



INFORME TÉCNICO

“EVALUACIÓN BÁSICA DE AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA ESCALA 1:5000 PARA EL NODO DE EQUIPAMIENTO QUIBA ALTA LOCALIZADO EN LA CUENCA DE LA QUEBRADA LIMAS DE LA LOCALIDAD DE CIUDAD BOLÍVAR.”

Elaborado por:

Giovani Cuervo Silva - rcuervo@idiger.gov.co
Francisco Salas Torres - fjsalas@idiger.gov.co
Consuelo Sánchez Vargas - csanchez@idiger.gov.co
Geimy Urrego Diaz - gurrego@idiger.gov.co

Supervisión por:

Diana Carolina Moreno Moreno - dimoreno@idiger.gov.co
Carolina Castañeda Jiménez – acastaneda@idiger.gov.co

SUBDIRECCIÓN DE ANÁLISIS DE RIESGOS Y EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

GRUPO DE ESTUDIOS Y DISEÑOS

FEBRERO 2022



ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	6
2. OBJETIVO	6
3. LOCALIZACIÓN	6
4. ANTECEDENTES.....	8
4.1 REVISIÓN DECRETO 555 DE 2021	8
4.2 INSTRUMENTOS DE GESTIÓN DEL RIESGO	9
5. CARTOGRAFÍA.....	10
6. GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA.....	13
6.1 GEOLOGÍA REGIONAL.....	13
6.2 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.....	15
6.3 UNIDADES GEOLÓGICAS SUPERFICIALES (UGS).....	16
6.3.1 Unidades de roca	17
6.3.2 Unidades de suelo.....	18
6.4 PERFIL GEOLÓGICO.....	20
6.5 GEOMORFOLOGÍA.....	21
6.5.1 MORFOGÉNESIS	22
6.5.2 MORFODINÁMICA	28
7. HIDROLOGÍA Y EVALUACIÓN DEL DRENAJE SUPERFICIAL.....	29
8. SISMOLOGÍA.....	31
9. COBERTURA Y USOS DEL SUELO	33
9.1 TEJIDO URBANO CONTINUO	34
9.2 RED VIAL, FERROVIARIAS Y TERRENOS ASOCIADOS	34
9.3 PASTOS	35
9.3.1 Pastos Limpios.....	35
9.3.2 Pastos Enmalezados o Enrastrojados	35
9.3.3 Cultivos Permanentes Herbáceos	36
9.3.4 Bosque denso	36
9.3.5 Bosque abierto	37
9.3.6 Afloramientos rocosos.....	38
10. MODELO GEOLÓGICO – GEOTÉCNICO	39
11. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD.....	42
12. CATEGORIZACIÓN DE AMENAZA.....	49
13. MEDIDAS DE REDUCCIÓN DEL RIESGO NO ESTRUCTURALES.....	51
14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización general del polígono del Nodo de equipamiento Quiba Alta, Localidad Ciudad Bolívar	7
Figura 2. Zonificación de amenaza por movimientos en masa de acuerdo con el Decreto 555 de 2021. Escala 1:25000.	8
Figura 3. Mapa de Áreas con condición de Amenaza por Movimientos en Masa para el Nodo de Equipamientos Quiba Alta.	9
Figura 4. Mosaico del área de estudio Quiba Alta.	10
Figura 5. DTM del área de estudio Quiba Alta.	11
Figura 6. Curvas de nivel del área de estudio Quiba Alta.	11
Figura 7. Modelo de Sombras área de estudio Quiba Alta.	12
Figura 8. Cartografía Convencional del área de estudio Quiba Alta	12
Figura 9. Construcciones del área de estudio Quiba Alta.....	13
Figura 10. Geología Regional antecedente 2017	15
Figura 11. Geología área de estudio Nodo de Equipamiento Quiba Alta	17
Figura 12. Rocas de mala calidad y suelos residuales de la formación Arenisca Dura. Sector Quiba Alta. Fuente: autores.....	18
Figura 13. Apariencia superficial y en perfil de los suelos residuales de la formación Labor-Tierna. Sector Quiba Alta. Fuente: autores	19
Figura 14. Depósitos de origen aluvial en Quiba Alta a) Aluviones recientes (Qal). b) Aluviones de cauce activo (Aa). Sector Quiba Alta. Fuente: autores.....	20
Figura 15. Perfil Geológico	21
Figura 16. Geomorfología actualización POT	22
Figura 17. Geomorfología para el área de estudio del nodo de equipamiento de Quiba Alta	23
Figura 18. Escarpe de línea de falla (Sife). Vista en planta y perfil topográfico ilustrativo. Sector Quiba Alta. Fuente: autores.....	24
Figura 19. Terraza o berma de fallamiento (Sbf). Vista en planta y panorámica en campo. Sector Quiba Alta. Fuente: autores	25
Figura 20. Ladera de contrapendiente (Slcp). Vista en planta y perfil topográfico ilustrativo (buzamiento aparente) Sector Quiba Alta. Fuente: autores.....	26
Figura 21. Escarpe de erosión menor (Deeme) Vista en planta sobre modelo digital.....	27
Figura 22. Cauce aluvial (Fca) y Planicie aluvial confinada (Fpac).....	28
Figura 23. Procesos erosivos identificados al sur-occidente de Quiba Alta.....	29
Figura 24. Distribución espacial de la precipitación media anual.	30
Figura 25. Vista de las condiciones de drenaje en el área de estudio, sector sur del nodo.	31
Figura 26. Respuesta Sísmica – Decreto 523 de 2010	32
Figura 27. Mapa de cobertura del suelo para el área de estudio del nodo de equipamiento de Quiba Alta.	33
Figura 28. Panorámica de la vía principal de acceso al Nodo de Equipamiento de Quiba Alta. Se observa una estructura en pavimento flexible así como la tipología de algunas viviendas del sector.	34

Figura 29. Vista general de la tipología de algunas viviendas del sector.....	34
Figura 30. Vía principal de acceso al Nodo de Equipamiento de Quiba Alta. Se observa una estructura en pavimento flexible.....	35
Figura 31. Vista de acceso al Nodo de Equipamiento de Quiba Alta. Se observa una estructura en afirmado.	35
Figura 32. Vista de pastos limpios en el Nodo de Equipamiento de Quiba Alta.....	36
Figura 33. Vista de de pastos enmalezados en el Nodo de Equipamiento de Quiba Alta.	36
Figura 34. Vista de cultivos permanentes en el Nodo de Equipamiento de Quiba Alta.....	36
Figura 35. Vista de cultivos permanentes en el Nodo de Equipamiento de Quiba Alta.....	36
Figura 36. Vista de bosque denso el Nodo de Equipamiento de Quiba Alta.....	37
Figura 37. Vista de bosque abierto en el Nodo de Equipamiento de Quiba Alta.....	38
Figura 38. Vista de afloramientos rocosos en el Nodo de Equipamiento de Quiba Alta ...	38
Figura 39. Vista de afloramientos rocosos en el Nodo de Equipamiento de Quiba Alta ...	38
Figura 40. Distribución de la cobertura	39
Figura 41. Exploración geotécnica realizada en el área de estudio.....	40
Figura 42. Material residual de poco espesor asociado a la formación arenisca dura.	41
Figura 43. Ladera sector sur nodo equipamiento.	41
Figura 44. Mapa de pendientes y rangos de clasificación de pendiente en grados.	42
Figura 45. Mapa de aspectos y rangos de clasificación.	43
Figura 46. Mapa laderas homogéneas para el área de estudio.....	44
Figura 47. Ubicación en planta de los perfiles de análisis.	45
Figura 48. Identificación de los perfiles de análisis.	46
Figura 49. Análisis de estabilidad talud vial perfil 1. Condición con sismo y saturación....	48
Figura 50. Análisis de estabilidad talud sector de erosión perfil 2. Condición sin sismo y saturación.....	48
Figura 51. Categoría de amenaza por movimiento en masa.....	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas delimitación del área de estudio del Nodo de Equipamiento Quiba Alta, Localidad Ciudad Bolívar	7
Tabla 2. Unidades geológicas identificadas a nivel regional en el Nodo de equipamiento Quiba Alta.....	14
Tabla 3. Clasificación de las estructuras identificadas según su orientación estructural preferencial.....	16
Tabla 4. Unidades geológicas superficiales de roca, identificadas en el Nodo de equipamiento Quiba Alta.....	17
Tabla 5. Unidades geológicas superficiales (UGS) correspondientes a suelos transportados de tipo aluvial en Quiba Alta.....	19
Tabla 6. Ambientes morfogenéticos y porcentaje de influencia en Quiba Alta	23
Tabla 7. Valores de aceleración utilizados para las modelaciones.....	32
Tabla 8. Cobertura en el área de estudio	34
Tabla 9. Rangos y áreas de pendiente para el área de estudio.	42
Tabla 10. Rangos y áreas de direcciones de ladera para el área de estudio.	43
Tabla 11. Coordenadas de vértices por perfil.....	45
Tabla 12. Materiales y parámetros de resistencia usados en los análisis.....	47



Tabla 13. Categorización de la Amenaza por Rangos de Factor de Seguridad (FS) – Condición Normal.	49
Tabla 14. Categorización de la Amenaza por Rangos de Factor de Seguridad (FS) – Condición Extrema.	49
Tabla 15. Leyenda de la categorización de la Amenaza	50



1. INTRODUCCIÓN

En este documento se presenta la evaluación de amenaza por movimientos en masa a escala 1:5000 para el nodo de equipamiento Quiba Alta, correspondiente a los estudios básicos descritos por el Decreto 1807 de 2014. Esto de acuerdo a los requerimientos de priorización de estudios de amenaza para los nodos de equipamientos de la zona rural descritos en el Artículo 409 del Decreto 555 de 2021 "Por el cual se adopta la revisión general del Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá D.C.".

En la revisión del *Documento Técnico de Soporte (DTS)* del *Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá 2021* (Decreto 555 de 2021) correspondiente a *Gestión del Riesgo y Cambio Climático en el Ordenamiento del Territorio*, en el *Capítulo V* se establece la propuesta de priorización de áreas para la elaboración de estudios de amenaza, donde se encuentra el Nodo de Equipamiento de Quiba Alta para la ejecución en el corto plazo.

La propuesta de priorización fue obtenida a partir de los resultados de los estudios básicos desarrollados por el IDIGER en la ruralidad, para la priorización se describen tres tiempos para la ejecución como: corto, mediano y largo plazo, siendo el corto plazo asociado al periodo vigente en el que se actualiza el POT; de acuerdo al Artículo 4 del Decreto 1807 de 2014 el cual dice: "*En la revisión de los contenidos de mediano y largo plazo de los planes de ordenamiento territorial o en la expedición de un nuevo POT, se debe establecer la priorización de los estudios detallados identificados en los estudios básicos y en el programa de ejecución se debe definir la programación de actividades, las entidades responsables y los recursos respectivos de los estudios que se ejecutarán en el período del alcalde que adelanta la revisión del plan o la expedición de uno nuevo.*" De acuerdo a esto se soporta la necesidad y pertinencia de la presente evaluación de amenaza.

2. OBJETIVO

Evaluar la amenaza por movimientos en masa para el nodo de equipamiento de Quiba Alta de la zona rural de la localidad de Ciudad Bolívar, de acuerdo a los compromisos de priorización de estudios de amenaza para los nodos de equipamientos descritos en el Artículo 409 del Decreto 555 de 2021 "Por el cual se adopta la revisión general del Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá D.C.".

3. LOCALIZACIÓN

El nodo de equipamiento Quiba Alta se encuentra ubicado en la parte alta de la cuenca de la Quebrada Limas, hace parte del suelo rural de la localidad de Ciudad Bolívar, pertenece a la Unidad de Planeación Rural - UPR Río Tunjuelo. El nodo tiene un área de 9.7 ha.

Para la evaluación de amenaza por movimientos en masa se definió un área mayor teniendo en cuenta el límite del nodo, desde o hacia el cual puedan ocurrir procesos de remoción en masa, se definió a partir de su identificación en el terreno y el modelo de elevación de terreno (DTM). En la Figura 1 se presenta la ubicación del área de estudio determinada para el nodo de equipamiento de Quiba Alta con una extensión de 25.7 Ha. En la Tabla 1 se presentan las coordenadas de los límites del área de estudio.



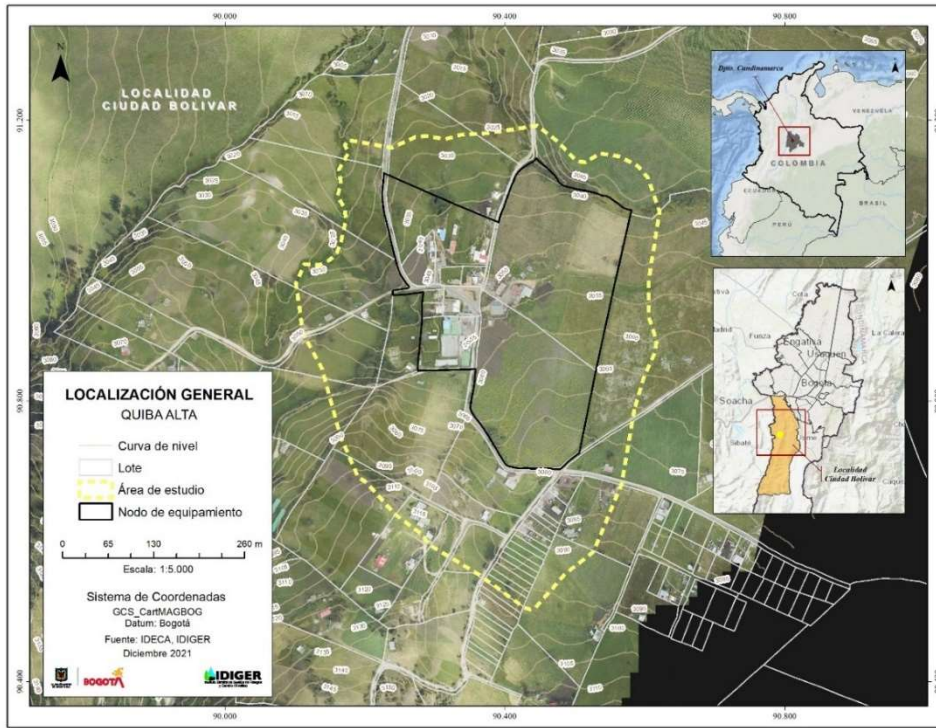


Figura 1. Localización general del polígono del Nodo de equipamiento Quiba Alta, Localidad Ciudad Bolívar

Tabla 1. Coordenadas delimitación del área de estudio del Nodo de Equipamiento Quiba Alta, Localidad Ciudad Bolívar

PUNTO	NORTE	ESTE	PUNTO	NORTE	ESTE	PUNTO	NORTE	ESTE
1	90788,49	90584,98	18	90995,02	90113,35	35	91179,91	90337,14
2	90682,04	90566,80	19	90994,28	90135,28	36	91181,77	90374,70
3	90585,13	90526,59	20	91000,49	90148,84	37	91192,93	90445,90
4	90552,69	90485,27	21	91009,52	90158,70	38	91170,53	90474,90
5	90505,37	90443,57	22	91024,38	90165,48	39	91141,54	90503,16
6	90502,77	90435,27	23	91057,10	90172,17	40	91140,79	90515,24
7	90505,93	90426,72	24	91074,30	90171,70	41	91153,06	90535,32
8	90552,63	90362,90	25	91091,59	90160,92	42	91148,98	90563,39
9	90594,78	90291,93	26	91111,85	90165,56	43	91135,04	90590,16
10	90609,09	90282,26	27	91130,26	90162,77	44	91118,12	90604,29
11	90638,09	90243,22	28	91154,42	90176,53	45	91070,11	90620,96
12	90684,94	90201,12	29	91165,02	90171,51	46	90971,59	90605,29
13	90690,97	90190,33	30	91172,18	90176,06	47	90920,79	90605,29
14	90750,46	90164,67	31	91161,12	90238,43	48	90885,84	90616,60
15	90845,93	90138,64	32	91176,18	90271,52	49	90868,42	90614,03
16	90896,12	90111,50	33	91177,86	90287,51	50	90832,68	90598,14
17	90967,88	90101,45	34	91173,59	90315,21			

4. ANTECEDENTES

A continuación, se presenta la descripción de la información disponible para el área de estudio, correspondiente a la temática de gestión del riesgo, punto de partida para la realización de la evaluación.

4.1 REVISIÓN DECRETO 555 DE 2021 - POT

Se realizó consulta del Plano Normativo “CR-2.2.4 Amenaza por movimientos en masa para nodos de equipamientos en suelo rural y área de vivienda campestre” descrito en el artículo 399 del Decreto 555 de 2021, en lo correspondiente a “Amenaza por Movimientos en Masa en Suelo Rural”. En la Figura 2 se muestra el polígono del área de estudio y el del nodo Quiba Alta. De acuerdo al mapa el área del nodo se encuentra en una zona de amenaza media y baja. Cabe resaltar que la escala del mapa de amenaza consultado fue elaborado a escala 1:25.000 para toda la ruralidad.

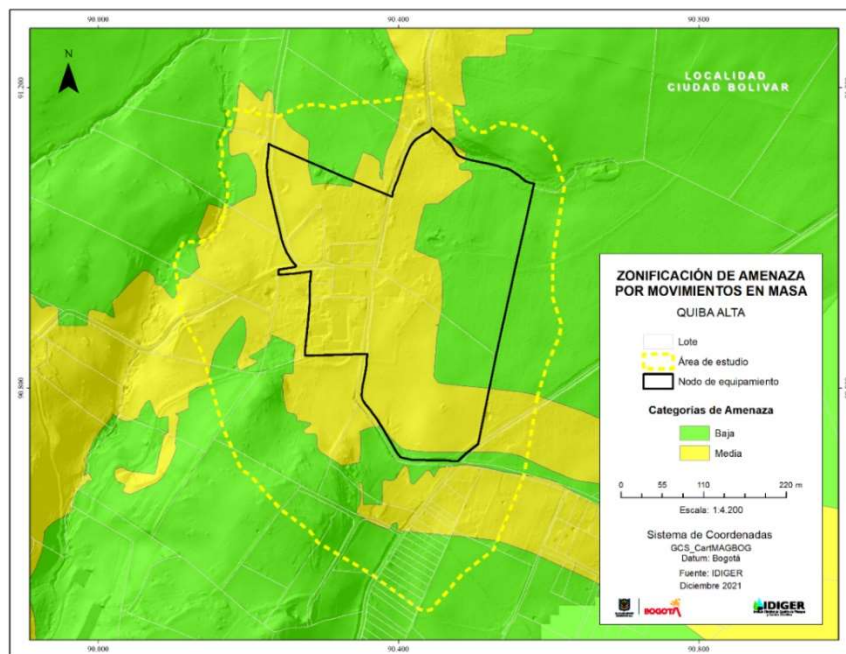


Figura 2. Zonificación de amenaza por movimientos en masa de acuerdo con el Decreto 555 de 2021. Escala 1:25000.

En la Figura 3 se presenta el mapa de Áreas con Condición de Amenaza por movimientos en masa definida para el nodo Quiba Alta, de acuerdo a la actualización del POT 2021, en los estudios para la ruralidad.

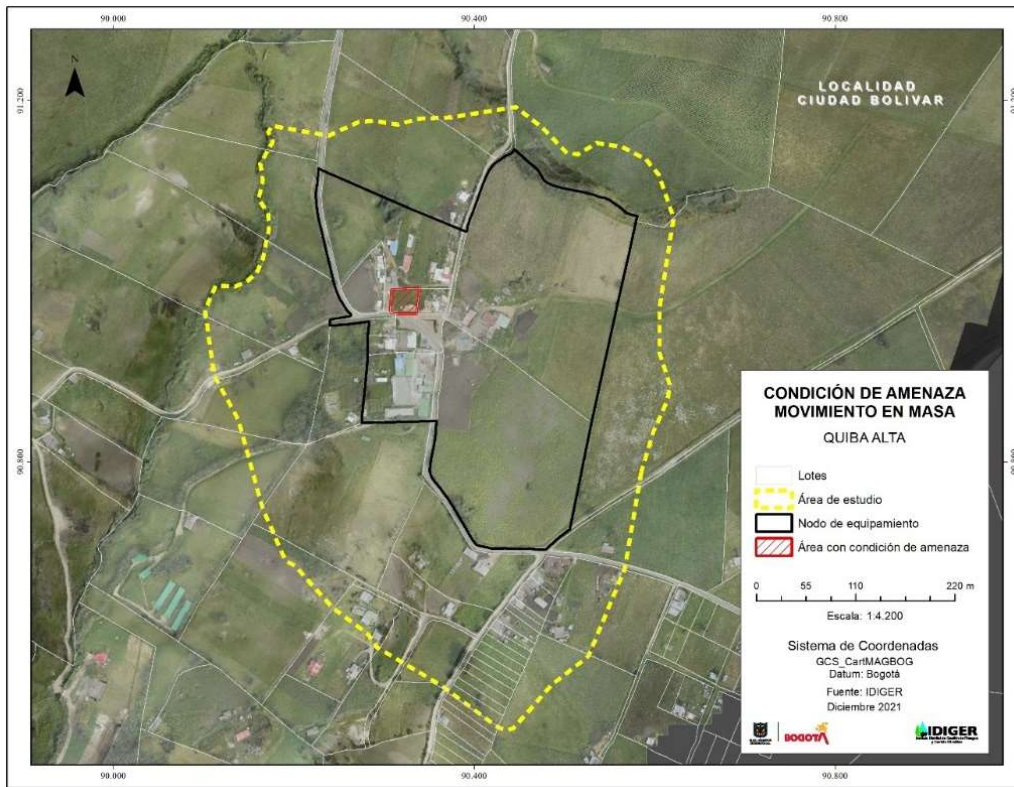


Figura 3. Mapa de Áreas con condición de Amenaza por Movimientos en Masa para el Nodo de Equipamientos Quiba Alta.

De la figura se puede observar que hay una zona en el centro del nodo, identificada como un Área con Condición de Amenaza (ACA), debido a que es un predio sin ocupar ubicado en amenaza medía. Cabe señalar que, debido a la escala, este mapa es indicativo de amenaza, y su objetivo es identificar los predios de futuro desarrollo que requieran conocimientos particulares de esta amenaza en el proceso de licenciamiento para construcción.

Para el nodo de equipamiento no se identifican Áreas con Condición de Riesgo (ACR), ni Suelos de Protección por Riesgo (SPPR) asociados, de acuerdo a los mapas normativos de estas temáticas.

De acuerdo con los antecedentes revisados, en el área de estudio y/o sectores aledaños no se han presentado procesos de inestabilidad del terreno, que puedan ser fuente de información para realizar los análisis de estabilidad del presente documento.

4.2 INSTRUMENTOS DE GESTIÓN DEL RIESGO

En el Sistema de Información para la Gestión de Riesgos y Atención de Emergencias de Bogotá (SIRE), se encontró que el IDIGER no ha emitido documentos técnicos asociados a movimientos en masa, inundación por desbordamiento o avenidas torrenciales y/o crecientes súbitas para el área de estudio y sus sectores aledaños.

5. CARTOGRAFÍA

El IDIGER cuenta con la siguiente información cartográfica para la elaboración de la presente evaluación, obtenida del Contrato 465 de 2019, el cual fue ejecutado en el marco de la “Evaluación de Riesgo por Avenidas Torrenciales y/o Crecientes Súbitas para la Cuenca de la Quebrada Limas”, a continuación, se lista la información disponible:

1. Mosaico fotogramétrico RBG (3 bandas) con resolución espacial o GSD de 10 cm. Información disponible en formato EWC.
2. Modelos Digital de Terreno (DTM) y de Superficie (DTS), generados a partir de la captura y procesamiento de datos LIDAR con malla regular de 50 cm. Información dispuesta en formato .TIFF.
3. Curvas de Nivel generadas automáticamente con una equidistancia de 50 cm producto resultado del DTM. Información dispuesta en formato .SHP
4. Cartografía Convencional, con escala de captura espacial detallada y generada a partir de procesos de restitución fotogramétrica. Información dispuesta en GDB (Estructura de datos IGAC).

Adicional a la información listada, se cuenta con información predial (lotes y construcciones) con la que se ha consolidado una base de construcciones basada en la información dispuesta en IDECA con Mapas Bogotá para junio de 2021 y la captura de datos a partir de fotointerpretación del Mosaico fotogramétrico, a continuación se presentan las imágenes de los insumos mencionados.

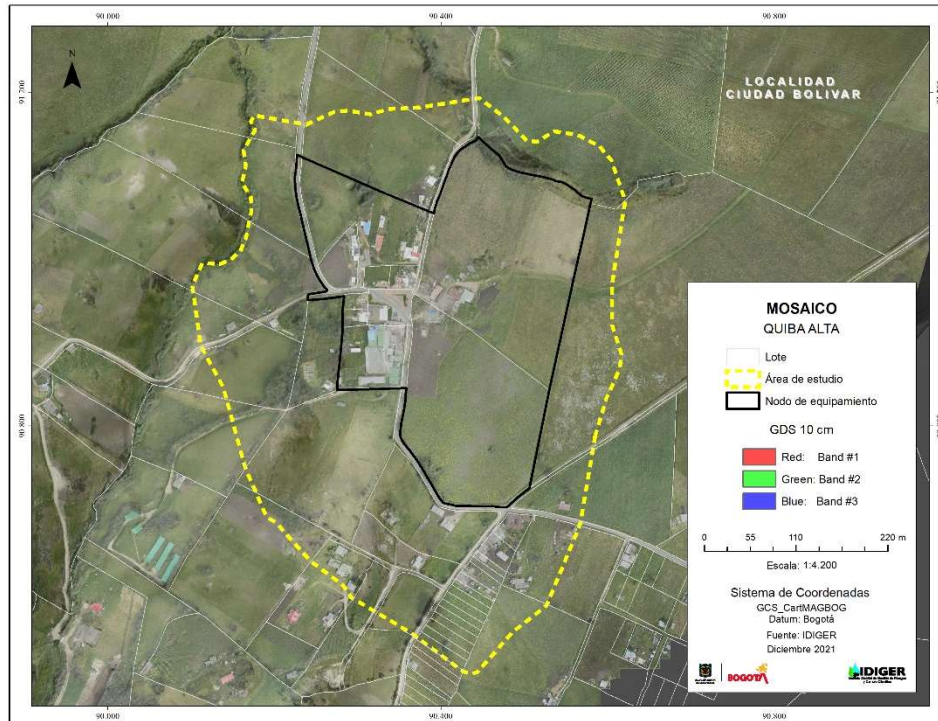


Figura 4. Mosaico del área de estudio Quiba Alta.

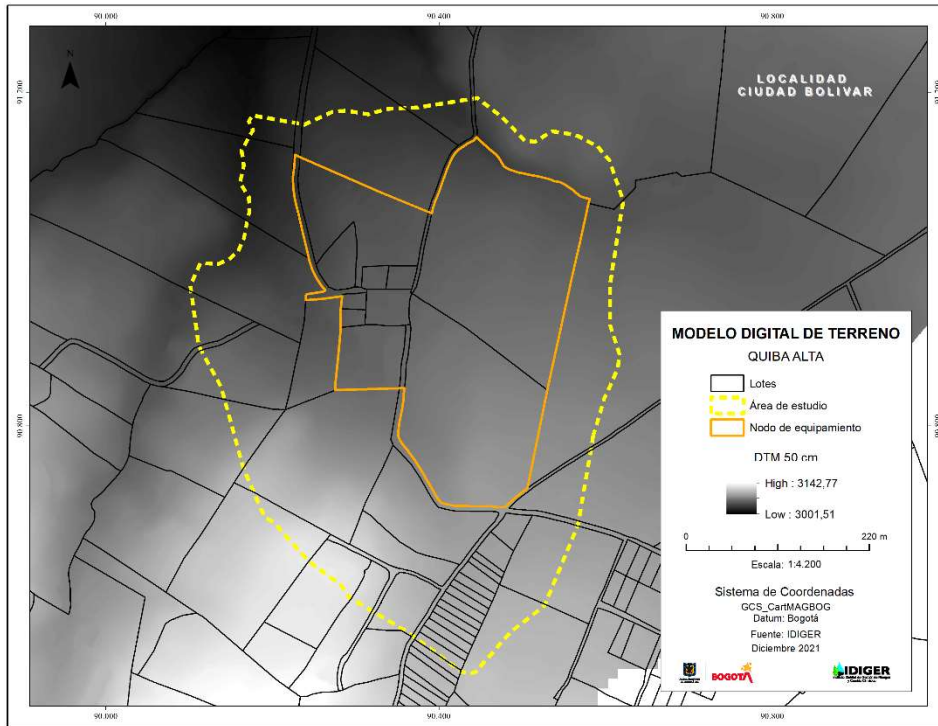


Figura 5. DTM del área de estudio Quiba Alta.

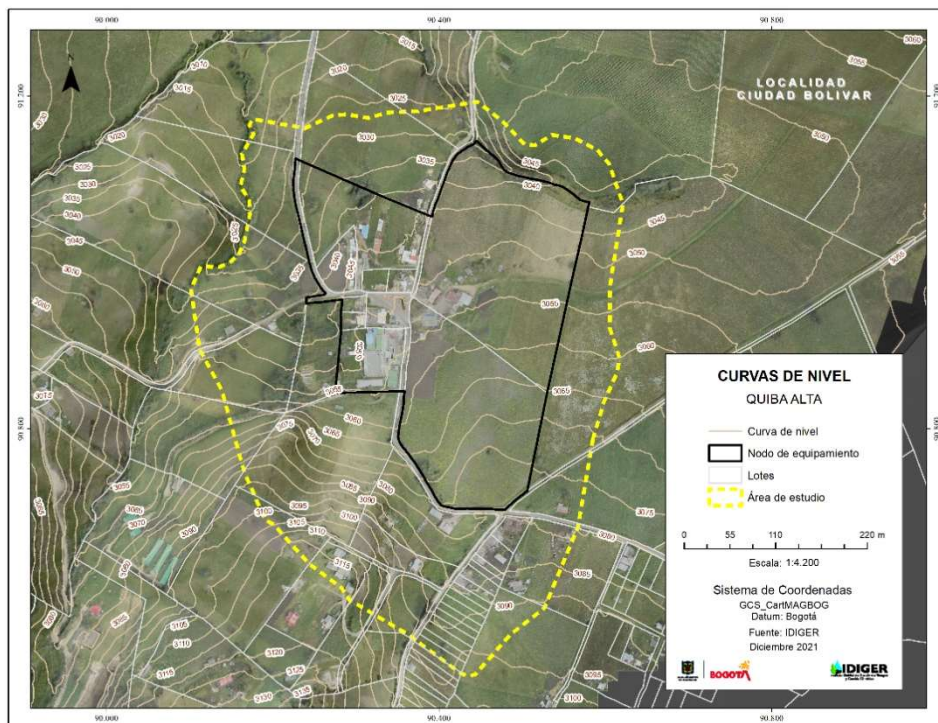


Figura 6. Curvas de nivel del área de estudio Quiba Alta.

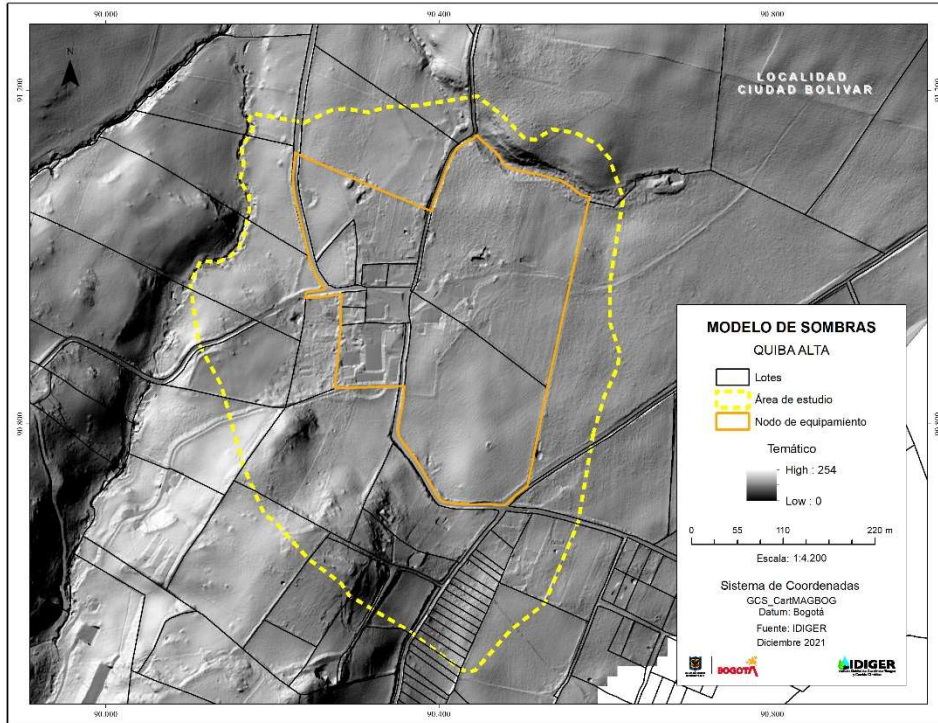


Figura 7. Modelo de Sombras área de estudio Quiba Alta.

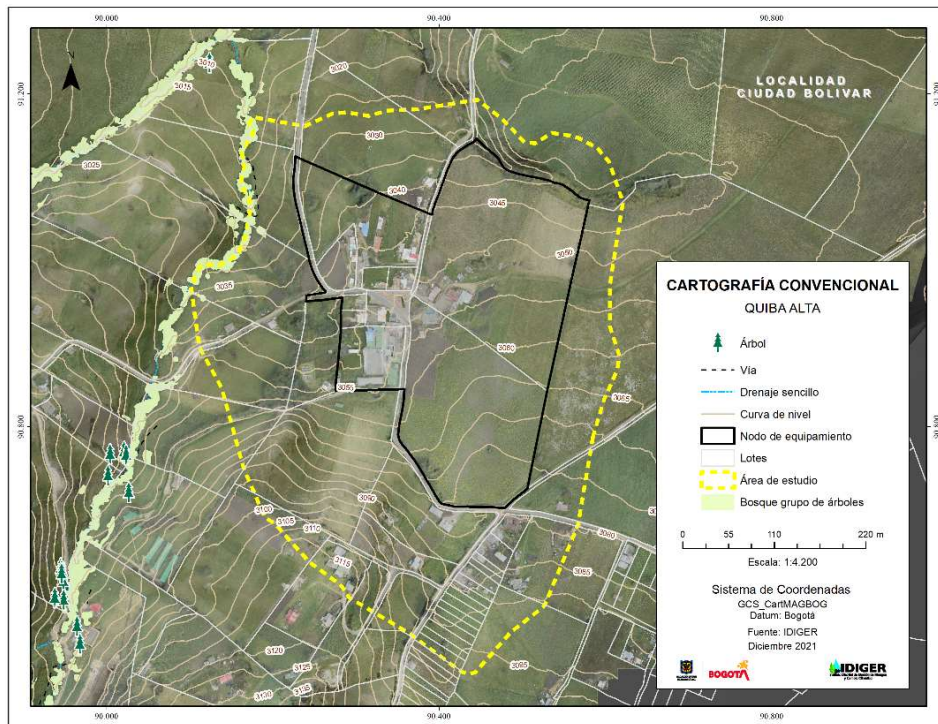


Figura 8. Cartografía Convencional del área de estudio Quiba Alta

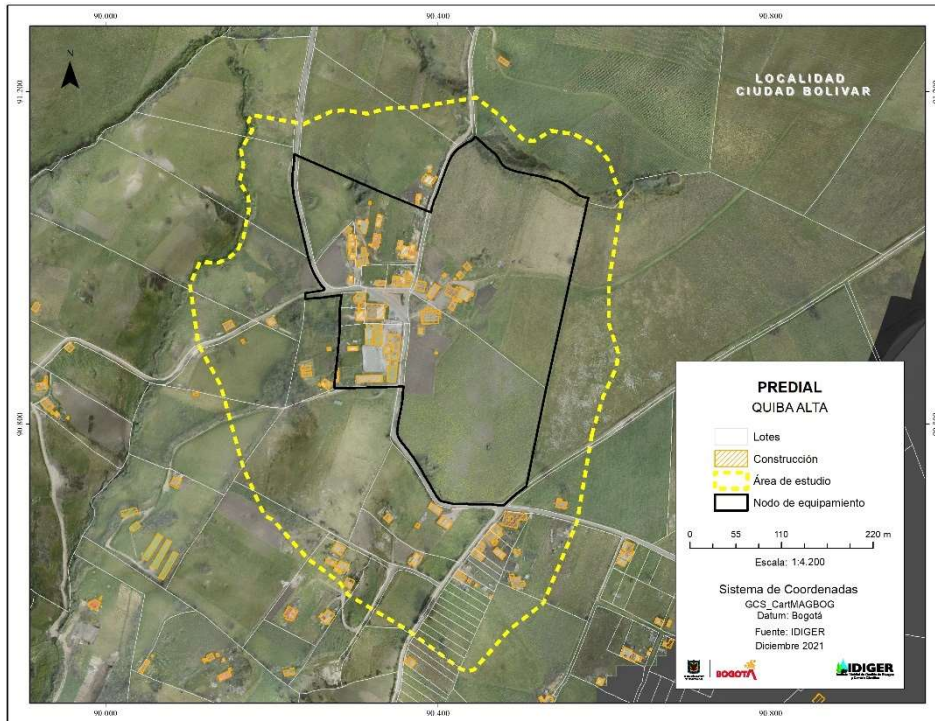


Figura 9. Construcciones del área de estudio Quiba Alta

6. GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

El objetivo del presente capítulo, es la caracterización de Unidades Geológicas Superficiales (UGS) en el área de estudio definida para el nodo de equipamiento de Quiba Alta, así como la delimitación de elementos geomorfológicos, que permitirán identificar de forma asertiva los materiales presentes para la evaluación de amenaza.

6.1 GEOLOGÍA REGIONAL

Según lo estipulado en (POT, 2017), la localidad de Ciudad Bolívar se caracteriza por presentar una geología compleja con múltiples fallas que han fracturado intensamente los macizos rocosos constituidos por unidades litológicas de tipo sedimentario, conformadas por secuencias de areniscas de porosidad y resistencia variable, así como por unidades de composición mayormente arcillosa como el Grupo Guadalupe y la formación Guaduas respectivamente. A partir de las anteriores se desarrollan suelos residuales de bajo espesor. Según la información antecedente consultada y referenciada anteriormente, se presentan en la siguiente Tabla 2 y en la Figura 10, las unidades geológicas identificadas a nivel regional al interior del área de estudio y una breve descripción litológica de las mismas, teniendo en cuenta su composición y propiedades texturales.

Tabla 2. Unidades geológicas identificadas a nivel regional en el Nodo de equipamiento Quiba Alta

Unidad Geológica		Acrónimo	Descripción
Grupo Guadalupe	Formación Arenisca Dura	Ksgd	Unidad de roca conformada por cuarzoarenitas de grano fino, ocasionalmente grano medio a grueso, en capas que varían de muy delgadas a muy gruesas, con intercalaciones menores de limolitas silíceas de estratificación delgada a muy delgada.
	Formación Labor - Tierna	Ksglt	Cuarzoarenitas en capas tabulares o lenticulares delgadas hasta muy gruesas.
			Bancos de areniscas medianamente friables, intercalados con paquetes de lodolitas y arcillolitas interestratificadas, así como bancos individuales de arcillolitas,
			Areniscas de grano grueso a muy grueso en potentes bancos separados por finos paquetes oscuros de lodolitas, limolitas y arcillolitas interestratificadas.
Formación Marichuela		Ngm	Unidad de suelo, conformada por depósitos de flujo torrencial constituidos por gravas con clastos que pueden alcanzar tamaños de cantos, arenas compactas y arcillolitas orgánicas.
Depósitos de pendiente		Qdp1	Material Intermedio caracterizado por presencia de bloques generalmente angulares acumulados mecánicamente embebidos en una matriz areno arcillosa de erodabilidad alta, generalmente presentes al pie de las zonas escarpadas.
Suelos Residuales		Qsr	Unidad de suelo de consistencia media producto de la meteorización y alteración de material parental sin desplazamiento, básicamente son materiales finogranulares predominantemente arcillosos con contenido de materia orgánica, con valores entre 0,5 kg/cm ² y 1,0 kg/cm ² de la resistencia a la compresión inconfina.

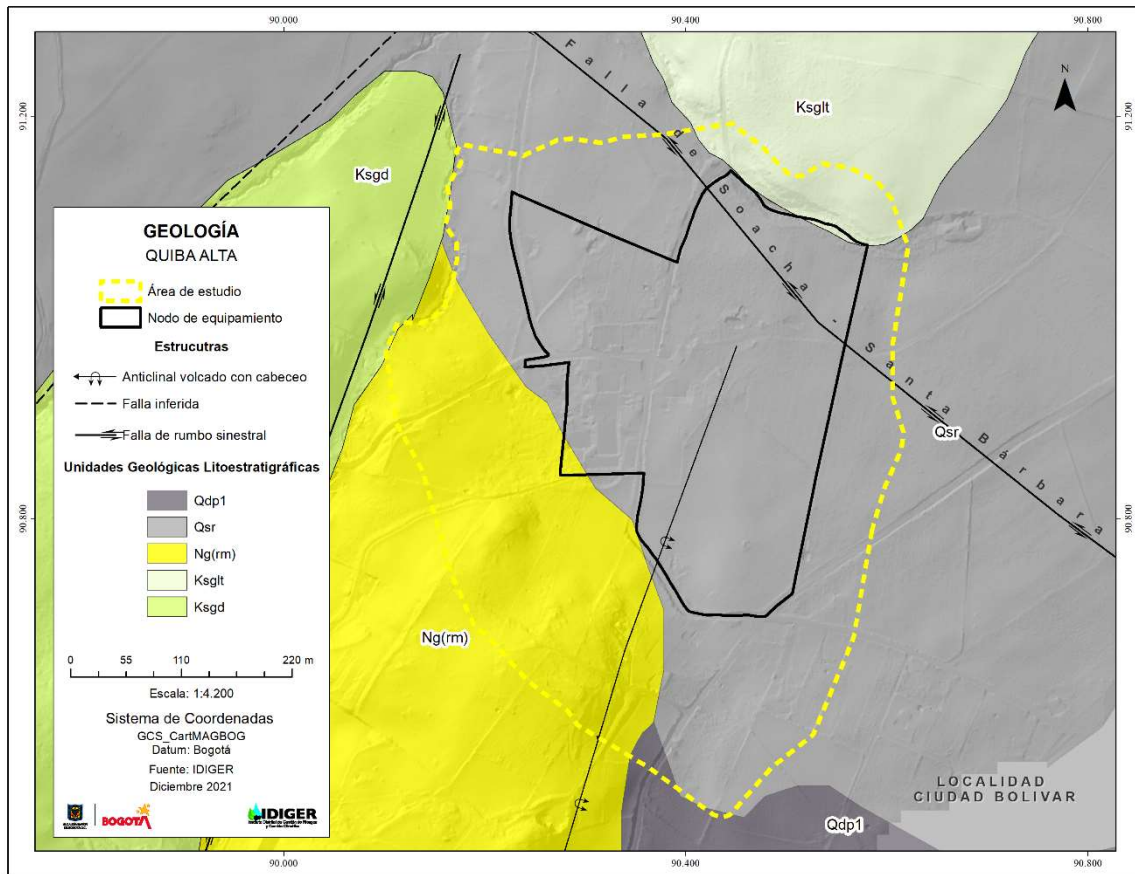


Figura 10. Geología Regional antecedente 2017

6.2 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

Al interior de esta temática, se identificaron los procesos de levantamiento o inclinación del terreno producto de la actividad tectónica, directamente relacionados con el incremento de esfuerzos cortantes, como uno de los condicionantes y causantes de efectos desfavorables en el comportamiento geomecánico y la calidad de los materiales, incrementando su fracturamiento y la disposición favorable de los estratos rocosos con respecto de la pendiente de las laderas.

A nivel regional el área de estudio presenta una alta complejidad tectónica relacionada con los esfuerzos enmarcados en un estilo estructural compresivo asociado al levantamiento de la Cordillera Oriental, que suponen un control estructural sobre la red de drenaje. Las principales estructuras que configuran el relieve circundante, corresponden a pliegues anticlinales erodados y afectados por fallamiento de tipo trascurrente. En la Tabla 3, se clasifican estas estructuras (fallas y pliegues) según las direcciones preferenciales identificadas, con el fin de contemplar el escenario geológico estructural en el que se encuentra el área de estudio y de esta manera, establecer relaciones entre la geología como factor geoambiental y las condiciones de susceptibilidad del escenario a la posible generación de movimientos en masa.

Se identifican pliegues menores (Anticlinal de Mochuelo) y fallas secundarias casi perpendiculares a los anteriores que generan un control estructural sobre las corrientes hídricas principales, los cuales presentan un patrón paralelo en dirección NE – SW. Este último, constituye la orientación preferencial de uno de los sistemas de fallas más importantes del sector.

De igual manera se identificaron fallas con dirección NW – SE, cuya expresión en superficie se ve representada por cambio súbitos en la topografía de la cuenca, como es el caso de la falla **Soacha-Santa Bárbara** (rumbo sinistral), cuya topografía aproximadamente plana a lo largo del trazo de la misma, se distingue del relieve circundante conformando geoformas de origen estructural como se verá más adelante en el numeral 4 de Geomorfología.

Tabla 3. Clasificación de las estructuras identificadas según su orientación estructural preferencial

Orientación preferencial del sistema estructural	Estructura	Observaciones
NE-SW	Falla de rumbo sinistral	Falla de rumbo sinistral que controla el curso de la quebrada Limas, límite NW del área de estudio
	Anticlinal de Mochuelo	Estructura muy fragmentada tectónicamente
NW – SE	Falla Soacha-Santa Bárbara	Falla de rumbo sinistral que pone en contacto las rocas de la formación Arenisca Dura con la formación Areniscas Labor-Tierna y cuya expresión en superficie marca cambios súbitos en la topografía circundante, representado en la presencia de zonas relativamente planas, distinguibles del relieve circundante.

6.3 UNIDADES GEOLÓGICAS SUPERFICIALES (UGS)

Corresponden a un conjunto (homogéneo) de materiales geológicos que afloran en la superficie, provienen del mismo origen y conservan en general las mismas características físicas y de comportamiento geomecánico, hasta algunas decenas de metros por debajo de la superficie del terreno (Rodríguez et al, 2017). Se incluyen suelos y rocas diferenciados según una clasificación basada en el principio de que las propiedades físicas de dichos materiales en su estado actual dependen de la combinación de elementos como el origen, la diagénesis, la historia tectónica y los procesos de meteorización, los cuales controlan su comportamiento mecánico. Ahora bien, según el enfoque del presente estudio, se hará énfasis en la identificación de materiales geológicos de baja resistencia al corte o con presencia de discontinuidades y porosidad relevante dada su baja compactación, puesto que los mismos pueden ser naturalmente débiles o se pueden debilitar por procesos naturales.

Las unidades geológicas superficiales del área de estudio se encuentran representadas por macizos rocosos de mala calidad, cuya propiedad está determinada principalmente por el grado de fracturamiento y la incidencia de procesos erosivos superficiales. Sin embargo, es de resaltar que el desarrollo de suelos residuales es generalmente de poco espesor y

ausente en algunas zonas, a pesar de las prácticas agrícolas que se desarrollan en la zona. (Figura 11).

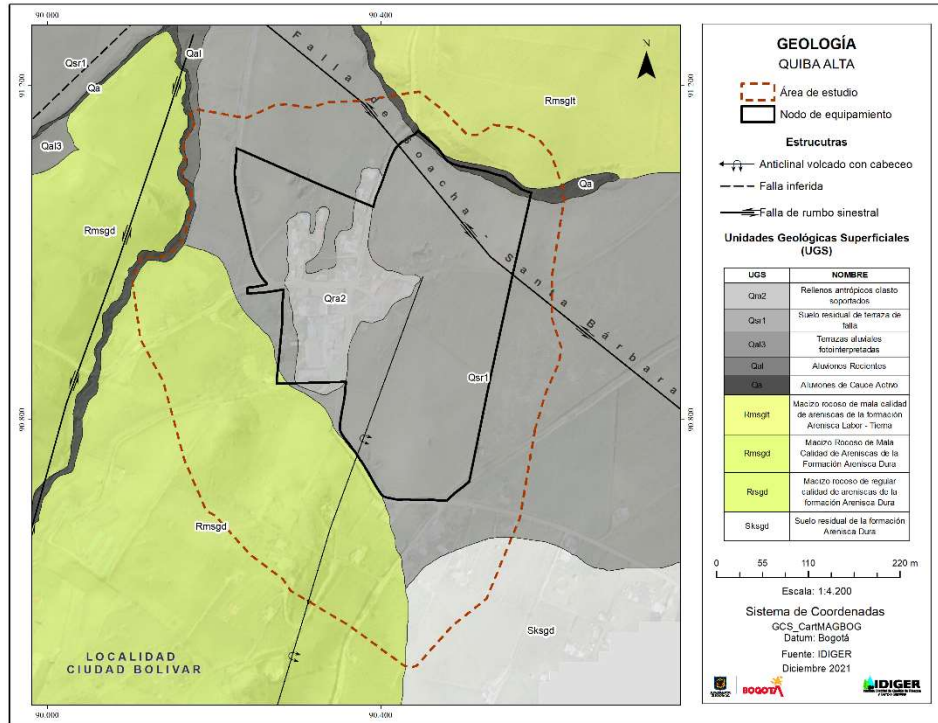


Figura 11. Geología área de estudio Nodo de Equipamiento Quiba Alta

6.3.1 Unidades de roca

Las unidades de roca han sido clasificadas según la calidad de los materiales, entre calidades de macizo buena y muy buena (Roca dura), regular (Roca Intermedia) y mala y muy mala (Roca blanda), donde la calidad del macizo se expresa mediante el índice geológico de resistencia (GSI), el cual es un sistema que utiliza el carácter geológico del material rocoso junto con la evaluación visual del macizo, como una forma para la selección de parámetros que permiten la predicción de su resistencia y deformabilidad (SGC, 2017). Tal como se muestra en la Tabla 4, las unidades de roca en el área de estudio se encuentran representadas por macizos rocosos constituidos por materiales detríticos de mala calidad hasta macizos rocosos de regular calidad.

Tabla 4. Unidades geológicas superficiales de roca, identificadas en el Nodo de equipamiento Quiba Alta

Unidad geológica	Nombre de UGS y descripción	Acronimo UGS
Arenisca Dura (Ksgd)	Macizo rocoso de mala calidad de cuarzo-areniscas	Rmsgd
Labor – Tierra (Ksglt)	Macizo rocoso de mala calidad de areniscas	Rmsglt

6.3.2 Unidades de suelo

El suelo es un depósito suelto o blando de origen natural formado en la superficie de la Tierra, el cual se debilita o ablanda por inmersión en agua; puede ser el resultado de procesos físicos, químicos y biológicos que actúan para producir un material rico en materia orgánica con horizontes característicos (capas) a poca profundidad. El suelo se puede formar a partir de la erosión o meteorización de rocas más duras o de suelos más antiguos “in situ”, o puede ser material transportado o depositado como una formación geológica blanda (Rodríguez et al, 2017). Se incluyen en esta subdivisión todo el material granular generado a partir de la desintegración y alteración física y química de otro material, transportados y antrópicos. Son materiales geológicos considerados de baja resistencia al corte, naturalmente débiles o se pueden debilitar por procesos naturales.

6.3.2.1 Suelos residuales

Los suelos residuales se forman en el sitio por procesos de meteorización física y química y se desarrollan principalmente en condiciones tropicales húmedas. En inmediaciones del nodo de equipamiento de Quiba Alta, se desarrollan suelos residuales orgánicos de bajo espesor, en ocasiones sin horizontes claros, con extensiones y profundidades heterogéneas y en algunas zonas está ausente debido a la inclinación de las pendientes y los procesos erosivos incipientes que actúan sobre los mismos. Las prácticas agrícolas que se desarrollan en las inmediaciones del área de estudio suponen un posible desarrollo de suelo más fértil y posiblemente de mayor espesor.

6.3.2.1.1 Suelo residual de la formación Arenisca Dura (Sksgd).

En general se presenta como un suelo limo arenoso, tamaño de grano arena fina a media, color gris claro, no plástico, humedad baja y con desarrollo de suelo orgánico sin plasticidad (80 cm aprox). Estos suelos corresponden a suelos grueso granulares, bien seleccionados, de compacidad moderada a débil.

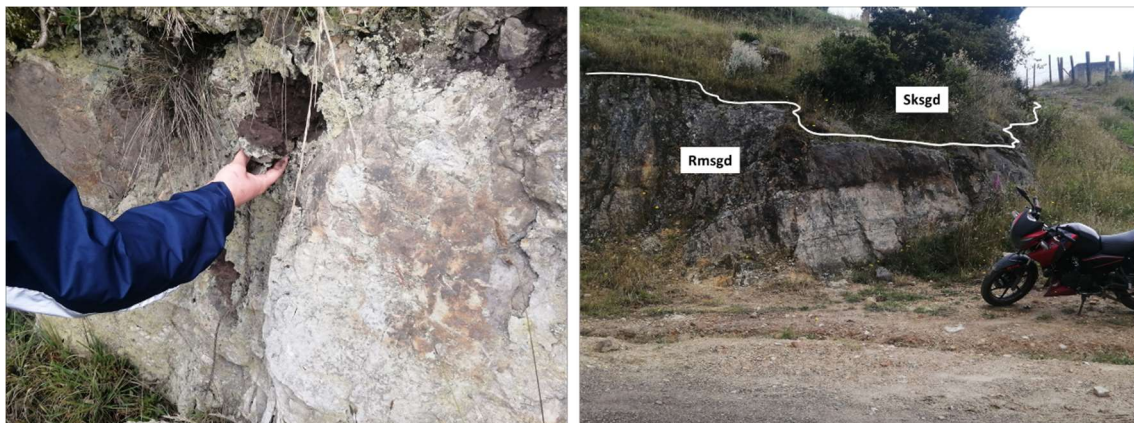


Figura 12. Rocas de mala calidad y suelos residuales de la formación Arenisca Dura. Sector Quiba Alta. Fuente: autores

6.3.2.1.2 Suelo residual de terraza de falla (Qr1)

En la Figura 13, se puede observar la apariencia en superficie que exponen este tipo de suelos, asociados al trazo de la falla Soacha Santa-Bárbara que incide sobre la topografía circundante, dando como resultado la conformación de geofomas de origen estructural (Terraza o berma de falla). Se asocia a la formación Labor – Tierna como material parental.



Figura 13. Apariencia superficial y en perfil de los suelos residuales de la formación Labor-Tierna. Sector Quiba Alta. Fuente: autores

6.3.2.2 Suelos transportados

Corresponden a los materiales transportados ya sea por la dinámica fluvial o asociados a movimientos en masa como caída de rocas y suelos, deslizamientos y flujos. Los suelos transportados, se asocian principalmente a agentes de transporte como el agua y la fuerza de gravedad, ya que la pendiente tiene un efecto significativo sobre la magnitud de la erosión y el contenido acuoso del suelo.

6.3.2.2.1 Depósitos aluviales (Qal).

Están compuestos por materiales recientes depositados por las corrientes (Qa), asociados con el material del lecho de las quebradas (sedimentos, basuras, desechos y escombros), así como depósitos de zonas inundables (Qal) los cuales conforman planicies aluviales de composición mayormente arcillosa (Ver Figura 14). A continuación, en la Tabla 5 se resumen las Unidades Geológicas Superficiales (UGS) de tipo aluvial que se identificaron en las inmediaciones del nodo de equipamiento de Quiba Alta.

Tabla 5. Unidades geológicas superficiales (UGS) correspondientes a suelos transportados de tipo aluvial en Quiba Alta

Nombre de UGS	Acrónimo	Descripción
Aluviones de cauce activo	Qa	Depósitos actuales transportados por las corrientes hídricas, asociados con el material del lecho de las quebradas (sedimentos, basuras, escombros)
Aluviones recientes	Qal	Depósitos aluviales recientes de las corrientes

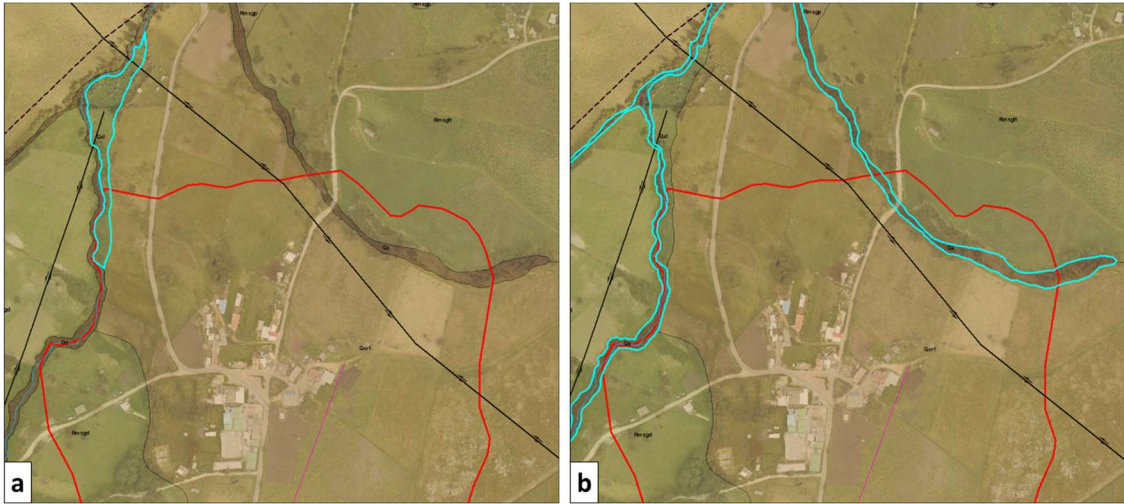


Figura 14. Depósitos de origen aluvial en Quiba Alta a) Aluviones recientes (Qal). b) Aluviones de cauce activo (Aa). Sector Quiba Alta. Fuente: autores

6.4 PERFIL GEOLÓGICO

Mediante la elaboración de un perfil topográfico y la interpretación de la conformación estructural del escenario geológico en las inmediaciones del centro poblado de Quiba Alta, fue posible establecer hipótesis acerca de la posible evolución geológica del área de estudio. El corte geológico de la Figura 15, expone la posible presencia del Anticlinal de Mochuelo en su extremo más nor-oriental, además de la incidencia de la falla Soacha Santa Bárbara que tiende a poner en contacto las rocas de Arenisca Dura con las de Labor Tierna. De modo que tenemos un anticlinal erodado y fallado constituido por la Arenisca Dura en el núcleo de la estructura, seguido de las formaciones Plaeners y Labor y Tierna. Superficialmente tenemos la presencia de suelos residuales desarrollados producto de la conformación de terrazas de fallamiento, además de rellenos antrópicos como producto de actividades constructivas.

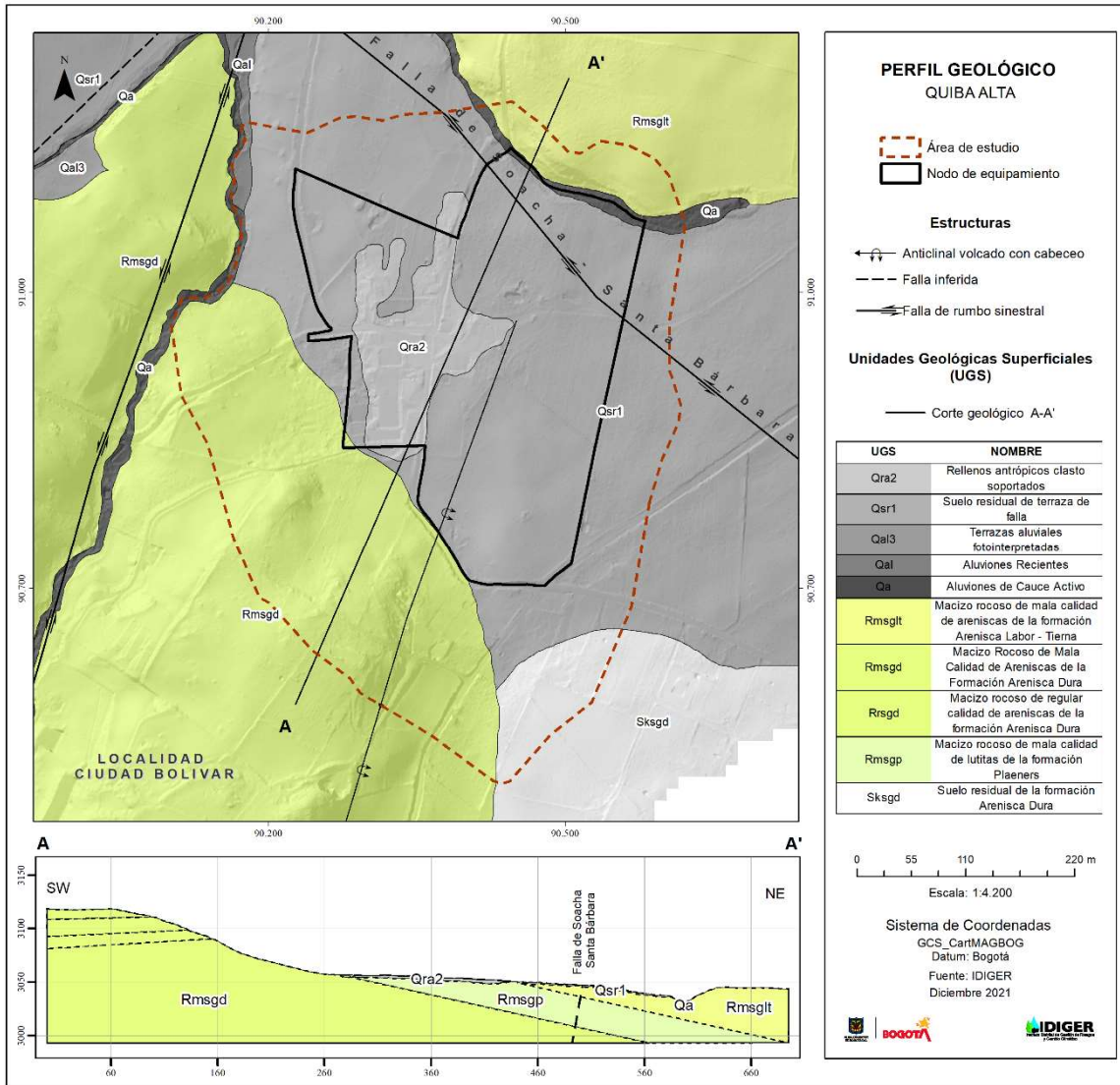


Figura 15. Perfil Geológico

6.5 GEOMORFOLOGÍA

La información geomorfológica constituye bases sólidas para la toma de decisiones en la evaluación del riesgo de desastres y resulta elemental para el manejo ambiental y territorial, dado el carácter geo-indicador que tiene la superficie terrestre para mostrar los más recientes cambios geológicos, propios de la dinámica interna como externa de la Tierra. La cartografía geomorfológica, se realiza de acuerdo con la jerarquización geomorfológica adoptada con base en la propuesta hecha por (Carvajal, 2012), en la cual se utiliza el “Componente Geomorfológico” como la unidad cartografiable de mayor detalle, de acuerdo con la escala de trabajo 1:5.000, agrupados de acuerdo con características similares en cuanto a su origen, composición, procesos morfodinámicos, litología, grado de meteorización y tipo de suelo, entre otros. Para lo anterior fue necesaria la interpretación de insumos digitales y recorridos en campo con el fin de identificar y caracterizar posibles

áreas geomorfológicamente susceptibles a la generación de movimientos en masa. En la Figura 16 se presenta la geomorfología realizada para la actualización del Plan de ordenamiento Territorial.

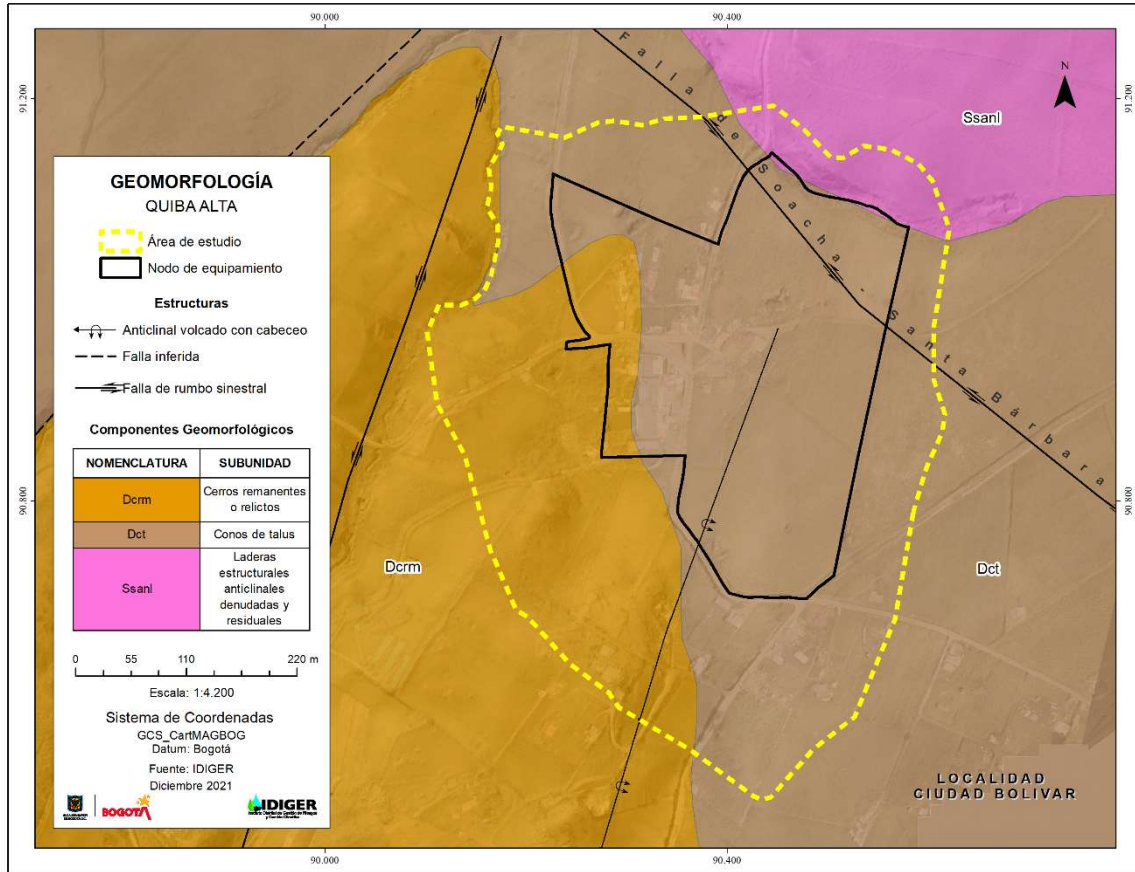


Figura 16. Geomorfología actualización POT

6.5.1 MORFOGÉNESIS

En el área de estudio definida para el nodo de equipamiento de Quiba Alta, se han diferenciado componentes geomorfológicos asociados a ambientes denudacional, estructural y fluvial. Como puede verse en la Tabla 6 y la Figura 17, el ambiente morfogenético de más influencia en el área de estudio es el estructural con un 92% de influencia, el cual imprime algunas de las propiedades morfológicas más particulares de la superficie. Dentro de las anteriores se resalta la presencia de laderas de contrapendiente y escarpes de falla asociados al trazo de la falla Soacha-Santa Bárbara, el cual propicia también procesos de erosión diferencial escalonada que dan a lugar a morfologías de terrazas o bermas de fallamiento. El ambiente denudacional con mucho menos incidencia en el área 6%, da lugar a la formación de laderas onduladas al sur del área, compuestas mayormente por delgados suelos residuales generados a partir de la formación Arenisca Dura; no obstante, no se evidencian procesos de inestabilidad ni desarrollo de movimientos en masa. Las geofomas de origen fluvial con solo el 2% de influencia, están representadas

básicamente, por planicies aluviales y el cauce aluvial de la quebrada Limas y tributarios localizados al norte del área.

Tabla 6. Ambientes morfogenéticos y porcentaje de influencia en Quiba Alta

Componente geomorfológico	Nomenclatura	Ambiente Morfogenético	Área (m ²)	Ocupación %
Ladera ondulada	Dlo	Denudacional	15258,2	6
Escarpe de erosión menor	Deeme			
Terraza o berma de falla	Sbf	Estructural	236726,5	92
Ladera estructural	Sle			
Ladera de contrapendiente	Slcp			
Escarpe de línea de falla	Sife			
Planicie aluvial confinada	Fpac	Fluvial	4893,4	2
Cauce aluvial	Fca			

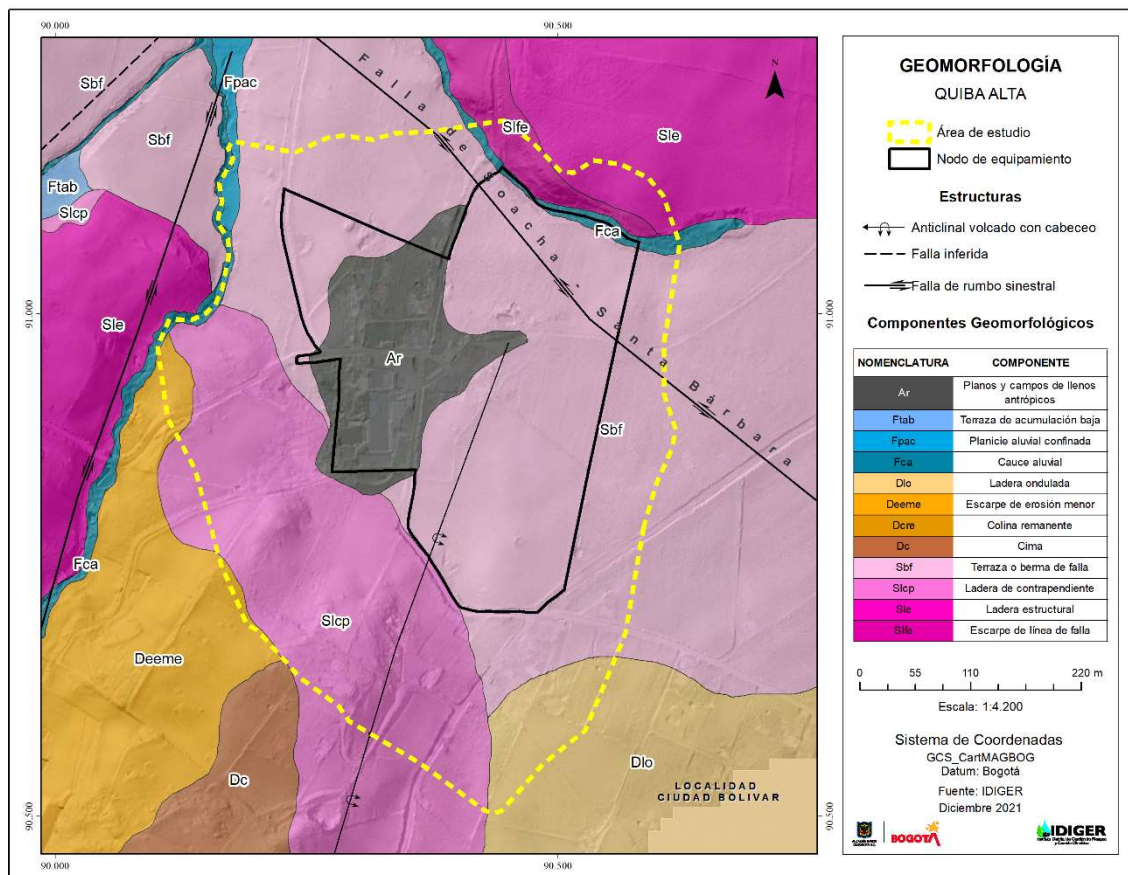


Figura 17. Geomorfología para el área de estudio del nodo de equipamiento de Quiba Alta

6.5.1.1 Componentes geomorfológicos de origen estructural

Teniendo en cuenta la localización geográfica del nodo de equipamiento de Quiba Alta, la cual se encuentra afectada por fallas regionales como la falla Soacha-Santa Bárbara, así como por esfuerzos compresivos, es de resaltar el desarrollo de geformas generadas por la dinámica interna de la tierra o procesos endógenos, es decir, especialmente las asociadas con el plegamientos y el fracturamiento de las rocas, cuya expresión morfológica es definida por la tendencia de los esfuerzos y la variación en la resistencia de las unidades rocosas.

Escarpe de línea de falla (Sife)

Planos verticales a subverticales, de formas cóncavas a convexas, con pendientes abruptas a escarpadas (11° - 45°) y de longitud muy corta (<50metros) aproximadamente. Su origen se relaciona con superficies definidas por el truncamiento de estructuras topográficas y geológicas afectadas por procesos de erosión acentuada, asociados al trazado de la falla Soacha-Santa Bárbara de tipo transcurrente de rumbo sinistral, perteneciente al sistema estructural NW – SE (Ver Tabla 3), que se alinea con drenaje tributario a la quebrada Limas. Se constituye por areniscas de mala calidad de la formación Arenisca Labor y Tierna y se localiza al costado NE del área de estudio. Actualmente no presenta movimientos en masa asociados, sin embargo, podría ser susceptible a desarrollar procesos de inestabilidad a causa de actividades antrópicas de tipo constructivo. (Figura 18).

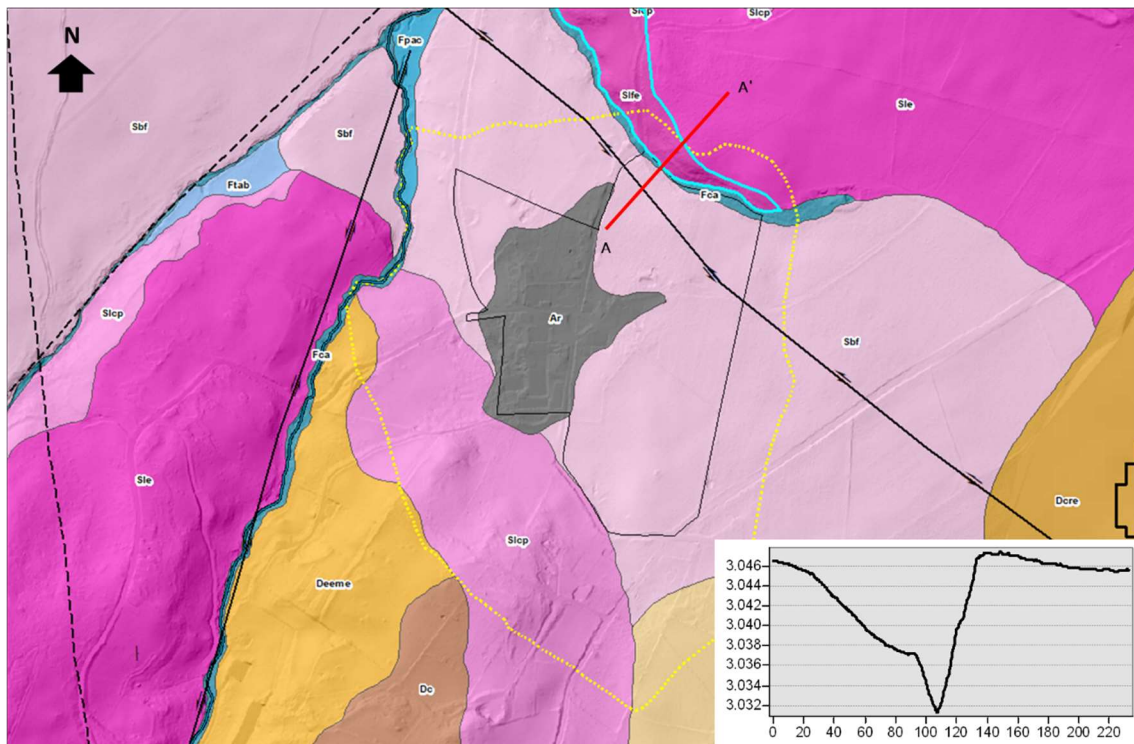


Figura 18. Escarpe de línea de falla (Sife). Vista en planta y perfil topográfico ilustrativo. Sector Quiba Alta. Fuente: autores

Terraza o berma de falla (Sbf)

Escalón alargado en forma de terraza de morfología alomada o colinada, limitado por escarpes de línea de falla de longitud muy corta de forma convexa e inclinación abrupta. Su origen está relacionado con el escalonamiento diferencial desarrollado por procesos de fallamiento, generados a partir del trazo de la falla Soacha-Santa Bárbara. Está constituida por suelos residuales generados a partir de procesos de erosión superficial sobre materiales provenientes de la formación Labor y Tierna, ocupando la mayor parte del área de estudio (67%). No presenta fenómenos de inestabilidad ni desarrollo de movimientos en masa asociados. (Figura 19).



Figura 19. Terraza o berma de fallamiento (Sbf). Vista en planta y panorámica en campo. Sector Quiba Alta. Fuente: autores

Ladera de contrapendiente (Slcp)

Superficies en declive, de morfología regular a irregular, definida por planos (estratos o diaclasamiento) dispuestos en sentido contrario a la inclinación del terreno. Se presentan con longitudes cortas (50-2500 metros) y con pendientes muy inclinadas a muy abruptas (10° - 30°). En esta geoforma los datos estructurales no permiten establecer una asociación con alguna estructura de tipo regional (anticlinal, sinclinal, homoclinal, monoclinal, entre otros). (ver Figura 20)

Se constituyen por areniscas de mala calidad de la formación Areniscas Dura y se localizan hacia el costado sur-occidental del área de estudio ocupando el 21.7% de la misma. Actualmente no presenta movimientos en masa asociados, sin embargo, podría ser susceptible a desarrollar procesos de inestabilidad a causa de actividades antrópicas de tipo constructivo.

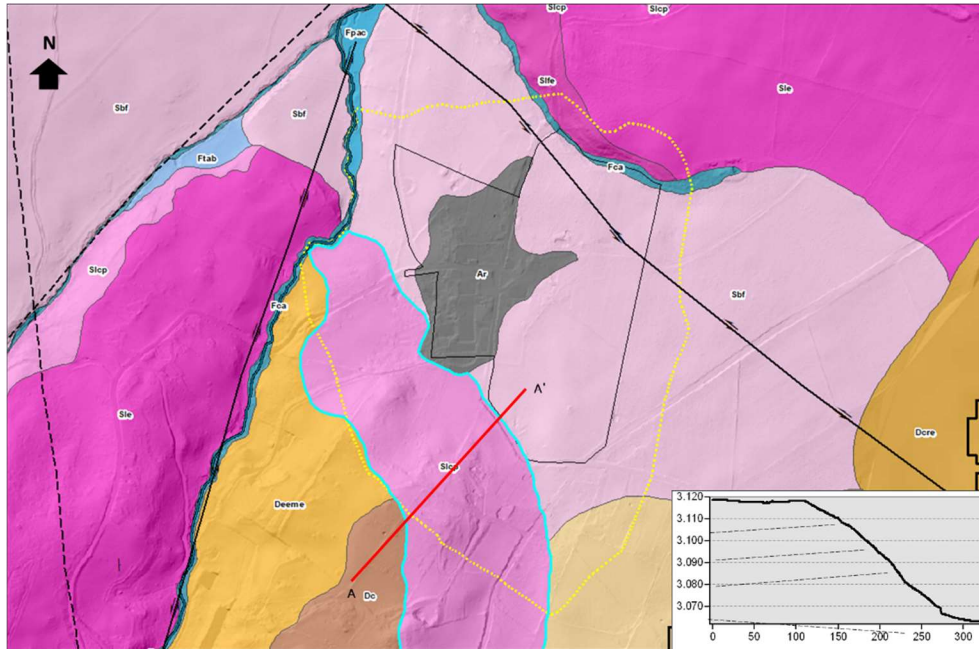


Figura 20. Ladera de contrapendiente (Slcp). Vista en planta y perfil topográfico ilustrativo (buzamiento aparente) Sector Quiba Alta. Fuente: autores

Ladera estructural (Sle)

Superficies en declive, de morfología regular a irregular, definida por planos preferentes (estratos, foliación, diaclasamiento entre otros) paralelos al sentido de la inclinación del terreno. Se presentan con longitudes muy cortas (<50metros) y con pendientes inclinadas (5° - 10°). En esta geoforma los datos estructurales no permiten establecer una asociación con alguna estructura de tipo regional (anticlinal, sinclinal, homoclinal, monoclinal, entre otros). Se constituyen por areniscas de mala calidad de la formación Arenisca Labor y Tierna, localizadas al costado NE, ocupando solo el 1.5% del area de estudio. No presenta movimientos en masa asociados.

6.5.1.2 Componentes geomorfológicos de origen denudacional

En el presente numeral se describen las geoformas con expresión morfológica definida por la acción combinada de procesos de meteorización, erosión y transporte gravitacional y pluvial, que modelan paulatinamente el relieve o geoformas preexistentes, suavizándolas, modelándolas y generando nuevas por acumulación de sedimentos.

Ladera ondulada (Dlo)

Superficies en declive de morfología alomada o colinada, con pendientes inclinadas a muy inclinadas (5° - 15°) y una longitud corta de aproximadamente 100 metros. El patrón de drenaje es subdendrítico a subparalelo. Se desarrollan sobre suelos residuales de la formación Arenisca Dura localizados al sur del área de estudio, ocupando solo el 4.8%. No presentan movimientos en masa asociados.

Escarpe de erosión menor (Deeme)

Laderas abruptas o a desplome, de alturas de hasta 100 metros, que pudieron formarse por causas tectónicas, abrasión (erosión fluvial), o por procesos gravitacionales y glaciales. De formas cóncavas y rectas, pendientes abruptas a escarpadas (15° - 45°) y longitudes cortas (50-250 metros). Se infiere que las causas principales para el desarrollo de estos elementos en el sector, están relacionadas al fuerte tectonismo y a la incisión ejercida por drenajes principales como la quebrada Limas. Se localizan al costado sur-occidental del área de estudio y están constituidos por areniscas de mala calidad de la formación Arenisca Dura. Actualmente no presenta movimientos en masa asociados, sin embargo, podría ser susceptible a desarrollar procesos de inestabilidad y movimientos en masa de tipo caída a causa de las altas pendientes y el fracturamiento de los materiales. (ver Figura 21)



Figura 21. Escarpe de erosión menor (Deeme) Vista en planta sobre modelo digital. Sector Quiba Alta. Fuente: Google Earth

6.5.1.3 Componentes geomorfológicas de origen fluvial

Estas subunidades incluyen las geoformas que se originan por procesos de erosión de las corrientes de los ríos y por la acumulación o sedimentación de materiales en las áreas aledañas a dichas corrientes, tanto en épocas de grandes avenidas e inundación, como en la dinámica normal de las corrientes perennes, durante la época seca. De esta manera, es posible encontrar unidades aledañas a ríos, quebradas y en el fondo de los cauces, cuyos depósitos son transportados y acumulados cuando éstas pierden su capacidad de arrastre (SGC, 2012).

Cauce aluvial (Fca)

Canales de forma irregular excavados por la erosión de las corrientes perennes o estacionales, dentro de macizos rocosos y/o sedimentos aluviales. Dependiendo de factores como pendiente, resistencia del lecho, carga de sedimentos y caudal, pueden

persistir por grandes distancias. Los cauces rectos se restringen a valles estrechos en forma de “V”, generalmente relacionados al control estructural de fallas de rumbo y cabalgamiento o diaclasas con orientación preferencial NE-SW, como la de la falla de rumbo sinistral a la que se alinea a la quebrada Limas (Ver Figura 22), límite NW del área de estudio.

Planicie aluvial confinada (Fpac)

Franja de terreno de morfología plana, muy angosta eventualmente inundable, en forma de “U”, limitada por otras geoformas de morfología colinada, alomada o montañosa, que bordean los cauces fluviales, en los cuales se observa el estrangulamiento o estrechamiento del mismo. Se desarrollan principalmente en valles amplios, conformando planicies compuestas por sedimentos tamaño arcilla y limitadas por diversas causas (estructurales, coluviales y antrópicas). Estas unidades fueron identificadas aledañas al cauce de la quebrada Limas, hacia el límite NW del área de estudio.

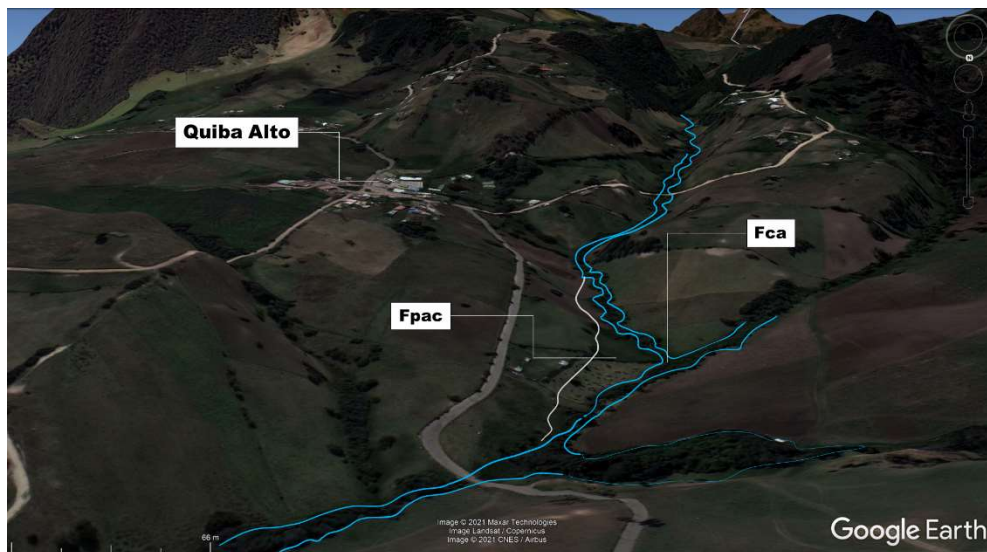


Figura 22. Cauce aluvial (Fca) y Planicie aluvial confinada (Fpac)
Vista en planta sobre modelo digital. Sector Quiba Alta. Fuente: Google Earth

6.5.2 MORFODINÁMICA

Los procesos morfodinámicos corresponden a una secuencia a través de las cuales los agentes morfogenéticos como la denudación y el control estructural, son capaces de modelar las formas de la superficie terrestre. Dicha secuencia está conformada por la erosión de las rocas, el transporte de los materiales removidos y la sedimentación de dichos detritos. En relación con el objetivo del presente trabajo, el estudio de los procesos morfodinámicos que dan lugar en las inmediaciones de Quiba Alta, permite identificar aquellas zonas con mayor susceptibilidad a presentar movimientos en masa, especialmente bajo solicitaciones extremas como lluvias fuertes o sismos.

Ahora bien, teniendo en cuenta las condiciones físicas identificadas y descritas anteriormente, con respecto a la geología y geomorfología del sector, expresada en la delimitación de unidades geológicas superficiales (UGS) y elementos geomorfológicos, es

posible concluir que para el polígono de estudio definido para el nodo de equipamiento de Quiba Alta, en general el sector cuenta actualmente con condiciones de estabilidad favorables, que se expresan en la ausencia de procesos erosivos y desarrollo de movimientos en masa. No obstante, se resalta a continuación en la Figura 23, una de las zonas identificadas con la presencia de procesos erosivos incipientes de tipo laminar, desarrollados sobre la ladera sur-occidental del centro poblado de Quiba Alta.

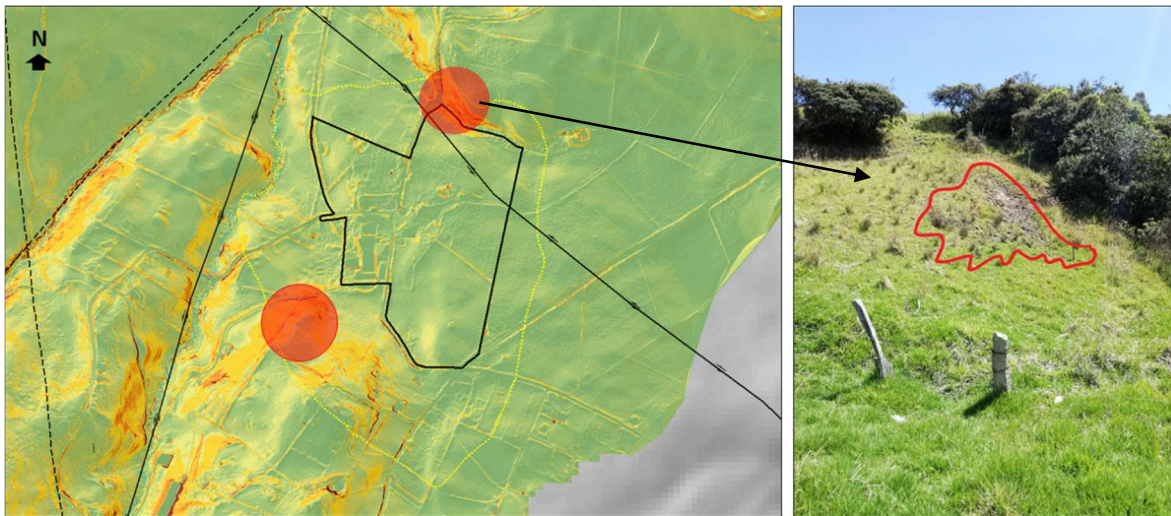


Figura 23. Procesos erosivos identificados al sur-occidente de Quiba Alta

7. HIDROLOGÍA Y EVALUACIÓN DEL DRENAJE SUPERFICIAL

La caracterización hidrológica del área de estudio se asocia al análisis hidrológico realizado para la cuenca de la quebrada Limas en el marco de la evaluación de riesgo por avenidas torrenciales y/o crecientes súbitas (Rogelis, 2020), en los que se realizaron análisis hidrológicos rigurosos a nivel de cuenca. Entre los análisis realizados se destacan:

- Delimitación de la cuenca de drenaje
- Características morfométricas de la cuenca
- Cálculo del tiempo de concentración
- Análisis de datos de precipitación
- Patrones espaciales y temporales de la precipitación
- Escenarios de tormenta
- Curvas de intensidad-duración-frecuencia (IDF)
- Distribución temporal de la tormenta y duración
- Tormentas considerando cambio climático
- Análisis de datos de nivel
- Estimación de hidrogramas de diseño

En la Figura 24 se ubica el nodo de equipamiento de Quiba Alta sobre el mapa de distribución de precipitación media anual para la cuenca de la quebrada Limas.

Precipitación media anual (mm)

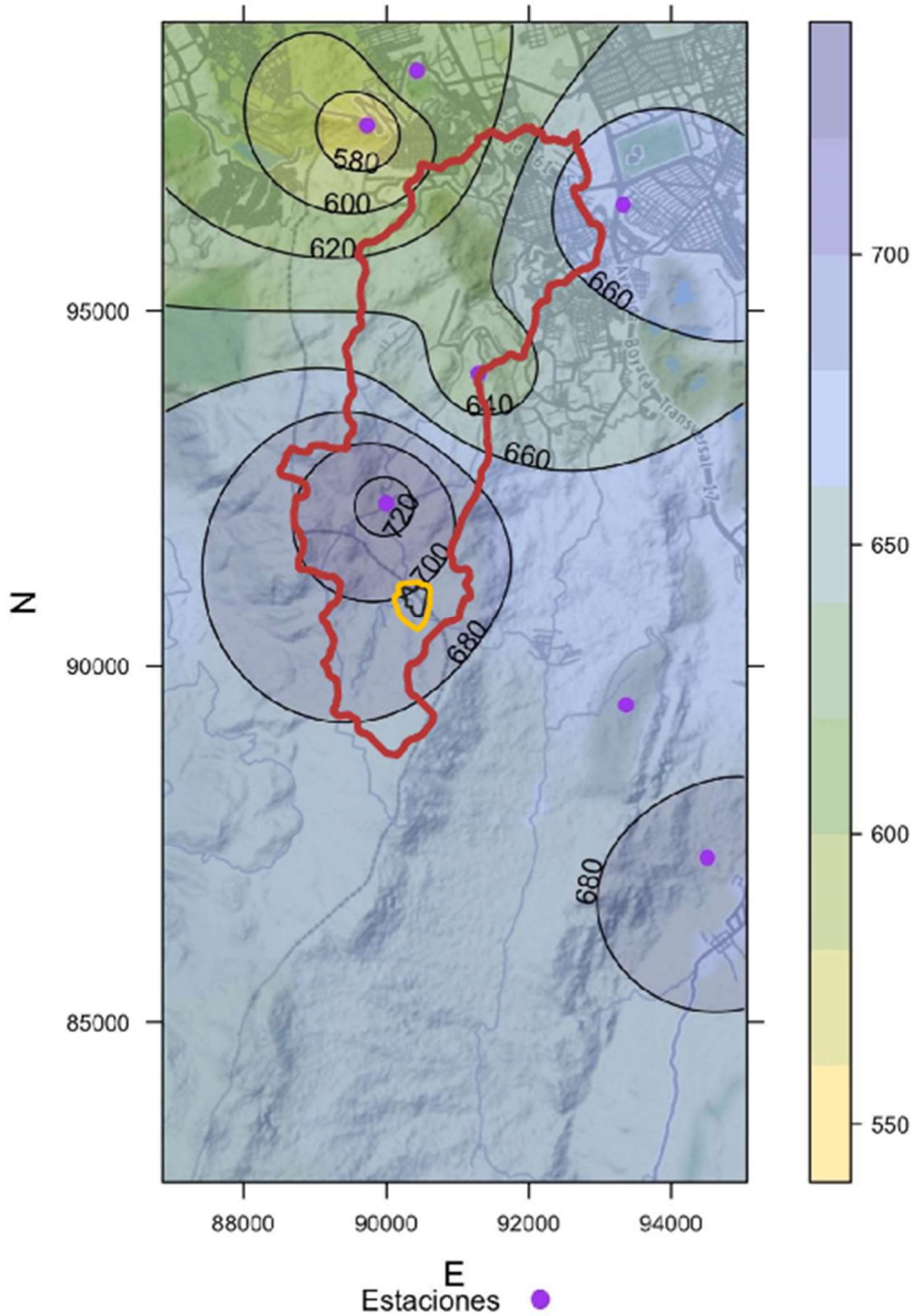


Figura 24. Distribución espacial de la precipitación media anual.

Fuente: (Rogelis, 2020)

De la figura se puede observar que el nodo se ubica en la parte alta de la cuenca. De acuerdo con la ubicación se estima que la precipitación media anual para el área de estudio esta entre los 700 mm a 680 mm, siendo un valor inferior al promedio anual de toda la ciudad estimado en 840 mm (IDIGER, 2022).

Por otro lado, de acuerdo con la identificación en campo del drenaje superficial del nodo, las vías no cuentan con obras de drenaje longitudinal ni transversal, como se puede observar en las siguientes figuras:



Figura 25. Vista de las condiciones de drenaje en el área de estudio, sector sur del nodo.

Consultando con un residente del sector, comenta que el sistema de disposición de aguas servidas de las viviendas corresponde a pozos sépticos para cada vivienda, sin embargo, no fue posible ahondar sobre el estado y mantenimiento de éstos.

El abastecimiento de agua se hace a las viviendas y zonas agrícolas por medio de mangueras conectadas al acueducto veredal regido por los directrices de la autoridad ambiental CAR.

De acuerdo a lo anterior, se puede evidenciar que las condiciones hidrológicas e hidráulicas del nodo pueden corresponder a un factor detonante de inestabilidad, por lo que en las modelaciones de estabilidad se considera el escenario de saturación, evaluando las posibles condiciones críticas que se pueden presentar debido a la precipitación y la falta de obras de drenaje.

8. SISMOLOGÍA

De acuerdo con el Decreto 523 del 16 de diciembre de 2010, por el cual se adopta la Microzonificación Sísmica de Bogotá D.C., el área de estudio se encuentra en las zonas sísmicas de Depósitos de Ladera y Cerros. (Ver Figura 26)

En la zona sísmica de Depósitos de Ladera, se describe un coeficiente de aceleración A_0 de 0,22g de acuerdo con el Decreto esta aceleración tiene una probabilidad de ser excedida variable que depende del tipo de depósito.

La zona sísmica Cerros, tiene un coeficiente de aceleración A_0 de 0,18g, de acuerdo con el Decreto esta aceleración tiene una probabilidad de ser excedida el 10% en un lapso de 50 años.

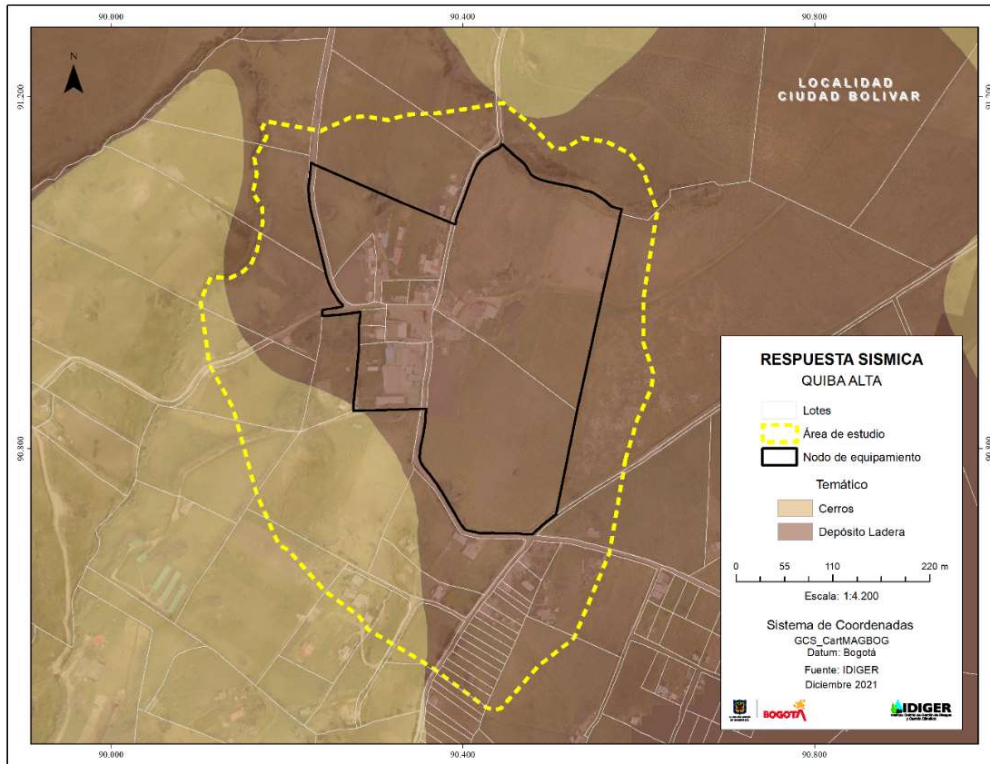


Figura 26. Respuesta Sísmica – Decreto 523 de 2010

En los dos casos, los efectos de sitio esperados son de carácter topográfico. Para los análisis de estabilidad se utilizaron los valores de aceleración horizontal y vertical, asociados a la respuesta sísmica para la zona de Cerros (Tabla 7), teniendo en cuenta que el valor de aceleración horizontal se aplica sin reducciones y el vertical se asumen como 1/3 del valor de aceleración horizontal.

Tabla 7. Valores de aceleración utilizados para las modelaciones

DIRECCIÓN	VALOR (g)
Horizontal	0.18
Vertical	0.06

9. COBERTURA Y USOS DEL SUELO

El uso del suelo y cobertura vegetal es un parámetro de gran importancia para la determinación de la susceptibilidad del terreno a generar movimientos en masa, dado que condiciona los niveles de infiltración en el terreno y la sobrecarga en el mismo. Es importante tener en cuenta la relación entre la cobertura y las propiedades mecánicas e hidráulicas del suelo.

La clasificación de la cobertura se desarrolló utilizando la base de datos de CORINE Land Cover adaptada para Colombia (CLC) que permite describir, caracterizar, clasificar y comparar las características de la cobertura de la tierra, interpretadas a partir de la utilización de imágenes de satélite.

Para el caso específico de este estudio, la escala de trabajo corresponde a una escala grande, que requiere de una clasificación más precisa. De acuerdo con lo anterior, se muestra en la Figura 27 y el resultado de la clasificación de cobertura del suelo para el área de estudio.

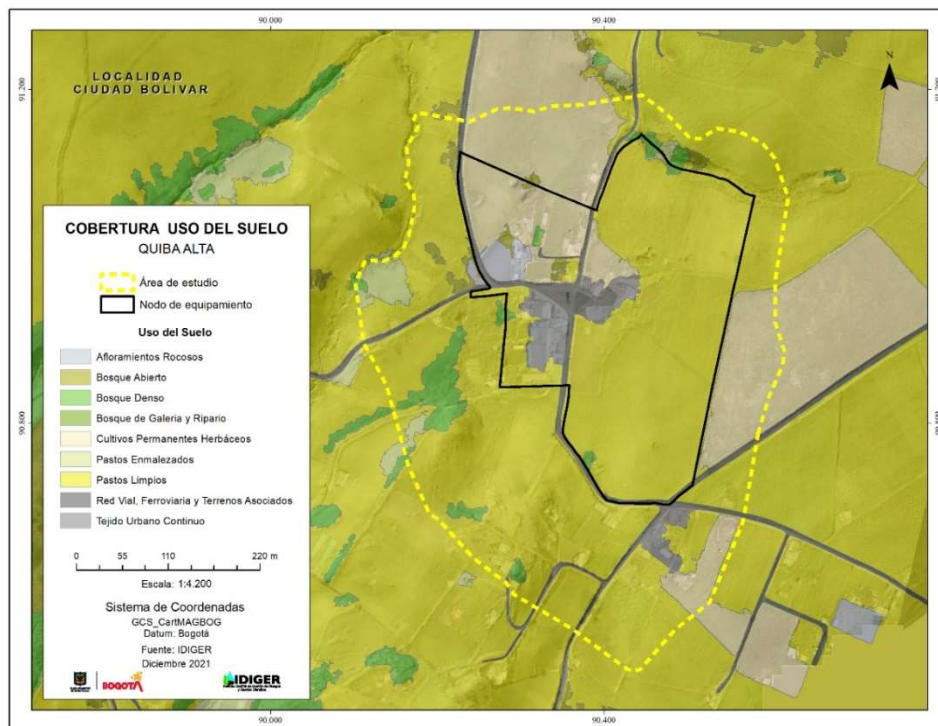


Figura 27. Mapa de cobertura del suelo para el área de estudio del nodo de equipamiento de Quiba Alta.

La zona de estudio se caracteriza por presentar dos tipos de coberturas principales: pastos limpios que corresponde con el 68% del área total y cultivos permanentes herbáceos que corresponde al 18%. Los resultados de las coberturas identificadas en el sector se resumen en la Tabla 8.

Tabla 8. Cobertura en el área de estudio

COBERTURA	ÁREA (m ²)	% DE LA COBERTURA
Afloramientos Rocosos	28.270	1%
Bosque Abierto	25.700	1%
Bosque Denso	77.100	3%
Cultivos Permanentes Herbáceos	472.880	18%
Pastos Enmalezados	38.550	2%
Pastos Limpios	1.742.460	68%
Red Vial, Ferroviaria y Terrenos Asociados	107.940	4%
Tejido Urbano Continuo	77.100	3%
TOTAL	2.570.000	100%

9.1 TEJIDO URBANO CONTINUO

Son espacios conformados por edificaciones y los espacios adyacentes a la infraestructura edificada. Esta cobertura comprende una extensión de 77.100 m².

En las Figura 28 y Figura 29 se observan las características del tejido urbano continuo que incluye las edificaciones que se encuentran en el área de estudio, que en general están construidas en mampostería simple con confinamiento deficiente y los espacios cercanos a las edificaciones.



Figura 28. Panorámica de la vía principal de acceso al Nodo de Equipamiento de Quiba Alta. Se observa una estructura en pavimento flexible así como la tipología de algunas viviendas del sector.



Figura 29. Vista general de la tipología de algunas viviendas del sector.

9.2 RED VIAL, FERROVIARIAS Y TERRENOS ASOCIADOS

Son espacios artificializados con infraestructuras de comunicaciones como carreteras, autopistas y vías férreas; se incluye la infraestructura conexas y las instalaciones asociadas

tales como: estaciones de servicios, andenes, terraplenes y áreas verdes. Esta cobertura comprende una extensión de 107.940 m².

En el área de estudio se cuenta con una vía de acceso principal construida en pavimento flexible (Figura 30) y vías que comunican el nodo de equipamiento con los predios aledaños, las cuales no son pavimentadas (Figura 31).



Figura 30. Vía principal de acceso al Nodo de Equipamiento de Quiba Alta. Se observa una estructura en pavimento flexible.



Figura 31. Vista de acceso al Nodo de Equipamiento de Quiba Alta. Se observa una estructura en afirmado.

9.3 PASTOS

Comprende las tierras cubiertas con hierba densa de composición florística dominada principalmente por gramíneas, dedicadas al pastoreo permanente por un período de dos o más años.

9.3.1 Pastos Limpios

Esta cobertura comprende una extensión de 1.742.460 m² y comprende las tierras ocupadas por pastos limpios con un porcentaje de cubrimiento mayor al 70%; la realización de prácticas de manejo (limpieza, encalamiento y/o fertilización, etc.) y el nivel tecnológico utilizados impiden la presencia o el desarrollo de otras coberturas. (Figura 32)

9.3.2 Pastos Enmalezados o Enrastrados

Son las coberturas representadas por tierras con pastos y malezas conformando asociaciones de rastrojos, debido principalmente a la realización de escasas prácticas de manejo o la ocurrencia de procesos de abandono. En general, la altura del rastrojo es menor a 1,5 metros. Esta cobertura cubre una extensión de 38.550m² (Figura 33)



Figura 32. Vista de pastos limpios en el Nodo de Equipamiento de Quiba Alta



Figura 33. Vista de de pastos enmalezados en el Nodo de Equipamiento de Quiba Alta

9.3.3 Cultivos Permanentes Herbáceos

Esta cobertura cubre una extensión de 472.880 m² y comprende territorios dedicados a cultivo cuyo ciclo vegetativo es inferior a un año, se observan en el área de estudio cultivos de papa y arveja. (Figura 34 y Figura 35)



Figura 34. Vista de cultivos permanentes en el Nodo de Equipamiento de Quiba Alta



Figura 35. Vista de cultivos permanentes en el Nodo de Equipamiento de Quiba Alta

9.3.4 Bosque denso

Esta cobertura cubre una extensión de 77.100 m² y está constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente arbóreos, los cuales forman un estrato de copas más o menos continuo cuya área de cobertura arbórea representa más de 70% del área total de la unidad, y con altura del dosel superior a cinco metros. Estas formaciones vegetales no han sido intervenidas o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original y las características funcionales (IGAC, 1999). Se exceptúan de esta unidad los bosques fragmentados. (Figura 36)



9.3.5 Bosque abierto

Esta cobertura comprende una extensión de 25.700 m² y está constituida una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente arbóreos regularmente distribuidos, los cuales forman un estrato de copas (dosel) discontinuo, con altura del dosel superior a cinco metros y cuya área de cobertura arbórea representa entre 30% y 70% del área total de la unidad. Estas formaciones vegetales no han sido intervenidas o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original y las características funcionales. (Figura 37)



Figura 37. Vista de bosque abierto en el Nodo de Equipamiento de Quiba Alta.

9.3.6 Afloramientos rocosos

Esta cobertura comprende una extensión de 28.270 m². En el área de estudio se presentan afloramientos rocosos que corresponden con rocas de la formación arenisca dura. (Figura 38 y Figura 39).



Figura 38. Vista de afloramientos rocosos en el Nodo de Equipamiento de Quiba Alta



Figura 39. Vista de afloramientos rocosos en el Nodo de Equipamiento de Quiba Alta

En la Figura 40 se observa que en el área de estudio posee en su mayoría cobertura de pastos limpios, seguido de cultivos permanentes herbáceos. Las coberturas principales identificadas determinan las actividades principales del sector que corresponden con ganadería y agricultura. Cabe anotar que la cobertura correspondiente a tejido urbano

continuo, es decir zonas construidas equivale al 3% del área de estudio, conformado por las edificaciones y espacios circundantes a la infraestructura edificada.

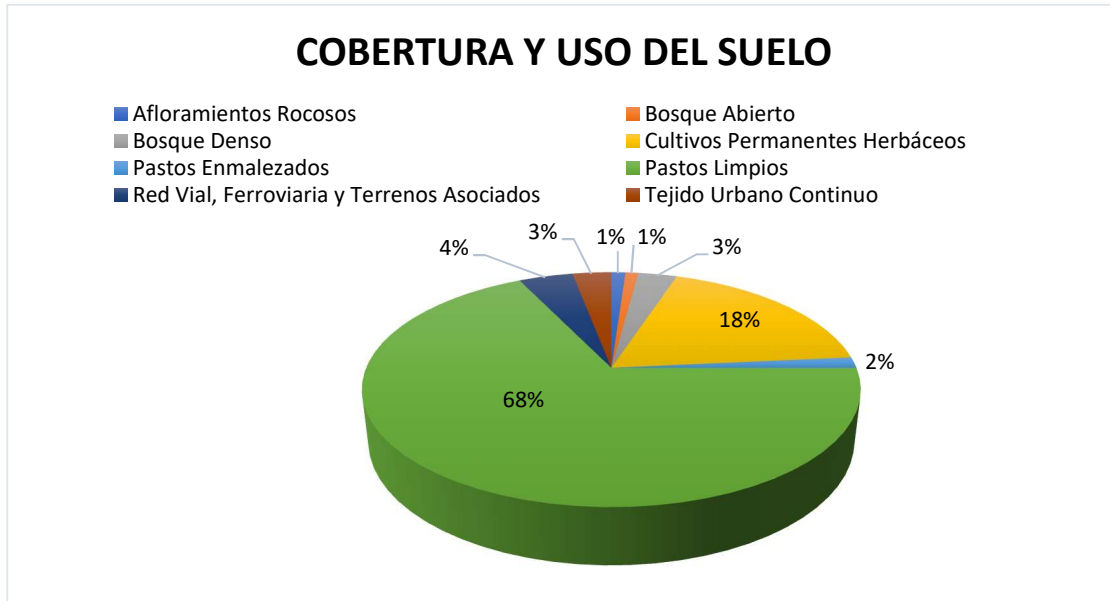


Figura 40. Distribución de la cobertura

Las coberturas identificadas en el área de estudio permiten establecer la baja susceptibilidad del sector a la activación de movimientos en masa. Debido a las condiciones favorables que proporciona la presencia de cobertura vegetal que está relacionada con los procesos de infiltración en el suelo y la evapotranspiración, así como la capacidad de las raíces para proporcionar un sistema que refuerza e incrementa la cohesión del suelo, aumentando con esto la estabilidad de los taludes. Adicionalmente, la presencia de árboles contribuye a la reducción de la escorrentía a través de la interceptación de la lluvia.

10. MODELO GEOLÓGICO – GEOTÉCNICO

El modelo geológico - geotécnico se plantea de manera tal que se tengan en cuenta las características geológicas, geomorfológicas, la exploración del subsuelo (Figura 41) y los demás estudios básicos disponibles y la caracterización realizada en campo.

Para establecer el modelo del subsuelo, es necesario identificar los materiales presentes, la disposición de los mismos, sus espesores y extensión en planta, así como las propiedades de resistencia que los caracteriza para llevar a cabo los análisis de estabilidad.

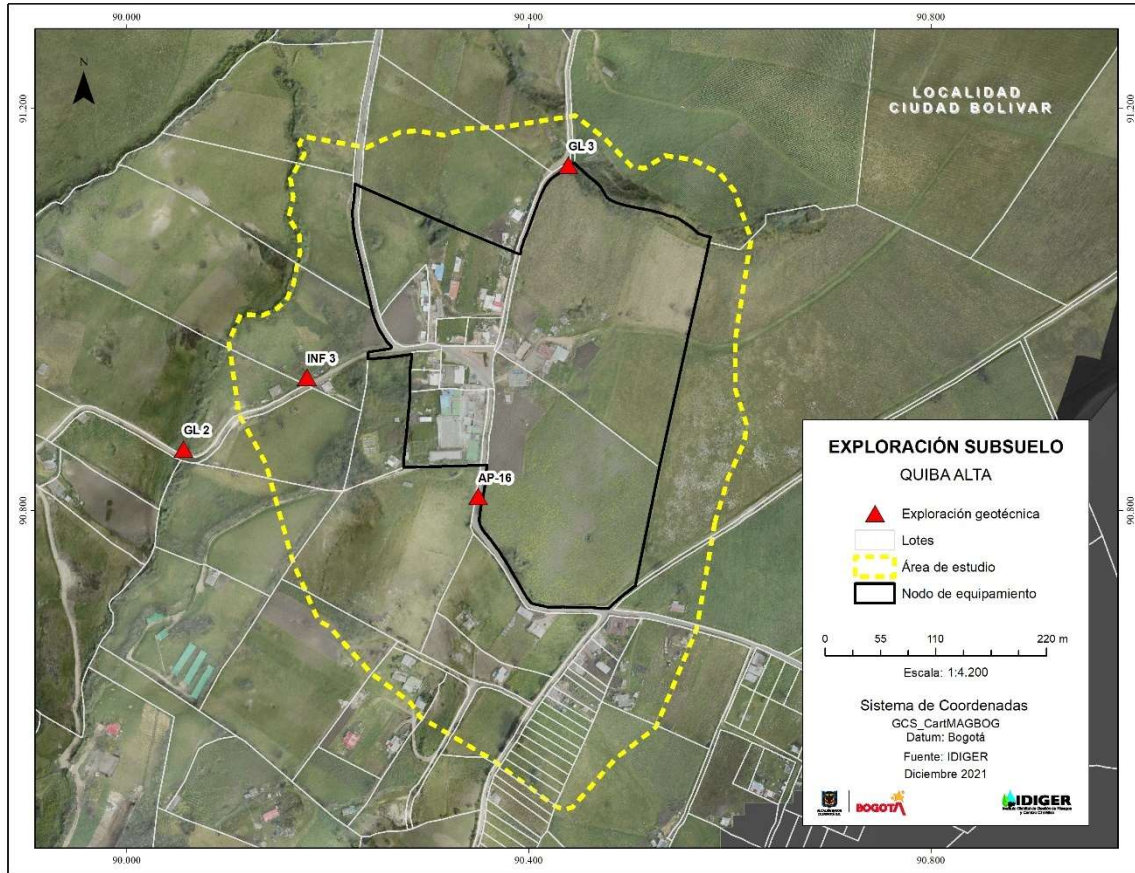


Figura 41. Exploración geotécnica realizada en el área de estudio

Para la construcción del modelo, se identifican materiales de poco espesor asociados a suelos residuales. En la Figura 42 se presenta un ejemplo de los materiales poco profundos predominantes en el área de estudio.

Por otro lado, en la zona de estudio no se presentan pendientes fuertes ni laderas largas. La ladera más pronunciada corresponde a la zona sur, que se puede observar en la Figura 43.



Figura 42. Material residual de poco espesor asociado a la formación arenisca dura.



Figura 43. Ladera sector sur nodo equipamiento.

11. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Para el análisis de estabilidad se utilizó una metodología determinística aplicada a las secciones de análisis ubicadas en las zonas críticas del área de estudio. La identificación de zonas críticas fue el resultado del análisis geomorfométrico y del reconocimiento de campo.

El análisis geomorfométrico consta de la discretización del área de estudio en zonas homogéneas de similar pendiente y dirección, para lo cual se utilizó el modelo digital del terreno y se obtuvieron los mapas de pendiente y aspecto.

Las pendientes se clasificaron de acuerdo con las pendientes relativas del área de estudio, obteniéndose 5 rangos de pendiente. El mapa de pendientes se presenta en la Figura 44. Las áreas de los rangos de pendientes obtenidos para el área de estudio se presentan en la Tabla 9.

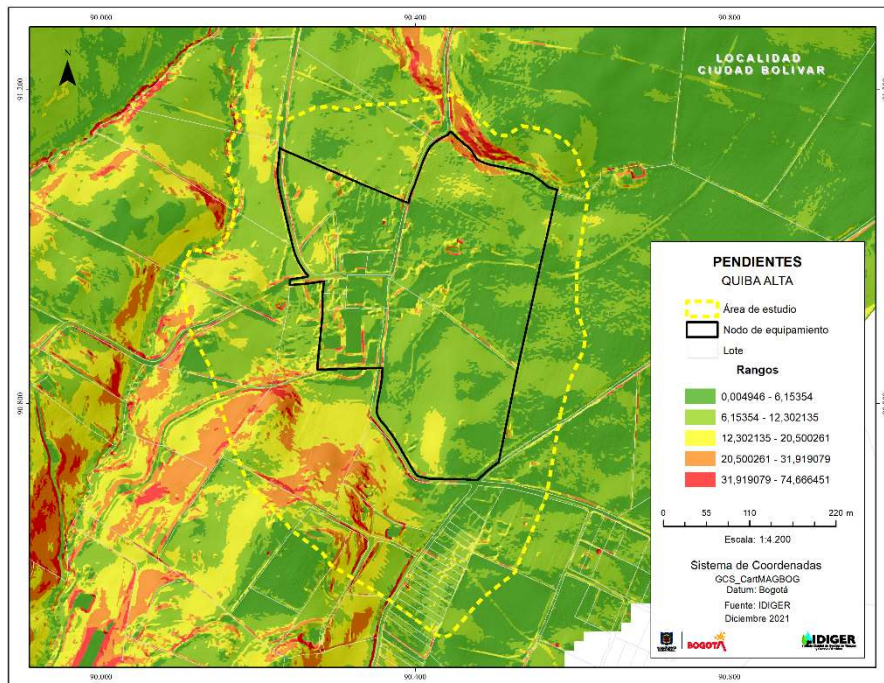


Figura 44. Mapa de pendientes y rangos de clasificación de pendiente en grados.

Tabla 9. Rangos y áreas de pendiente para el área de estudio.

RANGOS	ÁREA (m2)	% PENDIENTE
0,0 - 6,2	73608,7	29%
6,2 - 12,3	117040,9	46%
12,3 - 20,5	42739,1	17%
20,5 - 31,9	19226,1	7%
31,9 - 74,7	4173,29	2%

RANGOS	ÁREA (m2)	% PENDIENTE
TOTAL	256788,1	100%

Para discretizar la dirección de las laderas se utilizó el mapa de aspecto, presentado en Figura 45. Las áreas de las diferentes laderas para el área de estudio se presentan en la Tabla 10.

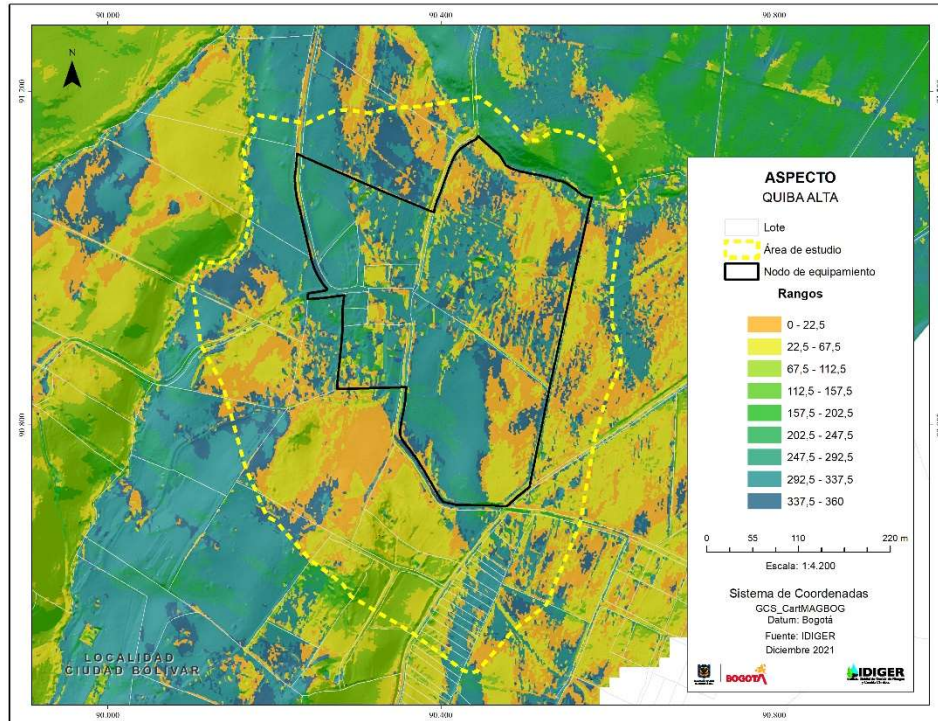


Figura 45. Mapa de aspectos y rangos de clasificación.

Tabla 10. Rangos y áreas de direcciones de ladera para el área de estudio.

DIRECCIÓN	LIMITE INFERIOR (°)	LIMITE SUPERIOR (°)	ÁREA (m2)	% ASPECTO
Norte	337,5	22,5	8177809,09	32%
Nor-este	22,5	67,5	63146,880	25%
Este	67,5	112,5	9776,488	4%
Sur-este	112,5	157,5	2453,925	1%
Sur	157,5	202,5	2727,931	1%
Sur-oeste	202,5	247,5	5509,463	2%
Oeste	247,5	292,5	20340,176	8%
Nor-oeste	292,5	337,5	71055,148	28%
TOTAL			256788,102	100%

Una vez obtenido el mapa de pendiente y de aspecto, se realizó el procesamiento para eliminar áreas pequeñas de acuerdo con la escala de trabajo 1:5000, con estos mapas depurados se interceptan generando una zonificación de laderas homogéneas correspondientes a las áreas con valores de dirección y pendiente similares de acuerdo con los rangos establecidos, obteniéndose como resultado la Figura 46.

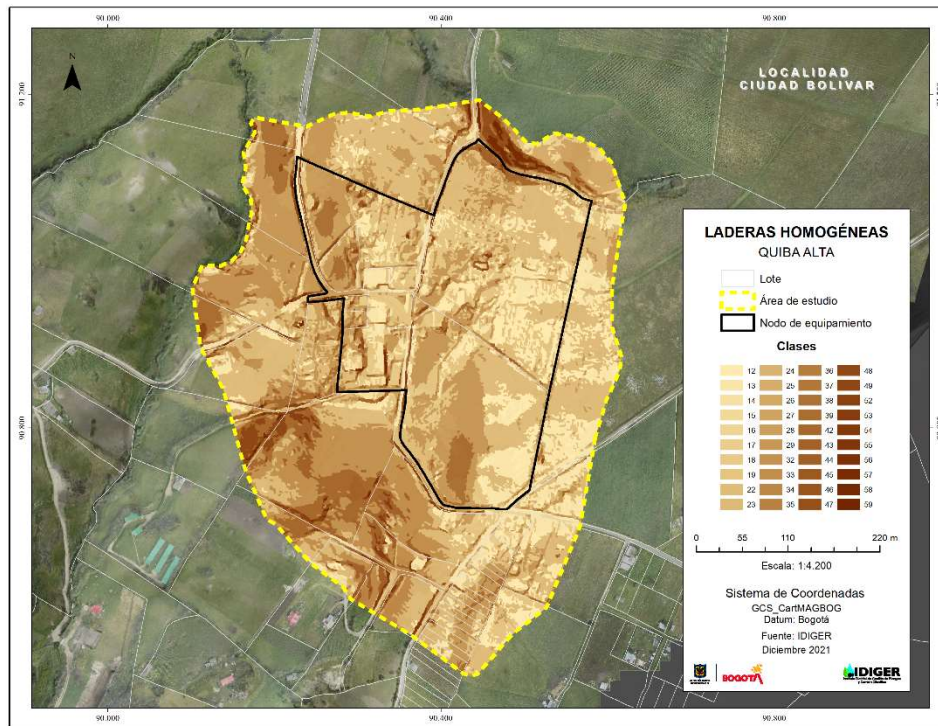


Figura 46. Mapa laderas homogéneas para el área de estudio.

A partir de estas laderas se prioriza la ubicación de perfiles de análisis, de acuerdo a las laderas de mayor pendiente y dirección, identificadas en colores más oscuros en la figura anterior, representando zonas con un posible comportamiento homogéneo. Estas zonas serán utilizadas para asociar los valores de factores de seguridad desde los perfiles a elementos espaciales tipo polígono. Las secciones de análisis desarrolladas se presentan en la Figura 47, en la Tabla 11 se presentan las coordenadas de ubicación de dichos perfiles.

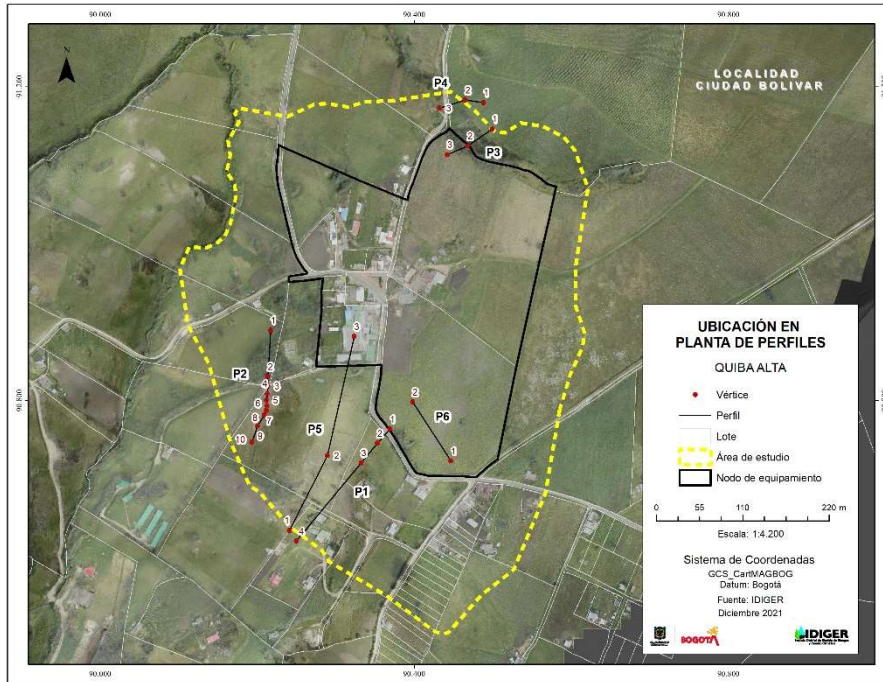


Figura 47. Ubicación en planta de los perfiles de análisis.

Tabla 11. Coordenadas de vértices por perfil

PERFIL	VÉRTICE	NORTE	ESTE
P1	1	907,637,311	903,690,503
	2	907,455,192	903,530,029
	3	907,205,627	903,321,794
	4	906,216,683	902,499,685
P2	1	908,893,293	902,169,402
	2	908,305,563	902,134,653
	3	908,183,958	902,134,883
	4	908,087,569	902,127,299
	5	908,005,582	902,116,895
	6	907,993,216	902,123,796
	7	907,876,066	902,116,373
	8	907,814,299	902,088,063
	9	907,677,203	902,004,043
	10	907,473,133	901,934,144
P3	1	911,454,304	904,990,996
	2	911,239,696	904,679,286
	3	911,126,338	904,419,072
P4	1	911,787,904	904,879,372

PERFIL	VÉRTICE	NORTE	ESTE
	2	911,821,926	904,650,693
	3	911,719,635	904,322,168
	1	906,348,003	90,240,955
P5	2	907,301,611	90,289,405
	3	908,814,171	903,234,013
P6	1	907,231,246	904,464,539
	2	907,981,534	903,978,269

Los perfiles para los análisis de estabilidad se identifican en la Figura 48, en la planta se observa la dirección del perfil en sentido de izquierda a derecha de cada imagen de la sección:

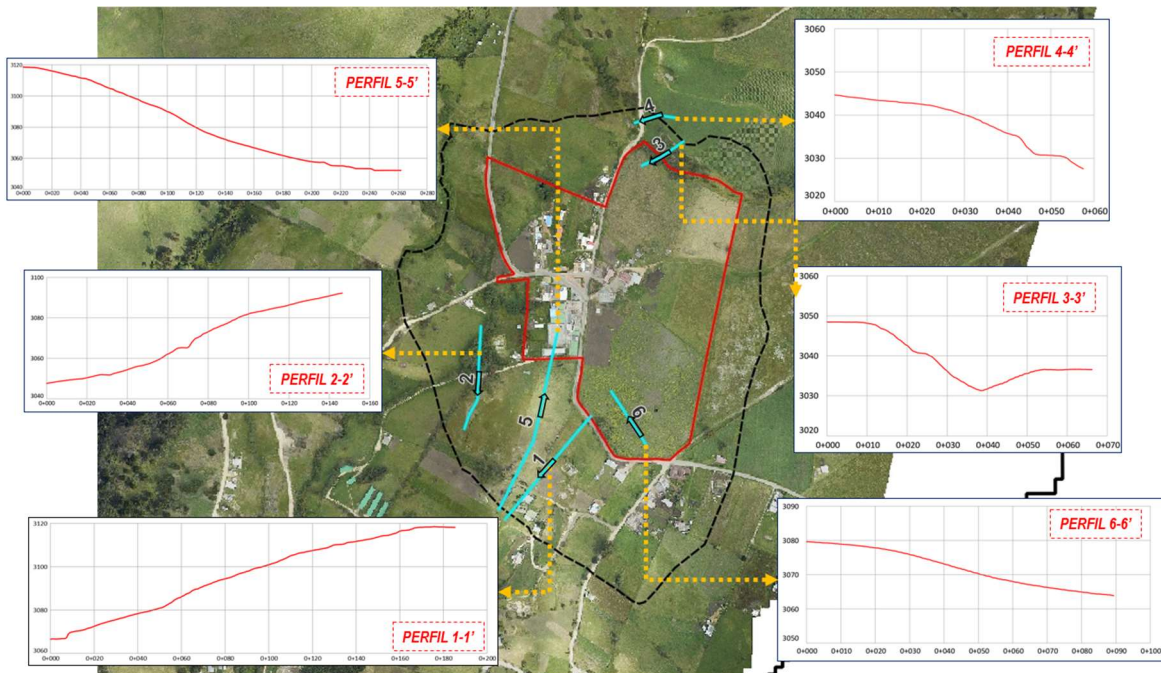


Figura 48. Identificación de los perfiles de análisis.

En cada uno de los perfiles analizados, las intervenciones antrópicas fueron consideradas teniendo en cuenta la pendiente del terreno que incluye los cortes realizados tanto para la implantación de viviendas, así como para la adecuación de las vías del sector. Adicionalmente, las cargas sobre los taludes están asociadas a las construcciones, generalmente liviana en la zona. Estos dos factores, los cortes y las cargas sobre el terreno se consideran como un elemento intrínseco en el análisis de estabilidad realizado teniendo en cuenta que en el área de estudio no se convierten en agentes detonantes.

El tipo de análisis es determinístico. Para los análisis de estabilidad se utilizó el software libre HYCAN 1.75.4 (http://www.geowizard.org/download_hyrcan.html) de acuerdo a la descripción del software: "HYRCAN es un programa de estabilidad de taludes 2D para evaluar el factor de seguridad o probabilidad de falla, de superficies de falla circular en suelos o taludes rocosos".

Los materiales y parámetros utilizados para los análisis de estabilidad se presentan en la Tabla 12. Los materiales fueron identificados a partir de los trabajos de levantamiento de Unidades Geológicas Superficiales (UGS), la exploración del subsuelo disponible y el reconocimiento de campo principalmente para la cuenca de la quebrada Limas, sobre la que se ubica el nodo.

Tabla 12. Materiales y parámetros de resistencia usados en los análisis

ID	UGS	NOMBRE_UGS	SoilDensity (kg/m ³)	Cohesion (kPa)	SoilFA (°)
2	RMSGD_S	Macizo Rocoso de Mala Calidad de Areniscas de la Formación Arenisca Dura	1620	7.0	15.3
	RMSGD_R		2150	21.1	28
3	RMSGLT_S	Macizo Rocoso de Mala Calidad de Areniscas de la Formación Arenisca Labor - Tierna	1350	3.5	17.0
	RMSGLT_R		2100	45.70	43
10	QRS1	Suelo Residual terraza de falla	1580	10.7	18.9
14	QA	Aluviones de Cauce Activo	2124	15.7	26.7
29	QRA2	Rellenos Antrópicos clasto soportados	1750	3.0	34.5

Los parámetros fueron obtenidos a partir de la exploración del subsuelo disponible para toda la extensión de la cuenca, así como de fuentes de información secundaria correspondiente a estudios y diseños realizados en la cuenca media y baja y también respecto a documentos de referencia teórica, guardando una lógica entre las descripciones de los materiales y su formación. En la tabla se pueden identificar los suelos residuales de las formaciones rocosas, con parámetros de resistencia de magnitud inferior a los de su roca parental.

La superficie de falla utilizada, es una superficie de falla rotacional, asociada principalmente a los materiales superficiales del terreno y la geoforma, es decir, que en ninguno de los casos las superficies de falla asumidas atraviesan los materiales rocosos, sino se dan en las capas superficiales.

Los modelos de estabilidad y los resultados de los factores de seguridad se presentan en el ANEXO 03. En la Figura 49 y en la Figura 50 se presenta a manera de ejemplo los resultados del análisis de estabilidad para el perfil 1 en la zona asociada al talud vial de la zona sur del nodo y para el perfil 2 ubicado hacia el sur oeste del área de estudio, asociado a la erosión identificada, respectivamente.

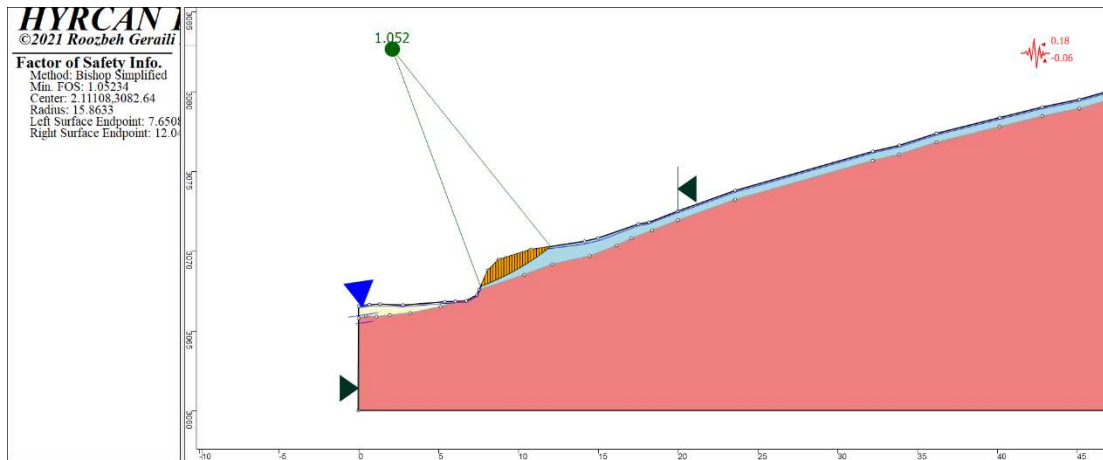


Figura 49. Análisis de estabilidad talud vial perfil 1. Condición con sismo y saturación.

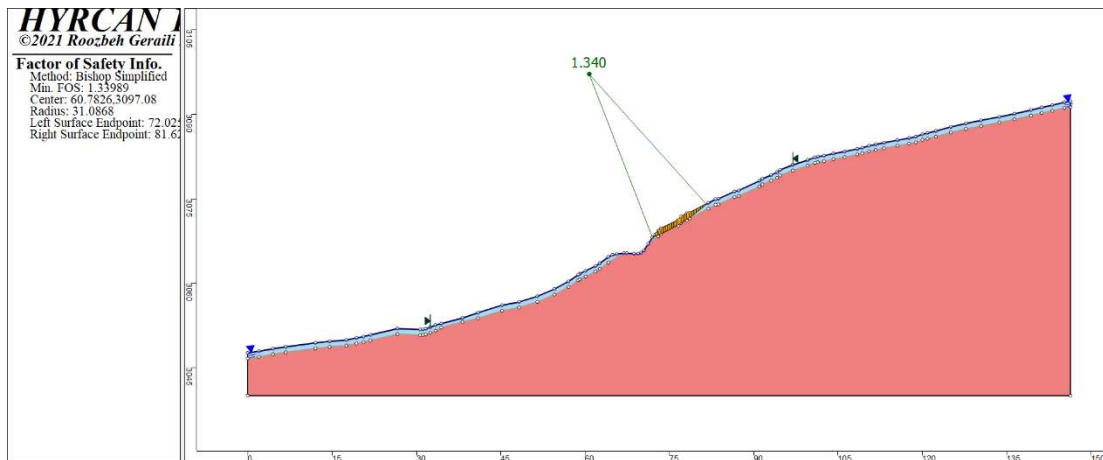


Figura 50. Análisis de estabilidad talud sector de erosión perfil 2. Condición sin sismo y saturación.

De las figuras se puede observar que los análisis de equilibrio límite se limitaron a las zonas de mayor pendiente en cada uno de los perfiles, donde no se identificaron cargas adicionales asociadas a viviendas.

Las modelaciones de estabilidad se hacen para los siguientes escenarios, los resultados de cada escenario se presentan en el anexo mencionado:

- Condiciones Actuales sin sismo y sin condiciones de agua extrema (saturación)
- Condiciones de saturación sin sismo
- Condiciones de sin saturación y con sismo
- Condiciones con sismo y con condición de saturación.

12. CATEGORIZACIÓN DE AMENAZA

A partir de los resultados de los análisis de estabilidad obtenidos en términos de factores de seguridad, se asocian valores de categorías de amenaza de acuerdo con la propuesta de categorización de IDIGER 2021, la cual se presenta en la Tabla 13 y Tabla 14.

Tabla 13. Categorización de la Amenaza por Rangos de Factor de Seguridad (FS) – Condición Normal.

Categoría de Amenaza	Factor de Seguridad
<i>Amenaza Baja</i>	$FS \geq 1.50$
<i>Amenaza Media</i>	$1.10 \leq FS < 1.50$
<i>Amenaza Alta</i>	$FS < 1.10$

Fuente: IDIGER 2021

Tabla 14. Categorización de la Amenaza por Rangos de Factor de Seguridad (FS) – Condición Extrema.

Categoría de Amenaza	Factor de Seguridad
<i>Amenaza Baja</i>	$FS \geq 1.1$
<i>Amenaza Media</i>	$1.00 \leq FS < 1.1$
<i>Amenaza Alta</i>	$FS < 1.00$

Fuente: IDIGER 2021

De acuerdo con los resultados de las modelaciones de estabilidad, el análisis geomorfométrico, los insumos existentes y la identificación de campo se presenta la zonificación de amenaza por movimientos en la Figura 51. Los factores de seguridad utilizados para la zonificación de amenaza corresponden a la condición extrema:

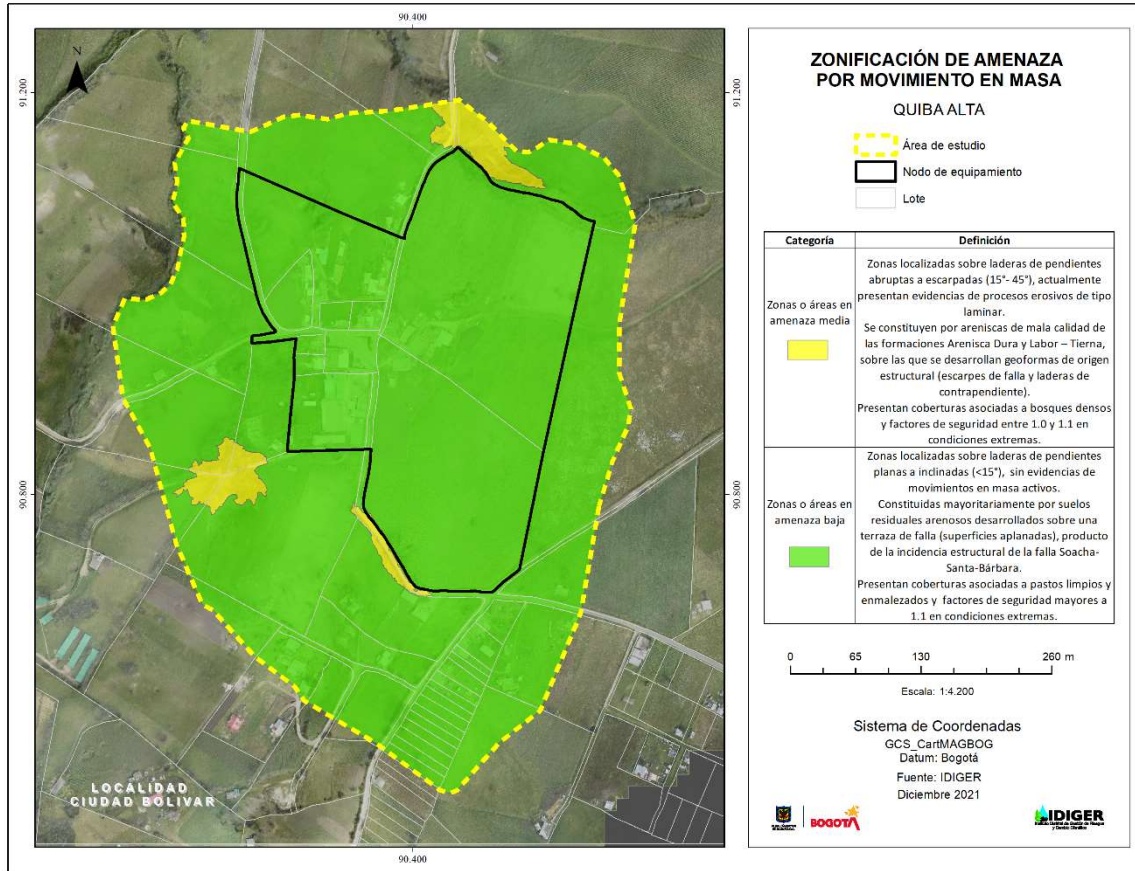


Figura 51. Categoría de amenaza por movimiento en masa.

En el área de estudio, se identifican 24.8 ha en amenaza baja y 0.9 ha en amenaza media por movimientos en masa. En la Tabla 15, se presentan las descripciones de cada categoría de amenaza:

Tabla 15. Leyenda de la categorización de la Amenaza

CATEGORÍAS DE AMENAZA	
ZONAS O ÁREAS EN AMENAZA MEDIA	ZONAS O ÁREAS EN AMENAZA BAJA
Zonas localizadas sobre laderas de pendientes abruptas a escarpadas (15°- 45°), actualmente presentan evidencias de procesos erosivos de tipo laminar. Se constituyen por areniscas de mala calidad de las formaciones Arenisca Dura y Labor – Tierna, sobre las que se desarrollan geoformas de origen estructural (escarpes de falla y laderas de contrapendiente). Presentan coberturas asociadas a bosques densos y factores de seguridad entre 1.0 y 1.1 en condiciones extremas.	Zonas localizadas sobre laderas de pendientes planas a inclinadas (<15°), sin evidencias de movimientos en masa activos. Constituidas mayoritariamente por suelos residuales arenosos desarrollados sobre una terraza de falla (superficies aplanadas), producto de la incidencia estructural de la falla Soacha-Santa-Bárbara. Presentan coberturas asociadas a pastos limpios y enmalezados y factores de seguridad mayores a 1.1 en condiciones extremas.

13. MEDIDAS DE REDUCCIÓN DEL RIESGO NO ESTRUCTURALES

De acuerdo con los resultados obtenidos de los estudios básicos y teniendo en cuenta que la categorización de amenaza por movimientos en masa para el área de estudio corresponde con amenaza baja y media no se establecen restricciones o condicionamientos específicos para el uso del suelo, sin embargo, se debe tener en cuenta que en caso de futuro desarrollo las áreas con amenaza media, se considerarán Áreas con Condición de Amenaza, para las cuales deberá aplicarse el Artículo 22 del Decreto 555 de 2021, que trata sobre los “*Procesos de urbanización, parcelación y/o construcción en áreas con condición de amenaza y riesgo por movimientos en masa e inundación.*”, donde el requerimiento para la ocupación es realizar estudios de detalle.

Las recomendaciones de medidas de reducción del riesgo no estructurales aplicables para el nodo de equipamiento Quiba Alta y su área de estudio son:

- Realizar un control urbano y de desarrollo en el nodo de equipamiento y en el área de estudio, teniendo en cuenta las capacidades de servicios públicos, principalmente los asociados al manejo de aguas.
- Aplicar normas y técnicas de construcción para las futuras edificaciones del nodo, así como para mejorar las condiciones de las existentes.
- Promover la identificación de eventos o acciones amenazantes para la comunidad y hacer el reporte y seguimiento ante las autoridades competentes.
- Fortalecer el conocimiento de gestión del riesgo de la comunidad y su organización, así como las estrategias de atención a emergencias.
- Monitorear visualmente las condiciones del entorno de manera permanente, de tal forma que puedan dar aviso a las autoridades competentes sobre el cambio en las condiciones de estabilidad, en particular en aquellas épocas de alta precipitación.

14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El Nodo de Equipamiento de Quiba Alta se encuentra categorizado en amenaza media y baja por movimientos en masa. El presente corresponde al estudio básico de amenaza por movimientos en masa a escala 1:5000 para el nodo, por lo que se deberá adelantar su incorporación como plano normativo dentro de la Secretaria Distrital de Planeación.

Respecto a la zonificación de amenaza a escala 1:25.000, se mantienen las categorías media y baja en el nodo y en el área de estudio, sin embargo, se reduce considerablemente la extensión del área en amenaza media.

Se requiere realizar la identificación de las Áreas con Condición de Amenaza, debido a que la zonificación de amenaza a cambiado. Este análisis se deberá hacer previa radicación en la SDP, teniendo en cuenta los cambios en los mapas normativos.

En las áreas de amenaza media que se pretenda desarrollar, se deberán hacer estudios detallados de riesgo por movimientos en masa, lo anterior no excluye la necesidad de adelantar estudios técnicos adecuados enmarcados en la NSR-10, o norma de



complemente o sustituya, con el fin de garantizar la estabilidad del entorno y habitabilidad de los inmuebles.

Para adelantar obras de infraestructura por parte de las entidades competentes, se deberán tener en cuenta los antecedentes y la calificación de amenaza de la zona a intervenir y los sectores aledaños, definida en el presente documento, las cuales en concordancia con el Artículo 32 del Decreto Distrital 172 de 2014, se deben efectuar con base en estudios técnicos específicos acordes a las intervenciones previstas y realizar los análisis de riesgos que incluyan las medidas de prevención y mitigación, con el propósito de garantizar la funcionalidad y estabilidad de dichas obras y evitar la afectación de las condiciones físicas del sector. Así mismo, deberán velar por la implementación de la gestión del riesgo en el ámbito de sus competencias sectoriales y territoriales, conforme al Parágrafo del Artículo 44 de la Ley 1523 de 2012.

Se recomienda a las entidades Distritales y ambientales con jurisdicción en la ruralidad, desde su competencia, complementar obras de infraestructura que contribuyan con el mejoramiento integral del sector, entre las que se encuentran la pavimentación de vías y construcción de obras de drenaje para el manejo de aguas lluvias y de escorrentía superficial.

Para el desarrollo de actividades que involucren excavaciones, se recomienda que se implementen los lineamientos para la reducción de riesgos de excavaciones en Bogotá D.C., adoptadas por IDIGER mediante la Resolución 600 de 2015.

Conforme con el Artículo 38 de la Ley 1523 de 2012, respecto a la *Incorporación de la gestión del riesgo en la inversión pública*, el cual establece: “*Todos los proyectos de inversión pública que tengan incidencia en el territorio, bien sea a nivel nacional, departamental, distrital o municipal, deben incorporar apropiadamente un análisis de riesgo de desastres cuyo nivel de detalle estará definido en función de la complejidad y naturaleza del proyecto en cuestión*”, dicho análisis deberá ser considerado desde las primeras etapas del proyecto, es decir, desde su formulación, con el fin de prevenir la generación de riesgos e impactos negativos sobre el territorio. En este sentido se recomienda a la Alcaldía Local de Ciudad Bolívar, conforme a sus responsabilidades, realizar el seguimiento al plan de mantenimiento para las intervenciones que se realicen en un escenario prospectivo, con el fin de garantizar su correcta operación y funcionamiento como medida de reducción del riesgo implementada en este sector.

En el área de estudio el sistema de alcantarillado corresponde principalmente a pozos sépticos y posiblemente tuberías y mangueras artesanales que conducen las aguas servidas, por lo cual se recomienda a la entidad competente y a la comunidad, la revisión y mantenimiento de estas conexiones con el fin de evitar infiltraciones en el subsuelo que pueden afectar negativamente la estabilidad del suelo.

15. BIBLIOGRAFÍA

- Rogelis, M. C. (2020). *Análisis Hidrológico—EVALUACIÓN DE RIESGO POR AVENIDA TORRENCIAL DE LA QUEBRADA LIMAS*. Volumen 0 Original.
- González G., A. J. (2021). *MEMORANDO IDIGER- MASG-06 ESTUDIOS EN QUIBA - LOCALIDAD DE CIUDAD BOLÍVAR OBTENCIÓN DE PARÁMETROS GEOMECÁNICOS A PARTIR DE LA MTN*.
- Das, B. M., & Cervantes González, S. R. (2015). *Fundamentos de ingeniería geotécnica* (4ta Edición, 4ta Edición) [Computer software]. CENGAGE Learning. <http://public.ebib.com/choice/publicfullrecord.aspx?p=3430138>
- IDIGER. (2021). *DOCUMENTO TÉCNICO DE SOPORTE - Anexo 13 Gestión del riesgo y cambio climático en el ordenamiento territorial*.
- Decreto 523 de 2010—Por el cual se adopta la Microzonificación Sísmica de Bogotá D.C, (2010).
- Decreto Número 1807 de 2014, Pub. L. No. Decreto Número 1807 de 2014 (2014). http://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Documents/SRR/decreto_1807_19_%20septiembre_2014.pdf
- IDIGER. (2021). *PROPUESTA TECNICA RES 227-2006 “Por la cual se adoptan los Términos de Referencia para la ejecución de estudios detallados de amenaza y riesgo por movimientos en masa para proyectos de urbanización o parcelación en Bogotá, D.C. y se dictan otras disposiciones”*.