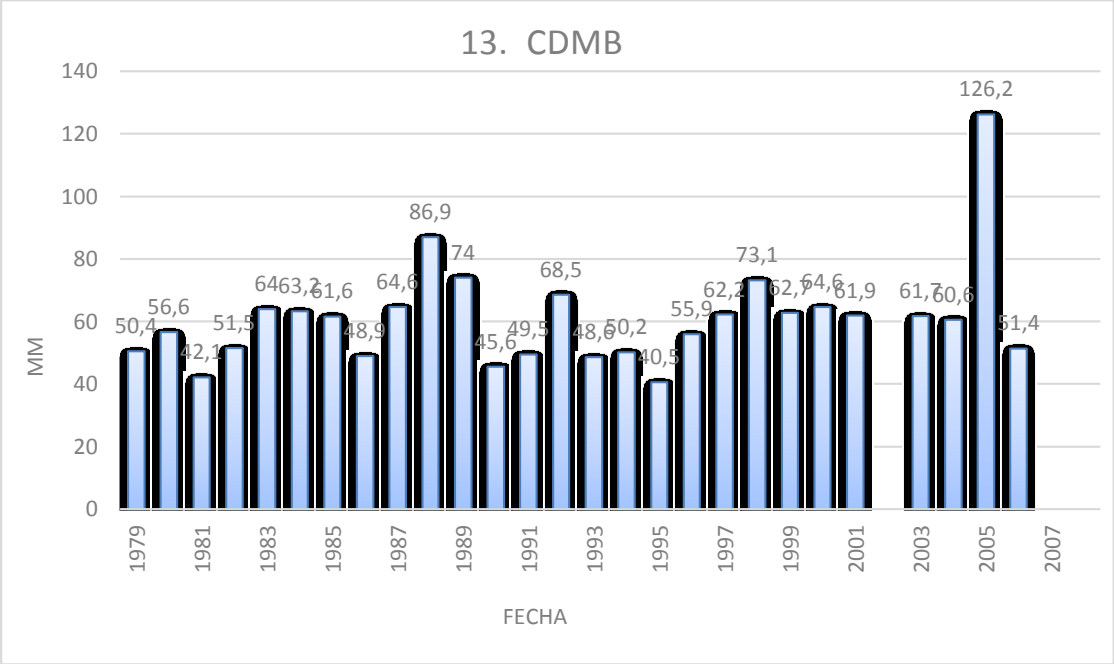


Figura 60. Precipitación máxima en 24 horas Estación CDMB

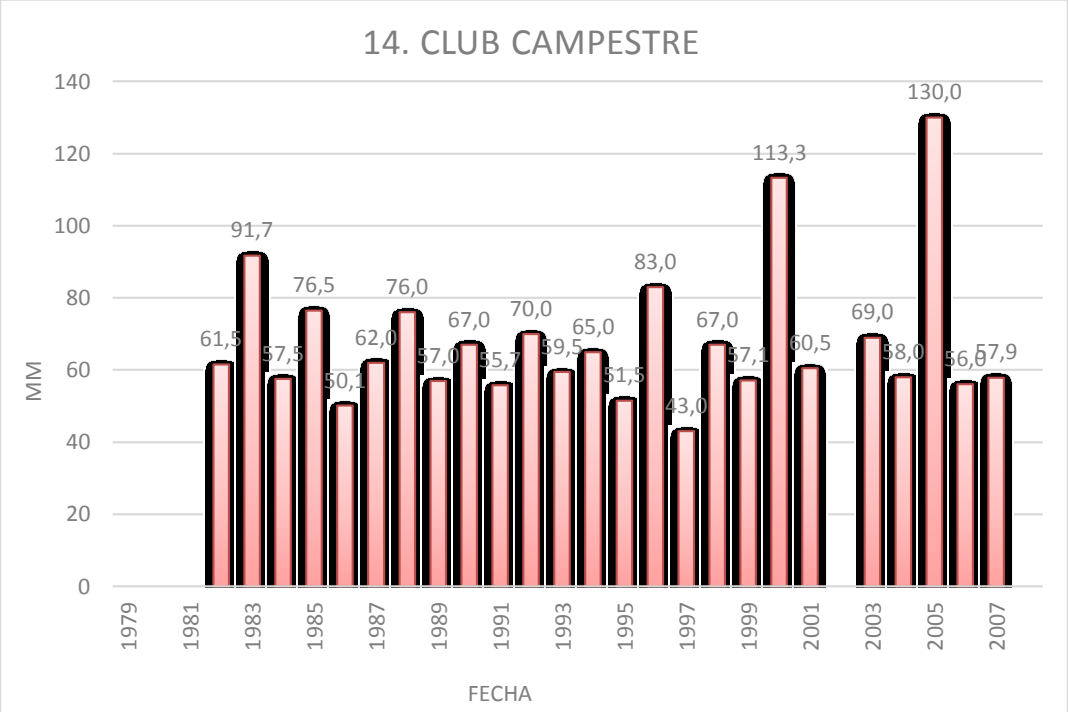


Figura 61. Precipitación máxima en 24 horas Estación Club Campestre

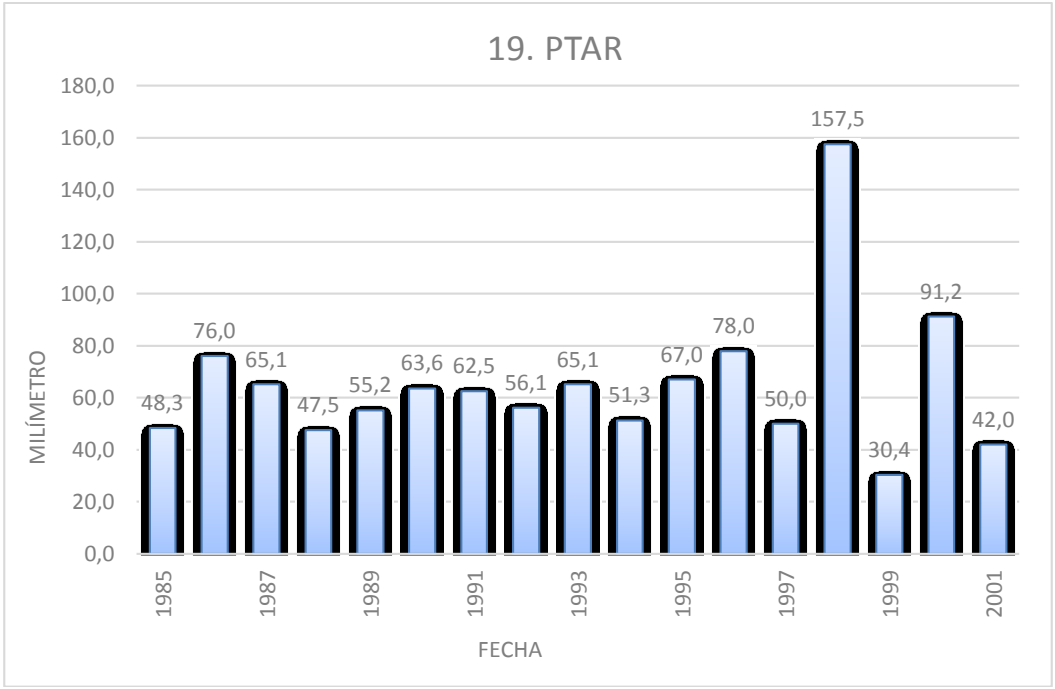


Figura 62. Precipitación máxima en 24 horas Estación PTAR

En la siguiente tabla se presenta el resumen del análisis efectuado con las series de valores de precipitaciones máximas en 24 horas.

Tabla 12. Valores máximos anuales, promedio, desviación y coeficiente de variación

		VALORES EN mm				
ESTACION	NOMBRE	MAXIMA ANUAL	AÑO	PROMEDIO	DESVIACION	COEF. DESVIACION
1	BUCARAMANGA	140,9	2002	68,6	28,2	0,2
2	UIS	100,6	1972	67,9	19,4	0,19
3	LA FLORESTA	119,3	2005	75,2	17,7	0,15
4	LA GALVICIA	124	1997	78,3	20,8	0,17
5	PIEDECUESTA	133,5	1998	80,9	20,6	0,15
6	APTO PALONEGRO	152	1998	75,2	21,5	0,14
7	LA LAGUNA	135	1985	80,2	25,6	0,19
8	PALMAS	140	1969	95	24,1	0,17
9	LLANO GRANDE	182	2005	66,8	27,3	0,15
10	PALO GORDO	150	2005	71,4	25	0,17
11	EL PANTANO	132	2005	70,4	24,3	0,18
12	MATAJIRA	115	2003	55	16,3	0,14
13	CDMB	86,9	1988	58,6	11,2	0,13
14	CLUB CAMPESTRE	130	2005	67,8	19,6	0,15
15	EL RASGON	79,1	1998	43,2	15,6	0,2
16	LA ESPERANZA	164,8	1993	72,4	26,6	0,16
17	LA FLORA	99,2	2000	63,8	14,3	0,14
18	LA MARIANA	86,4	1995	40,6	18,7	0,22
19	PTAR	157,5	1998	65,1	27,9	0,18
20	SEVILLA	85,7	1991	39,6	19,4	0,23

La Tabla siguiente muestra los valores de precipitación máximas para las estaciones ubicadas en la zona sur centro de la ciudad de Bucaramanga y de ella se concluye que los valores máximos de precipitación en 24 horas registrados han sido superiores a los 79.10 mm y no mayores de 182.00 mm. El periodo en el cual se han registrado los máximos en cada estación oscila entre 1969 y 2005. En promedio los valores de precipitación máxima en 24 horas se encuentran entre 39.56 mm y

95.00 mm y los coeficientes de variación no superan el 0.2. Lo anterior permite decir que las series pueden ser empleadas para el análisis en Bucaramanga.

Tabla 13. Valores de precipitación máxima en las estaciones de Bucaramanga

	MAXIMO	MINIMO
MAXIMO ANUAL	182	79,1
AÑO	2005	1969
PROMEDIO	95	39,56
DESVIACION	28,21	11,21
COEF. VARIACION	0,23	0,13

En la siguiente Tabla se muestran los valores de precipitación máximas para las estaciones ubicadas en la zona sur centro de la ciudad de Bucaramanga.

Tabla 14. Valores de precipitación máxima estaciones Zona Sur Centro de Bucaramanga

ESTACION	NOMBRE	MAXIMA ANUAL	AÑO	PROMEDIO	DESVIACION	COEF. DESVIACION
1	BUCARAMANGA	140,9	2002	68,6	28,2	0,2
3	LA FLORESTA	119,3	2005	75,2	17,7	0,15
13	CDMB	86,9	1988	58,6	11,2	0,13
14	CLUB CAMPESTRE	130	2005	67,8	19,6	0,15
19	PTAR	157,5	1998	65,1	27,9	0,18
MAXIMO		157,5	2005	75,18	28,21	0,2
MINIMO		86,9	1988	58,57	11,21	0,13

A continuación en la Tabla se indica que los valores máximos de precipitación en 24 horas registrados han sido superiores a los 86.90 mm y no mayores de 157.50 mm. El periodo en el cual se han registrado los máximos en cada estación oscila entre 1988 y 2005. En promedio los valores de precipitación máxima en 24 horas se encuentran entre 58.57 mm y 75.18 mm y los coeficientes de variación varían entre 0.13 y 0.2.

Los valores de recurrencia en 100 años se obtuvieron a partir de las series de valores anuales aplicando la distribución de valores extremos de Gumbel, típica

para estos análisis. Los datos obtenidos de intensidad son estimados a partir de las magnitudes de lluvia diaria para una duración de 30 minutos. Este dato se ajusta conforme las curvas IDF obtenidas.

De acuerdo con la Tabla, las máximas precipitaciones diarias en la estación La Floresta son de 119.3 mm, estadísticamente pueden alcanzar los 130.57 mm para un periodo de recurrencia de 100 años y la intensidad para dicha lluvia en un aguacero de 30 minutos de duración se estima en 261.14 mm/h como se presenta en la Figura que se muestra a continuación.

Tabla 15. Valores de precipitación máxima período de retorno de 100 años

N°	ENTIDAD	NOMBRE ESTACION	MUNICIPIO	TIPO	Maxima Pmax 24 h registrada (mm)	Pmax 24 h para TR=100 años (mm)	intensidad de Pmax 24 h TR=100 años y duracion 30 min (mm)
1	IDEAM	BUCARAMANGA IDEAM	BUCARAMANGA	PG	140,9	157,02	314,05
2	IDEAM	UNIV IND SANTANDER	BUCARAMANGA	CP	100	128,83	257,66
3	IDEAM	FLORESTA	FLORIDABLANCA	PG	119,3	130,57	261,14
4	IDEAM	GALVICIA LA	FLORIDABLANCA	PM	124	143,6	287,2
5	IDEAM	PIEDECUESTA GJA	PIEDECUESTA	PG	133,5	145,66	291,32
6	IDEAM	APTO PALONEGRO	LEBRIJA	SP	152	142,78	285,56
7	IDEAM	LAGUNA LA	LEBRIJA	PM	135	160,57	321,13
8	IDEAM	PALMAS	LEBRIJA	PM	140	170,74	341,47
9	IDEAM	LLANO GRANDE	GIRON	CO	182	152,46	304,93
10	IDEAM	PALO GORDO	GIRON	PM	150	149,88	299,76
11	IDEAM	PANTANO EL	GIRON	PM	132	146,49	292,98
12	IDEAM	MATAJIRA	MATANZA	PM	115	106,2	212,41
13	CDMB	CDMB	BUCARAMANGA	PG	86,9	93,72	187,45
14	CDMB	CLUB CAMPESTRE	FLORIDABLANCA	PG	130	128,93	257,86
15	CDMB	EL RASGON	PIEDECUESTA	CO	79,1	92,17	184,34
16	CDMB	LA ESPERANZA	FLORIDABLANCA	CO	164,8	155,94	311,88
17	CDMB	LA FLORA	BUCARAMANGA	PG	99,2	108,58	217,16
18	CDMB	LA MARIANA	TONA	PM	86,4	99,21	198,41
19	CDMB	PTAR	GIRON	CO	157,5	152,58	305,16
20	CDMB	SEVILLA	PIEDECUESTA	PM	85,7	100,34	200,67

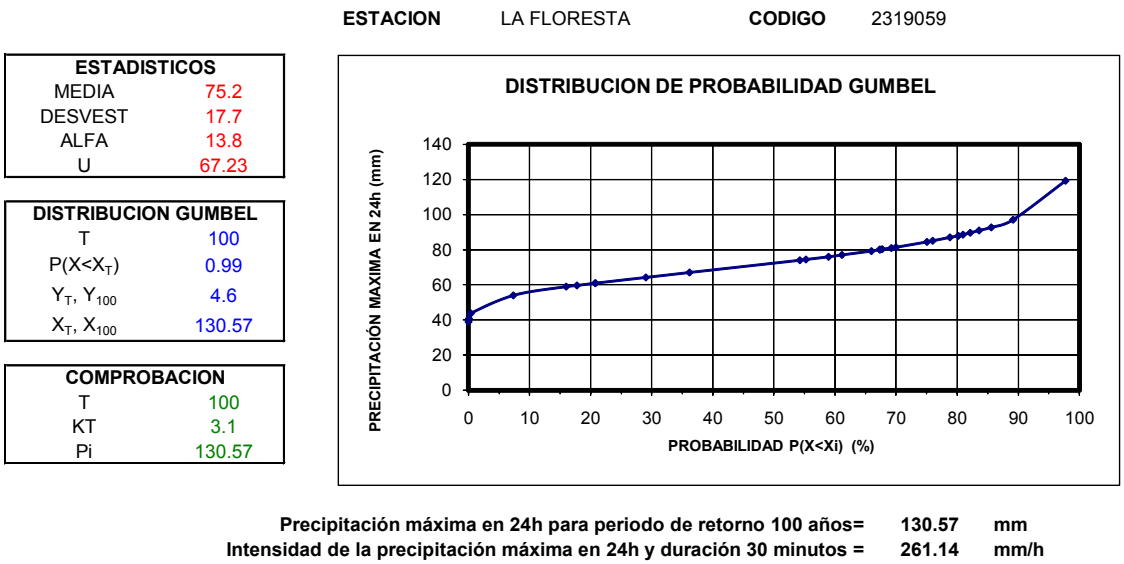


Figura 63.Distribución Gumbel para máximos de precipitación en 24 horas

7.7.4. Lluvias de corta duración

Generalmente las precipitaciones son consideradas uno de los aspectos más influyentes en la estabilidad de las laderas al punto de considerarlas como factor detonante, bien sea por causa del volumen acumulado en largos periodos de tiempo o por su intensidad comúnmente asociada a cortas duraciones.

Es por esta razón que en los estudios de estabilidad se debe considerar el evento de lluvia dentro de los detonantes de movimientos en masa. De otro lado, las lluvias de corta duración y elevado volumen resultan ser críticas a la hora de realizar un análisis de este tipo, dado que esta combinación incrementa las presiones de poros en los suelos de forma exagerada, con la consecuente disminución de los esfuerzos efectivos y por ende, pérdida de resistencia del material, produciéndose de forma casi instantánea la falla del talud.

Para el análisis de las lluvias de corta duración se recurre a Curvas IDF (Intensidad – Duración – Frecuencia), las cuales son fundamentales en los diseños de obras

hidráulicas. La principal limitante en su construcción radica en la existencia de registros continuos de lluvia en el tiempo los cuales son generados por estaciones de tipo pluviográfico (PG), y que demandan grandes recursos en operación y procesamiento, razón por la cual su número en una red es limitado.

Las curvas IDF se obtienen a partir de registros pluviográficos en donde cada aguacero entra a formar parte de la historia de registro de la estación, por esta razón las curvas ya construidas pueden variar en el tiempo, más aún si eventos extraordinarios de lluvia son registrados.

En el marco regional del análisis inicialmente efectuado acerca de la precipitación en el área objeto de este estudio, se puede apreciar que tan solo 5 de las 20 estaciones son de tipo pluviográfico (PG), siendo necesario obtener parámetros generalizados para posteriormente ser abordados en detalle dentro de los cálculos y diseños puntuales. Para este propósito se cuenta con diferentes metodologías que facilitan la obtención de las curvas IDF de manera que permiten suplir la carencia de los registros pluviográficos de la precipitación. Estas metodologías se basan principalmente en la utilización de los registros de precipitación máxima en 24 horas, siendo posible elaborar las curvas por ejemplo en estaciones de tipo pluviométrico (PM).

La validación de estas metodologías depende en gran medida de las precipitaciones que se presenten en la zona en comparación con las que se tomaron como base para su construcción. Por esta razón, en este estudio se adopta el análisis previo de los resultados obtenidos al generar curvas IDF por el método tradicional y por métodos como el de Bell (1969)[6] (método tradicional calibrado con las curvas oficiales del IDEAM) y el método de Kothyari y Garde (1992)[7] para la india, cuyos

[6] Bell, F. C. Generalized Rainfall - Duration – Frequency Relationships. Journal of Hydraulics Division. Vol 95 No. HY1 January 1969
[7] Kothyari U. C., Garde R. J. Rainfall Intensity- Duration – Frequency formula for India. Journal of Hydraulic Engineering. Vol 118 No. 2 February 1992

resultados han orientado el desarrollo de relaciones de este tipo para el país por Vargas y Díaz-Granados (1998)[8].

En el caso particular del área de estudio, las lluvias de intensidades altas son generadores de procesos de erosión y efectos concatenados de movimientos en masa. Por ésta razón es necesario concentrar los esfuerzos en un manejo adecuado de la escorrentía extrema para evitar que se deriven nuevos problemas aun existiendo obras para el manejo hidráulico.

7.7.5. Curvas IDF para el sector de Pablo VI.

Como se mencionó anteriormente, para hacer comparativo y representativo el análisis regional dentro del contexto del presente estudio, se elaboraron curvas IDF sintéticas empleando la metodología de Bell (1969), ampliamente utilizada en otros estudios en nuestro medio y que permite obtener, en comparación con otros métodos, curvas IDF con distribución adecuada a las condiciones del terreno sin subestimar los efectos de la precipitación de corta duración (entre 0 y 180 minutos) para diferentes periodos de recurrencia. Este método se basa en los registros de precipitación máxima en 24 horas y los valores estadísticos obtenidos de la serie de valores anuales.

Las curvas IDF obtenidas fueron calibradas con la IDF oficial del IDEAM para la Estación UIS 2319504). Para el caso de estudio particular en el Sector Pablo VI, se recomienda emplear la curva IDF de la estación más cercana, en este caso la Estación La Floresta la cual se presenta a continuación:

[8] Vargas, R. Diaz-Granados M. Curvas Sintéticas Regionalizadas de Intensidad - Duración – Frecuencia para Colombia. X Seminario Nacional de Hidráulica 1998

Tabla 16. **Intensidades máximas. Estación La Floresta.**

CURVAS DE INTENSIDAD-DURACION-FRECUENCIA
3. LA FLORESTA

Pmax 24h:	75.2 mm	Promedio de las máximas anuales
Smax 24 horas:	17.7 mm	Desviación standard de la serie.
Relación Cp:	0.63	Relación entre horaria y diaria.

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

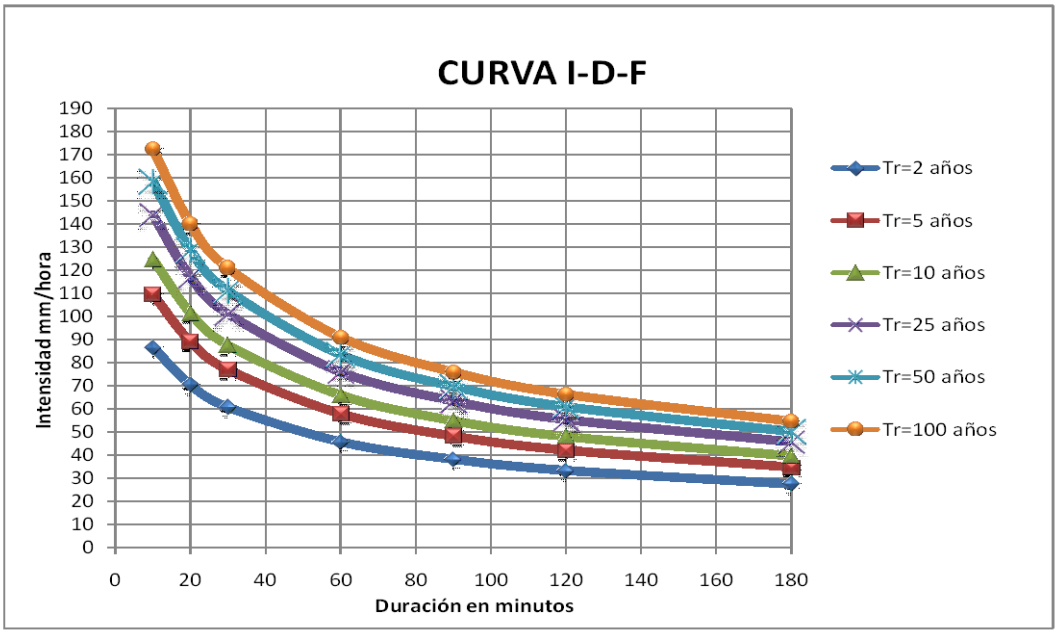


Figura 64. Curvas IDF Sintéticas para la Estación La Floresta – Método de Bell

7.7.6. Lluvias acumuladas para el sector PABLO VI

Finalmente y con el ánimo de establecer valores de lluvia diaria crítica para la ocurrencia de movimientos en masa, se elaboraron curvas de frecuencias de lluvias acumuladas para diferentes periodos de tiempo.

Estas curvas para la estación La Floresta se observan a continuación:

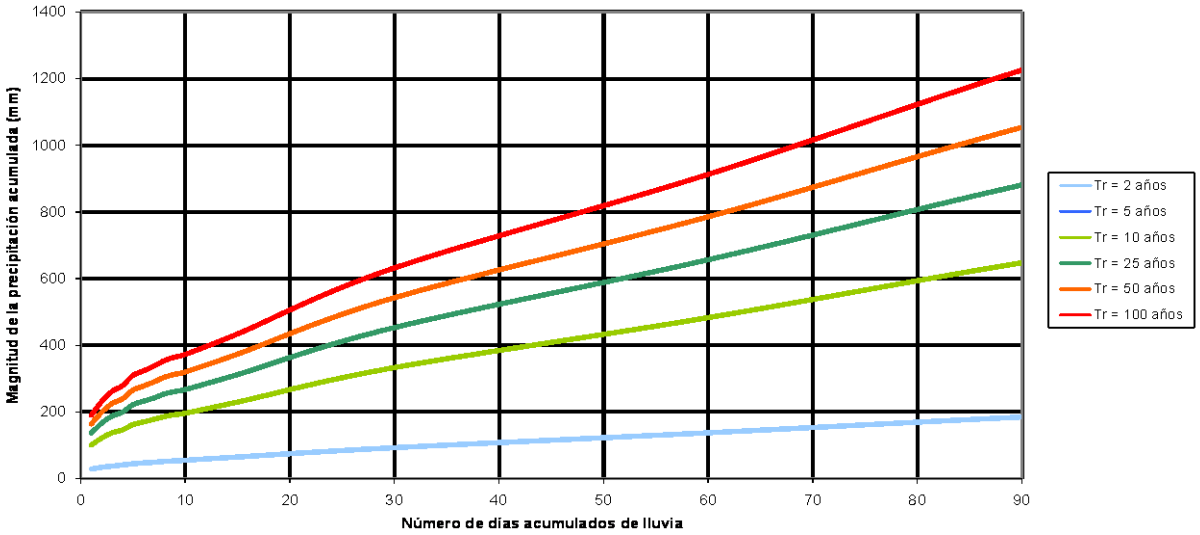


Figura 65. Curva frecuencia lluvia acumulada diferentes periodos retorno

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

Tabla 17. Resultados curva de frecuencia lluvia acumulada Estación la Floresta.

PERIODO DE	Valor de precipitacion para el numero de dias acumulados indicado (mm)																
RETORNO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	30	60	90	120	240	365
Tr=2 años	28,5	34	37,9	40,6	44,2	47	49,3	51,6	53,5	54,7	65,1	92,7	137,8	184,9	227,6	386,4	548,4
Tr=5 años	71,8	86,9	97,8	104,3	115,1	121,1	126,5	132,5	136,7	139,7	164	237,1	345,4	463,6	568,7	960,2	1359,9
Tr=10 años	100,5	121,9	137,5	146,4	162,1	170,2	177,7	186,1	191,9	196	229,4	332,7	482,8	648,2	794,5	1340,2	1897,3
Tr=25 años	136,7	166,1	187,6	199,7	221,4	232,1	242,3	253,7	261,5	267,2	312,1	453,4	656,5	881,4	1079,8	1820,3	2576,2
Tr=50 años	163,6	198,9	224,8	239,2	265,4	278,1	2902	303,9	313,1	319,9	373,5	543	785,3	1054,4	1291,5	2176,5	3079,9
Tr=100 años	190,3	231,5	261,7	278,5	309,1	323,7	337,8	353,8	364,4	372,3	434,3	631,9	913,2	1226,1	1501,6	2530	3579,8

7.8. DRENAJE NATURAL Y ARTIFICIAL

Con base a las observaciones de campo y la herramienta Google Earth se realizó un ejercicio de complementación de la información levantada respecto a los posibles drenajes que se conforman producto de los aguaceros y que para el mismo son interpretados a partir de las curvas de nivel del levantamiento suministrado. Con

ésta información se pueden esquematizar las sub cuencas o sub áreas de drenaje y extraer características generales del mismo por escorrentía en el sector.

Se observa que el drenaje natural existente se orienta ladera abajo en dirección oriente occidente. La zona es de reducida extensión con lo cual el drenaje natural discurre sin una trayectoria definida.



Figura 66. Drenaje y vertientes.

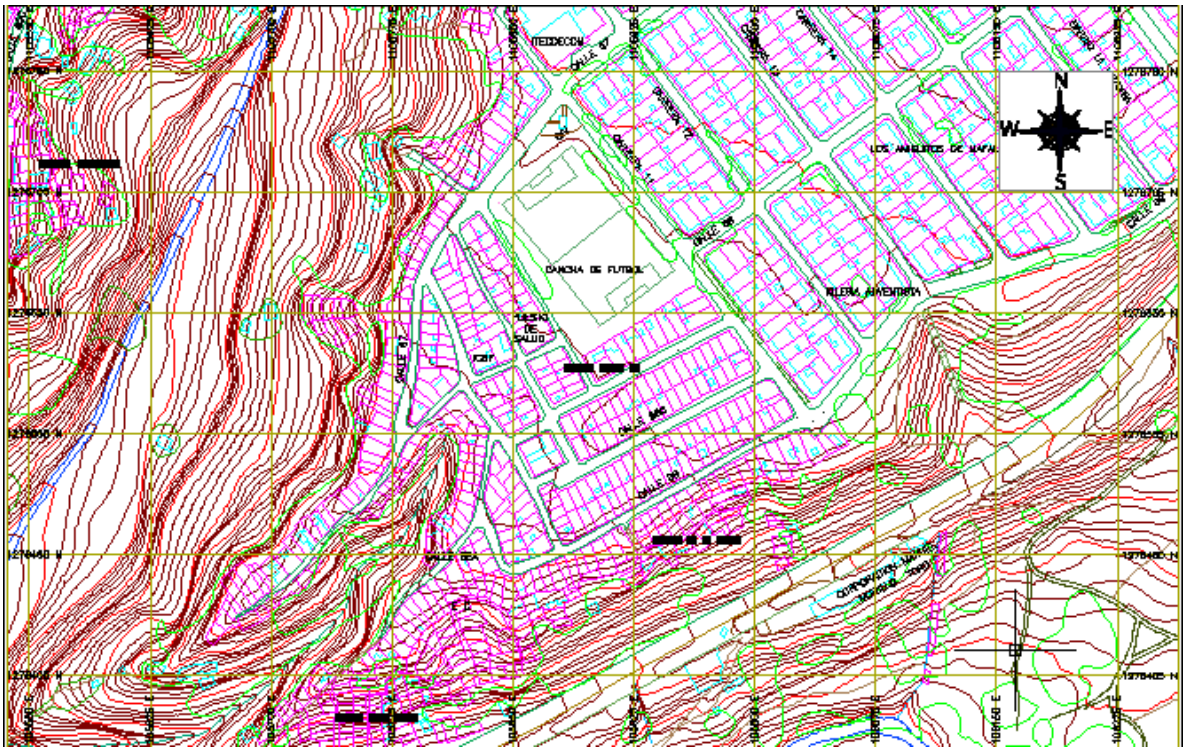


Figura 67. Topografía del lugar de estudio.

Se puede inferir de la imagen y de la topografía levantada que la formación de diferentes cursos de agua en eventos de lluvia, que descargan igualmente sobre el talud llegando a una quebrada en la parte inferior de la ladera en estudio. Para ésta interpretación las escaleras y la misma ladera escurren sus aguas entre las obras de mitigación, casas y senderos existentes sin que sea de forma clara identificables surcos o cárcavas producto de escurrimiento continuo concentrado.

Sobre el drenaje artificial de las viviendas se observan por la ladera múltiples colectores por los ejes de senderos peatonales y paralelos a escaleras.

El flujo subsuperficial de la ladera no se conoce pero es posible por la pendiente del terreno, que se relacionen los niveles de la zona con los presentes en la zona norte teniendo en cuenta que hacia el occidente la quebrada existente es el punto de recepción de la escorrentía directa generada. Se anota que la ladera hacia la parte norte está intervenida con construcciones de uso habitacional de origen no formal y

dado el nivel de consolidación de dicho asentamiento, se observan tuberías de abastecimiento de agua y pozos de alcantarillado sanitario.

7.9. CALCULO DE LA ESCORRENTIA

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

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

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

Para estimar los caudales de escorrentía a manejar en las obras, se emplea dentro del análisis hidrológico el Método Racional[9] dado que se aplica en cuencas homogéneas pequeñas, naturales o urbanas, y preferiblemente en extensiones menores a las 10 hectáreas como en éste caso.

Se representa con la siguiente expresión dimensional:

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

Donde

[9] Chow, Ven Te, Open-Channel Hydraulics, 1960.

Q es el caudal pico de la escorrentía que se genera a la salida de una cuenca o área vertiente en m^3/s

A es el área que concentra la escorrentía en km^2

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

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

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

La intensidad del aguacero por su parte, es fundamental en los volúmenes resultantes y por ello se realizó el análisis de las lluvias de corta duración y se identificó la estación más próxima a éste lugar.

La aplicación del Método Racional induce a sobreestimar los caudales de creciente[10] y por esta razón Silva (1995) no recomienda su uso en cuencas mayores de 1 km^2.

De las imágenes presentadas en el aparte de cartografía dentro de éste informe, se estima teniendo en cuenta la cobertura actual del terreno, que el coeficiente de escorrentía (conforme la tabla que se presenta a continuación), puede estar entre valores de 0.5 y 0.7, como ya se mencionó, dada la ocupación del terreno con viviendas sobre la ladera y sin pavimento en calles y senderos. Este factor es muy importante en la medida en que refleja con qué porcentaje la lluvia se traduce en caudal y alimenta el drenaje superficial. El criterio en éste estudio será conservador dada la presión que existe sobre el suelo para ocupación ilegal.

[10] Silva G., Hidrología aplicada. Universidad Nacional de Colombia. 1995

Tabla 18. Coeficientes de escorrentía.

Type of Drainage Area	Runoff Coefficient, C*
Business:	
Downtown areas	0,70-0,95
Neighborhood areas	0,50-0,70
Residential:	
Single-family areas	0,30-0,50
Multi-units, detached	0,40-0,60
Multi-units, attached	0,60-0,75
Suburban	0,25-0,40
Apartment Dwelling areas	0,50-0,70
Industrial:	
Light areas	0,50-0,80
Heavy areas	0,60-0,90
Parks, Cementeries	0,10-0,25
Play grounds	0,20-0,40
Railroad yard areas	0,20-0,40
Unimproved Areas	0,10-0,30
Lawns:	
Sandy soil, flat, 2%	0,05-0,10
Sandy soil, average, 2% - 7%	0,10-0,15
Sandy soil, sleep, 7%	0,15-0,20
Heavy soil, Fiat, 2%	0,13-0,17
Heavy soil, average, 2% - 7%	0,18-0,22
Heavy soil, sleep, 7%	0,25-0,35
Streets:	
Asphaltic	0,70-0,95
Concrete	0,80-0,95
Brick	0,70-0,85
Drives and Walks	0,75-0,85
Roofs	0,75-0,95

*Higher values are usually appropriate for steeply aloped areas and longer return periods because infoltration and other losses have a proportionally smalter effect on runoff in these cases

Así mismo, dada la pequeña extensión de las áreas vertientes en análisis asemejadas a cuencas de drenaje y su pendiente longitudinal, se concluye que los tiempos de concentración son reducidos.

No obstante lo anterior y a fin de demostrar ésta condición del terreno, se calculan los tiempos de concentración de trayectorias de escorrentía directa sobre el terreno representativas, como lo es la localizada en la parte sur central del área de estudio detallado.

- **ECUACIÓN DE KIRPICH (1940)**

$$t_c = 60\left(\frac{0.06628\,L^{0.77}}{S^{0.385}}\right)$$

Donde:

tc = tiempo de concentración(min.)

L = longitud del rio desde aguas arriba hasta la salida (km.)

S = pendiente promedio de la cuenca (m/m.)

- **FÓRMULA DE FEDERAL AVIATION AGENCY (1970)**

$$t_c = 3.26036\,\frac{(1.1-C)L^{0.50}}{S^{0.333}}$$

Donde:

tc = tiempo de concentración, min.

C= coeficiente de escorrentía de método racional ver Tabla 19

L= longitud del flujo superficial, m

S = pendiente de la superficie, %.

Tabla 19. Calculo del tiempo de concentración Tc

DATOS DE LA MICROCUENCA	UNIDAD	RESULTADOS
AREA	Km²	0,39762432
COTA SUP.	msnm	946
COTA INF.	msnm	825
LOG. CAUCE	km	1,65208
COEF. DE ESCORRENTIA	TR=100	0,53
COEF. DE ESCORRENTIA	TR=500	0,6
TC KIRPICH	min	15,89
TIEMPO DE CONCENTRACION	min	16,03
PENDIENTE	m/km	73,24
AREA	Ha	39,762432

Como se observa, el tiempo de concentración es inferior a los 20 minutos, luego las intensidades máximas de precipitación conforme las curvas IDF serán:

Tabla 20. Intensidades máximas para la Estación La Floresta.

Período de Retorno	**Intensidades máximas Estación La Floresta en mm/h**	
	Duración 10 min	**Duración 20 min**
Tr=50 años	158.3	128.7
Tr=100 años	172.4	140.2

Con los anteriores valores y aplicando el Método Racional se obtienen los caudales máximos para los diferentes periodos de recurrencia de los aguaceros que producen a su vez los picos de escorrentía.

Es por ello necesario establecer las áreas de drenaje de la ladera de incidencia directa para las estructuras conforme la propuesta de estabilización particular a fin de controlar la degradación de la ladera.

7.10. DIMENSIONAMIENTO CANALETAS DE CORONACION

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

C= 0,7 **I= 158.3 mm/h** **A= 1516 m2**

$$Q = \frac{C * I * A}{3.6} = 46.66 litros / seg$$

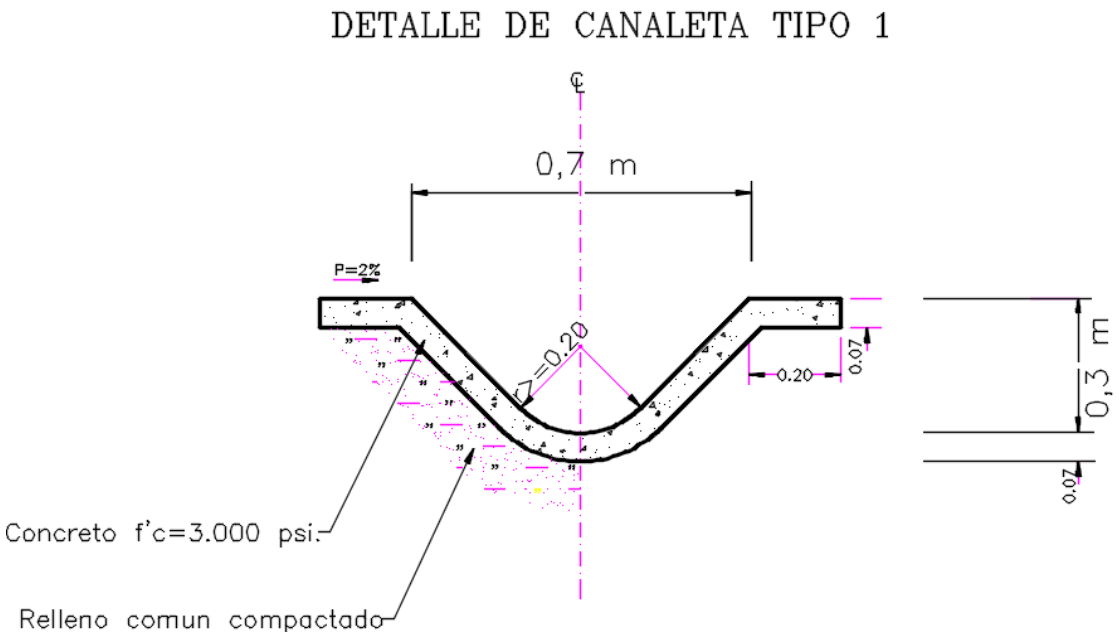


Figura 68. Sección, canaleta proyectada.

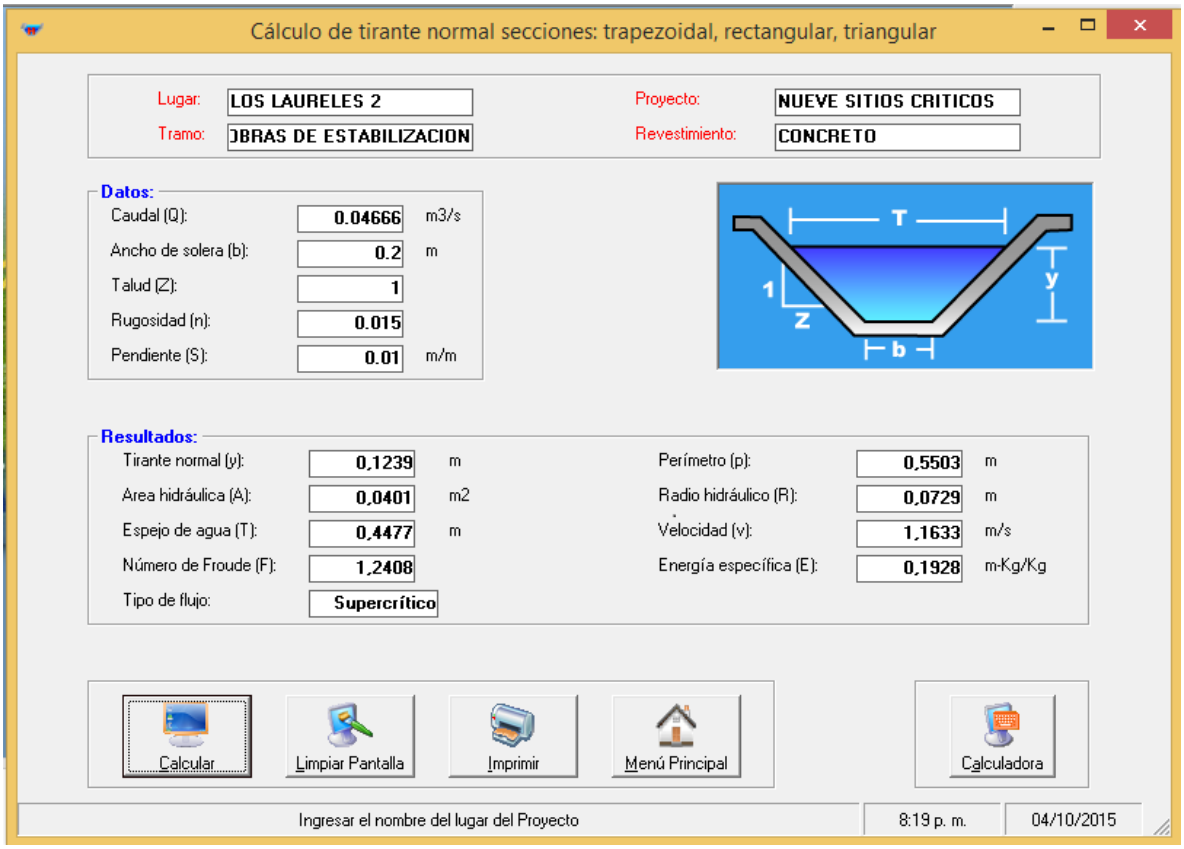


Figura 69. Capacidad hidráulica, canaleta proyectada

8. CARACTERIZACION GEOTECNICA.

8.1. Zonificación Geotécnica (Ingeominas 2001).

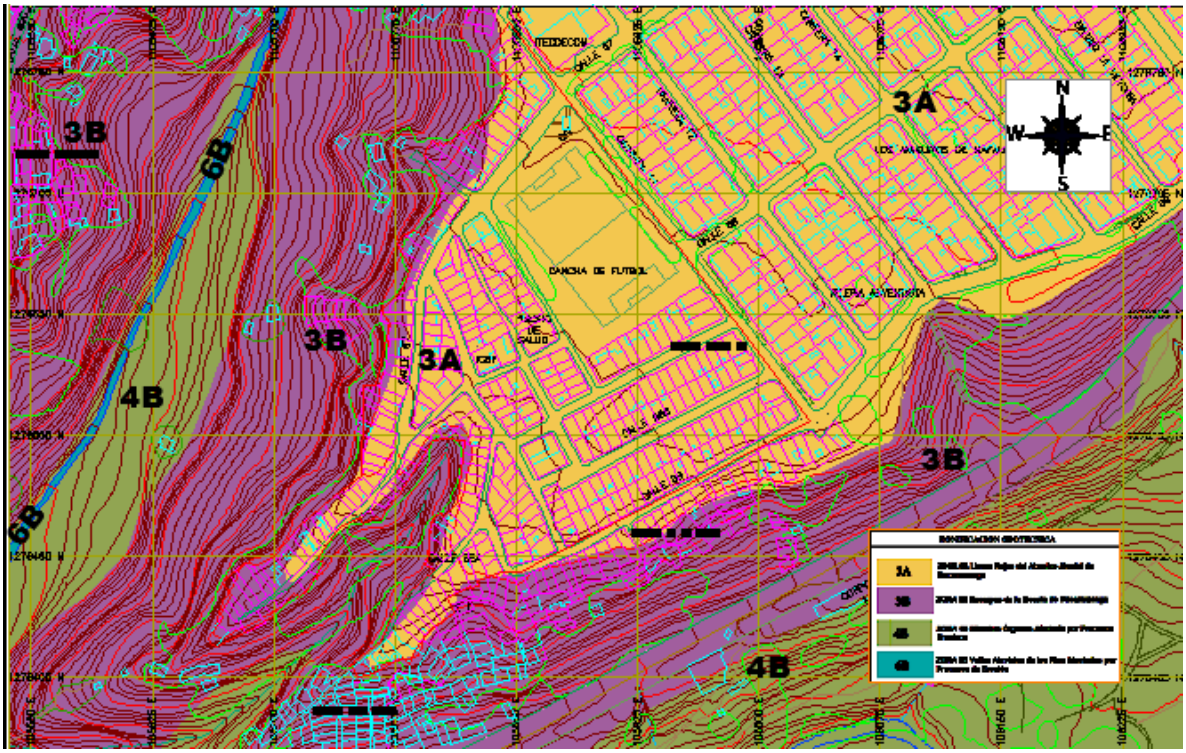


Figura 70. Resultado de la Zonificación Geotécnica de la zona en estudio. Fuente: Autores

ZONA 3A Limos Rojos del Abanico Aluvial de Bucaramanga

Descripción General

Corresponde a la zona más urbanizada de Bucaramanga (sector no erosionado), e incluye los barrios del Tejar, Diamante y Provenza hasta el barrio El.

El drenaje es subparalelo y la zona está asociada a una geoforma de origen aluvial que corresponde a un gran abanico, de baja pendiente sobre el cual se encuentra cimentada la ciudad de Bucaramanga. Este sector se encuentra conformado por el miembro Limos Rojos (Qblr) de la formación Bucaramanga.

Los suelos subsuperficiales corresponden a arenas gravo-arcillosas, cementadas por óxidos de hierro sobre mantos gravosos y algo conglomeráticos; estos suelos presentan generalmente cohesiones y capacidades de soporte altos.

Los suelos subsuperficiales corresponden a arenas gravo-arcillosas, cementadas por óxidos de hierro sobre mantos gravosos y algo conglomeráticos; estos suelos presentan generalmente cohesiones y capacidades de soporte altos.

Características geotécnicas

Los suelos subsuperficiales corresponden a arenas gravo-arcillosas, cementadas por óxidos de hierro sobre mantos gravosos y algo conglomeráticos; estos suelos presentan generalmente cohesiones y capacidades de soporte altos. Como se comentó inicialmente, corresponde a la zona de donde se encuentra el mayor asentamiento humano de la ciudad y por tanto, la zona donde se han realizado la mayoría de los estudios de suelos.

Problemas geotécnicos

- A profundidades generalmente superiores a los 5 metros aparecen niveles freáticos localizados por encima de los mantos arcillosos o de finos del abanico de Bucaramanga. Estos niveles freáticos afloran en el pié de los escarpes verticales, en el perímetro de la meseta, generando focos de erosión acelerada.
- Esta zona no presenta limitaciones geotécnicas importantes, sin embargo, debe tenerse en cuenta que en algunos sectores los niveles freáticos se encuentran poco profundos y algunas áreas han sido rellenadas con suelos sueltos y basuras.

Observaciones Especiales

- Teniendo en cuenta que esta área está siendo utilizada para la construcción de edificios en altura con sótanos profundos, se recomienda establecer normas y procedimientos constructivos para el manejo de estas excavaciones.
- Se recomienda identificar áreas de relleno con suelos sueltos o basuras y regular su utilización para obras de ingeniería.

ZONA 3B Escarpes de la Meseta de Bucaramanga

Descripción General

La zona se encuentra localizada en la corona de los escarpes del Abanico de Bucaramanga, siguiendo una línea continua a lo largo del perímetro de la zona 3A e incluye las áreas junto al escarpe occidental de Bucaramanga y los sectores de los barrios localizados sobre éste. El ancho de esta franja es de mínimo 100 metros medidos desde la cabeza de los taludes perimetrales del Abanico.

La morfología de la zona corresponde en la parte más superior a una zona plana, inclinada de baja pendiente, que hacia el sector más inferior pasa a escarpes semiverticales o taludes de alta pendiente. Geológicamente la zona 3B está conformada por una parte de los miembros Limos Rojos (Qblr) y Gravoso (Qbg) pertenecientes a la formación Bucaramanga.

Características geotécnicas

Los suelos subsuperficiales corresponden a arenas gravo-arcillosas, cementadas por óxidos de hierro sobre mantos gravosos y algo conglomeráticos. En razón a la morfología de los escarpes, estos suelos presentan una alta susceptibilidad al agrietamiento cosísmico. En el pié de los taludes verticales se presentan afloramientos de agua de los niveles freáticos del abanico sobre los mantos arcillosos o de finos.

Problemas geotécnicos

En la zona escarpada se presentan problemas geotécnicos de gran magnitud, entre los cuales se incluyen las siguientes:

- Agrietamiento cosísmico de la superficie del suelo.
- Deslizamientos de tierra.
- Avance de las cárcavas de erosión.

Observaciones Especiales

- Las características geológicas, geotécnicas y morfológicas de estas áreas no permiten garantizar la estabilidad de proyectos de desarrollo urbano. Por lo tanto,

cualquier edificación u obra de infraestructura que se localice en esta área, estará en grave peligro de ser afectada severamente por procesos de inestabilidad del terreno.

- Se recomienda continuar con el programa iniciado por la CDMB de conformación de una zona de amortiguación a los procesos de erosión en todo el perímetro del escarpe vertical de la meseta de Bucaramanga.
- Se recomienda realizar estudios tendientes a determinar las zonas amenazadas por deslizamientos y diseñar y construir las obras de estabilización y control. El programa del plan maestro de control de erosión, debe continuarse hasta lograr la estabilización de los taludes que representen peligro para los asentamientos humanos localizados en las áreas cercanas a los escarpes.

ZONA 4B Miembro Órganos Afectada por Procesos Erosivos

Descripción General

Esta zona conforma la escarpa occidental y sur del Abanico-Terraza de Bucaramanga, así como parte de las zonas norte y occidental de la mesa de Ruitoque, parte superior de los valles aluviales del río de Oro, río Frío y quebrada de la Iglesia.

El drenaje es dendrítico y subparalelo, con cañadas en V, con una densidad de drenaje muy alta y altas pendientes en los cauces laterales; generalmente cada quebrada presenta un cauce principal de pendientes variables de 3% a 10% y cañadas laterales con pendientes superiores al 10%. Las geoformas asociadas a esta zona corresponden a cárcavas y depresiones limitadas por colinas alargadas, algunos sectores están sometidos a erosión intensa (Bad Lands). Litológicamente está constituida por los denominados miembros Organos (Qbo) y Finos (Qbf) de la formación Bucaramanga.

Características geotécnicas

- Los suelos subsuperficiales corresponden a gravas areno arcillosas, con gran cantidad de cantos redondeados, correspondientes a la formación Organos.

- No aparecen niveles freáticos subsuperficiales, pero en la mayoría de los casos se presentan niveles freáticos profundos o acuíferos colgados sobre el basamento de la formación Organos.

Problemas geotécnicos

- La zona 4B se encuentra amenazada por procesos muy intensos de erosión activa, los cuales no es posible estabilizar con obras normales de ingeniería.
- Observaciones Especiales
- Las características geológicas, geotécnicas y morfológicas de estas áreas no permiten garantizar la estabilidad de proyectos de desarrollo urbano. Por lo tanto, cualquier edificación u obra de infraestructura que se localice en esta área, contribuiría a magnificar el proceso erosivo.
- Se recomienda diseñar e implementar un programa para el establecimiento de cobertura vegetal protectora en toda el área afectada por procesos de erosión.

ZONA 6B Valles Aluviales de los Ríos Afectados por Procesos de Erosión

Descripción General

En esta zona se incluyen las áreas de depósitos aluviales de los ríos de Oro, río Frío y quebrada de La Iglesia entre otros, afectados directamente por procesos de erosión relacionados con la dinámica de las corrientes de agua. Las áreas correspondientes a la zona 6B se encuentran localizadas en las riberas de los ríos y quebradas en toda el Área Metropolitana, entre estas áreas están: Riberas del río de Oro desde Bahondo hasta el Café Madrid y riberas del río Frío desde la planta de tratamiento de aguas residuales hasta su desembocadura.

El río de Oro y el río Frío presentan una historia reciente de divagación, en un ancho de más de 200 metros, de acuerdo al análisis de fotografías aéreas desde 1.957 a 1.993. Estos ríos se encuentran en un proceso dinámico acelerado por el desarrollo urbano del Area Metropolitana de Bucaramanga. Existen una gran cantidad de asentamientos humanos en riesgo junto a estos ríos.

Las áreas que comprende esta zona presentan una morfología de valles aluviales, semiplanos, con escarpes verticales junto a las riberas de los ríos y litológicamente se encuentran en los Depósitos Aluviales principales (Qal).

Características geotécnicas

Los suelos subsuperficiales corresponden a arenas limpias, gravas y arenas limosas, en mantos subhorizontales. A profundidades según el sitio aparecen suelos duros o rocas.

Los niveles freáticos son poco profundos y están generalmente controlados por los niveles de agua en las cañadas, quebradas y ríos aledaños.

Problemas geotécnicos

La zona 6B presenta los siguientes problemas geotécnicos:

- Erosión por divagación lateral de los ríos. (Los ríos de Oro y Frío no se encuentran canalizados y han divagado considerablemente en los últimos 50 años).
- Inundación en épocas de lluvias.
- Baja capacidad de soporte de los depósitos aluviales recientes.

Observaciones Especiales

- Las características de la dinámica de los ríos de Oro y Frío no permiten garantizar la estabilidad de proyectos de desarrollo urbano. Por lo tanto, cualquier obra civil ubicada en esta área, podría ser afectada severamente por inundaciones o avenidas torrenciales.
- Se recomienda realizar un estudio detallado de la dinámica de los ríos de Oro y Frío y de la amenaza por inundación, con el objeto de diseñar e implementar proyectos de prevención y mitigación del riesgo para los asentamientos humanos que allí existen.
- El ancho de la zona de amortiguación de los procesos de dinámica fluvial en los ríos de Oro y Frío debe ser definida con los resultados del estudio ya mencionado. Entre tanto se recomienda que este ancho no sea inferior a 100

metros a cada lado de la ribera actual, previo estudio detallado del sitio de interés.

8.2. Propiedades Geotecnicas:

Estas propiedades son tomadas de acuerdo al estudio "ZONIFICACIÓN DE AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA DE ALGUNAS LADERAS DE LOS MUNICIPIOS DE BUCARAMANGA, FLORIDABLANCA, GIRÓN Y PIEDECUESTA" en las cuales se tomaron para el análisis 32 perforaciones y 94 m en apiques de donde se efectuaron ensayos de propiedades básicas, como humedad natural (390 pruebas), peso unitario total (238 ensayos) y peso específico de sólidos (146 pruebas) destacándose que para la gran mayoría de los casos la magnitud de la humedad natural es inferior al límite plástico, lo cual es un indicativo de sobre consolidación de estos materiales. Para la determinación de la resistencia al corte no drenada (cu) de arcillas limosas o arenosas, limos arcillosos o arcillo arenosos y arenas arcillosas o arcillo limosas, se realizaron 74 ensayos de compresión inconfinada (pruebas UU). La evaluación de parámetros de resistencia al corte pico y residual de suelos de los tipos ya mencionados, en términos de esfuerzos efectivos (c′, φ′, c′p, φ'r), se realizó mediante la ejecución de 75 ensayos de corte directo (pruebas CU), efectuados a presiones normales de consolidación variables entre 0.5 Kg/cm^2 y 2.0 Kg/cm^2.

8.2.1. Perfil geotécnico típico

Se revisó la información existente correspondiente a perforaciones cercanas, encontrando que por parte del INGEOMINAS se realizó la perforación P21 en el sector del barrio La Victoria, cuyo registro de perforación se presenta en la Figura 71.

Adicionalmente se revisó cuáles fueron los ensayos realizados para la perforación P21, los cuales se presentan en la Figura 72.

Zonificación por Amenaza de Movimientos en Masa en Bucaramanga, Girón, Floridablanca y Piedecuesta			
	LOCALIZACION: B. La victoria	**TIPO DE EXPLORACIÓN:** Rotación	**FECHA:** 10/18/06
	PERFORADOR: Rodrigo Garcia	**NIVEL FREATICO (m):** 8	**ID PERFORACION:** P21
Registros de Perforación	**EQUIPO:** Acker	**ELEVACIÓN (m)**	**C. NORTE (m)** 1276765 **C. ESTE (m)** 1106303

Prof. (m)	DESCRIPCION
0.0	Los primeros 9cm son de un núcleo de arenisca cuarzosa, de grano medio, color gris claro, con tintes rojizos oscuros, minerales ferromagnesianos y mosco 1%, con oxidación evidente, dura en la base; también fragmentos de arenisca, con tamaños entre 5 y 6cm, sub redondeados, de grano medio, color ocre, cc tintes rojizos por oxidación
1.0	De techo a base inicia con un fragmento de 6cm, sub redondeado, de arenisca cuarzosa, de grano medio, color gris claro a ocre por oxidación, con mineral ferromagnesianos 1%, moscovita 1%, dura pero deleznable; continua un núcleo de 11cm, de arenisca cuarzosa de grano medio, color gris verdoso con mar ocres por oxidación, minerales ferromagnesianos 12%, duro pero deleznable, con una fractura longitudinal en la base, cerrada, sin relleno; el intervalo finaliz con un núcleo de 8cm de arenisca cuarzosa, de grano medio, color gris claro, con manchas ocres y rojizas por oxidación, las manchas rojizas tienen concentración de moscovita, minerales ferromagnesianos 1%, dura.
2.0	Fragmentos de 2 a 6cm, angulares a sub angulares, principalmente arenisca cuarzosa, de grano fino a grueso, colores grises claros rojizos, con tintes de oxidación y moscovita; el contenido de moscovita aumenta al disminuir el tamaño del grano, minerales ferromagnesianos ocasionalmente; en general los fragmentos son duros pero algunos son deleznables.
3.0	Fragmentos de 2 a 7cm, sub angulares, de arenisca cuarzosa, de grano fino a grueso, color gris a gris azuloso, con tintes ocres por oxidación, minerales ferromagnesianos 1%, moscovita 1%, dura, pero muy fracturada, con fracturas transversales de 1mm, sin relleno.
4.0	Núcleo de 16cm, de arenisca cuarzosa, con intercalaciones de fragmentos de 2cm, de grano fino a grueso, color gris claro, con tintes ocres por oxidación; a base presenta aumento de minerales ferromagnesianos (hasta 2%), moscovita 1%, dura pero deleznable; la muestra finaliza con fragmentos de 1 a 4cm, sub-redondeados a redondeados, de cuarcita gris verdosa y arenisca cuarzosa, de grano medio, color gris claro, con manchas rojizas y ocres por oxidación minerales ferromagnesianos 1%, moscovita 1%, duros, algunos son deleznables.
5.0	De techo a base, se inicia con 10cm de fragmentos de 2 a 5cm, subredondeados, de cuarcita gris oscura a marrón y ocre por oxidación, y arenisca cuarzosa grano medio a grueso, color gris a ocre por oxidación, minerales ferromagnesianos 1%, moscovita 1%, duros; continúan núcleos de 8 y 6cm, de arenisca cuarzosa, de grano medio, color gris claro a gris verdoso, con manchas ocres por oxidación, minerales ferromagnesianos 1%, moscovita 1%, duros, con fracturas longitudinales cerradas; la muestra finaliza con fragmentos de 3 a 4cm, subredondeados, de arenisca cuarzosa, de grano medio, color gris a ocre, un ligero bandeamiento por oxidación, con minerales ferromagnesianos 1%, moscovita 1%, duros.
6.0	Arena media a gruesa, color gris a ocre, silicea, minerales ferromagnesianos 3%, moscovita 1%, líticos 1%, la arena en general es suelta.
7.0	De techo a base inicia con dos fragmentos de 7 y 6cm, subredondeados; el primero es de roca cuarzo feldespática, de color gris verdoso, con minerales ferromagnesianos 1%, el otro fragmento es de arena cuarzosa, de grano grueso a muy grueso, color gris claro, con manchas ocres y rojizas por oxidación, el nivel finaliza con fragmentos de 0.5 a 7cm, subangulares, de cuarzo, fragmentos de roca y arenisca cuarzosa, de grano medio, color gris claro, con manc ocres y rojizas por oxidación, minerales ferromagnesianos 1%, duros, en una matriz limo arenosa, de color gris ocre a naranja, fracción arena media, ligeramente gruesa, y grava, silicea, líticos 2%, moscovita 1%, minerales ferromagnesianos esporádicos, matriz blanda; relación lodo arena 2:1, muestra ma soportada, matriz en un 80%.
8.0	Arena gruesa, de color gris, silicea, minerales ferromagnesiano 3%, Moscovita 1% líticos 1%, suelta.
9.0	Material matriz soportado, con fragmentos de 0.5 a 5cm, sub redondeados, de cuarzo, color gris claro, con manchas ocres por oxidación, arenisca cuarzosa grano fino a medio, color gris a ocre y manchas rojizas por oxidación, moscovita 1%, duros; tambien presenta fragmentos de limolitas de color gris claro, blandas, en una matriz limoarenosa de color ocre con manchas rojizas; se presenta una fracción de arena de grano fino a medio, ligeramente gruesa, silicea minerales ferromagnesianos 1%, líticos 2%, moscovita 1%, la matriz es blanda, relación lodo – arena de 2:1, matriz en un 60%.
10.0	Material matriz soportado, con fragmentos de 0.5 a 6cm, subredondeados a redondeados, de arenisca, grano fino a medio, color gris a ocre por oxidación, minerales ferromagnesianos 1%, moscovita 1%, y fragmentos de roca duros, en una matriz limoarenosa, de color ocre y manchas rojizas; aparece una fracc de arena fina a gruesa, silicea,minerales ferromagnesianos 1%, moscovita 1%, líticos 2%, matriz blanda en un 70%.
11.0	Arena media, de color gris a ocre, silicea, minerales ferromagnesianos 5%, moscovita 1%, líticos 1%, suelta.
12.0	Fragmentos de 3 a 5cm, subangulares a subredondeados, de cuarcita, gris clara con manchas rojizas y negra, arenisca cuarzosa de grano fino, color gris cl manchas rojizas y café por oxidación, minerales ferromagnesianos 1%, moscovita 1%, duros.
13.0	
14.0	
15.0	
16.0	
17.0	

Figura 71 Registro perforación P21

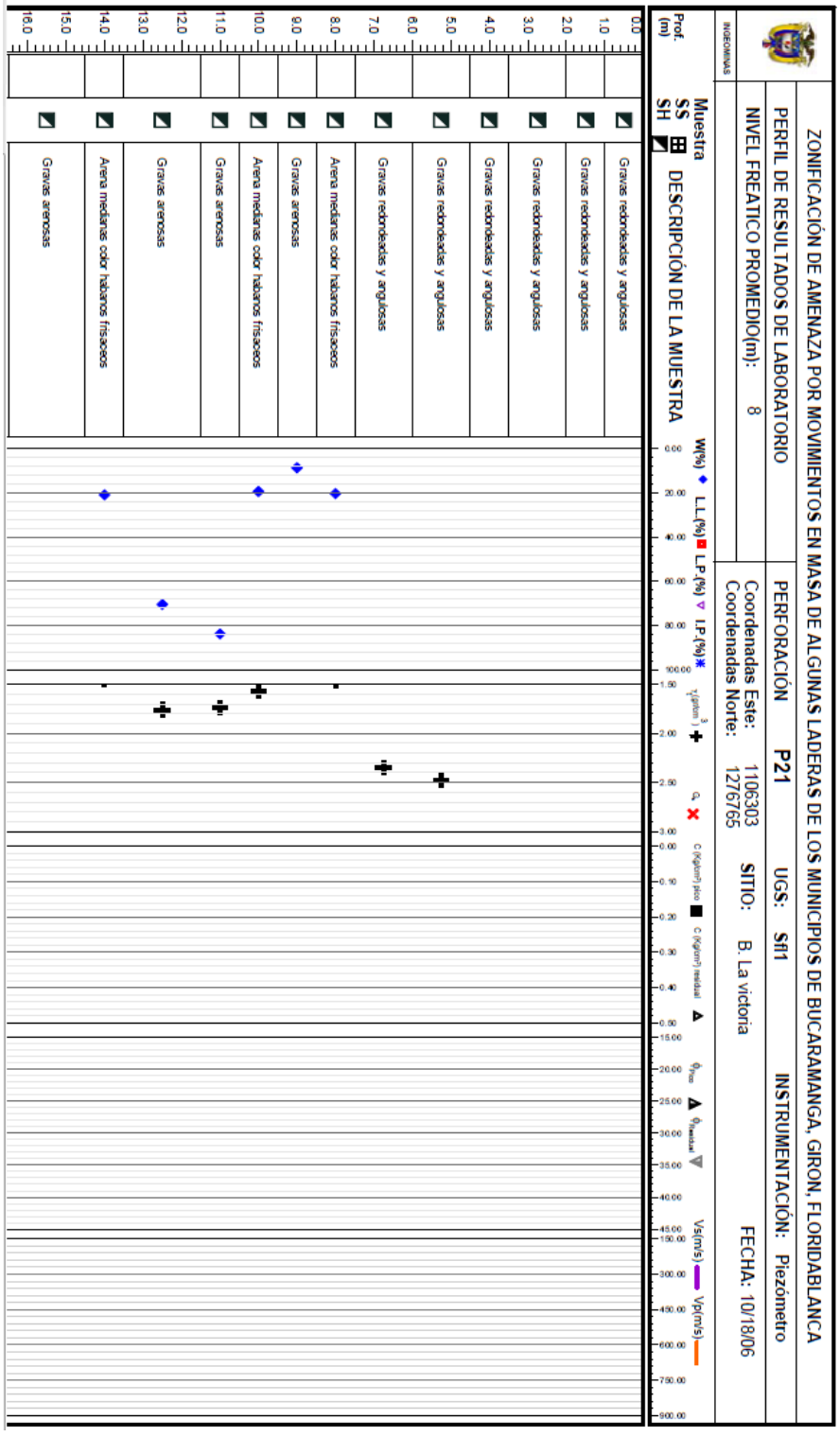


Figura 72 Perfil ensayos de laboratorio

Tabla 21: Tipo y Cantidades de ensayos de Laboratorio efectuados a muestras tomadas de perforaciones y apiques en el área metropolitano de Bucaramanga.

EXPL.	H. Nat	Limites	P. Unit.	Gs	Granul.	Cl sue	Cl roca	C. Punt	C.Direc	Triax E	Triax D	Consol
P1	18	7	14	7	8	14		6	2			
P2	10	3	4	3	3	1	2	7	2		2	
P3	9	5	6	6	1	3	1	4	4			1
P4	12	3	5	5	3	3	1	6	1		2	
P5	8	4	6	4	2	2	3	6	2			
P6	6	1	1	1	4	1		8				
P7	2	2		2	1			5			2	
P8	15	6	4	7	4	3	1	2	1	2		
P9	11		8	3	4	4	1	2	1		2	1
P10	12	5	6	6	4	1	1	2	1			
P11	13	12	11	12	3	7	2	3	2		2	
P12	11	6	11	7	5	3	2	3	1			
P13	11	7	9	8	5		2	12	1			
P14	9	7	8	5	2	2	2	3	2			1
P15	2	1	3	1			1		1		2	
P16	8	5	5	4	4			1	1			
P17	17	4	13	5	1	1		1	1		2	
P18	8	2	8	2	2							
P19	7	4	10	2	3	2	3	5	2		2	2
P20	8	3	6	3	3			3	1			
P21	6		7	1			2	1				
P22	11	3	9	3	1	4	2	1	1			1
P23	9	4	10	3	2	1	5	4	1			1
P24	12	8	9	6	1	3			1			1
P25	12	5	10	5	3	3			1			
P26	5	3	7	3	1	1	3	3	1			
P27			2				2	3				
P28	5	2	6	2	1	1	2	3	1			
P29	10	5	6	4	3	3		1	1			
P30	10	3	11	2	1	6	1	1	1			
P31	11		8	3								
P32	8	4	11	4		5	1	2	2			1
Apiques	94	60	4	17	81	0	0	0	39			

Fuente: Zonificación De Amenaza Por Movimientos En Masa De Algunas Laderas De Los Municipios De Bucaramanga, Floridablanca, Girón Y Piedecuesta de 2010.

Tabla 22: Resultados de algunos ensayos de clasificación y propiedades básicas.

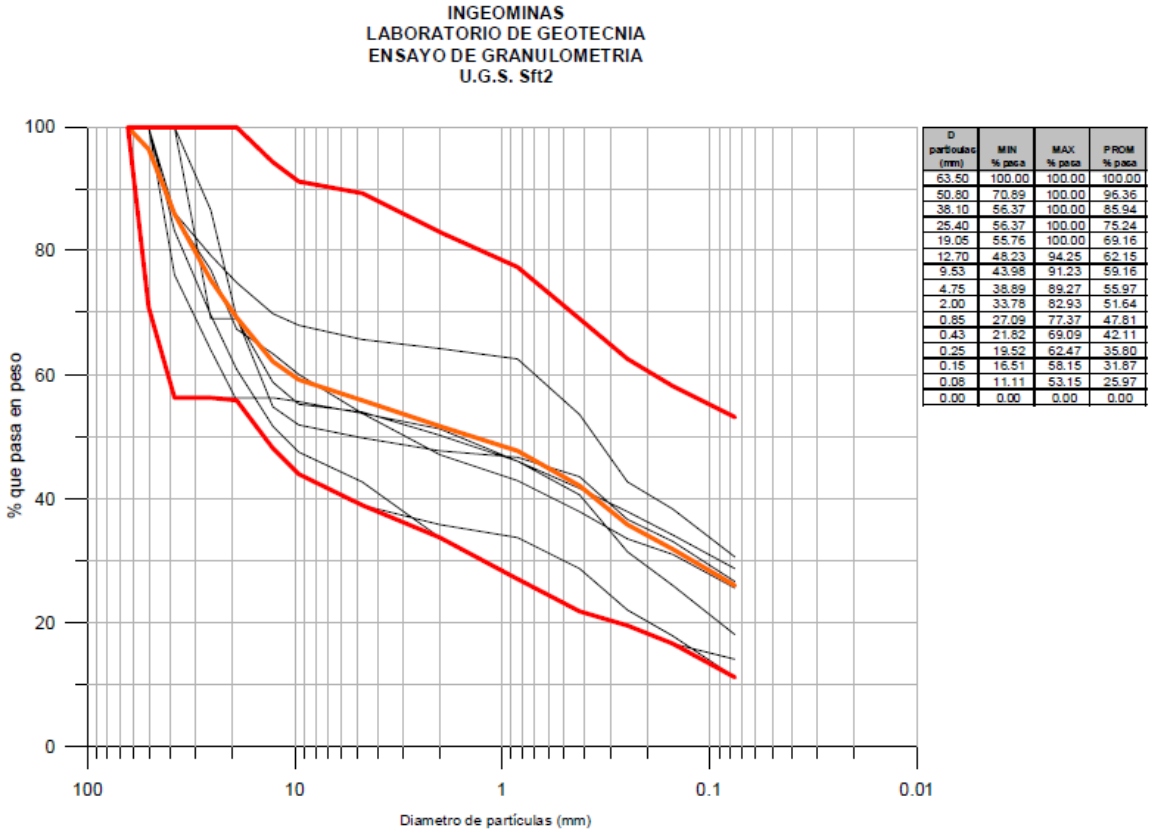
ID	Muestra	Prof media (m)	Humedad (%)	Limite Liquido(%)	Limite Plast.(%)	Indice de Plast.(%)	Peso Unitario gm/cm3	Gs	% de Gravas	% de Arenas	% de Finos
P11	1	1,0									
P11	2	3,0					2,17		28,30	33,95	37,50
P11	3	4,5	14,63	33,8	22,9	10,9	2,17	2,72			
P11	4	5,5									
P11	5	7,2									
P11	6	8,2	15,26	39,1	17,9	21,2	2,15	2,7			
P11	7	9,0	21,17								
P11	8	10,2		33,7	22,6	11,1	2,02	2,5	23,21	61,94	14,85
P11	9	11,4	12,32	28,8	14,2	14,6		2,48			
P11	10	12,5	17,2	35,4	21,6	13,8	2,27	2,6			
P11	11	13,5	26,5	40,9	13,5	27,4	2,26	2,71			
P11	12	14,7	12,16	27,5	13,6	13,9	2,27	2,67			
P11	13	16,4	10,54	29,2	15,4	13,8	2,26	2,7			
P11	14	18,0	9,11				2,19		34,87	63,66	1,47
P11	15	18,9	10,38	25,9	12,7	13,2		2,66			
P11	16	19,4									
P11	17	20,0									
P11	18	21,0									
P11	19	21,8	12,47	37,3	16,8	20,5	2,13	2,7			
P11	20	22,8	17,89	40,3	18,1	22,2	2,08	2,68			

Fuente: Zonificación De Amenaza Por Movimientos En Masa De Algunas Laderas De Los Municipios De Bucaramanga, Floridablanca, Girón Y Piedecuesta de 2010.

Tabla 23: Resultados de algunos de los ensayos de carga puntual.

Muestra	Profundidad (m)	Prueba	Espesor D (mm)	Largo L (cm)	Ancho A (cm)	Lectura (KN)	Resistencia (Kg/cm^2)
P2-M1	1.70 – 2.00	1	80,00	14,50	7,20	7,0	11,2
		2	67,00	14,60	7,50	7,5	17,0
		3	57,00	12,50	8,80	6,0	18,8
		PROMEDIO					**15,7**
P2-M2	3.60 – 3.90	1	58,00	13,30	12,50	5,0	15,2
		2	80,00	12,50	10,20	9,0	14,3
		3	76,00	11,70	7,70	7,0	12,4
		PROMEDIO					**14,0**
P2-M4	3.50 – 4.50	1	40,00	11,00	10,80	2,6	16,6
		2	34,00	11,00	6,00	0,7	6,2
		3	43,00	11,40	6,60	2,4	13,2
		PROMEDIO					**12,0**
P2-M6	8.00 – 8.50	1	45,00	12,50	6,00	0,1	0,5
		2	40,00	12,20	6,60	0,2	1,3
		3	55,00	9,40	6,90	0,2	0,7
		PROMEDIO					**0,8**
P2-M7	10.50 – 11.00	1	75,00	12,50	6,00	0,1	0,2
		2	45,00	12,20	6,60	0,1	0,5
		3	53,00	9,40	6,90	0,1	0,4
		PROMEDIO					**0,3**
P2-M8	12.00 – 13.50	1	68,00	12,50	6,00	1,7	3,8
		2	37,00	12,20	6,60	0,6	4,5
		3	32,00	9,40	6,90	0,4	4,0
		PROMEDIO					**4,1**
P2-M10	14.00 – 15.40	1	68,00	13,30	12,50	0,1	0,2
		2	69,00	12,50	10,20	0,1	0,2
		3	55,00	11,70	7,70	0,1	0,3
		PROMEDIO					**0,3**

Fuente: Zonificación De Amenaza Por Movimientos En Masa De Algunas Laderas De Los Municipios De Bucaramanga, Floridablanca, Girón Y Piedecuesta de 2010.



D partículas (mm)	MIN % pasa	MAX % pasa	PROM % pasa
63.50	100.00	100.00	100.00
50.80	70.89	100.00	96.36
38.10	56.37	100.00	85.94
25.40	56.37	100.00	75.24
19.05	55.76	100.00	69.16
12.70	48.23	94.25	62.15
9.53	43.98	91.23	59.16
4.75	38.89	89.27	55.97
2.00	33.78	82.93	51.64
0.85	27.09	77.37	47.81
0.43	21.82	69.09	42.11
0.25	19.52	62.47	35.80
0.15	16.51	58.15	31.87
0.08	11.11	53.15	25.97
0.00	0.00	0.00	0.00

Figura 73. Algunas Curvas granulométricas del estudio para el miembro Limos Rojos (Qblr) de la formación Bucaramanga (Qb) (Fuente: Zonificación De Amenaza Por Movimientos En Masa De Algunas Laderas De Los Municipios De Bucaramanga, Floridablanca, Girón Y Piedecuesta de 2010.).

Tabla 24: Resultados de algunos de los ensayos de compresión uniaxial.

Muestra	Prof. (m)	Altura (cm)	Diám. (cm)	Peso (gr)	Lectura celda	Area (cm^2)	Volumen (cm^3)	P. Unit. (ton/m^3)	Carga (kg)	Esfuerzo (Kg/cm^2)
PT2-M1	1,70-2,00	13,04	6,45	951,70	4313,00	32,67	426,08	2,23	1098,39	33,62
PT2-M2	3,60-4,90	12,41	6,36	968,00	8501,00	31,77	394,25	2,46	2164,95	68,15
PT3-M6	10,00-11,50	13,79	6,33	1081,00	3828,00	31,47	433,97	2,49	974,88	30,98
PT4-M4	4,50-5,50	12,89	6,32	1029,50	3205,00	31,37	404,37	2,55	816,22	26,02
PT5-M5	6,00-7,50	12,37	6,36	925,90	2138,00	31,77	392,98	2,36	544,48	17,14
PT5-M7	10,00-11,00	13,24	6,34	1056,00	5018,00	31,57	417,98	2,53	1277,93	40,48
PT5-M9	12,00-13,00	13,83	6,37	1020,20	4423,00	31,87	440,75	2,31	1126,41	35,34
PT8-M8	7,50-8,00	11,68	6,32	950,50	5368,00	31,37	366,41	2,59	1367,07	43,58
PT9-M19	18,80-19,80	12,54	6,31	1088,00	5105,00	31,27	392,15	2,77	1300,09	41,57
PT10-M6	6,00-7,00	12,14	6,35	900,90	3912,00	31,67	384,47	2,34	996,27	31,46
PT11-M12	17,00-19,50	9,76	6,43	687,50	2569,00	32,47	316,93	2,17	654,25	20,15
PT11-M20	22,00-23,00	10,44	6,36	860,00	3353,00	31,77	331,67	2,59	853,91	26,88
PT12-M5	5,00-7,00	13,07	6,40	1073,50	4666,00	32,17	420,46	2,55	1188,29	36,94
PT12-M5*	5,00-7,00	13,89	6,38	1135,60	5869,00	31,97	444,05	2,56	1494,66	46,75
PT12-M13	19,00-20,00	9,59	6,32	681,50	5085,00	31,37	300,85	2,27	1295,00	41,28

Fuente: Zonificación De Amenaza Por Movimientos En Masa De Algunas Laderas De Los Municipios De Bucaramanga, Floridablanca, Girón Y Piedecuesta de 2010.

Tabla 25: Propiedades para clasificación y propiedades básicas por UGS muestreada en las que se catalogan todas las unidades geológicas que componen el área metropolitana de Bucaramanga.

PROPIEDAD		UNIDAD GEOLOGICA SUPERFICIAL									
		Sco1	Sco2	Sla	Sat2	Sft2	Sft3	Sfl1	Sfl2	Sfe1	Sfe2
LL (%)	Mín	16,82	43,70	40,00	28,80	23,50	19,70	33,70	32,90	24,40	29,70
	Prom	30,88	65,15	45,40	28,80	42,47	35,10	38,89	51,30	32,15	36,80
	Máx	52,71	86,60	50,80	28,80	58,20	54,50	42,40	62,10	39,90	43,90
LP (%)	Mín	13,92	25,60	18,50	19.30	14,40	10,40	17,90	16,70	13,30	16,30
	Prom	19,06	29,15	22,00	19.30	21,29	17,80	18,80	27,22	21,35	17,65
	Máx	31,12	32,70	25,50	19.30	28,60	34,10	20,80	36,50	29,40	19.00
Wn (%)	Mín	0,82	15,00	8,04	10,63	8,62	1,91	8,96	9,56	-	7,48
	Prom	11,29	24,74	16,79	11,75	22,58	16,85	25,87	18,77	-	7,48
	Máx	71,64	29,80	22,41	15,11	83,84	36,63	56,91	23,50	-	7,48
Peso Unitario (Ton/m^3)	Mín	1,62	2.00	1,61	1,76	1,45	1,00	1,55	1,57	-	2,01
	Prom	1,95	2.05	1,74	2,07	2,03	2,10	1,92	1,82	-	2,01
	Máx	2,21	2.12	1,86	2,41	2,55	2,67	2,15	2,07	-	2,01
Gs	Mín	2,67	2,36	2,67	2.68	2,65	2,38	2,28	2,65	2.68	2,65
	Prom	2,69	2,51	2,68	2.68	2,69	2,66	2,60	2,69	2.68	2,67
	Máx	2,70	2,70	2,68	2.68	2,72	2,72	2,71	2,71	2.68	2,69

Fuente: Zonificación De Amenaza Por Movimientos En Masa De Algunas Laderas De Los Municipios De Bucaramanga, Floridablanca, Girón Y Piedecuesta de 2010.

Tabla 26: Parámetros de resistencia por UGS muestreada en las que se catalogan todas las unidades geológicas que componen el área metropolitana de Bucaramanga.

PARAMETRO		UNIDAD GEOLOGICA SUPERFICIAL								
		Sco1	Sco2	Sat2	Sft2	Sft3	Sfl1	Sfl2	Sfe1	Sfe2
q_u (Kg/cm^2)	Mín	1,74	0,35	-	0,42	0,16	4,76	-	-	1,37
	Prom	1,74	0,86	-	1,70	2,93	5,19	-	-	1,37
	Máx	1,74	1,15	-	2,40	20,60	6,00	-	-	1,37
c' $_{pico}$ (Kg/cm^2)	Mín	0,02	0,10	0,12	0,11	0,09	0,04	0,05	0,21	0,09
	Prom	0,63	0,12	0,12	0,25	0,25	0,14	0,27	0,21	0,12
	Máx	5,10	0,14	0,12	0,63	0,40	0,30	0,44	0,21	0,14
ϕ'_{pico} (°)	Mín	17,3	26,1	30.0	19,0	16,7	11,9	23,4	37,6	29,5
	Prom	33,1	30,7	30.0	30,9	31,4	27,8	32,2	37,6	34,6
	Máx	43,5	34,4	30.0	36,5	41,0	43,8	40,1	37,6	39,7
c' $_{residual}$ (Kg/cm^2)	Mín	0,00	0,02	0,08	0,01	0,01	0,00	0,00	0,14	0,06
	Prom	0,07	0,05	0,08	0,07	0,09	0,06	0,05	0,14	0,08
	Máx	0,45	0,07	0,08	0,14	0,25	0,20	0,10	0,14	0,09
$\phi'_{residual}$ (°)	Mín	14,1	20,0	28,1	17,5	9,5	15,4	14,6	30,4	24,5
	Prom	32,1	24,0	28,1	26,0	25,8	26,0	26,6	30,4	27,5
	Máx	43,5	29,8	28,1	31,3	39,3	40,6	36,2	30,4	30,4

Fuente: Zonificación De Amenaza Por Movimientos En Masa De Algunas Laderas De Los Municipios De Bucaramanga, Floridablanca, Girón Y Piedecuesta de 2010.

Tabla 27: Parámetros de compresibilidad por UGS muestreada.

PARAMETRO		UNIDAD GEOLOGICA SUPERFICIAL				
		Sft3	Sfl1	Sfe2	Ri2	Ri6
σp (Kg/cm²)	Mín	1.80	2.70	1.60	0.70	1.70
	Prom	2.68	2.70	1.60	0.70	1.70
	Máx	4.10	2.70	1.60	0.70	1.70
Cc	Mín	0.12	0.25	0.18	0.21	0.14
	Prom	0.34	0.25	0.18	0.21	0.14
	Máx	0.87	0.25	0.18	0.21	0.14
Cs	Mín	0.01	0.01	0.02	0.06	0.02
	Prom	0.03	0.01	0.02	0.06	0.02
	Máx	0.05	0.01	0.02	0.06	0.02

Fuente: Zonificación De Amenaza Por Movimientos En Masa De Algunas Laderas De Los Municipios De Bucaramanga, Floridablanca, Girón Y Piedecuesta de 2010.

Tabla 28: Parámetros de resistencia de roca por UGS muestreada

PROPIEDAD		UNIDAD GEOLOGICA SUPERFICIAL										
		Sco1	Sco2	Sla	Sat2	Sft2	Sft3	Sfl1	Sfl2	Ri2	Ri4	Ri6
Resistencia carga puntual (Kg/cm²)	Mín	30,00	1,70	0,30	-	0,50	-	15,20	1,70	0,30	0,20	0,70
	Prom	30,00	5,20	18,18	-	12,83	-	21,85	1,70	7,48	26,31	9,34
	Máx	30,00	8,70	46,70	-	51,60	-	28,50	1,70	16,00	113.00	21,00
Resistencia compresión uniaxial (Kg/cm²)	Mín	-	-	-	55,45	23,34	16,27	-	-	30,98	-	17,92
	Prom	-	-	-	55,45	32,16	30,67	-	-	44,25	-	19,53
	Máx	-	-	-	55,45	41,28	70,59	-	-	68,15	-	21,67

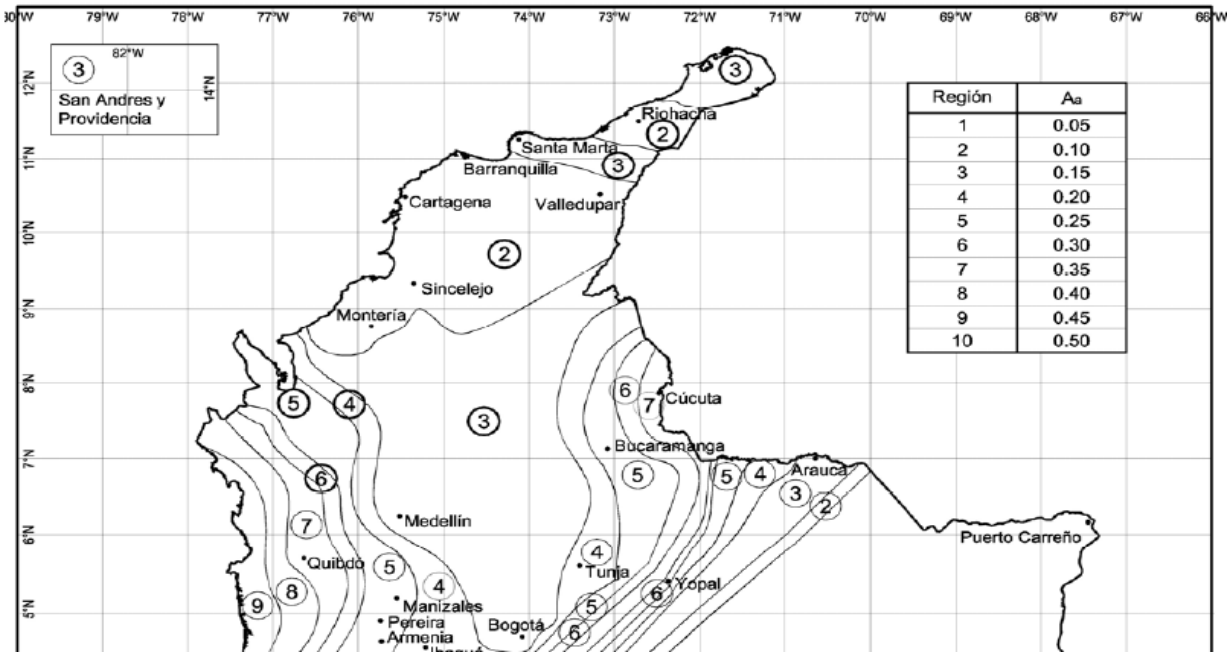
Fuente: Zonificación De Amenaza Por Movimientos En Masa De Algunas Laderas De Los Municipios De Bucaramanga, Floridablanca, Girón Y Piedecuesta de 2010.

9. SISMOLOGÍA

En el desarrollo del presente estudio, se analizaron condiciones especiales del subsuelo, entre los que se encuentran parámetros base para el análisis de estabilidad pseudo-estático que se presentará más adelante.

9.1 Amenaza sísmica según la Norma NSR-10.

Según las normas Colombianas de Diseño y Construcciones Sismo Resistente, NSR-10 el Municipio de Bucaramanga se encuentra en la región 5. (Ver Figura A.2.3-2 — Mapa de valores de Aa, Figura A.2.3-3 - Mapa de valores de Av y Tabla A.2.3-1 Nivel de amenaza sísmica según valores de Aa y de Av). Se define como amenaza sísmica alta. (Ver Figura A.2.3-1 — Zonas de Amenaza Sísmica aplicable a edificaciones para la NSR-10 en función de Aa y Av). Aa = coeficiente que representa la aceleración horizontal pico efectiva, para diseño, dado en A.2.2.
Av = coeficiente que representa la velocidad horizontal pico efectiva, para diseño, dado en A.2.2. Ad= coeficiente de umbral de daño.



Región	Aa
1	0.05
2	0.10
3	0.15
4	0.20
5	0.25
6	0.30
7	0.35
8	0.40
9	0.45
10	0.50

Figura 74 NSR-10 Figura A.2.3-2

Tabla 29 NSR-10 Tabla A.2.3-1

Mayor valor entre A_a y A_v	Asociado en mapas de las figuras A.2.3-2 y A.2.3-3 a Región Nº	Amenaza Sísmica
0.50	10	Alta
0.45	9	Alta
0.40	8	Alta
0.35	7	Alta
0.30	6	Alta
0.25	5	Alta
0.20	4	Intermedia
0.15	3	Intermedia
0.10	2	Baja
0.05	1	Baja

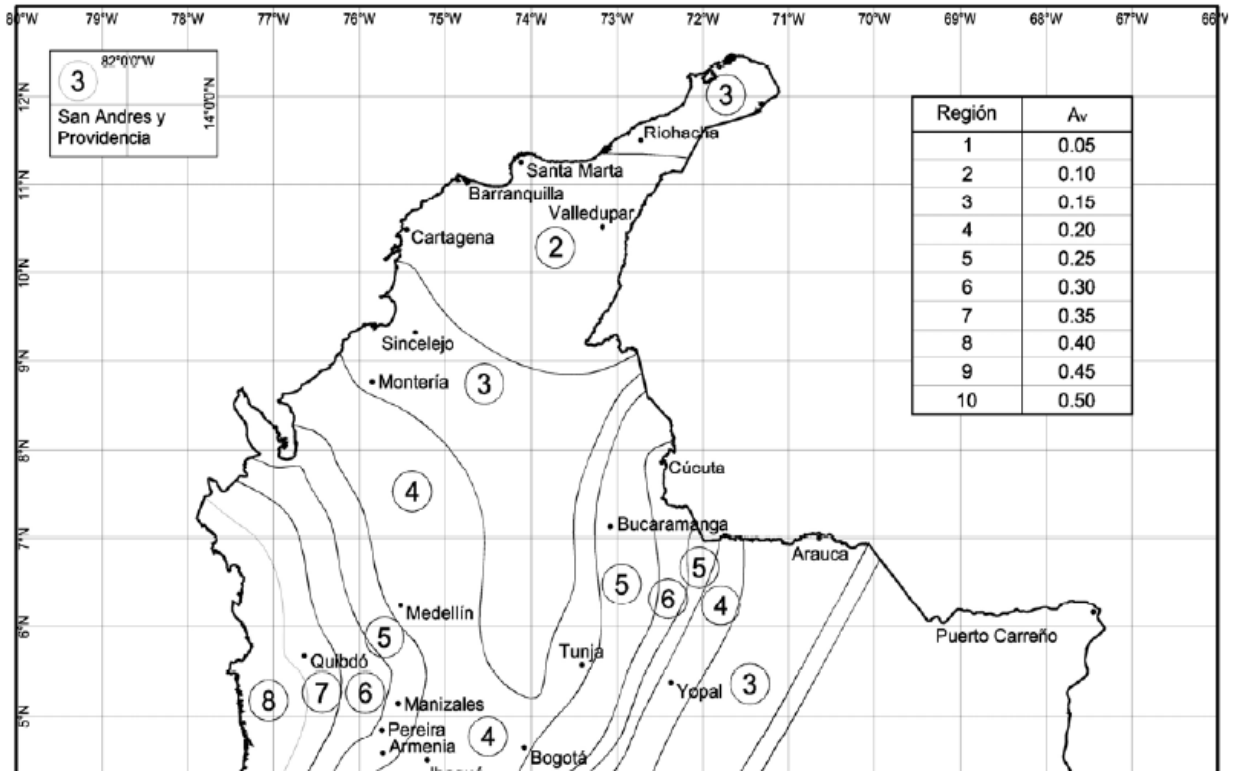


Figura 75 NSR-10 figura A.2.3-3

9.1.1. Movimiento sísmico de diseño.

Los movimientos sísmicos de diseño se definen en función de la aceleración pico efectiva, representada por el parámetro Aa, y de la velocidad pico efectiva, representada por el parámetro A v, para una probabilidad del diez por ciento de ser excedidos en un lapso de cincuenta años. Los valores de estos coeficientes para el Municipio de Bucaramanga son: Aa=0.25, Av=0.25, Ae=0.15 y Ad=0.09 (Ver A.2.2.2 y A.2.2.3. NSR-10 - Apéndice A-4 - Valores de Aa, Av, Ae y Ad y definición de la zona de amenaza sísmica de municipios).

9.1.2. Efectos locales

El perfil de suelo debe ser determinado por el ingeniero geotecnista a partir de unos datos geotécnicos debidamente sustentados.

9.1.3. Tipo de Perfil del suelo.

Se determinan dos factores de amplificación del espectro por efectos de sitio, Fa y Fv; Fa = coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de períodos cortos, debida a los efectos de sitio, adimensional. Fv = coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de períodos intermedios, debida a los efectos de sitio, adimensional.

Los efectos locales de la respuesta sísmica de la edificación deben evaluarse con base en los perfiles de suelo dados a en el presente estudio independientemente del tipo de cimentación empleado. El tipo de Suelo de acuerdo a la Tabla A.2.4-1 de la NSR-10 se determinara de acuerdo a la resistencia por golpes encontrada en los respectivos sondeos o a sus velocidades de cortante.

Generalizando a un solo modelo de perfil para los sondeos tenemos los siguientes tipos de suelo:

Tabla 30 Tipo de suelo de acuerdo al título A de la NSR-10, tabla A.2.4-1 y valores de Fa y Fv tomados de la tabla 24 y 25

PROFUNDIDAD (m)	TIPO DE SUELO DE ACUERDO AL TITULO A DE LA NSR-10	Fa	Fv
0,00 - 15,00	TIPO C	1,15	1,55

Tabla 31 NSR-10 tabla A.2.4-3 Valores del coeficiente Fa, para la zona de periodos cortos del espectro

Tipo de Perfil	Intensidad de los movimientos sísmicos				
	$A_a \leq 0.1$	$A_a = 0.2$	$A_a = 0.3$	$A_a = 0.4$	$A_a \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
D	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
E	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
F	véase nota	véase nota	véase nota	Véase nota	véase nota

Tabla 32 NSR-10 tabla A.2.4-4 Valores del coeficiente Fv, para la zona de periodos intermedios del espectro.

Tipo de Perfil	Intensidad de los movimientos sísmicos				
	$A_v \leq 0.1$	$A_v = 0.2$	$A_v = 0.3$	$A_v = 0.4$	$A_v \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
D	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
E	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
F	véase nota	véase nota	véase nota	Véase nota	véase nota

Los valores de los coeficientes Fa y Fv se obtienen de las tablas A.2.4-3 y A.2.4-4, encontradas en el código NSR-10 son mostrados en la tabla 23 y 24 mostrándose en la tabla 22 los resultados.

9.1.4. Coeficiente de Importancia.

Se define el grupo de tipo de uso de la edificación como Grupo IV con un coeficiente de importancia, I, igual a 1.5 Tabla A.2.5-1 (Valores de coeficiente de Importancia I).

Tabla 33: valores de coeficiente de Importancia I (NSR-10)

Grupo de Uso	Coeficiente de Importancia, I
IV	1.50
III	1.25
II	1.10
I	1.00

9.1.5. Espectro Elástico de Diseño.

La forma del espectro elástico de aceleraciones, para un coeficiente de amortiguamiento crítico de cinco por ciento (5%), que se debe utilizar en el diseño.

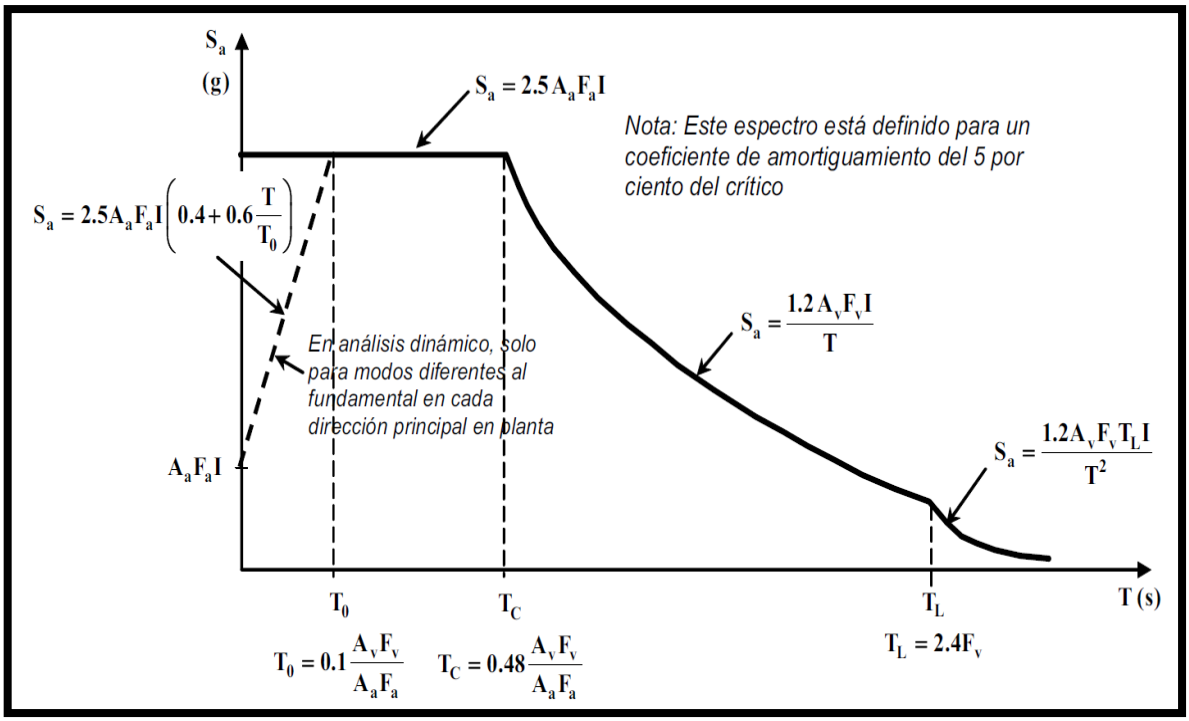
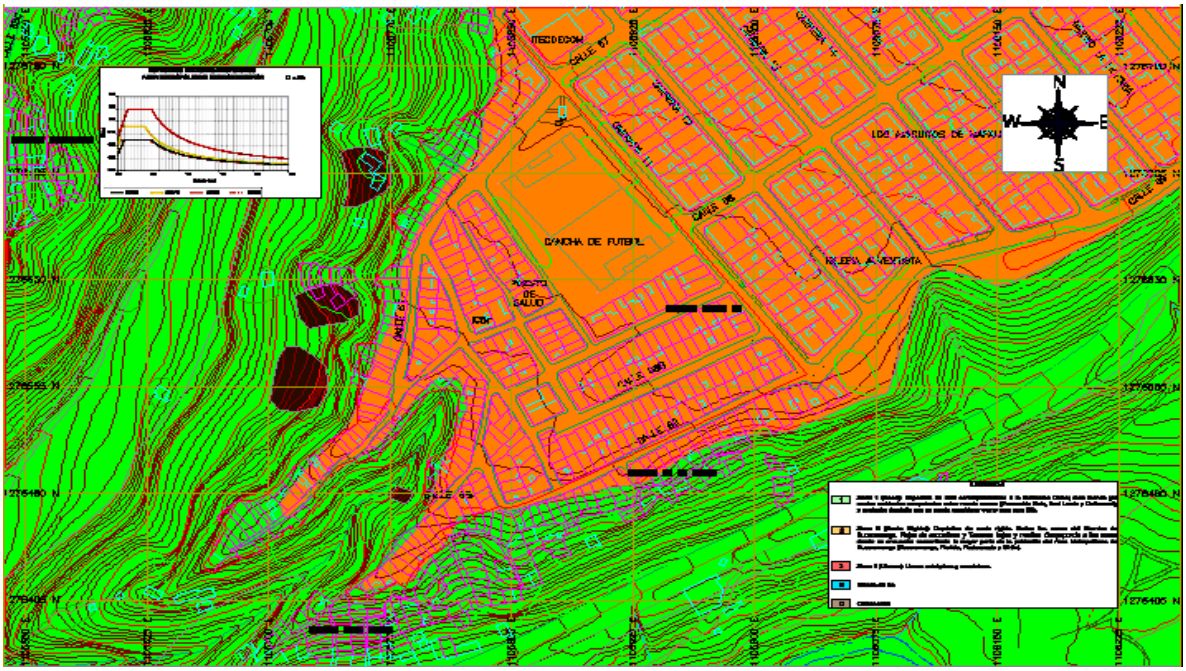


Figura 76. Espectro elástico de diseño

9.2. Amenaza sísmica según la Microzonificación sísmica del área metropolitana de Bucaramanga de 2001.

En base al estudio de microzonificación sísmica del área metropolitana de Bucaramanga de 2001, se sectoriza los valores sísmicos en tres zonas fundamentales debido a la cercanía de la falla Bucaramanga – Santa Marta.

Esta zonificación presenta un valor para el lugar de estudio de Am igual a 0.40g Y 0.30g, ya que se encuentra en el límite de la zonificación, los cuales son mayores al registrado anteriormente en la norma sísmica NSR-10, por lo cual se tomara el promedio de estos valores como valor para el diseño y caracterización sísmica en la zona de estudio.



LEYENDA

1 **Zona 1 (Roca)**: Depósitos de roca correspondientes a la formación Girón; roca blanda y/o suelos residuales competentes sobre manto rocoso (Formación Neis, Bad Lands y Cañaveral); y cualquier depósito que se pueda considerar como roca pura (R).

2 **Zona 2 (Suelo Rígido)**: Depósitos de suelo rígido. Reúne las zonas del Abanico de Bucaramanga, Flujos de escombros y Terrazas bajas y medias. Corresponde a las zonas donde se encuentra concentrada la mayor parte de la población del Área Metropolitana de Bucaramanga (Bucaramanga, Florida, Piedecuesta y Girón).

3 **Zona 3 (Llenos)**: Llenos antrópicos y mecánicos.

R **Ronda de río**

C **Coluviones**

Figura 77. Microzonificación sísmica del lugar de estudio de 2001 (Fuente: Estudio de Microzonificación Sismo geotécnica Indicativa del área metropolitana de 2001).

ESPECTRO DE DISEÑO

Aa= Coeficiente que representa la aceleracion horizontal pico efectiva, para diseño. Figura A.2.3-2

Av= Coeficiente que representa la velocidad horizontal pico efectiva, para diseño. Figura A.2.3-3

Fa= Coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de períodos cortos, debida a los efectos de sitio. Figura A.2.4-1

Fv= Coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de períodos intermedios, debida a los efectos de sitio. Figura A.2.4-2

Nota: los valores de Fa y Fv dependen del tipo de perfil del suelo que se tenga y este es fijado por el geotecnista a partir del estudio estudio de suelos hecho.

I= Coeficiente de importancia de la estructura definido en A.2.5.2

Tc= Período de vibración, en segundos, correspondiente a la transición entre la zona de aceleración constante del espectro de diseño, para períodos cortos, y la parte descendiente del mismo.

TL= Período de vibración, en segundos, correspondiente al inicio de la zona de desplazamiento aproximadamente constante del espectro de diseño, para períodos largo.

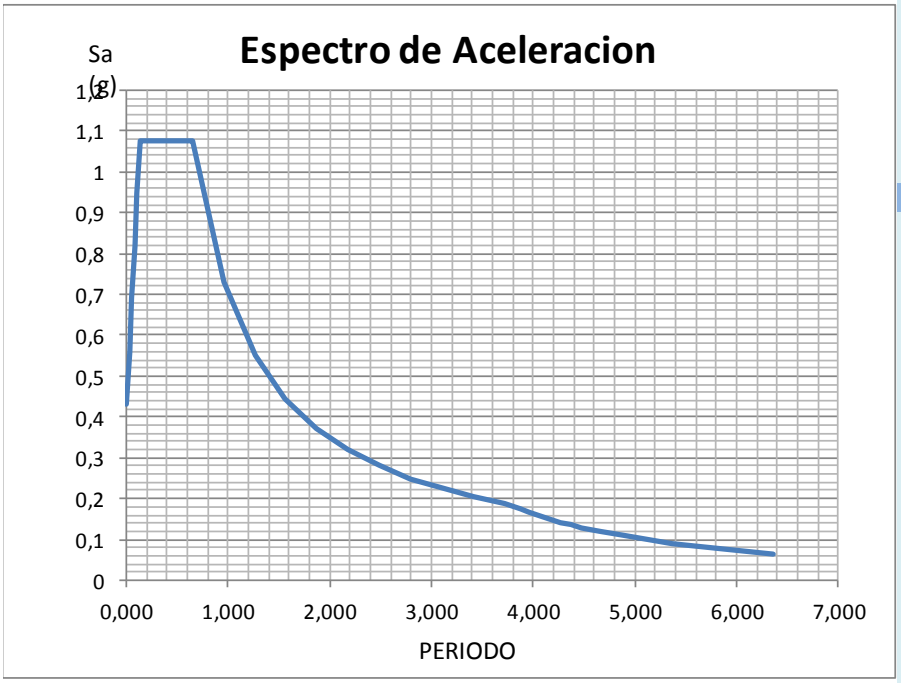
T= Período de vibración del sistema elástico, en segundos.

ESPECTRO DE ACELERACIONES

Aa=	0,25
Av=	0,25
Tipo de perfil	C
Fa=	1,15
Fv=	1,55
I=	1,5

0	0
To=	0,13478261
Tc=	0,64695652
TL=	3,72

Sa(0)=	0,43125
Sa(To)=	1,078125
Sa(Tc)=	1,078125
Sa(TL)=	0,1875



	T	Sa(T)
	0,000	0,43125
	0,027	0,560625
	0,054	0,69
	0,081	0,819375
	0,108	0,94875
To=	0,135	1,078125
	0,391	1,078125
Tc=	0,647	1,078125
	0,954	0,7309322
	1,262	0,5528846
	1,569	0,4445876
	1,876	0,3717672
	2,183	0,3194444
	2,491	0,2800325
	2,798	0,2492775
	3,105	0,2246094
	3,413	0,2043839
TL=	3,720	0,1875
	3,770	0,1850133
	3,820	0,1778117
	3,870	0,1732468
	3,970	0,1646289
	4,070	0,1566384
	4,170	0,1492159
	4,270	0,1423087
	4,370	0,1358702
	4,470	0,129859
	4,670	0,1189744
	4,870	0,109403
	5,370	0,0899785
	6,370	0,0639452

9.3. Resultado de la sismología de acuerdo a la NSR-10 y la microzonificación sísmica de Bucaramanga de 2001.

De la zonificación sísmica se tienen en cuenta los siguientes valores:

Aa= 0.25g.

Av=0.25 g.

Fa= 1.15 para suelo tipo C.

Fv= 1.55 para suelo tipo C.

Grupo= IV

I= 1.5

Zonificación sísmica: ALTA – ver Mapa A.2.3-2 y A.2.3-3 de la NSR-10.

Am= 0.35g, (se tomó en consideración como el promedio de los valores de aceleración máxima para un T=0 seg dados en la microzonificación de 2001 para las zonas 1 y 2 identificadas)

Análisis y sismo de diseño para el modelo geológico geotécnico (H.5.2.5 Titulo H, NSR-10).

Para el sismo de diseño para el análisis seudoestatico en taludes 2 se conoce de acuerdo al estudio de microzonificación sísmica del Área Metropolitana de 2001, la aceleración máxima del terreno como 0.35 g, de la siguiente tabla tenemos:

Tabla 34: valores de K_{st}/a_{max} mínimos para análisis seudoestaticos en taludes

Material	K_{ST}/a_{max} Mínimo	Análisis de Amplificación Mínimo
Suelos, enrocados y macizos rocosos muy fracturados (RQD < 50%)	0.80	Ninguno
Macizos rocosos (RQD > 50%)	1.00	Ninguno
Todos los materiales térreos	0.67	Amplificación de onda unidimensional en dos columnas y promediar
Todos los materiales térreos	0.50	Amplificación de onda bidimensional

Fuente: NSR-10, Titulo H, Tabla H.5.2-1

Por lo cual el sismo de diseño para el análisis es igual a $\mathbf{K_{st}/a_{max}}$=0.80

$\mathbf{K_{st}}$= 0.80*0.35= **0.28g. Sismo a ingresar en el modelo geológico geotécnico**

10. RESULTADO DEL MODELO GEOLOGICO – GEOTECNICO

De acuerdo a la caracterización geotécnica, al análisis y levantamiento Geológico - geomorfológico se estableció un modelo geológico geotécnico cuyas características se muestran en la tabla 35:

Tabla 35: Modelo Geologico-Geotecnico

Tipo de Suelo	γs (kN/m³)	C pico (kN/m²)	Ø pico (°)
Sfl1	1.92	14	27.8
Sfl2	1.82	27	32.2
Sft2	2.03	25	30.9

Las características geo mecánicas son obtenidas de la evaluación de los cortes directos que han sido recolectados, además del número de golpes de los ensayos de penetración por percusión de acuerdo a la correlación existente.

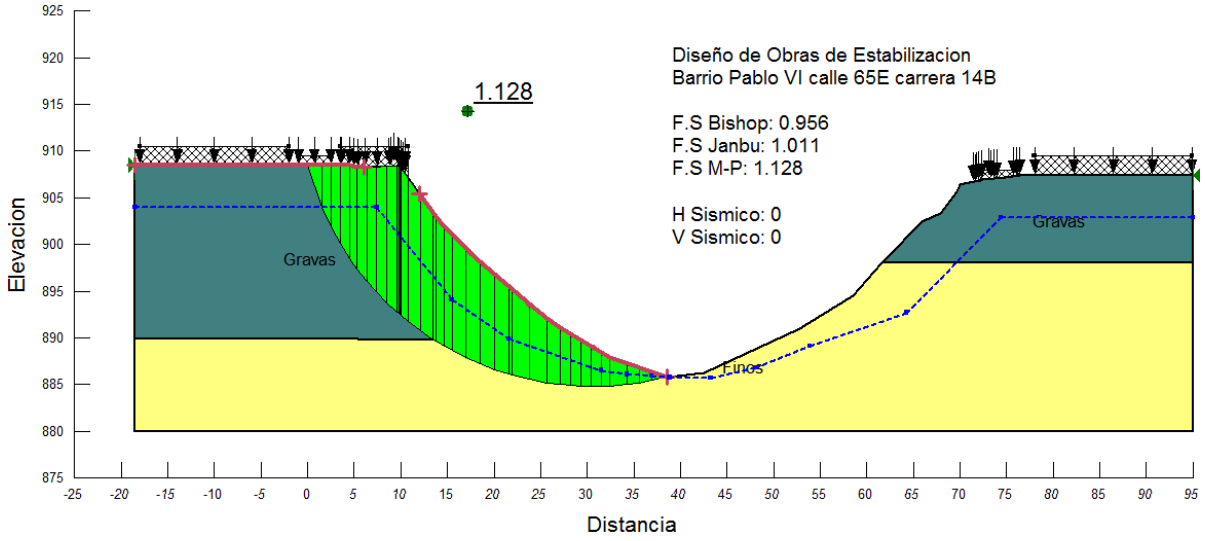


Figura 78. Modelo Geológico – Geotécnico, Sector Pablo VI.

11. EVALUACIÓN DE LA AMENAZA POR REMOCIÓN EN MASA (ANALISIS DE ESTABILIDAD).

11.1. Modelos de estabilidad

Para obtener los resultados en el análisis de estabilidad se utilizaron los Métodos de equilibrio límite desarrollados por Janbu, Morgenstern–Price, Bishop y Spencer en condición estática y dinámica.

Para determinar los modelos, se asumen dos escenarios críticos, el primero se realiza en condiciones estáticas y el segundo contempla la carga sísmica y peso de la infraestructura presente en la zona en un escenario seudo estático que se encuentra definido por la Norma sismo Resistente Colombiana NSR-10, los escenarios se definen a continuación:

11.2. Escenario Estático:

Terreno en condición natural con ausencia de saturación ya que no se observó afloramientos de agua en el sector.

11.3. Escenario Dinámico:

Terreno en condición natural con ausencia de saturación, al cual le es aplicado un escenario con aceleración pseudo estática de 0.24g (con base al análisis sísmico realizado en el presente estudio).

Kst=0.24, Valor tomado para el análisis pseudoestatico.

11.4. Análisis de Estabilidad.

La evaluación del talud en condiciones actuales se realiza en condiciones estáticas y con carga sísmica considerando un nivel freático y condiciones de suelo evaluadas en las perforaciones realizadas en la zona.

11.4.1. Condiciones estáticas

Figura 79 Factor de Seguridad - Condiciones estáticas actuales

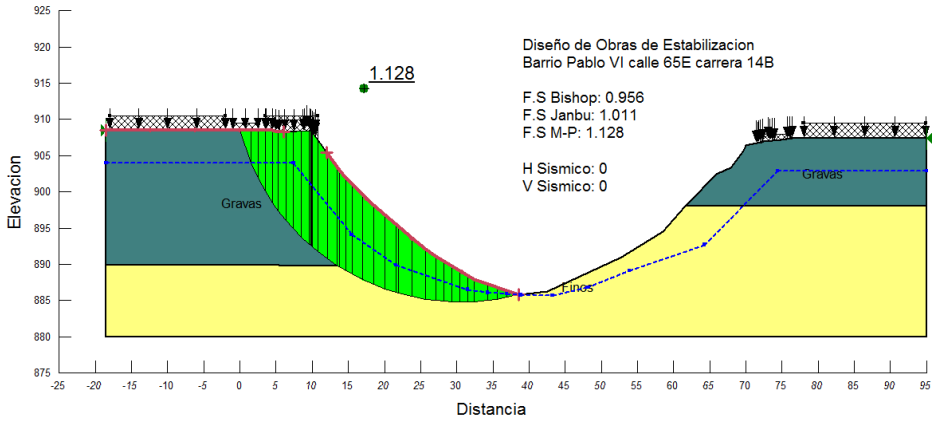
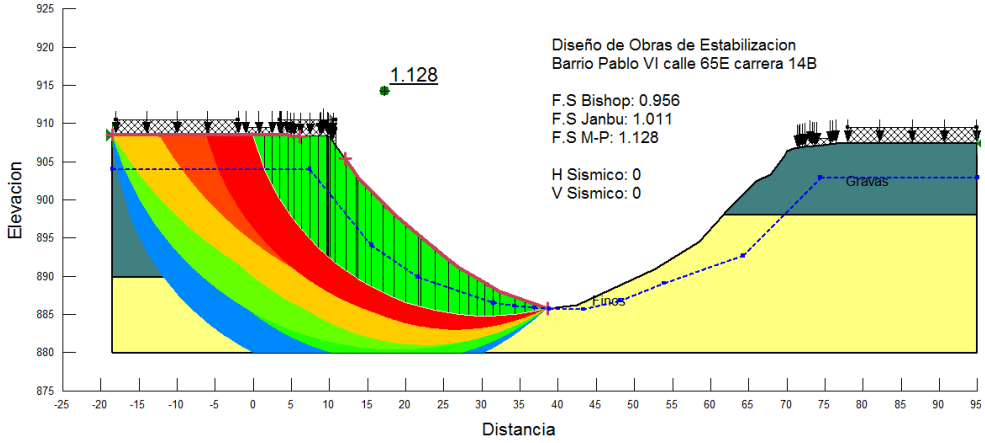


Figura 80 Mapa Factores de seguridad – Condiciones estáticas Actuales



11.4.2. Condición con carga sísmica

Figura 81 Factor de Seguridad – Condiciones actuales con sismo Sección K0+050

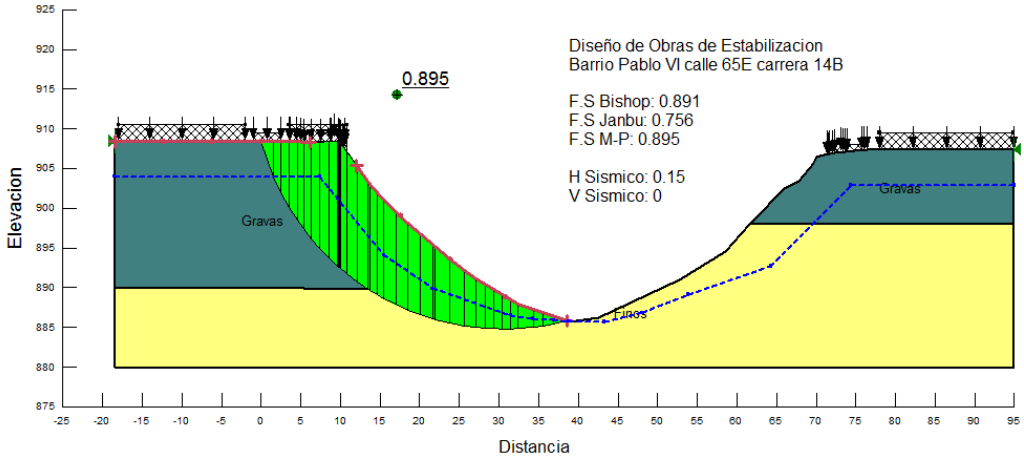
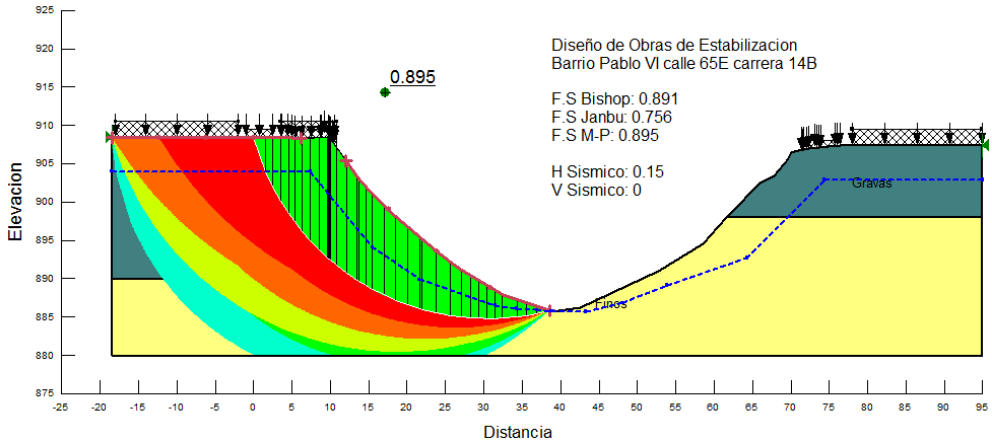
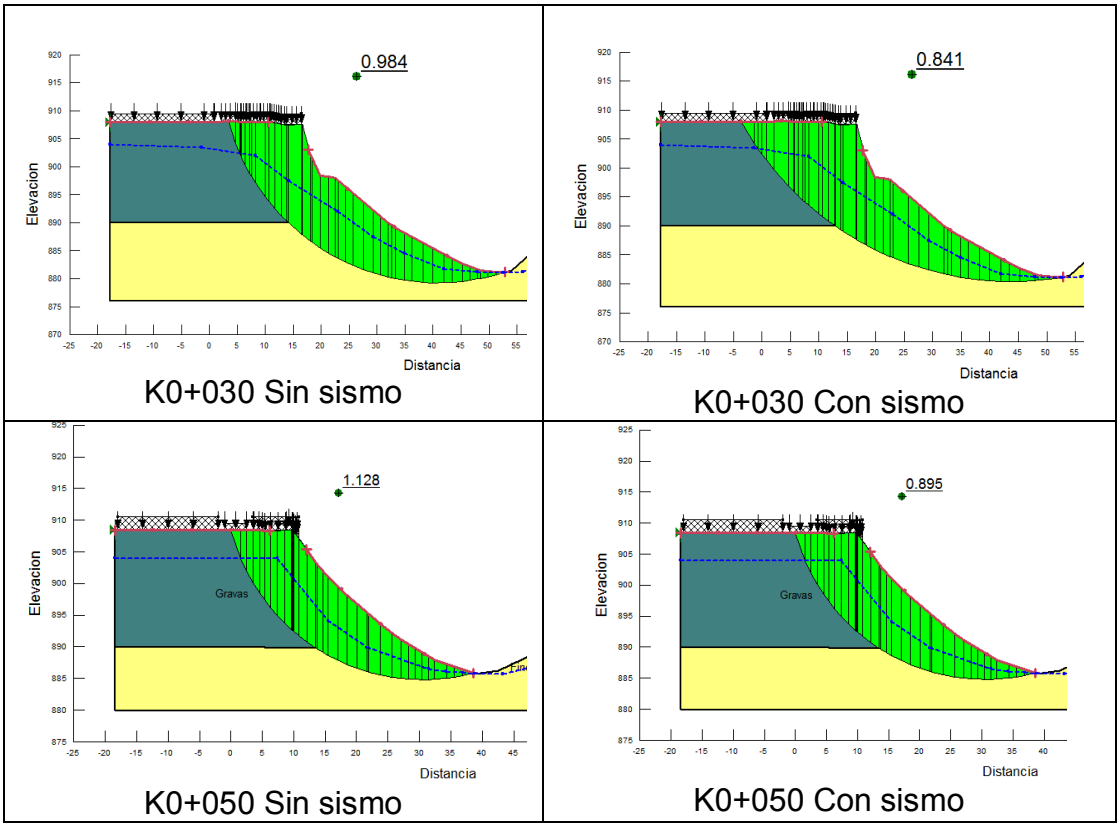


Figura 82 Mapa Factores de Seguridad – Condiciones actuales con sismo Sección K0+050



Se analizaron varias secciones para establecer los factores de seguridad en cada una de ellas. Los corrimientos se presentan en la Figura 83, 84, 85 y 86 y el resumen de los factores de seguridad se presentan en la Tabla 36 y 37.

Figura 83 Factores de seguridad Condiciones Actuales Costado Izquierdo



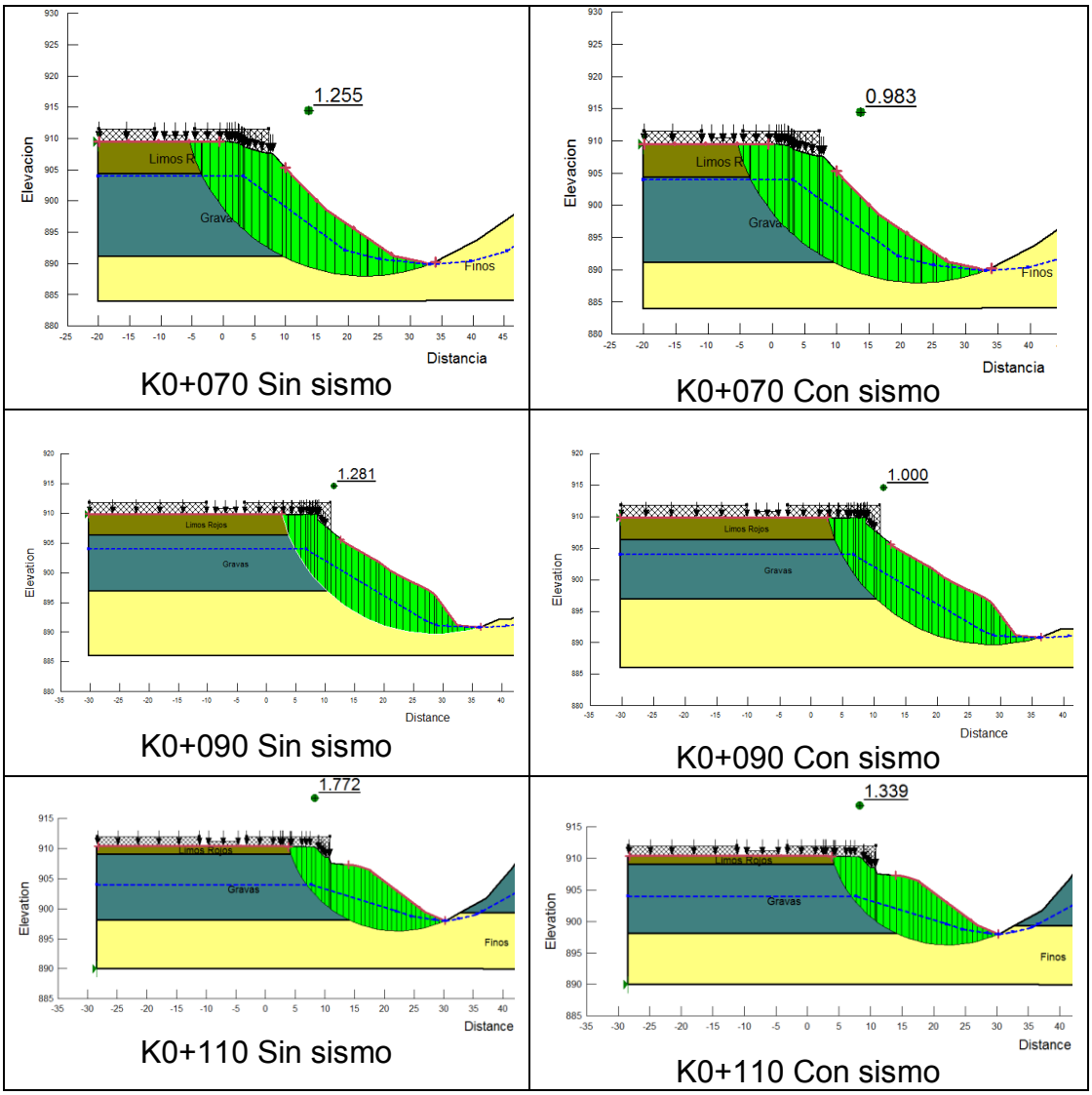
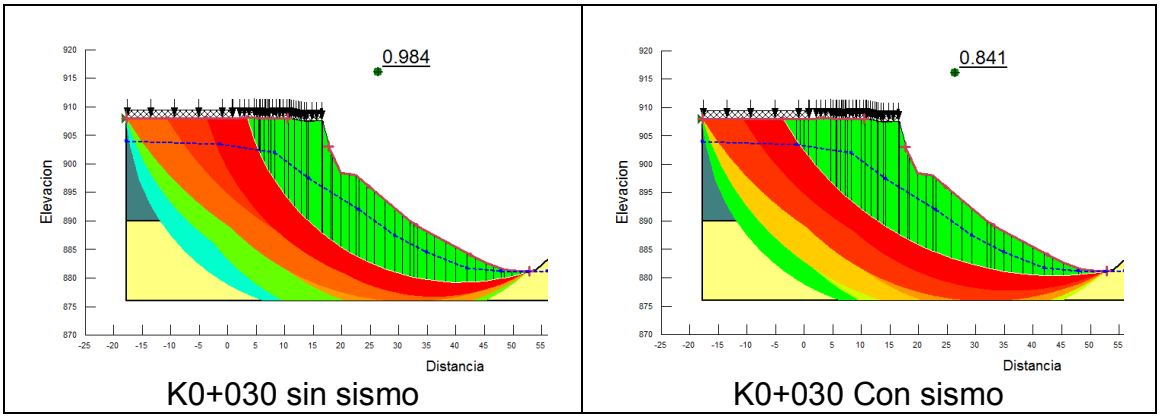
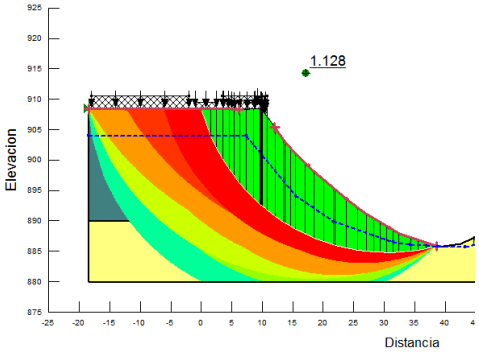
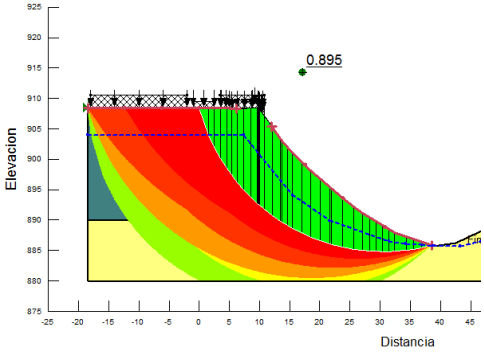


Figura 84 Mapa factores de seguridad Condiciones Actuales Costado Izquierdo

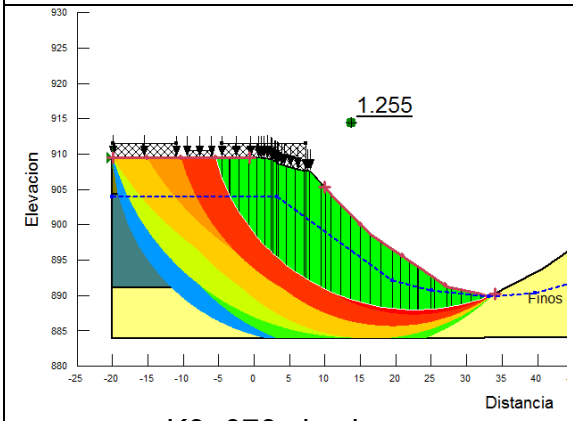




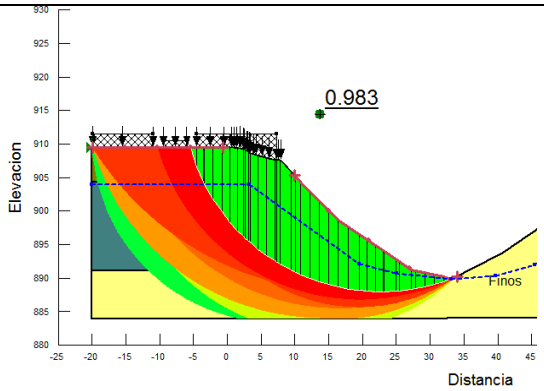
K0+050 sin sismo



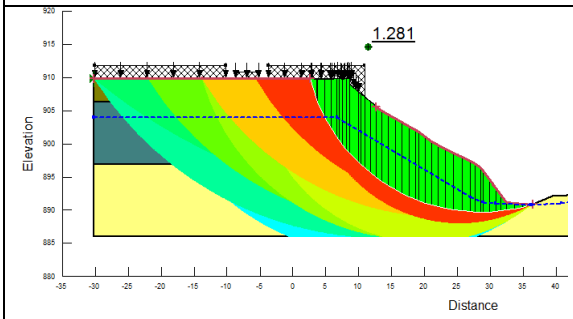
K0+050 Con sismo



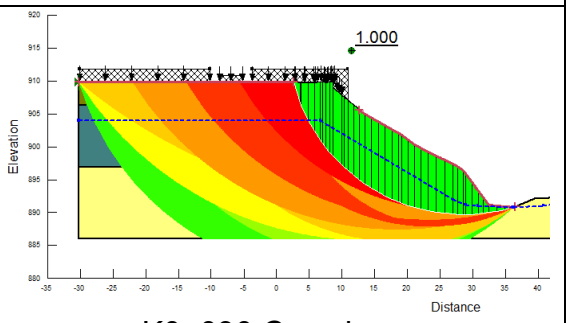
K0+070 sin sismo



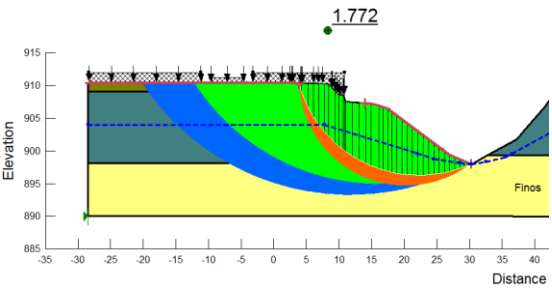
K0+070 Con sismo



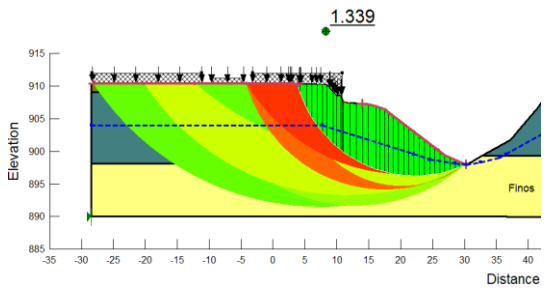
K0+090 sin sismo



K0+090 Con sismo



K0+110 sin sismo



K0+110 Con sismo

Figura 85 Factores de seguridad Condiciones Actuales Costado Derecho

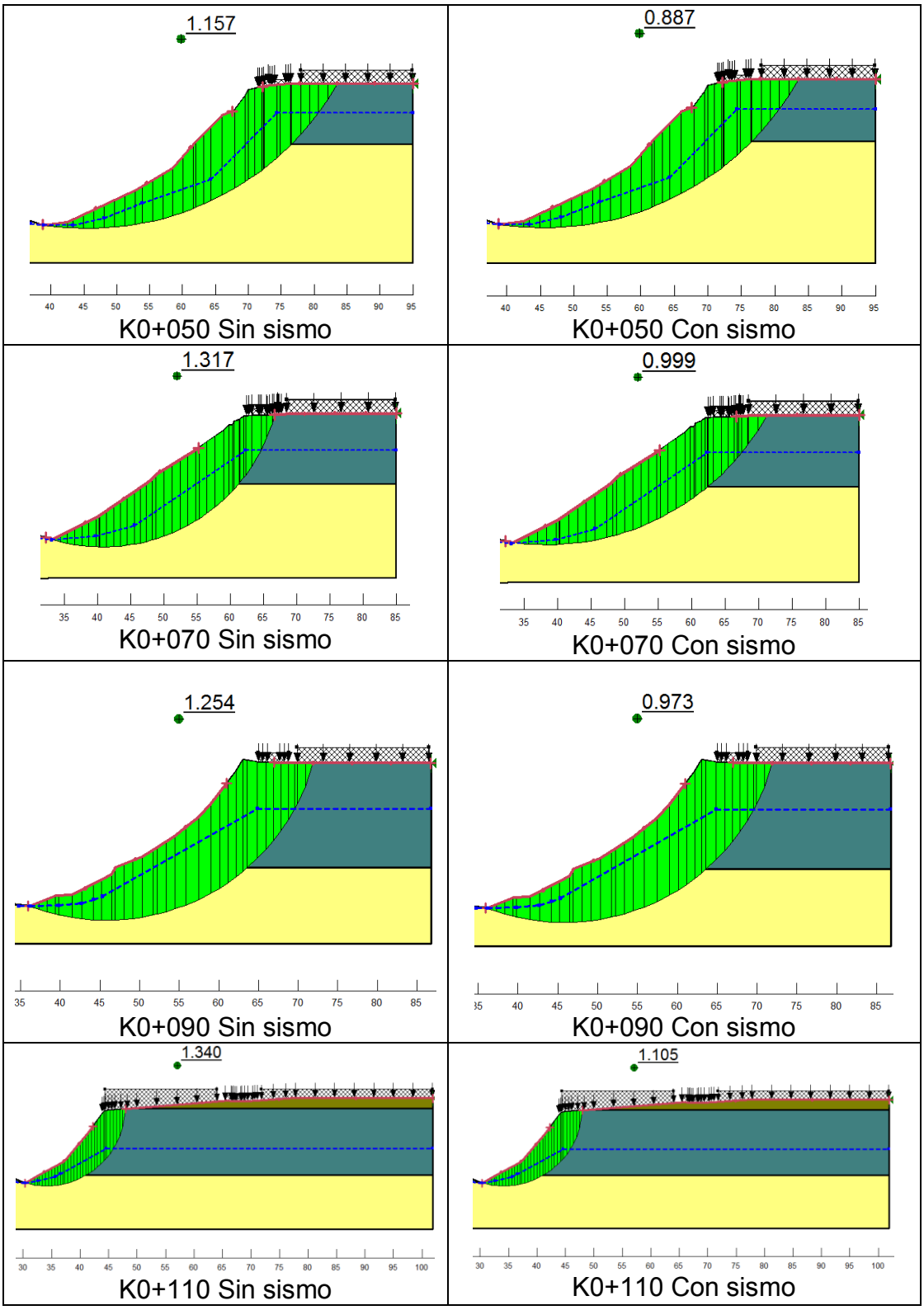


Figura 86 Mapa factores de seguridad Condiciones Actuales Costado Derecho

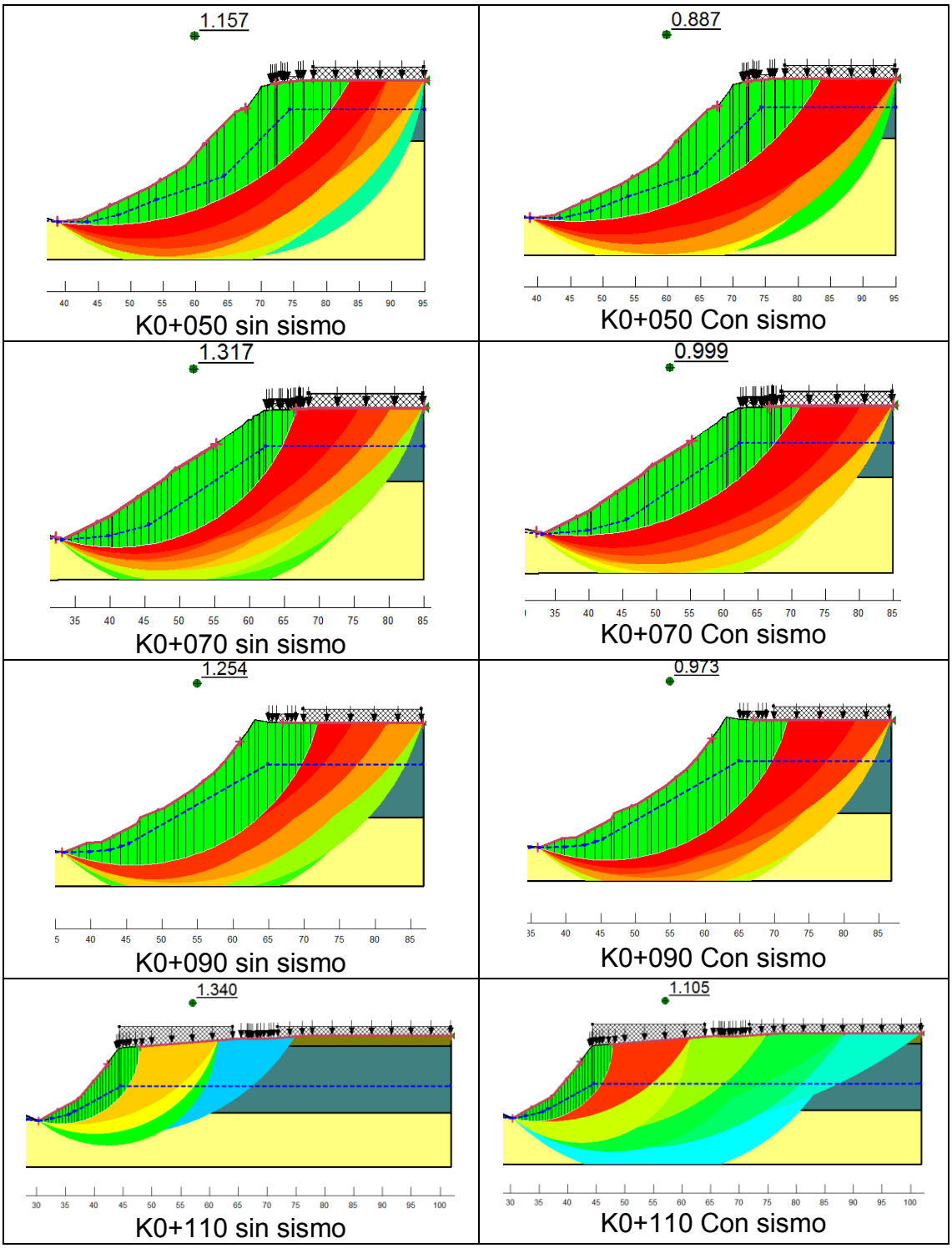


Tabla 36 Resumen factores de seguridad zona de estudio Costado Izquierdo

Descripción	Factor de seguridad condiciones estáticas	Factor de seguridad con sismo	Nivel de Amenaza
K0+030	0,984	0,841	Alta
K0+050	1,128	0,895	Alta
K0+070	1,255	0,983	Alta
K0+090	1,281	1	Media
K0+110	1,772	1,339	Baja

Tabla 37 Resumen factores de seguridad zona de estudio Costado Derecho

Descripción	Factor de seguridad condiciones estáticas	Factor de seguridad con sismo	Nivel de Amenaza
K0+050	1,157	0,887	Alta
K0+070	1,317	0,999	Media
K0+090	1,254	0,973	Alta
K0+110	1,34	1,105	Media

El talud en condiciones estáticas actuales tiene factores de seguridad menores a 1,25, lo que indica que es estable pero con una probabilidad alta de ocurrencia a deslizamientos, Zona de amenaza alta a deslizamiento de acuerdo con las Normas Geotécnicas de la CDMB (1,25 < F.S).

En las condiciones actuales con carga sísmica el talud tiene Factores de seguridad menores a 1 los cuales son inestables ante este tipo de cargas, con una alta probabilidad de deslizamiento, y el cual se encontraría en una zona de amenaza alta de acuerdo con las Normas Geotécnicas de la CDMB (1,00 < F.S).

12. MEDIDAS DE MITIGACIÓN ESTRUCTURALES:

Dadas las condiciones de inestabilidad presentes en el sector comprendido en la zona de escarpa del barrio Pablo VI, en las calles 66, 68 y 68 a entre carreras 10A a la 10E, se consideran proponer las siguientes medidas de mitigación.

12.1. OBRAS DE MITIGACION

Previamente identificado el sector crítico, se establecen medidas para eliminar la amenaza y garantizar la estabilidad de los taludes en el caso de que se presentaran condiciones de lluvias fuertes acompañadas de un evento sísmico. Se advierte que las obras planteadas se rediseñaron sobre las condiciones actuales en cada uno de los sectores (Topografía, cortes, rellenos e intervención antrópica) a nivel general.



Figura 87. Propuesta de obras de mitigación.

Las obras Geotécnicas propuestas para mitigar se dividen en tres partes, la primera tiene que ver la construcción de pantalla anclada en los sectores localizados al norte de las vías calle 67 y calle 68ª.

12.1.1. OBRA DE ESTABILIZACIÓN:

- **Pantalla Anclada**

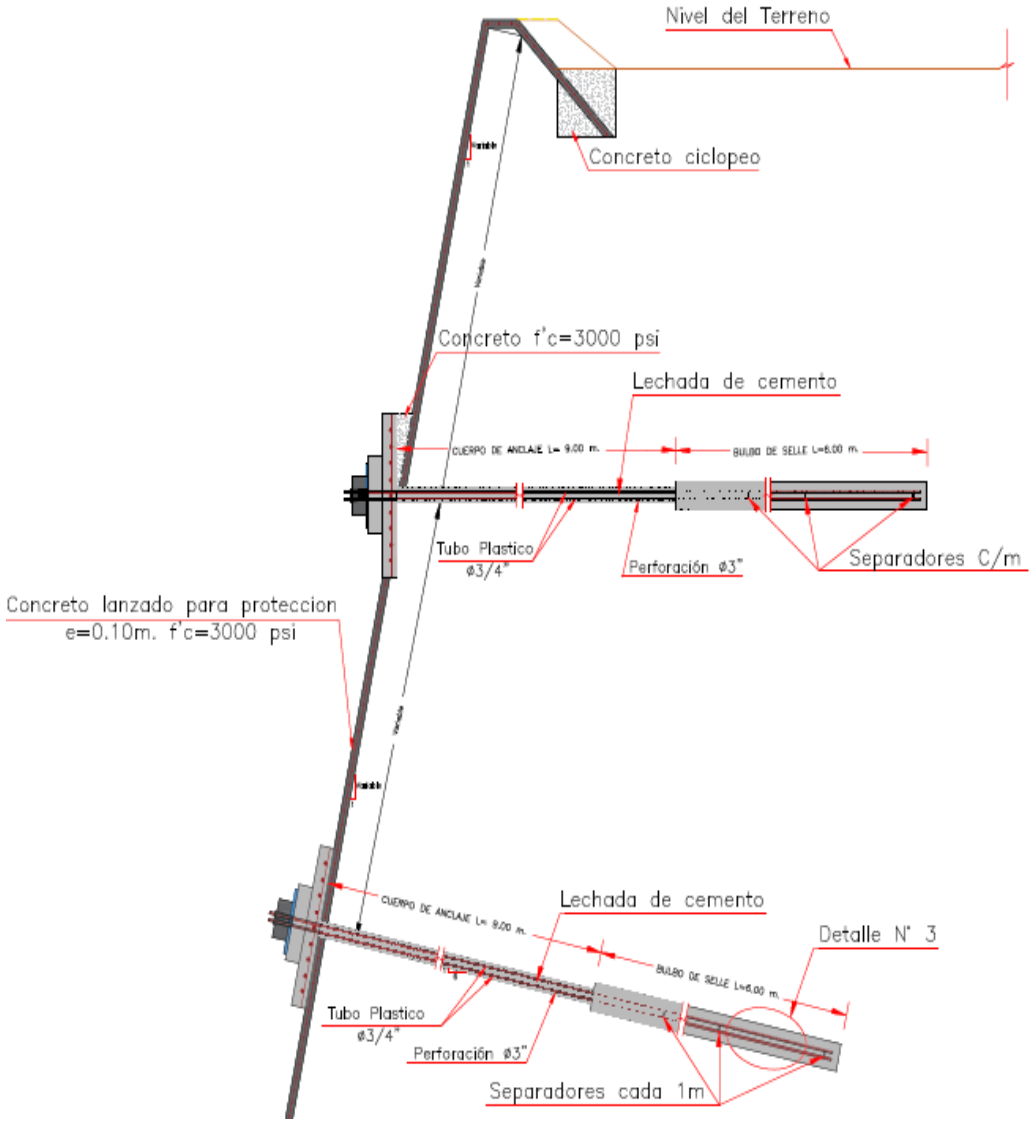


Figura 88. Pantalla Anclada, detalles.

Este tipo de obra constituye un medio esencial para garantizar la estabilidad de sectores críticos con pendientes significativas, logrando utilizar soporte mediante anclajes que introducen estados de tensiones, esfuerzos y deformaciones adicionales a la masa de suelos mejorando la estabilidad general ya que una vez instalados se pretensan hasta alcanzar una carga admisible, son lo cual se comprime el terreno entre la zona del anclaje y el apoyo superficial de la pantalla.

ANCLAJE:

Es un elemento estructural utilizado para efectuar cargas de tensión y esfuerzos a la masa del suelo posterior a su instalación. La resistencia para cada uno de los anclajes es de 300 KN con separaciones variables de 2,5 a 3 metros.

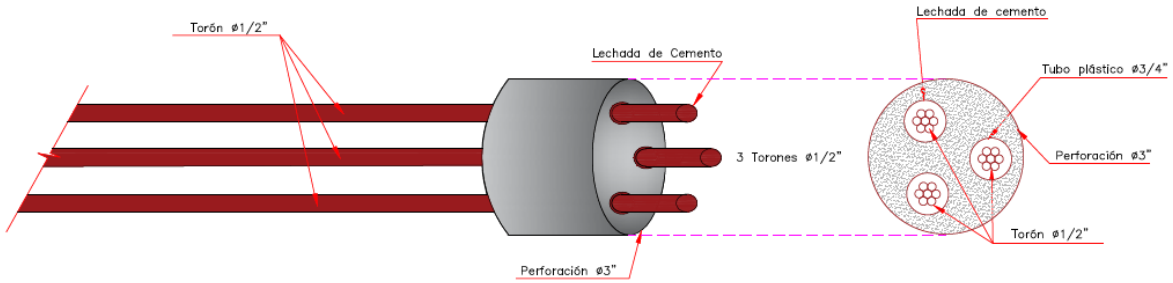


Figura 89. Anclaje, detalles.

BULBO:

El bulbo es el encargado de transmitir esfuerzos en el sistema, debe ubicarse por detrás de la superficie de falla del terreno.

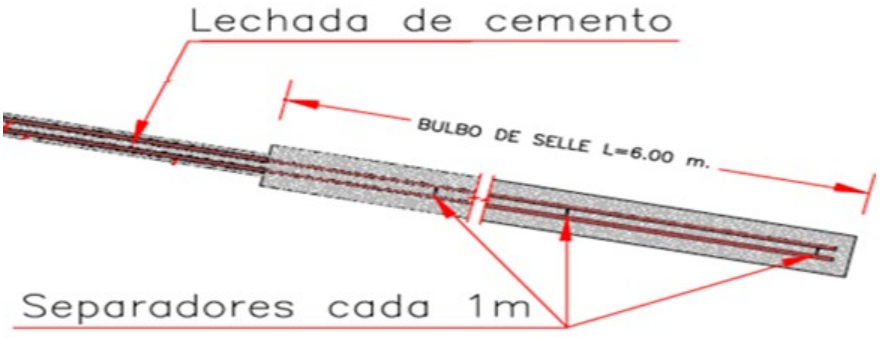


Figura 90. Bulbo, lechada de cemento.

La resistencia de la zona de anclaje se establece por la adherencia entre la lechada con el acero y la adherencia del bulbo del anclaje con el terreno que lo rodea, la longitud del bulbo se establece en 6 metros.

LECHADA DE CEMENTO:

Generalmente compuesto a base de relaciones de cemento-agua, en algunos casos mortero de cemento, cuyo objetivo es el de proteger el acero en la zona libre y en la zona del bulbo.

TORON:

Es un tensor, barra o cordón de acero, el cual transmite la tensión desde el punto de apoyo hasta el suelo.

ZAPATA:

Es la estructura de apoyo y sobre la cual se distribuye la acción exterior, su geometría es cuadrada con lados de 0.90 m y espesor de 0,25m.

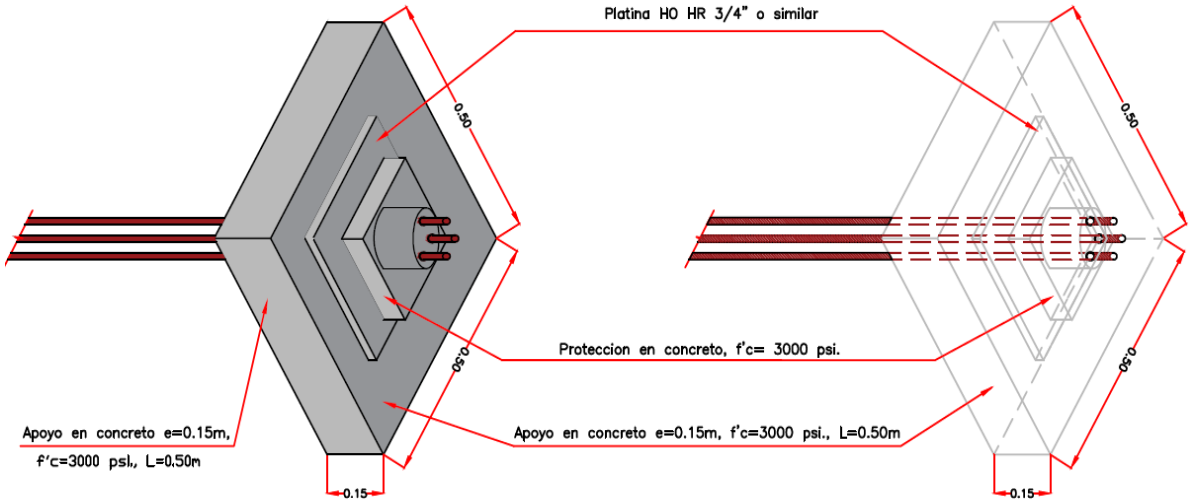


Figura 91. Zapata, detalles.

La zapata se construye en concreto de f'c=3000 psi con malla de refuerzo en acero de Ø3/4", fy=60.000 psi y aberturas de 0.1mx0.1m

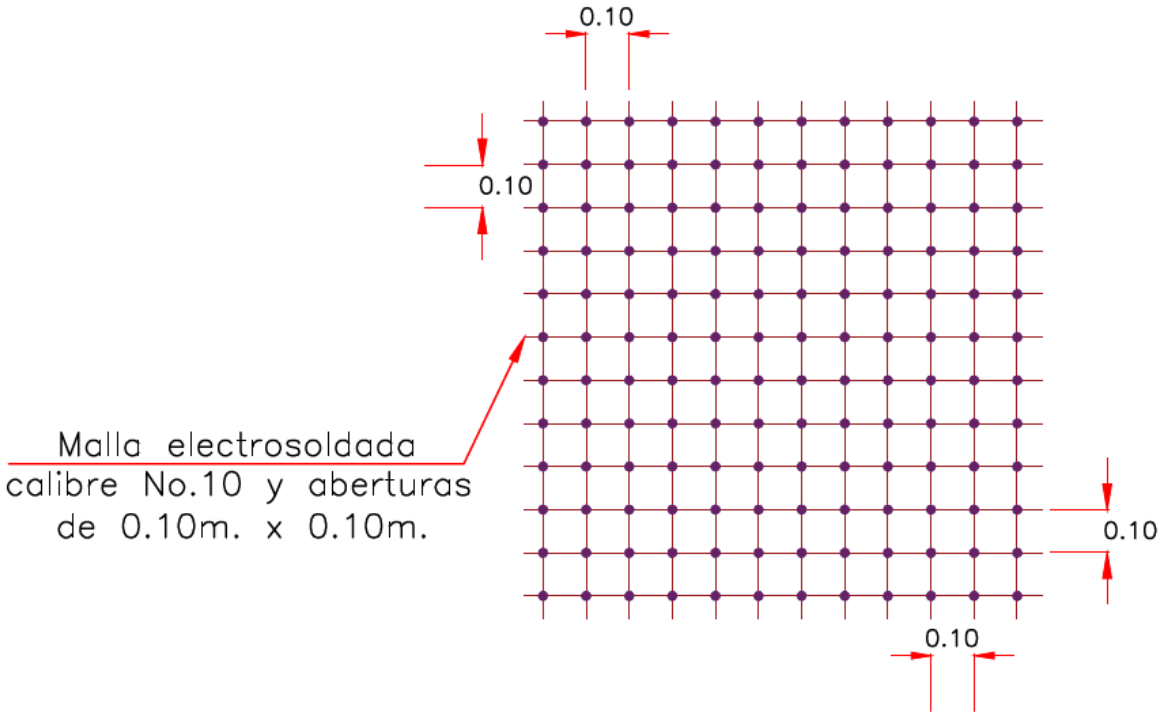


Figura 92. Malla de refuerzo, detalles.

- **Revegetalización o recuperación de cobertura vegetal con Gramíneas:**

Consiste en la recuperación de la cobertura vegetal de la zona por medio de la siembra manual de gramíneas, para lo cual se deben desarrollar las siguientes actividades:

1. Se adecuara el terreno mediante nivelación y mullido (manual o rastra discos)
2. Se traza el área en donde se establecerá la siembra de pasto Kikuyo O Gramíneas de raíces cortas.
3. El riesgo después del trasplanté tiene que ser frecuente en forma moderada durante 15 días y después se puede aplicar el agua en mayores intervalos.
4. Se recomienda efectuar la Revegetalización de las zonas de relleno compactado.

5. Se debe realizar una sectorización de las áreas a revegetalizar.

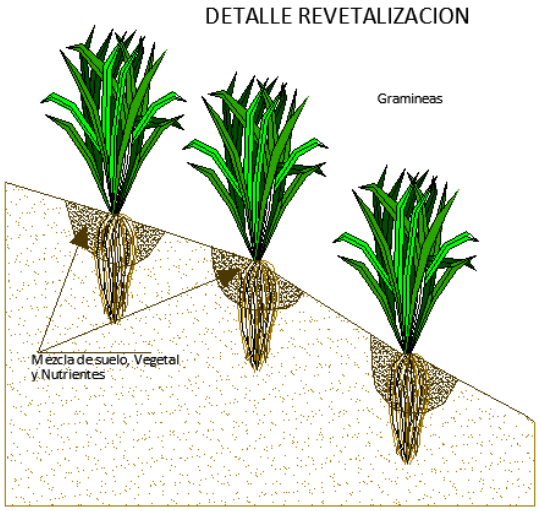


Figura 93. Detalle de recuperación de la Vegetación.

12.1.2. OBRAS HIDRAULICAS

Manejo de Aguas Superficiales

Para el control de aguas superficiales se plantean canales de 60X60 cm, canaletas de coronación, estos detalles se encuentran en el anexo “Planos”.

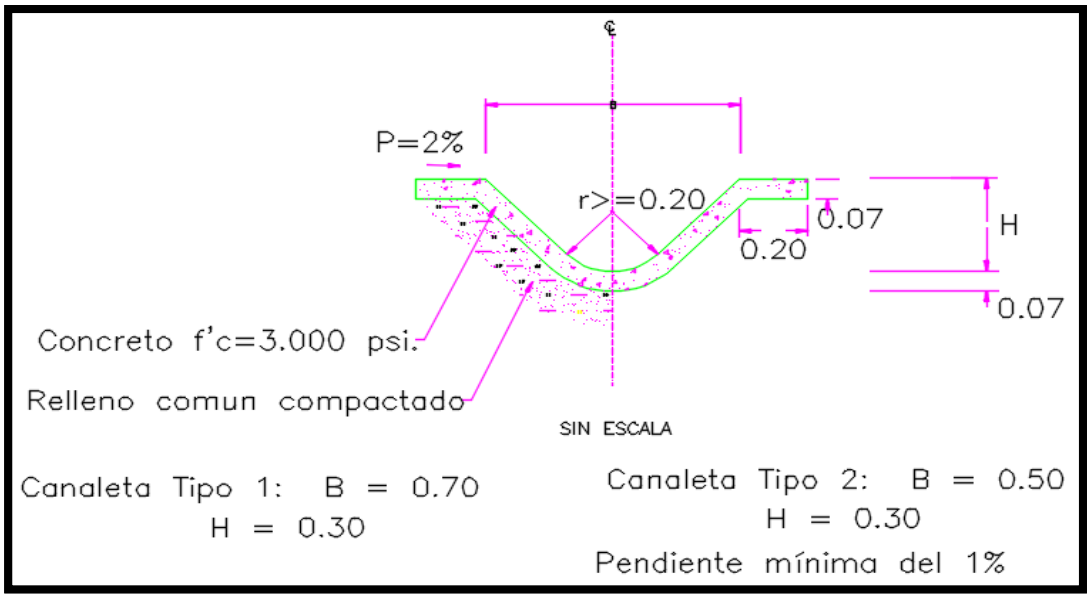


Figura 94: Detalle de canaletas de coronación.

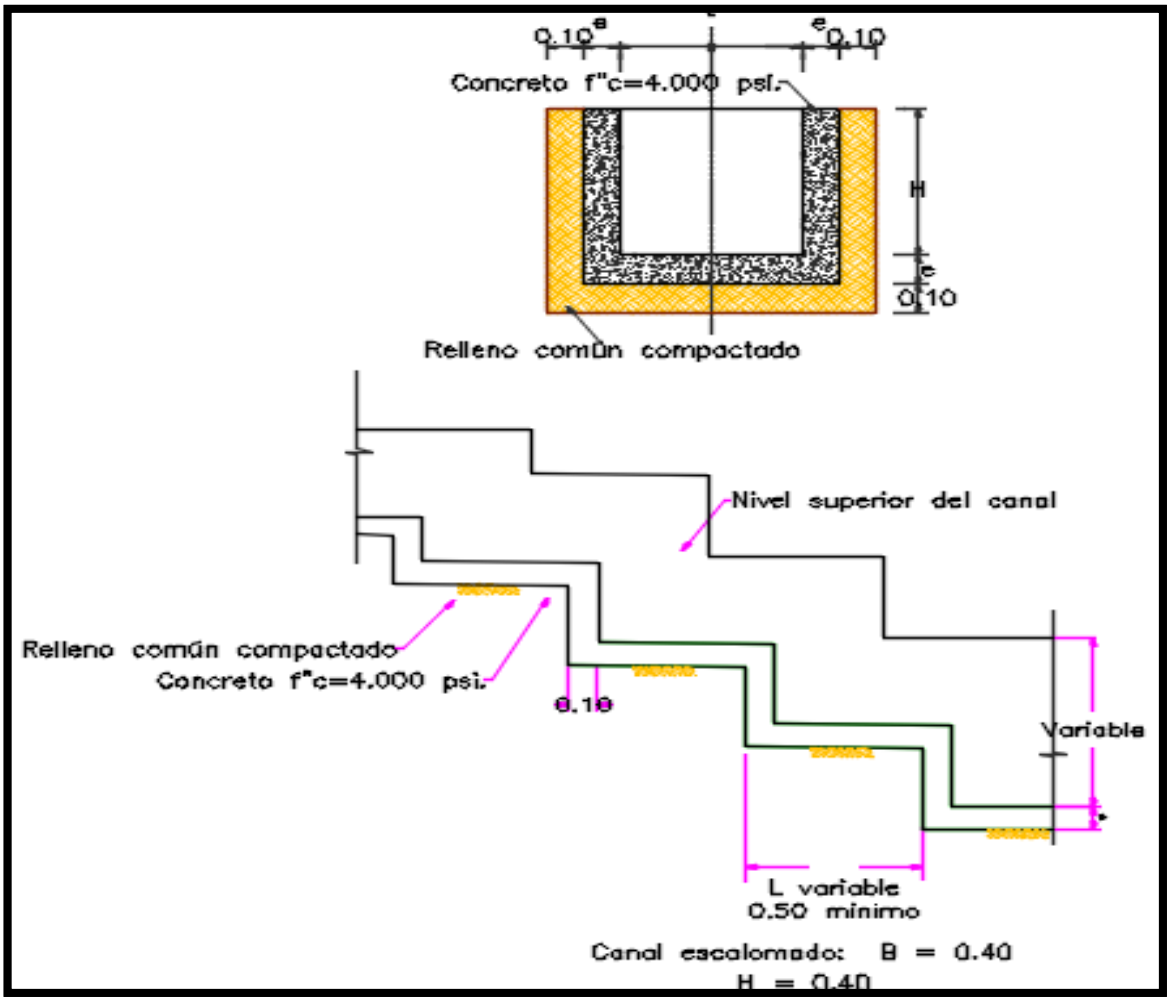


Figura 95: Sección Transversal esquemática canales y escalonadas.

12.1.3. Análisis de Estabilidad con obras de mitigación.

Los factores de seguridad se obtienen tras realizar los modelamientos a las secciones con las obras de mitigación descritas anteriormente mediante el software Slope/W for slope stability según los métodos de equilibrio límite desarrollados por Janbu, Morgenstern–Price, Bishop y Spencer en condición pseudoestatica.

12.2. PREDISEÑO DE OBRAS PROPUESTAS

Se evaluaron dos prediseños de las obras de estabilización. La primera de ellas corresponde a obras de perfilado y protección vegetal, como primera medida;

La segunda corresponde a la construcción de una pantalla anclada en las zonas mas afectadas del talud.

12.2.1. OBRAS DE TRATAMIENTO POR EMPRADIZACION

Se plantea el perfilado del terreno y revegetalización del talud dejando un aislamiento mínimo de 5,00 metros con la calle 68, para el costado sur.

Figura 96 Factor de seguridad prediseño 1, Costado Izquierdo.

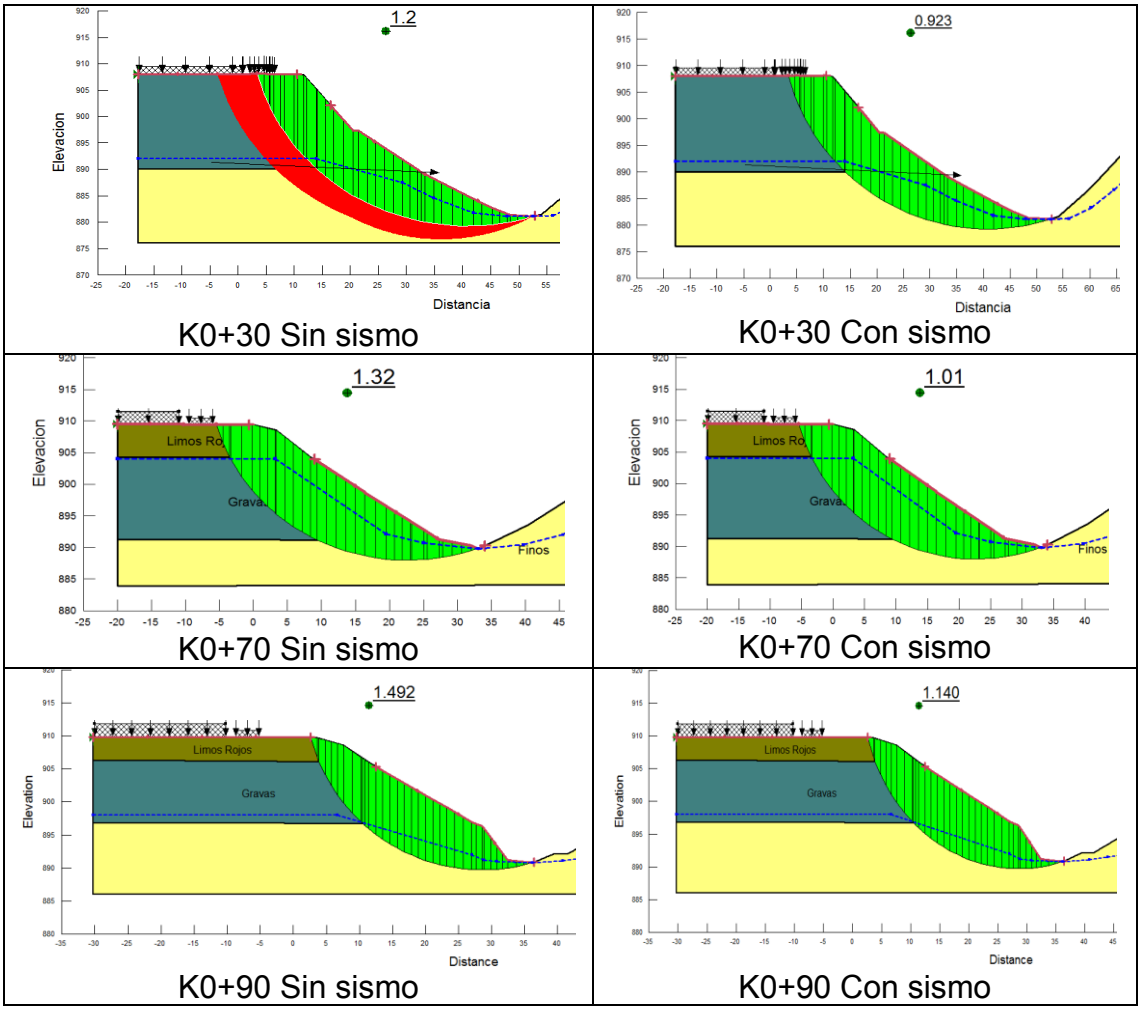


Tabla 38 Resumen factores de seguridad prediseño 1 Costado Izquierdo

Descripción	Factor de seguridad condiciones estáticas	Factor de seguridad con sismo	Nivel de Amenaza
K0+030	1,2	0,923	Media
K0+070	1,32	1,01	Media
K0+090	1,492	1,14	Media

La Figura 96 y la Tabla 38 se presentan los factores de seguridad con las obras planteadas en el pre diseño 1, considerando un aislamiento de 5,00 metros a la vía, encontrando factores de seguridad de 1,2 en condiciones estáticas y 0,93 con carga sísmica.

En condiciones estáticas y carga sísmica con obras el talud es estable con una probabilidad media-alta de ocurrencia a deslizamientos de acuerdo a las Normas Geotécnicas de la CDMB.

12.2.1.1. **Diseño manejo aguas subterráneas**

El nivel freático de acuerdo a los registros de los piezómetros varía entre 904 y 901 msnm.

Para garantizar factores de seguridad de acuerdo a las normas geotécnicas de la CDMB, el nivel freático debe mantenerse como máximo en 898 msnm. Para lograr este fin se proyectaron drenes de perforación cada 20 metros en la cota 895 msnm, en el costado Izquierdo.

En cuanto al costado Derecho el nivel freático debe mantenerse como máximo en 897 msnm. Para lograr este fin se proyectaron drenes de perforación cada 20 metros en la cota 894 msnm.

12.2.1.2. **Diseño manejo aguas superficiales**

Se requiere colocar canaletas que protejan contra la erosión en la pata de la pantalla y realizar sus entregas en zonas donde no causen daños.

12.2.1.3. **Cantidades de Obra**

A continuación se presentan los cálculos de cantidades de obra correspondiente a los diseños de estabilidad de taludes del Barrio Pablo VI en una longitud aproximada de 240 mts y una altura promedio de 16 mts en el costado izquierdo.

- **DESCAPOTE**

Corresponde al item 1.03 y se calcula considerando un área de afectación de la obra.

A_{izq} = 240 x 16 x 1,45 = 5568 m²

- **DESMONTE Y LIMPIEZA**

Corresponde al item 1.07 y se calcula considerando un área de afectación de la obra.

A_{izq} = 240 x 20 = 4800 m²

- **EXCAVACIONES**

Corresponde a los ítems 2.03.04.b a tajo abierto en taludes sin acarreo libre.

El cálculo de la excavación se realiza por medio de los cortes topográficos considerando un perfilado del terreno para la colocación de la pantalla anclada sobre terreno sin grietas.

V_{izq} = 2818 m^3

- **TERRAPLENES Y RELLENOS**

Corresponde al item 2.04.03.b el cual considera la conformación y compactación de rellenos comunes en terraplen sin acarreo libre, en un volumen igual al de las excavaciones del talud.

V = 1750 m^3

- **EMPRADIZACION**

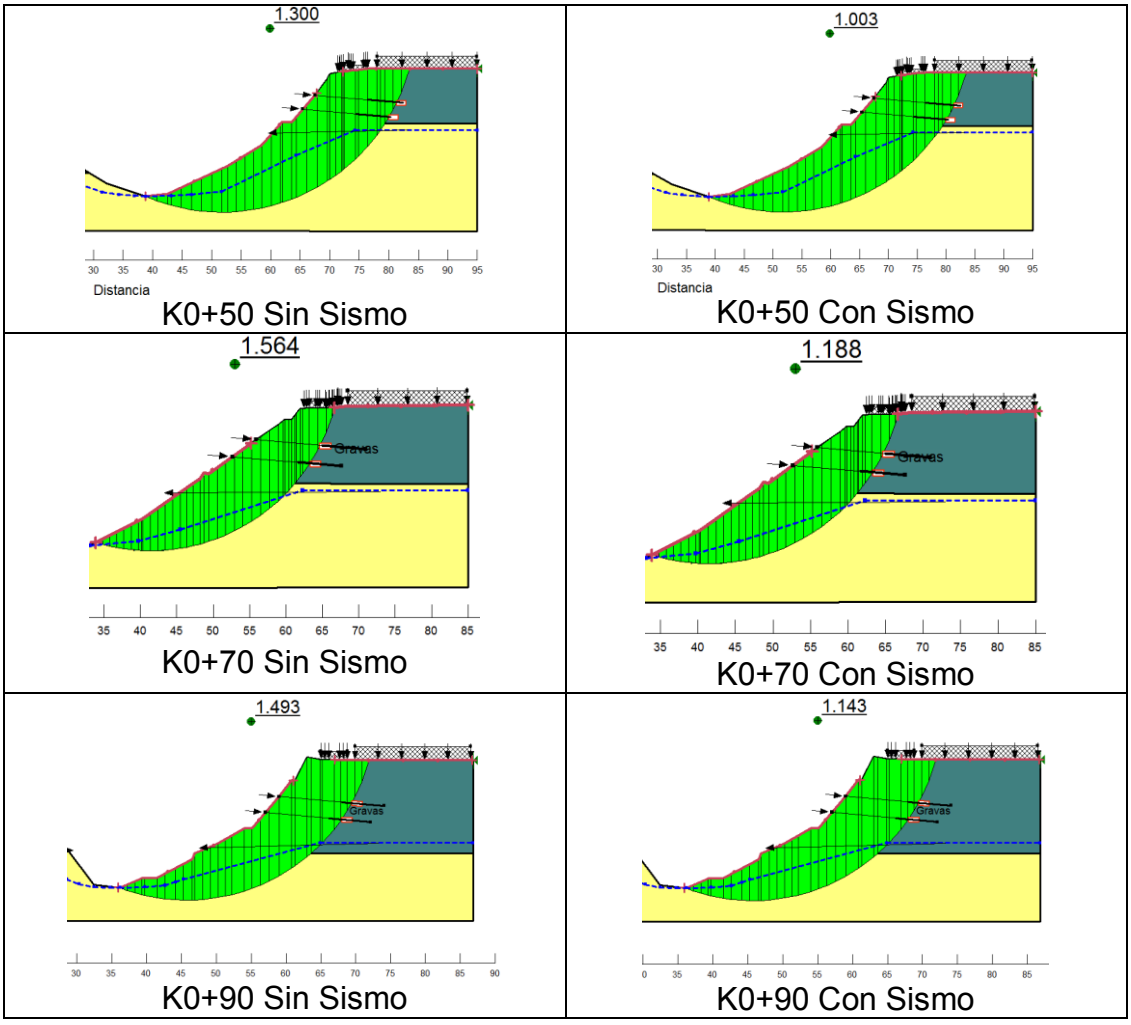
Corresponde al item 2.04.03.b el cual considera la conformación y compactación de rellenos comunes en terraplen sin acarreo libre, con un área de.

$A_{empradizacion}$ =14088 m^2

12.2.2. OBRAS DE ESTABILIZACION

Esta prediseño corresponde a la construcción de una pantalla anclada y al manejo de las aguas subterráneas mediante la construcción de drenes de penetración y filtros de zanja.

Figura 97 Factor de seguridad prediseño 2, Costado Derecho.



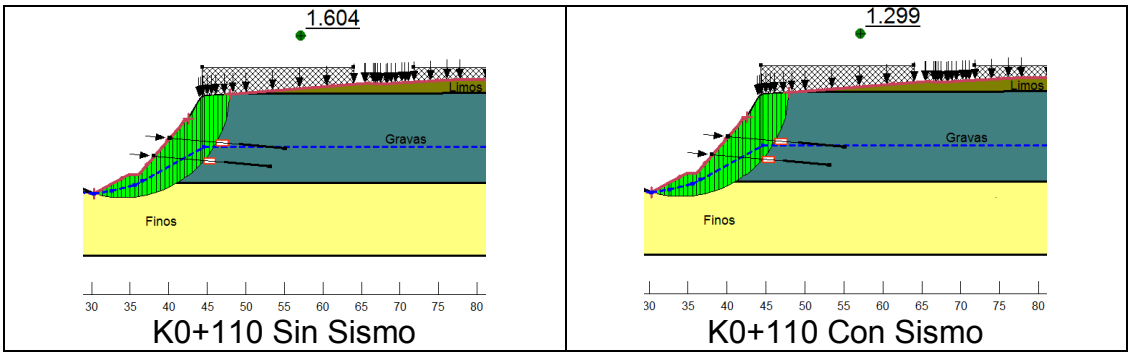


Tabla 39 Resumen factores de seguridad prediseño 2, Costado Derecho.

Descripción	Factor de seguridad condiciones estáticas	Factor de seguridad con sismo	Nivel de Amenaza
K0+050	1,3	1,003	Media
K0+070	1,564	1,188	Baja
K0+090	1,493	1,143	Media
K0+110	1,604	1,299	Baja

12.2.2.1. **Diseño anclajes**

Se plantean anclajes de 30 Tn espaciados cada 2,50 mts

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

$$Dbulbo = \alpha \times Dcuerpo$$

Dcuerpo = 3" = 0.075 m

α = Coeficiente que depende del tipo de mezcla (1,50 – 2,00)

Dbulbo = α D cuerpo = 1.50 (0.075) = 0.11 m

Resistencia suelo – bulbo

Para arenas se esperan resistencia Suelo – bulbo de 100 kN/m, con un factor de seguridad de 2 para anclajes permanentes.

Longitud del bulbo = 300 kN x 2 / 100 kN/m = 6,00 m

Resistencia Refuerzo

Se utilizaran torones de Ø½" Grado 270, los cuales tienen una resistencia última a la tensión de 180 kN

Para anclajes se recomienda trabajar con el 60% de la carga máxima la cual es: Pmáx Ø½" = 0,60 x 180 kN = 108 kN.

A continuación se calculan las dimensiones y refuerzos de la zapata para el anclaje.

El área necesaria de la zapata se calcula de la siguiente manera.

$$Az = \frac{T + Pz}{\sigma_{adm}}$$

En donde:

Az: Area de la zapata
T: Fuerza de diseño
Pz: Peso propio de la zapata (0,10T)
σ_{adm}: Esfuerzo admisible del terreno

y el lado de la zapata

$$L = \sqrt{Az}$$

La zapata se diseña a flexión, a cortante, por punzonamiento y se verifica la presión de contacto.

Para el diseño a flexión se calcula el momento de borde de la siguiente manera:

$$Mb = \frac{\sigma_n}{8}(L-a)^2 L$$

El momento último se halla mayorando el momento de borde Mb por un factor de 1,70, con el cual se halla la cantidad de refuerzo y su separación.

Se verifica el cortante como viga a una distancia d del borde.

$$Vd = \sigma_n \left(\frac{(L-a)}{2} - d \right) L$$

$$\nu_d = \frac{1.7.Vd}{B.d} < \phi \nu_c$$

$$\phi \nu_c = 0{,}53..\phi.\sqrt{f'c}$$

en donde $\nu_d < \emptyset\ \nu_c$

Se verifica el cortante por punzonamiento a una distancia d/2

$$V_{d/2} = \sigma_n \frac{(L+a+d)}{2} \frac{(L-a-d)}{2}$$

$$\nu_{d/2} = \frac{1{,}7.V_{d/2}}{(a+d)d} < \phi \nu_c$$

$$\phi \nu_c = \phi 1{,}1\sqrt{f'c}$$

Se verifica la transmisión de los esfuerzos del anclaje a la zapata.

$$fb = \frac{1{,}7T}{a^2}$$

y fb no debe ser superior a:

$$\phi 0{,}85 f'c \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \leq 2\phi 0{,}85 f'c$$

12.2.2.2. **Diseño manejo aguas subterráneas**

El nivel freático de acuerdo a los registros de los piezómetros varía entre 904 y 901 msnm.

Para garantizar factores de seguridad de acuerdo a las normas geotécnicas de la CDMB, el nivel freático debe mantenerse como máximo en 898 msnm. Para lograr este fin se proyectaron drenes de perforación cada 20 metros en la cota 895 msnm, en el costado Izquierdo.

En cuanto al costado Derecho el nivel freático debe mantenerse como máximo en 897 msnm. Para lograr este fin se proyectaron drenes de perforación cada 20 metros en la cota 894 msnm.

12.2.2.3. **Diseño manejo aguas superficiales**

Se requiere colocar canaletas que protejan contra la erosión en la pata de la pantalla y realizar sus entregas en zonas donde no causen daños.

12.2.2.4. **Cantidades de Obra**

A continuación se presentan los cálculos de cantidades de obra correspondiente a los diseños de estabilidad de taludes del Barrio Pablo VI en una longitud aproximada de 105 mts y una altura promedio de 12 mts en el costado derecho de la calle 67, adicionalmente para el costado derecho de la calle 68ª una longitud de 130 mts y una altura promedio de 12 mts. Las cantidades de obra se mayoraron considerando factores de seguridad según sea el caso.

Son 376 anclajes (168 y 208 correspondientes al costado derecho calle 67 y derecho calle 68 a respectivamente) los cuales se encuentran separados 2,50 mts horizontalmente y 3,00 metros verticalmente.

- **DESMONTE Y LIMPIEZA**

Corresponde al item 1.4 y se calcula considerando un área de afectación de la obra.

A_{izq} = 105 x 12 = 1260 m²
A_{der} = 130 x 12 = 1560 m²
$A_{revegetalizar}$ = 220 x 18 = 3960 m²

A_{total} = 6780 m²

- **EXCAVACIONES**

Corresponde a los ítems 2.1 a tajo abierto en taludes.

El cálculo de la excavación se realiza por medio de los cortes topográficos considerando un perfilado del terreno para la colocación de la pantalla anclada sobre terreno sin grietas.

V = 2256 m^3

- **CONCRETO 3000 PSI**

Factor de seguridad = 1,05

Corresponde al item 3.1 y considera el volumen de concreto que será usado en las zapatas de 0.9X0.9X0.25.

V = 0.90^2 (0,25) = 0,21 m^3

V = 1,05 x 376 x 0,21 = 83.91 m^3

- **ACERO DE REFUERZO**

Factor de seguridad = 1,00

Corresponde al item 3.3 y considera el peso del refuerzo que será usado en las 376 zapatas.

Son 20 varillas de Ø3/4" de 0.85 mts de longitud por anclaje para un total de 17.00 mts por zapata.

L = 17.00 x 376= 6392 mts

W = 2,25 x 6392 x 1,20 = 17258.4 kg

- **MALLA ELECTROSOLDADA**

Corresponde al ítem 3.6 y considera el área de la obra.

A_{izq} = 105 x 12 = 1260 m^2
A_{der} = 130 x 12 = 1560 m^2
A_{total} = 2820 m^2

- **SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE ANCLAJES**

Corresponde al item 3.4 y se considera el número de anclajes que se van a colocar en la obra.

N = 376

- **SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE CONCRETO LANZADO**

Corresponde al item 3.1.C y considera el área de la obra.
A_{izq} = 105 x 12 = 1260 m²
A_{der} = 130 x 12 = 1560 m²
A_{total} = 2820 m²

- **INYECCIÓN DE LECHADA PARA ANCLAJES**

Corresponde al item 3.2 y considera el volumen del bulbo de concreto del anclaje para una longitud de 6,00 mts.

V = π (0,11)² (6,00)/4 = 0,06 m³/anclaje

V = 0,06 x 376 x 2,0 = 45.12 m³

- **PERFORACIONES HORIZONTALES**

Corresponde al item 3.10 y considera la longitud total de perforación de los anclajes, los cuales son de 15,00 mts cada uno.

L = 376 x 15 = 5640 mts

12.2.2.5. **Especificaciones del planteamiento del pre diseño 1 y 2 en la calle 67.**

Se plantea la realización de Revegetalización en el talud sur de la calle 67 ya que a construir 240 m registrados en Revegetalización como pantalla anclada la mayoría se encontraba en zona no mitigable, debido al ancho de la corona del talud en determinada zona, por razones constructivas de obras futuras para el costado posterior a la pantalla de este pre diseño, como se ve en la figura 98.
La separación de la esquina del anclaje debe ser mayor a 3 metros respecto de anclajes del costado posterior.

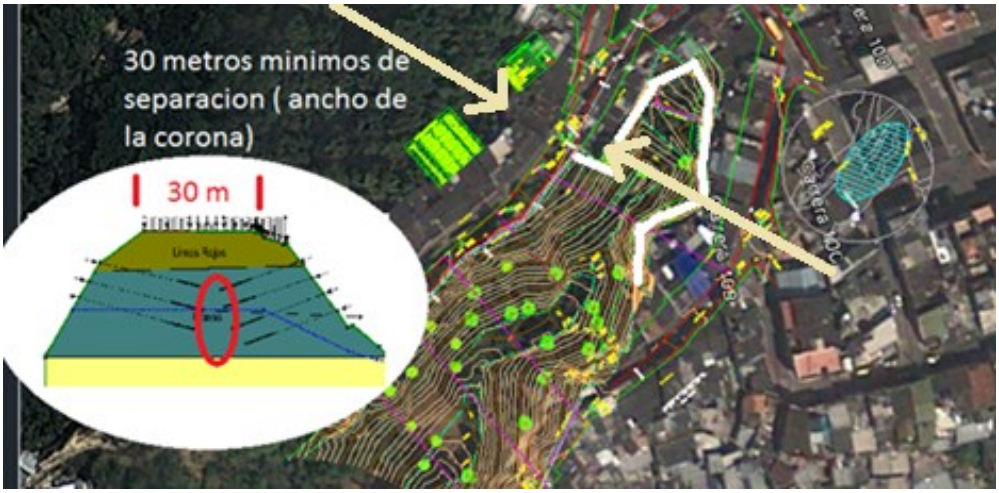


Figura 98 Condiciones Zona mitigable.

12.3. PREDISEÑO DEFINITIVO CONDICIONES FUTURAS CON OBRAS

Los prediseños de las obras definitivas calculados en la etapa de prediseño se consignan en los Planos de Planta, perfiles y planos estructurales los cuales se presentan en el Anexo Planos, en concordancia con los cálculos de estabilidad realizados en la etapa de evaluación de alternativas.

13. CONCLUSIONES

- Las viviendas no cumplen con los aislamientos mínimos exigidos en las Normas geotécnicas de la CDMB

- Se recomienda realizar estudios sísmicos para evaluar las condiciones del terreno y el grado de la onda sísmica teniendo en cuenta la difícil topografía del sector.

- Las obras planteadas en el presente documento corresponden a obras de mitigación a los fenómenos de remoción en masa. Los diseños de estas obras no están planteados para mejorar las condiciones de estabilidad de las viviendas debidos a las inadecuadas cimentaciones.

- A futuro el sector analizado no presenta una zona viable para la realización de nuevas construcciones, únicamente para reformas estructurales en las viviendas y obras de control de erosión.

- El presente estudio arrojo la intervención de dos sectores puntuales del barrio Pablo VI como son la escapa norte tanto de la calle 68 como la calle 68ª entre carreras 10ª y 10B, donde se recomienda la construcción de estructuras de estabilización consistente en pantallas ancladas, mientras que en la zona de escarpa de la calle 68 costado sur se realizara una recuperación y revegetalizacion del sector.

ING.DIEGO IVAN MORENO DAZA
Subdireccion De Gestion Del Riesgo y Seguridad Territorial

BIBLIOGRAFÍA

- BOWLES, Joseph E. Foundation Analysis and Design. Fourth Edition. McGraw-Hill Book Company. Singapore, 1988.
- JUAREZ BADILLO, Eulalio y RICO RODRIGUEZ, Alfonso. Mecánica de suelos Tomo II. Teoría y aplicaciones de la mecánica de suelos. Editorial Limusa. México, 1991.
- TERZAGHI, Karl; PECK Ralph B. Mecánica de suelos en la Ingeniería práctica. Segunda edición. Cuarta reimpresión. Editorial El Ateneo S.A. España, 1980.
- PECK, Ralph, HANSON, Walter E. THORNBURN, Thomas H.Ingeniería de cimentaciones. Talleres de imprenta técnica de Azafrán. México, Enero de 1982.
- Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo-Resistente NSR-10.
- DELGADO VARGAS, Manuel. Ingeniería de Fundaciones. Primera Edición. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. 1996.
- GONZALEZ DE VALLEJO, Luis *et al*. Ingeniería Geológica. Madrid. PEARSON Prentice Hall, 2002. 744 p.
- ROYERO J. & CLAVIJO J. (2001): Mapa geológico generalizado. Departamento de Santander. Escala 1:400.000 Memoria explicativa. Instituto de Investigación e información geo científica, Minero-Ambiental y Nuclear INGEOMINAS. Ministerio de Minas y Energía. República de Colombia. p. 92.
- WARD, D.E. *et al*. Memoria Explicativa: Cuadrángulos H-12 Bucaramanga y H-13 Pamplona. INGEOMINAS, 1973. 144 p.
- WARD, D.E. *et al*. Mapa Geológico de la Plancha 109 Rionegro. INGEOMINAS, 1977. Versión Digital 2010.
- NORMAS GEOTECNICA para el control y para la realización de estudios geológicos, geotécnicos e hidrológicos en el área de jurisdicción de la CDMB, Litografía Editar Impresores 2009.

PRESUPUESTO

CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE MITIGACIÓN Y ESTABILIZACIÓN EN LOS SECTORES LA GLORIA, NAZARETH Y PABLO VI DEL MUNICIPIO DE BUCARAMANGA – DEPARTAMENTO DE SANTANDER

FORMULARIO DE CANTIDADES APROXIMADAS DE OBRA Y PRECIOS

SECTOR LA GLORIA

ITEM	CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL
	SECCION PRIMERA				
	Trabajos preliminares				
1.1	Campamento	45,00	m2	$ 260.537,00	$ 11.724.165,00
1.2	Replanteo, control y medición de la obra	1,00	mes	$ 7.585.552,00	$ 7.585.552,00
1.3	Vallas y señales especiales Valla tipo 1A (5.00 m x 2.80 m)	1,00	und	$ 1.949.560,00	$ 1.949.560,00
1.4	Desmonte y limpieza	3.668,00	m2	$ 3.778,00	$ 13.857.704,00
1.5	Retiro de basuras y escombros	1.468,00	m3	$ 53.548,00	$ 78.608.464,00
1.6	Perfilado a mano descolgado de talud	660,00	m3	$ 131.841,00	$ 87.015.060,00
				Subtotal:	**$ 200.740.505,00**
	SECCION SEGUNDA				
2.1	Excavación a tajo abierto en taludes				
2.1.A	Excavación con acarreo libre				
2.1.A.2	En material granular a cualquier profundidad	3.668,00	m3	$ 40.554,00	$ 148.752.072,00
2.1.A.4	Excavación a mano descolgado para zapatas	413,00	m3	$ 164.042,00	$ 67.749.346,00
2.1.A.5	En roca a cualquier profundidad	917,00	m3	$ 69.308,00	$ 63.555.436,00
2.5	Sobreacarreos para acarreos totales mayores de 1000.00 m	47.745,00	m3-Km	$ 3.789,00	$ 180.905.805,00
2,6	Distribución y conformación de material de corte en el sitio	2.912,00	m3	$ 1.284,00	$ 3.739.008,00
				Subtotal:	**$ 464.701.667,00**
	SECCION TERCERA				
3.1	Concretos				
3.1.A	Suministro y Colocación de concreto de 3000 psi con mezcla humeda para zapatas	413,00	m3	$ 810.016,00	$ 334.536.608,00
3.1.C	Suministro y colocación de concreto lanzado Con mezcla húmeda De espesor 10 cm	3.668,00	m2	$ 276.568,00	$ 1.014.451.424,00
3.2	Inyección de lechada para anclajes	46,00	m3	$ 684.168,00	$ 31.471.728,00
3.3	Aceros				$ 0,00
3.3.A	Suministro y colocación Acero de refuerzo fy 4200 kg / cm2	77.645,00	Kg	$ 6.747,00	$ 523.870.815,00
3.4	Suministro y colocación de anclajes				
3.4.A	3 cables D =1/2"	917,00	u	$ 445.857,00	$ 408.850.869,00
3.5	Tensionamiento de anclajes	917,00	u	$ 41.032,00	$ 37.626.344,00
3.6	Suministro y colocación				
3.6.A	malla electrosoldada calibre 10	3.668,00	m2	$ 26.037,00	$ 95.503.716,00
3.7.A	Suministro e instalacion de Platina de 200mm X 200mm X 12mm con tres agujeros	917,00	u	$ 29.483,00	$ 27.035.911,00
3.7.B	Suministro e instalacion de Popora de 3 agujeros conicos para cuña de 1/2"	917,00	u	$ 84.184,00	$ 77.196.728,00
3.7.C	Suministro e instalación Cuña de 1/2"	917,00	u	$ 64.055,00	$ 58.738.435,00
3.10	Ejecución de perforaciones horizontales en taludes con pendientes mayores a 1:1 con equipo de perforación descolgado				
3.10.A	Para anclajes de 0.00 a 15.00 m	13.755,00	ml	$ 301.615,00	$ 4.148.714.325,00
3.10.B	Para anclajes mayores a 15.00 m	13.755,00	ml	$ 335.720,00	$ 4.617.828.600,00
3.11	Encamisado en perforaciones horizontales para anclajes y drenes de penetración horizontal	29.370,00	ml	$ 122.014,00	$ 3.583.551.180,00
3.12	Caja de inspeccion en concreto de 3000 PSI	12,00	u	$ 641.787,00	$ 7.701.444,00
3.13	Tuberia pvc 2" conduccion a la zanja	180,00	ml	$ 23.840,00	$ 4.291.200,00
3.14	Concreto ciclopeo 60% concreto simple f'c:210 kg/cm2	282,00	m3	$ 456.462,00	$ 128.722.284,00
				Subtotal	**$ 15.100.091.611,00**
	SECCION CUARTA				
4.1	Drenes con tubería P.V.C. ranurada D=2" para drenes de penetración a 15 mts	1.860,00	ml	$ 404.607,00	$ 752.569.020,00
4.2	Canaleta de coronación	564,00	ml	$ 65.207,00	$ 36.776.748,00
4.4	Estructura de disipacion de energia	60,00	ml	$ 389.179,00	$ 23.350.740,00
4,5	Cerramiento en malla eslabonada y poste de concreto a 2m	117,00	ml	$ 190.786,00	$ 22.321.962,00
				Subtotal	**$ 835.018.470,00**
	Presupuesto Costos directos				**$ 16.600.552.253,00**

SECTOR NAZARETH

ITEM	CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL
	SECCION PRIMERA				
	Trabajos preliminares				
1.1	Campamento	45,00	m2	$ 260.537,00	$ 11.724.165,00
1.2	Replanteo, control y medición de la obra	1,00	mes	$ 7.585.552,00	$ 7.585.552,00
1.3	Vallas y señales especiales Valla tipo 1A (5.00 m x 2.80 m)	1,00	und	$ 1.949.560,00	$ 1.949.560,00
1.4	Desmonte y limpieza	3.390,00	m2	$ 3.778,00	$ 12.807.420,00
1.5	Retiro de basuras y escombros	1.356,00	m3	$ 53.548,00	$ 72.611.088,00
1.6	Perfilado a mano descolgado de talud	1.525,00	m3	$ 131.841,00	$ 201.057.525,00
				Subtotal:	**$ 307.735.310,00**
	SECCION SEGUNDA				
2.1	Excavación a tajo abierto en taludes				
2.1.A	Excavación con acarreo libre				
2.1.A.2	En material granular a cualquier profundidad	6.102,00	m3	$ 40.554,00	$ 247.460.508,00
2.1.A.4	Excavación a mano descolgado para zapatas	382,00	m3	$ 164.042,00	$ 62.664.044,00
2.1.A.5	En roca a cualquier profundidad	2.542,00	m3	$ 69.308,00	$ 176.180.936,00
2.5	Sobreacarreos para acarreos totales mayores de 1000.00 m	132.210,00	m3-Km	$ 3.789,00	$ 500.943.690,00
2,6	Distribución y conformación de material de corte en el sitio	8.064,00	m3	$ 1.284,00	$ 10.354.176,00
				Subtotal:	**$ 997.603.354,00**
	SECCION TERCERA				
3.1	Concretos				
3.1.A	Suministro y Colocación de concreto de 3000 psi con mezcla humeda para zapatas	382,00	m3	$ 810.016,00	$ 309.426.112,00
3.1.C	Suministro y colocación de concreto lanzado Con mezcla húmeda De espesor 10 cm	3.390,00	m2	$ 276.568,00	$ 937.565.520,00
3.2	Inyección de lechada para anclajes	1.668,00	m3	$ 684.168,00	$ 1.141.192.224,00
3.3	Aceros				$ 0,00
3.3.A	Suministro y colocación Acero de refuerzo fy 4200 kg / cm2	71.802,00	Kg	$ 6.747,00	$ 484.448.094,00
3.4	Suministro y colocación de anclajes				
3.4.A	3 cables D =1/2"	848,00	u	$ 445.857,00	$ 378.086.736,00
3.5	Tensionamiento de anclajes	848,00	u	$ 41.032,00	$ 34.795.136,00
3.6	Suministro y colocación				
3.6.A	malla electrosoldada calibre 10	3.390,00	m2	$ 26.037,00	$ 88.265.430,00
3.7.A	Suministro e instalacion de Platina de 200mm X 200mm X 12mm con tres agujeros	848,00	u	$ 29.483,00	$ 25.001.584,00
3.7.B	Suministro e instalacion de Popora de 3 agujeros conicos para cuña de 1/2"	848,00	u	$ 84.184,00	$ 71.388.032,00
3.7.C	Suministro e instalación Cuña de 1/2"	848,00	u	$ 64.055,00	$ 54.318.640,00
3.10	Ejecución de perforaciones horizontales en taludes con pendientes mayores a 1:1 con equipo de perforación descolgado				

3.10.A	Para anclajes de 0.00 a 15.00 m	12.720,00	ml	$ 301.615,00	$ 3.836.542.800,00
3.10.B	Para anclajes mayores a 15.00 m	8.480,00	ml	$ 335.720,00	$ 2.846.905.600,00
3.11	Encamisado en perforaciones horizontales para anclajes y drenes de penetración horizontal	22.940,00	ml	$ 122.014,00	$ 2.799.001.160,00
3.12	Caja de inspeccion en concreto de 3000 PSI	12,00	u	$ 641.787,00	$ 7.701.444,00
3.13	Tuberia pvc 2" conduccion a la zanja	180,00	ml	$ 23.840,00	$ 4.291.200,00
3.14	Concreto ciclopeo 60% concreto simple f'c:210 kg/cm2	196,00	m3	$ 456.462,00	$ 89.466.552,00
				Subtotal	**$ 13.108.396.264,00**
	SECCION CUARTA				
4.1	Drenes con tubería P.V.C. ranurada D=2" para drenes de penetración a 15 mts	1.740,00	ml	$ 404.607,00	$ 704.016.180,00
4.2	Canaleta de coronación	393,00	ml	$ 65.207,00	$ 25.626.351,00
4.4	Estructura de disipacion de energia	40,00	ml	$ 389.179,00	$ 15.567.160,00
4,5	Cerramiento en malla eslabonada y poste de concreto a 2m	0,00	ml	$ 190.786,00	$ 0,00
				Subtotal	**$ 745.209.691,00**
	Presupuesto Costos directos				**$ 15.158.944.619,00**

SECTOR PABLO VI

ITEM	CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR PARCIAL
	SECCION PRIMERA				
	Trabajos preliminares				
1.1	Campamento	45,00	m2	$ 260.537,00	$ 11.724.165,00
1.2	Replanteo, control y medición de la obra	1,00	mes	$ 7.585.552,00	$ 7.585.552,00
1.3	Vallas y señales especiales Valla tipo 1A (5.00 m x 2.80 m)	1,00	und	$ 1.949.560,00	$ 1.949.560,00
1.4	Desmonte y limpieza	6.780,00	m2	$ 3.778,00	$ 25.614.840,00
1.5	Retiro de basuras y escombros	2.712,00	m3	$ 53.548,00	$ 145.222.176,00
1.6	Perfilado a mano descolgado de talud	1.356,00	m3	$ 131.841,00	$ 178.776.396,00
				Subtotal:	**$ 370.872.689,00**
	SECCION SEGUNDA				
2.1	Excavación a tajo abierto en taludes				
2.1.A	Excavación con acarreo libre				
2.1.A.2	En material granular a cualquier profundidad	6.069,00	m3	$ 40.554,00	$ 246.122.226,00
2.1.A.4	Excavación a mano descolgado para zapatas	109,00	m3	$ 164.042,00	$ 17.880.578,00
2.1.A.5	En roca a cualquier profundidad	1.518,00	m3	$ 69.308,00	$ 105.209.544,00
2.5	Sobreacarreos para acarreos totales mayores de 1000.00 m	48.552,00	m3-Km	$ 3.789,00	$ 183.963.528,00
2,6	Distribución y conformación de material de corte en el sitio	2.962,00	m3	$ 1.284,00	$ 3.803.208,00
				Subtotal:	**$ 556.979.084,00**
	SECCION TERCERA				
3.1	Concretos				
3.1.A	Suministro y Colocación de concreto de 3000 psi con mezcla humeda para zapatas	84,00	m3	$ 810.016,00	$ 68.041.344,00
3.1.C	Suministro y colocación de concreto lanzado Con mezcla húmeda De espesor 10 cm	2.820,00	m2	$ 276.568,00	$ 779.921.760,00
3.2	Inyección de lechada para anclajes	888,00	m3	$ 684.168,00	$ 607.541.184,00
3.3	Aceros				$ 0,00
3.3.A	Suministro y colocación Acero de refuerzo fy 4200 kg / cm2	17.259,00	Kg	$ 6.747,00	$ 116.446.473,00
3.4	Suministro y colocación de anclajes				
3.4.A	3 cables D =1/2"	376,00	u	$ 445.857,00	$ 167.642.232,00
3.5	Tensionamiento de anclajes	376,00	u	$ 41.032,00	$ 15.428.032,00
3.6	Suministro y colocación				
3.6.A	malla electrosoldada calibre 10	2.820,00	m2	$ 26.037,00	$ 73.424.340,00
3.7.A	Suministro e instalacion de Platina de 200mm X 200mm X 12mm con tres agujeros	376,00	u	$ 29.483,00	$ 11.085.608,00
3.7.B	Suministro e instalacion de Popora de 3 agujeros conicos para cuña de 1/2"	376,00	u	$ 84.184,00	$ 31.653.184,00
3.7.C	Suministro e instalación Cuña de 1/2"	376,00	u	$ 64.055,00	$ 24.084.680,00
3.10	Ejecución de perforaciones horizontales en taludes con pendientes mayores a 1:1 con equipo de perforación descolgado				
3.10.A	Para anclajes de 0.00 a 15.00 m	5.640,00	ml	$ 301.615,00	$ 1.701.108.600,00
3.10.B	Para anclajes mayores a 15.00 m	5.640,00	ml	$ 335.720,00	$ 1.893.460.800,00
3.11	Encamisado en perforaciones horizontales para anclajes y drenes de penetración horizontal	12.060,00	ml	$ 122.014,00	$ 1.471.488.840,00
3.12	Caja de inspeccion en concreto de 3000 PSI	5,00	u	$ 641.787,00	$ 3.208.935,00
3.13	Tuberia pvc 2" conduccion a la zanja	75,00	ml	$ 23.840,00	$ 1.788.000,00
3.14	Concreto ciclopeo 60% concreto simple f'c:210 kg/cm2	338,00	m3	$ 456.462,00	$ 154.284.156,00
				Subtotal	**$ 7.120.608.168,00**
	SECCION CUARTA				
4.1	Drenes con tubería P.V.C. ranurada D=2" para drenes de penetración a 15 mts	780,00	ml	$ 404.607,00	$ 315.593.460,00
4.2	Canaleta de coronación	675,00	ml	$ 65.207,00	$ 44.014.725,00
4.4	Estructura de disipacion de energia	70,00	ml	$ 389.179,00	$ 27.242.530,00
4,5	Cerramiento en malla eslabonada y poste de concreto a 2m	220,00	ml	$ 190.786,00	$ 41.972.920,00
				Subtotal	**$ 428.823.635,00**
	Presupuesto Costos directos				**$ 8.477.283.576,00**
	VALOR TOTAL COSTO DIRECTO				**$ 40.236.780.448,00**
	Administración:			23,05%	$ 9.274.577.893,00
	Imprevistos			1,00%	$ 402.367.804,00
	Utilidades:			5,00%	$ 2.011.839.022,00
	I.V.A.			19,00%	$ 382.249.414,00
	A.I.U. + I.V.A.				$ 12.071.034.133,00
	Actualizacion y/o ajustes a los diseños				$ 382.249.417,00
	Valor Total obra				**$ 52.690.063.998,00**
	Interventoria			7,00%	**$ 3.688.304.480,00**
	Gastos administrativos			5,00%	**$ 2.818.918.424,00**
	Total obra e interventoria				**$ 59.197.286.902,00**

Avaló:

ARQ. IVAN JOSE VARGAS CARDENAS
Secretario de Infraestructura y Alumbrado Público de Bucaramanga

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA	FORMATO No. 001 ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS	
CAPITULO:	SECCION PRIMERA	**ITEM No. :**	1.1
DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD:	Campamento	**UM :**	m2
		FECHA :	26/10/2020

1. MATERIALES EN OBRA

Código	Descripción	Unidad	Valor Unitario	Cantidad	%Desperdicio	Valor Parcial
MT001	Ladrillo temosa	UN	$ 1.413,10	30,00	10,00%	$ 46.632,30
MT002	Teja de zinc Master 1000 galvanizada C-28	M2	$ 25.226,59	1,00	10,00%	$ 27.749,25
MT003	Concreto premezclado puesto en obra de 2500 PSI y AS 4" [10 cm]	M3	$ 389.968,34	0,02	10,00%	$ 8.579,30
MT004	Concreto premezclado puesto en obra de 2000 PSI y AS 4" [10 cm]	M3	$ 360.254,12	0,10	10,00%	$ 39.627,95
MT005	Acero PDR-60	KG	$ 4.481,00	2,53	10,00%	$ 12.470,62
MT006	Mortero de pega para mampostería de 3500 PSI relación 1:3	M3	$ 457.174,62	0,09	10,00%	$ 45.260,29
MT007	Combo Sanitario	UN	$ 493.092,70	0,03	10,00%	$ 16.272,06
MT008	Puerta triplex cedrillo de 0.90x2.00 [Mts]	UN	$ 101.380,72	0,03		$ 3.041,42
MT009	Par de bisagras de 2 1/2" x 2 1/2"	UN	$ 2.646,04	0,03		$ 79,38
MT010	Cerradura Schlage Plymounth Plat	UN	$ 70.899,09	0,03		$ 2.126,97
					Sub-Total	**$ 201.839,54**

2. EQUIPO

Código	Descripción	Unidad	Tarifa	Cantidad	Rendimiento	Valor Parcial
EQ001	Herramienta Menor (10% M.O)					$ 5.336,13
					Sub-Total	**$ 5.336,13**

3. TRANSPORTES

Código	Descripción	Rendimiento	Valor Viaje	Valor Cargue	Valor Parcial
				Sub-Total	**$ -**

4. MANO DE OBRA

Código	Trabajador	Unidad	Salario Básico	"Salario con Prestaciones"	Rendimiento (Hora/UM)	Valor Parcial
MO001	CUADRILLA 2 ALBAÑILERIA (1OF+2AYU)	HORA	$ 13.052,00	$ 25.410,14	2,10	$ 53.361,29
					Sub-Total	**$ 53.361,29**

COSTO DIRECTO	**$ 260.537,00**

	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA	FORMATO No. 001 ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS	
CAPITULO:	SECCION PRIMERA	**ITEM No. :**	1.2
DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD:	Replanteo, control y medición de la obra	**UM :**	mes
		FECHA :	26/10/2020

1. MATERIALES EN OBRA

Código	Descripción	Unidad	Valor Unitario	Cantidad	%Desperdicio	Valor Parcial
					Sub-Total	**$ -**

2. EQUIPO

Código	Descripción	Unidad	Tarifa	Cantidad	Rendimiento	Valor Parcial
EQ002	Herramienta (plomadas, porra, estaca, aesrosol, cinta metrica)		$ 329.314,30			$ 329.314,30
EQ003	Equipo de Topografía (Trasito,Nivel,Ele.complementarios)	DIA	$ 103.769,00	30,00	1,00	$ 3.113.070,00
					Sub-Total	**$ 3.442.384,30**

3. TRANSPORTES

Código	Descripción	Rendimiento	Valor Viaje	Valor Cargue	Valor Parcial
TR001	Camioneta de Platon	20,00	$ 38.637,00	$ 3.864,20	$ 850.024,00
				Sub-Total	**$ 850.024,00**

4. MANO DE OBRA

Código	Trabajador	Unidad	Salario Básico	"Salario con Prestaciones"	Rendimiento (Hora/UM)	Valor Parcial
MO002	CUADRILLA 2 TOPOGRAFIA (1TO+2CAD)	HORA	$ 13.980,00	$ 27.216,06	121,00	$ 3.293.143,26
					Sub-Total	**$ 3.293.143,26**

COSTO DIRECTO	**$ 7.585.552,00**

		CORPORACION AUTONOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA			FORMATO No. 001 ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS		
CAPITULO:		SECCION PRIMERA			ITEM No. :	1.3	
DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD:		Vallas y señales especiales Valla tipo 1A (5.00 m x 2.80 m)			UM :	und	
					FECHA :	26/10/2020	
1. MATERIALES EN OBRA							
Código	Descripción	Unidad	Valor Unitario	Cantidad	%Desperdicio	Valor Parcial	
MT011	Valla informativa Tipo I de 5.00m x 2.80m	UN	$ 1.600.000,00	1,00	0,00%	$	1.600.000,00
					Sub-Total	$	1.600.000,00
2. EQUIPO							
Código	Descripción	Unidad	Tarifa	Cantidad	Rendimiento	Valor Parcial	
EQ001	Herramienta Menor (10% M.O)					$	9.147,65
					Sub-Total	$	9.147,65
3. TRANSPORTES							
Código	Descripción		Rendimiento	Valor Viaje	Valor Cargue	Valor Parcial	
TR002	Transporte materiales normal		4,10	$ 55.196,00	$ 5.520,10	$	248.936,01
					Sub-Total	$	248.936,01
4. MANO DE OBRA							
Código	Trabajador	Unidad	Salario Básico	"Salario con Prestaciones"	Rendimiento (Hora/UM)	Valor Parcial	
MO003	CUADRILLA 1 INSTALACIONES (1OF+1AYU)	HORA	$ 10.442,00	$ 20.328,11	4,50	$	91.476,50
					Sub-Total	$	91.476,50
					COSTO DIRECTO	$	1.949.560,00

	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA	FORMATO No. 001 ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS	
CAPITULO:	SECCION PRIMERA	ITEM No. :	1.4
DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD:	Desmonte y limpieza	UM :	m2
		FECHA :	26/10/2020

1. MATERIALES EN OBRA

Código	Descripción	Unidad	Valor Unitario	Cantidad	%Desperdicio	Valor Parcial
					Sub-Total	$ -

2. EQUIPO

Código	Descripción	Unidad	Tarifa	Cantidad	Rendimiento	Valor Parcial
EQ001	Herramienta Menor (10% M.O)					$ 277,22
					Sub-Total	$ 277,22

3. TRANSPORTES

Código	Descripción	Rendimiento	Valor Viaje	Valor Cargue	Valor Parcial
TR003	Transporte (incluye botadero autorizado)	0,01	$ 66.236,00	$ 6.623,16	$ 728,59
				Sub-Total	$ 728,59

4. MANO DE OBRA

Código	Trabajador	Unidad	Salario Básico	"Salario con Prestaciones"	Rendimiento (Hora/UM)	Valor Parcial
MO004	AYUDANTE ALBAÑILERIA	HORA	$ 3.560,00	$ 6.930,39	0,40	$ 2.772,16
					Sub-Total	$ 2.772,16
					COSTO DIRECTO	$ 3.778,00

	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA	**FORMATO No. 001 ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**	
CAPITULO:	SECCION PRIMERA	**ITEM No. :**	1.5
DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD:	Retiro de basuras y escombros	**UM :**	m3
		FECHA :	26/10/2020

1. MATERIALES EN OBRA

Código	Descripción	Unidad	Valor Unitario	Cantidad	%Desperdicio	Valor Parcial
					Sub-Total	**$ -**

2. EQUIPO

Código	Descripción	Unidad	Tarifa	Cantidad	Rendimiento	Valor Parcial
EQ004	Minicargador Tipo BOTCAT	HO RA	$ 67.790,00	1,00	12,00	$ 5.649,17
					Sub-Total	**$ 5.649,17**

3. TRANSPORTES

Código	Descripción	Rendimiento	Valor Viaje	Valor Cargue	Valor Parcial
TR003	Transporte (incluye botadero autorizado)	0,20	$ 66.236,00		$ 13.247,20
				Sub-Total	**$ 13.247,20**

4. MANO DE OBRA

Código	Trabajador	Unidad	Salario Básico	"Salario con Prestaciones"	Rendimiento (Hora/UM)	Valor Parcial
MO004	AYUDANTE ALBAÑILERIA	HORA	$ 3.560,00	$ 6.930,39	5,00	$ 34.651,95
					Sub-Total	**$ 34.651,95**

COSTO DIRECTO	**$ 53.548,00**

	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA	FORMATO No. 001 ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS	
CAPITULO:	SECCION PRIMERA	ITEM No. :	1.6
DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD:	Perfilado a mano descolgado de talud	UM :	m3
		FECHA :	26/10/2020

1. MATERIALES EN OBRA

Código	Descripción	Unidad	Valor Unitario	Cantidad	%Desperdicio	Valor Parcial
					Sub-Total	$ -

2. EQUIPO

Código	Descripción	Unidad	Tarifa	Cantidad	Rendimiento	Valor Parcial
EQ001	Herramienta Menor (10% M.O)					$ 10.164,06
					Sub-Total	$ 10.164,06

3. TRANSPORTES

Código	Descripción	Rendimiento	Valor Viaje	Valor Cargue	Valor Parcial
TR002	Transporte materiales normal	0,33	$ 55.196,00	$ 5.520,10	$ 20.036,31
				Sub-Total	$ 20.036,31

4. MANO DE OBRA

Código	Trabajador	Unidad	Salario Básico	"Salario con Prestaciones"	Rendimiento (Hora/UM)	Valor Parcial
MO001	CUADRILLA 2 ALBAÑILERIA (1OF+2AYU)	HORA	$ 13.052,00	$ 25.410,14	4,00	$ 101.640,56
					Sub-Total	$ 101.640,56

COSTO DIRECTO	$ 131.841,00

	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA	FORMATO No. 001 ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS	
CAPITULO:	SECCION SEGUNDA	ITEM No. :	2.1.A.2
DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD:	Excavación a tajo abierto en taludes Excavación con acarreo libre En material granular a cualquier profundidad	UM :	m3
		FECHA :	26/10/2020

1. MATERIALES EN OBRA

Código	Descripción	Unidad	Valor Unitario	Cantidad	%Desperdicio	Valor Parcial
					Sub-Total	$ -

2. EQUIPO

Código	Descripción	Unidad	Tarifa	Cantidad	Rendimiento	Valor Parcial
EQ005	Retroexcavadora de oruga CAT320	HORA	$ 185.681,00	1,00	5,30	$ 35.034,15
					Sub-Total	**$ 35.034,15**

3. TRANSPORTES

Código	Descripción	Rendimiento	Valor Viaje	Valor Cargue	Valor Parcial
TR002	Transporte materiales normal	0,10	$ 55.196,00		$ 5.519,60
				Sub-Total	**$ 5.519,60**

4. MANO DE OBRA

Código	Trabajador	Unidad	Salario Básico	"Salario con Prestaciones"	Rendimiento (Hora/UM)	Valor Parcial
					Sub-Total	**$ -**

COSTO DIRECTO	**$ 40.554,00**

	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA	FORMATO No. 001 ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS	
CAPITULO:	SECCION SEGUNDA	ITEM No. :	2.1.A.4
DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD:	Excavación a tajo abierto en taludes Excavación con acarreo libre Excavación a mano descolgado para zapatas	UM :	m3
		FECHA :	26/10/2020

1. MATERIALES EN OBRA

Código	Descripción	Unidad	Valor Unitario	Cantidad	%Desperdicio	Valor Parcial
					Sub-Total	$ -

2. EQUIPO

Código	Descripción	Unidad	Tarifa	Cantidad	Rendimiento	Valor Parcial
EQ001	Herramienta Menor (10% M.O)					$ 12.705,07
					Sub-Total	**$ 12.705,07**

3. TRANSPORTES

Código	Descripción	Rendimiento	Valor Viaje	Valor Cargue	Valor Parcial
TR004	Acarreo libre	0,40	$ 55.196,00	$ 5.519,32	$ 24.286,13
				Sub-Total	**$ 24.286,13**

4. MANO DE OBRA

Código	Trabajador	Unidad	Salario Básico	"Salario con Prestaciones"	Rendimiento (Hora/UM)	Valor Parcial
MO001	CUADRILLA 2 ALBAÑILERIA (1OF+2AYU)	HORA	$ 13.052,00	$ 25.410,14	5,00	$ 127.050,70
					Sub-Total	**$ 127.050,70**

COSTO DIRECTO	**$ 164.042,00**

	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA	FORMATO No. 001 ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS	
CAPITULO:	SECCION SEGUNDA	**ITEM No. :**	2.1.A.5
DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD:	Excavación a tajo abierto en taludes Excavación con acarreo libre En roca a cualquier profundidad	**UM :**	m3
		FECHA :	26/10/2020

1. MATERIALES EN OBRA

Código	Descripción	Unidad	Valor Unitario	Cantidad	%Desperdicio	Valor Parcial
					Sub-Total	$ -

2. EQUIPO

Código	Descripción	Unidad	Tarifa	Cantidad	Rendimiento	Valor Parcial
EQ001	Herramienta Menor (10% M.O)					$ 2.771,96
EQ005	Retroexcavadora de oruga CAT320	HORA	$ 185.681,00	0,40	2,50	$ 29.708,96
					Sub-Total	**$ 32.480,92**

3. TRANSPORTES

Código	Descripción	Rendimiento	Valor Viaje	Valor Cargue	Valor Parcial
TR002	Transporte materiales normal	0,15	$ 55.196,00	$ 5.520,10	$ 9.107,42
				Sub-Total	**$ 9.107,42**

4. MANO DE OBRA

Código	Trabajador	Unidad	Salario Básico	"Salario con Prestaciones"	Rendimiento (Hora/UM)	Valor Parcial
MO005	CUADRILLA 1 ALBAÑILERIA (1OF+1AYU)	HORA	$ 9.492,00	$ 18.479,75	1,50	$ 27.719,63
					Sub-Total	**$ 27.719,63**

COSTO DIRECTO	**$ 69.308,00**

	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA	FORMATO No. 001 ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS	
CAPITULO:	SECCION SEGUNDA	ITEM No. :	2.5
DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD:	Sobreacarreos para acarreos totales mayores de	UM :	m3-Km
		FECHA :	26/10/2020

1. MATERIALES EN OBRA

Código	Descripción	Unidad	Valor Unitario	Cantidad	%Desperdicio	Valor Parcial
					Sub-Total	$ -

2. EQUIPO

Código	Descripción	Unidad	Tarifa	Cantidad	Rendimiento	Valor Parcial
EQ005	Retroexcavadora de oruga CAT320	HORA	$ 185.681,00	0,40	80,00	$ 928,41
EQ001	Herramienta Menor (10% M.O)					$ 65,30
					Sub-Total	$ 993,71

3. TRANSPORTES

Código	Descripción	Rendimiento	Valor Viaje	Valor Cargue	Valor Parcial
				Sub-Total	$ -

4. MANO DE OBRA

Código	Trabajador	Unidad	Salario Básico	"Salario con Prestaciones"	Rendimiento (Hora/UM)	Valor Parcial
MO001	CUADRILLA 2 ALBAÑILERIA (1OF+2AYU)	HORA	$ 13.052,00	$ 25.410,14	0,110	$ 2.795,12
					Sub-Total	$ 2.795,12
					COSTO DIRECTO	$ 3.789,00

	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA	FORMATO No. 001 ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS	
CAPITULO:	SECCION SEGUNDA	ITEM No. :	2,6
DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD:	Distribución y conformación de material de corte en el sitio	UM :	m3
		FECHA :	26/10/2020

1. MATERIALES EN OBRA

Código	Descripción	Unidad	Valor Unitario	Cantidad	%Desperdicio	Valor Parcial
					Sub-Total	$ -

2. EQUIPO

Código	Descripción	Unidad	Tarifa	Cantidad	Rendimiento	Valor Parcial
EQ005	Retroexcavadora de oruga CAT320	HORA	$ 185.681,00	0,40	80,00	$ 928,41
					Sub-Total	**$ 928,41**

3. TRANSPORTES

Código	Descripción	Rendimiento	Valor Viaje	Valor Cargue	Valor Parcial
				Sub-Total	**$ -**

4. MANO DE OBRA

Código	Trabajador	Unidad	Salario Básico	"Salario con Prestaciones"	Rendimiento (Hora/UM)	Valor Parcial
MO001	CUADRILLA 2 ALBAÑILERIA (1OF+2AYU)	HORA	$ 13.052,00	$ 25.410,14	0,014	$ 355,74
					Sub-Total	**$ 355,74**

COSTO DIRECTO	**$ 1.284,00**

	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA	FORMATO No. 001 ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS	
CAPITULO:	SECCION TERCERA	ITEM No. :	3.1.A
DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD:	Suministro y Colocación de concreto de 3000 psi con mezcla humeda para zapatas	UM :	m3
		FECHA :	26/10/2020

1. MATERIALES EN OBRA

Código	Descripción	Unidad	Valor Unitario	Cantidad	%Desperdicio	Valor Parcial
MT012	Concreto de 3000 PSI	M3	$ 444.892,00	1,00	5,00%	$ 467.136,60
MT013	Acelerante para concreto	KG	$ 8.346,00	6,00	5,00%	$ 52.579,80
					Sub-Total	$ 519.716,40

2. EQUIPO

Código	Descripción	Unidad	Tarifa	Cantidad	Rendimiento	Valor Parcial
EQ001	Herramienta Menor (10% M.O)					$ 16.170,27
					Sub-Total	$ 16.170,27

3. TRANSPORTES

Código	Descripción	Rendimiento	Valor Viaje	Valor Cargue	Valor Parcial
TR006	Bombeo de concreto	1,00	$ 102.206,00	$ 10.220,60	$ 112.426,60
				Sub-Total	$ 112.426,60

4. MANO DE OBRA

Código	Trabajador	Unidad	Salario Básico	"Salario con Prestaciones"	Rendimiento (Hora/UM)	Valor Parcial
MO006	CUADRILLA 3 ALBAÑILERIA (1OF+3AYU)	HORA	$ 16.612,00	$ 32.340,53	5,00	$ 161.702,65
					Sub-Total	$ 161.702,65

COSTO DIRECTO	$ 810.016,00

	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA	FORMATO No. 001 ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS	
CAPITULO:	SECCION TERCERA	**ITEM No. :**	3.1.C
DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD:	Suministro y colocación de concreto lanzado Con mezcla húmeda De espesor 10 cm	**UM :**	m2
		FECHA :	26/10/2020

1. MATERIALES EN OBRA

Código	Descripción	Unidad	Valor Unitario	Cantidad	%Desperdicio	Valor Parcial
MT014	Cemento gris tipo Portland tipo 1	KG	$ 772,00	60,50	0,00%	$ 46.706,00
MT015	Arena Media	M3	$ 75.619,00	0,132	0,00%	$ 9.981,71
MT016	Triturado 1/2"	M3	$ 96.181,00	0,132	0,00%	$ 12.695,89
MT017	Plastificante	GL	$ 8.452,00	0,44	0,00%	$ 3.718,88
MT018	Agua	LT	$ 3,00	22,00	0,00%	$ 66,00
MT013	Acelerante para concreto	KG	$ 8.346,00	2,19	0,00%	$ 18.277,74
					Sub-Total	**$ 91.446,22**

2. EQUIPO

Código	Descripción	Unidad	Tarifa	Cantidad	Rendimiento	Valor Parcial
EQ001	Herramienta Menor (10% M.O)					$ 9.609,47
EQ006	Bomba Peristatica	HOR	$ 101.814,00	1,00	3,50	$ 29.089,71
EQ007	Compresor 2 PISTOLAS	HOR	$ 79.234,00	1,00	3,50	$ 22.638,29
EQ008	Bomba de Lanzado	HOR	$ 71.961,00	1,00	3,50	$ 20.560,29
EQ009	Tuberia y Mangueras	HOR	$ 15.283,00	1,00	3,50	$ 4.366,57
EQ010	Planta electrica de 5 KVA	HOR	$ 9.670,00	1,00	3,50	$ 2.762,86
					Sub-Total	**$ 89.027,19**

3. TRANSPORTES

Código	Descripción	Rendimiento	Valor Viaje	Valor Cargue	Valor Parcial
				Sub-Total	**$ -**

4. MANO DE OBRA

Código	Trabajador	Unidad	Salario Básico	"Salario con Prestaciones"	Rendimiento (Hora/UM)	Valor Parcial
MO005	CUADRILLA 1 ALBAÑILERIA (1OF+1AYU)	HORA	$ 9.492,00	$ 18.479,75	5,20	$ 96.094,70
					Sub-Total	**$ 96.094,70**

COSTO DIRECTO	**$ 276.568,00**

		CORPORACION AUTONOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA			FORMATO No. 001 ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS	
CAPITULO:		SECCION TERCERA			ITEM No. :	3.2
DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD:		Inyección de lechada para anclajes			UM :	m3
					FECHA :	26/10/2020
1. MATERIALES EN OBRA						
Código	Descripción	Unidad	Valor Unitario	Cantidad	%Desperdicio	Valor Parcial
MT019	Lechada de inyección	GLB	$ 406.266,00	1,00	0,00%	$ 406.266,00
					Sub-Total	$ 406.266,00
2. EQUIPO						
Código	Descripción	Unidad	Tarifa	Cantidad	Rendimiento	Valor Parcial
EQ001	Herramienta Menor (10% M.O)					$ 7.902,55
EQ011	Equipo de inyección	HORA	$ 110.393,00	1,00	0,639	$ 172.759,00
					Sub-Total	$ 180.661,55
3. TRANSPORTES						
Código	Descripción		Rendimiento	Valor Viaje	Valor Cargue	Valor Parcial
TR002	Transporte materiales normal		0,30	$ 55.196,00	$ 5.520,10	$ 18.214,83
					Sub-Total	$ 18.214,83
4. MANO DE OBRA						
Código	Trabajador	Unidad	Salario Básico	"Salario con Prestaciones"	Rendimiento (Hora/UM)	Valor Parcial
MO001	CUADRILLA 2 ALBAÑILERIA (1OF+2AYU)	HORA	$ 13.052,00	$ 25.410,14	3,11	$ 79.025,54
					Sub-Total	$ 79.025,54
					COSTO DIRECTO	$ 684.168,00

	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA	FORMATO No. 001 ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS	
CAPITULO:	SECCION TERCERA	ITEM No. :	3.3.A
DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD:	Suministro y colocación Acero de refuerzo fy 4200 kg / cm2	UM :	Kg
		FECHA :	26/10/2020

1. MATERIALES EN OBRA

Código	Descripción	Unidad	Valor Unitario	Cantidad	%Desperdicio	Valor Parcial
MT005	Acero PDR-60	KG	$ 4.481,00	1,00	0,00%	$ 4.481,00
MT020	Alambre Negro para amarre	KG	$ 4.286,00	0,10	0,00%	$ 428,60
					Sub-Total	$ 4.909,60

2. EQUIPO

Código	Descripción	Unidad	Tarifa	Cantidad	Rendimiento	Valor Parcial
EQ001	Herramienta Menor (10% M.O)					$ 111,81
					Sub-Total	$ 111,81

3. TRANSPORTES

Código	Descripción	Rendimiento	Valor Viaje	Valor Cargue	Valor Parcial
TR002	Transporte materiales normal	0,01	$ 55.196,00	$ 5.520,10	$ 607,16
				Sub-Total	$ 607,16

4. MANO DE OBRA

Código	Trabajador	Unidad	Salario Básico	"Salario con Prestaciones"	Rendimiento (Hora/UM)	Valor Parcial
MO001	CUADRILLA 2 ALBAÑILERIA (1OF+2AYU)	HORA	$ 13.052,00	$ 25.410,14	0,044	$ 1.118,05
					Sub-Total	$ 1.118,05

COSTO DIRECTO	$ 6.747,00

	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA	FORMATO No. 001 ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS	
CAPITULO:	SECCION TERCERA	**ITEM No. :**	3.4.A
DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD:	Suministro y colocación de anclajes 3 cables D =1/2"	**UM :**	u
		FECHA :	26/10/2020

1. MATERIALES EN OBRA

Código	Descripción	Unidad	Valor Unitario	Cantidad	%Desperdicio	Valor Parcial
MT021	Anclaje (Tres Cables)	GLB	$ 367.107,00	1,00	0,00%	$ 367.107,00
MT022	Caucho zona Bulbo	GLB	$ 1.774,00	1,00	0,00%	$ 1.774,00
MT023	Tapon PVC 1"	GLB	$ 1.406,00	1,00	0,00%	$ 1.406,00
MT024	Cinta Transparente	GLB	$ 1.199,00	1,00	0,00%	$ 1.199,00
					Sub-Total	$ 371.486,00

2. EQUIPO

Código	Descripción	Unidad	Tarifa	Cantidad	Rendimiento	Valor Parcial
EQ001	Herramienta Menor (10% M.O)					$ 6.635,96
EQ012	Andamio Tubular de 1.5 [mts] de altura	DIA	$ 768,00	1,00	1,00	$ 768,00
					Sub-Total	**$ 7.403,96**

3. TRANSPORTES

Código	Descripción	Rendimiento	Valor Viaje	Valor Cargue	Valor Parcial
TR002	Transporte materiales normal	0,01	$ 55.196,00	$ 5.520,10	$ 607,16
				Sub-Total	**$ 607,16**

4. MANO DE OBRA

Código	Trabajador	Unidad	Salario Básico	"Salario con Prestaciones"	Rendimiento (Hora/UM)	Valor Parcial
MO007	MAESTRO	HORA	$ 7.982,00	$ 15.539,35	1,00	$ 15.539,35
MO001	CUADRILLA 2 ALBAÑILERIA (1OF+2AYU)	HORA	$ 13.052,00	$ 25.410,14	2,00	$ 50.820,28
					Sub-Total	**$ 66.359,63**

COSTO DIRECTO	**$ 445.857,00**

	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA	FORMATO No. 001 ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS	
CAPITULO:	SECCION TERCERA	**ITEM No. :**	1.6
DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD:	Tensionamiento de anclajes	**UM :**	m3
		FECHA :	26/10/2020

1. MATERIALES EN OBRA

Código	Descripción	Unidad	Valor Unitario	Cantidad	%Desperdicio	Valor Parcial
					Sub-Total	$ -

2. EQUIPO

Código	Descripción	Unidad	Tarifa	Cantidad	Rendimiento	Valor Parcial
EQ001	Herramienta Menor (10% M.O)					$ 2.032,81
EQ013	Equipo tensionamiento	HORA	$ 198.707,00	1,00	11,00	$ 18.064,27
					Sub-Total	**$ 20.097,08**

3. TRANSPORTES

Código	Descripción	Rendimiento	Valor Viaje	Valor Cargue	Valor Parcial
TR002	Transporte materiales normal	0,01	$ 55.196,00	$ 5.520,10	$ 607,16
				Sub-Total	**$ 607,16**

4. MANO DE OBRA

Código	Trabajador	Unidad	Salario Básico	"Salario con Prestaciones"	Rendimiento (Hora/UM)	Valor Parcial
MO001	CUADRILLA 2 ALBAÑILERIA (1OF+2AYU)	HORA	$ 13.052,00	$ 25.410,14	0,80	$ 20.328,11
					Sub-Total	**$ 20.328,11**

COSTO DIRECTO	**$ 41.032,00**

	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA	FORMATO No. 001 ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS	
CAPITULO:	SECCION TERCERA	**ITEM No. :**	3.6.A
DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD:	Suministro y colocación malla electrosoldada calibre 10	**UM :**	m2
		FECHA :	26/10/2020

1. MATERIALES EN OBRA

Código	Descripción	Unidad	Valor Unitario	Cantidad	%Desperdicio	Valor Parcial
MT025	Malla electrosoldada H-335 (6.0X2.35)	UN	$ 239.889,00	0,071	0,00%	$ 17.032,12
MT026	Alambre negro calibre 18	KG	$ 5.406,00	0,070	0,00%	$ 378,42
					Sub-Total	**$ 17.410,54**

2. EQUIPO

Código	Descripción	Unidad	Tarifa	Cantidad	Rendimiento	Valor Parcial
EQ001	Herramienta Menor (10% M.O)					$ 508,20
					Sub-Total	**$ 508,20**

3. TRANSPORTES

Código	Descripción	Rendimiento	Valor Viaje	Valor Cargue	Valor Parcial
TR002	Transporte materiales normal	0,05	$ 55.196,00	$ 5.520,10	$ 3.035,81
				Sub-Total	**$ 3.035,81**

4. MANO DE OBRA

Código	Trabajador	Unidad	Salario Básico	"Salario con Prestaciones"	Rendimiento (Hora/UM)	Valor Parcial
MO001	CUADRILLA 2 ALBAÑILERIA (1OF+2AYU)	HORA	$ 13.052,00	$ 25.410,14	0,20	$ 5.082,03
					Sub-Total	**$ 5.082,03**

COSTO DIRECTO	**$ 26.037,00**

	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA	FORMATO No. 001 ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS	
CAPITULO:	SECCION TERCERA	ITEM No. :	3.7.A
DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD:	Suministro e instalacion de Platina de 200mm X 200mm X 12mm con tres agujeros	UM :	u
		FECHA :	26/10/2020

1. MATERIALES EN OBRA

Código	Descripción	Unidad	Valor Unitario	Cantidad	%Desperdicio	Valor Parcial
MT028	Platina de 200mmX200mmX12mm con tres agujeros	UN	$ 18.303,00	1,000	0,00%	$ 18.303,00
					Sub-Total	$ 18.303,00

2. EQUIPO

Código	Descripción	Unidad	Tarifa	Cantidad	Rendimiento	Valor Parcial
EQ001	Herramienta Menor (10% M.O)					$ 1.016,41
					Sub-Total	$ 1.016,41

3. TRANSPORTES

Código	Descripción	Rendimiento	Valor Viaje	Valor Cargue	Valor Parcial
				Sub-Total	$ -

4. MANO DE OBRA

Código	Trabajador	Unidad	Salario Básico	"Salario con Prestaciones"	Rendimiento (Hora/UM)	Valor Parcial
MO001	CUADRILLA 2 ALBAÑILERIA (1OF+2AYU)	HORA	$ 13.052,00	$ 25.410,14	0,40	$ 10.164,06
					Sub-Total	$ 10.164,06

COSTO DIRECTO	$ 29.483,00

	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA	FORMATO No. 001 ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS	
CAPITULO:	SECCION TERCERA	**ITEM No. :**	3.7.B
DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD:	Suministro e instalacion de Popora de 3 agujeros conicos para cuña de 1/2"	**UM :**	u
		FECHA :	26/10/2020

1. MATERIALES EN OBRA

Código	Descripción	Unidad	Valor Unitario	Cantidad	%Desperdicio	Valor Parcial
MT027	Popora de 3 agujeros conicos para cuña de 1/2"	UN	$ 73.004,00	1,000	0,00%	$ 73.004,00
					Sub-Total	**$ 73.004,00**

2. EQUIPO

Código	Descripción	Unidad	Tarifa	Cantidad	Rendimiento	Valor Parcial
EQ001	Herramienta Menor (10% M.O)					$ 1.016,41
					Sub-Total	**$ 1.016,41**

3. TRANSPORTES

Código	Descripción	Rendimiento	Valor Viaje	Valor Cargue	Valor Parcial
				Sub-Total	**$ -**

4. MANO DE OBRA

Código	Trabajador	Unidad	Salario Básico	"Salario con Prestaciones"	Rendimiento (Hora/UM)	Valor Parcial
MO001	CUADRILLA 2 ALBAÑILERIA (1OF+2AYU)	HORA	$ 13.052,00	$ 25.410,14	0,40	$ 10.164,06
					Sub-Total	**$ 10.164,06**

COSTO DIRECTO	**$ 84.184,00**

	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA	FORMATO No. 001 ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS	
CAPITULO:	SECCION TERCERA	**ITEM No. :**	3.7.C
DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD:	Suministro e instalación Cuña de 1/2"	**UM :**	u
		FECHA :	26/10/2020

1. MATERIALES EN OBRA

Código	Descripción	Unidad	Valor Unitario	Cantidad	%Desperdicio	Valor Parcial
MT029	Cuña de 1/2"	UN	$ 17.625,00	3,000	0,00%	$ 52.875,00
					Sub-Total	**$ 52.875,00**

2. EQUIPO

Código	Descripción	Unidad	Tarifa	Cantidad	Rendimiento	Valor Parcial
EQ001	Herramienta Menor (10% M.O)					$ 1.016,41
					Sub-Total	**$ 1.016,41**

3. TRANSPORTES

Código	Descripción	Rendimiento	Valor Viaje	Valor Cargue	Valor Parcial
				Sub-Total	**$ -**

4. MANO DE OBRA

Código	Trabajador	Unidad	Salario Básico	"Salario con Prestaciones"	Rendimiento (Hora/UM)	Valor Parcial
MO001	CUADRILLA 2 ALBAÑILERIA (1OF+2AYU)	HORA	$ 13.052,00	$ 25.410,14	0,40	$ 10.164,06
					Sub-Total	**$ 10.164,06**

COSTO DIRECTO	**$ 64.055,00**

	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA	FORMATO No. 001 ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS	
CAPITULO:	SECCION TERCERA	**ITEM No. :**	3.10.A
DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD:	Ejecución de perforaciones horizontales en taludes con pendientes mayores a 1:1 con equipo de perforación descolgado Para anclajes de 0.00 a 15.00 m	**UM :**	ml
		FECHA :	26/10/2020

1. MATERIALES EN OBRA

Código	Descripción	Unidad	Valor Unitario	Cantidad	%Desperdicio	Valor Parcial
					Sub-Total	$ -

2. EQUIPO

Código	Descripción	Unidad	Tarifa	Cantidad	Rendimiento	Valor Parcial
EQ001	Herramienta Menor (10% M.O)					$ 2.283,24
EQ014	Equipo perforación	HOR	$ 230.445,00	1,00	1,12	$ 205.754,46
EQ007	Compresor 2 PISTOLAS	HOR	$ 79.234,00	1,00	1,12	$ 70.744,64
					Sub-Total	**$ 278.782,34**

3. TRANSPORTES

Código	Descripción	Rendimiento	Valor Viaje	Valor Cargue	Valor Parcial
				Sub-Total	**$ -**

4. MANO DE OBRA

Código	Trabajador	Unidad	Salario Básico	"Salario con Prestaciones"	Rendimiento (Hora/UM)	Valor Parcial
MO006	CUADRILLA 3 ALBAÑILERIA (1OF+3AYU)	HORA	$ 16.612,00	$ 32.340,53	0,706	$ 22.832,41
					Sub-Total	**$ 22.832,41**

COSTO DIRECTO	**$ 301.615,00**

	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA	FORMATO No. 001 ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS	
CAPITULO:	SECCION TERCERA	ITEM No. :	3.10.B
DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD:	Ejecución de perforaciones horizontales en taludes con pendientes mayores a 1:1 con equipo de perforación descolgado Para anclajes mayores a 15.00 m	UM :	ml
		FECHA :	26/10/2020

1. MATERIALES EN OBRA

Código	Descripción	Unidad	Valor Unitario	Cantidad	%Desperdicio	Valor Parcial
					Sub-Total	$ -

2. EQUIPO

Código	Descripción	Unidad	Tarifa	Cantidad	Rendimiento	Valor Parcial
EQ001	Herramienta Menor (10% M.O)					$ 2.367,33
EQ014	Equipo perforación	HOR	$ 230.445,00	1,00	1,00	$ 230.445,00
EQ007	Compresor 2 PISTOLAS	HOR	$ 79.234,00	1,00	1,00	$ 79.234,00
					Sub-Total	**$ 312.046,33**

3. TRANSPORTES

Código	Descripción	Rendimiento	Valor Viaje	Valor Cargue	Valor Parcial
				Sub-Total	**$ -**

4. MANO DE OBRA

Código	Trabajador	Unidad	Salario Básico	"Salario con Prestaciones"	Rendimiento (Hora/UM)	Valor Parcial
MO006	CUADRILLA 3 ALBAÑILERIA (1OF+3AYU)	HORA	$ 16.612,00	$ 32.340,53	0,732	$ 23.673,27
					Sub-Total	**$ 23.673,27**

COSTO DIRECTO	**$ 335.720,00**

	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA	FORMATO No. 001 ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS	
CAPITULO:	SECCION TERCERA	ITEM No. :	3.11
DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD:	Encamisado en perforaciones horizontales para anclajes y drenes de penetración horizontal	UM :	ml
		FECHA :	26/10/2020

1. MATERIALES EN OBRA

Código	Descripción	Unidad	Valor Unitario	Cantidad	%Desperdicio	Valor Parcial
MT030	Tubo metálico de 3"	ML	$ 88.314,00	1,000	0,00%	$ 88.314,00
					Sub-Total	$ 88.314,00

2. EQUIPO

Código	Descripción	Unidad	Tarifa	Cantidad	Rendimiento	Valor Parcial
EQ001	Herramienta Menor (10% M.O)					$ 1.041,82
EQ014	Equipo perforación	HORA	$ 230.445,00	1,00	12,00	$ 19.203,75
					Sub-Total	$ 20.245,57

3. TRANSPORTES

Código	Descripción	Rendimiento	Valor Viaje	Valor Cargue	Valor Parcial
TR002	Transporte materiales normal	0,05	$ 55.196,00	$ 5.520,10	$ 3.035,81
				Sub-Total	$ 3.035,81

4. MANO DE OBRA

Código	Trabajador	Unidad	Salario Básico	"Salario con Prestaciones"	Rendimiento (Hora/UM)	Valor Parcial
MO001	CUADRILLA 2 ALBAÑILERIA (1OF+2AYU)	HORA	$ 13.052,00	$ 25.410,14	0,410	$ 10.418,16
					Sub-Total	$ 10.418,16

COSTO DIRECTO	$ 122.014,00

	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA	FORMATO No. 001 ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS	
CAPITULO:	SECCION TERCERA	ITEM No. :	3.12
DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD:	Caja de inspeccion en concreto de 3000 PSI	UM :	u
		FECHA :	26/10/2020

1. MATERIALES EN OBRA

Código	Descripción	Unidad	Valor Unitario	Cantidad	%Desperdicio	Valor Parcial
MT005	Acero PDR-60	KG	$ 4.481,00	19,800	5,00%	$ 93.159,99
MT012	Concreto de 3000 PSI	M3	$ 444.892,00	0,472	5,00%	$ 220.488,48
MT026	Alambre negro calibre 18	KG	$ 5.406,00	1,000	5,00%	$ 5.676,30
					Sub-Total	$ 319.324,77

2. EQUIPO

Código	Descripción	Unidad	Tarifa	Cantidad	Rendimiento	Valor Parcial
EQ001	Herramienta Menor (10% M.O)					$ 27.951,15
EQ015	Formaleta	GL	$ 15.000,00	1,00		$ 15.000,00
					Sub-Total	$ 42.951,15

3. TRANSPORTES

Código	Descripción	Rendimiento	Valor Viaje	Valor Cargue	Valor Parcial
				Sub-Total	$ -

4. MANO DE OBRA

Código	Trabajador	Unidad	Salario Básico	"Salario con Prestaciones"	Rendimiento (Hora/UM)	Valor Parcial
MO001	CUADRILLA 2 ALBAÑILERIA (1OF+2AYU)	HORA	$ 13.052,00	$ 25.410,14	11,000	$ 279.511,54
					Sub-Total	$ 279.511,54

COSTO DIRECTO	$ 641.787,00

	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA	FORMATO No. 001 ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS	
CAPITULO:	SECCION TERCERA	ITEM No. :	3.13
DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD:	Tuberia pvc 2" conduccion a la zanja	UM :	ml
		FECHA :	26/10/2020

1. MATERIALES EN OBRA

Código	Descripción	Unidad	Valor Unitario	Cantidad	%Desperdicio	Valor Parcial
MT031	Tubería PVC D = 2"	ML	$ 12.550,00	1,000	5,00%	$ 13.177,50
MT032	Accesorios, limpiador y soldadura D = 2"	GLB	$ 3.500,00	1,000	5,00%	$ 3.675,00
					Sub-Total	$ 16.852,50

2. EQUIPO

Código	Descripción	Unidad	Tarifa	Cantidad	Rendimiento	Valor Parcial
EQ001	Herramienta Menor (10% M.O)					$ 635,25
					Sub-Total	$ 635,25

3. TRANSPORTES

Código	Descripción	Rendimiento	Valor Viaje	Valor Cargue	Valor Parcial
				Sub-Total	$ -

4. MANO DE OBRA

Código	Trabajador	Unidad	Salario Básico	"Salario con Prestaciones"	Rendimiento (Hora/UM)	Valor Parcial
MO001	CUADRILLA 2 ALBAÑILERIA (1OF+2AYU)	HORA	$ 13.052,00	$ 25.410,14	0,250	$ 6.352,54
					Sub-Total	$ 6.352,54

COSTO DIRECTO	$ 23.840,00

	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA	FORMATO No. 001 ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS	
CAPITULO:	SECCION TERCERA	ITEM No. :	3.14
DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD:	Concreto ciclopeo 60% concreto simple f'c:210 kg/cm2	UM :	m3
		FECHA :	26/10/2020

1. MATERIALES EN OBRA

Código	Descripción	Unidad	Valor Unitario	Cantidad	%Desperdicio	Valor Parcial
MT012	Concreto de 3000 PSI	M3	$ 444.892,00	0,60	5,00%	$ 280.281,96
MT033	Piedra rajón	M3	$ 120.000,00	0,40	5,00%	$ 50.400,00
					Sub-Total	$ 330.681,96

2. EQUIPO

Código	Descripción	Unidad	Tarifa	Cantidad	Rendimiento	Valor Parcial
EQ001	Herramienta Menor (10% M.O)					$ 11.434,56
					Sub-Total	$ 11.434,56

3. TRANSPORTES

Código	Descripción	Rendimiento	Valor Viaje	Valor Cargue	Valor Parcial
				Sub-Total	$ -

4. MANO DE OBRA

Código	Trabajador	Unidad	Salario Básico	"Salario con Prestaciones"	Rendimiento (Hora/UM)	Valor Parcial
MO001	CUADRILLA 2 ALBAÑILERIA (1OF+2AYU)	HORA	$ 13.052,00	$ 25.410,14	4,500	$ 114.345,63
					Sub-Total	$ 114.345,63

COSTO DIRECTO	$ 456.462,00

	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA	FORMATO No. 001 ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS	
CAPITULO:	SECCION CUARTA	ITEM No. :	4.1
DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD:	Drenes con tubería P.V.C. ranurada D=2" para drenes de penetración a 15 mts	UM :	ml
		FECHA :	26/10/2020

1. MATERIALES EN OBRA

Código	Descripción	Unidad	Valor Unitario	Cantidad	%Desperdicio	Valor Parcial
MT036	Tubería Sanitaria Perforada PVC D=2"	LT	$ 22.079,00	1,00	5,00%	$ 23.182,95
MT037	Tubo metálico de 3"	ML	$ 88.314,00	1,00	5,00%	$ 92.729,70
MT038	Limpiador PVC	GL	$ 172.014,00	0,01	5,00%	$ 1.806,15
MT039	Geotextil TS	M2	$ 6.921,00	1,00	5,00%	$ 7.267,05
MT040	Soldadura PVC	GL	$ 367.449,00	0,005	5,00%	$ 1.929,11
MT034	Accesorios Tubería PVC Sanitaria D=2" (2 CODO 90, 1 CODO 45, 2 TEE)	UN	$ 17.828,00	0,75		$ 13.371,00
MT035	Estopa	UN	$ 945,00	1,00		$ 945,00
					Sub-Total	$ 141.230,96

2. EQUIPO

Código	Descripción	Unidad	Tarifa	Cantidad	Rendimiento	Valor Parcial
EQ001	Herramienta Menor (10% M.O)					$ 4.527,67
EQ007	Compresor 2 PISTOLAS	HORA	$ 79.234,00	1,00	1,45	$ 54.644,14
EQ014	Equipo perforación	HORA	$ 230.445,00	1,00	1,45	$ 158.927,59
					Sub-Total	$ 218.099,40

3. TRANSPORTES

Código	Descripción	Rendimiento	Valor Viaje	Valor Cargue	Valor Parcial
				Sub-Total	$ -

4. MANO DE OBRA

Código	Trabajador	Unidad	Salario Básico	"Salario con Prestaciones"	Rendimiento (Hora/UM)	Valor Parcial
MO006	CUADRILLA 3 ALBAÑILERIA (1OF+3AYU)	HORA	$ 16.612,00	$ 32.340,53	1,40	$ 45.276,74
					Sub-Total	$ 45.276,74

COSTO DIRECTO	$ 404.607,00

	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA	FORMATO No. 001 ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS	
CAPITULO:	SECCION CUARTA	ITEM No. :	4.2
DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD:	Canaleta de coronación	UM :	ml
		FECHA :	26/10/2020

1. MATERIALES EN OBRA

Código	Descripción	Unidad	Valor Unitario	Cantidad	%Desperdicio	Valor Parcial
MT012	Concreto de 3000 PSI	M3	$ 444.892,00	0,10	5,00%	$ 46.713,66
					Sub-Total	$ 46.713,66

2. EQUIPO

Código	Descripción	Unidad	Tarifa	Cantidad	Rendimiento	Valor Parcial
EQ001	Herramienta Menor (10% M.O)					$ 1.448,38
EQ015	Formaleta	GL	$ 15.000,00	1,00	0,11	$ 1.650,00
					Sub-Total	$ 3.098,38

3. TRANSPORTES

Código	Descripción	Rendimiento	Valor Viaje	Valor Cargue	Valor Parcial
TR002	Transporte materiales normal	0,015	$ 55.196,00	$ 5.520,10	$ 910,74
				Sub-Total	$ 910,74

4. MANO DE OBRA

Código	Trabajador	Unidad	Salario Básico	"Salario con Prestaciones"	Rendimiento (Hora/UM)	Valor Parcial
MO001	CUADRILLA 2 ALBAÑILERIA (1OF+2AYU)	HORA	$ 13.052,00	$ 25.410,14	0,57	$ 14.483,78
					Sub-Total	$ 14.483,78

COSTO DIRECTO	$ 65.207,00

	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA	FORMATO No. 001 ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS	
CAPITULO:	SECCION CUARTA	ITEM No. :	4.4
DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD:	Estructura de disipacion de energia	UM :	ml
		FECHA :	26/10/2020

1. MATERIALES EN OBRA

Código	Descripción	Unidad	Valor Unitario	Cantidad	%Desperdicio	Valor Parcial
MT012	Concreto de 3000 PSI	M3	$ 444.892,00	0,40	5,00%	$ 186.854,64
					Sub-Total	$ 186.854,64

2. EQUIPO

Código	Descripción	Unidad	Tarifa	Cantidad	Rendimiento	Valor Parcial
EQ001	Herramienta Menor (10% M.O)					$ 15.652,82
EQ015	Formaleta	GL	$ 15.000,00	1,00	1,20	$ 18.000,00
					Sub-Total	$ 33.652,82

3. TRANSPORTES

Código	Descripción	Rendimiento	Valor Viaje	Valor Cargue	Valor Parcial
TR002	Transporte materiales normal	0,20	$ 55.196,00	$ 5.520,10	$ 12.143,22
				Sub-Total	$ 12.143,22

4. MANO DE OBRA

Código	Trabajador	Unidad	Salario Básico	"Salario con Prestaciones"	Rendimiento (Hora/UM)	Valor Parcial
MO006	CUADRILLA 3 ALBAÑILERIA (1OF+3AYU)	HORA	$ 16.612,00	$ 32.340,53	4,84	$ 156.528,17
					Sub-Total	$ 156.528,17

COSTO DIRECTO	$ 389.179,00

	CORPORACION AUTONOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA	FORMATO No. 001 ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS	
CAPITULO:	SECCION CUARTA	ITEM No. :	4,5
DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD:	Cerramiento en malla eslabonada y poste de concreto a 2m	UM :	ml
		FECHA :	26/10/2020

1. MATERIALES EN OBRA

Código	Descripción	Unidad	Valor Unitario	Cantidad	%Desperdicio	Valor Parcial
MT014	Cemento gris tipo Portland tipo 1	KG	$ 772,00	10,500	5,00%	$ 8.511,30
MT015	Arena Media	M3	$ 75.619,00	0,032	5,00%	$ 2.540,80
MT016	Triturado 1/2"	M3	$ 96.181,00	0,037	5,00%	$ 3.736,63
MT041	Malla eslabonada calibre N10 con abertura de 2"	M2	$ 38.588,00	2,100	5,00%	$ 85.086,54
MT042	Poste de Concreto	UN	$ 36.502,00	0,525	5,00%	$ 20.121,73
					Sub-Total	$ 119.997,00

2. EQUIPO

Código	Descripción	Unidad	Tarifa	Cantidad	Rendimiento	Valor Parcial
EQ001	Herramienta Menor (10% M.O)					$ 6.352,54
					Sub-Total	$ 6.352,54

3. TRANSPORTES

Código	Descripción	Rendimiento	Valor Viaje	Valor Cargue	Valor Parcial
TR002	Transporte materiales normal	0,015	$ 55.196,00	$ 5.520,10	$ 910,74
				Sub-Total	$ 910,74

4. MANO DE OBRA

Código	Trabajador	Unidad	Salario Básico	"Salario con Prestaciones"	Rendimiento (Hora/UM)	Valor Parcial
MO001	CUADRILLA 2 ALBAÑILERIA (1OF+2AYU)	HORA	$ 13.052,00	$ 25.410,14	2,50	$ 63.525,35
					Sub-Total	$ 63.525,35

COSTO DIRECTO	$ 190.786,00

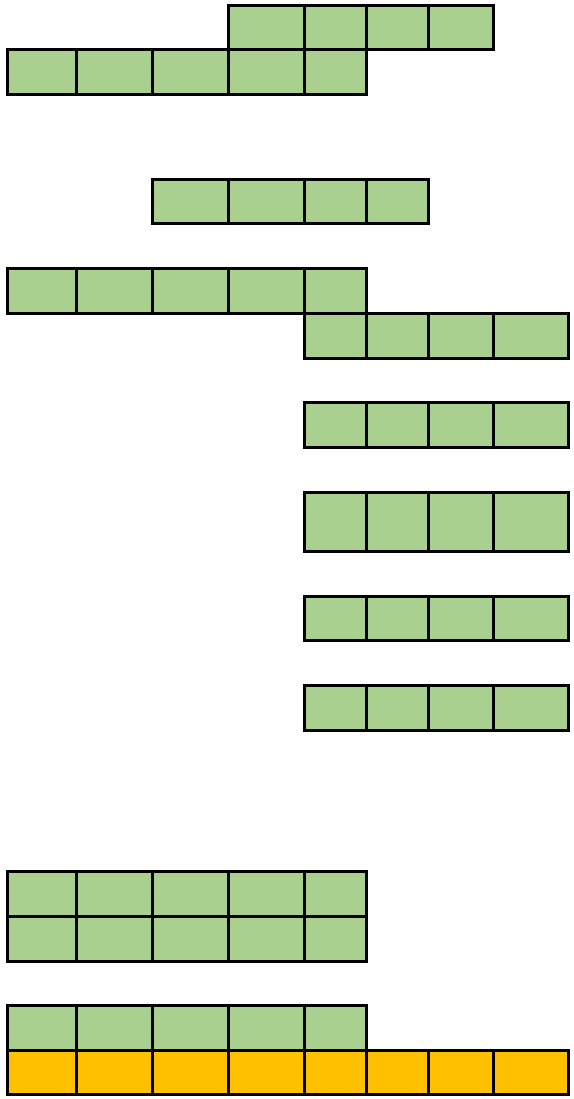
Avaló:

ARQ. IVAN JOSE VARGAS CARDENAS
Secretario de Infraestructura y Alumbrado Público de Bucaramanga

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

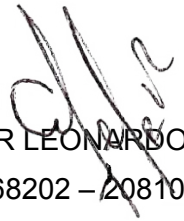
ITEM	CONCEPTO	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10	MES 11	MES 12
	SECCION PRIMERA												
	Trabajos preliminares												
1.2	**Replanteo, control y medición de la obra,**												
1.4	**Desmonte y limpieza**												
1.5	**Retiro de basuras y escombros**												
1.6	**Perfilado a mano descolgado de talud**												
	SECCION SEGUNDA												
2.1	Excavación a tajo abierto en taludes												
2.1.A	Excavación con acarreo libre												
2.1.A.2	En material granular a cualquier profundidad												
2.1.A.4	Excavación a mano descolgado para zapatas												
2.5	Sobreacarreos para acarreos totales mayores de 1000.00 m												
2.6	Distribución y conformación de material de corte en el sitio												
SECCION TERCERA													
3.1	**Concretos**												
3.1.A	Suministro y Colocación de concreto de 3000 psi con mezcla humeda para zapatas												
3.1.C	Suministro y colocación de concreto lanzado Con mezcla húmeda												

	De espesor 10 cm
3.2	**Inyección de lechada para anclajes**
3.3	**Aceros**
3.3.A	Suministro y colocación
	Acero de refuerzo fy 4200 kg / cm2
3.4	**Suministro y colocación de anclajes**
3.4.A.	3 cables D =1/2",
3.5	**Tensionamiento de anclajes**
3.6	Suministro y colocación
3.6,A	malla electrosoldada calibre 10
3.7,A	**Suministro e instalacion de**
	Platina de 200mmX200mmX12mm con tres agujeros
3.7,B	**Suministro e instalacion de**
	Popora de 3 agujeros conicos para cuña de 1/2"
3.7,C	**Suministro e instalación**
	Cuña de 1/2"
3.10.	**Ejecución de perforaciones horizontales en taludes con pendientes mayores a 1:1 con equipo de perforación descolgado**
3.10A.	Para anclajes de 0.00 a 15.00 m
3.10.B	Para anclajes mayores a 15.00 m
3.11.	Encamisado en perforaciones horizontales
	para anclajes y drenes de penetración horizontal



SECCION CUARTA

4,5	**Canaleta**		
4,6	Cerramiento en malla eslabonada y poste de concreto a 2m		



ING.EDGAR LEONARDO GOMEZ RONCANCIO
MAT. NO. 68202 – 208107 STD