



**ESPECIALIZACIÓN EN EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL DE PROYECTOS
UNIVERSIDAD JORGE TADEO LOZANO**



**ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA MODIFICACIÓN DE LA
LICENCIA AMBIENTAL PARA LA EXPLOTACIÓN SUBTERRÁNEA DE
HIERRO EN LA MINA PERICOS, UBICADA EN LA VEREDA LA TRINIDAD
MUNICIPIO DE GUASCA, CUNDINAMARCA**

Contrato de Concesión GJ4-081

Capítulo 5.1. Caracterización del área de influencia - medio abiótico



Bogotá D.C., enero de 2019

CAPÍTULO 5.1 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA – MEDIO ABIÓTICO

CONTENIDO

5.1. MEDIO ABIÓTICO	7
5.1.1. Geología	7
5.1.1.1. Geología regional	7
5.1.1.2. Geología del yacimiento	12
5.1.1.3. Geoquímica del yacimiento	19
5.1.2. Geomorfología	21
5.1.2.1. Paisaje de montaña en ambiente Deposicional fluvio – glaciar.	23
5.1.2.2. Paisaje de montaña en ambiente estructural-erosional.	24
5.1.2.3. Paisaje de montaña en ambiente deposicional aluvio-coluvial.	25
5.1.3. Paisaje	27
5.1.3.1. Elementos del paisaje	27
5.1.3.2. Unidades del paisaje	31
5.1.3.3. Percepción del paisaje	32
5.1.3.4. Sitios de interés paisajístico	41
5.1.3.5. Descripción del proyecto en el paisaje territorial	42
5.1.3.6. Percepción de la comunidad del entorno físico	44
5.1.4. Suelos y Uso de la Tierra.....	46
5.1.4.1. Caracterización del suelo	49
5.1.4.2. Usos del suelo	52
5.1.4.3. Contaminación del suelo	58
5.1.5. Hidrología	58
5.1.5.1. Calidad del Agua	71
5.1.5.2. Usos del agua.....	78
5.1.6. Hidrogeología	80
5.1.6.1. Evaluación geológica/geofísica	81
5.1.6.1.1. Geología.....	81
5.1.6.1.2. Geofísica	82
5.1.6.1.3. Estructuras	83
5.1.6.2. Evaluación hidrológica	84
5.1.6.3. Evaluación hidrogeoquímica e isotópica	86
5.1.6.4. Resultados del modelo hidrogeológico conceptual	87
5.1.6.5. Modelo numérico del flujo de las aguas subterráneas	87
5.1.7. Geotecnia	87
5.1.7.1. Características Geotécnicas	88
5.1.7.2. Estudio de Amenaza sísmica.....	102
5.1.8. Atmósfera	107
5.1.8.1. Meteorología	107
5.1.8.1.1. Vientos	111
5.1.8.1.2. Temperatura.....	118
5.1.8.1.3. Presión atmosférica.....	119

5.1.8.1.4. Precipitación	119
5.1.8.1.5. Precipitación Humedad Relativa	121
5.1.8.1.6. Radiación solar	121
5.1.8.1.7. Nubosidad.....	122
5.1.8.2. Inventario de fuentes de emisiones	124
5.1.8.3. Estimación de la emisión atmosférica	130
5.1.8.4. Calidad del aire	139
5.1.8.5. Modelación de calidad del aire	142
5.1.8.6. Ruido y vibración	143
5.1.8.6.1. Inventario de fuentes de generación de ruido	143
5.1.8.6.2. Metodología de monitoreos	146
5.1.8.6.3. Presentación de Informes.....	146
5.1.8.6.4. Vibraciones.....	146

LISTADO DE TABLAS

Tabla 5.1. Geología del Área de estudio.....	8
Tabla 5.2. Resumen de unidades geomorfológicas del área en estudio.....	25
Tabla 5.3. Elementos del paisaje del territorio del área del proyecto.....	27
Tabla 5.4. Unidades del paisaje del territorio del área del proyecto.....	31
Tabla 5.5. Calificación de la visibilidad paisajística de las cuencas visuales	34
Tabla 5.6. Calificación de la calidad paisajística de las cuencas visuales	35
Tabla 5.7. Calificación de los indicadores visuales de la calidad paisajística de las cuencas visuales	37
Tabla 5.8. Resumen de calificación de la calidad visual del paisaje del territorio	38
Tabla 5.9. Calificación de la fragilidad de las cuencas visuales.....	39
Tabla 5.10. Criterios de clasificación final del paisaje.....	40
Tabla 5.11. Descripción sitios de interés paisajístico.....	41
Tabla 5.12. Características unidades del suelo	46
Tabla 5.13. Descripción del perfil del suelo de la mina Pericos	50
Tabla 5.14. Caracterización fisicoquímica de los horizontes identificados en el perfil del suelo.....	51
Tabla 5.15. Clasificación uso del suelo para municipio de Guasca	53
Tabla 5.16. Clasificación conflictos de uso del suelo municipio de Guasca – vereda La Trinidad	56
Tabla 5.17. Grado de erosión presente en municipio de Guasca – vereda La Trinidad.....	57
Tabla 5.18. Subcuenca embalse Tominé.....	61
Tabla 5.19. Resumen de cuerpos hídricos presentes en la subcuenca del embalse Tominé	62
Tabla 5.20. Microcuencas hidrográficas del embalse Tominé	62
Tabla 5.21. Características de drenaje para la subcuenca embalse Tominé....	63
Tabla 5.22. Parámetros morfométricos de la subcuenca del embalse Tominé	65
Tabla 5.23. Oferta Hídrica de la subcuenca embalse Tominé	68
Tabla 5.24. Tramos de aforo –Método de flotador	69

Tabla 5.25. Determinación de caudal promedio de aforo en la quebrada Curíes	70
Tabla 5.26. Caracterización fisicoquímica de Quebrada Los Curíes y aljibe – 2016.....	71
Tabla 5.27. Descripción de puntos de monitoreo.....	73
Tabla 5.28. Resultados fisicoquímicos y microbiológicos de los cuerpos de agua	77
Tabla 5.29. Acueductos rurales del municipio de Guasca	79
Tabla 5.30. Demanda hídrica sectorial y total de la subcuenca embalse Tominé	79
Tabla 5.31. Descripción general de las unidades hidrogeológicas en el área de influencia.....	85
Tabla 5.32. Características de los sondeos.....	88
Tabla 5.33. Resumen de ensayos de sondeo 1	89
Tabla 5.34. Resultados sondeo 2	89
Tabla 5.35. Resultados Sondeo 3.....	90
Tabla 5.36. Resumen ensayos de laboratorio sondeo 1	90
Tabla 5.37. Resumen ensayos de laboratorio sondeo 2.....	91
Tabla 5.38. Resumen ensayos de laboratorio sondeo 3.....	92
Tabla 5.39. Caracteres Geo mecánicos de las discontinuidades.....	93
Tabla 5.40. Clasificación y evaluación de los parámetros.	100
Tabla 5.41. Corrección por orientación y echado de las Discontinuidades.....	101
Tabla 5.42. Clasificación del macizo según el RMR.	101
Tabla 5.43. Caracterización de clasificación del macizo rocoso.	101
Tabla 5.44. Efecto de la orientación de las discontinuidades	102
Tabla 5.45. Valores para el cálculo del R.M.R.....	102
Tabla 5.46. Estaciones meteorológicas del IDEAM localizadas en la región en la que se encuentra la mina Los Pericos	107
Tabla 5.47. Datos meteorológicos usados y su representatividad estadística	110
Tabla 5.48. Inventario de fuentes de emisión	126
Tabla 5.49. Áreas naturales conservadas limítrofes cercanas a la Mina Los Pericos.....	129
Tabla 5.50. Factores de emisión para los procesos generadores de emisiones en minería de metales	131
Tabla 5.51. Estimación de emisiones anuales por medio de factores de emisión y producción proyectada.....	131
Tabla 5.52. Acciones a tomar frente a fallas del sistema de control de emisiones	135
Tabla 5.53. Inventario de fuentes de generación de ruido	143

LISTADO DE FIGURAS

Figura 5.1. Formaciones geológicas de área de influencia proyecto minero pericos	12
Figura 5.2. Nódulos en el banco del yacimiento minero	13
Figura 5.3. Roca sedimentaria del yacimiento minero	13
Figura 5.4. Columna estatigrafica Local del Mina de hierro Pericos y Banco de Hierro	15
Figura 5.5. Depósitos aluviales	18
Figura 5.6. Fragmentación del ecosistema e inestabilidad	18
Figura 5.7. Zona de desprendimiento	19
Figura 5.8. Unidades Geomorfológicas más Características dela Zona	27
Figura 5.9. Unidades del paisaje del territorio del área del proyecto	32
Figura 5.10. Cuencas evaluadas	33
Figura 5.11. Registro de observación	43
Figura 5.12. Resultados de las encuestas sobre percepción del paisaje.....	44
Figura 5.13. Unidades del suelo en el área de influencia	47
Figura 5.14. Registro fotográfico del perfil de suelo de un área poco intervenida del proyecto	50
Figura 5.15. Uso actual del suelo en el área de influencia.....	54
Figura 5.16. Capacidad uso potencial del suelo en el área de influencia	55
Figura 5.17. Conflicto uso del suelo en el área de influencia	56
Figura 5.18. Grados de erosión de suelos en el área de influencia	57
Figura 5.19. Subzona del Río Bogotá	59
Figura 5.20. Subcuenca Embalse Tominé	59
Figura 5.21. Sistemas lénticos y lóticos en el área de influencia	61
Figura 5.22. Microcuenca hidrográfica del área de estudio- Río Chiguanos.....	63
Figura 5.23. Topografía y red de drenaje de la subcuenca del embalse Tominé	64
Figura 5.24. Modelo hidrogeológico conceptual del área de influencia.....	81
Figura 5.25. Columna estatigrafica Local del yacimiento de hierro Pericos	83
Figura 5.26. Diagrama de polos.....	94
Figura 5.27. Numero de Polos	94
Figura 5.28. Diagrama de concentración de las familias	95
Figura 5.29. Diagrama de planos.....	95
Figura 5.30. Familias de diaclasa representativas	96
Figura 5.31. Comportamiento de dirección de diaclasas	97
Figura 5.32. Comportamiento de la dirección de buzamiento de diaclasas	97
Figura 5.33. Comportamiento de abertura de discontinuidades	97
Figura 5.34. Comportamiento de rellenos de discontinuidades	98
Figura 5.35. Comportamiento de continuidad de discontinuidades.....	98
Figura 5.36. Grado de Amenaza Sísmica departamento de Cundinamarca...	104
Figura 5.37. Mapa de Amenazas Naturales municipio de Guasca	106
Figura 5.38. Tendencias de precipitación de 1981 a 2010	108
Figura 5.39. Tendencias de temperatura de 1981 a 2010	108
Figura 5.40. Tendencias de humedad de 1981 a 2010.....	109

Figura 5.41. Rosas de vientos anuales 2013 – 2017 de la Estación meteorológica del IDEAM Santa Cruz de Siecha.....	111
Figura 5.42. Rosas de vientos anuales diurnas de 2013 - 2017de la Estación meteorológica del IDEAM Santa Cruz de Siecha.....	114
Figura 5.43. Rosas de vientos anuales nocturnas de 2013 - 2017de la Estación meteorológica del IDEAM Santa Cruz de Siecha.....	116
Figura 5.44. Temperatura mínima, media y máxima mensual multianual 2013-2017.	119
Figura 5.45. Precipitación mínima, media y máxima mensual multianual 2013-2017.....	120
Figura 5.46. Humedad Relativa mínima, media y máxima mensual multianual 2013-2017.....	121
Figura 5.47. Radiación solar media mensual multianual.....	122
Figura 5.48. Perfil horario multianual de radiación solar.....	123
Figura 5.49. Nubosidad media mensual multianual.....	123
Figura 5.50. Diagrama de flujo de la generación de emisiones en el procesamiento de minería de metales.....	125
Figura 5.51. Localización de las fuentes de emisión en el área de influencia de la mina Pericos.....	127
Figura 5.52. Localización geográfica de receptores sensibles a emisiones generadas por el proyecto.....	129
Figura 5.53. Sistema de control de emisiones (filtro de mangas) propuesto ..	133
Figura 5.54. Procedimientos operativos de respuesta en caso de falla de los sistemas de control.....	137
Figura 5.55. Gráfica de mediciones multianuales de concentraciones de PM10.....	140
Figura 5.56. Gráfica de mediciones multianuales de concentraciones de PM2.5 por la Estación de Monitoreo CAR Sopó-Briceño.....	141
Figura 5.57. Localización de las fuentes de generación de ruido y vibración en la mina Pericos.....	145

5. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA

5.1. MEDIO ABIÓTICO

5.1.1. Geología

5.1.1.1. Geología regional

La geología regional se ubica en la parte central de la región oriental de la cuenca del río Bogotá en la subcuenca del embalse Tominé, y esta constituida por terrazas cuaternarias, el grupo Guadalupe y las formaciones Chipaque, Guaduas, Cacho y Bogotá. Esta área es extremadamente variada, y se caracteriza por presentar una zona plana, la Sabana de Bogotá y una zona montañosa circundante conformada por unidades sedimentarias del Cretácico y del Paleógeno-Neógeno, cubiertas por depósitos cuaternarios de diverso origen, dispuestos en amplios sinclinales y estrechos anticlinales cuyos ejes generalmente tienen una dirección NE (CAR, 2006). En el sector central de la cordillera se reconocen dos sistemas de fallas: longitudinales con dirección NE y transversales con dirección NW. *Los sistemas de fallas longitudinales se interpretan como fallas de cabalgamiento y retrocabalgamiento cuya zona de despegue estaría en las rocas del Cretácico inferior (Camargo, 1995). En el modelo evolutivo de la cordillera oriental, existió una fase de inversión tectónica, en la que fallas de tipo normal, afectaban secuencias sedimentarias Mesozoicas, se convirtieron en fallas inversas por efecto de eventos compresivos ocurridos en el Mioceno y Plioceno (Cenozoica-Neógeno) durante el levantamiento de la cordillera (Fabre, 1983). (CAR, 2006).*

En esta área afloran rocas desde el Cretácico superior al Cuaternario (INGEOMINAS, 2005), las cuales fueron afectadas por estructuras de pliegues (anticlinales y sinclinales) y fallas de tipo normal e inverso (POMCA río Bogotá, 2017), producto de la tectónica compresiva que originó el levantamiento de la cordillera (CAR, 2006). Se presentan tres tipos de geología; de origen estructural, denudativo y con una pendiente desde muy suave a escarpada (Rodríguez y Rodríguez, 2010), conformada por unidades rocosas de tipo sedimentaria, de consistencia de dura a blanda constituidas por arenisca, limolitas, arcillolitas, entre otros, en general moderadamente fracturadas (Rodríguez y Rodríguez, 2010). En la Tabla 5.1 se resumen algunas características de las formaciones geológicas identificadas a nivel regional y las cuales se describen a continuación.

Tabla 5.1. Geología del Área de estudio

EDAD	PERIODO	NOMBRE	SIMBOLO	DESCRIPCIÓN	TIPO DE ROCA
Mesozoica	Cretácico superior / tardío	Formación Chipaque	K2cp	predominan las arcillolitas y las lodolitas en capas gruesas y muy gruesas, intercaladas con limolitas y arenitas de grano muy fino y fino en capas medias y delgadas	Sedimentaria
		Grupo Guadalupe	K2g	areniscas de grado mediano, bajo las cuales yacen lilitas blancas con bancos secundarios de areniscas y arcillas laminadas	Sedimentaria
		Formación Guaduas	K2E1g	arcillas oscuras con carbón que traspasan a gredas abigarradas y rojas	Sedimentaria
Cenozoica	Cuaternario/ Pleistoceno	Formación Río Siecha	Q1si	capas gruesas de gravas y bloques que alternan con capas de arcillas orgánicas y sedimentos arenosos y con paleosuelos húmicos de color negro	Sedimentarias
	Paleógeno/ Paleoceno	Formación Cacho	E1c	areniscas, el primero de grano fino granulosas, algunos bancos de arcillas abigarradas, el segundo de grano grueso con areniscas bastante ferruginosas, macizas, con estratificación cruzada	Sedimentaria
		Formación Bogotá	E1b	constituida por arcillas abigarradas, con intercalaciones de arenitas, Arenisca de Cacho, de un espesor (100 m)	Sedimentaria
	Paleógeno/ Eoceno	Formación La Regadera	E2r	areniscas de grano medio y grueso, capas de conglomerados que alternan con arcillas rosadas y rojizas contiene capas tabulares y lenticulares muy gruesas de cuarzoarenitas	Sedimentaria

Fuente: INGEOMINAS, 2005

Formación Chipaque (K2cp): Se distribuye en sentido noreste-suroeste desde el Parque Nacional Natural Chingaza, al sur y occidente, extendiéndose hacia el norte a los alrededores del municipio de Sopo, a los cerros del municipio de Tabio y cerros orientales de Bogotá.

La Formación Chipaque se presenta en el centro del área de estudio como una secuencia monótona en la que predominan las arcillolitas y las lodolitas en capas gruesas y muy gruesas, intercaladas con limolitas y arenitas de grano muy fino y fino en capas medias y delgadas. Hubach (1931) denominó el conjunto superior de la Villeta como el grupo en el que se encuentra la formación de Chipaque que *“se asemeja bastante en su desarrollo al conjunto inferior, pero contiene una fauna bastante distinta. El sedimento predominante es el esquisto piritoso, entre el cual se intercalan bancos de cal, arenisca calosa y arenisca lajosa (dividida en bancos planos paralelos) que se halla en la parte baja”* (SGC, 2015).

Según lo reportado por el Servicio Geológico Colombiano, en cercanías del páramo de Chingaza, vereda Cumaral, se pueden encontrar algunas intercalaciones con continuidad lateral reducida, de capas medias de biomicritas y biopelmicritas recristalizadas con capas muy gruesas de lodolitas negras fisiles. Alvarado & Sarmiento (1943) reportaron para la parte superior de la “Formación Villeta” (equivalente a la Formación Chipaque) “*dos bancos de caliza separados por arcillas laminadas*”. Estas calizas, que tradicionalmente se han explotado en la zona de La Calera, detrás de los Cerros Orientales de Bogotá, al oriente de El Salitre y en la antigua cementera La Siberia (actualmente abandonada), se encuentran en la serranía de Pericos, entre los valles de los ríos Teusacá y Siecha (SGC, 2015). McLaughlin & Arce (1972) relacionan estas calizas con el “Conjunto de Calizas de Chipaque” de Hubach (1931), debido a la edad cenomaniana de su fauna, por lo que pertenece al periodo Cretácico. De igual forma Alvarado & Sarmiento (1943) y por McLaughlin & Arce (1972) describen algunos niveles ricos en hierro en la serranía de Pericos y cerca de la cementera La Siberia.

Grupo Guadalupe (K₂g): Este grupo está conformado por las formaciones arenisca dura, plaeners, arenisca de labor y arenisca de tierna, constituye la serranía de Pericos y los Cerros Orientales de la ciudad de Bogotá (Geología de la Plancha 228 Servicio Geológico Colombiano) estas formaciones afloran en delgadas franjas en el área central y occidental de la sabana de Bogotá, bordeando rasgos estructurales como el sinclinal de Sueva y el de Palacio, así como en la serranía de Pericos y constituye la mayor parte de los Cerros Orientales de la ciudad de Bogotá y se ve afectada por las fallas de Siecha, Macheta y de Choconta-Pericos (Geología de la Plancha 228 Servicio Geológico Colombiano).

En la sabana de Bogotá, el grupo Guadalupe se caracteriza por presentar areniscas de grado mediano, bajo las cuales yacen liditas blancas con bancos secundarios de areniscas y arcillas laminadas, según lo reportado por el servicio geológico colombiano las arenitas se encuentran intercaladas con capas tabulares delgadas y medias, gruesas hacia el tope, de lodolitas silíceas fisiles de color negro, gris o amarillo grisaseo, con laminación lenticular, inclinada, ondulosa o plano-paralela. En la carretera La Calera-Mundo Nuevo se observan intercalaciones de capas de limolitas en ocasiones fosilíferas con gastrópodos y bivalvos, además de láminas ondulosas bioturbadas. También pueden predominar cuarzoarenitas (arenisca labor y tierna), frecuentemente con laminación inclinada de tamaño arena muy fina, fina media, con foraminíferos silicificados. Finalmente, a lo largo de la unidad ocurren algunas intercalaciones de arcillolitas de color gris claro (localmente violeta, ocre y marrón) en láminas o capas muy delgadas con laminación plano-paralela.

Formación Guaduas (K₂E₁g): La Formación Guaduas aflora ampliamente en el núcleo de los sinclinales de Sueva, Sisga, Sesquilé, Siecha, El Verjón y Teusacá. Morfológicamente, la Formación Guaduas conforma un valle con colinas de pendientes muy suaves, se reconocen cinco segmentos que constituyen una

secuencia arcillo arenosa con mantos de carbón, entre la infrayacente Formación Arenisca de Labor y Tierna y la suprayacente Formación Cacho.

El nombre de Piso de Guaduas fue acuñado por Hettner (1892) quien lo describe como “*un sistema de arcilla multicolor, especialmente amarilla, roja o violeta*”, con bancos de arenita roja o blanca que se convierte en conglomerado, con carbón hacia la parte inferior y huellas de plantas. Más tarde Hubach (1931) limita el uso del término, dándole el rango de formación, a la parte baja de la serie que Hettner (1892) denominó Piso de Guaduas y que consta de “*arcillas oscuras con carbón que traspasan a gredas abigarradas y rojas*” que se encuentra en la Sabana de Bogotá “*entre la Arenisca del Cacho y la Arenisca Tierna* (Geología de la Plancha 228 Servicio Geológico Colombiano).

Esta formación aflora en dos sitios, a saber: en el flanco septentrional de la Serranía de Pericos, en su descenso hacia la planicie del valle Siecha y en una faja de orientación general Norte - Sur que se extiende a lo largo de flanco oriental del sinclinal del río Siecha al oriente del filo escarpado del horizonte de areniscas del Cacho. Según reportes del servicio geológico colombiano, esta formación la constituyen arcillolitas de color gris oscuro con amonitas y bivalvos en la base, arcillolitas frecuentemente carbonosas de color gris oscuro mantos de carbón explotables y dos niveles de areniscas, la Guía (inferior) y la Lajosa (superior); y el superior, de lodolitas rojizas, azulosas, verdosas y moradas con algunos mantos no explotables de carbón y areniscas.

Formación Río Siecha (Q1si): Formación Río Siecha aflora en el valle de Guasca, en la serranía de Pericos a lo largo de un afluente del río Teusacá y en los Cerros Orientales de Bogotá, Carvajal *et al.* (2004), determinan estos depósitos como de origen periglacial, con abanicos fluvio-glaciares, conos y lóbulos de gelifración además de planicies y abanicos de sobrelavado glaciar. Esta formación se encuentra por lo general cubriendo el sustrato rocoso; Helmens & Van der Hammen (1995) sugieren una edad de Pleistoceno medio y tardío, correspondientes a la era Cuaternaria (SGC, 2015).

Helmens (1990) es quien define la Formación Río Siecha, la cual debe su nombre al río Siecha que drena el valle de Guasca, donde se encuentran la mayoría de las exposiciones y por tanto la localidad tipo; en la cual la formación Río Siecha se presenta como sistemas de abanicos que buzan pendiente abajo, y están disectados por los ríos Siecha y Chipatá y sus principales afluentes (Helmens & Van der Hammen, 1995) (SGC, 2015).

Formación Cacho (E1c): esta formación aflora en el sector noreste del sinclinal de Sueva, Sisga, Sesquilé, Siecha, Teusaca y al suroeste del valle de guasca, tiene una naturaleza “arenisco-riposo” y está constituido por dos horizontes de areniscas, el primero de grano fino granulosas, tiernas, de colores amarillos hasta ocre o rosado, con algunos bancos de arcillas abigarradas, el segundo de grano grueso con areniscas bastante ferruginosas, macizas, con estratificación cruzada. Su edad es indicada como del paleoceno. Las arenitas se intercalan

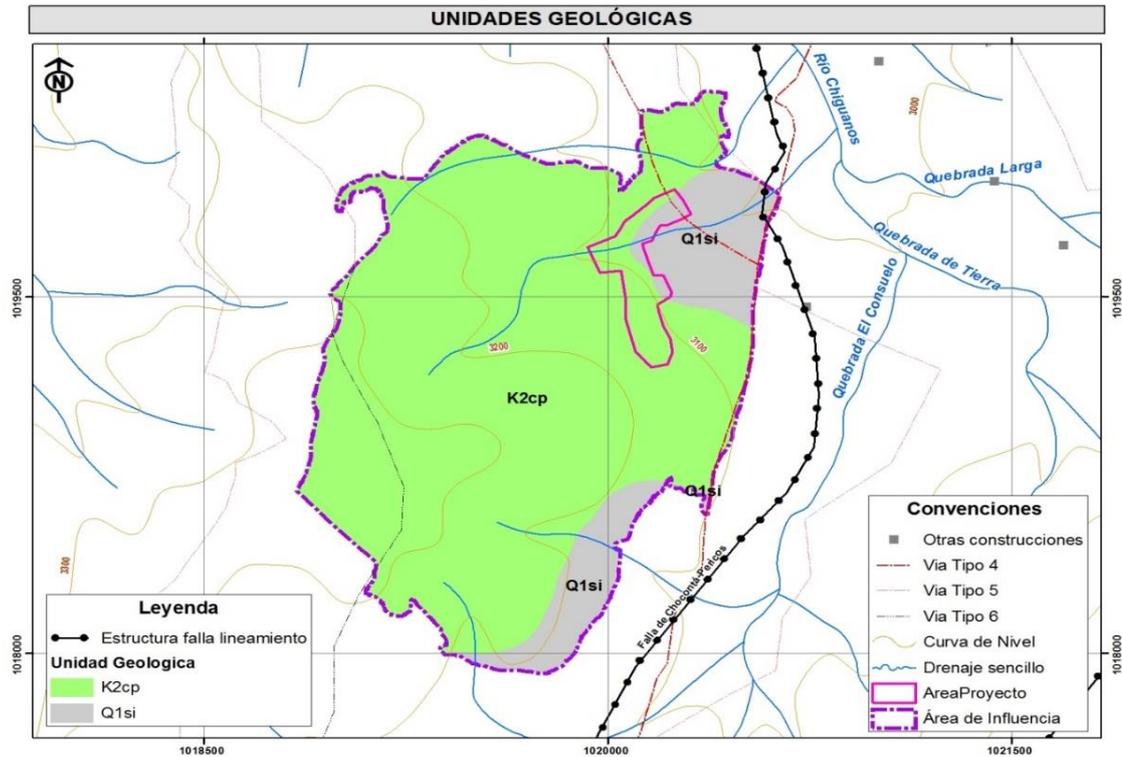
con capas medias a delgadas de arcillolitas de color gris y violeta con laminación plano-paralela que separan los espesos bancos de arenitas.

Se reporta que la composición litológica de la Formación Cacho es relativamente uniforme, con capas muy gruesas, gruesas y medianas de cuarzoarenitas de tamaño muy fino a medio variando hasta grueso y muy grueso e incluso conglomeráticas, bastante ferruginosas, macizas, con estratificación cruzada (SGC, 2015, POMCA Rio Bogotá 2017). Las capas de arenisca del Cacho conforman estructuras regionales, pero cuando se trata de pliegues estrechos, se fracturan dando como resultado estructuras angulares. Conforman en especial los flancos internos de los sinclinales por tratarse de una unidad litológica dura en la parte superior de la secuencia cubierta solamente por la Formación Bogotá.

Formación Bogotá (E_{1b}): La Formación Bogotá conforma el núcleo de varios sinclinales Sueva, Siecha y el Sinclinal de Teusacá, también se encuentra en los flancos del Sinclinal del Sisga, al noroeste y al suroeste de la población de Guasca. Se extiende en ambos flancos del sinclinal de Siecha, en su curso alto forma una faja angosta en el lado oriental del Boquerón de Quimbistá. La litología de esta formación genera una morfología suave de valles con esporádicas crestas formadas por arenisca, está compuesta casi exclusivamente de arcillolitas (gris, violácea, morada roja) bien estratificada con algunos bancos de areniscas micácea gris de grano fino, hacia la parte superior de la unidad presenta esporádicos mantos de carbón Hubach (1931), denominó Piso de Bogotá a la secuencia del Terciario medio que está constituido por tres conjuntos, el inferior es arenoso y arcilloso en donde incluía en la base el Horizonte de Cacho; el conjunto medio conformado por arcillolitas abigarradas entre las cuales se intercalan algunos bancos gruesos de areniscas y areniscas arcillosas y el conjunto superior formado por bancos de areniscas gruesas y blandas que alternan con arcillas abigarradas. Según Julivert (1963) la formación Bogotá es muy semejante a la Formación Guaduas y está constituida por un conjunto de arcillas abigarradas, predominantemente rojas, de hasta 2000 m de potencia con intercalaciones de arenitas de unos metros de espesor pero con gran predominio de las arcillas y *“su límite inferior es una arenisca llamada Arenisca de Cacho, de un espesor (100 m) muy superior a las intercalaciones de arenitas en el Bogotá y su límite superior otra arenisca aún más espesa (hasta 400 m), la arenisca de La Regadera”* (de Porta, 1974).

En la Figura 5.1 se aprecian las formaciones anteriormente mencionadas, en el cual se evidencia que la mayor parte del área de influencia se encuentra conformada por la Formación Chipaque y en menor proporción por la Formación del Río Siecha. Además, se observa una de las principales fallas geológicas, donde la Formación Río Siecha es cortada por la falla Chocontá-Pericos.

Figura 5.1. Formaciones geológicas de área de influencia proyecto minero pericos



Fuente: Autores

5.1.1.2. Geología del yacimiento

El yacimiento de hierro de Pericos está compuesto por areniscas con óxidos de hierro concrecionario, óxidos de hierro en su mayoría hidratados y que corresponden al tipo generalmente llamado hematita parda o limonita. Probablemente se encuentran varios de los hidróxidos de hierro y la hematita, pero el mineral dominante es la limonita, de fórmula general $FeO \cdot nH_2O$. En la parte exterior de algunas concreciones se pueden observar costras de goettita en forma radial. La limonita se presenta generalmente en forma de concreciones nodulares, aunque localmente puede tener otras formas (Corpoguvio, 1997).

El contenido de hierro varía en la superficie entre el 45% y el 50% que disminuye hacia la profundidad. Los afloramientos del banco de mineral no son continuos, porque la mayor parte del área está cubierta por grandes deslizamientos (EIA Mina de hierro Pericos, 2015). El espesor del banco oscila entre 4,60 y 13,70 metros. Según el Plan de Manejo Ambiental de la Mina los Pericos- Colar, expediente GJ4-081, presenta buzamientos no muy fuertes cerca de la superficie.

El banco contiene en su interior y en la parte superior del techo unos nódulos o placas que presentan altas concentraciones de hierro, compuestas por arenisca y arcillolitas, que sirven de soporte evitando así que se generen derrumbes

(Figura 5.2). Se deduce que es posible que haya indicios de pirita y azufre en el material de hierro.

Figura 5.2. Nódulos en el banco del yacimiento minero



Fuente: Autores

Estratigrafía

Con base en lo que se observó en campo y según el origen, el yacimiento minero se clasificó como rocas de tipo sedimentarias. Estas se componen de rocas clásticas o detríticas, formadas a partir de fragmentos de otras rocas, de tipo arcillolita menores a 2μ y areniscas o arenitas entre 50μ a 2 mm (Figura 5.3). Los principales minerales de la ganga son granos sedimentarios detríticos de cuarzo; se encuentran también ocasionalmente algunas laminillas de mica (Corpoguvio, 1997).

Figura 5.3. Roca sedimentaria del yacimiento minero



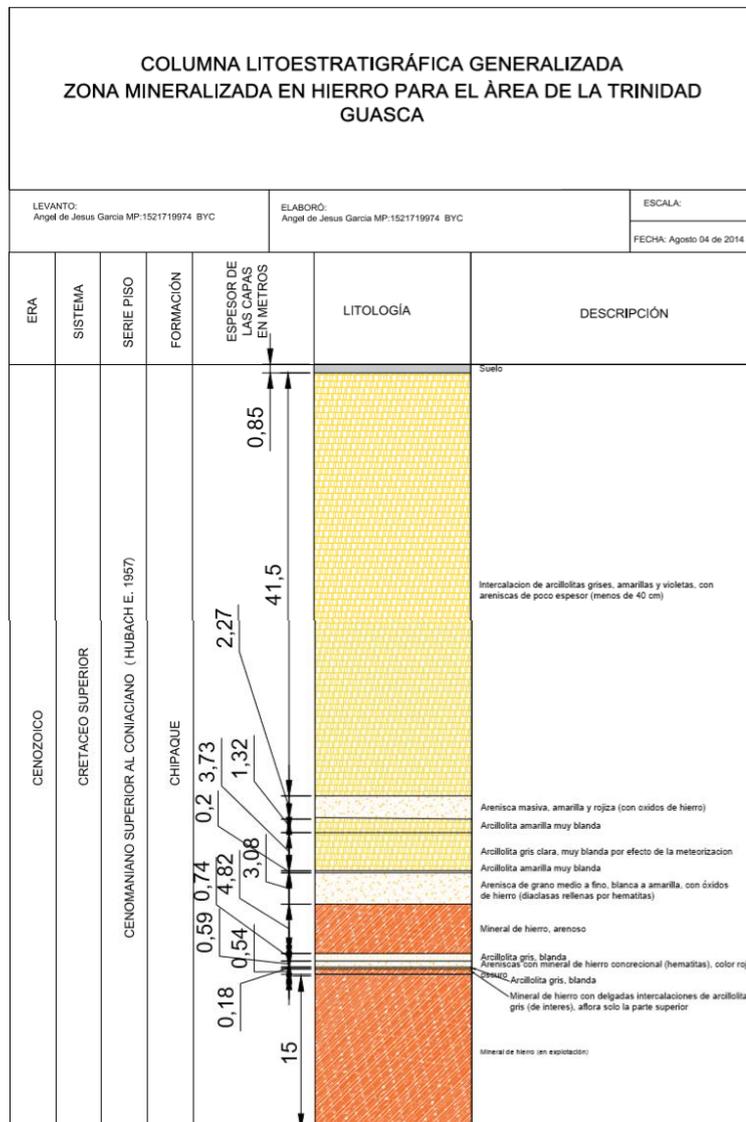
Fuente: Autores

El banco de mineral de hierro de la mina Pericos aflora dentro de los estratos de la Formación Chipaque y Formación Río Siecha. Comprende un banco grueso de óxidos de hierro concrecionarios arenosos (LA ADELITA), que corresponden a limonitas posiblemente con hidróxidos de hierro, y se encuentra alternando con arcillas laminadas color gris y negro o amarillas y grises, con un contenido de hierro que varía en la superficie entre el 45% y el 50% disminuyendo hacia la profundidad, que tanto al sur como al norte, se convierte en una arenita apenas ferruginosa (Alvarado & Sarmiento, 1943, SGC, 2015).

Esta sucesión estratigráfica es más o menos constante a lo largo del área estudiada y se pudo observar en todos los lugares donde las rocas no están cubiertas por derrumbes. Sin embargo, es bueno anotar que el banco del mineral de hierro “La Adelita”, se ubica entre las capas E, F y G de la columna estratigráfica, se transforma en areniscas apenas ferruginosas. “La Adelita” se describe como un banco de mineral continuo, con dirección al sur, en la mayoría de la zona donde debería aflorar está cubierto por derrumbes y sólo se encontraron afloramientos en las cercanías de los cursos de las quebradas La Canal y Curíes. Al sur de estos afloramientos, se evidenciaron areniscas apenas ferruginosas denominadas “La Chiquita” y “La Venenosa”, que de acuerdo a lo establecido en el EIA mina Pericos del año 1997; no tenía importancia o interés desde el punto de su aprovechamiento como mineral de hierro, por lo cual no se hicieron trabajos especiales para establecer su continuidad.

La columna estratigráfica detallada se observa en la Figura 5.4, donde se describen los componentes estratigráficos del yacimiento de hierro “Pericos”; muestra que en la sección del banco las capas principal, intermedia y superior se encuentran ubicadas a distintas profundidades, tomando en la capa superior una profundidad desde los 5,13 m hasta la capa más profunda, es decir la capa principal que cuenta con una profundidad de 6,17 m, caracterizándose porque en cada una de ellas presenta hematita concrecionaria y arenisca ferruginosa, a excepción de la capa principal que solo presenta hematita concrecionaria.

Figura 5.4. Columna estatigrafica Local del Mina de hierro Pericos y Banco de Hierro



Fuente: EIA mina pericos 1997

Descripción litológica y posición de las unidades litológicas

La Formación Chipaque se presenta en el centro del área de estudio como una secuencia monótona en la que predominan las arcillolitas y las lodolitas en capas gruesas y muy gruesas, intercaladas con limolitas y arenitas de grano muy fino y fino en capas medias y delgadas. Hay un ligero predominio de las cuarzoarenitas de grano muy fino, limolitas y limolitas arenosas en capas gruesas y medias, bioturbadas, intercaladas con capas delgadas y medias de lodolitas con laminación lenticular (SGC, 2015). Las arcillolitas se caracterizan por contener cantidades significativas de arcilla, se les denomina genéricamente como lutitas y a éstas pertenecen también las limolitas y lodolitas. Las arcillolitas son las lutitas con alto contenido de arcilla, lo cual las hace muy fisiles y

susceptibles a deslizamiento. Son muy comunes encontrar lodolitas negras con alto contenido de carbón de grano fino y sulfuro de hierro, las cuales, al igual que las arcillolitas son muy fisiles y producen una gran cantidad de deslizamientos. Los suelos coluviales son un sub-producto de otros materiales como lutitas, arcillolitas, lodolitas, limolitas, etc. (Ingrim, 1953; Spears y Taylor, 1972; Dick y Shakoor, 1995) (Suárez, 2012). No obstante, los coluviones están relacionados con estratificaciones de areniscas, limolitas y arcillolitas en capas delgadas. Los deslizamientos son muy comunes en intercalaciones de areniscas con limolitas o arcillolitas. Las limolitas son muy pobremente cementadas y muy frágiles o fisiles (Suárez, 2012).

Las rocas que conforman la Formación Chipaque son predominantemente arcillosas impermeables, muy susceptibles a erosionarse y alterarse, por lo tanto, con un comportamiento geotécnico muy pobre para la cimentación de obras civiles (Plan de Ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica del río Bogotá, 2006).

Cerca de la cabecera del río Blanco, en la vía que se desprende de la carretera La Calera-Chingaza en dirección sur y que conduce a El Manzano, se describió el tope de la Formación Chipaque, este segmento coincide con el expuesto en la carretera Guasca-Gachetá en la carretera Guatavita-Gachetá. La parte superior de la Formación Chipaque está representada en este sector por una intercalación de limolitas con lodolitas y esporádicas arenitas. Las limolitas ocurren en capas muy gruesas a gruesas, son de color negro, con laminación plana y algunas capas muy delgadas de liditas interpuestas; se intercalan con arcillolitas de color gris o lodolitas color negro en capas muy gruesas a medias, con laminación plano-paralela y esporádicas capas medias de lidita, con escamas de pez, además de bivalvos, amonoideos, hojas y tallos localmente. En menor proporción se observan algunas capas delgadas tabulares o lenticulares de arenitas de cuarzo de tamaño de grano muy fino, color gris oscuro o claro, frecuentemente bioturbadas o con laminación flaser u ondulosa, muy bien calibradas y redondeadas, localmente con glauconita; estas cuarzoarenitas por lo general se intercalan con lodolitas (SGC, 2015).

En la localidad tipo, en el río Chipatá y sus tributarios, la Formación Río Siecha se presenta en capas gruesas de gravas y bloques (de más de 1 m de diámetro), pobremente seleccionados, compactos, que alternan con capas de arcillas orgánicas y sedimentos arenosos y con paleosuelos húmicos de color negro; la unidad es más espesa hacia los bordes del valle y la imbricación de los clastos sugiere que el área fuente son las montañas del sureste del valle (Helmens, 1990) (SGC, 2015). Las partículas gruesas tales como la grava son relativamente estables si no están afectadas por presiones de poros. En ocasiones los suelos aluviales presentan una matriz de arcilla cementando los granos de arena, grava y limos, estos cementantes generalmente son óxidos de hierro. Los tamaños de la partícula de las gravas son gruesas que varían de 18 a 150 mm (Suárez, 2012). Por otro lado, las arcillas orgánicas se caracterizan por tener un alto

contenido de carbono. Los suelos orgánicos son muy susceptibles a deslizamientos (Suárez, 2012).

Estructura

En el área de estudio se definieron unidades cuaternarias como depósitos coluviales (Figura 5.5 y 5.6), caracterizados por encontrarse fragmentos de rocas angulares a subangulares de diversos tamaños desorganizados, que se encuentran expuestos en la ladera de la mina. Esta cobertura se refiere a las superficies de terreno que carecen de vegetación o con escasa cobertura vegetal, debido a la ocurrencia de procesos antrópicos. Lo anterior, producto del uso de métodos de voladura de rocas para la extracción del hierro desde el inicio de la minería a cielo abierto. También se observaron depósitos aluviales, donde se evidencia el material depositado transitorio o permanentemente transportado por una corriente de agua dado por la escorrentía que se presenta en el lugar (Figura 5.5), lo que pueda contribuir a que se produzcan deslizamientos del suelo.

En las figuras 5.5, 5.6 y 5.7 se aprecia la magnitud de la parte expuesta que ha sido afectada por la voladura debido al desarrollo del proyecto minero, generando así fragmentación del ecosistema en el área de estudio como se observa en la figura 5.6, sin embargo, cabe resaltar que al ser una mina de tipo subterránea la fragmentación no va a ser significativa comparándola con una mina a cielo abierto. Por otro lado, la zona de la entrada al banco de la mina se observa muy inestable, lo que podría implicar derrumbes en el lugar. Además, en la parte lateral del banco los taludes que se observan no son muy propios para este tipo de suelo (Figura 5.7).

El banco de mineral está afectado por fallas longitudinales y transversales, falla Choconta-Pericos, la cual no tiene importancia desde el punto de vista del aprovechamiento del mineral. Posiblemente debe existir otra falla longitudinal a una distancia de 30 a 40 m del afloramiento superficial del banco. Esta falla se hizo evidente puesto que limita considerablemente la cuelga explotable del banco.

La falla geológica Choconta-Pericos atraviesa parte de la formación Río Siecha del área de estudio, esta es una estructura inversa que trunca el anticlinal del mismo nombre (Rodríguez y Rodríguez, 2010).

Figura 5.5. Depósitos aluviales



Fuente: Autores

Figura 5.6. Fragmentación del ecosistema e inestabilidad



Fuente: Autores

Figura 5.7. Zona de desprendimiento



Fuente: Autores

5.1.1.3. Geoquímica del yacimiento

Según el informe de 1937 presentado al ministerio de Ministerio de Industrias y Trabajo por el geólogo Dr. John W. Buttler el posible origen del yacimiento se debe al resultado de la filtración y reemplazo de una arenisca por soluciones ferruginosas, sin embargo, según el estudio de dicho geólogo se revelan dos posibles orígenes del yacimiento:

1. *El mineral se concentró en su posición actual por acción de aguas meteóricas que había tomado el hierro en solución mientras circulaban a través de sedimentos ferruginosos que pueden existir en la vecindad. “Este origen significaría que el depósito sería superficial, y el tenor en mineral disminuiría rápidamente a poca profundidad”.*
2. *El mineral se concentró en su posición por soluciones magmáticas que subieron de la profundidad y estaban cargadas de hierro en solución. “El primer origen puede ser el verdadero, pero varios hechos sugieren la posibilidad del segundo y requieren estudios tanto de campo como de laboratorio para confirmar o despacharlos. Los hechos en favor de cada hipótesis se describen a continuación:*

1- Origen por aguas meteóricas:

- a) *La estructura*
- b) *La localización y*
- c) *La riqueza del mineral, especialmente la hematita “concrecionada”, parece indicar que las soluciones que depositaron el mineral fueron aguas circulantes comunes, con origen atmosférico que se cargaron*

de hierro, mientras se filtraban a través de sedimentos ferruginosos y que encontraron manera de salir por la pendiente abrupta de la colina y así depositaron la carga de hierro durante la evaporación”.

2- Origen por aguas magmáticas ascendentes:

- a) *La estructura geológica es tal, que los estratos están inclinados hacia el oeste, es decir retirándose de la falda abrupta de ella, sobre la cual afloran los depósitos de hierro. Por consiguiente, parece ser que la mayor parte de las aguas debieron correr hacia el oeste, a lo largo de los planos inclinados de los estratos, alejándose del área del depósito, de modo que no pudieron haber tenido influencia apreciable sobre esta pendiente. No se sabe si haya aguas artesianas en esta colina, pero a juzgar por la topografía de la región hacia el oeste, es poco probable. Tampoco se puede afirmar definitivamente, si el hierro fue depositado cerca de su localización actual por aguas que circulaban hacia el oeste antes de la erosión del anticlinal, del cual la colina en cuestión es el flanco occidental. Sin embargo, la concentración de hierro no es común, e indica actividad de aguas subterráneas, o sedimentos muy ferruginosos situados cerca del yacimiento que pudieran suministrar mucho hierro a la cantidad de agua disponible, aparentemente limitada.*
- b) *La distribución del mineral muestra que ha favorecido las areniscas más porosas. Ocasionalmente hay estratos arcillosos con textura extremadamente fina, en bancos hasta de 30 cm de espesor, que están interestratificados en forma lenticular. La textura de estas rocas es tan fina, que las ha hecho impermeables a las soluciones que depositaron el mineral, con excepción de los lugares en que fueron fracturadas por movimientos tectónicos. Estas están, al presente, llenas de hematita, que recementa la roca. Hay una zona marginal angosta, manchada de rojo, que indica que parte de las soluciones al pasar saturaron los planos de fractura. Encima y debajo de estos mantos arcillosos, hasta donde se pudo juzgar, durante esta rápida inspección, no había diferencia apreciable en el carácter del mineral. Esto indicaría que la circulación de las soluciones que contienen mineral fue tan compleja debajo, como encima de los mantos impermeables. Este hecho podría confirmar cualquiera de las hipótesis, bien sea que el mineral bajó (depositado por aguas meteóricas), o que ascendió (depositado por soluciones magmáticas). Pero esta observación es importante en cuanto demuestra que ambas hipótesis son posibles.*
- c) *La hematita muestra un poder de sustitución que parece demasiado fuerte por aguas meteóricas circulantes. Este hecho se observa en los cortes delgados del mineral cuarzoso. Se ve que el mineral no solamente se filtró alrededor de los granos dendríticos de cuarzo y reemplazó la matriz de la roca, sino que la hematita ha corroído y reemplazado muchos de los granos de cuarzo. Este hecho es especialmente obvio de los granos de cuarzo del mineral, con granos dendríticos comunes de las areniscas que no están mineralizadas”.*

Indudablemente, el poder de sustitución de las soluciones ferruginosas es la principal razón que se puede aducir a favor del origen hidrotermal del yacimiento. No obstante, se cree que no es necesaria tal acción para explicar la corrosión del cuarzo, pues las soluciones meteóricas ferruginosas son capaces de atacarlo dentro de las condiciones normales de temperatura y presión. A este respecto es interesante anotar que Van-Hise en su libro “A Treatise on Metamorphism” – US Geological Survey – Paper XLVII, al referirse a la acción de aguas meteóricas, dice en la página 220 que “El cuarzo puede ser totalmente reemplazado por otros minerales tales como magnetita y hematita... “Las condiciones más favorables para la solución de la sílice se encuentran en la zona de meteorización” F.W. Clarke en “the Data of Geochemistry” – United States Geological Survey – Bull. 770 cita ejemplos de corrosión del cuarzo por aguas meteóricas (Fuente PTO Mina Pericos).

Según las evidencias encontradas se aducen razones en las que el origen del yacimiento se hubiera dado por soluciones meteóricas, concluyendo así la hipótesis (CORPOGUAVIO, 2008).

Para la identificación de minerales y composición de las rocas no se realizó el respectivo análisis mineralógico correspondiente al área de influencia, debido a los altos costos que esto genera, por lo tanto, no se pudo comprobar la presencia de sulfatos en las mismas. Tampoco hay evidencias de que se presente algún tipo de contaminante de interés. De igual manera no se realizaron pruebas de lixiviación en la determinación del potencial de contaminantes provenientes del material extraído y desechos de la mina.

5.1.2. Geomorfología

El área de influencia de la Mina los Pericos hace parte del anticlinal de Pericos vereda la Trinidad del Municipio de Guasca. El yacimiento se encuentra en rocas de la formación que corresponden al grupo Chipaque (En la base consta de unos 40 m de calizas y limolitas silíceo-calcáreas, negras, en capas delgadas, muy fosilíferas, con frecuentes nódulos calcáreos) y está asociada a la serranía de Pericos conformada por cerro alargado en sentido suroccidente – Nororiente, con alturas que van desde la cota 2800 hasta la 3300 m s.n.m. y pendientes naturales que llegan hasta una inclinación del 100%, este cerro de roca endurecida por el enriquecimiento férrico resalta como un cordón diferenciándose perfectamente los límites del yacimiento. Su estado de erosión corresponde al estado juvenil donde las corrientes de agua no han labrado cañones profundos, el drenaje es controlado casi en su totalidad por pequeñas fallas satélites de la falla pericos, localizada al Nororiente del área en cuestión, los drenajes más importantes que delimitan el área son al norte la Quebrada Curíes y al sur la Quebrada Boquerón.

En general el área de la licencia lo constituyen tres sectores elogiados en sentido Suroccidental - Nororiental morfológicamente diferentes que coinciden con tres tipos de cobertura vegetal diferente, las características de estas zonas de occidente a oriente son:

- **El sector occidental**, es la parte superior del cerro, localizado entre las cotas 3300 y 3120 msnm, se caracteriza por presentar un bosque de vegetación arbustiva y arbórea natural.
- **El sector central**, es el más intervenido antrópicamente y es precisamente el área por explotar, este sector se caracteriza por taludes altos y verticales donde aflora la arenisca ferrífera. La antigua explotación de la Mina Colar dejó como resultado escarpes pronunciados a lo largo de todo el yacimiento (1.5 Kilómetros en sentido sur occidental), los taludes actuales son verticales y algunos llegan a tener hasta 20 metros de altura.

Se encuentra entre la cota 3120 a 2960, en algunas zonas de este sector desde la cota 3050 hacia arriba existe vegetación, de esa cota hacia abajo la vegetación y el suelo desaparecieron cuando se abrieron los tajos en la antigua explotación.

En este sector central existen una vía que viene desde el sector bajo en sentido oriente occidente y luego se vuelve casi paralela al frente de explotación en sentido norte sur, esta vía también la construyeron para la antigua explotación.

- **Sector Oriental**, está conformado por la falda del cerro donde la pendiente va disminuyendo hasta volverse plana, va desde la cota 2950 hasta la cota 2800 msnm, la vegetación arbórea y arbustiva no existe, solo se observa pasto y algunos sectores con poco rastrojo, en este sector existe una hondonada seca por donde no corre agua ni siquiera en épocas de invierno. Sin embargo, debe conservar algo de humedad pues es el único lugar donde existe algunos arbustos. En la parte más oriental y más plana del este sector se localiza la casa.

Geomorfológicamente el yacimiento está ubicado sobre la serranía de Pericos, la cual se caracteriza por presentar pendientes superiores al 100%, dándole al sector un aspecto escarpado cuya morfología ha sido cambiada debido a las actividades extractivas desarrolladas. El área de la explotación presenta dos corrientes de agua, la Quebrada Curíes y la Quebrada Boquerón, el clima del sector corresponde a una zona de vida de Bosque Húmedo Montano Alto.

La elaboración de la cartografía geomorfológica para la mina Pericos estuvo dirigida a caracterizar el nivel más detallado siendo este las formas del terreno, afectados por los procesos morfodinámicos y agentes tanto endógenos como exógenos, que a su vez han modelado los diferentes paisajes geomorfológicos. La caracterización de las geoformas se realizó bajo la metodología de Alfred Zinck (1987), la cual sirve como insumo para definir las unidades geomorfológicas, además, la interpretación y elaboración del mapa geomorfológico y su respectiva leyenda se fundamentan en los atributos

conceptuales de la clasificación y jerarquización definida por Zinck, adaptada para Colombia por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC en su manual de códigos y su manual de campo (2014).

Un paisaje geomorfológico según (Zinck, 2012) es una gran porción de terreno caracterizada por sus rasgos fisiográficos; corresponde a una repetición de tipos de relieve similares o a una asociación de tipos de relieve disímiles (valle, altiplanicie, montaña, etc.).

La mina Pericos se caracteriza por presentar un tipo de paisaje, definido a partir de la caracterización del relieve que presenta la zona. A continuación, se describe el tipo de paisaje característico de la zona:

- **Montaña (M):** Corresponde a una gran elevación de terreno de diverso origen, con alturas menores a 2000 m s.n.m. hasta una altura máxima de 4000 m s.n.m., caracterizada por pendientes altas a escarpadas (25° - $> 75^\circ$), cimas agudas, laderas largas profundamente disectadas por una red de drenajes dendríticos a subdendríticos, formando en algunos sectores valles estrechos depositando materiales coluvio-aluviales.

Cada paisaje posee un ambiente con el tipo de relieve y su respectiva simbología, para ello se identificaron las siguientes unidades geomorfológicas más características del área de influencia del proyecto:

5.1.2.1. Paisaje de montaña en ambiente Depositacional fluvio – glaciar.

El ambiente deposicional está controlado por la depositación de materiales detríticos, solubles y/o biogénicos, transportados por agua, viento, hielo, movimientos en masa o gravedad (Zinck, 2012), dentro del cual se incluye la mayoría de subambientes definidos: Depositacional aluvial, coluvial, diluvial, coluvio-aluvial, fluvio-glaciar y fluvio-lacustre.

Así mismo, el paisaje de montaña en ambiente depositacional fluvio-glaciar, cuenta con diferentes tipos de relieve, para este caso se identificó el Abanico terraza que está constituido por materiales de origen glaciar.

El tipo de relieve que representa este paisaje y ambiente se describe a continuación:

- **Abanico terraza:** Este tipo de relieve se da sobre abanicos antiguos, que han sido disectados por la red hídrica de la zona formando escarpes, que bordean la superficie plana, definido como el talud del abanico. La constitución de este tipo de relieve es completamente caótica, no hay sorteo en los materiales, los cuales van desde grava hasta bloque mayores a dos metros, contenidos en una matriz lodosa. Se identificaron las siguientes formas de terreno:

- **Ápice (MnMacA):** Formas constituidas por depósitos detríticos medios y finos de origen glaciario y aluvial. Se desarrollan principalmente en pendientes de 7-12% (IGAC, 2005).

5.1.2.2. Paisaje de montaña en ambiente estructural-erosional.

Es definida como una gran elevación del terreno de origen natural, cuenta con más de 300 metros de desnivel entre la base y la cima y en relación con el paisaje circundante. Este tipo de paisaje presenta un declive promedio superior al 30% (IGAC, 2005); y un terreno escabroso y profundamente disectado (Zinck, 2012). La morfogénesis de este paisaje es de tipo estructural- denudacional, aunque de forma local se presentan unidades de origen deposicional. La mayoría de los relieves que componen este paisaje están tallados en rocas masivas tipo basaltos y cuarzodioritas, rocas metasedimentarias y volcanosedimentarias tipo metaareniscas y metalimolitas, y rocas metamórficas tipo esquistos y filitas. Los tipos de relieves que representan este paisaje y ambiente se describen a continuación:

- **Crestones:** Al igual que los espinazos, este tipo de relieve también está constituido por secuencias de rocas sedimentarias, cuya disposición de los estratos está relacionada con la tectónica de la zona, y su inclinación presenta un ángulo de buzamiento entre 11° y 30°. Así mismo, se define su ladera estructural y erosional. Se identificaron las siguientes formas de terreno:
 - **Escarpe (MsTaoE):** Forma constituida por cenizas volcánicas sobre rocas sedimentarias no diferenciadas. Se desarrollan principalmente en pendientes de 50-75% (moderadamente escarpada o moderadamente empinada).
 - **Revés (MsTaoS):** Forma constituida por cenizas volcánicas sobre rocas sedimentarias no diferenciadas. Se desarrollan principalmente en pendientes de 12 a 25% (fuertemente inclinada).
 - **Revés (MsTlaS):** Forma constituida por rocas sedimentarias tipo limolitas, lodolitas y arcillolitas. Se desarrollan principalmente en pendientes de 25-50% (ligeramente escarpada o ligeramente empinada).
 - **Frente (MsTlaR):** Forma constituida por rocas sedimentarias tipo limolitas, lodolitas y arcillolitas. Se desarrollan principalmente en pendientes de 25-50% (ligeramente escarpada o ligeramente empinada).
-
- **Lomas:** Son un tipo de relieve de disección, de poca a media altura (menor a 300 m respecto a su nivel de base local), con cimas más amplias, redondeadas y alargadas. Su relieve es formado por dos vertientes que se inclinan en dirección opuesta. Están compuestas por rocas sedimentarias de las formaciones que afloran en la zona de estudio. Se identificó la siguiente forma de terreno:

- **Cimas y laderas (MsLbbCL):** Forma constituida por rocas sedimentarias no diferenciadas. Se desarrollan principalmente en pendientes de 25-50% (ligeramente escarpada o ligeramente empinada).

5.1.2.3. Paisaje de montaña en ambiente depositacional aluvio-coluvial.

Es definida como una gran elevación del terreno de origen natural, cuenta con más de 300 metros de desnivel entre la base y la cima y en relación con el paisaje circundante. Este tipo de paisaje presenta un declive promedio superior al 30% (IGAC, 2005); y un terreno escabroso y profundamente disectado (Zinck, 2012). La morfogénesis de este paisaje es de tipo depositacional aluvial. El ambiente depositacional está controlado por la depositación de materiales detríticos, solubles y/o biogénicos, transportados por agua, viento, hielo, movimientos en masa o gravedad. (Zinck, 2012).

El tipo de relieve que representa este paisaje y ambiente se describe a continuación:

- **Vallecito:** Tipo de relieve correspondiente a una porción de espacio alargada, relativamente plana y estrecha, intercalada entre dos áreas de relieve más alto y que tiene como eje a un curso de agua. Su área está influenciada por lo aportes longitudinales de sedimentos acarreados por el río principal, los cuales pueden encontrarse dispuestos en un solo plano o en varios niveles de terraza, cuyos taludes siguen una dirección paralela a la del vallecito. Como forma de terreno principal se define la vega, que corresponde una porción de terreno periódicamente inundable que bordea ambos márgenes de un curso. Se identificó la siguiente forma de terreno:
 - **Vega (MxVaiV):** Forma constituida por depósitos de sedimentos aluvio coluviales mixtos. Se desarrollan principalmente en pendientes de 7-12% (moderadamente inclinada).

A manera de síntesis, en la Tabla 5.2, se presenta la leyenda de la caracterización de las geoformas definidas para el área de estudio, mientras que en la Figura 5.8 se evidencian las unidades geomorfológicas más características del área de influencia del proyecto.

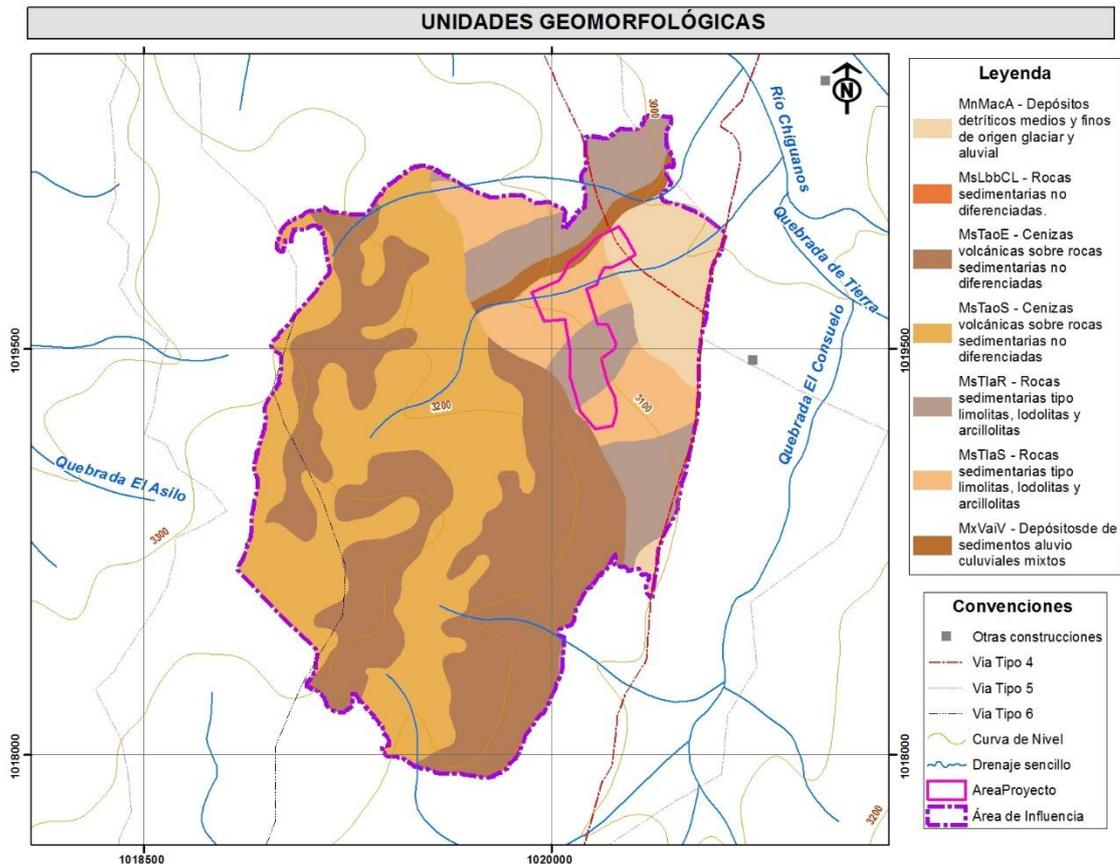
Tabla 5.2. Resumen de unidades geomorfológicas del área en estudio.

AMBIENTE	PAISAJE	RELIEVE	MAT_PARE_L	FORMA TERRENO	ID UNIDAD GEOMORFOLÓGICA
Depositacional Fluvio – Glaciar	Montaña	Abanico Terraza	Depósitos detríticos medios y finos de origen glaciar y aluvial	Ápice	MnMacA
Estructural - Erosional		Crestones	Rocas sedimentarias tipo limolitas, lodolitas y arcillolitas	Frente	MsTlaR

AMBIENTE	PAISAJE	RELIEVE	MAT_PARE_L	FORMA TERRENO	ID UNIDAD GEOMORFOLÓGICA
Estructural - Erosional		Crestones	Rocas sedimentarias tipo limolitas, lodolitas y arcillolitas	Frente	MsTlaR
Estructural - Erosional		Crestones	Rocas sedimentarias tipo limolitas, lodolitas y arcillolitas	Revés	MsTlaS
Estructural - Erosional		Crestones	Rocas sedimentarias tipo limolitas, lodolitas y arcillolitas	Revés	MsTlaS
Estructural - Erosional		Crestones	Rocas sedimentarias tipo limolitas, lodolitas y arcillolitas	Revés	MsTlaS
Depositacional Aluvio Coluvial		Vallecito	Depósitos de sedimentos aluviales mixtos	Vega	MxVaiV
Estructural - Erosional		Crestones	Rocas sedimentarias tipo limolitas, lodolitas y arcillolitas	Frente	MsTlaR
Estructural - Erosional		Crestones	Cenizas volcánicas sobre rocas sedimentarias no diferenciadas	Revés	MsTaoS
Estructural - Erosional		Crestones	Cenizas volcánicas sobre rocas sedimentarias no diferenciadas	Escarpe	MsTaoE
Estructural - Erosional		Crestones	Cenizas volcánicas sobre rocas sedimentarias no diferenciadas	Escarpe	MsTaoE
Estructural - Erosional		Lomas	Rocas sedimentarias no diferenciadas.	Cimas y laderas	MsLbbCL

Fuente: Autores

Figura 5.8. Unidades Geomorfológicas más Características de la Zona



Fuente: Autores

5.1.3. Paisaje

5.1.3.1. Elementos del paisaje

Los elementos del paisaje fueron determinados y calificados según la metodología de USDA Forest Service modificada, en la que se califican los elementos naturales, antrópicos y de cambio del paisaje del territorio de acuerdo con su calidad o integridad ecológica. Los elementos del paisaje descritos y calificados en la Tabla 5.3 tienen en cuenta tanto los naturales como los antrópicos que permiten valorar el territorio.

Tabla 5.3. Elementos del paisaje del territorio del área del proyecto

ELEMENTOS ESTRUCTURALES				
NATURALES		Bajo	Medio	Alto
Geología	Geomorfología			28
	Orientación			25
	Pendiente		15	
	Sísmica		15	
Suelo	Horizontes A B C	5		

NATURALES		BAJO	MEDIO	ALTO
Clima	Temperatura		12	
	Precipitación			22
	Evapotranspiración			25
	Viento			25
	Asoleación			
Agua	Calidad,		18	
	Cantidad		12	
	Cuerpos de agua	4		
	Aguas subterráneas	0		
Aire	Calidad del aire			25
	Olores			30
	Ruido			18
	Sonidos			30
Vegetación	Composición florística			25
	Densidad		15	
	Nativa			30
	Introducida	8		
	Invasora	5		
	Endémica / En peligro			30
	Ecosistemas frágiles			30
Fauna	Migratorias		12	
	Nativa			30
	Invasora			22
	Endémica /En peligro			30
ANTROPICOS				
Infraestructuras	Distribución			30
	Densidad			30
	Redes de servicios		12	
Uso del suelo	Natural		18	
	Agropecuario			25
	Minería	8		
	Vivienda		12	
Densidad	Natural			24
	Agropecuario			28
	Minería	2		
	Vivienda	6		
Socioeconómico	Densidad de población			25
	Sectores de actividad			28
	Renta per cápita	5		
ELEMENTOS FUNCIONALES				
Conectividad	Distancia entre elementos		18	
	Largo de corredores			28
	Ancho de corredores	4		

ELEMENTOS FUNCIONALES		BAJO	MEDIO	ALTO
Porosidad	Densidad de la matriz		12	
Accesibilidad	Al paisaje			30
	Entre elementos		16	
CAMBIO				
Pasado	Vulnerabilidad Antrópica	2		
	Vulnerabilidad Natural		15	
	Usos en el tiempo	5		
Futuro		5		
Resiliencia				25
SUBTOTAL		59	202	698
TOTAL		18		

Fuente: Autores

El territorio posee alta integridad ecológica pues en general posee componentes bióticos y abióticos muy importantes que se consideran remanentes del ecosistema nativo y que se han integrado a las actividades antrópicas actuales. Las geoformas dominantes del territorio: terrazas abanico, crestones, lomas y vegas ubicadas en barlovento, con depósitos de materiales detríticos, solubles transportados por agua, viento, hielo, movimientos en masa y gravedad, generaron pendientes altas a escarpadas que ocasionaron que el territorio sea una zona de amenaza sísmica intermedia a alta. En adición a estas formaciones escarpadas, la explotación minera y transformación de tierra a uso agropecuario generó la remoción de suelo y material pétreo ocasionando traslocación de los horizontes del suelo.

Si bien el clima del territorio se clasifica como frío no presenta déficit de humedad pues sumado a la temperatura promedio de 9,85°C, la precipitación acumulada anual es de 5397,2 mm, provocando alta humedad. Sin embargo, la asoleación del terreno es moderada debido a las grandes extensiones de predios destinados a actividades agropecuarias que junto a los vientos, que predominantemente soplan de NO - NW a velocidades frecuentemente de 2,6 - 5,1 m/s, producen efectos climáticos y desplazamientos de los mismos a escala micro-regional.

Al encontrarse en la subcuenca Tominé, el territorio presenta tres quebradas con caudal constante cuyas aguas son usadas para riego y consumo pecuario, asimismo pueden presentarse estacionalmente otros cuerpos de agua con una corriente menor, aunque no existen acuíferos en el área de influencia del proyecto. En general, los análisis realizados a la quebrada Los Curies, ubicada dentro del área de influencia del proyecto, demostraron que la calidad de las aguas superficiales adecuada para uso agropecuario, pero no apta para consumo humano.

La calidad del aire se considera aceptable para la exposición humano pues de acuerdo con las mediciones de las estaciones de monitoreo cercanas las concentraciones diarias de PM_{10} y $PM_{2.5}$ han sido inferiores a la norma colombiana con eventuales excedencias. Por otro lado, no se perciben olores ofensivos en fuentes de área específicas o dispersados por el aire, mejorando así la calidad del aire para fines de vivienda y recreativos del territorio. A pesar del ruido emitido por el funcionamiento de la mina, al presentar el área del proyecto cercas vivas en todos los linderos, la exposición a este no es considerable y permite la percepción de agentes naturales de ruido como vocalizaciones de diversas especies de aves y las quebradas cuando su caudal aumenta.

En el territorio, la vegetación consiste predominantemente en especies arbustivas y herbáceas pioneras y propias de bordes bosques de sucesión temprana y bosque de galería. Junto al área del proyecto, una reserva de la sociedad civil alberga vegetación nativa y endémica de bosque altoandino y paramuna. Adicionalmente en las terrazas que se encuentran en cotas inferiores predominan especies vegetales de uso agropecuario, aunque en áreas superiores a 3200 m s.n.m. es posible encontrar individuos de *Espeletia*, chuscales y musgos típicos de páramo, así especies invasoras como el rétamo espinoso, llantén y helecho marranero.

La existencia de la reserva y los corredores que unen los parches de bosque altoandino con el PNN Chingaza proveen un hábitat adecuado a especies de vertebrados nativos que como especies sombrillas favorecen la permanencia de otro tipo de biota, como aves migratorias que se establecen temporalmente en los humedales artificiales y cuerpo de agua alrededor del embalse de Tominé. Además, al ser las cercas vivas y bosques ribereños de las quebradas corredores ecológicos, brindan áreas de desplazamiento a las especies, resultando en adaptación de algunas de ellas a hábitats moderadamente intervenidos como los rastrojos y áreas mixtas de uso agropecuario.

La infraestructura encontrada es típica de zona rural pues las viviendas existentes se encuentran ampliamente distanciadas entre sí por las parcelas agropecuarias, las construcciones suelen ser de una planta sin otro tipo de edificaciones alrededor. Las viviendas, en general, tienen acceso al servicio de acueducto, sin embargo, la electricidad, gas natural y alcantarillado no son brindados por el municipio. En el territorio, la mina Pericos constituye el único punto de explotación minera que implica una infraestructura moderadamente mayor a la existente a su alrededor.

La vereda La Trinidad presenta la menor densidad poblacional del municipio, permitiendo inferir que en el territorio existe una buena distribución de la tierra, aunque sea propiedad de una porción menor de personas. El territorio presenta buena accesibilidad pues existen vías desde la vereda El Salitre y desde la cabecera municipal de Guasca, por lo que puede ser vulnerable a mayor degradación conforme aumenta el tránsito en ellas. No obstante, entre los

elementos del paisaje el acceso es muy restringido debido a que la mayoría de parcelas o relictos de bosque son de propiedad privada.

Este territorio anteriormente se encontraba cubierto por bosque de sub páramo y altoandino, así como de terrazas inundables que fueron posteriormente transformados a parcelas para cultivo de papa y ganadería rotacional, y puntualmente fue usado para explotación minera de hierro debido a los yacimientos en la montaña. Debido a que estos yacimientos siguen disponibles y la productividad del suelo continúa siendo alta es probable que la frontera agrícola se extienda aún más en los sectores que no se encuentran protegidos. No obstante, la vegetación de las zonas que no están siendo usadas evidencia la capacidad de resiliencia del territorio pues el establecimiento de vegetación pionera y la remanencia de fauna indica que el ecosistema puede recuperarse y continuar siendo de uso mixto.

5.1.3.2. Unidades del paisaje

Según la descripción general de la integridad del paisaje del territorio y teniendo en cuenta que el área del proyecto está localizada sobre un sinclinal que permite que el alcance visual desde los sitios de la explotación sea extenso, haciendo de este un sitio de observación estratégico de las principales unidades del paisaje, las unidades del paisaje se determinaron según los usos del suelo, cobertura vegetal y extensión de visibilidad desde el punto de observación dentro del área del proyecto. De esta manera se identificaron cuatro unidades del paisaje descritas en la Tabla 5.4 y señaladas en la Figura 5.9.

Tabla 5.4. Unidades del paisaje del territorio del área del proyecto

Unidad del paisaje	Característica principal	Descripción
1	Matriz de uso agropecuario	Localizada al noreste del área actual de uso del proyecto. Este territorio presenta parcelaciones típicas de uso agropecuario con ocasionales viviendas alejadas entre sí hasta la cabecera municipal. Adicionalmente se encuentran elementos lineales naturales constituidos por las cercas vivas y bosques ribereños de cuerpos de aguas corrientes pequeños.
2	Laguna de Tominé	Localizada noroeste del área actual del proyecto. Constituye el cuerpo de agua más grande del municipio de Guasca teniendo en cuenta el sistema de pequeñas lagunas ubicadas al este del área. Dada la posición de la mina, el alcance de la observación desde allí permite apreciar parte de esta.
3	Relictos de bosque y sub-páramo con explotación minera	Localizado dentro del área del proyecto y al oeste de la misma. Posee vegetación sucesional temprana, ribereña y relictos de vegetación de sub-páramo con flora nativa. Representa la cobertura vegetal más densa del sector oeste del territorio a pesar que hacia el flanco este se encuentre el área de explotación minera.

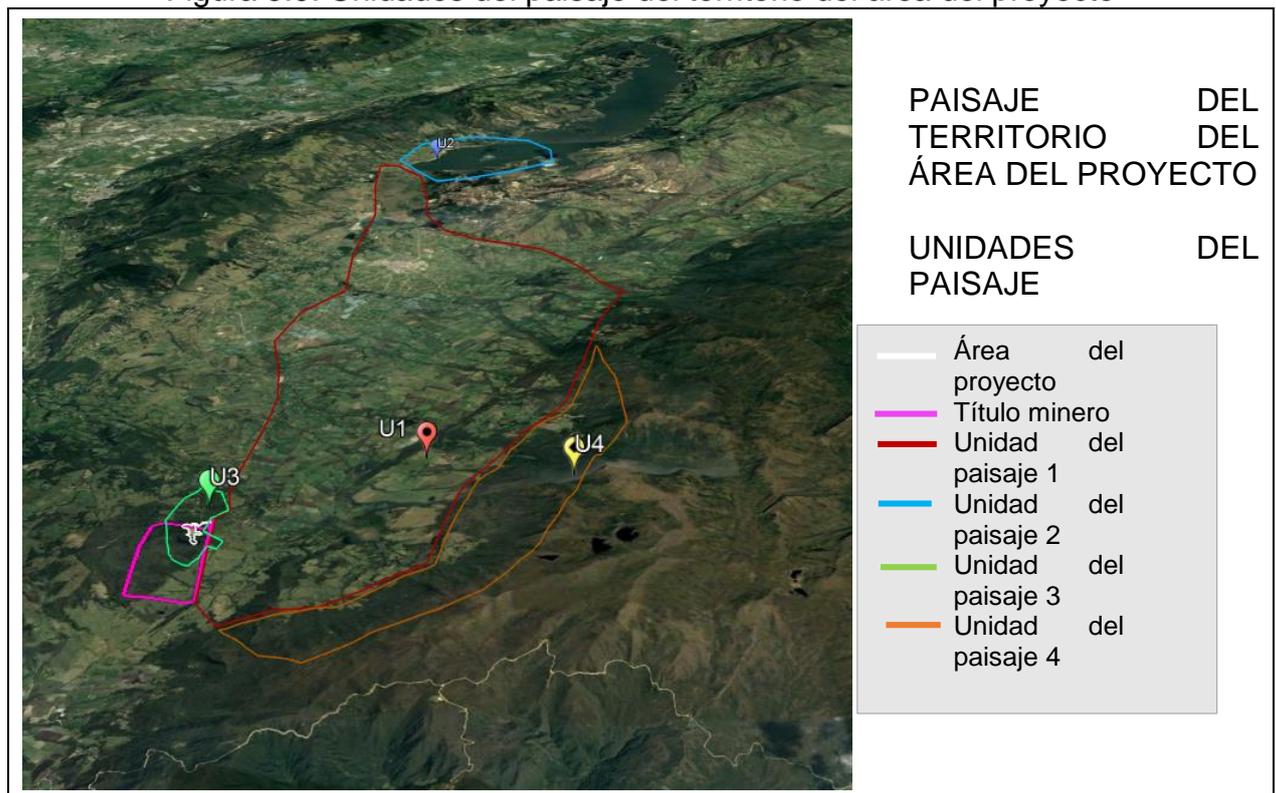
Unidad del paisaje	Característica principal	Descripción
4	Corredor de sub-páramo con PNN Chingaza	En el gradiente oeste de los crestones que generan el divorcio topográfico de la subcuenca Tominé se encuentra la zona de transición de la vegetación remanente y transformada por las actividades antrópicas y la conservada por el área protegida.

Fuente: Autores

5.1.1.1. Percepción del paisaje

La caracterización de la percepción del paisaje se realizó siguiendo la metodología enunciada anteriormente bajo la calificación de visibilidad, calidad y fragilidad paisajística de dos de las cuencas visuales más representativas observadas desde el área del proyecto hacia la extensión del territorio que lo embebe y desde las terrazas de uso agropecuaria hacia el área del proyecto. Las cuencas evaluadas se presentan en la Figura 5.10.

Figura 5.9. Unidades del paisaje del territorio del área del proyecto



Fuente: Autores

Figura 5.10. Cuencas evaluadas

Cuenca visual 1: Desde el territorio hacia el área del proyecto



Cuenca visual 2: Desde el área del proyecto hacia el territorio



Fuente: Autores

Visibilidad del paisaje

En la Tabla 5.5 se encuentra la calificación de la visibilidad paisajística de cada cuenca visual.

Tabla 5.5. Calificación de la visibilidad paisajística de las cuencas visuales

Característica		Cuenca visual 1	Cuenca visual 2
Área de influencia visual del proyecto	Magnitud	25	30
Puntos de observación	Cantidad	15	15
Cuenca visual	Cantidad	5	25
Unidades del paisaje	Variedad	5	25
Recursos visuales	Áreas de interés escénico	5	25
	Cubierta vegetal	15	20
	Geografía	23	30
Intervenciones antrópicas	Cantidad	28	20
	Calidad	25	20
VISIBILIDAD DE LA CUENCA		17,6	23,7
		Media	Alta

Fuente: Autores

Se considera que la visibilidad de la cuenca 1 es menor que la de la cuenca 2 pues la perspectiva visual dada por la cuenca 1 es notablemente menor que la ofrecida por la cuenca 2 debido a la profundidad y volumen de las áreas. Al mostrar la cuenca 1 una montaña cercada por vegetación de sucesión temprana, desde varios puntos de observación en altitudes inferiores al área del proyecto se observa una limitada visión al plano focal de la cuenca: la mina. A diferencia, la cuenca 2 provee la observación desde un punto principal en la alta montaña de diversas áreas como: de predominancia de parcelas agropecuarias, relictos de bosque altoandino, parcelas junto a la laguna de Tominé y una porción limítrofe de la cabecera municipal de Guasca.

De esto que desde los puntos de observación sobre el eje horizontal de la cuenca 1 solo sea posible encontrar una unidad de paisaje: zona de explotación minera con bosque fragmentado en sucesión que si bien presenta una cobertura vegetal apreciable respecto a la encontrada en las tierras de uso agropecuario respecto a su densidad, se ve minimizada por el área de roca desnuda de la mina, haciendo que el atractivo geográfico de la montaña que indica el comienzo del páramo por la transición de la vegetación se reduzca debido a la gran intervención de la actividad minera. Por otro lado, la cuenca 2 presenta un mayor atractivo visual pues la observación de la mayoría de las unidades del paisaje del territorio genera mayor interés al observador en cuanto a apreciación de los

elementos, que de hecho, se encuentran distribuidos de manera armónica aun cuando las actividades antrópicas sea intensivas en las parcelas pero que debido a su limitada extensión permiten la intersección y alargamiento de corredores de vegetación en las terrazas hacia la laguna de Tominé.

Calidad del paisaje

En la Tabla 5.6 se encuentra la calificación de la calidad paisajística de cada cuenca visual.

Tabla 5.6. Calificación de la calidad paisajística de las cuencas visuales

Característica		Cuenca visual 1	Cuenca visual 2
Tamaño		20	30
Altura relativa		15	30
Compacidad		25	30
Volumen		20	30
Singularidad		15	30
Longitud visual		20	30
Amplitud visual		18	25
Escala		15	25
Armonía entre los componentes		12	25
Proporción		18	30
Diversidad	Geográfica	25	30
	Vegetación	15	22
	Antrópica	12	25
Texturas	Corrugadas	22	25
	Puntiagudas	25	18
	Suaves	25	25
	Lisas	-	22
Contraste	Color	10	15
	Textura	15	30
	Forma	12	25
	Sol y sombra	15	12
Color	Diversidad	8	18
	Tono	15	26
	Brillo	5	12
CALIDAD DE LA CUENCA		16,6	24,6
		Media	Alta

Fuente: Autores

La calidad de la cuenca visual 1 es media debido a que la presencia de la montaña a tan corta distancia del punto de observación se encuentra de una manera dominante sobre el observador; además, su alcance total sobre el eje

horizontal de la cuenca genera un encerramiento de la vista, es decir, exhibe una forma redondeada cuya amplitud visual alcanza los 180° pero sólo permite contemplar un plano cercano. La ubicación de la montaña, con actuales señales de la explotación minera a aproximadamente 300 m sobre las colinas atenuadas del punto de observación generan una sensación de dominancia del terreno elevado, aunque su escala respecto a las actividades humanas no es desproporcionada, ya que la presencia de la vivienda es concordante con la magnitud de la montaña.

A diferencia de lo anterior, el paisaje de la cuenca 2 posee mayor calidad pues exhibe una profundidad superior a 1 Km que junto a una forma redondeada por el cerco de las montañas permite observar varias unidades de paisaje en un amplio alcance en el eje horizontal de la cuenca que resulta en la vista panorámica del territorio desde un punto de observación dominante. Si bien la cuenca demuestra la alta intervención antrópica en ella dada la cantidad considerable de parcelas agropecuarias, su escala respecto a la vista no es significativa de mayor perturbación y se encuentra en armonía con la vegetación remanente en las cercas vivas y bosques ribereños.

Dado que la cuenca 1 muestra un paisaje de una actividad antrópica puntual de alta montaña es coherente que se formen contrastes de texturas y formas entre la roca desnuda y removida producto de esta actividad con las coberturas de vegetación herbácea y de bosque de sucesión temprana de las cotas superiores de la montaña y en su falda, así como con los pastizales de las colinas encontradas al otro lado de la vía. Teniendo en cuenta que la diversidad de formas y texturas no es alta en esta cuenca dado su volumen bajo respecto a la cuenca 2, los colores de los elementos tampoco presentan contraste notable en cuanto a tonalidad, brillo y tonos pues en general son verdes oscuros y café de la roca desnuda. Como consecuencia de la posición de la montaña y la presencia de pastizales y bosques de baja altura en sucesión, ocurren pocos contrastes de luz y sombra incluso en las horas de menor exposición lumínica.

En la cuenca 2, los elementos del paisaje interactúan armónicamente como parte del paisaje típico de la sabana de Bogotá, teniendo que los únicos elementos que sobresalen del paisaje por su tamaño son las montañas que rodean el embalse de Tominé. Así, sobresalen las formaciones geológicas y el cuerpo de agua por sobre la vegetación y las eventuales y distanciadas construcciones humanas como casas, redes eléctricas y cercas. Entonces, la ocurrencia de todos estos elementos en la cuenca genera contrastes grandes de texturas puntiagudas y corrugadas de la vegetación arbórea de las terrazas y de las montañas y suaves como los agrosistemas que al mismo tiempo exhiben diversidad de tonos de verdes y azules dados por los cambios en la vegetación y en los contrastes de luz y sombra sobre el embalse y las montañas que rodean el valle.

Indicadores visuales del paisaje

En la Tabla 5.7 se encuentra la calificación de los indicadores visuales de la calidad paisajística de cada cuenca visual.

Tabla 5.7. Calificación de los indicadores visuales de la calidad paisajística de las cuencas visuales

Indicadores visuales	Cuenca visual 1	Cuenca visual 2
Lineales	5	30
Puntuales	5	18
Planos	12	25
Hitos	-	30
Características de indicadores visuales		
Lineales		
Número	5	30
Disposición	12	5
Tamaño	15	28
Espaciamiento	25	12
Puntuales		
Número	2	15
Disposición	-	5
Tamaño	15	8
Espaciamiento	-	5
Planos		
Número	18	22
Disposición	7	15
Tamaño	24	15
Espaciamiento	12	5
CALIDAD DE INDICADORES VISUALES DE LA CUENCA	12,1	16,7
	Media	Media

Fuente: Autores

La cuenca visual 1 posee principalmente atractivos visuales constituidos por planos de texturas y colores diferentes que corresponden a: roca desnuda por explotación minera, pastizales de las colinas de las cotas bajas del área del proyecto y una extensa área irregular de vegetación de bosque altoandino en restauración. Si bien estos son los indicadores más notables, la presencia de la vivienda en primer plano es el siguiente indicador visual más valorado debido a que corresponde al único elemento de infraestructura antrópica, pero al ser el tamaño de la vivienda menor que el plano de la explotación minera se reduce su importancia. Por último, solo se identifica un elemento lineal que corresponde a la plantación de árboles al borde de la carretera que debido a su tamaño y bajo contraste con la vegetación de fondo del área del proyecto se considera que tiene bajo valor paisajístico.

Por otro lado, la cuenca 2 contiene, sobre todo, elementos lineales notables que corresponden a las abundantes cercas vivas entre las parcelas agropecuarias y a los bosques de ribera de las quebradas tributarias de la subcuenca Tominé; estas filas de vegetación arbórea y arbustiva si bien no se encuentran dispuestas de manera sistemática debido a la inequidad de las parcelas, proveen profundidad al territorio desde el punto de observación y continuidad estructural a los relictos de bosque. Además, se encuentran indicadores puntuales como los invernaderos y viviendas asiladas de baja altura que, si bien contrastan en cuanto a simetría geométrica y color con el fondo de vegetación herbácea, predominantemente, no producen desequilibrio en el uso de la tierra que se puede apreciar en la cuenca.

Uno de los atractivos visuales más importantes de la cuenca 2 que le otorga mayor calidad paisajística es la cantidad y tipo de planos observables que aun cuando no se encuentran dispuestos de una manera equidistante o sistemática representan la diversidad de las actividades agropecuarias practicadas en el territorio que se encuentran junto a los planos de las montañas de la cordillera impetuosas por su magnitud y del embalse de Tominé que si bien no es apreciable en su área total desde el área evaluada representa el elemento más llamativo visualmente de la cuenca y que confiere mayor calidad a la misma al tratarse de un cuerpo cuyas aguas tienen una apariencia aceptable.

Una vez analizada la visibilidad y calidad visual de cada cuenca, en la Tabla 5.8 se resume cuantitativamente la calificación de la calidad visual del paisaje del territorio.

Tabla 5.8. Resumen de calificación de la calidad visual del paisaje del territorio

Calidad visual del paisaje del área de influencia del proyecto				
Cuenca No.	Visibilidad	Calidad	Calidad visual de las cuencas (Vprom + Cprom)/2	Calidad visual del territorio
1	17,6	14,3	16,0	19,05
2	23,7	20,6	22,1	

Fuente: Autores

En general, el territorio posee una calidad visual media a alta debido a que, por una parte, el sector noroeste del área evaluada presenta una gran variedad de elementos visuales que por su naturaleza producen contrastes de colores, texturas y formas, y que, por ende, genera alta visibilidad y calidad. No obstante, la presencia de la roca desnuda en el frente de la cordillera que hace parte de los límites del territorio en esta cuenca causa un gran impacto pues a su alrededor continúa existiendo vegetación nativa y en proceso de restauración que no se ha asentado allí y que maximiza el contraste de una actividad antrópica

que si bien no se considera minería de mayor actitud representa un foco de observación.

Fragilidad de las cuencas

La fragilidad de las cuencas se evaluó bajo el mismo método descrito anteriormente. De esta manera, la fragilidad se valora de acuerdo a la calificación de los elementos previamente calificados, es decir, a mayor calificación de visibilidad y calidad de los elementos será mayor la fragilidad. En la Tabla 5.9 se encuentra la calificación de la fragilidad de las cuencas visuales.

Tabla 5.9. Calificación de la fragilidad de las cuencas visuales

Fragilidad		Cuenca visual 1	Cuenca visual 2
Intrínseca	Pendiente	25	25
	Vegetación	18	5
	Singularidad	5	30
	Tradición	5	30
Fragilidad adquirida		28	30
Factores de visualización			
Tamaño		20	30
Forma de la cuenca		25	25
Altura relativa		5	8
Contrastes	Color	15	22
	Texturas	5	30
	Formas	8	30
	Indicadores visuales	5	30
FRAGILIDAD DE LA CUENCA		14	23
		Media	Alta

Fuente: Autores

A diferencia, Se determinó que la fragilidad total de la cuenca 2 es alta debido a que la abundancia de contrastes de color, texturas y forman han creado indicadores visuales de origen natural y antrópico sobresalientes que han sido apreciados de manera tradicional por la comunidad local y turistas. La disponibilidad de puntos de observación que permitan vista dominante del paisaje allí exacerba la singularidad de las unidades paisajísticas.

A pesar de lo anterior, debido a la alta accesibilidad que posee el territorio, las dos cuencas han adquirido mayor fragilidad pues el paso, sobre todo, a las tierras de la cuenca 2 puede generar potencial deterioro de indicadores visuales lineales; asimismo, en la cuenca 1 mayor acceso al área del proyecto puede resultar en la extensión de la intervención antrópica de la montaña.

La fragilidad de la cuenca 1 fue media dado que, si bien se encuentra fuertemente intervenido y los indicadores visuales resultantes de este disturbio constituyen los más atractivos, la densidad de los parches de vegetación relictual que se observa continua a diferencia de la cuenca 2 hace singular el paisaje pues representa la conservación de un ecosistema vulnerable. Aunque debe notarse que la posición de la montaña escarpada, su tamaño frente a las colinas de la cuenca 2, que se encuentra al noroeste, y el paso de una vía de acceso de manera lateral a la cuenca reduce que futuras intervenciones puedan generar mayor impacto visual.

De acuerdo con la calificación de la visibilidad, calidad y fragilidad visual del paisaje de las dos cuencas se clasificaron sus paisajes según los criterios establecidos en la Tabla 5.10.

Tabla 5.10. Criterios de clasificación final del paisaje

Clase	Características	Descripción
1	Calidad alta y fragilidad alta	Excelente. Conservación prioritaria.
2	Calidad alta y fragilidad baja	Muy bueno. Deben ser conservadas pueden ser utilizadas para actividades que no causen impacto.
3	Calidad media o alta y fragilidad variable	Bueno. Conservación media pueden incorporarse a la clase anterior cuando se crea necesario.
4	Calidad baja y fragilidad media o alta	Regular. No están muy modificadas por el hombre pero su calidad visual por las actividades implantadas o por el paisaje natural es baja, pueden incorporarse en clase 5 cuando se crea necesario o programas de restauración si el ecosistema lo demanda
5	Calidad y fragilidad bajas	Bajo. No son prioritarias de conservación muy modificadas por el hombre, como incendios, canteras También pueden ser prioritarias de recuperación paisajística.

Fuente: Metodología del US Forest service modificada

Así, la cuenca 1 posee un paisaje de clase 3 pues posee alto potencial de restauración del ecosistema altoandino vulnerable que dado el contraste con la cuenca 2 presenta singularidad en cuanto a la vegetación y su distribución en el área, debido a que ya se encuentra fuertemente perturbado por las actividades de minería y taludes desestabilizados, en este paisaje puede realizarse otras actividades antrópicas cuyo impacto paisajístico no sobrepaso al plano de suelo desnudo que ocurre actualmente.

La cuenca 2 posee un paisaje de clase 1 que implica que debe ser conservado debido a la diversidad de indicadores visuales y contrastes de remanencias de la naturaleza, accidentes geográficos y actividades antrópicas en armonía con lo anterior; sin embargo, dado que actualmente el paisaje posee una matriz de tierras de uso agropecuario es posible que estas actividades se sigan afianzando

siempre y cuando no causen mayor impactos en el paisaje por reducción de cobertura vegetal o incorporación de infraestructura de mayor magnitud.

Elementos discordantes del paisaje

El contraste del plano del área de explotación minera que incluye los taludes en recuperación y las áreas que han sufrido remoción en masa por inestabilidad del suelo se consideran un elemento de la cuenca que reduce representativamente la calidad del paisaje y aumenta la visibilidad del mismo pues además de presentar un sustancial cambio en la textura del área con vegetación representa la discontinuidad del tono verde oscuro de los parches de vegetación altoandina. Además, representa cerca del 50% del área de la cuenca, lo que produce que el impacto visual sea aún mayor.

Por otra parte, los indicadores de la anterior actividad de extracción a cielo abierto y la presencia de infraestructura para la actividad minera han generado la fragmentación del cinturón de bosque altoandino en conservación como zona de transición al páramo protegido. La fragmentación del paisaje, tomando al paisaje como unidad de escala ecológica de análisis, puede producir efectos de borde que causan cambios en la dominancia de especies vegetales y por lo tanto alteraciones en las características de los hábitats para la fauna, modificaciones en el microclima de borde y probable erosión del suelo por la presencia de vías u otras áreas sin cobertura vegetal que soportan vibraciones.

5.1.1.2. Sitios de interés paisajístico

De acuerdo con el municipio de Guasca, en la Tabla 5.11 se encuentran descritos los sitios de interés paisajístico en el territorio del área de influencia del paisaje proyecto.

Tabla 5.11. Descripción sitios de interés paisajístico

Registro fotográfico de sitio de interés	Descripción
 <p data-bbox="316 1890 580 1921">Fuente: El Tiempo</p>	<p data-bbox="1050 1447 1342 1478">Embalse de Tominé</p> <p data-bbox="1050 1480 1501 1839">Se puede acceder a este punto de observación desde la cabecera municipal de Guasca y desde la vereda La Trinidad. Suele ser un sitio de encuentro para la contemplación del paisaje y de reunión familiar. En algunas zonas también ofrecen guía turística en bote por el embalse.</p> <p data-bbox="1050 1841 1501 1935">Ubicado a aproximadamente 10 Km del área de influencia del proyecto.</p>

Registro fotográfico de sitio de interés	Descripción
 <p>Fuente: Off2Colombia-Cundinamarca</p>	<p>Lagunas de Siecha PNN Chingaza Son el principal atractivo turístico del municipio, por encontrarse dentro del PNN Chingaza se encuentran en buen estado de conservación. El acceso a las lagunas puede llegar a ser restringida según las determinaciones del área protegida. Ubicado a aproximadamente 6 Km del área de influencia del proyecto.</p>
 <p>Fuente: Humedales Bogotá</p>	<p>Reserva El Encenillo Fundación Natura La reserva de la sociedad civil permite el acceso a turistas para realizar caminatas ecológicas para conocer el bosque altoandino. Además, allí se llevan a cabo investigadores de las ciencias ambientales por la fundación propietaria. Se encuentra ubicado en la vereda El Salitre, a 5 Km del área de influencia del proyecto.</p>

Fuente: Autores

5.1.1.3. Descripción del proyecto en el paisaje territorial

Como se ha mencionado anteriormente, el área del proyecto se considera como un indicador visual paisajístico que aumenta la visibilidad de este flanco del territorio, deteriora la calidad paisajística y aumenta su fragilidad debido a que genera alto contraste en cuanto a los planos característicos del territorio que consisten en tierras en la que se practican actividades agropecuarias y parches de bosque altoandino y subpáramo relictual. Adicionalmente, se debe tener en cuenta que su ubicación en la montaña favorece la visibilidad desde varios puntos de observación desde las terrazas agropecuarias como desde las montañas que hacen parte del complejo del PNN Chingaza.

A pesar que actualmente gran parte del área del proyecto está siendo restaurada para extender la conservación del ecosistema de páramo, la invasión del rétamo

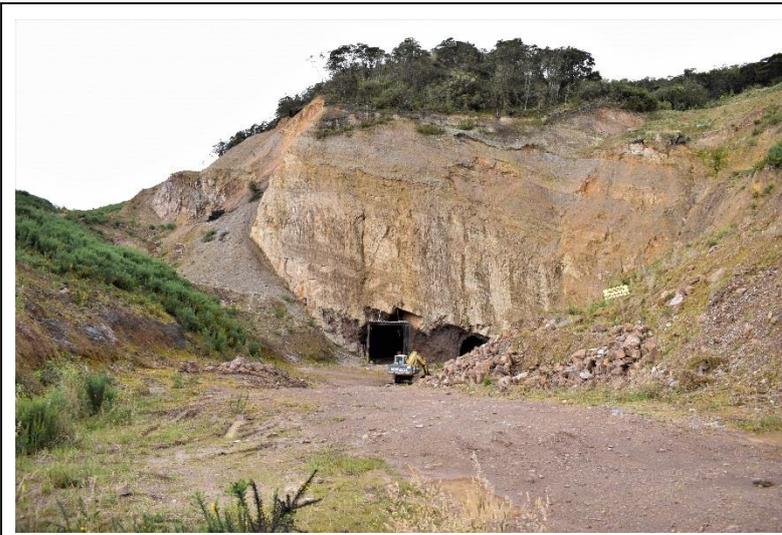
espinoso que ha transformado la cobertura vegetal en restauración y la inestabilidad de los taludes residuales de la antigua minería a cielo abierto que ha generado deslizamientos, y por lo tanto exposición del suelo y de la roca, han provocado que desde cualquier punto de observación desde la cabecera municipal por la vía veredal a La Trinidad sea visible el contraste de la actividad con la matriz del paisaje.

Es por lo anterior que la restauración del paisaje por parte del proyecto requiere la implementación de la estabilización de taludes y áreas descapotadas por medio de la siembra de especies vegetales con raíces profundas que permitan la recolonización de especies nativas y que cubran estas áreas para que sea posible observar continuidad de los fragmentos de bosque residuales que además de otorgar calidad al paisaje deben ser conservados sobre la cota de 3000 m s.n.m.

En la Figura 5.11 se encuentra el registro de observación del proyecto en el territorio circundante.

Figura 5.11. Registro de observación





Fuente: Autores

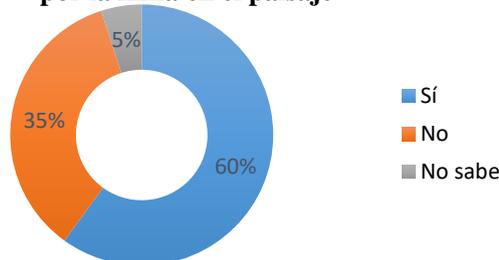
5.1.1.4. Percepción de la comunidad del entorno físico

Con el propósito de conocer la percepción del entorno físico y del paisaje por parte de los habitantes del sector de Pericos de la vereda La Trinidad a continuación en la Figura 5.12 se encuentran los resultados de las entrevistas efectuadas a 20 personas que pertenecen a esta comunidad.

Figura 5.12. Resultados de las encuestas sobre percepción del paisaje

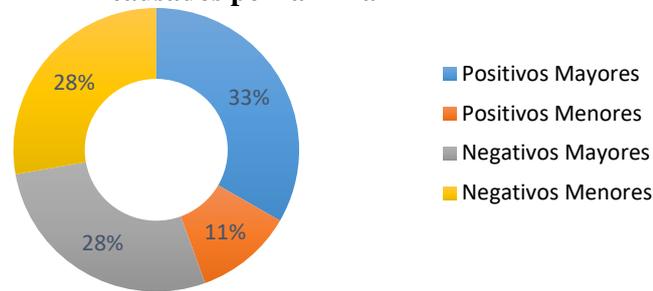
Pregunta 1: ¿Considera que la mina ocasionaría cambios significativos en el entorno físico?

Ocurrencia de impactos realizados
por la mina en el paisaje



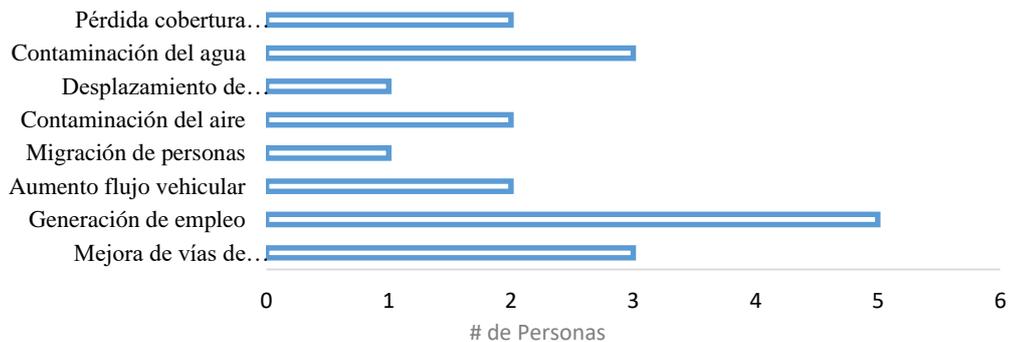
Pregunta 2: ¿Cómo calificaría los cambios ocasionados por la mina: mayores o menores?

**Percepción de magnitud de los impactos en el paisaje
causados por la mina**



Percepción de los impactos al paisaje causados por la mina

Impactos ambientales causados por la mina al paisaje



Fuente: Autores

El 95% de los habitantes del sector de la vereda han percibido que la práctica de la minería por parte de los actuales propietarios ha generado cambios significantes en el entorno físico del territorio que principalmente hacen referencia a dos tipos de cambios: positivos en aspectos socioeconómicos y de infraestructura y negativos en aspectos de calidad del agua, aire y en la cobertura vegetal. No obstante, el 39% de los entrevistados consideran que estos cambios han sido mejores bien sea porque no han sido influenciados por estos cambios debido a la distancia entre sus viviendas y el proyecto o porque no los consideran importantes.

De acuerdo con lo anterior, la mayoría de los habitantes del sector creen que los impactos causados por la mina en el área de influencia han sido beneficiosos para ellos pues se destaca entre sus opiniones que la generación de empleo durante la práctica de la extracción ha sido notable y se ha destinado a la comunidad local. Si bien la percepción hacia los cambios del paisaje ha sido evidente para la comunidad local, estos se han visto reducidos por los impactos positivos socioeconómicos; empero, las opiniones sobre la disminución

de la calidad del aire y del agua de algunas personas se hace necesario que el proyecto continúe realizando la restauración del área intervenida para que la percepción de la calidad del paisaje no desmejore.

5.1.2. Suelos y Uso de la Tierra

En la zona de influencia del proyecto se encuentran suelos cubiertos por una alta vegetación de retamo, frailejones, musgo, entre otros, cuya capacidad de absorción es alta (Velasco, 1997). El área presenta como características principales en tener suelos ácidos con pH entre 4,4 a 5,1, para suelos con pendientes pronunciadas, puesto que se encuentra en zonas de sub-páramo, y pH de 6 en terrenos planos. Así mismo presentan una alta capacidad catiónica de cambio, con bajo nivel de calcio, fósforo, magnesio, azufre, manganeso, cobre, zinc, boro y potasio, resultados que fueron tomados de laboratorio. En cuanto a elementos como el nitrógeno y hierro, estos se presentan con un nivel alto. De igual forma los suelos presentan una alta acumulación de materia orgánica de color negro, con una baja descomposición de esta, la cual se presenta con muy poca fertilidad y con predominancia de texturas de francos y franco-arcilloso, lo que determina que posee una alta porosidad y una rápida percolación, en donde es necesario aplicar frecuentemente materiales orgánicos y nutrientes inorgánicos.

Teniendo en cuenta las anteriores características y el área de influencia del proyecto, se determina las unidades del suelo . Estas unidades son tres: MLCd, MLVe y MLVf, siendo esta última la de mayor representatividad dentro del área de influencia del proyecto. A continuación, se presentan las principales características de estas unidades de suelo Tabla 5.12.

Tabla 5.12. Características unidades del suelo

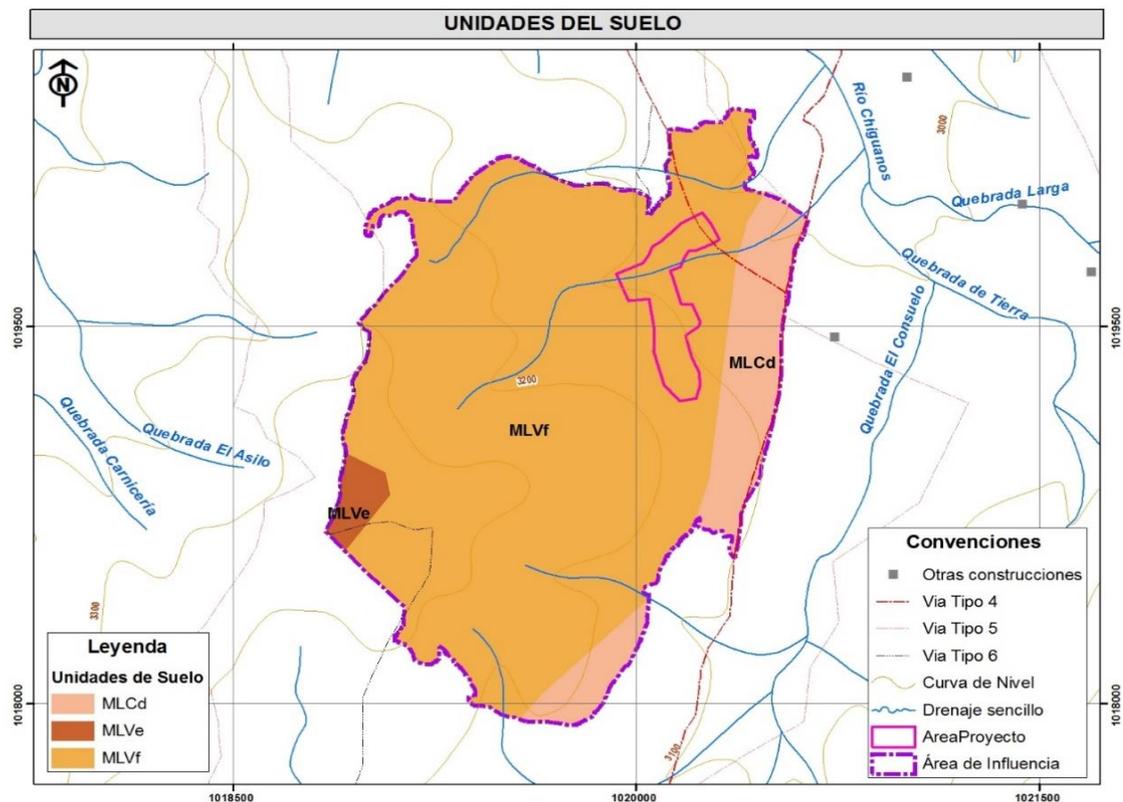
UNIDAD CARTOGRÁFICA	CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES
MLCd	Unidad de suelos descrita en el paisaje de montaña; clima ambiental frío húmedo; tipo de relieve lomas y pendiente 12-25 % topografía fuertemente ondulada, fuertemente inclinada. Compuesta por los suelos Humic Dystrudepths, Typic Argiudolls, Typic Hapludands y Thaptic Hapludans, que se caracterizan por ser suelos profundos, bien drenados con texturas predominantes francas –arcillo – arenosa y franca.
MLVe	Unidad de suelos descrita en el paisaje de montaña; clima ambiental frío húmedo; tipo de relieve crestones y pendiente 50 -75 % topografía escarpada. Compuesta por los suelos Humic Lithic Eurtrudepths, Typic Placudands y Dystric Eutrudepths, que se caracterizan por ser suelos profundos a superficiales, bien a moderadamente bien

UNIDAD CARTOGRÁFICA	CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES
A	drenados con texturas predominantes francas –arcillo –arenosa y franca –arenosa.
MLVf	Unidad de suelos descrita en el paisaje de montaña; clima ambiental frío húmedo; tipo de relieve crestones y pendiente 50 -75 % topografía escarpada. Compuesta por los suelos Humic Lithic Eurtrudepts, Typic Placudands y Dystric Eutrudepts, que se caracterizan por ser suelos profundos a superficiales, bien a moderadamente bien drenados con texturas predominantes francas –arcillo –arenosa y franca –arenosa.

Fuente: (Bernal Nieto & Prado Uscategui, 2015)

Teniendo en cuenta las diferentes unidades del suelo dentro del área de influencia y sus características fisicoquímicas, se determina que los suelos de la mina son de orden Inceptisoles y Andisoles.

Figura 5.13. Unidades del suelo en el área de influencia



Fuente: Autores

A continuación, se describen las características de las asociaciones agrologicas de los suelos que corresponden al área del proyecto:

Suelos de Colinas y Montañas

- Asociación Cabrera-Cruz Verde (CB)

Se encuentra ubicada en una serie de colinas al Este de la Sabana de Bogotá, entre 2700 y 3100 m s.n.m.. También se presenta al Noreste y Sureste de la Sabana de Bogotá, pero en menor extensión. Las series Cabrera y cruz Verde son las más extensas, abarcando la mayor parte del área (VELASCO, 1997). El material original de estos suelos se deriva principalmente de arcillas sedimentarias comunes en las formaciones geológicas Guaduas y Guadalupe. En ciertas partes presenta influencias de cenizas volcánicas. Estos suelos son moderadamente profundos, de color pardo grisáceo oscuro en los primeros 50 cm; textura mediana y pH de 4,5 a 5,0. El subsuelo es arcilloso de color pardo rojizo, con pH de 4,4 a 4,8 (Avella Roncancio, 2004).

Cabrera-Cruz Verde, con pendientes de 12 a 25% (Cbd)

Debido a la escorrentía, los suelos de esta fase tienen una capa orgánica de poco espesor, especialmente en los sectores explotados por ganadería intensiva y en donde no existen prácticas de conservación de suelos. De igual forma tienen una fertilidad baja a muy baja, presentan marcadas limitaciones para cultivos porque no son laborables con maquinaria, además, son muy susceptibles a la erosión. La excesiva acidez los hace poco recomendables para cereales. Se recomienda que su utilización debe estar encaminada a pastos con trébol blanco (Avella Roncancio, 2004).

Serie Cabrera

Los suelos de esta serie se encuentran entre los 2800 y 3200 metros de altitud, ya en forma de fajas continuas, discontinuas o aisladas. Son profundos a muy profundos, y en algunos perfiles se presenta a veces una banda endurecida de hierro, aproximadamente de 3 cm (Velasco, 1997). La textura de la parte superior del perfil puede ser franco limoso o arenoso franca, muy rica en materia orgánica y de color muy oscuro. Los horizontes inferiores, cuya textura varía de franco arcillosa a arcillosa, se caracterizan por el cambio gradual de color: amarillo a pardo amarillento a medida que aumenta la profundidad. El pH de la superficie del perfil oscila entre 4,45 y 5,30, y hacia la base entre 4,95 y 6,20. Otras características propias de los suelos de esta serie son: contenido de carbón orgánico menor del 13%; horizonte B bien estructurado y, por ende, bien desarrollado y profundo (INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI, 1970).

Serie Cruz Verde

Los suelos de esta serie ocupan una posición semejante a los de la serie Cabrera, con la cual se encuentra asociada; sin embargo, su topografía es

ondulada. Se encuentra a alturas que varían entre 2700 y 3100 m s.n.m. Se distribuye ampliamente en las laderas de los cerros del Borde Oriental de la Sabana de Bogotá, desde el Sur de Usme hacia Villapinzón; en algunos casos se presentan en bandas más o menos continuas y, en otros, en parches aislados (Avella Roncancio, 2004). Son suelos que tienen topografía ondulada, con pendientes dominantes de 12 a 25%, drenaje externo rápido a muy rápido; permeabilidad lenta, por la presencia de un horizonte arcilloso en el subsuelo. Las características de un perfil de esta serie son las siguientes: Suelo moderadamente profundo a profundo; color pardo grisáceo oscuro en los primeros 0,50 m.; textura mediana; pH de 4,5 a 5,00, muy fuertemente ácido. Descansa sobre un subsuelo arcilloso, de color pardo rojizo, bastante plástico, con pH 4,4 a 4,8, muy fuertemente ácido (INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI, 1970).

- Asociación Monserrate (MS)

Esta unidad está localizada entre los 2700 y 3000 m s.n.m., con relieve fuertemente quebrado (50 a 75% de pendiente). En esta asociación predominan los suelos de la serie Monserrate e incluyen suelos de las series Cabrera, Cogua y Páramo, en una proporción aproximada del 25%. El material parental está constituido por areniscas y lutitas, a veces consolidadas, otras no; en muchos casos las rocas consolidadas afloran a la superficie en forma considerable (Pérez Preciado, 2000).

Serie Monserrate

Los suelos agrupados en esta serie son litosólicos, superficiales, por lo general de un espesor menor de 50 cm. Están situados con pendientes mayores del 50%, por lo cual son impropios para la agricultura. Su uso más recomendable es la reforestación. En los primeros 35 cm. el color de los horizontes es negro, o pardo grisáceo muy oscuro; el pH varía entre 3,9 y 4,4; la textura mediana, franca o franco arcillosa. Este suelo descansa sobre rocas (lutitas y areniscas). Tiene buen drenaje. La zona correspondiente a esta serie se encuentra surcada por numerosos arroyos o quebradas de drenaje intermitente, y en la cual, a veces, se presenta una vegetación esparcida (AVELLA RONCANCIO, 2004).

5.1.2.1. Caracterización del suelo

En el año 2007, durante las actividades de reconfiguración geomorfológica de los taludes, se realizó un perfil del suelo en un punto ubicado dentro del área del proyecto en donde la intervención antrópica a través de la explotación minera no ha sido significativa. Este supuesto se tiene en cuenta para la realización del perfil del suelo y toma de muestra compuesta debido a que en el punto de muestreo no se evidencian fenómenos de remoción en masa ni erosivos, así como abundancia de cobertura vegetal nativa (Mina Pericos, 2007). En la Figura 5.14 Se encuentran una fotografía del perfil de suelo estudiado.

De acuerdo con el perfil del suelo y sus características se obtuvo que el tipo de suelo en la mina se clasifica como *Andic Dystropepts* – Familia franco fina. En la Tabla 5.13 se presenta la descripción del perfil de suelo.

Figura 5.14. Registro fotográfico del perfil de suelo de un área poco intervenida del proyecto



Fuente: Mina Pericos – Análisis de suelos (2007)

Tabla 5.13. Descripción del perfil del suelo de la mina Pericos

Profundidad (cm)	Descripción del suelo
0 - 40	Color en húmedo, negro (2.5YR2/0). Textura franca. Estructura en gránulos muy finos y finos fuertemente desarrollados. Consistencia en húmedo friable, en mojado no plástica y no pegajosa frecuentes poros muy finos, irregulares, continuos, localizados imped y exped. Muchas raíces finas y vivas distribuidas normalmente en el horizonte. Se observa mucha actividad de macroorganismos. Límite entre horizontes claro e irregular. pH 4.4.
40 - 70	Color en húmedo, gris mzry oscuro (10.YR3/ 1), con manchas amarillo pardusco (10YR6) en un 5%, aproximadamente. Textura franco arcillosa con abundantes fragmentos de roca tipo cascajo AC y guijarro. Estructura en bloques subangulares muy finos y finos, moderadamente desarrollados consistencia en húmedo fiable, en mojado ligeramente plástica y ligeramente pegajosa. Frecuentemente poros finos y muchos muy

Profundidad (cm)	Descripción del suelo
	finos, irregulares, continuos, localizados imped y exped. Frecuentes raíces finas y muy finas, vivas, recubriendo fragmentos de roca; frecuente actividad de macroorgcmismos. Límite entre horizontes abrupto e irregular. pH 4.4.
70 - 130X	Color en húmedo, amarillo pardusco (10YR6/8), con manchas pardo fuerte (7.5YR5/8) en 10%, aproximadamente ; sin estructura (masiva) ; consistencia en húmedo firme, en mojado plástica y C pegajosa ; frecuentes poros finos, irregulares y continuos ; pocas raíces finas, vivas y muertas ; poca actividad de macroorganismos ; pH 5.0.

Fuente: (Mina Pericos – Análisis de suelos, 2007).

En la Tabla 5.14 se presenta la caracterización fisicoquímica de los horizontes identificados en el perfil del suelo.

Tabla 5.14. Caracterización fisicoquímica de los horizontes identificados en el perfil del suelo.

Horizontes	Prof. (cm)	0 - 40	40 - 70	70 – 130X
	Nomencl.	Ah	Ac	C
Granulometría	A	42	48	22
	L	32	24	32
	Ar	26	28	46
	Gravilla(%)	0,0	28,0	0,0
	Textura	F	FAr	Ar
Densidad (g/cc)	Real	2,12	2,40	2,62
	Aparente	0,68	0,73	1,53
Porosidad (%)	Micro	39,42	41,77	28,27
	Macro	28,50	27,81	69,58
	Total	67,92	69,58	41,60
Punto Satur. (%)		60,31	38,30	46,20
Tensiones (Bars)	0,1	41,40	50,90	39,20
	0,3	35,00	41,00	31,40
	1	28,70	36,60	27,60
	5	22,50	32,10	23,90
	10	20,90	31,60	23,20
	15	18,50	23,00	16,60
Humedad aprovechable (%)		16,50	18,00	14,80
Humedad almacenada (mm)		44,80	39,42	135,86
	C/C	24,2	18,2	12,2
	BT	4,3	2,8	2,4

Horizontes	Prof. (cm)	0 - 40	40 - 70	70 – 130X
	Nomencl.	Ah	Ac	C
Complejo de cambio (me/100g)	Ca	2,8	2,6	2,4
	Mg	1,2	1,0	0,8
	K	0,2	0,2	0,3
	Na	0,1	0,2	0,1
Saturaciones (%)	ST	17,8	22,0	29,5
	S-Ca	11,6	14,3	19,7
	S-Mg	5,0	5,5	6,6
	S-K	0,8	1,1	2,5
	S-Al	2,2	2,6	3,5
Relaciones catiónicas	Ca/Mg	2,3	2,6	3,5
	Mg/K	6,0	5,0	2,7
	Ca/K	14,0	13,0	8,0
	Ca+Mg/K	20,0	18,0	10,7
Materia orgánica	C	3,03	2,67	0,78
	N	3,56	4,76	1,36
P (ppm)		8,0	6,0	6,0
Al (ppm)		4,8	3,7	1,4
pH		4,4	4,4	5,0

Fuente: (Mina Pericos – Análisis de suelos, 2007).

En general, químicamente es un suelo de reacción extremadamente ácida en superficie y fuertemente ácida en profundidad; la capacidad de intercambio catiónico es alta en el primer horizonte y mediana en los siguientes; el contenido de bases al igual que su saturación es baja; la materia orgánica en los primeros dos horizontes es alta y al igual que el aluminio, disminuyen con la profundidad; los contenidos de fósforo son bajos; las relaciones catiónicas indican deficiencias de magnesio (Mina Pericos – Análisis de suelos, 2007).

Físicamente es un suelo muy profundo; presenta drenaje interno lento, externo rápido a medio y natura bien drenado; la densidad aparente es muy baja en los primeros dos horizontes y media en el tercero; la porosidad total es muy alta en los primeros dos horizontes y alta en el siguiente, haciendo eleve considerablemente su porcentaje la microporosidad ;la humedad aprovechable es muy alta en superficie y alta en profundidad; el estado de agregación es medio y la estabilidad estructural con relación diámetro ponderado medio es moderadamente estable (Mina Pericos – Análisis de suelos, 2007).

5.1.2.2. Usos del suelo

Para la determinación y clasificación del uso del suelo en la zona del proyecto fue necesario tener en cuenta la zonificación que presenta el Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT) del municipio de Guasca, en donde la actividad de minera hace parte de las zonas de producción del área rural, prohibiendo cualquier tipo de uso o explotación por encima de los 3000 m s.n.m, excepto las zonas de captación de agua para acueductos veredales y la recuperación y

reforestación de los bosques nativos que presenten el respectivo Plan de Manejo Ambiental autorizado por la entidad ambiental competente (CONSEJO MUNICIPAL DE GUASCA, 2000).

En Tabla 5.15 se presentan la clasificación del uso del suelo dentro del Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT) del municipio de Guasca.

Tabla 5.15. Clasificación uso del suelo para municipio de Guasca

TIPOS DE USO DEL SUELO	HECTÁREAS	PORCENTAJE	CARACTERÍSTICAS
A	8.270	40%	Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva con pastos naturales y sabanas, vegetación de páramo y sub-páramo, rastrojos y arbustivas, rastrojos, bosques y rastrojos
B	7.312	35%	Corresponden a pastos, entre los que se encuentra los tecnificados, limpios, arbolados, enmalezados y con uso exclusivo para ganadería
C	3.287	15,9	Corresponde a mosaico de pastos y cultivos
D	869	4,2	Corresponde a bosques entre los que se encuentra el natural denso, natural fragmentado, de galería, plantado, y donde se desarrolla la forestaría de protección y producción
E	1.799	4,5%	Esta distribuido entre seis coberturas; cultivos semipermanentes y permanentes cultivos anuales o transitorios, áreas abiertas sin o con poca vegetación aguas continentales, zonas urbanizadas y áreas húmedas continentales

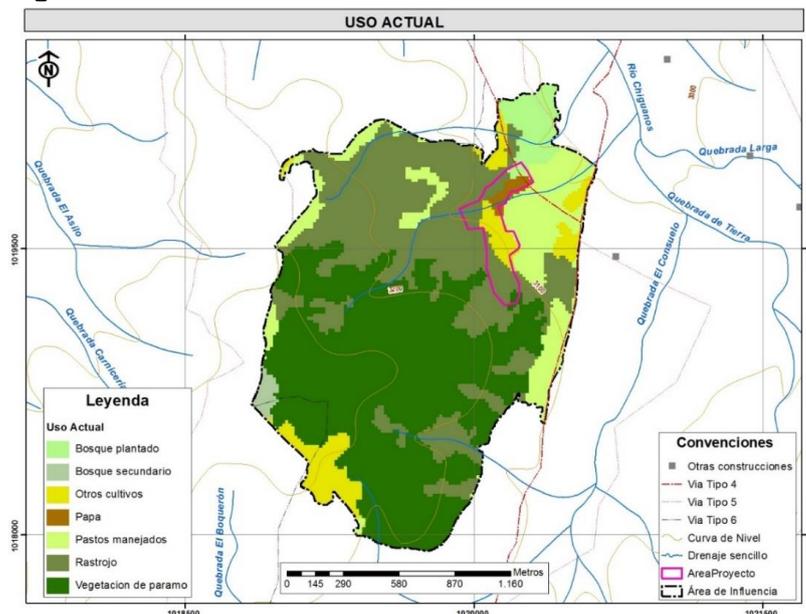
Fuente: Esquema de Ordenamiento Territorial – Alcaldía de Guasca

Para la clasificación de tierras por su capacidad de uso, se tiene en cuenta la metodología presentada por el IGAC, en donde los suelos del área de influencia de la mina Pericos se clasifica en clase 4, 6 y 7 (Figura 5.16). La clase 4 tienen limitaciones severas que la restringen a cultivos específicos y exigen prácticas cuidadosas de manejo y conservación difíciles de aplicar y mantener. Se pueden utilizar en ganadería con pastos de buenos rendimientos y con un manejo técnico de los potreros. La agroforestería es una buena opción en los sectores de pendientes más pronunciadas, áreas erodadas y susceptibles al deterioro. La clase 6 presentan limitaciones muy severas que en términos generales, las

hacen aptas únicamente para algunos cultivos perennes; también se pueden desarrollar sistemas agroforestales y forestales. La ganadería extensiva es un uso alternativo si se lleva a efecto evitando el sobre pastoreo y con buen manejo de los potreros. La agricultura deberá desarrollarse bajo sistemas de manejo que incluyan prácticas de conservación de suelos tanto culturales como mecánicas, con cultivos adaptados a las condiciones ambientales de la región, con cobertura rastrera y de sombrío. Ya para la clase 7, el suelo presenta limitaciones fuertemente severas, que las hacen inadecuadas para cultivos; tienen aptitud forestal y el bosque tiene carácter protector. Excepcionalmente se pueden establecer sistemas agroforestales como el café con sombrío con prácticas de conservación de suelos y manejo de aguas tendientes a prevenir y controlar los procesos de erosión. La cobertura vegetal permanente de múltiples estratos es absolutamente necesaria dada la muy alta susceptibilidad de los suelos al deterioro. La ganadería debe ser excluida totalmente del área ocupada por las tierras de esta unidad de capacidad (INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI, 2014).

Los usos actuales que existen en el área de influencia del proyecto, hacen referencia a bosques plantados y secundarios, a pastos manejados, a rastrojo, a vegetación de paramo, a cultivos de papa y otros cultivos, tales como, hortalizas, alverja, trigo, cebada y frijol (Figura 5.15). En cuanto al uso potencial del suelo se puede observar en la Figura 5.16, que este corresponde a suelos de protección, reforestación y regeneración de vegetación, agricultura de subsistencia y a ganadería semintensiva y extensiva; el cual está acorde con el EOT del municipio de Guasca, en donde su uso principal se clasifica en bosques naturales: vegetación nativa de páramo, para el área de influencia del proyecto (PLANEACIÓN MUNICIPAL GUASCA, 2000).

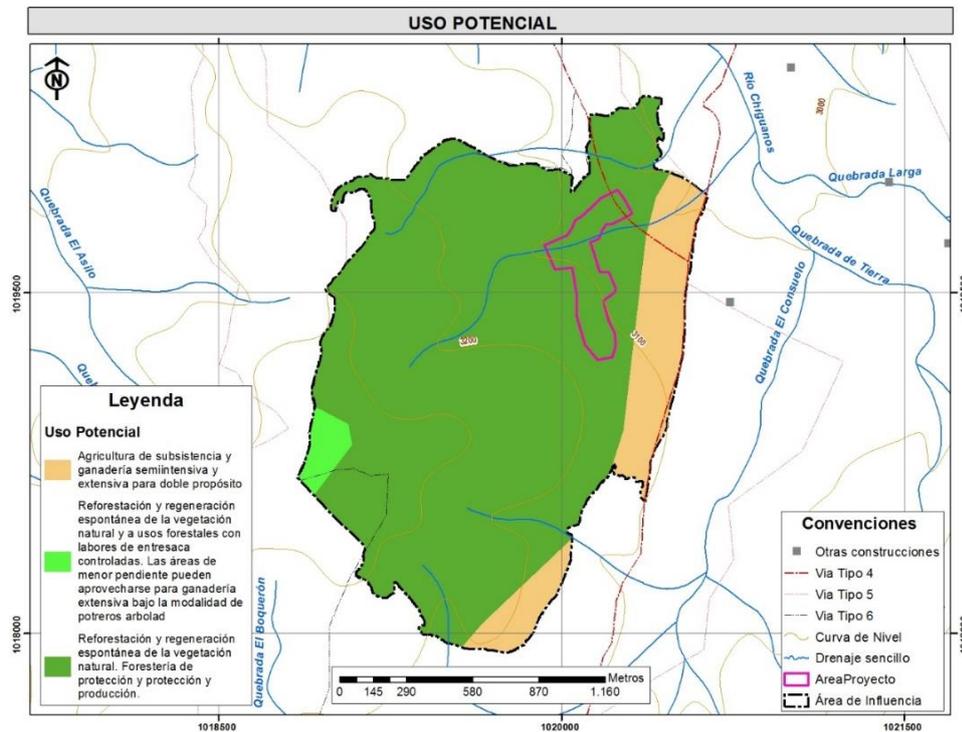
Figura 5.15. Uso actual del suelo en el área de influencia



Fuente: Autores

En base a que el uso del suelo actual no está acorde con el uso potencial, este presenta conflictos de uso de suelo en el área de influencia del proyecto, la cual se puede observar en la Figura 5.17. En este se identifica que gran parte del área de influencia está acorde con el uso potencial del suelo, debido a que este está destinado a zonas de protección y reforestación. Pero caso contrario sucede en cuanto al área del proyecto, el cual presenta un sobreuso moderado y extremo, ocasionado por la actividad minera de explotación de hierro.

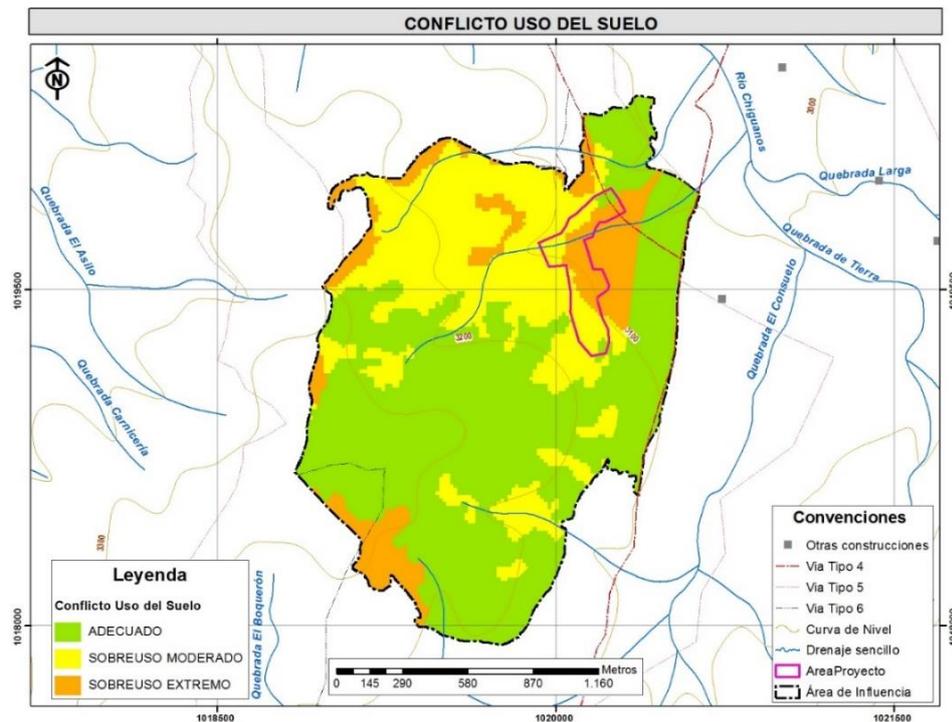
Figura 5.16. Capacidad uso potencial del suelo en el área de influencia



Fuente: Autores

Con respecto a la vereda La Trinidad, lugar de explotación de la mina Pericos, el conflicto uso del suelo se presenta en la Tabla 5.16.

Figura 5.17. Conflicto uso del suelo en el área de influencia



Fuente: Autores

Tabla 5.16. Clasificación conflictos de uso del suelo municipio de Guasca – vereda La Trinidad

TIPO DE CONFLICTO	MUNICIPIO	VEREDA	ÁREA (Ha)	% VEREDA	CARACTERÍSTICA
Adecuado	Guasca	La Trinidad	2150	71,5	Cuando la unidad de tierra es utilizada de acuerdo a la capacidad y potencial de la clase agrológica se dice que está en uso Adecuado, es decir no hay conflicto
Sobreuso moderado			399	13,3	Si la intensidad del uso actual afecta negativamente el suelo pero de una manera no tan extrema se considera Sobreuso moderado
Sobreuso extremo			334	11,1	Se da cuando el uso actual es de mayor intensidad que lo que el suelo puede soportar sin afectarse, en este caso el

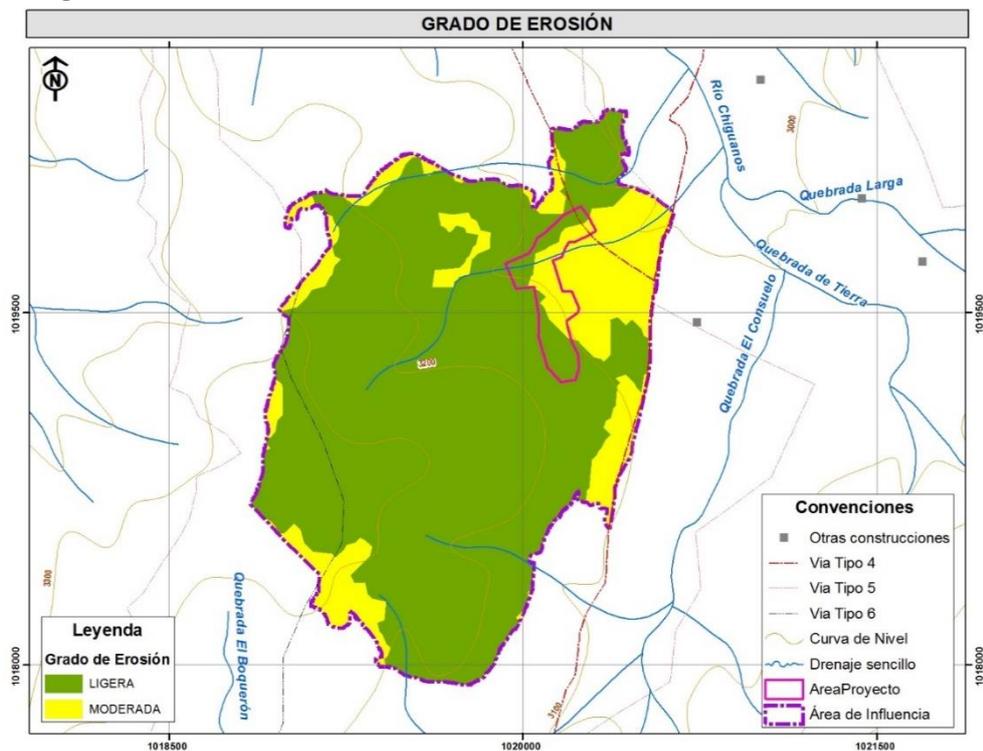
TIPO DE CONFLICTO	MUNICIPIO	VEREDA	ÁREA (Ha)	% VEREDA	CARACTERÍSTICA
					conflicto es de Sobreuso extremo
Total			2.883	95,8	

Fuente: Plan de Manejo y Ordenación de una Cuenca (POMCA) – Embalse Tominé (CAR, 2002)

En cuanto a grado de erosión que presenta la mina Pericos, se puede observar en la Figura 5.18, que los suelos muestran erosiones ligeras y moderadas, tanto para el área del proyecto como para el área de influencia. En donde la erosión ligera es la más predominante dentro del terreno, lo que supone que el suelo de la mina no ha perdido profundidad.

Con respecto a la vereda La Trinidad, lugar de explotación de la mina Pericos, el grado de erosión se presenta de Tabla 5.17

Figura 5.18. Grados de erosión de suelos en el área de influencia



Fuente: Autores

Tabla 5.17. Grado de erosión presente en municipio de Guasca – vereda La Trinidad

MUNICIPIO	VEREDA	GRADO DE EROSIÓN	ÁREA (Ha)	CARACTERÍSTICAS
Guasca	La Trinidad	Sin erosión/ligera	1574	No se presenta perdida de suelos o rasgos visibles,

MUNICIPIO	VEREDA	GRADO DE EROSIÓN	ÁREA (Ha)	CARACTERÍSTICAS
				que identifiquen las pérdidas. o se denoten pérdidas promedio inferiores a 5 toneladas de suelo por hectárea por año
		Moderada	904	Áreas de suelo donde se ha perdido o se arrojan pérdidas promedio entre 5 y 10 toneladas de suelo por hectárea por año
		Severa	89	Áreas de suelo donde se identifican pérdidas de suelo entre 10 a 25 toneladas por hectárea por año

Fuente: Plan de Manejo y Ordenación de una Cuenca (POMCA) – *Embalse Tominé* (CAR, 2002)

5.1.2.3. Contaminación del suelo

No se realizó una identificación de los posibles contaminantes del suelo (metales pesados, contaminantes inorgánicos y/o orgánicos) debido a los altos costos que estos conllevan, por ende, este ítem no se llega a desarrollar. Sin embargo, se resalta que durante la actividad de explotación de hierro se genera contaminación al suelo con grasas, aceites, hidrocarburos, metales pesados tales como arsénico y bario. De igual forma se puede llegar a evidenciar que durante la explotación se presentaron alteraciones a las propiedades físicas y químicas del suelo, así como a la textura, a la capacidad de intercambio catiónico, el pH, la relación de adsorción de sodio (RAS), entre otros.

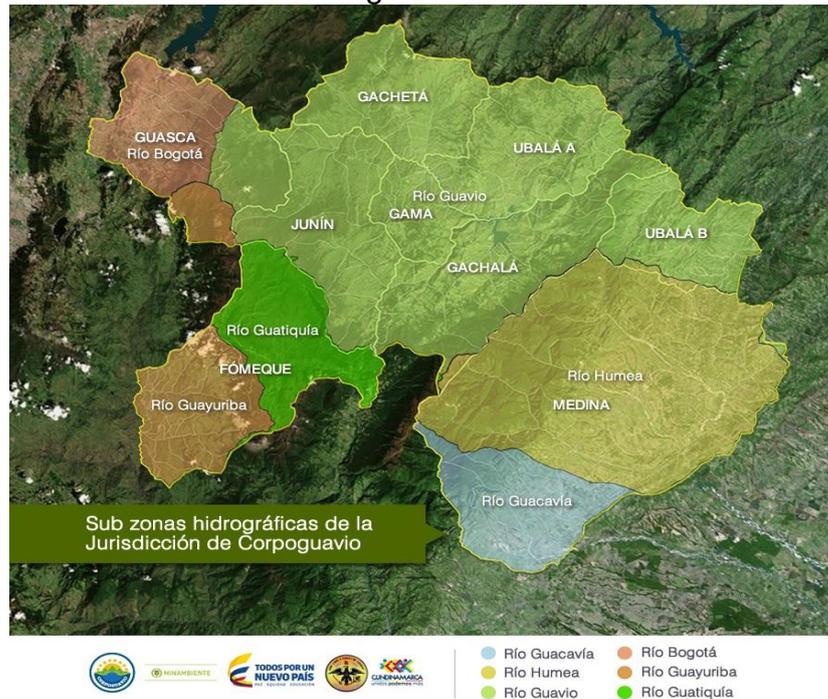
5.1.3. Hidrología

El área de influencia del proyecto minero se encuentra ubicado de manera jerárquica en la cuenca media del río Bogotá, en la subzona Río Bogotá, perteneciente a la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Guavio (CORPOGUAVIO), en la subcuenca del Embalse Tominé y la microcuenca río Chiguanos. Lo anterior se logró identificar de acuerdo a lo establecido en la Zonificación y Codificación de Unidades Hidrográficas e Hidrogeológicas de Colombia del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM y el POMCA del río Bogotá. En la Figura 5.19 se muestra la subzona Río Bogotá, que abarca el municipio de Guasca.

La subcuenca del embalse de Tominé se encuentra localizada en la parte alta de la cordillera oriental, en la zona Nororiental del departamento de

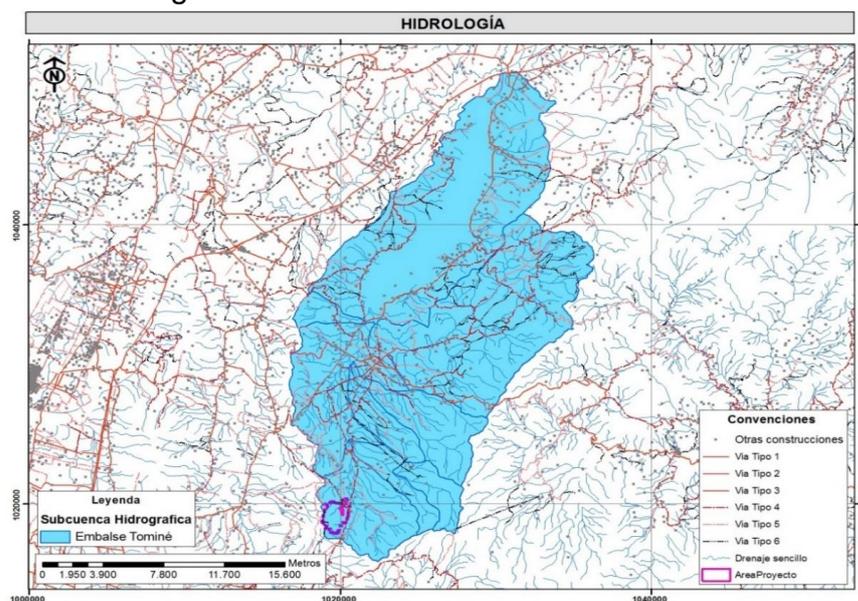
Cundinamarca y en la zona norte de la cuenca del río Bogotá. Limita al Norte con las subcuencas río Sisga Tibitoc y Embalse del Sisga, al sur con la subcuenca río Teusacá, al occidente con las subcuencas río Teusacá y río Sisga Tibitoc y al oriente con la subcuenca del río Guavio (Rodríguez y Rodríguez, 2010). La subcuenca hidrográfica que abarca el área de influencia de estudio se ilustra en la Figura 5.20.

Figura 5.19. Subzona del Río Bogotá



Fuente: Corporación Autónoma Regional del Guavio – CORPOGUAVIO, 2018

Figura 5.20. Subcuenca Embalse Tominé



Fuente: Autores

La subcuenca del embalse de Tominé la conforman los municipios de Sesquilé, Guatavita y Guasca con sus zonas urbanas y un gran porcentaje de zonas rurales (Rodríguez y Rodríguez, 2010). El municipio de Guasca en donde se encuentra determinada el área de influencia del proyecto ocupa una mayor extensión sobre la subcuenca de 179,317 Km² (CAR, 2006).

La subcuenca embalse Tominé está conformada principalmente por los ríos Siecha, Chipatá y Aves, que en sus cabeceras nace con el nombre del río San Francisco. Sus cabeceras se encuentran sobre la cota 3.750 m s.n.m., y la parte baja en su desembocadura está sobre la cota 2.600 m s.n.m. (CAR, 2006). El Embalse Tominé tiene una capacidad de almacenamiento de 690 hm³. Gran parte de la subcuenca tributaria al embalse pertenece a la jurisdicción de la Corporación Regional de Guavio – CORPOGUAVIO (CAR, 2006).

Identificación de sistemas hídricos en el área de influencia

En el área de influencia del componente hidrológico se identificaron tres sistemas lóticos: en el costado norte se presenta la quebrada Curíes, y al sur la quebrada El Boquerón, que desembocan al puente Tierra, el cual es afluente del río Siecha. La primera corre de occidente a oriente y aunque la quebrada es de tipo permanente, ni siquiera en épocas de invierno presenta caudales importantes (P.T.O, 2014). Hacia el sureste del área de influencia se encuentra la quebrada El Consuelo que si bien también desemboca en el río Siecha presenta mayor cantidad de ramificaciones dentro del área.

La quebrada Los Curíes se encuentra ubicada sobre el límite norte del área del proyecto, desembocando fuera del área de influencia en el río Chiguanos. Por otro lado, dentro del área de influencia se encuentran dos vertientes de esta quebrada con longitudes menores a 2 Km. La quebrada se encuentra sobre una zona de alta pendiente que permite la contribución al cauce principal tanto de aguas proveniente de precipitación directa como de aguas de escorrentía. Esta quebrada se considera como el recurso hídrico más vulnerable a ser afectado por la ejecución del proyecto dado por su cercanía con el título minero.

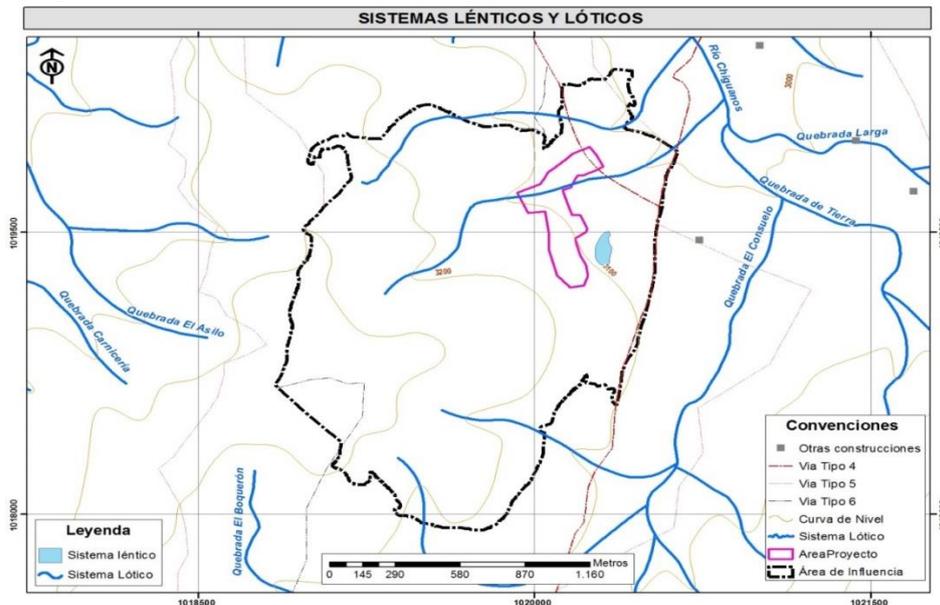
La quebrada el Boquerón presenta agua en forma permanente y poco caudal, según algunos moradores ésta quebrada nunca ha presentado desbordamientos, ni crecientes importantes, algunos caños que desembocan a ella corren por el área de la licencia en sentido Norte-Sur y Nor-Occidente se caracterizan por ser corrientes largas y por lo general coinciden con sectores fracturados, la Quebrada de Paso Yes y atraviesa perpendicularmente el yacimiento, estos afluentes no llevan agua en forma permanente solo mientras se presentan las lluvias y unos pocos minutos después, esto se debe al alto gradiente y la poca permeabilidad del terreno (P.T.O, 2014).

La tercera fuente hídrica es la quebrada El Consuelo; y un sistema léntico, el cual es identificado como un agua subterránea de tipo acuitardo. Las vertientes de las quebradas Boquerón y El Consuelo se encuentran al sur del área de

influencia sobre secciones del terreno que se encuentran forestadas pero cuyas pendientes son menos pronunciadas que al norte de la misma.

En la Figura 5.21 se ilustran los cuerpos de agua lénticos y lóticos, que se encuentran en el área de influencia mencionados anteriormente.

Figura 5.21. Sistemas lénticos y lóticos en el área de influencia



Fuente: Autores

El cauce principal de la subcuenca del embalse Tominé es el río Tominé, sistema lótico cuya codificación y parámetros se relacionan en la siguiente Tabla 5.18.

Tabla 5.18. Subcuenca embalse Tominé

Nombre	Código	Cauce principal	Caudal ambiental (m ³ /s)	Long. Cauce principal (km)	Área (Ha)
Subcuenca del Embalse Tominé	2120-09	Río Tominé (Río Siecha)	1,193	35.35	37440,10

Fuente: POMCA río Bogotá, 2017

A partir de la cartografía se identificó que la subcuenca del embalse de Tominé cuenta con principales cuerpos lénticos de agua como: embalses, lagunas y ciénagas; donde la mayor ocupación en área de cuerpos lénticos está dado por los embalses, representado por la gran extensión del embalse Tominé, seguido de pantanos; y en cuanto a cantidad se relacionan en mayor proporción las lagunas, seguida de pantanos (POMCA río Bogotá, 2017).

En la Tabla 5.19 se identifica la cantidad de cuerpos de agua lénticos, y la extensión que ocupan para la subcuenca hidrográfica de estudio.

Tabla 5.19. Resumen de cuerpos hídricos presentes en la subcuenca del embalse Tominé

Nombre Subcuenca	Pantanos		Lagunas		Embalses		Total Cuerpos Lénticos	
	Cant.	Área (Ha)	Cant.	Área (Ha)	Cant.	Área (Ha)	Cant	Área (Ha)
Embalse Tominé	23	424.87	62	52.02	2	2400.28	87	2877.17

Fuente: POMCA río Bogotá, 2017

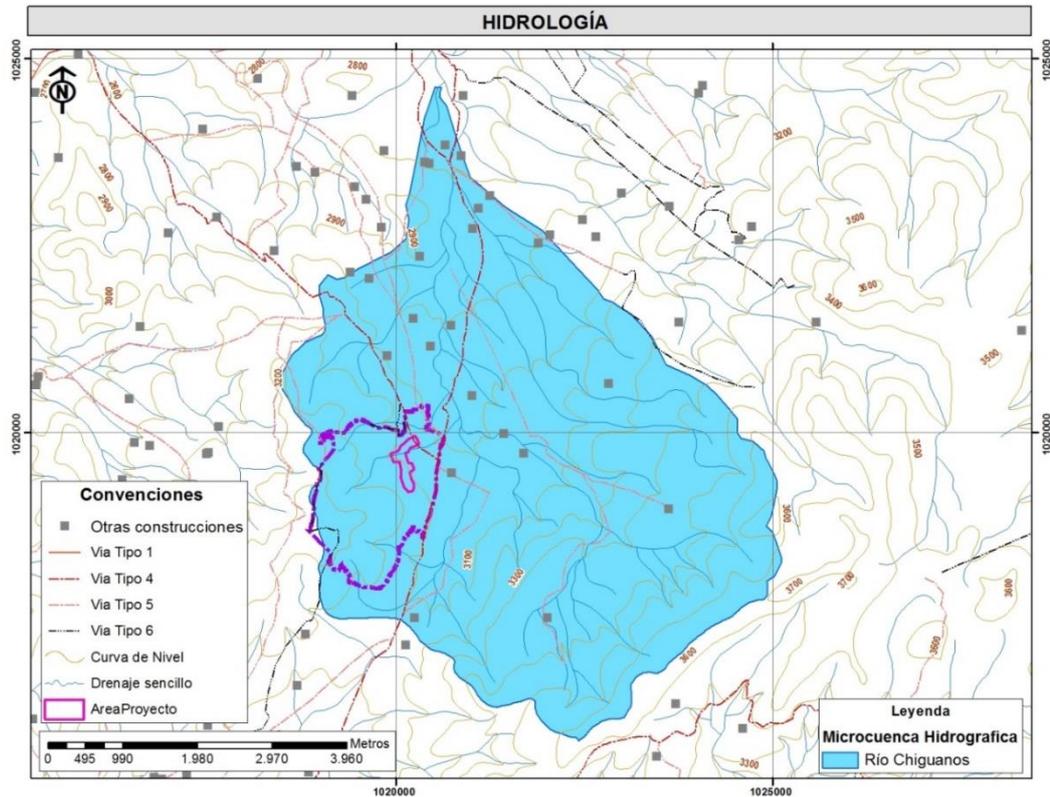
A partir de la información suministrada por el POMCA del río Bogotá, también se identificaron nueve microcuencas pertenecientes a la subcuenca del embalse Tominé, codificadas como se señala en la Tabla 5.20. Sin embargo, con base al área de influencia del proyecto, la microcuenca del área de estudio es el río Chiguanos, cuyo cauce principal es considerado como un sistema lótico (Figura 5.22).

Tabla 5.20. Microcuencas hidrográficas del embalse Tominé

Nombre Subcuenca	Código Subcuenca	Nombre Microcuenca	Cód. Mic_cue	Cauce Principal
Embalse Tominé	2120-09	Directos Embalse Tominé	2120-0901	Río Tominé (Río Siecha)
		Quebrada El Santuario	2120-0902	Quebrada El Santuario
		Directos cuenca media Río Siecha	2120-0903	Río Siecha
		Río Chiguanos	2120-0904	Río Chiguanos
		Directos cuenca Alta Río Siecha	2120-0905	Río Siecha
		Río Los Salitres	2120-0906	Río Los Salitres
		Río Chipatá	2120-0907	Río Chipatá
		Río Aves	2120-0908	Río Aves
		Quebrada El Carcabado	2120-0909	Quebrada El Carcabado

Fuente: POMCA río Bogotá, 2017

Figura 5.22. Microcuenca hidrográfica del área de estudio- Río Chiguanos



Fuente: Autores

Caracterización de la red de drenaje

Con base lo establecido en el POMCA río Bogotá del 2017, la subcuenca del embalse Tominé presenta las siguientes características de drenaje, mencionadas en la Tabla 5.21.

Tabla 5.21. Características de drenaje para la subcuenca embalse Tominé

Nombre	Código	Orden cuenca	Patrón de drenaje	Longitud cauces (km)	Área Cuenca (km ²)	Dd (km/km ²)
Embalse Tominé	2120-09	6	Dendrítico	1199.2	374.4	3.20

Fuente: POMCA río Bogotá, 2017

La subcuenca del embalse Tominé presenta un patrón de drenaje tipo dendrítico (forma de árbol). De acuerdo con la primera ley de Horton el orden de afluentes es 6, que indica un mayor número de talwegs, además de una longitud total de los cauces que pertenecen a la subcuenca de 1199.2 km, se encuentran en un área total de 374,4 km² y con base a la tercera ley de Horton determinaron la

densidad del drenaje teniendo en cuenta la longitud de los cauces sobre el área de la subcuenca dando así como resultado 3.20 km/km² indicando una densidad muy alta. Considerando los valores obtenidos, la subcuenca tiene muy buenas condiciones de drenaje.

Morfometría de la subcuenca del embalse Tominé

Con base a la información encontrada en el POMCA del río Bogotá se definieron los parámetros morfométricos más relevantes de la subcuenca del embalse Tominé como: área, perímetro, longitud de la cuenca, ancho de la cuenca, factor de forma, coeficiente de compacidad, índice de alargamiento, índice de asimetría, longitud cauce principal, perfil del cauce principal, curva hipsométrica, elevación máxima, elevación mínima, elevación media, pendiente del cauce, pendiente de la cuenca, densidad de corrientes, índice de sinuosidad y tiempo de concentración.

El embalse Tominé es el embalse de mayor extensión que tiene la cuenca del río Bogotá y por ende la subcuenca del Embalse Tominé. La cuenca que forman los aportantes al embalse tiene una extensión de 374 km², en una forma oval oblonga, muy alargada y ligeramente achatada (POMCA río Bogotá, 2017).

El principal aportante al embalse de Tominé es el río Chipatá, el cual tiene un recorrido de aproximadamente 45 km, incluyendo la zona del embalse. El río Chipatá presenta altas pendientes en los primeros 10 km de longitud, las cuales se suavizan en la zona de entrega al embalse. Este cauce es de tipo rectilíneo y se encuentra ligeramente recargado hacia la izquierda de la cuenca (POMCA río Bogotá, 2017).

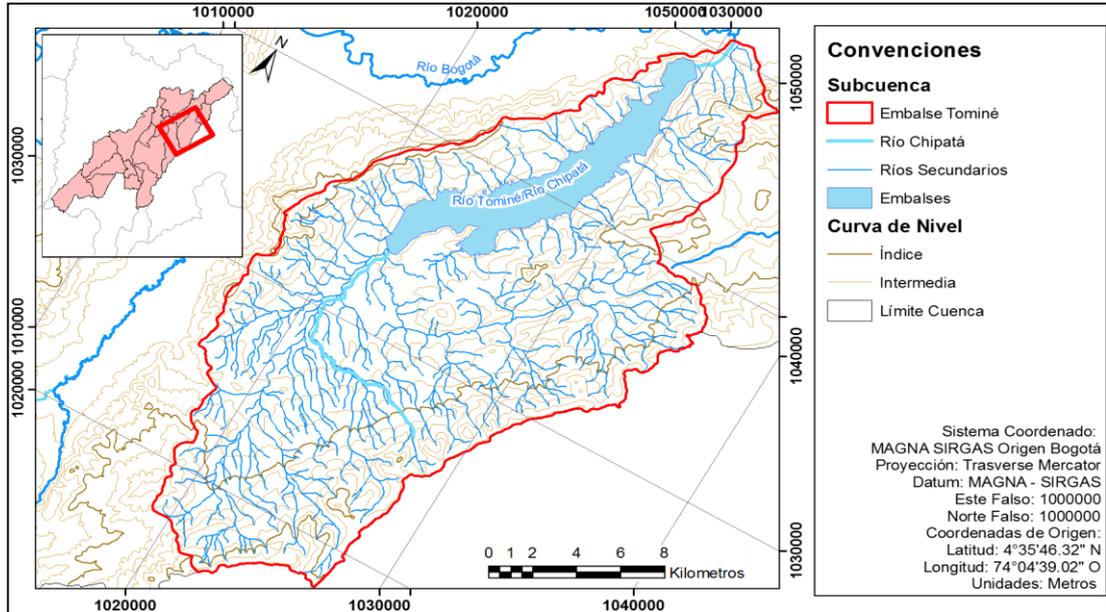
La curva hipsométrica que se muestra en la tabla 21 determina que la cuenca es de tipo sedimentaria (fase de vejez) (Salas, Pinedo, Viramontes Báez y Quintana, 2011), indicando que tanto la cota media y el porcentaje de área acumulada son inversamente proporcionales, por ende se observa que la mayor superficie de la cuenca se distribuye en cotas menores aproximándose a los 2680 m s.n.m. y para áreas acumuladas menores al 10% representan altitudes superiores a los 3300 m s.n.m.

Con relación al tiempo de concentración determinado fue de 28 horas, el cual se refiere al tiempo mínimo necesario para que todos los puntos de la cuenca estén aportando agua de escorrentía de forma simultánea al punto de salida o punto de desagüe.

La cuenca cuenta con buenas condiciones de drenaje, y presenta una variación uniforme de elevaciones las cuales oscilan entre los 3796 m s.n.m en las zonas más altas y los 2578 m s.n.m en la zona de entrega del embalse al río Bogotá. En la

Figura 5.23 se muestra la topografía y la red de drenaje de la subcuenca, y los parámetros morfométricos se presentan respectivamente en la Tabla 5.22.

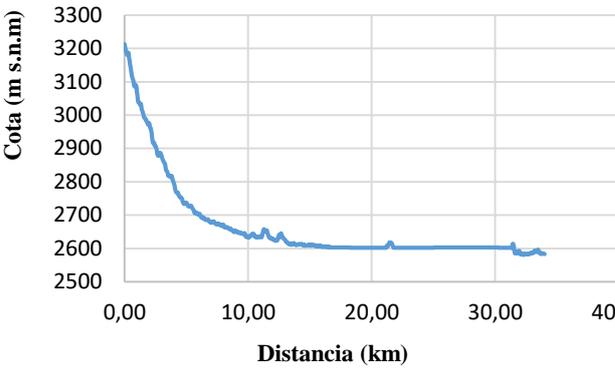
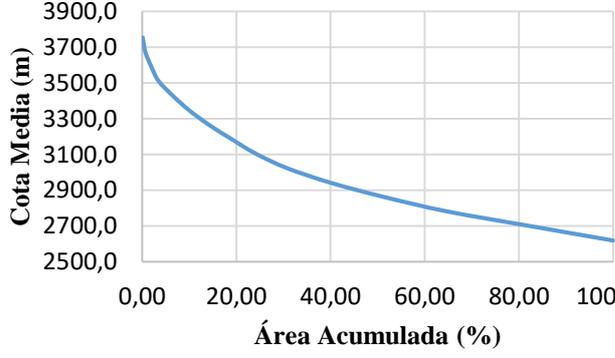
Figura 5.23. Topografía y red de drenaje de la subcuenca del embalse Tominé



Fuente: POMCA río Bogotá, 2017

Tabla 5.22. Parámetros morfométricos de la subcuenca del embalse Tominé

Parámetro	Unidad	Valor	Clasificación	
Tamaño	Área (A)	Km ²	374.40	-
	Perímetro (P)	km	100.56	-
	Longitud de axial (Lx)	km	35.35	-
	Ancho promedio de la cuenca (Ap)	km	10.59	-
Forma	Factor de forma (Ff)	[-]	0.30	Ligeramente achatada
	Coefficiente de compacidad (Kc)	[-]	1.46	Oval redonda a oval oblonga
	Índice de alargamiento (Ia)	[-]	3.34	Cuenca muy alargada
	Índice de Asimetría (AF)	[-]	1.67	Recargada a la izquierda
Reliev	Longitud cauce principal (L)	km	44.88	-

Parámetro	Unidad	Valor	Clasificación	
Perfil del cauce principal				
Curva Hipsométrica				
Elevación máxima	m s.n.m.	3796.00		
Elevación mínima	m s.n.m.	2578.00		
Elevación media	m s.n.m.	2900.54		
Pendiente del cauce (So)	%	4.45		
Pendiente de la cuenca (Sc)	%	20.49		
Drenaje	Densidad de corrientes	corr/km ²	4.08	Cuenca bien drenada
	Índice de sinuosidad	[-]	1.15	Cauce rectilíneo
	Tiempo de concentración	hr	28.31	Clark
			N.A.	Bransby - Williams
			N.A.	Kirpich
N.A.			Pilgrim y McDermott	

Fuente: POMCA río Bogotá, 2017

Hidroclimatología del área de influencia

Con base a la información suministrada por el IDEAM, en el área de influencia no se encuentra una estación de tipo hidrometeorológica, por lo que no se pudieron obtener los datos requeridos de acuerdo con los términos de referencia. Con el fin de tener en consideración aspectos relacionados con la cantidad, calidad y demanda del agua para la estimación de los caudales ambientales, se

recomienda la metodología presentada por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, junto con la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (MinAmbiente - ANLA, 2013), sin embargo según esta metodología plantea la recopilación de información hidrométrica, hidrológica, hidráulica y de calidad de agua en la cuenca para realizar la estimación a partir de una serie de pasos que incluyen el cálculo de índices hidrológicos y su relación con parámetros hidráulicos y de calidad de agua de las diferentes corrientes en el área de influencia.

Para este caso, la información disponible no permitió realizar una estimación del caudal ambiental como recomienda el Ministerio de Ambiente y la ANLA.

Oferta Hidrológica

Con base a los datos obtenidos del POMCA del Río Bogotá se tuvo en cuenta la oferta hídrica distribuida para la subcuenca que abarca el área de influencia. Para la estimación de la oferta hídrica se abarcan conceptos relacionados con la oferta hídrica total, disponible y aprovechable. De acuerdo con los lineamientos establecidos en el Estudio Nacional del Agua (ENA) (IDEAM, 2013), estos indicadores pueden clasificarse en: Oferta Hídrica Total Superficial, Oferta Hídrica Disponible, Oferta Hídrica regional Disponible y Oferta Hídrica Regional Aprovechable (POMCA río Bogotá, 2017).

Oferta hídrica total superficial (OHTS): Volumen de agua que escurre por la superficie e integra los sistemas de drenaje superficial.

Oferta hídrica disponible (OHTD): Volumen de agua promedio que resulta de sustraer a la oferta hídrica total superficial (OHTS) el volumen de agua correspondiente al caudal ambiental (Q_{amb}).

Oferta hídrica regional disponible (OHRD): Volumen promedio de agua que resulta de adicionar a la oferta hídrica disponible (OHTD) los volúmenes de agua de retorno (Q_r) de los diferentes usos y sumar o restar los caudales de trasvase (Q_{tr}) desde o hacia otras cuencas. Esta es la oferta que se utiliza para evaluar el índice de uso del agua (IUA).

Oferta hídrica regional aprovechable (OHRA): Volumen promedio de agua que resulta de restar el volumen medido en la estación hidrométrica de referencia, representativa de la unidad de análisis, el volumen correspondiente al caudal ambiental.

En la Tabla 5.23 se presenta la distribución de la oferta hídrica para la subcuenca calculada de acuerdo con la metodología para la Evaluación Regional del Agua-ERA (EAAB, 2014) (POMCA río Bogotá, 2017).

Tabla 5.23. Oferta Hídrica de la subcuenca embalse Tominé

Nombre	Código	OHTS (m ³ /s)	OHTD (m ³ /s)	OHRD (m ³ /s)	OHRA (m ³ /s)
Embalse Tominé	2120-09	3,385	2,192	2,258	1,977

Fuente: POMCA río Bogotá, 2017

La subcuenca al tener una mayor extensión de área posee al mismo tiempo una mayor oferta hídrica superficial OHTS obteniéndose un volumen de agua de 3,385 m³/s que escurre por la superficie e integra los sistemas de drenaje superficial. Según el IDEAM- 2010, la subzona hidrográfica Río Bogotá correspondiente al área hidrográfica del Magdalena-Cauca cuenta con un índice del uso del agua (IUA) mayor, por lo que se obtiene un valor de la OHRD de 2,258 m³/s.

Evaluación hidráulica

Medición del caudal por el método de flotador

En este caso para medir en forma rápida el caudal de una corriente que presenta una lámina de agua poco profunda (en centímetros), se recurre a utilizar el método de aforo por medio de flotadores (IDEAM, 2007).

Con base en el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento del Agua del IDEAM, la metodología consistió en seleccionar un tramo de la corriente limitada por dos secciones. En la que a partir de la sección uno se colocó el flotador y en la sección dos se registró el tiempo de desplazamiento a la llegada del flotador. Para este caso se tuvieron en cuenta tres secciones transversales y por ende tres transectos, debido principalmente a algunos obstáculos como mangueras que se encontraban en el interior de la quebrada, que dificultaban el desplazamiento del flotador a través del cauce, lo cual era inevitable al ser algo externo. Para la medición se requirió de una bola de pin-pon o flotador, un decámetro y un cronómetro.

Se midió el tiempo en recorrer la distancia de cada transecto, para lo cual se hicieron cinco repeticiones para cada uno, con el propósito de sacar un valor promedio del tiempo, la velocidad superficial y poder determinar el caudal de la corriente de agua. Se midió también la longitud de cada tramo o transecto.

El área de la sección transversal se estableció mediante sondeos de profundidad (P) por cada 10 cm y medición del ancho del cauce. Se calculó el área húmeda (A) de cada sección transversal, considerando las diferentes figuras geométricas que componen el lecho del cauce como triángulos principalmente en las orillas y figuras trapezoidales en el interior de cada sección. El área total resultó de la suma de cada una de las áreas correspondiente a cada figura geométrica, determinando así un área transversal. En este caso se determinaron tres áreas. La velocidad media (Vm) se calculó multiplicando el valor de la velocidad superficial de flujo (Vs) por el coeficiente de flotación (C) (IDEAM, 2007), es decir:

$$V_m = V_s * C$$

El coeficiente de flotación o corrección se determinó identificando el tipo de fondo o lecho de la quebrada. Esto es importante, ya que permite corregir el hecho de que el agua superficial viaja más rápido que la profunda, debido a la resistencia de los sedimentos presentes (Goyenola, 2007). Para este caso, según la zona de estudio se considera un fondo rocoso definiendo así un coeficiente de corrección de 0,8 (Goyenola, 2007).

La velocidad superficial de flujo (V_s) se determinó con base a la siguiente ecuación:

$$V_s = \frac{L}{t}$$

Dónde:

L: Longitud del tramo de aforo en metros

V_s : La velocidad superficial del flujo en m/seg

t: Tiempo cronometrado para recorrer el tramo en segundos

El caudal de una corriente de agua está en función del área de la sección de aforos (A) y de la velocidad media del flujo (V_m) y se obtiene mediante el producto de estas dos variables (IDEAM, 2007):

$$Q = A * V_m$$

Finalmente se calculó el promedio de caudal en todo el tramo. En la Tabla 5.24 y 5.25 se encuentran contenidos los datos registrados en campo y los cálculos determinados.

Tabla 5.24. Tramos de aforo –Método de flotador

Zona de muestreo 3. Quebrada Curíes- Sistema lótico					Fecha: 12/08/2018	
					Hora: 8:00 am	
Longitud total de las tres transectas (m)					7,8	
Coordenadas planas		N			W	
		4,775066667			73,89556667	
Tramos	Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 3	Tiempo 4	Tiempo 5	Tiempo promedio (s)
Tramo 1 (distancia de recorrido 2,90 m)	11,35	18,96	14,63	11,66	15	14,32
Tramo 2 (distancia de recorrido 2,10 m)	5,82	6,07	6,87	6,5	5,71	6,19

Tramo 3 (distancia de recorrido 2,80 m)	5,44	7,76	6,41	6,43	5,66	6,34
Tiempo promedio de la longitud total (s)						8,95

Fuente: Autores

Tabla 5.25. Determinación de caudal promedio de aforo en la quebrada Curíes

Seccio nes Trans- versal es	Anch o (m)	P0	P a 10 cm	P a 20 cm	P a 30 cm	P a 40 cm	P a 50 cm	P a 60 cm	P a 70 cm	P a 80 cm	P a 90 cm	P a 1m	P a 1,1 0m	L (m)	A (m ²)	Vs (m/s)	Vm (m/s)	Q (m ³ /s)	\bar{Q} (m ³ /s)
S1	1,10	1	10	19	16	12	14,5	16	6	11	13	10	1	2,9	0,128	0,203	0,162	0,021	0,035
S2	0,8	7	14,5	24	21, 5	21	25	25	15	2	-	-	-	2,1	0,156	0,339	0,271	0,042	0,035
S3	0,8	6,5	12	16	17	13	15	18	16	4	-	-	-	2,8	0,120	0,442	0,353	0,042	0,035

Fuente: Autores

S: Sección transversal

P: Profundidad

L: Longitud de tramo de aforo

A: Sección transversal o área húmeda

Vs: Velocidad superficial del flujo

Q: Caudal de aforo

\bar{Q} : Caudal promedio

Con base en los resultados obtenidos se determinó que el caudal promedio del cauce de la quebrada Curíes es de 0,035 m³/s considerándose como bajo, al compararlo con 1 m³/s. En las secciones dos y tres se presentó un mayor caudal, lo cual es acorde con la pendiente del terreno. La velocidad promedio fue de 0,262 m/s. En la sección tres se presentó la mayor velocidad siendo esta de 0,353 m/s.

El caudal al igual que la velocidad en la sección uno se obtuvieron valores más bajos en comparación con los otros datos obtenidos, se considera que el ancho que tiene la sección transversal permite que el flotador se mantenga y fluya lentamente durante ese tramo, por ende, el valor del tiempo registrado en la tabla

5.25 en este caso es posible que haya influido la cantidad de sedimentos presentes en el cauce (Goyenola, 2007).

5.1.3.1. Calidad del Agua

Características de la calidad del agua del área de influencia

Según Rodríguez y Rodríguez (2010), el Índice de Calidad del Agua – ICA para la subcuenca del embalse Tominé se ha registrado con un valor de 73,19 que la clasifica como levemente contaminada si su uso es para consumo humano requiriéndose una planta de tratamiento de agua potable, como aceptable si su uso es agropecuario necesiéndose purificación menor para cultivos que requieran de alta calidad de agua, y como excelente para los usos pecuario y recreativo donde cualquier tipo de deporte acuático se puede llevar a cabo y la vida acuática es abundante.

De acuerdo con el área de influencia propuesta, en el 2016, los propietarios de la mina presentaron los resultados de la caracterización fisicoquímica y bacteriológica de los cuerpos de aguas superficiales allí incluidos. De esta manera, se evaluó la calidad de las aguas de la quebrada Los Curíes aguas arriba y aguas abajo del área de explotación de la mina y en el aljibe por medio de los parámetros exigidos por el Decreto 1594 de 1984 del Ministerio de Salud; los resultados se presentan en Tabla 5.26.

Tabla 5.26. Caracterización fisicoquímica de Quebrada Los Curíes y aljibe – 2016

Parámetro	Unidades	Quebrada Los Curíes		Nacedero
		Aguas arriba de la mina	Aguas abajo de la mina	Aljibe
Coliformes totales	NMP/100 mL	168	<1	300
Coliformes fecales	NMP/100 mL	<1	<1	<1
Cadmio	mg/L	<0,050	<0,050	<0,050
Cobre	mg/L	<0,1	<0,1	<0,1
Conductividad	µS/cm	12,3	27,2	11
Cromo	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05
DBO5	mg/L	<21,3	27	<21,3
DQO	mg/L	<6,3	51	21
Hierro total	mg/L	<0,200	1,05	1,23
Níquel	mg/L	<0,05	<0,05	<0,05
Nitratos	mg/L	1,58	1,21	9,11
Nitritos	mg/L	<0,020	<0,020	<0,020
pH	unidades	7,50	7,42	8,07
Plomo	mg/L	<0,500	<0,500	<0,500

Parámetro	Unidades	Quebrada Los Curíes		Nacedero
		Aguas arriba de la mina	Aguas abajo de la mina	Aljibe
Sólidos suspendidos totales	mg/L	31	110	13
Zinc	mg/L	<0,02	<0,02	0,021
Ortofosfatos	mg/L	<0,210	<0,210	<0,210
Nitrógeno amoniacal	mg/L	<0,05	0,16	0,13
Nitrógeno total	mg/L	<0,54	<0,54	<0,54
Arsénico	mg/L	<0,010	<0,010	<0,010
Estaño	mg/L	<1,00	<1,00	<1,00
Mercurio	mg/L	<0,002	<0,002	<0,002
Oxígeno disuelto	mg/L	6,8	5,9	6,1
Sólidos totales	mg/L	32	64	102
Temperatura	°C	16	12,8	11,7

Fuente: Mina Los Pericos – Laboratorio Biopolab (2016)

De acuerdo con los resultados presentados, se evidencia contribución de carga orgánica y sólidos a la quebrada Los Curíes durante la sección que recorre el área del proyecto debido al aumento en las concentraciones de DBO, DQO, hierro, sólidos suspendidos totales y sólidos totales. Asimismo, la disminución del oxígeno disuelto junto el incremento de la conductividad aguas debajo de la mina en la quebrada demostró que existe una fuente de aporte de residuos sólidos probablemente provenientes del suelo mismo del territorio al cuerpo de agua superficial en la sección evaluada.

Por otro lado, las características de las aguas tomadas del aljibe que en la actualidad son almacenadas en el aljibe, exhibieron elevadas concentraciones de sólidos, hierro, iones de nitrógeno y coliformes totales como comportamiento general de aguas estancadas. Si bien los resultados de la presencia de bacterias y la cuantía de hierro indicaron que el agua no es adecuada para el consumo humano si presenta características apropiadas para su uso en actividades agropecuarias.

Caracterización fisicoquímica y microbiológica actual de los cuerpos de agua del área de influencia.

A partir de la caracterización presentada anteriormente, se evaluaron nuevamente los puntos de monitoreo para establecer las características fisicoquímicas y microbiológicas y evaluar su calidad actual. La toma de muestras se llevó a cabo en una sola época del año (época seca), sin embargo, el clima que presenta el área de estudio es variable. No se consideró realizar de nuevo la toma de muestras de agua para determinar la calidad del agua, debido

a que el alcance del proyecto no lo permitía; de igual modo no se pudo realizar el análisis de mercurio y metil-mercurio para la caracterización del agua.

La metodología que se usó para la toma de muestras de agua fue la establecida por el IDEAM -Protocolo para muestreo de aguas, para lo cual se tomaron tres muestras de agua de tipo puntual, una para cada punto, las cuales fueron enviadas al laboratorio de Microbiología Agrícola y Ambiental del Centro de Biosistemas de la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano en condiciones adecuadas de cadena de frío para su respectivo análisis microbiológico y otras se analizaron in-situ para parámetros fisicoquímicos.

Los parámetros microbiológicos que se analizaron fueron: Coliformes totales, Coliformes fecales, *E. Coli* y aerobios mesófilos. La técnica empleada en el conteo de microorganismos fue por conteo directo por diluciones en placas petrifilm, incubación de 24 a 48 horas y recuento en placa.

Para la medición in-situ se determinaron parámetros fisicoquímicos como OD (Oxígeno Disuelto), pH y temperatura del agua, mediante el uso de un multiparámetro (Modelo Mettler Toledo) y sus respectivas sondas de medición. No se pudieron caracterizar los parámetros fisicoquímicos establecidos por la Resolución 631 de 2015 correspondientes al artículo 10 del sector minero (extracción de mineral de hierro) antes y después del vertimiento, debido al alcance del proyecto teniendo en cuenta el tiempo y costos que estos análisis generaban. En la Tabla 5.27 se describen los sitios de muestreo.

Tabla 5.27. Descripción de puntos de monitoreo

 <p>Fuente: Autores</p>	<p>Sitio de muestreo: Aljibe</p>
	<p>Coordenadas: 4,770983333 N y 73,89571667 W</p> <p>Descripción: Este aljibe almacena temporalmente las aguas provenientes del nacedero ubicado en el área del proyecto. De él se capta agua para riego de la vegetación del área de influencia. Presenta lata sedimentación. Se evidenció la presencia de renacuajos durante la toma de muestras.</p>
	<p>Sitio de muestreo: Desarenador</p>
	<p>Coordenadas: 4,77595 N y 73,896 W</p>

 <p>Fuente: Autores</p>	<p>Descripción: El desarenador se localiza junto a la vía principal interna del área del proyecto. Durante la toma de muestras se evidenció colmatación de sedimentos en el mismo. A su alrededor predomina la vegetación herbácea.</p>
 <p>Fuente: Autores</p>	<p>Sitio de muestreo: Quebrada Los Curíes</p> <p>Coordenadas: 4,775066667 N y 73,89556667 W</p> <p>Descripción: El lugar de muestreo presenta una sección transversal angosta y de difícil acceso debido a la cantidad de vegetación herbácea y arbórea que hay en la zona. La quebrada posee un lecho de cantos pequeños y grava. Durante la toma de muestra se evidenció la presencia de una tubería que pasa por la corriente de agua y la capta. No se conoce la procedencia de la tubería, pero se deduce que es usada para riego.</p>

Las tablas 5.26 y 5.28 contiene los resultados obtenidos de las mediciones in-situ (parámetros fisicoquímicos) y del laboratorio (parámetros microbiológicos) para cada uno de los cuerpos hídricos.

De acuerdo a los resultados obtenidos se evidenció que el OD es mayor en la quebrada Curíes, en comparación con los otros cuerpos de agua, lo cual es normal por ser un cuerpo lótico de flujo continuo, sin embargo, se observa que en todos los cuerpos de agua presentan altas concentraciones de OD, teniendo como referencia que a una concentración de OD menor a 1 mg/L se encuentra en condición crítica. El oxígeno disuelto es un indicador importante de la calidad del agua ambiental, es así por lo que a menor concentración de OD mayor cantidad de carga contaminante hay en el agua, es decir, que en el punto dos es posible que haya una mayor cantidad de carga contaminante al ser comparado con los demás cuerpos hídricos. Para saber si en realidad este cuerpo de agua

se encuentra contaminado de materia orgánica hubiera sido necesario realizar un análisis de DBO_5 y DQO, lo anterior no pudo ser realizado debido a los costos que estos generan para un trabajo académico.

El pH se mantiene ácido en los puntos uno y dos y básico en el punto tres. La temperatura del agua es fría, lo que permite que haya concentraciones altas de OD, obteniéndose una temperatura más baja de $9^{\circ}C$ en la quebrada, debido a que la hora en que se realizó la medición fue en horas de la mañana.

Los resultados fisicoquímicos obtenidos se compararon con el Decreto 1594 de 1984 del Ministerio de Salud, que reglamenta los usos del agua y residuos líquidos estableciendo los límites permisibles con base en los artículos del numeral 38 al 40, teniendo en cuenta que los usos en lo que se demanda mayor cantidad de agua en el área de influencia es para el sector agropecuario y doméstico. Al comparar los resultados obtenidos de la quebrada Curíes con los criterios del artículo 38 (calidad admisible para la destinación del recurso humano y doméstico), se evidencia cumplimiento en el valor de pH, se encuentra entre los valores de 5,0-9,0 unidades.

En el artículo 39 se establecen los criterios de calidad admisible para la destinación del recurso para consumo humano y doméstico estableciendo un pH entre valores de 6,5-8,5 unidades, cumpliendo así con este criterio tanto el acuitardo como la quebrada Curíes, a excepción del desarenador. Finalmente, los criterios admisibles para la destinación del recurso para uso agrícola se establecen en el artículo 40, indicando que los tres cuerpos de agua cumplen con valores de pH entre 4,5-9,0 unidades.

Los resultados microbiológicos se expresan como Unidades Formadoras de Colonias- UFC/100 ml. Con base a los criterios establecidos en el Decreto 1594 de 1984, dado a que las muestras se tomaron directamente de las tres fuentes hídricas mencionadas anteriormente, presentan bajas concentraciones de Coliformes Totales y Fecales, obteniéndose principalmente para la quebrada Curíes un conteo de $2,6 \times 10^1$ UFC/100 mL, y $1,2 \times 10^1$ UFC/100 mL respectivamente, como se muestran en la tabla 26. A pesar de que haya presencia de estos microorganismos, no sobrepasan los límites permisibles, sin embargo el agua se encuentra contaminada, procedente de heces fecales de humanos o animales indicando que el agua no es apta para consumo humano, es decir no se puede beber directamente. Su presencia indica que los alimentos que tengan contacto directo con este tipo de agua también se pueden contaminar, y si se consumen directamente se vería afectada la salud de las personas que viven aledañas a la quebrada.

Según los resultados y el análisis obtenido, los Coliformes Totales si cumplen con los valores mínimos permisibles para uso agrícola al igual que los Coliformes Fecales, pues son menores a 5×10^3 UFC/100 mL y 2×10^3 UFC/100 mL respectivamente, por lo tanto su uso es posible en actividades agrícolas,

utilizando un sistema de riego por goteo, evitando así el uso de riego por aspersión.

En cuanto a los aerobios mesófilos, presentaron un recuento con valores menores a $1,0 \times 10^5$ UFC/100 mL, dato obtenido del análisis de laboratorio, que indica que todas las muestras de agua tomadas en campo cumplen con los valores mínimos permisibles tanto para uso agrícola como para consumo humano. Claramente se visualiza en la tabla 5.28 que el cuerpo de agua que contiene mayor concentración de este tipo de microorganismo es el acuitado, obteniéndose un valor de $6,6 \times 10^3$ UFC/100 mL, debido principalmente a las altas concentraciones de OD, así como de presencia de materia orgánica en el agua y otros factores que permiten que sobrevivan en este medio.

No se pudo realizar el cálculo del Índice de Langelier de los diferentes cuerpos de agua debido al requerimiento de parámetros como dureza cálcica y alcalinidad, que no fueron analizados por el costo que significaba para un estudio académico. De igual forma para el cálculo del ICA, en requerimiento de otros parámetros como SST, DQO, C.E, Nitrógeno total/Fósforo total (NT/PT) y el indicador de alteración potencial de la calidad de agua – IACAL.

Tabla 5.28. Resultados fisicoquímicos y microbiológicos de los cuerpos de agua

Cuerpos de agua	Punto 1 Pozo de escorrentía	Punto 2 Desarenador	Punto 3 Quebrada Curies	Normatividad ambiental	
Coordenadas	4,770983333 N 73,89571667 W	4,77595 N 73,896 W	4,775066667 N 73,89556667 W	Decreto 1594 de 1984	Resolución 2115 de 2007
Día	11 de agosto de 2018	11 de agosto de 2018	12 de agosto de 2018	-	-
Hora	2:30 p. m.	3:00 p. m.	8:00 a. m.	-	-
Parámetros fisicoquímicos					
Oxígeno disuelto (mg/L)	6,89	6,12	7,39	-	-
pH	6,71	6,2	7,47	Art. 38. 5,0- 9,0 Art. 39. 6,5- 8,5 Art. 40. 4,5- 9,0	-
Temperatura (°C)	14,1	13,6	9	-	-
Parámetros microbiológicos					
Coliformes totales (UFC/100 mL)	7,9x10 ²	2x10 ²	2,6x10 ¹	-	0
Coliformes fecales (UFC/100 mL)	7,2x10 ²	1x10 ¹	1,2x10 ¹	-	-
<i>E. Coli</i> (UFC/100 mL)	0	0	0	-	0
Aerobios mesófilos (UFC/100 mL)	6,6x10 ³	1,1x10 ³	1,1x10 ²	-	-

Fuente: Autores

5.1.3.2. Usos del agua

El agua de la subcuenca del embalse Tominé, aunque necesita tratamiento convencional para consumo humano, puede ser destinado para usos como el agropecuario y recreativo sin inhibir el crecimiento de las plantas y sin presentar problemas a la salud cuando se presenten concentraciones bajas de contaminantes (Rodríguez y Rodríguez, 2010).

Aguas superficiales como la quebrada Curíes tiene un uso principalmente agrícola. Sin embargo, existe una concesión de aguas otorgada por Corpoguavio, utilizada para consumo humano en zona rural, no obstante, se desconoce mayor información sobre esta concesión de aguas.

Usos y usuarios del agua

En cuanto a aguas superficiales, los datos de concesiones registrados por la CAR para el departamento de Cundinamarca, hasta mayo de 2006, permiten afirmar que en la subcuenca embalse Tominé, la mayor parte de las concesiones se dan para usos domésticos y agropecuarios (CAR, 2006).

En la subcuenca río embalse Tominé, existe aprovechamiento de aguas superficiales y subterráneas para surtir acueductos veredales y municipales, así como captaciones individuales en zonas de baja densidad poblacional donde difícilmente existen acueductos comunales (CAR, 2006).

El servicio de acueducto en el municipio se distribuye entre el área urbana y el área rural. Un gran porcentaje de la población (8.243 personas) se encuentran ubicadas en el área rural, y en la urbana 3.965 personas. Por tanto, existen esfuerzos públicos y privados para la atención del servicio de agua para consumo humano, además de otros servicios relacionados con actividades agropecuarias (Díaz y Zamora, 2011).

La prestación del servicio en el área rural se realiza a través de 20 acueductos rurales, administrados por asociaciones de usuarios, con desarrollos institucionales bastante heterogéneos (Plan de desarrollo del Municipio de Guasca, 2012). En la actualidad, el gobierno municipal no ejerce ningún control sobre los sistemas y sus operadores (Díaz y Zamora, 2011).

De acuerdo con la información recopilada del Plan de desarrollo municipal de Guasca 2012-2015, actualmente existe un cubrimiento de servicio de cinco acueductos que suministran el agua para la vereda La Trinidad, se muestra a continuación (Tabla 5.29).

Tabla 5.29. Acueductos rurales del municipio de Guasca

No.	Acueductos existentes	Fuente de abastecimiento	Cobertura (veredas)
1	Acueducto San Jois	Fuente superficial Los salitres	San Isidro, San José, Santa Ana y la Trinidad
2	Acueducto los Llanitos	Fuente superficial que no está identificada	Sector los Llanitos de la vereda Trinidad
3	Acueducto Trinidad Sector los Pericos	Fuente de abastecimiento de Quebrada los Alisos	Sector los Pericos de la Vereda La Trinidad
4	Acueducto la Trinidad	Fuente superficial que no está identificada	Sector los Pericos de la Vereda La Trinidad
5	Acueducto la Trinidad San Francisco	Fuente superficial que no está identificada	Sector San Francisco de la Vereda La Trinidad

Fuente: Plan de desarrollo municipal de Guasca 2012-2015

Según información suministrada por el POMCA del río Bogotá y teniendo en cuenta los estimativos de la población asentada en la subcuenca del embalse Tominé, las concesiones de agua otorgadas por la corporación, la cobertura y uso actual del suelo, permite identificar los usos principales dados al recurso hídrico en el área de interés, estos son: doméstico y agropecuario (cultivos, viveros y pastos manejados) (CAR, 2005).

En la Tabla 5.30 se presenta la demanda calculada para cada uno de los usos dados al agua en la subcuenca del embalse Tominé.

Tabla 5.30. Demanda hídrica sectorial y total de la subcuenca embalse Tominé

Subcuenca	Demand a agrícola	Demand a industrial	Demand a doméstica	Demand a pecuaria	Demand a otros usos	Demand a total (m ³ /s)
Embalse Tominé	0,193	0,028	0,031	0,027	0,002	0,281

Fuente: POMCA río Bogotá, 2017

El total de la demanda hídrica es de 0,281 m³/s, que se distribuye en mayor cantidad en el sector agrícola usando 0,193 m³/s de agua y obteniéndose valores más bajos en el uso del agua para los sectores: doméstico, industrial, pecuario y otros usos (POMCA río Bogotá, 2017).

Por la ubicación de las fuentes de captación, se puede contar con una buena cantidad y disponibilidad de agua en épocas normales y con restricciones en épocas secas. En general el agua presenta características físicas aceptables, sin embargo, se tienen serias deficiencias en cuanto a la parte bacteriológica.

Los problemas en los acueductos veredales se basan en la carencia de desarenadores, plantas de tratamiento y por ende en el suministro de agua potable. En términos generales existen sistemas de conducción de agua cruda en la totalidad de las veredas, sin embargo, hay un 10% de familias que no tienen acceso a estos sistemas; quienes por ende toman el agua directamente de las quebradas (Díaz y Zamora, 2011).

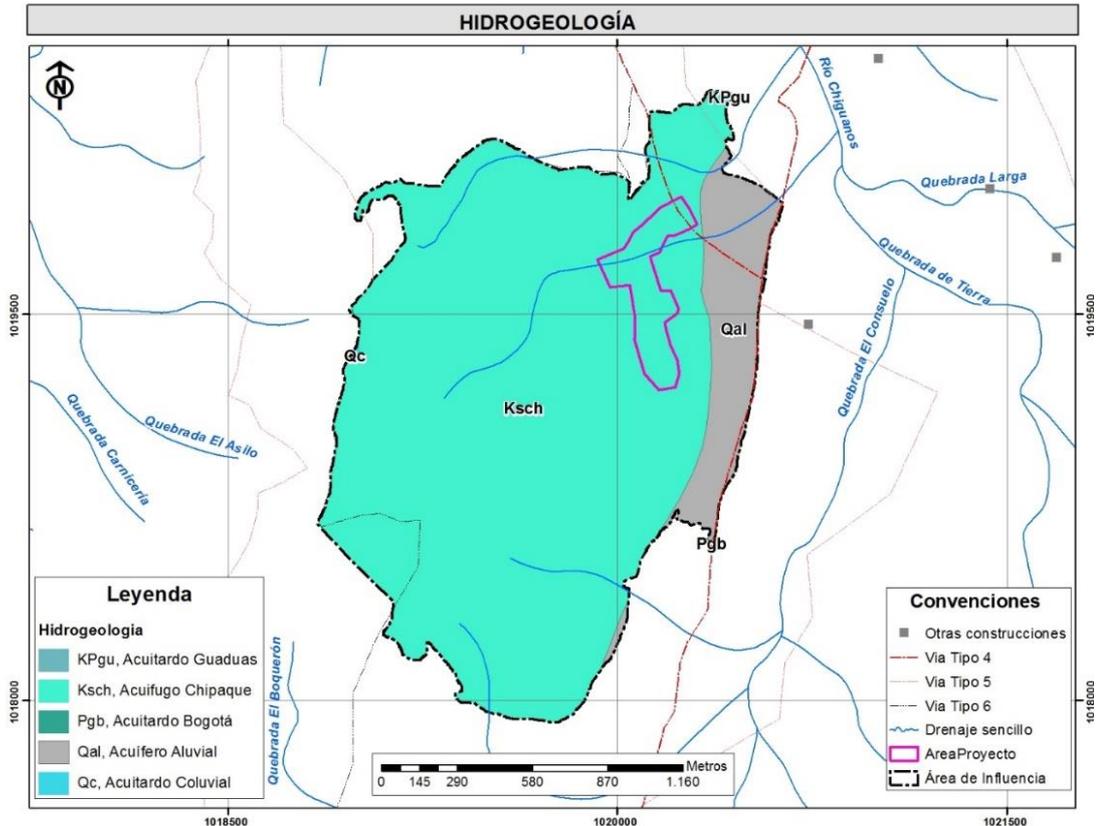
Estos acueductos hacen solicitudes de concesión de agua, hasta por tres puntos por cada asociación, para asegurar el abastecimiento de sus usuarios. Un elemento a considerar frente al manejo del recurso hídrico tiene que ver con el conflicto que se origina por el uso múltiple del recurso concesionado, entre doméstico y agropecuario, por lo que se debe estimular la asociación para fines de riego y la adhesión a los sistemas veredales para consumo doméstico (Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres, 2012).

5.1.4. Hidrogeología

En la identificación y caracterización de acuíferos presentes en la zona (Figura 5.24), este se basó en información del primer plan de manejo ambiental de la mina Pericos, la cual fue presentada ante la autoridad ambiental CORPOGUAVIO, así como también el POMCA Subcuenca Embalse Tominé.

El estudio realizado por la mina fue mediante el análisis de las formaciones geológicas y de las características geomorfológicas de la zona del proyecto, con el fin de clasificar cada formación de acuerdo con la capacidad de almacenar agua. Las rocas fueron subdivididas en dos categorías según su permeabilidad, primaria (granulometría, textura y estructura) o secundaria (fracturamiento y buzamiento). Las rocas presentes en el área de estudio son areniscas muy consolidadas, enriquecidas en óxidos de hierro que sellan los poros de las areniscas, y shales, por lo que las caracteriza una permeabilidad primaria muy baja, sin embargo, la permeabilidad secundaria puede clasificarse como media debido a las fracturas producto del fallamiento presente. Las rocas presentes tienen un buzamiento general del 18 a 25 grados hacia el Sur- Occidente, Flanco Oriental del sinclinal, lo que hace que este sector no sea una cuenca hidrogeológica y por lo tanto no existen almacenamientos de agua. En toda la zona de licencia, ni cerca de ella, existe ningún aljibe o pozo para uso industrial ni doméstico.

Figura 5.24. Modelo hidrogeológico conceptual del área de influencia



Fuente: Autores

5.1.4.1. Evaluación geológica/geofísica

5.1.6.1.1. Geología

El banco de mineral de hierro aflora dentro de los estratos de la formación chipaque. La sucesión estratigráfica detallada es la siguiente de arriba hacia abajo Arenisca "La Venenosa", amarilla, micácea, de grano medio con impregnaciones locales de óxidos de hierro. Espesor de 8 a 12 m.

Arcillas laminadas grises y negras. Espesor alrededor de 12m. Banco de óxidos de hierro concrecionarios de color rojo azulado, algo arenosos, con lechos delgados de arcillas arenosas fosilíferas, "La Adelita". El espesor de este banco es algo variable; va desde los 4.60 Y va aumentando hasta llegar a los 13.70 m.

Banco de óxido de hierro arenoso en partes, y en otras de arenisca apenas ferruginosa "La Chiquita". Espesor alrededor de 1 m.

Esta sucesión estratigráfica es más o menos constante a todo lo largo del área estudiada y se observa en todos los lugares donde las rocas no están cubiertas por derrumbes. Sin embargo, es de tener en cuenta que el banco del mineral de hierro "La Adelita" se transforma en areniscas ferruginosas.

El banco de mineral de hierro "La Adelita" es continuo en su mayor parte y hacia el sur la mayoría de la zona donde debería aflorar está cubierto por derrumbes y sólo se pudieron encontrar afloramientos en las cercanías de los cursos de las quebradas La Canal y Curíes. Al sur de estos afloramientos se pudieron observar "La Chiquita" y "La Venenosa", debido a su poco interés como mineral de hierro no se realizaron trabajos especiales para establecer su continuidad.

Características del yacimiento a explotar

Los principales minerales de la ganga son granos sedimentarios detríticos de cuarzo; se encuentran también ocasionalmente algunas laminillas de mica. Los bancos de arenisca llamados "La Venenosa" y "La Chiquita" no tienen importancia desde el punto de su aprovechamiento como mineral de hierro. Se tratan de areniscas impregnadas de óxidos de hierro por reemplazo del material cementante y en parte por reemplazos de los propios granos de la arenisca. Entre esas cementante se encuentran concreciones de Hematita y limonita de estructura botroidal.

Las formas angulares y subangulares caracterizan los granos de cuarzo que se encuentran en las areniscas de grano más fino que no están mineralizadas.

De esto habla el doctor Buttler en su informe acerca de la mineralogía de la zona: "El estudio microscópico indica que hay una relación entre la riqueza del mineral cuarzoso y la textura del estrato de areniscas que fue penetrado por las soluciones que tenían el mineral. Las areniscas con granos más gruesos parecen ser más ricas en hematita que los sedimentos con granos más finos. Esto indica un coeficiente de permeabilidad mayor para los estratos con texturas más ásperas, de tal modo que las soluciones que contenían el mineral podían circular con mayor facilidad a través de ellas, y desempeñar su papel con mayor rapidez que en los estratos arcillosos, con granos más finos, que son impermeables."

"Naturalmente que, donde la roca estaba fracturada por los movimientos tectónicos, las fisuras están ahora llenas de material hematítico más puro".

"En todo el depósito se observan mantos ocasionales o lentículos de exquisitos arcillosos de color crema y textura extremadamente fina. Estas rocas, bastante impermeables, son estériles en mineral, con excepción de los lugares que han sido fracturados o tienen fisuras, por efecto de los movimientos tectónicos. En estos últimos lugares la hematita ha llenado las fisuras y ha penetrado a alguna distancia de los planes de ellas. Estas rocas deben considerarse como estériles desde el punto de vista económico; sin embargo, parece que los minerales cuarzosos están bueno encima como debajo de ellas".

5.1.6.1.2. Geofísica

Para análisis geofísico de la zona de explotación se tomará información secundaria del primer plan de manejo ambiental mina Pericos. De allí se tiene en cuenta el levantamiento de dos columnas estratificadas que se hicieron en la mina. La primera en la parte sur del yacimiento y la segunda en la bocamina del mismo (Figura 5.25).

Figura 5.25. Columna estatigrafica Local del yacimiento de hierro Pericos

Espesor (m)	Descripción
0,85	Suelo
41,50	Intercalacion de arcillolitas grises, amarillas y violetas, con areniscas de poco espesor (menos de 40 cm)
2,27	Arenisca masiva, amarilla y rojiza (con oxidos de hierro)
1,32	Arcillolita amarilla muy blanda
3,73	Arcillolita gris clara, muy blanda por efecto de la meteorizacion
0,20	Arcillolita amarilla muy blanda
3,08	Arenisca de grano medio a fino, blanca a amarilla, con óxidos de hierro (diacclas rellenas por hematitas)
4,82	Mineral de hierro, arenoso
0,74	Arcillolita gris, blanda
0,59	Areniscas con mineral de hierro concrecional (hematitas), color rojo oscuro
0,18	Arcillolita gris, blanda
0,54	Mineral de hierro con delgadas intercalaciones de arcillolita gris (de interes), aflora solo la parte superior
15,00	Mineral de hierro (en explotación)
74,82	Espesor total levantado
Coordenadas inicio columna	
N=	1.019.287,88
E=	1.020.148,19
Altitud=	3.148,22 m.s.n.m.

Fuente: EIA mina Pericos 1997

5.1.6.1.3. Estructuras

Los rasgos estructurales más sobresalientes del área estudiada tomados de oriente a occidente son los siguientes:

El Sinclinal de Siecha, cuyo eje sigue aproximadamente el curso de ese río. Esta estructura es un pliegue amplio, cortado por algunas fallas. Este pliegue afecta los sedimentos del Terciario, que afloran en sus flancos, y seguramente también los del Cretáceo.

El borde oriental del Sinclinal de Siecha no presenta características tectónicas especiales; allí se puede seguir la sucesión estratigráfica normal desde la Formación Bogotá hasta las Areniscas Superiores del Guadalupe. En cambio, su borde occidental está limitado por una falla de sobre escurrimiento, cuyo desplazamiento es apreciable. Esta falla pone en contacto la parte superior de la Formación Guaduas con la de Guadalupe, y marca topográficamente el principio de la Serranía de Pericos. Este sobre escurrimiento corta al eje del Sinclinal en su extremo meridional. La estructura de la Serranía de Pericos es difícil de interpretar debido a que en su mayoría está cubierta por derrumbes. En general, parece ser un monoclinal fallado; aunque existen algunas evidencias que podrían inducir a creer que se tratase de un anticlinal invertido y fallado. Después del sobre escurrimiento de Siecha, sigue una serie de rocas, con buzamiento hacia el occidente, que de acuerdo con determinaciones paleontológicas, pertenece a la Guadalupe Superior.

Más hacia el occidente se encuentra los afloramientos de los bancos ferruginosos, cuyos fósiles indican que pertenecen a la formación Chipaque. El buzamiento de estos últimos estratos es también hacia el occidente. Estos hechos, así como la existencia de un escarpe definido en el borde oriental de los bancos de mineral de Hierro, han obligado a asumir la existencia de una falla, posiblemente de sobre escurrimiento que viene a poner en contacto los estratos de la Guadalupe superior con los de formación Chipaque. Al occidente de la falla descrita anteriormente, se encuentra una sucesión de estratos que pertenece a la formación Chipaque hasta encontrar la caliza que forma límite superior. Todos estos estratos buzando hacia el occidente. Entre esas calizas y las areniscas de la Guadalupe Superior, que afloran en el borde oriental en la Serranía de Pericos, no hay suficiente espacio para que quepa toda la formación Guadalupe. Por esta razón se asumió la existencia de otra falla entre las calizas y las areniscas de la Guadalupe.

De lo anterior, se desprende que la Serranía de Pericos está formada estratos que buzando todos hacia el occidente, y que en ella aflora la formación Chipaque, bordeada en ambos lados por la de Guadalupe Superior, los contactos entre las dos formaciones están marcados por fallas. Esta distribución sugiere la existencia de un anticlinal invertido y fallado, pero no se encontraron evidencias litológicas, ni paleontológicas sobre la inversión de la estructura en los estratos de la Guadalupe del borde oriental de la Serranía. Por esta razón se interpreta como un monoclinal fallado, aunque queda abierta la posibilidad de la estructura anticlinal. Fuera de los rasgos estructurales descritos, el área está afectada por varias fallas de pequeño desplazamiento.

5.1.4.2. Evaluación hidrológica

Clasificación cuerpos de agua superficial

Los cuerpos de agua que se encuentran en el área de influencia son dos, Curíes y Boqueron. De estas dos quebradas, la quebrada Curíes, se ve afectada por el desarenador que tiene la mina, debido a que las aguas residuales provenientes de este proceso, son descargadas en la quebrada. Actualmente el desarenado se encuentra saturado y su funcionamiento no es el adecuado, por ende, hay disposición de arenas y de sólidos suspendidos en la quebrada. En lo que se refiere a la quebrada Boqueron, esta no se ve afectada por la explotación minera, aun estando en área de influencia del proyecto.

Inventario de puntos de agua subterránea

Como se mencionó anteriormente la zona de actividad donde se desarrollará el proyecto no presenta ningún punto de agua subterránea, por consiguiente, no se tiene inventario alguno sobre este aspecto.

Sistemas de flujo subterráneo

Debido a que en el ítem anterior no se desarrolló por no tener inventario de aguas subterráneas, este tampoco se realiza, ya que requiere de información piezométrica.

Evaluación hidráulica

Teniendo en cuenta la figura 5.24 se observa que en el área de influencia existen cinco unidades hidrogeológicas, las cuales se encuentran descritas como acuíferos, acuitardos y acuífugo. A continuación, en la Tabla 5.31 se dará una breve descripción de estas. Esta información es tomada del POMCA Subcuenca Embalse Tominé.

Tabla 5.31. Descripción general de las unidades hidrogeológicas en el área de influencia

UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS	NOMBRE UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS	CARACTERÍSTICAS
KPgu	Acuitardo Guaduas	Aflora al este y oeste del Embalse de Tominé y de la subcuenca, es de muy baja productividad e importancia hidrogeológica, capacidad específica inferior a 0.01 l/s/m, está conformado por arcillolitas intercaladas con bancos de arenisca en la parte inferior, niveles de areniscas friables con intercalaciones de arcillolitas en la parte media y arcillolitas en la parte superior, consolidado, m= 265-500 m, ambiente transicional, continuo, extensión regional, edad cretácico-paleógeno, tipo confinado, lo suprayace el acuífero Cacho y lo infrayace el acuitardo Plaeners. La recarga proviene de las precipitaciones y es de 1'382.000 m ³ /año medio. El flujo subterráneo es hacia el Embalse de Tominé y continua después en dirección SO-NE.
Ksch	Acuífugo Chipaque	Aflora al SE, SO y N de la subcuenca, es de muy baja productividad e importancia hidrogeológica, capacidad específica menor a 0.01 l/s/m, está conformado por lutitas, arcillolitas y lodolitas con intercalaciones de areniscas de grano fino, ocasionalmente algunas calizas y margas. Se le considera como el basamento hidrogeológico del sistema acuífero de la Sabana de Bogotá, consolidado, m= 215 m, ambiente marino, discontinuo, extensión regional, edad cretácico, confinado, lo suprayace el acuífero Arenisca Dura. Cuando está fracturado produce caudales de hasta 1.2 l/s y tiene una T= 5m ² /día. La recarga proviene de las precipitaciones y es de 494.000 m ³ /año. El flujo es en dirección al Embalse de Tominé y después continúa en dirección SO-NE.
Pgb	Acuitardo Bogotá	Aflora al este y oeste del Embalse de Tominé, es de muy baja productividad e importancia hidrogeológica, capacidad específica menor a 0.01 l/s/m, está

UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS	NOMBRE UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS	CARACTERÍSTICAS
		<p>conformado por arcillolitas abigarradas con intercalaciones de areniscas de grano fino a medio y abundante cemento arcilloso, consolidado, m=338-500 m, ambiente continental, continuo, extensión regional, edad paleógeno, confinado, lo suprayace el acuífero Arenisca de la Regadera y lo infrayace el acuífero Cacho.</p> <p>La recarga proviene de las precipitaciones y posiblemente del acuífero Cacho. El flujo es hacia el Embalse Tominé y continúa hacia el Norte.</p>
Qal	Acuífero	<p>El acuífero Aluvial aflora en la parte S y NE de la subcuenca, de baja productividad, conformado por arcillas, limos, arenas y gravas, friable, con un espesor de aproximadamente 20 m, ambiente continental fluvial, discontinuo, extensión local, edad cuaternaria, tipo libre, se deposita sobre el acuífero Terraza Alta (Sabana).</p> <p>Las profundidades de los pozos para captarlo son máximo de 50 m y producen caudales entre 1.1 y 4 l/s, los niveles estáticos en el 2.005 están entre 2.88 y 3.11 m, según pozos de la red de monitoreo, resistividad entre 50 y 200 ohm-m. El agua no es apta para consumo humano, ya que tiene hasta 2.9 p.p.m de hierro y es apta para riego. En este acuífero no hay pozos y por lo tanto se desconocen la profundidad y parámetros hidráulicos. El agua no es apta para consumo humano por su turbiedad. La resistividad es entre 20 y 50 ohm-m.</p> <p>La recarga se produce de las lluvias y es de 545.000 m³/año. El flujo subterráneo es SO-NE (Suroeste – Noreste).</p>
Qc	Acuitardo Coluvial	<p>Aflora al sur de la subcuenca es de muy baja productividad e importancia hidrogeológica, capacidad específica menor a 0.01 l/s/m, está conformado por cantos gruesos, cantos rodados, guijarros, gravas y arenas, matriz areno arcillosa, friables, m= 20 m, ambiente continental fluvio lacustre, discontinuo, extensión local, edad cuaternaria, tipo libre. El agua que contiene no es apta para consumo humano, ya que tiene hasta 20 p.p.m de hierro, es apta para riego.</p> <p>La recarga proviene de las precipitaciones y es de 460.000 m³/año medio. El flujo subterráneo es en algunos sectores Este-Oeste y en otros Sur-Norte.</p>

Fuente: POMCA Subcuenca Embalse Tominé

5.1.4.3. Evaluación hidrogeoquímica e isotópica

Hidrogeoquímica

Al no poseer aguas subterráneas o acuíferos en la zona del proyecto, no se determina ninguna característica hidroquímica.

Isotopía

En cuanto al monitoreo de isotopía en aguas lluvias, cuerpos de agua superficial y acuíferos, este no se desarrolla debido primeramente a que este tipo de monitoreo es costoso y requiere mínimo de un año hidrológico, así mismo este estudio debe efectuarse antes, durante y después de la explotación minera, siendo esto último difícil de realizar ya que la mina se encuentra sancionada por la autoridad ambiental CORPOGUAVIO, desde hace dos años.

Drenajes mineros ácidos (DMA)

Por medio de información secundaria (primer plan de manejo ambiental de la mina Pericos) se determina que las rocas del área no contienen azufre pirítico u otros sulfuros, por ello no se llega a efectuar la evaluación del potencial de drenajes minero ácidos – DMA.

5.1.4.4. Resultados del modelo hidrogeológico conceptual

Al no tener información verídica de las unidades hidrogeológicas en la zona del proyecto, no se presenta resultados del modelo hidrogeológico conceptual el cual requiere de los atributos numéricos o descriptivos de espesor total saturado, porosidad, permeabilidad, conductividad hidráulica, transmisividad, coeficiente de almacenamiento, capacidad específica, continuidad lateral, litología, clasificación en acuíferos libres, semiconfinados, confinados o unidades confinantes, la clasificación del medio existente en poroso, fracturado o kárstico. De igual forma este tipo de estudios requiere un gran capital para desarrollarlos, este al ser un estudio pedagógico no se desarrolla.

5.1.4.5. Modelo numérico del flujo de las aguas subterráneas

Debido a que el anterior ítem no se desarrolla, el modelo numérico de flujo no puede llegar a ser efectuado.

5.1.5. Geotecnia

Para la realización del estudio geotécnico se ejecutaron sondeos y ensayos de laboratorio, se analizó la geología regional local, sin embargo, al recomendar algunas acciones la ejecución de algún tipo de obra en el proyecto puede encontrarse condiciones diferentes, las cuales no fueron detectadas en el momento de la realización del estudio.

Con el propósito de realizar un reconocimiento geotécnico de la zona de explotación de la mina Pericos, se realizó un muestreo de la zona objeto de la explotación por medio de pruebas de campo a fin de determinar el tipo de suelos predominantes en la mina y obtener un ángulo de fricción y un valor de cohesión del suelo que nos permita realizar un análisis de falla del talud mediante elementos finitos.

5.1.5.1. Características Geotécnicas

Los materiales de este sector corresponden a suelos residuales originados a partir de la meteorización de rocas de la formación, se encontraron suelos residuales compuestos por arenas limosas y arenas arcillosas en tonalidades marrón rojiza y gris.

El espesor de los suelos sueltos, de acuerdo con los sondeos realizados, es de hasta 6 metros aproximadamente y un espesor de suelos residual variable de hasta 30 metros aproximadamente.

No se observaron estructuras geológicas que estén afectando los materiales a nivel local, sin embargo, geomorfológicamente corresponde a laderas denudacionales de pendientes suaves con presencia de dos corrientes superficiales principales. No se observan deslizamientos de los materiales superficiales, además, la cobertura vegetal de este sector está representada por árboles, arbustos, pastizales y cultivos, el porcentaje de área descubierta corresponde a un 10% aproximadamente.

Investigación Geotécnica: Sondeos y ensayos de campo

Se realizaron tres sondeos espaciados a percusión realizando ensayos de penetración estándar SPT teniendo en cuenta las características descritas en la Tabla 5.32. Para la realización de los sondeos a percusión se utilizó un equipo operado por un motor de 16 HP, polea y pesa sobre una guía tubular y los sondeos a rotación utilizando broca de punta de diamante, en las Tabla 5.33

a 5.35 se resumen los resultados de los sondeos en campo. En las tablas 5.36 a 5.38 se resumen las características evaluadas en laboratorio.

Tabla 5.32. Características de los sondeos.

Perforación	Equipo	Localización	Profundidad
1	Percusión		30 MTS
2	Percusión		9 Mts
3	Percusión		15 Mts

Fuente: Informe Geotécnico Mina Pericos

Tabla 5.33. Resumen de ensayos de sondeo 1

SONDEO	Muestra	Profundidad(m)			No. Golpes/Pie			N ₄₅	N.F.(m)
		Inicial	Final	Media	1	2	3		
1,0	1,0	0	1,2	0,6	1,0	2,0	2,0	4,0	N.F.
1,0	2,0	1,2	2,8	2,0	6,0	6,0	11,0	17,0	N.F.
1,0	3,0	2,8	4,1	3,5	31,0	12,0	10,0	22,0	N.F.
1,0	4,0	4,1	4,8	4,5	10,0	9,0	10,0	19,0	N.F.
1,0	5,0	4,8	6,5	5,7	15,0	19,0	24,0	43,0	N.F.
1,0	6,0	6,5	8,5	7,5	0,0	0,0	0,0	0,0	N.F.
1,0	7,0	8,5	9	8,8	16,0	19,0	26,0	45,0	N.F.
1,0	8,0	9	9,95	9,5	21,0	20,0	29,0	49,0	N.F.
1,0	9,0	9,95	10,5	10,2	50/2	0,0	0,0	0,0	N.F.
1,0	10,0	10,5	11,95	11,2	0,0	0,0	0,0	0,0	N.F.
1,0	11,0	11,95	12,4	12,2	25,0	26,0	31,0	50,0	N.F.
1,0	12,0	12,4	12,45	12,4	50/2	0,0	0,0	0,0	N.F.
1,0	13,0	12,45	13,95	13,2	0,0	0,0	0,0	0,0	N.F.
1,0	14,0	13,95	14	14,0	50/4		0,0	0,0	N.F.
1,0	15,0	14	15,55	14,8	0,0	0,0	0,0	0,0	N.F.
1,0	16,0	15,55	15,85	15,7	29,0	50/6	0,0	0,0	N.F.
1,0	17,0	15,85	17,35	16,6	0,0	0,0	0,0	0,0	N.F.
1,0	18,0	17,35	17,8	17,6	19,0	22,0	39,0	50,0	N.F.
1,0	19,0	17,8	19,8	18,8	0,0	0,0	0,0	0,0	N.F.
1,0	20,0	19,8	20,25	20,0	30,0	32,0	50,0	50,0	N.F.
1,0	21,0	20,25	23,3	21,8	0,0	0,0	0,0	0,0	N.F.
1,0	22,0	23,3	24,75	24,0	31,0	45,0	50,0	50,0	N.F.
1,0	23,0	24,75	26,25	25,5	29,0	41,0	42,0	50,0	N.F.
1,0	24,0	26,25	26,7	26,5	15,0	18,0	25,0	43,0	N.F.
1,0	25,0	26,7	28,5	27,6	0,0	0,0	0,0	0,0	N.F.
1,0	26,0	28,5	30	29,3	0,0	0,0	0,0	0,0	N.F.

Fuente: Informe Geotécnico Mina Pericos

Tabla 5.34. Resultados sondeo 2

SONDEO	Muestra	Profundidad(m)			No. Golpes/Pie			N ₄₅	N.F.(m)
		Inicial	Final	Media	1	2	3		
2,0	1	0,5	2,45	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	N.F.
2,0	2	2,45	4,2	3,3	3,0	4,0	3,0	7,0	N.F.
2,0	3	4,2	5	4,6	6,0	5,0	4,0	9,0	N.F.
2,0	4	5	6,45	5,7	5,0	10,0	10,0	20,0	N.F.
2,0	5	6,45	6,9	6,7	16,0	18,0	21,0	39,0	N.F.
2,0	6	6,9	7	7,0	19,0	23,0	27,0	50,0	N.F.
2,0	7	7	9	8,0	50/2	0,0	0,0	0,0	N.F.

Fuente: Informe Geotécnico Mina Pericos
Tabla 5.35. Resultados Sondeo 3

SONDEO	Muestra	Profundidad(m)			No. Golpes/Pie			N ₄₅	N.F.(m)
		Inicial	Final	Media	1	2	3		
		3,0	1	0,6	2,05	1,3	4,0		
3,0	2	2,05	4	3,0	5,0	5,0	5,0	10,0	N.F.
3,0	3	4	5,5	4,8	6,0	5,0	4,0	9,0	N.F.
3,0	4	5,5	7,15	6,3	6,0	7,0	8,0	15,0	N.F.
3,0	5	7,15	8,1	7,6	5,0	9,0	18,0	27,0	N.F.
3,0	6	8,1	9,05	8,6	16,0	21,0	36,0	50,0	N.F.
3,0	7	9,05	9,5	9,3	18,0	27,0	42,0	50,0	N.F.
3,0	8	9,5	9,55	9,5	50 /2			0,0	N.F.
3,0	9	9,55	11,05	10,3				0,0	N.F.
3,0	10	11,05	13,05	12,1				0,0	N.F.
3,0	11	13,05	15	14,0				0,0	N.F.

Fuente: Informe Geotécnico Mina Pericos

Tabla 5.36. Resumen ensayos de laboratorio sondeo 1

detalle		profundidad		Granulometría											CLASIFICACIÓN FINAL S.U.C.S.
Sondeo	Muestra	DE	Hasta	%10 QUE PASA	% 40 QUE PASA	% 200 QUE PASA	clasificación	% humedad natural	líquido	plástico	clasificación	peso unitario	compresión inconfina		
1	1	0	1,2	1,2					92	16 0	77	M H	1,28		MH
1	2	1,2	2,8	1,6	10 0	96	88 ,5	CL	13	33	20	CL	1,97		CL CON ARENAS
1	3	2,8	4,1	1,3	86	83	23 ,4	S W	15				1,89		SW
1	4	4,1	4,8	0,7	10 0	90	27 ,3	SC	15	67	25	CH	1,94		CH
1	5	4,8	6,5	1,7					21				1,92		CH
1	6	6,5	8,5	2					7, 1	62	27	CH	1,84		CH
1	7	8,5	9	0,5	98	90	34 ,3	SC	16	46	23	CL	1,78		SC
1	8	9	9,95	0,95	95	89	79 ,1	CH	22	59	23	CH	1,95		CH CON ARENAS

1	9	9,95	10,5	0,55										1,95		CH
1	10	10,5	11,95	1,45					5,8	38	24	CL		2,11		CL
1	11	11,95	12,4	0,45	66	62	57,7	CL	25	44	22	CL		2,08		CL CON ARENAS
1	12	12,4	12,45	0,05										2,08		CL
1	13	12,45	13,95	1,5					6,3	59	17	CH		1,88		CH
1	14	13,95	14	0,05										1,87		
1	15	14	15,55	1,55					3,5	39	22	CL		1,87		CL
1	16	15,55	15,85	0,3										1,85		CL
1	17	15,85	17,35	1,5					2,9	41	23	CL		1,81		CL
1	18	17,35	17,8	0,45						62	30	CH		2,05		CH
1	19	17,8	19,8	2					8,6	64	30	CH		2,1		CH
1	20	19,8	20,25	0,45	52	24	4,3	SC	5,7	60	24	CH		2,04		SC
1	21	20,25	23,3	3,05					7	52	24	CH		1,92		CH
1	22	23,3	24,75	1,45					18	48	28	CL		1,94		CL
1	23	24,75	26,25	1,5					19	51	26	CH		1,93		CH
1	24	26,25	26,7	0,45	88	58	29,4	SP	22					2,13		SP
1	25	26,7	28,5	1,8					16	83	27	CH		1,93		CH
1	26	28,5	30	1,5					22	78	28	CH		2,08	2341	ARCILLA CONSOLIDADA

Fuente: Informe Geotécnico Mina Pericos

Tabla 5.37. Resumen ensayos de laboratorio sondeo 2

detalle		profundidad		Granulometría							humedad natural	líquido	plástico	clasificación	peso unitario	compresión incofinda	CLASIFICACIÓN FINAL S.U.C.S.
				%10 QUE PASA	% 40 QUE PASA	% 200 QUE PASA	clasificación										
Sondeo	Muestra	DE	Hasta														
2	1	0,5	2,45	1,95	94	79	18,9	SP	21					1,94		SP	
2	2	2,45	4,2	1,75					23	48	19	CL		1,85		CL	
2	3	4,2	5	0,8	83	72	56,4	CH	19	50	26	CH		2,08		CH CON ARENAS	
2	4	5	6,45	1,45					17	41	23	CL		1,98		CL	
2	5	6,45	6,9	0,45	92	74	35	SP	35					2,08		SP	
2	6	6,9	7	0,1					7,4					2,36		ROCA	
2	7	7	9	2					0,5					2,44		ROCA	

Fuente: Informe Geotécnico Mina Pericos

Tabla 5.38. Resumen ensayos de laboratorio sondeo 3

detalle		profundidad			Granulometría											CLASIFICACIÓN FINAL S.U.C.S
Sondeo	Muestra	DE	Hasta		%10 QUE PASA	% 40 QUE PASA	% 200 QUE PASA	clasificación	humedad natural	líquido	plástico	clasificación	peso unitario	compresión incofinda		
3	1	0,6	2,05	1,45	80	64	30,6	S M	29	47	29	ML	2,09		SM	
3	2	2,05	4	1,95					22				1,82		SM	
3	3	4	5,5	1,5					29	43	25	CL	1,82		CL	
3	4	5,5	7,15	1,65					23	45	23	CL	1,9		CL	
3	5	7,15	8,1	0,95					22	44	14	CL	1,89		CL	
3	6	8,1	9,05	0,95					22	77	32	CH	2,17		CH	
3	7	9,05	9,5	0,45					20	83	37	CH	1,73		CH	
3	8	9,5	9,55	0,05									1,48		ROCA	
3	9	9,55	11,05	1,5											ROCA	
3	10	11,05	13,05	2					1,2				2,82	3245	ROCA	
3	11	13,05	15	1,95												

Fuente: Informe Geotécnico Mina Pericos

Análisis de Discontinuidades

Se tomaron en campo datos de los tipos de diaclasas y estratificaciones, con sus respectivas características geomecánicas, con fines de análisis y utilización en la clasificación del macizo rocoso, y resumidas en la Tabla 5.39.

Orientación. Los datos de Azimut y Buzamiento se recopilan para hallar las principales familias de discontinuidades presentes en el macizo rocoso, las cuales pueden afectar la estabilidad de los túneles a construir dentro del mismo. La representación de datos se hace de una estereoneta, realizando un vacío de polos (Figuras 5.26 a 5.30), se definen zonas de igual densidad con el fin de hallar los polos de las familias de discontinuidades con mayor concentración. Los puntos de mayor concentración identifican los polos de los planos mayores de las principales familias de discontinuidades y la orientación esfuerzos principales y la roseta de discontinuidades para el macizo rocoso.

Espaciado. Es un factor influyente en el tamaño de bloques de rocas formados y en la permeabilidad del macizo rocoso, su importancia aumenta cuando existen suficientes discontinuidades que producen el deslizamiento, condicionando la deformación del macizo rocoso.

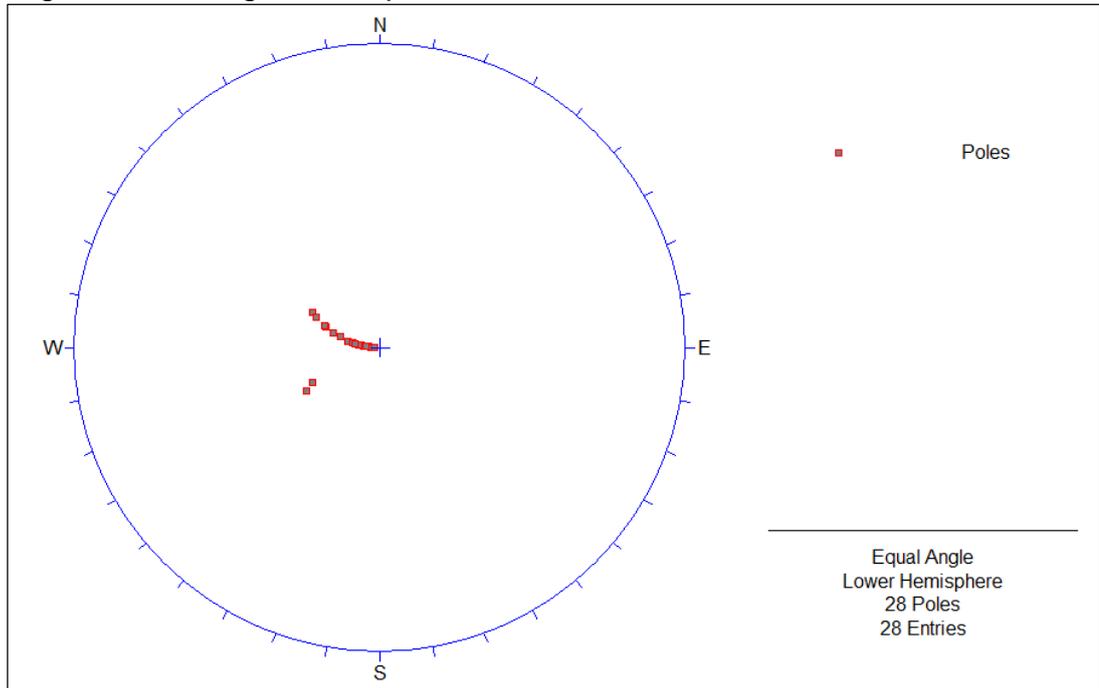
En la recolección de datos de espaciado en el macizo rocoso se utilizó el método de Scanline, consistente en una línea de referencia dispuesta sobre una superficie del macizo rocoso, en la cual se localizan las distancias entre las discontinuidades.

Tabla 5.39. Caracteres Geo mecánicos de las discontinuidades.

Numero	Dips	Dips/Dirección	Abertura	Relleno	Continuidad
1	6	96	Abiertas	Sin Relleno	8
2	4	94	Abiertas	Sin Relleno	8
3	3	93	Abiertas	Sin Relleno	8
4	8	98	Abiertas	Sin Relleno	8
5	8	98	Abiertas	Sin Relleno	8
6	6	96	Abiertas	Sin Relleno	8
7	9	99	Abiertas	Sin Relleno	8
8	6	96	Abiertas	Sin Relleno	8
9	9	99	Abiertas	Sin Relleno	8
10	15	105	Abiertas	Sin Relleno	8
11	12	102	Abiertas	Sin Relleno	8
12	18	108	Abiertas	Sin Relleno	8
13	21	111	Abiertas	Sin Relleno	4
14	329	239	Abiertas	Sin Relleno	4
15	22	112	Abiertas	Sin Relleno	4
16	15	105	Abiertas	Sin Relleno	4
17	329	239	Abiertas	Sin Relleno	4
18	332	242	Abiertas	Sin Relleno	4
19	5	95	Cerradas	Ferruginoso	8
20	6	96	Abiertas	Sin Relleno	8
21	7	97	Cerradas	Ferruginoso	8
22	8	98	Abiertas	Sin Relleno	8
23	10	100	Cerradas	Ferruginoso	8
24	2	92	Cerradas	Ferruginoso	8
25	5	95	Cerradas	Ferruginoso	8
26	9	99	Cerradas	Ferruginoso	8
27	28	118	Cerradas	Ferruginoso	8
28	26	116	Cerradas	Ferruginoso	8

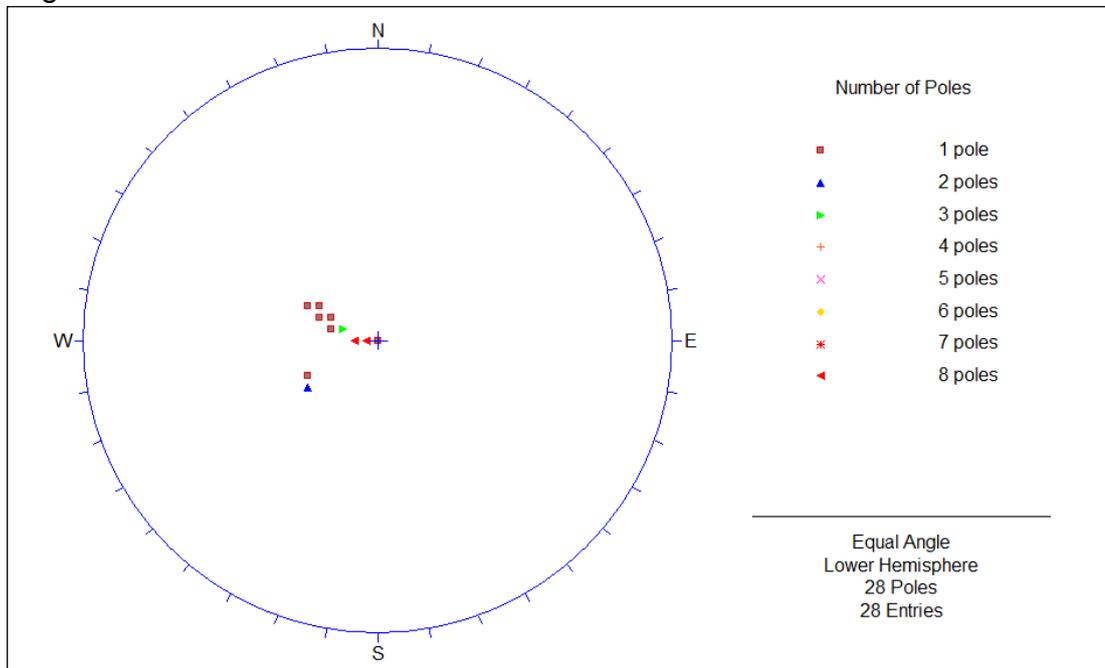
Fuente: PTO Mina Pericos, 2014

Figura 5.26. Diagrama de polos



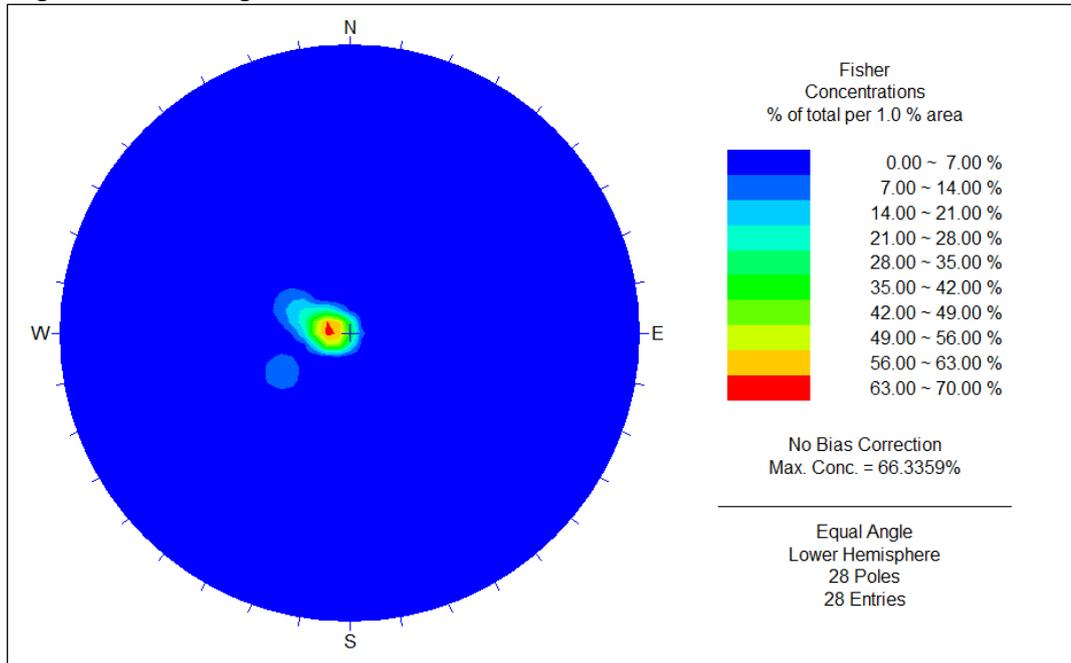
Fuente: PTO Mina Pericos, 2014

Figura 5.27. Numero de Polos



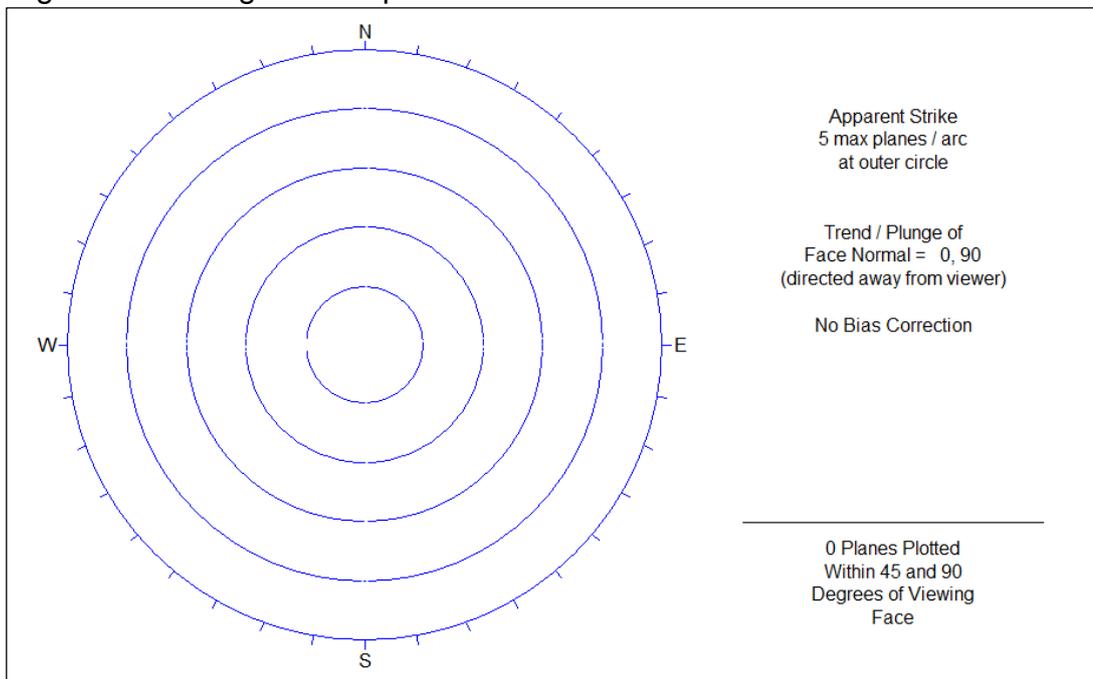
Fuente: PTO Mina Pericos, 2014

Figura 5.28. Diagrama de concentración de las familias



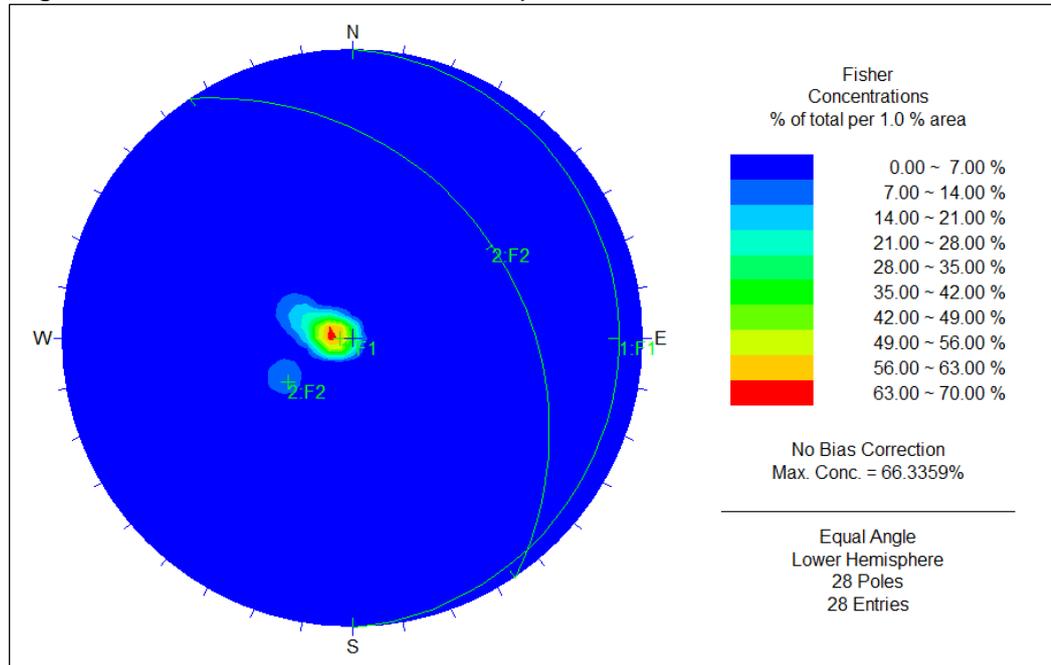
Fuente: PTO Mina Pericos, 2014

Figura 5.29. Diagrama de planos



Fuente: PTO Mina Pericos, 2014

Figura 5.30. Familias de diaclasa representativas



Fuente: PTO Mina Pericos, 2014
F1: 5 /90; F2: 30/56

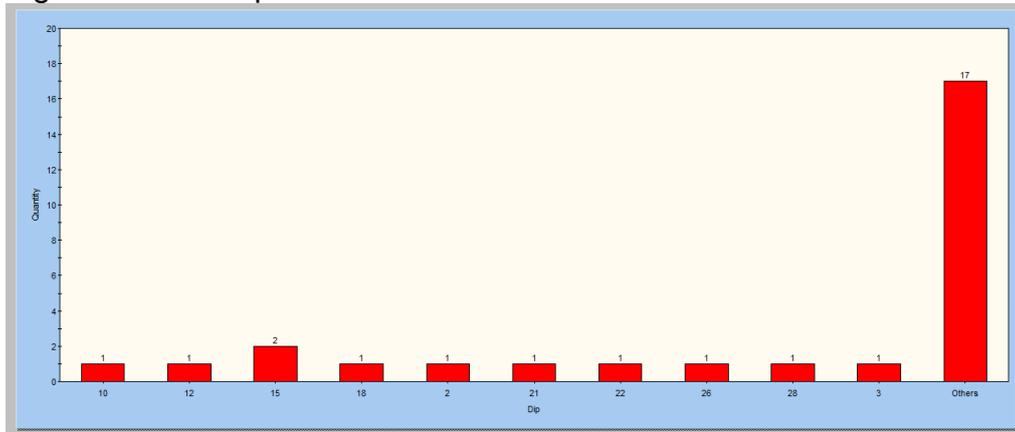
En la práctica es una cinta métrica colocada a lo largo de la taza del afloramiento de discontinuidades.

Para determinar el valor promedio del espaciado de cada una de las familias de discontinuidades presentes en el macizo rocoso, se toma una distribución de frecuencias de los datos por cada familia, la estimación general del espaciado de los datos tomados en el macizo rocoso se presentaran en las Figuras 5.31 a 5.35.

Rugosidad. Es un factor determinante en la resistencia al corte de la discontinuidad especialmente cuando no hay relleno, viene caracterizada por su ondulación y su aspereza. Las ondulaciones son rugosidades a gran escala y la aspereza una rugosidad a pequeña escala.

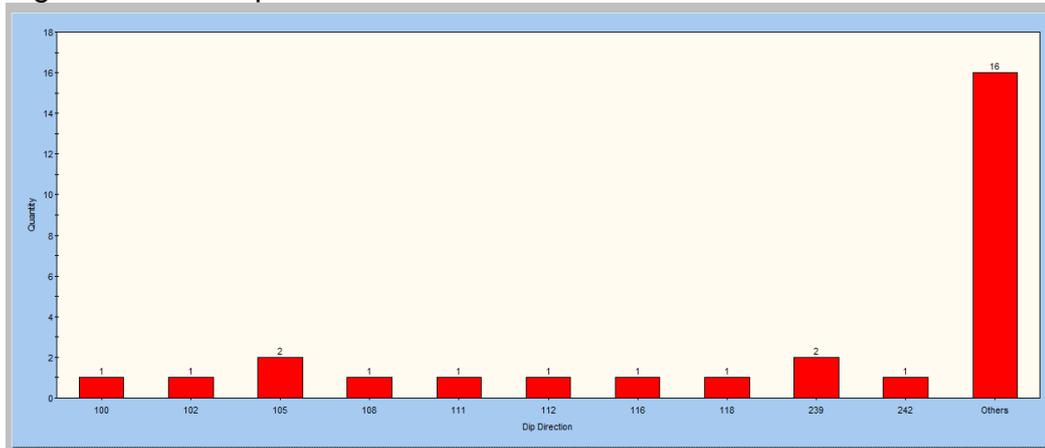
Análisis de Resultados: Una vez realizado el modelamiento de diaclasas se determinó que las estructuras presentes en la zona tiene una dirección de buzamiento muy similares lo que genera una posibilidad de falla planar, lo cual no genera cuñas en estructuras construidas como túneles, en conclusión por diaclasa miento se está tratando con un macizo rocoso de buena calidad.

Figura 5.31. Comportamiento de dirección de diaclasas



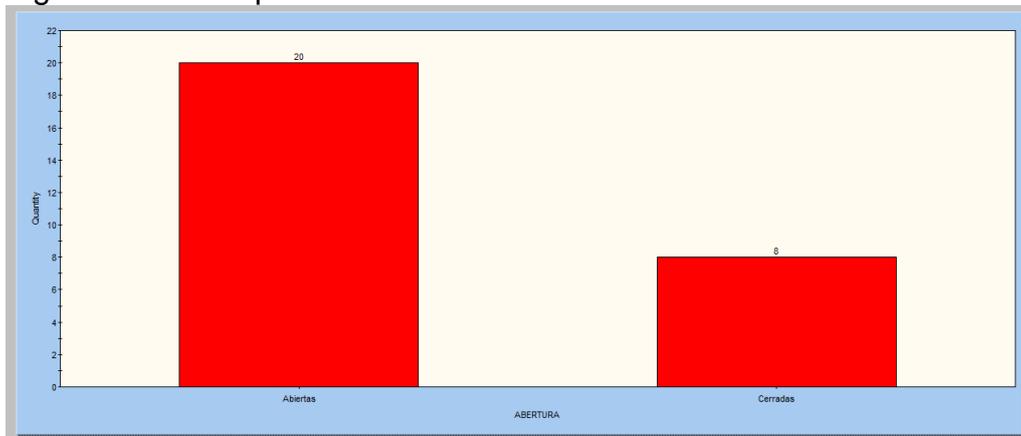
Fuente: PTO Mina Pericos, 2014

Figura 5.32. Comportamiento de la dirección de buzamiento de diaclasas



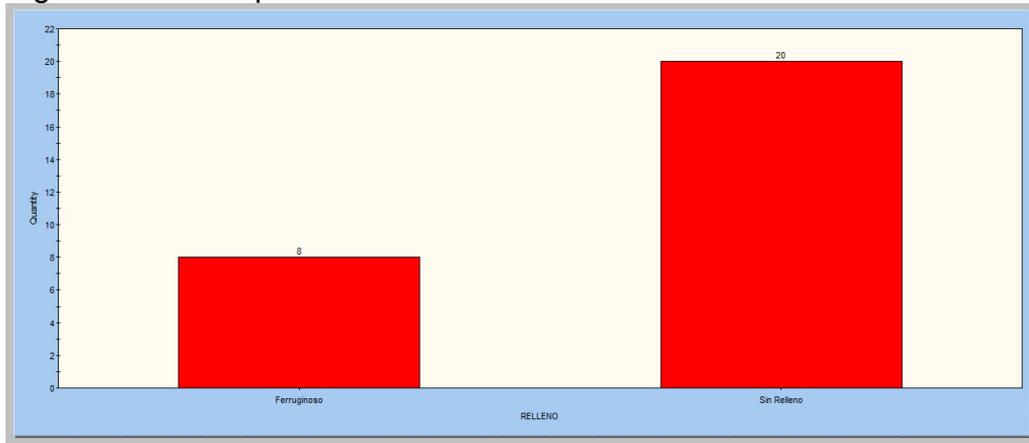
Fuente: PTO Mina Pericos, 2014

Figura 5.33. Comportamiento de abertura de discontinuidades



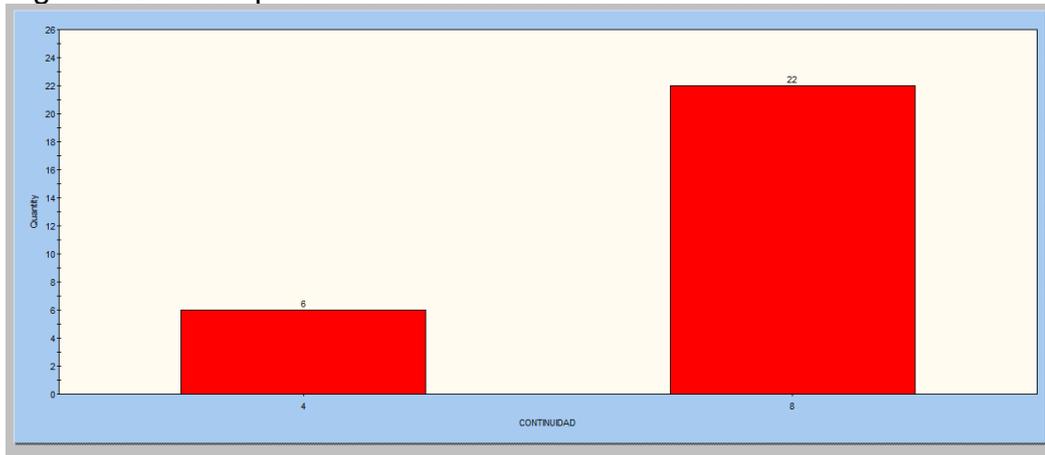
Fuente: PTO Mina Pericos, 2014

Figura 5.34. Comportamiento de rellenos de discontinuidades



Fuente: PTO Mina Pericos, 2014

Figura 5.35. Comportamiento de continuidad de discontinuidades



Fuente: PTO Mina Pericos, 2014

Resistencia de las Rocas

Se realizó la prueba por el método de la Varga Puntual donde la probeta de roca tomada en campo se introduce entre las dos puntas de la máquina, tomándose la distancia D que la separa, haciéndose variar $\pm 5\%$. El índice de carga puntual (I_s) se calcula por:

$$I_s = \frac{P}{De^2} \quad (1)$$

Dónde:

P = Carga que se aplica (N)

De= Diámetro equivalente de la muestra (m)

Se aplica una corrección del I_s . llevando el diámetro equivalente (De) a 50 mm., como se especifica en la formula (2):

$$IS_{50} = F \times Is \quad (2)$$

F, se calcula por la fórmula:

$$F = \frac{De^{0,45}}{50} \quad (3)$$

La resistencia a la compresión uniaxial se calcula por la expresión:

$$\sigma_{ci} = 22 \times US_{50} \quad (5)$$

Los resultados producto de los diferentes ensayos de laboratorio realizados a las diferentes muestras de roca se reúnen en la siguiente Tabla con su respectivo promedio. (Ver Anexo 2, 3 y 4)

Densidad: 3,3 y 3,6 Ton/m³

Resistencia a la Compresión (σ_{ci}) = 7650 Psi

Resistencia a la Tracción (σ_T) = 2150 Psi

Clasificación del Macizo Rocosos

Índice de calidad de la roca (RQC). El índice de calidad se calcula por el método de ScandLine propuesto por Priest S. y Hudson J., los cuales concluyen matemáticamente que el valor teórico del RQD puede ser encontrado a partir de funciones de distribución de probabilidades de tipo exponencial negativa para los valores del espaciamiento medido entre las discontinuidades. El porcentaje RQD comprende los valores mayores que un determinado valor t (threshold). El RQD teórico RQD*t se define por la fórmula:

$$RQD^*t = 100 \times e^{-t\lambda}(t\lambda + 1) \quad (5)$$

Para determinar un RQD convencional, donde t = 0,1 m el valor teórico es:

$$RQD^*t = 100 \times e^{-0,1\lambda}(0,1 \lambda + 1) \quad (6)$$

El término λ es la frecuencia promedio calculada por medio de la ecuación:

$$\lambda = \frac{1}{X} \quad (7)$$

Donde X = Espaciamiento promedio.

Para un grupo de discontinuidades con un espaciamiento medio igual o superior a 0,3 m el RQD*t estará siempre situado por encima del 95%.

El espaciamiento promedio hallado para el macizo rocoso es de 0,6 m, calculando una frecuencia promedio de $\lambda = 1.66$, obteniendo un valor de RQD*t para el macizo rocoso de 98,25%.

Clasificación CSIR. En las Tabla 5.40 a 5.44, se reúnen los parámetros y valores principales para la clasificación del macizo rocoso.

Cuadro. Clasificación geomecánica CSIR

A. Clasificación y evaluación de los parámetros

Tabla 5.40. Clasificación y evaluación de los parámetros.

Parámetro		Escala de valores						
Resistencia de la roca inalterada	Índice de la carga puntual	> 8 Mpa	4 - 8 Mpa	2 - 4 Mpa	1 - 2 Mpa	Para esta escala tan baja se prefiere la prueba a comp. Uniaxial		
	Resistencia a compresión uniaxial	> 200 Mpa	100 - 200 Mpa	50 - 100 Mpa	25 - 50 Mpa	10 - 25 Mpa	3 - 10 Mpa	1 - 3 Mpa
Valuación		15	12	7	4	2	1	0
Índice de calidad de la roca (RQD)		90-100	75-90	50-75	25-50	<25		
Valuación		20	17	13	8	3		
Espaciamiento de las discontinuidades		> 3 m	1-3 m	0,3-1m	50-300 mm	<50 mm		
Valuación		30	25	20	10	5		
Estado de la discontinuidades		Superficies muy rugosas, sin continuidad, sin separación. Paredes de roca dura	Superficies algo rugosas, separación <1mm, paredes de roca dura.	Superficies algo rugosas, separación <1mm, paredes de roca suave	Superficies pulidas o relleno <5mm. Esp. o fisuras abiertas 1 - 5 mm	Relleno blando o fisuras abiertas <5 mm o fisuras continuas		
Valuación		25	20	12	6	0		

Aguas Subterráneas	Caudal por 10 m de túnel		Nulo	<10 its/min	10-25 its/min	25-125 its/min	>125 its/min
	Relación	Presión de agua	0	0,0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,5	>0,5
		Esfuerzo Princ. Mayor					
Situación General			Seco	Ligeramente húmedo	Húmedo	Goteando	Fluyendo
Valuación			15	10	7	4	0

Fuente: PTO Mina Pericos, 2014

B. Corrección por orientación y echado de las Discontinuidades

Tabla 5.41. Corrección por orientación y echado de las Discontinuidades

Dirección y rumbo de las discontinuidades		Muy Favorables	Favorable	Regular	Desfavorable	Muy desfavorable
Valuación	Túneles	0	-2	-5	-10	-12
	Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25
	Taludes	0	-5	-25	-50	-60

Fuente: PTO Mina Pericos, 2014

C. Clasificación del macizo según el RMR

Tabla 5.42. Clasificación del macizo según el RMR.

Clases	I	II	III	IV	V
Calidad	Muy buena	Buena	Media	Mala	Muy mala
Valuación RMR	100-81	80-61	60-41	40-21	< 20

Fuente: PTO Mina Pericos, 2014

D. Caracterización de clasificación del macizo rocoso.

Tabla 5.43. Caracterización de clasificación del macizo rocoso.

Clases	I	II	III	IV	V
Tiempo de sostenimiento y longitud	10 años con 5 m de long.	6 meses con 8 m de long.	1 semana con 5 m de long	10 horas con 2,5 m de long	30 min con 1m de long
Cohesión	> 300 Kpa	200 - 300 Kpa	150 - 200 Kpa	100-150 Kpa	< 100 Kpa

Angulo de Fricción	> 45°	40 - 45	35-40	30-35	< 30°
---------------------------	-------	----------------	-------	-------	-------

Fuente: PTO Mina Pericos, 2014

Tabla 5.44. Efecto de la orientación de las discontinuidades

Dirección perpendicular al eje del talud				Dirección paralela al eje del talud		Inclinación 0-20° cualquier dirección
Excavación de la inclinación		Excavación contra la inclinación				
Inclinación 45-90°	Inclinación 20-45°	Inclinación 45-90°	Inclinación 20-45°	Inclinación 45-90°	Inclinación 20-45°	
Muy Favorable	Favorable	Regular	Desfavorable	Muy desfavorable	Regular	Desfavorable

Fuente: PTO Mina Pericos, 2014

Para tener en cuenta la incidencia de estos factores se define una serie de parámetros con determinados valores, cuya suma proporciona el índice de calidad RMR. En la Tabla 5.45 se reúnen los valores para el cálculo de R.M.R. del macizo rocoso.

Tabla 5.45. Valores para el cálculo del R.M.R.

Parámetro de clasificación	Valor o descripción	Valuación
1. Resistencia del material inalterado	52.74 Mpa	7
2. RQD	98.25 %	20
3. Espaciamiento de las discontinuidades	0,3 – 1 m	20
4. Estado de las discontinuidades	Superficies algo rugosas, separación <1mm, paredes de roca dura.	20
5. Aguas subterráneas	Ligeramente Húmedo	10
Ajuste por orientación de discontinuidades (Excavación con la inclinación)		Favorable (-2)
Valuación Total RMR		75

Fuente: PTO Mina Pericos, 2014

El macizo rocoso se clasifica según RMR en la clase II con una escala de 61-80, clasificado como de una calidad **BUENA**.

5.1.5.2. Estudio de Amenaza sísmica

Las condiciones de amenaza sísmica serán presentadas teniendo en cuenta la información disponible a nivel país y región, y podrán ser analizadas respecto a

la vulnerabilidad que se presenta en el área de estudio; teniendo en cuenta lo anterior, la amenaza sísmica se entiende como el fenómeno físico asociado con un sismo, tal como el movimiento fuerte del terreno o la falla de este, que tiene el potencial de producir una pérdida.

Guasca, Cundinamarca hace parte de los ocho (08) municipios que conforman la provincia del Guavio, al igual que los municipios de Gachetá (Capital de la provincia), Gachalá, Gama, Guatavita, Junín, La Calera y Ubalá; actualmente, dicha provincia afronta una creciente presencia de fenómenos que inciden sobre el deterioro de los recursos naturales y han desencadenado situaciones que están afectando la vida, los ecosistemas y los bienes naturales públicos y privados. Son cada vez mayores los reportes de crecientes, inundaciones, desbordamientos, avalanchas, derrumbes, remoción en masa, incendios forestales y las evidencias de estos eventos son notorios.

De acuerdo con las características físicas del municipio de Guasca, se puede apreciar que el área del casco urbano que presenta problemas puede generar amenaza y posible riesgo para sus habitantes, para lo cual se identifican dos tipos de amenaza:

- Zona de taludes por fenómeno de geoinestabilidad por fuertes pendientes.
- Rondas hídricas por fenómeno de Inundación en los sectores aledaños a las fuentes hídricas que cruzan la zona urbana.

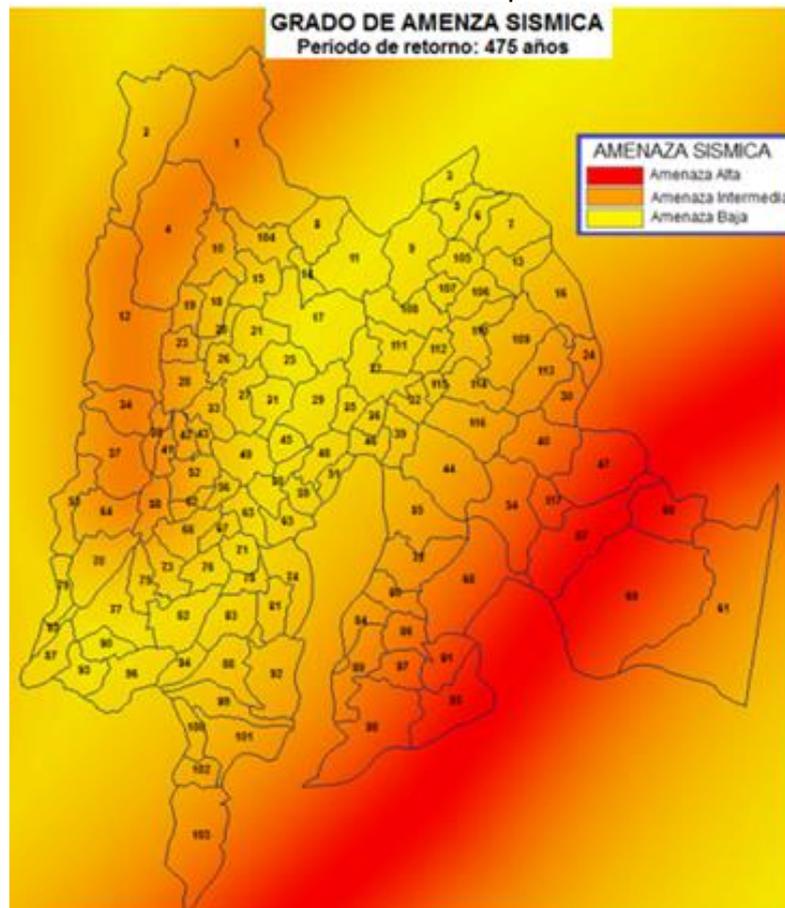
En relación a la amenaza sísmica, el municipio de Guasca se encuentra en una zona vulnerable, con un nivel alto de amenaza, esto debido a que se ubica sobre una falla geológica, dónde los ríos son afectados directamente por la ocurrencia de eventos como lo son deslizamientos o remoción en masa, cuyo material cae al cauce y es desplazado inmediatamente aguas abajo o quedando inicialmente represado y luego, una vez que se rompe el represamiento, es transportado fuertemente de forma repentina, afectando finalmente a la población aledaña, como es el caso de la zona de la Quebrada El Uval y los Ríos Siecha y Chipatá. En relación con el departamento de Cundinamarca, la sismicidad es alta comparada con otras zonas del país. Este proceso es ocasionado por la liberación de grandes cantidades de energía, producto de la acumulación de esfuerzos en regiones tectónicas. La energía liberada por las ondas sísmicas puede generar en superficie algunos procesos como movimientos en masa, licuefacción y deformaciones que son los que causan los mayores daños sobre la población, su economía e infraestructura. (Segura, 2015).

De acuerdo con el Atlas Básico de amenaza sísmica del departamento de Cundinamarca, se observa que el territorio tiene zona de amenaza sistémica intermedia y alta con aceleraciones horizontales del terreno entre 0.1 g y 0.4 g para un periodo de retorno de 475 años. La zona de mayor vulnerabilidad se ubica entre las provincias de Medina Guavio, oriente y la zona sur de la provincia del Sumapaz y los municipios con amenaza alta son: Cabrera, Cáqueza, Chipáque, Choachí, Fómeque, Fosca, Gachalá, Gacheta, Gama Guasca,

Guayabetal, Gutiérrez, Junín, Macheta, Manta Medina, Paratebuena, Quetáme, San Bernardo, Tibirita, Ubalá, Ubaque, Une, Venecia, los otros municipios se clasifican como amenaza intermedia. (Segura, 2015).

La Figura 5.36 representa cualitativamente la amenaza sísmica del departamento de Cundinamarca en tres categorías: alta, intermedia y baja; para una observación más generalizado y facilitar así el análisis con respecto al municipio de Guasca.

Figura 5.36. Grado de Amenaza Sísmica departamento de Cundinamarca



Fuente: (Segura, O., 2015)

De la figura anterior, se identifica el municipio de Guasca con codificación No. 44, lo cual indica en su área total, tanto casco urbano como rural una amenaza sísmica intermedia.

Además, cerca del 58% de la amenaza sísmica para el departamento de Cundinamarca se produce debido a la generación de sismos de la Falla Frontal Cordillera Oriental Centro, un 39% la Falla Salinas y tan solo un 3% la Falla Romeral; lo que se debe a la cercanía que tienen estas fallas al departamento. Hay que tener claro que la Falla Frontal 108 Cordillera Oriental Centro tiene la mayor probabilidad de generar sismos a futuro. (Segura, 2015).

En general en el municipio de Guasca, los eventos más recurrentes tienen que ver con la presencia de incendios forestales, durante los primeros meses del año, normalmente debido a prácticas inadecuadas de uso y/o disfrute de los recursos naturales.

En el periodo de lluvias altas, son frecuentes las inundaciones y deslizamientos, también muy asociado con las prácticas inadecuadas que dejan expuestos los suelos a la fuerza del agua, para que se presenten inundaciones y remociones en masa, producto de la solifluxión, acelerada por la sobresaturación de los suelos.

De igual manera, la inexistencia de cobertura multiestrata, significa el incremento de la escorrentía, mayor velocidad del agua, mayor efecto del agua al convertir energía potencial en energía cinética, al contacto con el suelo, generando mayor desagregación de partículas y con ello erosión. Esta misma situación, se traduce en inundaciones y deslizamientos.

De acuerdo con los estudios realizados por la Corporación Autónoma Regional del Guavio – CORPOGUAVIO, se debe mencionar que según el Esquema de Ordenamiento Territorial – EOT, Acuerdo 063 de 2000, el municipio de Guasca presenta unas franjas en sentido Norte- sureste y Sur - noreste, donde se presentan amenazas naturales asociadas a riesgo tectónico, los cuales han sido catalogados de magnitud media. Este tipo de amenaza, en el eje Norte- sureste, cubre sectores de las veredas Santuario, Flores, Santa Bárbara, Concepción y Pastor Ospina. Los ejes nornoroeste, involucran las veredas Santa Isabel, Salitre, Santa Lucía, San Isidro, Santuario, Flores, Trinidad, Santa Ana y Concepción. Las veredas Santuario, Concepción y Trinidad, de acuerdo con el EOT son los lugares con mayor área susceptible a la presencia de este tipo de amenazas. En menor magnitud parece hacer presencia este fenómeno en las veredas Santuario, Flores y Santa Bárbara. (CMGRD, 2010).

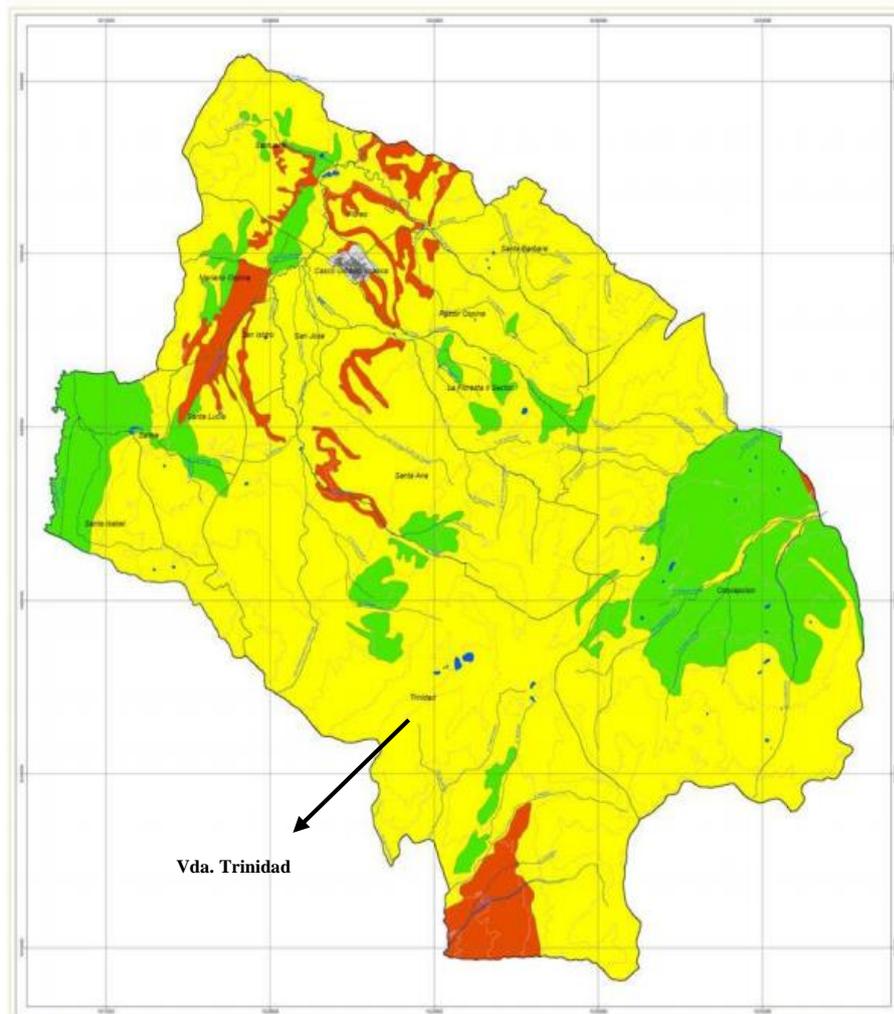
El Plan de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas - POMCA elaborado para la jurisdicción de Corpoguavio, hace un análisis teórico de diferentes factores que se deben considerar al momento de determinar riesgos en un territorio, para el caso particular del municipio de Guasca, se tuvieron en cuenta elementos como el tipo de roca, suelo, la pendiente, sistema hidrológico, composición de las rocas, que llevaron al siguiente resultado: De la quebrada Camargo, algunos afluentes localizados en la vereda Trinidad. El río Chiguanos o Pericos, al igual que el río Blanco, la quebrada la Cortadera, Palacio y la quebrada jaboncillos en Trinidad, también se han identificado con probabilidad de avalanchas. (CORPOGUAVIO, 2005).

Con base en toda la información recopilada en relación con las amenazas naturales que pueden afectar o han afectado al municipio, se realizó una síntesis del tema, consignado en la siguiente Figura 5.37 de amenazas naturales, que evidentemente, mejora los resultados obtenidos en el EOT. Existen sectores de en alto riesgo de amenazas, como el sector sur de Trinidad, cerca de la quebrada

Jaboncillos y Palacio, en la vereda Concepción, la zona norte sobre el río Barandillas, en las veredas Santa Ana y Trinidad, la quebrada el Molino, en Santa Ana, además los sectores sobre las cotas 2700 y 2800 m s.n.m.

Finalmente, en la figura anterior, se observa las amenazas naturales ocurridas en Guasca, Cundinamarca, dichos resultados se obtuvieron de un estudio realizado por el Consejo Municipal de Gestión del Riesgo del mismo municipio en el año 2010, dónde el color verde representa áreas sin evidencias de amenaza, el amarillo un nivel intermedio, mientras que el naranja un nivel alto de riesgo.

Figura 5.37. Mapa de Amenazas Naturales municipio de Guasca



Fuente: (CMGRD, 2010)

5.1.8. Atmósfera

5.1.8.1. Meteorología

La descripción de las condiciones meteorológicas mensuales multianuales de la región en la que se encuentra la mina se realizó a partir del procesamiento de datos meteorológicos de las estaciones de monitoreo del IDEAM que se encuentran a una distancia máxima de 10 Km de la mina cuya información resultó representativa para el análisis de la distribución temporal de las variables meteorológicas debido al porcentaje de validez de los datos colectados y la cantidad de variables disponibles por cada una. Con el objetivo de identificar la información útil para este análisis en la Tabla 5.46 se describe la información disponible de las estaciones meteorológicas del IDEAM de la región.

Tabla 5.46. *Estaciones meteorológicas del IDEAM localizadas en la región en la que se encuentra la mina Los Pericos*

ESTACIÓN	CLASE	LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA	DISTANCIA A MINA (Km)	ALTITUD (m s.n.m.)	DV	VV	TS	P	HR	PA	RS	NB
SUASUQUE	Meteorológica especial	4.820833 -73.963889	8,1	2650	-	-	-	X	-	-	-	-
SAN ISIDRO	Pluviométrica	4.850289 -73.890722	8,8	2698	-	-	-	X	-	-	-	-
SANTA CRUZ DE SIECHA	Pluviométrica	4.784278 -73.870806	2	3100	-	-	X	X	X	-	X	-
PÁRAMO CHINGAZA	Climatológica principal	4.713667 -73.80325	8,6	3863	-	-	X	X	X	-	-	-
GUASCA	Climatológica ordinaria	4.879861 -73.868111	10,8	2750	X	X	X	X	X	-	-	X

Fuente: Autores – IDEAM.

En donde:

Dv: Dirección del viento

Vv: velocidad del viento

Ts: Temperatura superficial horaria

P: Precipitación horaria

Hr: Humedad relativa

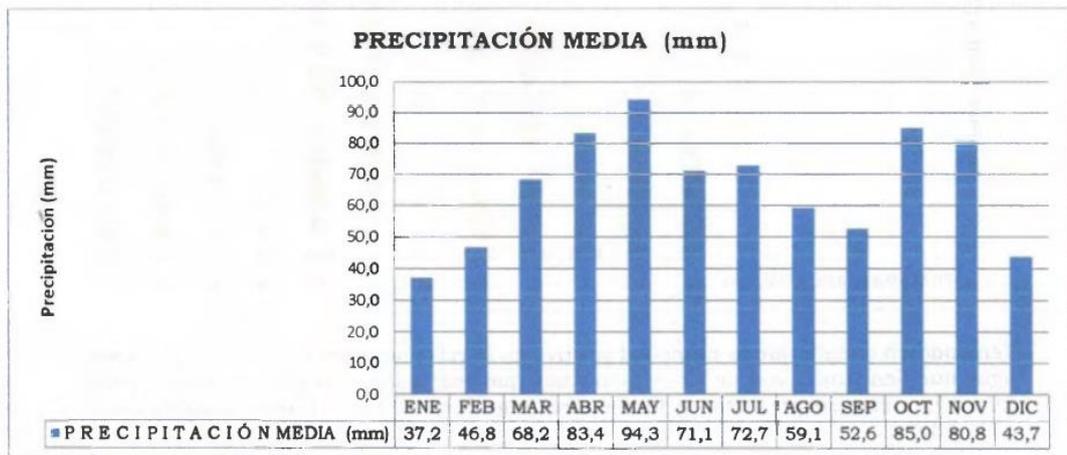
Pa: presión atmosférica

Rs: Radiación solar

Nb: Nubosidad

Teniendo en cuenta lo anterior, se presenta a continuación un análisis meteorológico realizado por los propietarios de la mina como parte de los requerimientos a cumplir exigidos por la autoridad ambiental hasta el 2010 que presenta en las figuras 5.38 a 5.40 el procesamiento de los datos recolectados por la estación ordinaria de Guasca para las variables de precipitación, temperatura y humedad relativa.

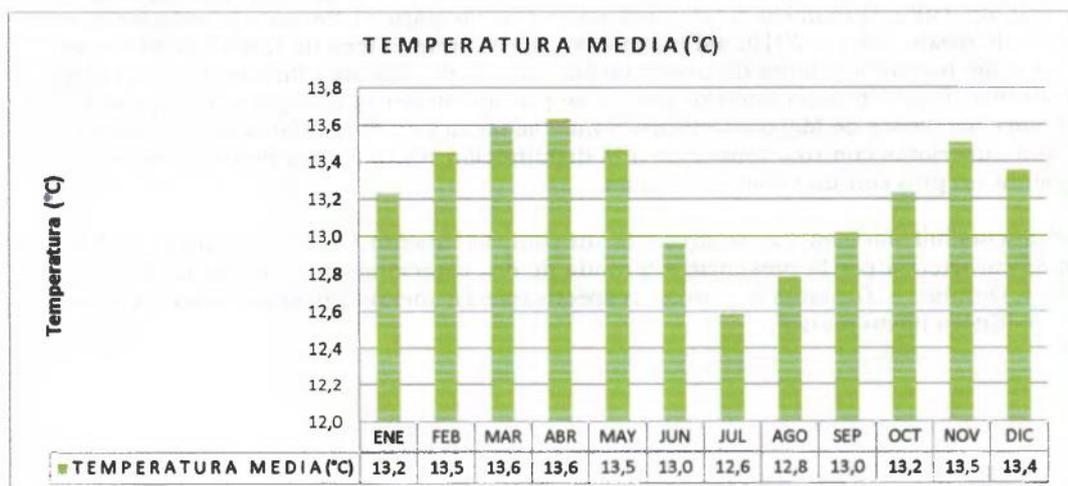
Figura 5.38. Tendencias de precipitación de 1981 a 2010



Fuente: Mina Pericos (2015)

Las precipitaciones de los 20 años analizados demostraron que la región está sometida a un régimen bimodal de lluvias, teniendo que se encuentran dos períodos húmedos con valores que sobrepasan los 80 mm de lluvias mensuales promedio que corresponden a abril- julio y octubre – noviembre. En contraste, los meses de la temporada seca corresponden típicamente al lapso de diciembre a febrero y agosto a septiembre, con mediciones de precipitación inferiores a 60 mm mensuales promedio.

Figura 5.39. Tendencias de temperatura de 1981 a 2010

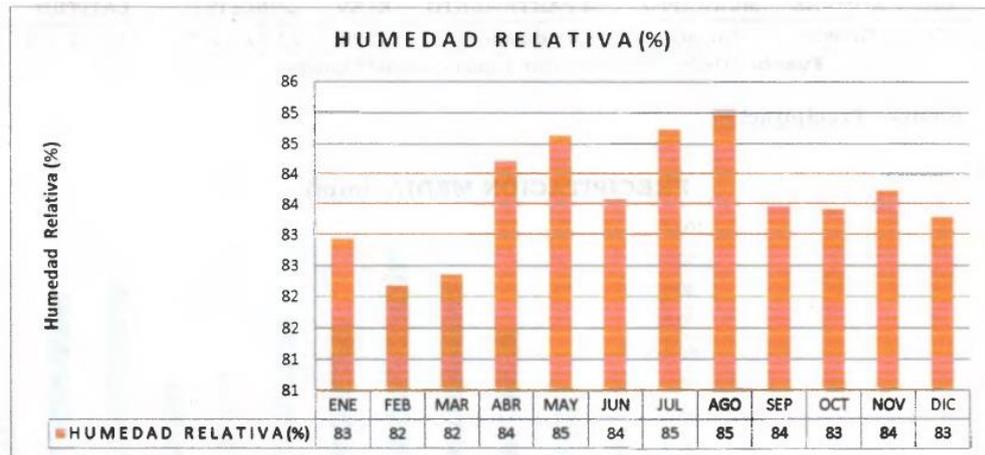


Fuente: Mina Pericos (2015)

Así como la precipitación, las mediciones de temperatura mensuales multianuales evidenciaron régimen bimodal pues durante el periodo comprendido entre febrero y mayo y entre noviembre y diciembre se han registrado temperaturas superiores 13,4 °C mientras que de junio a octubre y el

mes de enero presentan disminución de la temperatura promedio en 2°C. No obstante, se debe notar que la baja amplitud térmica reportada por la estación meteorológica no permite elucidar alta variación en la temperatura durante el ciclo anual.

Figura 5.40. Tendencias de humedad de 1981 a 2010



Fuente: Mina Pericos (2015)

De manera correspondiente a las tendencias de precipitación y temperatura mensuales, las mediciones de menor humedad relativa concuerdan con los datos más bajos de precipitaciones reportados de enero a marzo y de septiembre a octubre mientras que se infiere que las elevadas mediciones de humedad responden a las temporadas humedad descritas anteriormente. En general, se encontró que la humedad varía durante el ciclo anual entre el 82% y 85%.

Actualmente, se considera como información representativa meteorológica aquella resultante del procesamiento de datos triangulados para todas las variables indispensables para la descripción del clima de una zona. Es por esto que el análisis de las tendencias meteorológicas recientes se realiza teniendo en cuenta que las estaciones meteorológicas de monitoreo del IDEAM localizadas en la región que brindan mayor información sobre las condiciones meteorológicas son: Santa Cruz de Siecha, Páramos Chingaza y Guasca, se procesaron los datos disponibles para cada variable provenientes de estas estaciones. El análisis meteorológico de la distribución espacio-temporal de las variables meteorológicas anteriormente mencionadas se realizó para un período de cinco años que correspondieron a los inmediatamente anteriores a este estudio.

En la Tabla 5.47 se encuentran indicadas las estaciones fuentes de los datos procesados por cada variable y la representatividad estadística de los datos colectados por cada variable meteorológica usada según la periodicidad de medición. De esa manera, la representatividad estadística de los datos se determinó a partir del porcentaje de datos válidos respecto a la cantidad de datos esperados. Solo fueron usados los datos medidos por las estaciones cuyos datos

válidos o presentes correspondieron al 70% o más de los esperados teniendo en cuenta que el IDEAM entregó para las tres estaciones datos preliminares y sin proceso de verificación.

Tabla 5.47. Datos meteorológicos usados y su representatividad estadística

VARIABLE METEOROLÓGICA	PERIODICIDAD DE MEDICION			AÑO	SANTA CRUZ DE SIECHA	PÁRAMO CHINGAZA	GUASCA*	
	10 MIN	HORARIA	MEDIA MENSUAL					
DIRECCIÓN DEL VIENTO (°)		X		2013	-	-	84%	
		X		2014	-	-	70%	
	VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)		X		2015	-	-	24%
			X		2016	-	-	99%
			X		2017	-	-	95%
TEMPERATURA SUPERFICIAL (°C)		X	X*	2013	87%	96%	100%	
		X	X*	2014	86%	63%	100%	
		X	X*	2015	95%	95%	100%	
		X	X*	2016	99%	93%	100%	
		X	X*	2017	96%	27%	100%	
PRECIPITACIÓN (mm)	X		X*	2013	91%	91%	100%	
	X		X*	2014	91%	91%	100%	
	X		X*	2015	91%	90%	100%	
	X		X*	2016	90%	91%	100%	
	X		X*	2017	90%	91%	100%	
HUMEDAD RELATIVA (%)		X	X*	2013	86%	86%	100%	
		X	X*	2014	86%	87%	100%	
		X	X*	2015	95%	95%	100%	
		X	X*	2016	99%	79%	100%	
		X	X*	2017	96%	10%	100%	
RADIACIÓN SOLAR (Wh/m ²)		X		2013	82%	-	-	
		X		2014	92%	-	-	
		X		2015	60%	-	-	
		X		2016	73%	-	-	
		X		2017	0%	-	-	
NUBOSIDAD (OCTAS)			X*	2013	-	-	100%	
			X*	2014	-	-	100%	
			X*	2015	-	-	100%	
			X*	2016	-	-	100%	
			X*	2017	-	-	100%	

Fuente: Autores

Nota: (*) La información disponible de la estación de monitoreo de Guasca solo presentaba mediciones horarias de dirección y velocidad del viento mientras que las demás variables meteorológicas mencionadas presentan valores medios mensuales.

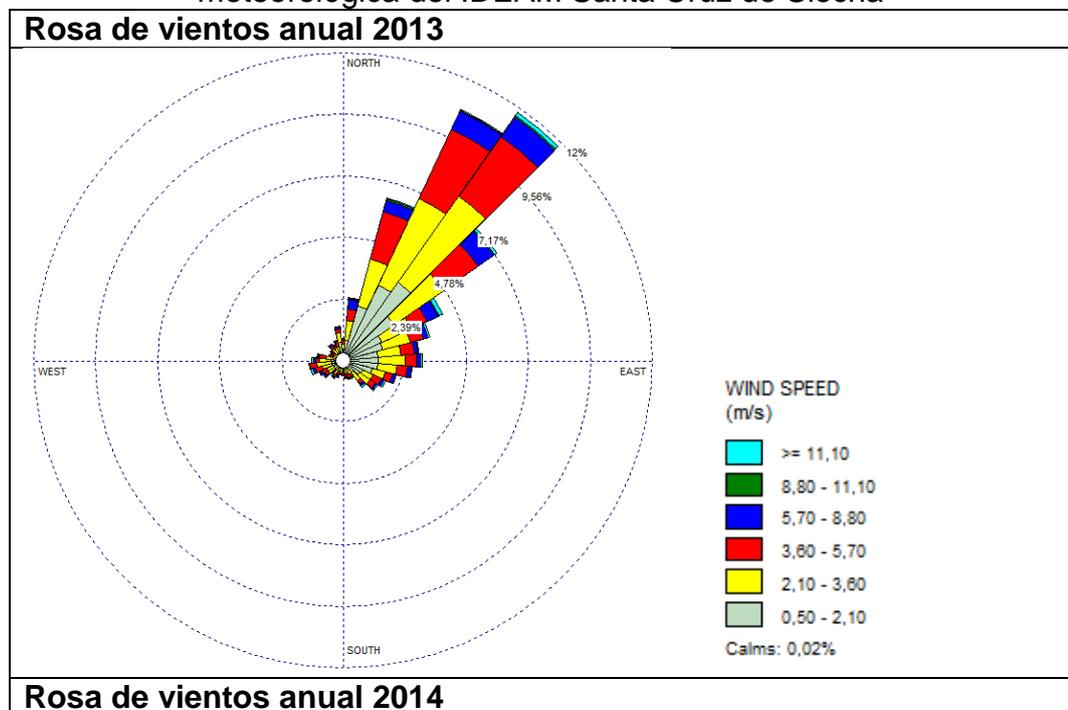
Teniendo en cuenta la información presentada anteriormente, se analizaron las tendencias multianuales de las variables meteorológicas disponibles a diferentes escalas temporales de acuerdo con la representatividad de los datos y la disponibilidad de periodos de medición de los mismos.

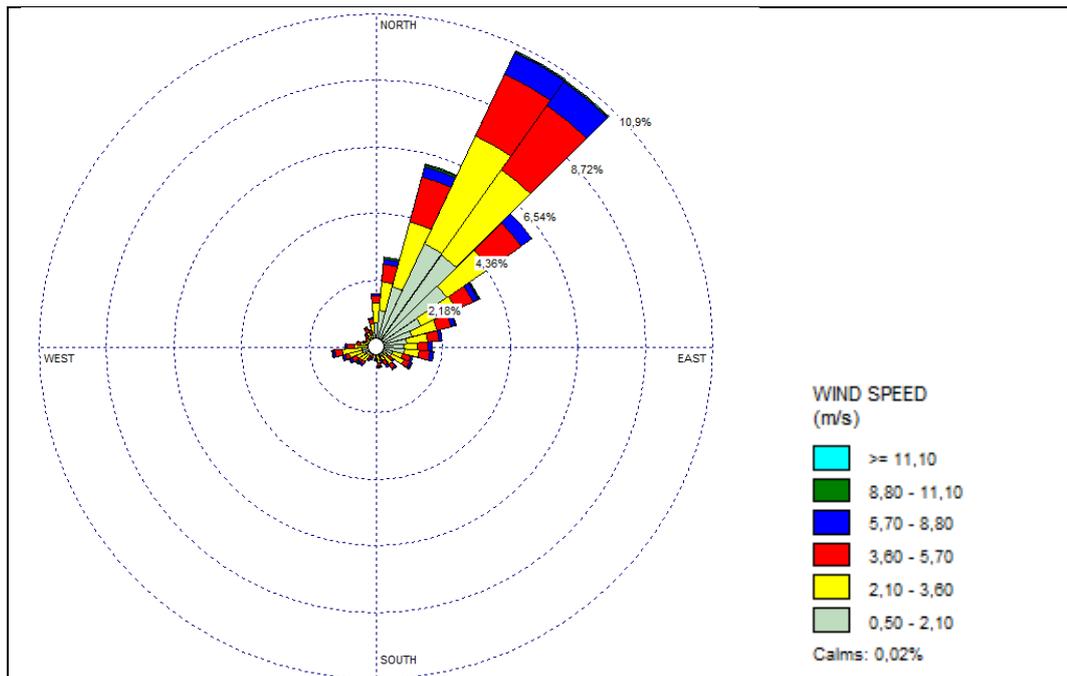
5.1.8.1.1. Vientos

Tendencias anuales de los vientos

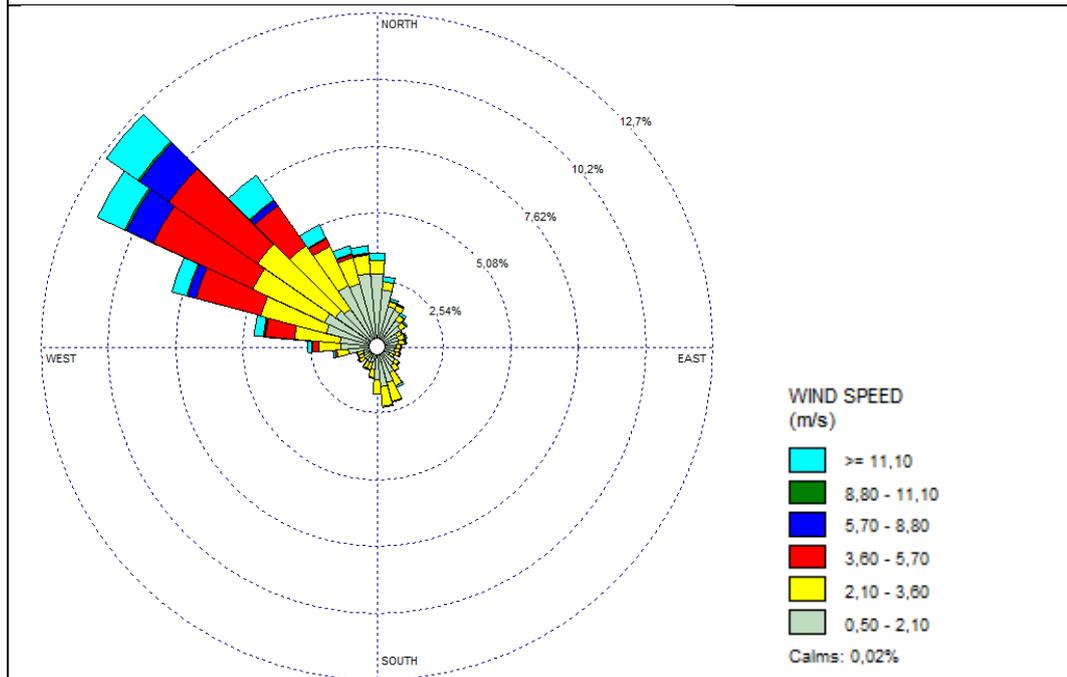
Con el objetivo de identificar las tendencias anuales de vientos se elaboraron las rosas de vientos anuales para el periodo de tiempo evaluado, se elaboraron a través del software WRPLOT de Lakes Environmental que modela la rosa de vientos de acuerdo a las frecuencias de dirección y velocidad de los vientos desde el punto de origen de los mismos. Teniendo en cuenta que los datos disponibles de estas variables para el año 2015 no resultaron representativos estadísticamente, no se presenta la rosa de vientos correspondiente a este año. En la Figura 5.41 se encuentran las rosas de vientos anuales.

Figura 5.41. Rosas de vientos anuales 2013 – 2017 de la Estación meteorológica del IDEAM Santa Cruz de Siecha

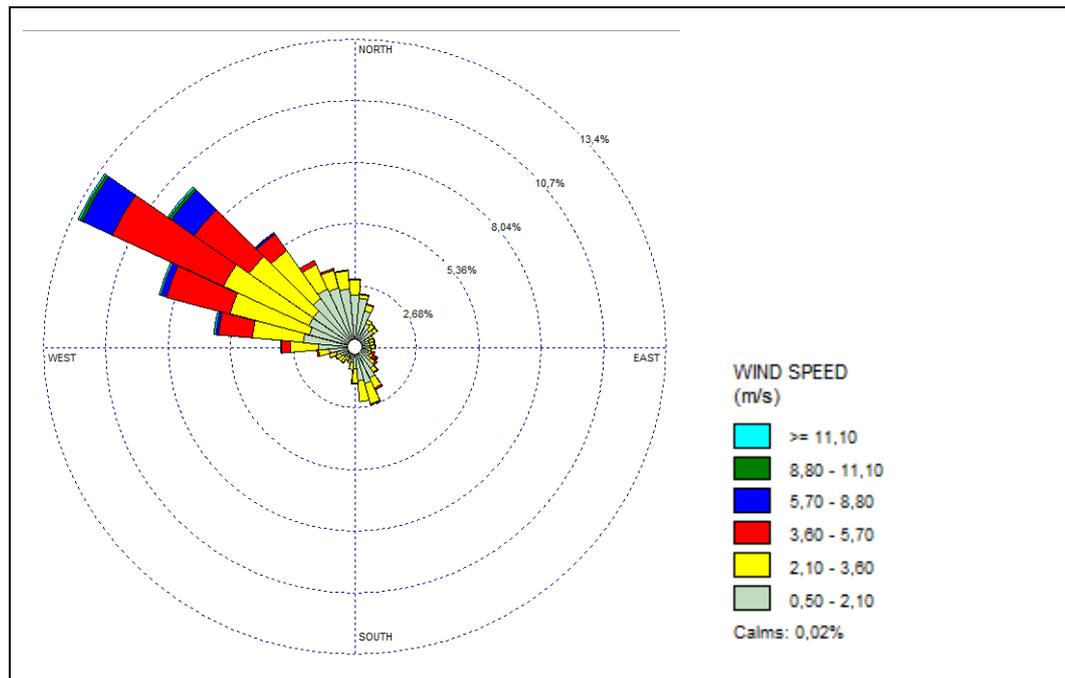




Rosa de vientos anual 2016



Rosa de vientos anual 2017



Fuente: Autores a través de WRPLOT.

Durante los años 2013 y 2014 el viento provino de manera predominante desde el nornoreste (NNE) seguido en menor proporción desde el este sureste (ESE) hacia la región en donde se encuentra ubicada la mina, y teniendo en cuenta que la estación Santa Cruz de Siecha se encuentra a aproximadamente 2,5 Km de la mina, se puede considerar que esta información fue representativa para el área de influencia del proyecto durante estos dos periodos; aunque se debe notar que la frecuencia de vientos originados desde el este fue significativa mientras que las horas a las cuales el viento provino desde el oeste fueron muy pocas y se consideran para este periodo de tiempo como atípicas. Adicionalmente, durante estos dos años el 40% de las mediciones de velocidad se encontraron entre 3,6 – 5,7 m/s mientras que el 30% de las mediciones se encontraron entre 2,1 – 3,6 m/s. En contraste, durante el año 2013 se registraron mediciones mayores a 11 m/s que si bien correspondieron a una frecuencia menor al 10% constituyen un indicador de velocidad importante frente a la inexistencia de estas velocidades durante el 2014.

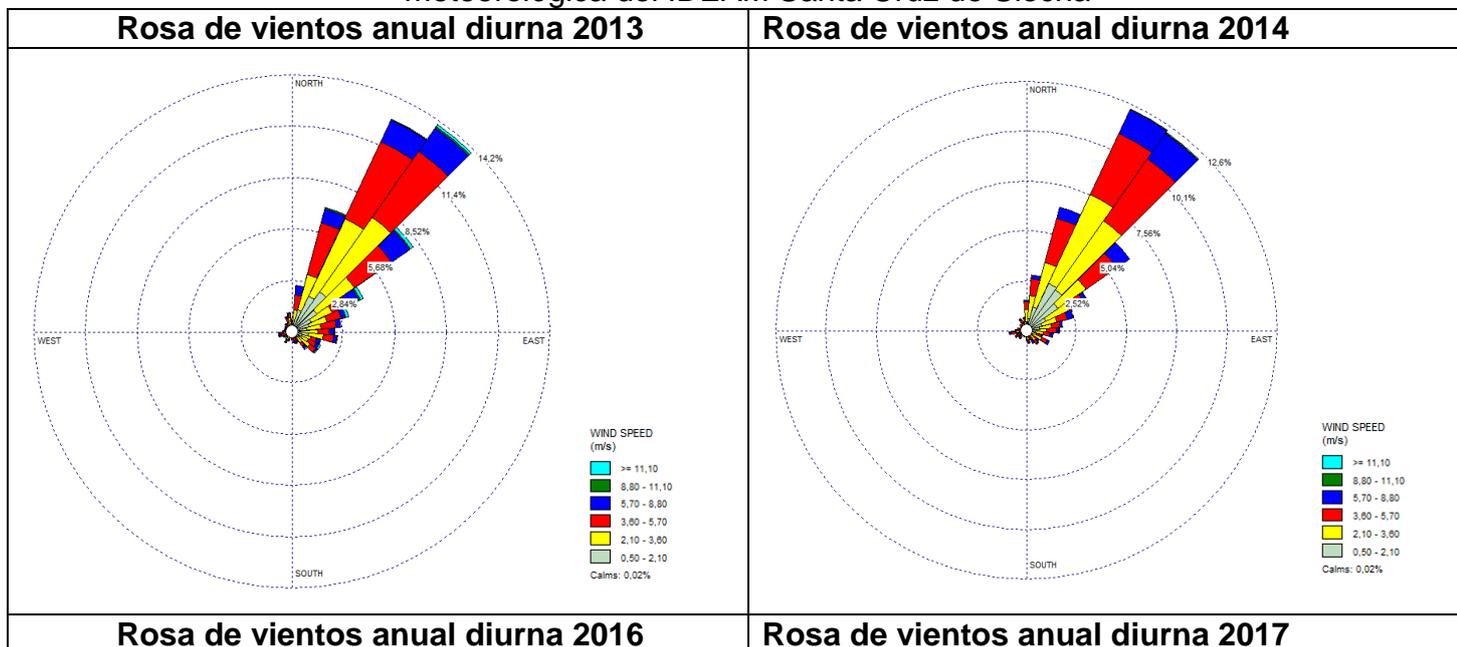
A pesar que no fue posible modelar la rosa de vientos para el año 2015 debido a la baja representatividad de las mediciones para el software, fue posible encontrar que del 2014 al 2016 la tendencia de dirección y velocidad del viento cambió sustancialmente pues durante estos dos últimos años las coordenadas de origen predominantes de los vientos fueron nor noroeste (NNW) seguido en una magnitud considerablemente menor de vientos provenientes del sur sureste (SSE). También, durante estos años los rangos más frecuentes de velocidad de vientos se encontraron entre 2,1 – 5,7 m/s; no obstante, durante el 2016 cerca del 10% de las mediciones fueron superiores a 11 m/s, evidenciando un aumento sustancial y contrastante con los demás años en la velocidad de los vientos.

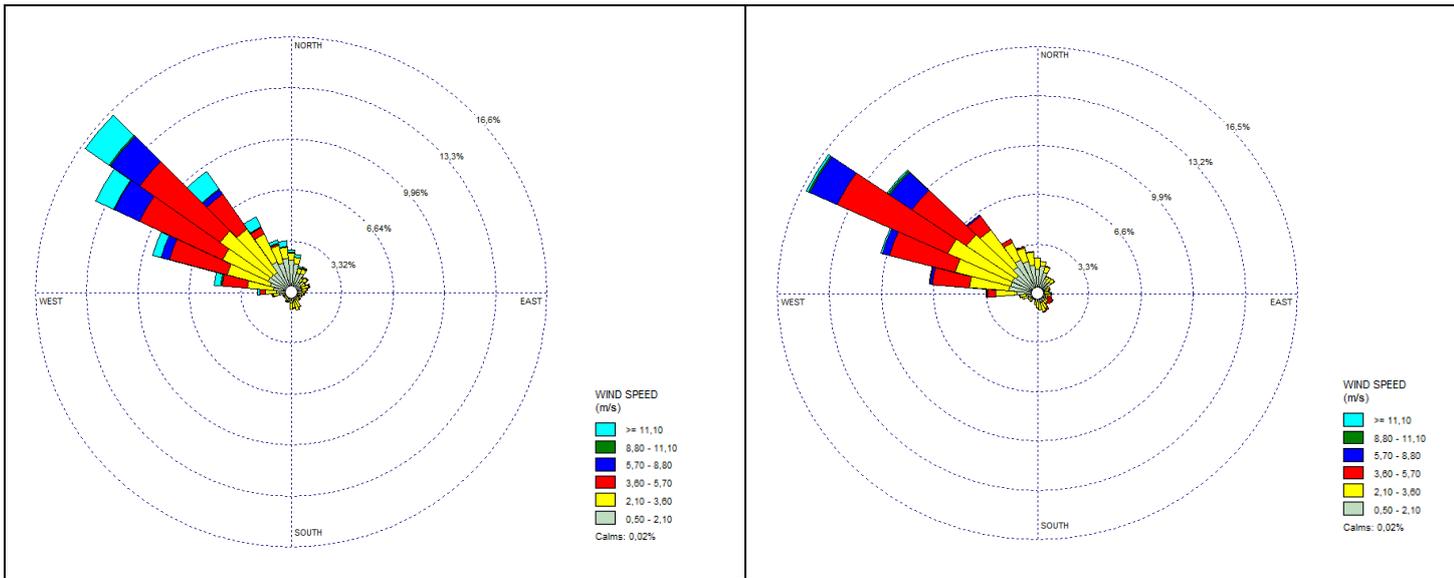
En general, durante el periodo evaluado, los vientos en la región en la que se encuentra localizada la mina Los Pericos soplan predominantemente desde el norte con cambios considerables del 2014 al 2016 desde el este al oeste lo que permite demostrar que el área de influencia que se encuentra al costado sur de la mina recibe la mayor cantidad de viento en el año. Por otro lado, durante los dos primeros años se obtuvo que la velocidad del viento más frecuente se encontró entre 2,1 – 3,6 m/s mientras que en los dos últimos años evaluados esta variable aumentó al rango de 3,6 – 5,1 m/s, haciendo que el porcentaje de calmas, correspondientes a velocidades inferiores a 2 m/s, disminuyera. En conclusión, en la región los vientos presentan velocidades promedio de 3,2 m/s con baja frecuencia de calmas que soplan hacia el sur de la mina.

Rosas de viento anuales diurnas y nocturnas

Se elaboraron las rosas de vientos anuales diurnas y nocturnas según la metodología explicada anteriormente para las rosas de vientos anuales. La jornada diurna se modeló en el período de 6:00 – 18:00 y la jornada nocturna se modeló en los períodos de 18:00 – 23:00 y 00:00 – 6:00; es por esto que se presentan en las Figura 5.42 y 5.43 las tres rosas de vientos por cada año.

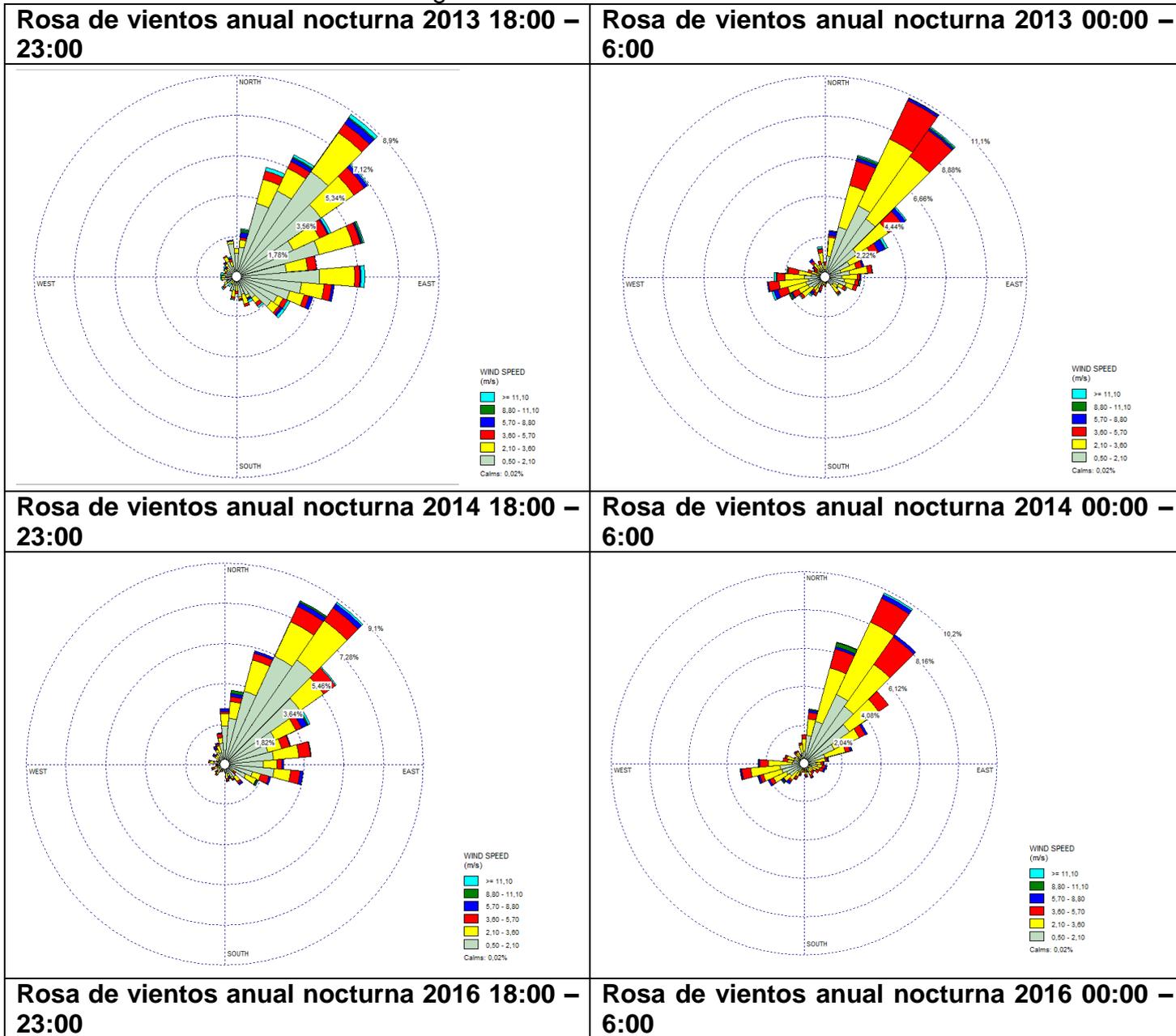
Figura 5.42. Rosas de vientos anuales diurnas de 2013 - 2017 de la Estación meteorológica del IDEAM Santa Cruz de Siecha

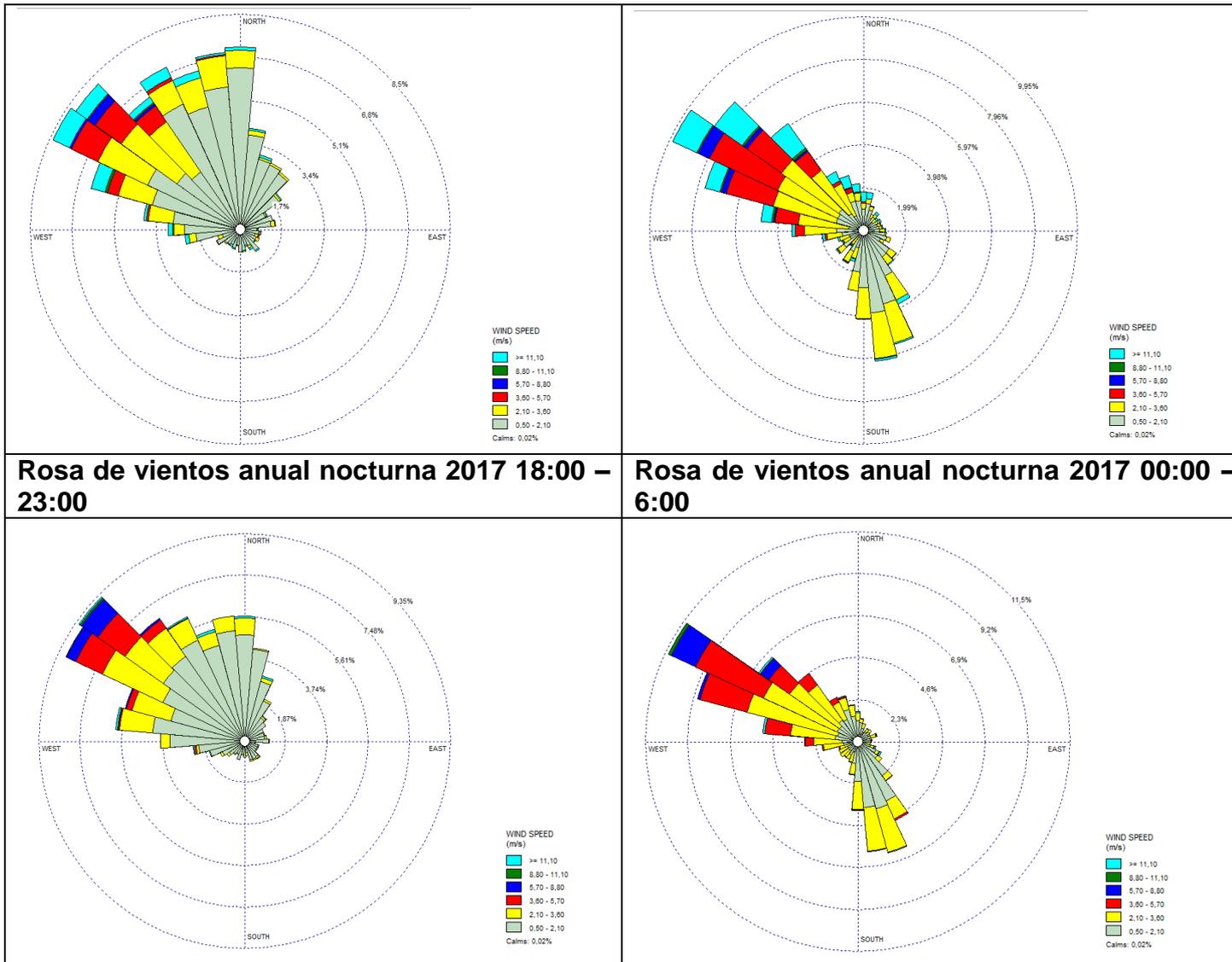




Fuente: Autores a través de WRPLOT.

Figura 5.43. Rosas de vientos anuales nocturnas de 2013 - 2017 de la Estación meteorológica del IDEAM Santa Cruz de Siecha





Fuente: Autores a través de WRPLOT.

En el 2013 fue posible evidenciar que durante las 6 primeras horas de la jornada nocturna los vientos presentan mayor frecuencia de calmas y velocidades inferiores a 3 m/s con origen predominante nor noreste y conforme transcurre la noche aumentan las velocidades a 5 m/s y se diversifican las coordenadas de origen de los mismos; en cambio, durante las horas diurnas el origen de los vientos es mayormente noreste alcanzando velocidades de 6 m/s. Así mismo, en el 2014, en las noches se midieron velocidades menores de los vientos que durante el día, aunque los rangos máximos superaron los obtenidos durante el 2013 manteniendo la tendencia de variación de origen de dirección de los vientos durante la noche hacia el suroeste y dominancia de vientos provenientes de noreste durante el día.

De manera similar, durante los años 2016 y 2017 las calmas de los vientos alcanzaron frecuencias mayores al 50% en las seis primeras horas de la noche

a diferencia de la presentadas al finalizar este periodo, pues constituyeron el 10% de las mediciones. En coherencia con las altas velocidad medidas en 2016 respecto a los años restante evaluados, en las madrugadas se midieron las mayores velocidades ($V > 11$ m/s) desde la dirección predominante oeste noroeste con frecuencias mayores al 15% mientras que durante el día las velocidades fueron típicamente inferiores a 5 m/s. Además, para estos dos años en las madrugadas ocurrieron la mayor cantidad de vientos con orígenes en el sureste y sur en contraste con la dominancia diurna de vientos desde noroeste.

Variaciones mensuales de las rosas de vientos

En el 3.1.3 *Rosa de vientos mensual*, se encuentran las rosas de vientos mensuales de los años 2013, 2014, 2016 y 2017 según la metodología explicada anteriormente. No se encontraron tendencias mensuales de predominancia de dirección de origen del viento durante el periodo de años evaluado pues mensualmente se mantuvieron las tendencias evidenciadas en las rosas de vientos anuales acerca de la dirección para cada año.

A diferencia de lo anterior, fue posible identificar variaciones periódicas en los rangos de velocidades de los vientos. Así, para los años 2016 y 2017 se presentaron periodos de vientos con velocidades superiores a 3,1 m/s de abril a agosto, el año 2014 este periodo ocurrió en mayo y junio mientras que en 2013 ocurrió en abril y mayo. Por el contrario, se presentaron periodos disímiles entre los años con mayor frecuencia de calmas: 2013 ocurrieron de junio a agosto, 2014 entre octubre y febrero, 2016 entre octubre y noviembre, y para el 2017 se presentaron de noviembre a enero.

Tendencias micrometeorológicas de vientos

Se debe resaltar que el sesgo dado por el alto porcentaje de datos inválidos o ausentes en los años 2013, 2014 y 2015 para estas variables meteorológicas puede ocasionar que no sea posible identificar tendencias más contundentes por carencia de robustez estadística del análisis de datos.

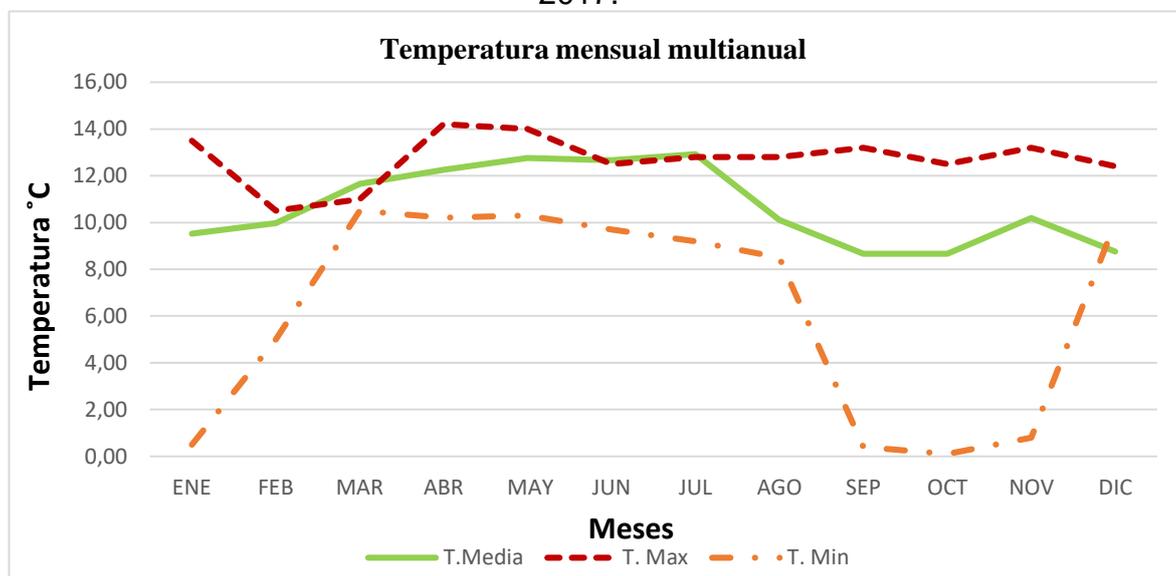
Sin embargo, a partir de los datos meteorológicos procesados se considera que las frecuencias de los rangos de velocidades de vientos constituyen la única variable de vientos en la que es posible identificar tendencias dado el cambio de dirección de origen de los vientos de 2013-2014 a 2016-2017, que como se mencionó anteriormente, siguió la misma tendencia en la modelación mensual para cada año. Fue posible identificar la tendencia de mayor frecuencia de calmas en los periodos nocturnos de 18:00 – 00:00 en contraste con las mayores velocidades medidas durante la jornada diurna para todos los años evaluados.

5.1.8.1.2. Temperatura

Se analizaron los datos de mediciones de temperatura medida por la estación de monitoreo Santa Cruz de Siecha debido a su representatividad y a la cercanía al

área del proyecto. Para el área de estudio entre los años 2013-2017 se registra una temperatura promedio de 9,85°C. En general, la amplitud térmica anual de 2° a 3°C. Los promedios más altos de temperaturas media se presentan entre los meses de marzo a mayo (Figura 5.44). Los promedios de temperatura máxima superan los 13°C, presentándose las más altas en los meses de enero, abril, mayo, septiembre y noviembre (Figura 5.44) en el caso de las temperaturas mínimas registradas para el mismo periodo de tiempo se registra que los promedios no superan los 5°C para los meses de enero y septiembre a noviembre. Los años con temperaturas medias más altas fueron 2013, 2016 y 2017 con temperaturas promedio sobre los 10°C.

Figura 5.44. Temperatura mínima, media y máxima mensual multianual 2013-2017.



Fuente: Autores

5.1.8.1.3. Presión atmosférica

Debido a que ninguna de las estaciones meteorológicas de monitoreo del IDEAM de la región disponen de mediciones de presión atmosférica bajo ningún período de medición, tal y como se muestra en la Tabla 5.47 no se presenta análisis de la tendencia de esta variable

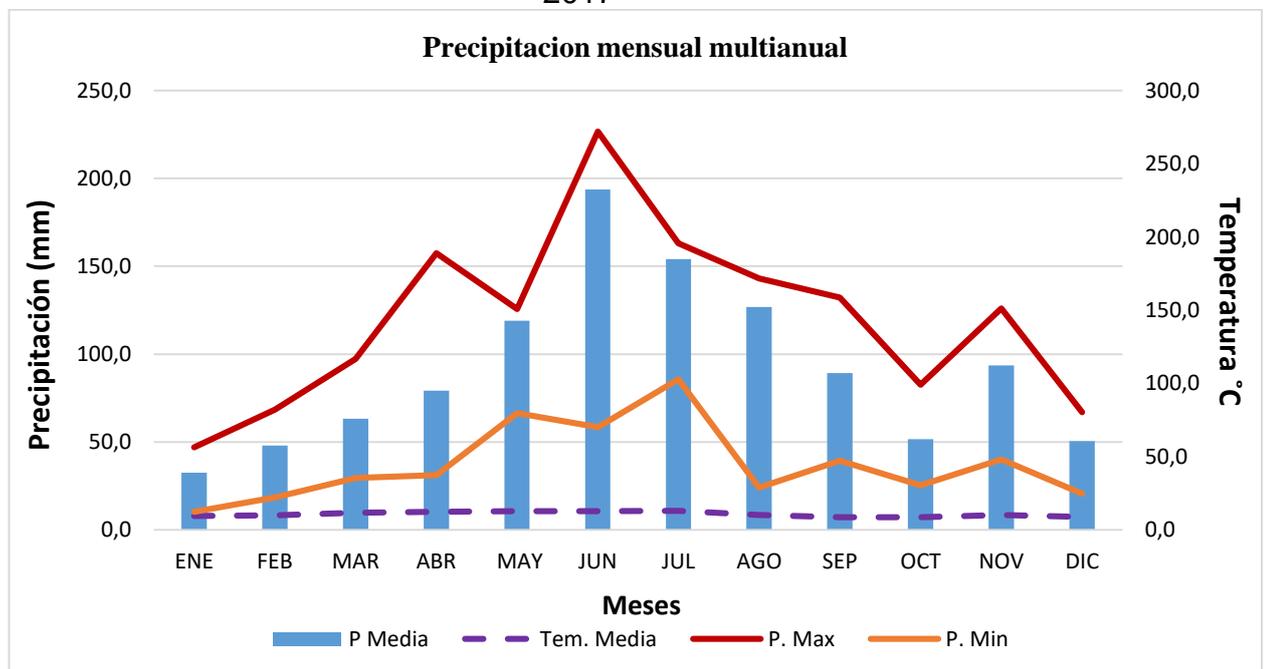
5.1.8.1.4. Precipitación

Se analizaron los datos de mediciones de precipitación medida por la estación de monitoreo Santa Cruz de Siecha debido a su representatividad y a la cercanía al área del proyecto. En la zona de estudio, para los años 2013 a 2017 se registró una precipitación promedio de 1079,4 mm, con una precipitación acumulada de 5397,2 mm. Se observa que los meses. El período de mayor precipitación se

presentó en mayo- noviembre, registrando un valor promedio más alto en el mes de junio de 193,6 mm. Los meses más secos se registran entre enero, febrero, octubre y diciembre con precipitaciones que no sobrepasan los 50 mm, marzo presenta una precipitación promedio de 63,2 mm, coincidiendo con la temperatura promedio más alta 11,3°C (Figura 5.45). Los años con menos precipitación registrada fueron 2013 y 2015 con precipitaciones acumuladas bajo 1000 mm anuales, los años con mayor precipitación fueron 2014, 2016 y 2017 con precipitaciones acumuladas que sobrepasan los 1000 mm anuales.

Es por esto que se considera que la distribución de la precipitación es del tipo monomodal, pues en general la región presenta un período de menor lluvia en los meses de diciembre y enero seguido de otro período menos notorio de baja precipitación en los meses de agosto y septiembre, pero sin déficits hídricos en el suelo debido a la ubicación geográfica del municipio, su altitud y su topografía. La temporada lluviosa empieza en abril y se prolonga hasta el mes de noviembre. En la parte oriental del municipio hacia el área de páramo, la precipitación alcanza un promedio del orden de más de 1800 mm/año presentando los valores más altos los meses de mayo, junio y julio, cada uno de estos con promedios de más de 200 mm/mes, lluvias ocasionadas un fenómeno donde los vientos procedentes de los llanos orientales descargan su humedad.

Figura 5.45. Precipitación mínima, media y máxima mensual multianual 2013-2017

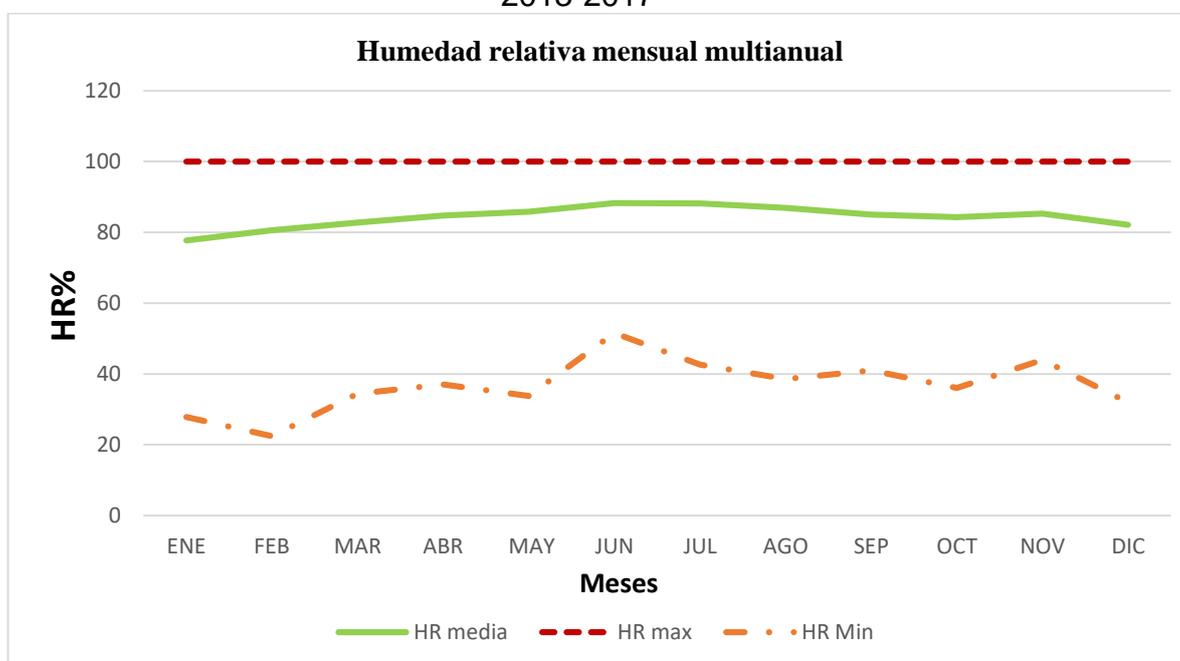


Fuente: Autores

5.1.8.1.5. Precipitación Humedad Relativa

Se analizaron los datos de mediciones de humedad relativa medida por la estación de monitoreo Santa Cruz de Siecha debido a su representatividad y a la cercanía al área del proyecto. El promedio multianual de humedad relativa (HR) para los años 2013-2016 es de 84%. Los promedios mensuales de humedad relativa altos se registran para los meses de febrero a diciembre sobrepasando 80%, para los 5 años en mención se registra un valor máximo de humedad relativa de 100%, mientras que los valores mínimos registrados para el mismo periodo están bajo el 30% de HR, que corresponde a los meses de enero y febrero (Figura 5.46).

Figura 5.46. Humedad Relativa mínima, media y máxima mensual multianual 2013-2017



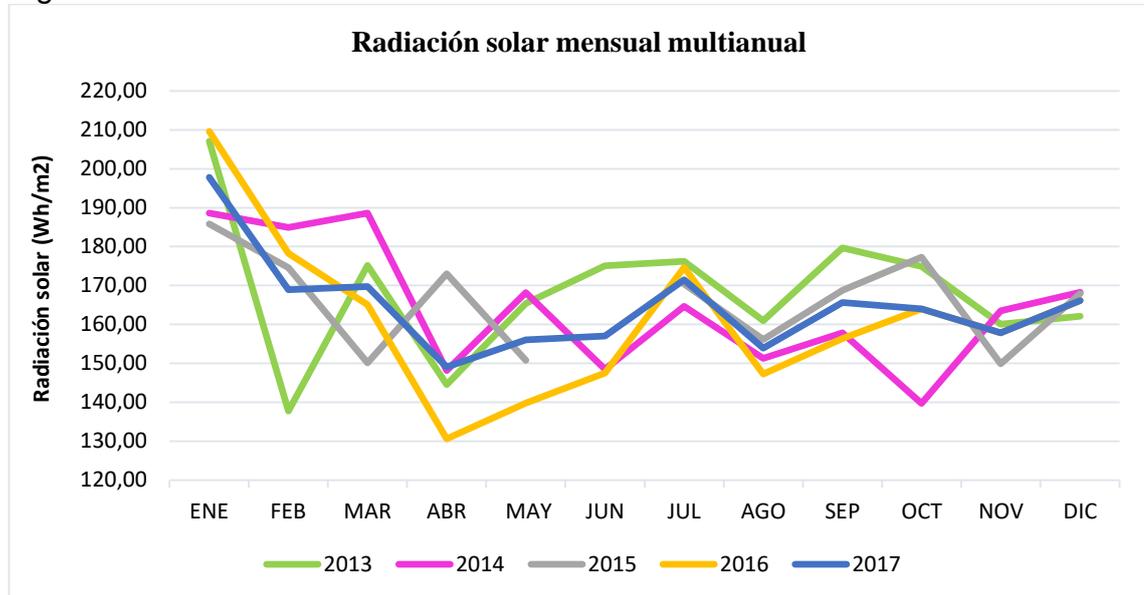
Fuente: Autores

5.1.8.1.6. Radiación solar

Los datos de radiación solar fueron procesados de los datos colectados por la estación meteorológica del IDEAM de Santa Cruz de Siecha, al ser esta la única con disponibilidad de esta variable. La radiación solar promedio mensual para el periodo evaluado en la región es de 164,8 Wh/m². La radiación promedio mensual durante los meses de enero a junio presentó una desviación estándar superior a 10 Wh/m², lo que sugiere que no hay una tendencia notable durante estos meses para el periodo de tiempo; en contraste, en los meses de julio a diciembre la desviación de las mediciones medias mensuales fue inferior a 9 Wh/m². Según la Figura 5.47, es posible identificar un pico de radiación en los meses de enero a marzo aun teniendo en cuenta la desviación presentada en

febrero de 2013 mientras que las mediciones medias más bajas de esta variable se dieron para todos los años en el mes de agosto.

Figura 5.47. Radiación solar media mensual multianual



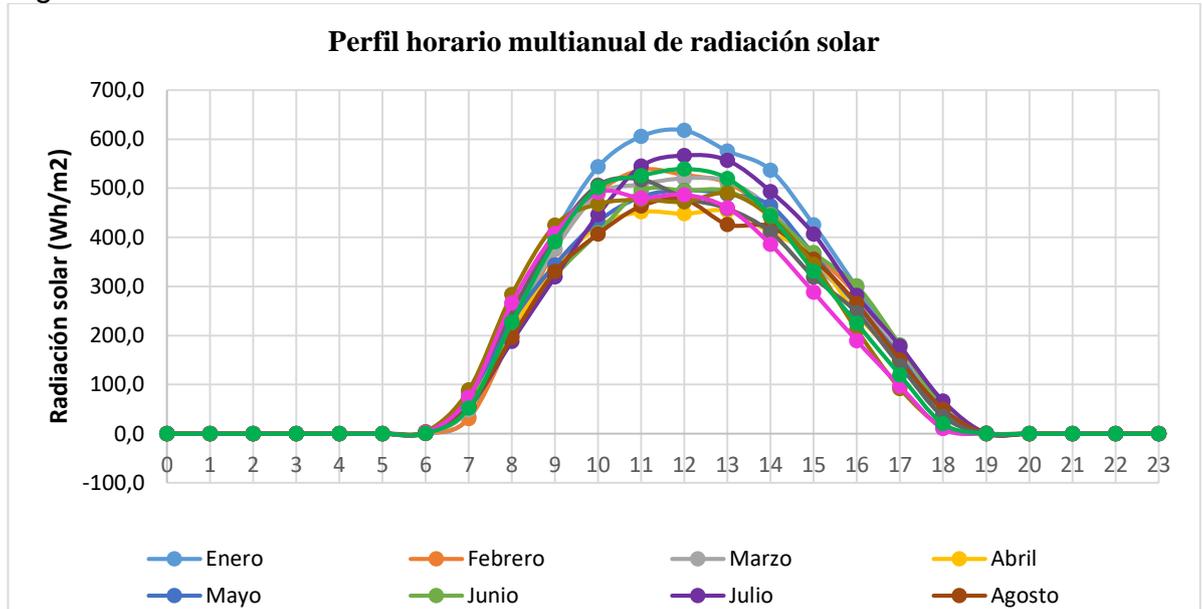
Fuente: Autores.

En la Figura 5.48 se encuentra el gráfico de los perfiles horarios multianuales de radiación solar que indica que, en general, las horas con mayor radiación solar corresponden al medio día entre 11:00 – 14:00. No obstante, se encontró que en los meses de diciembre, enero y julio la radiación solar presenta los valores más elevados mientras que en los meses de agosto, septiembre, noviembre y abril la radiación solar es más baja incluso en los meses que típicamente presentan altos valores.

5.1.8.1.5. Nubosidad

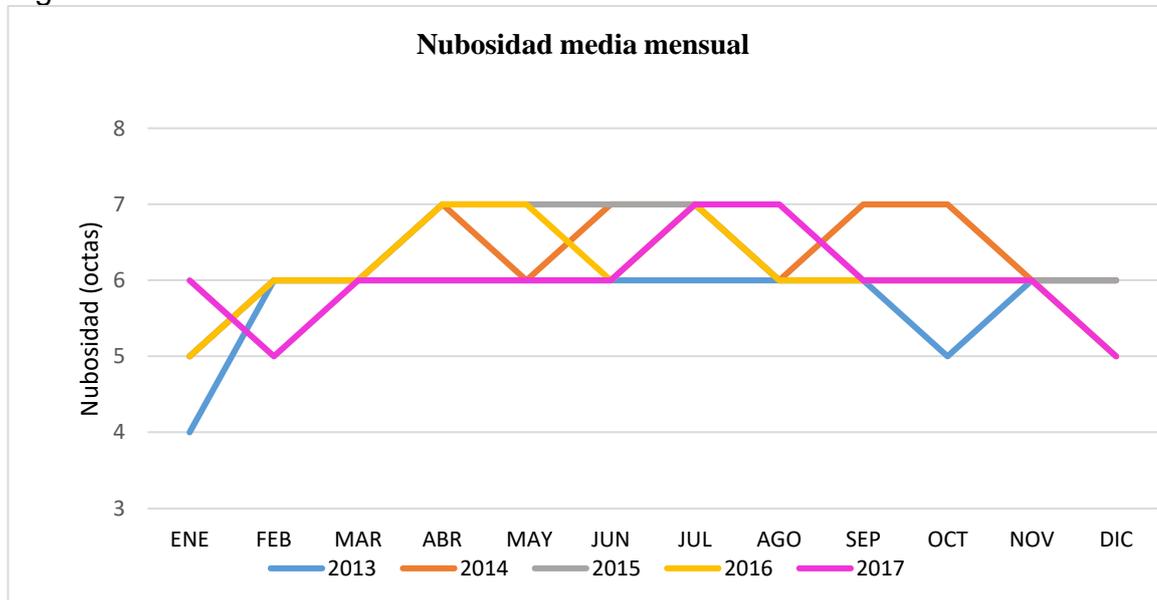
Los datos de nubosidad fueron procesados de los datos colectados por la estación meteorológica del IDEAM de Guasca, al ser esta la única con disponibilidad de esta variable; sin embargo, los datos disponibles corresponden a datos medios mensuales por lo que no fue posible establecer la tendencia de nubosidad horaria. La nubosidad promedio mensual para el periodo evaluado en la región es de 6 octas. Según la Figura 5.49, es posible identificar un periodo de menor nubosidad en los meses de octubre a marzo aun teniendo en cuenta la desviación presentada en octubre de 2014 mientras que las mediciones medias más bajas de esta variable se dieron para todos los años durante los meses de abril a agosto.

Figura 5.48. Perfil horario multianual de radiación solar



Fuente: Autores

Figura 5.49. Nubosidad media mensual multianual



Fuente: Autores.

5.1.8.2. Inventario de fuentes de emisiones

Descripción de fuentes de emisiones

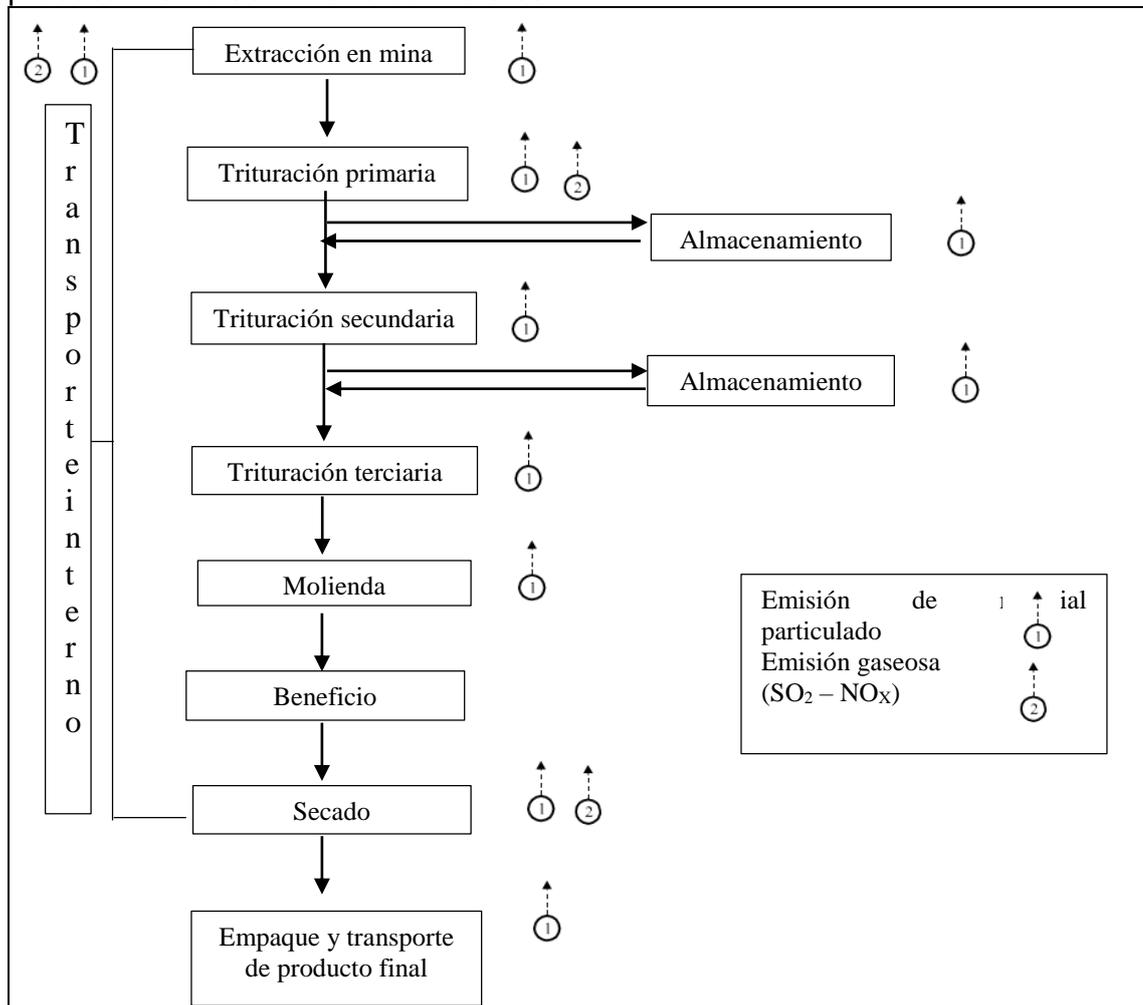
De acuerdo con el AP-42 de la US-EPA (USA Environmental Protection Agency) y el Ministerio de Minas de Colombia, la minería de metales subterránea genera principalmente emisiones de material particulado de fuentes dispersas por operaciones de la planta como: manipulación y transporte de material rocoso con óxidos de hierro extraído de la mina, centros de acopio temporales, planta de trituración de minerales, cargue de material y transporte. En la etapa de secado del mineral es posible que se generen emisiones de gases que se requiere determinar a través de mediciones directas partiendo de la caracterización química de la roca.

Dado que actualmente la Mina Los Pericos se encuentra en operación suspendida, el inventario de emisiones atmosféricas que se presenta a continuación se realizó con base en el diagrama de flujo del proceso estándar de extracción de hierro de minerales (Figura 5.50) y de las observaciones realizadas en las visitas de campo de la maquinaria disponible, centros de acopio y distribución de áreas productivas de la mina.

De acuerdo con la EPA en el AP-42 y la Resolución 909 de 2008 del Ministerio de Ambiente, que determina los parámetros de emisiones por parte de fuentes fijas de acuerdo al sector industrial, para la actividad de procesamiento de minerales y aleaciones ferrosas se ha establecido que las emisiones se componen en la mayoría de las veces de manera exclusiva por material particulado. Esto se debe a que las fuentes fijas generadoras de emisiones se tratan de trituradoras, tamizadores, elevadores de carga, bandas transportadoras, secadores y centros de acopio y cargue del producto; es decir, no se emiten otro tipo de contaminantes al aire debido a que no ocurren procesos de combustión interna o externa que generen gases.

Adicionalmente, la planta trituradora puede funcionar por poder eléctrico suministrado directamente por la red eléctrica municipal, en cuyo caso no se presentarían emisiones atmosféricas, o puede ser generado a través de una planta eléctrica a gasolina que al tratarse de un equipo de combustión externa emita material particulado, óxidos de azufre y óxidos de nitrógeno. Si la operación de la trituradora tiene asociado este proceso entonces se debe monitorear la emisión de la planta eléctrica de acuerdo con el artículo 7 de la Resolución 909 de 2008 del Ministerio de Ambiente para los parámetros mencionado anteriormente.

Figura 5.50. Diagrama de flujo de la generación de emisiones en el procesamiento de minería de metales



Fuente: US-EPA AP-42 Chapter 11:24 Metallic Minerals Processing

Por otro lado, el transporte del material y la maquinaria usada para la extracción el mineral en la mina subterránea también emite gases debido a que en estos vehículos se genera combustión. Según el tipo de combustible que requieran estos vehículos, usualmente diésel, se emitirán al aire: material particulado, óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno, metano y dióxido de carbono. No obstante, el control de estas emisiones se debe realizar por medio del mantenimiento de los motores de la maquinaria y el análisis de gases en las revisiones técnico-mecánicas periódicas reglamentarias.

Identificación de fuentes de emisiones

En la Tabla 5.48 se describen las fuentes de emisión encontradas en la mina los Pericos de acuerdo con el diagrama de flujo presentado anteriormente.

Tabla 5.48. Inventario de fuentes de emisión

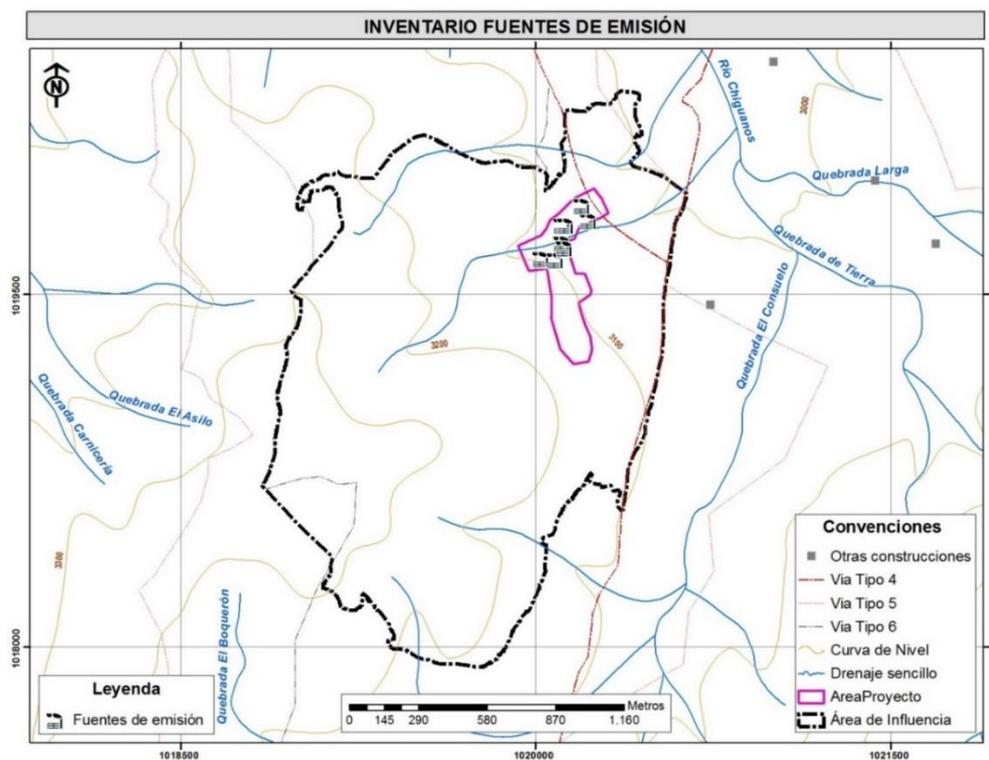
No.	Fuente de emisión	Georreferenciación (MAGNA SIRGAS Bogotá)	Tipo de fuente de emisión	Descripción de la fuente de emisión
1	Extracción en mina	4.77386944444444 73.897041666667	Fuente fija dispersa	Área actual en la que se encuentran los taludes en recuperación de la extracción a cielo abierto. Área que rodea la actual entrada a la mina con exposición de material rocoso extracción por voladura y cargue subterráneo de material.
2	Centro de acopio de materiales y herramientas	4.77380833333333 73.896577777778	Fuente fija dispersa	Ubicado a 50 m de la entrada de la mina sobre el extremo suroeste de la vía de acceso a la mina. Almacenamiento cotidiano de herramientas de extracción de minerales. Genera emisiones fugitivas o dispersas.
3	Trituradora	4.7744638888889 73.896244444444	Fuente fija dispersa	La estructura misma de la trituradora se considera como fuente dispersa pues no presenta ningún ducto o chimenea de emisión de material particulado. Genera emisiones puntuales y ocasionalmente emisiones gaseosas.
4	Cargue de material procesado	4.77428333333333 73.896147222222	Fuente fija dispersa	Manejo de material mineral a trituradora y de material procesado desde la trituradora. Genera emisiones fugitivas o dispersas.
5	Parqueadero de vehículos de carga pesada	4.7751527777778 73.896238888889	Fuente móvil	Área con presencia de partículas suspendidas por arrastre en maquinaria. Genera emisiones fugitivas o dispersas.
6	Centro de acopio material inerte	4.7751472222222 73.896111111111	Fuente fija dispersa	Pila de almacenamiento de material sobrante de la trituración. Genera emisiones fugitivas o dispersas.
7	Área de mantenimiento de vehículos de carga pesada	4.7753305555556 73.895247222222	Fuente fija dispersa	Área con presencia de partículas suspendidas por arrastre en maquinaria y actividades de mantenimiento. Genera emisiones fugitivas o dispersas.
8	Escombrera	4.7759111111111 73.895494444444	Fuente fija dispersa	Pila de almacenamiento de material sobrante de la trituración, extracción y actividades generales de mantenimiento. Genera

No.	Fuente de emisión	de	Georreferenciación (MAGNA SIRGAS Bogotá)	Tipo de fuente de emisión	Descripción de la fuente de emisión
					emisiones fugitivas o dispersas.
9	Tránsito de vehículos de carga pesada sobre vías sin asfalto		-	Fuente móvil	Transporte de maquinaria de extracción subterránea y de cargue de material sobre una vía interna de 0,5 Km. Genera emisiones fugitivas o dispersas.
10	Tránsito en vía veredal hacia la cabecera municipal de Guasca		-	Fuente móvil	Transporte de pasajeros y carga pesada desde la mina y cultivos aledaños. La vía se encuentra destapada. Genera emisiones fugitivas o dispersas.

Fuente: Autores

En la Figura 5.51 se localizan en una imagen satelital de la mina las fuentes de emisión de área, fijas y móviles que se encuentran en la mina bajo operación normal.

Figura 5.51. Localización de las fuentes de emisión en el área de influencia de la mina Pericos



Fuente: Autores

Nota: Dado que la imagen satelital usada para localizar las fuentes de emisiones data del 2016, el trazado del polígono considerado como fuente fija dispersa de

emisión de extracción de mineral se realizó según la georreferenciación de la cobertura de rétamo espinoso observada en campo en agosto de 2018.

Identificación de receptores de interés

La identificación de receptores sensibles se realizó a partir del conteo e identificación de los sitios de interés humano y natural cercanos a la mina en ausencia de modelación de dispersión de contaminantes emitidos para determinar el área de influencia de los mismos.

Asentamientos humanos: La vereda La Trinidad tiene la tercera menor densidad poblacional de municipio de Guasca según el Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres con 13 hb/Km² con 150 habitantes. Dado que el título minero constituye el 11% del área comprendida por la vereda según el plan de ordenamiento territorial (A= 11,40 Km²) se determina que la población de La Trinidad – sector Pericos se encuentra expuesta a las emisiones dispersas de material particulado.

Infraestructura social: En la vereda no se localizan instituciones educativas municipales o departamentales pues las más cercanas se encuentran en la vereda El Carmen y El salitre, por lo que se considera que no se encuentran expuestas a las emisiones aun con la dispersión que el material particulado pueda tener. El municipio cuenta con un centro de salud en la cabecera urbana dependiente del Hospital de Guatavita que debido a su distancia con la mina no se encuentra expuesto a las emisiones.

Infraestructura recreativa: En la Vereda La Trinidad – sector Paso Hondo se encuentra el centro recreacional Lagos de Siecha (4.7688833333333333 73.89997222222222) en el que se realizan actividades de pesca deportiva y caminatas ecológicas. Al tratarse de actividades al aire libre, se considera que la población ocasional de este centro se encuentra expuesta al material particulado emitido por la mina disperso.

Ecosistemas estratégicos: En la vereda La Trinidad y sus áreas limítrofes se encuentran áreas naturales protegidas declaradas por el Ministerio de Agricultura y CORPOGUAVIO que conservan remanentes del ecosistema estratégico páramo y constituyen corredores ecológicos entre los parches de páramo y pasos de fauna; es por esto, que no deben encontrarse expuestos a concentraciones elevadas de contaminantes del aire. En la Tabla 5.49 se mencionan las áreas naturales en estado de conservación y su ubicación.

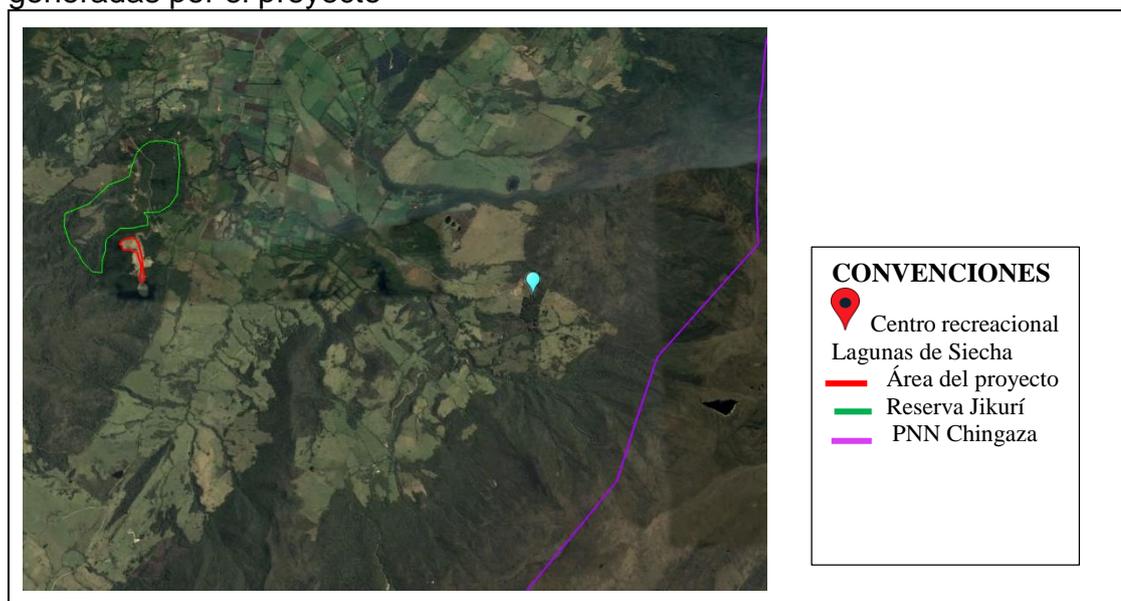
Tabla 5.49. Áreas naturales conservadas limítrofes cercanas a la Mina Los Pericos

Tipo de área natural	Nombre del área natural	Ubicación	Área (Ha)
Parque Nacional Natural	Chingaza	Vereda La Trinidad Complejo regional	2940
Reserva Forestal Protectora Regional	Santa María de las Lagunas	Vereda La Trinidad	82
Reserva Natural de la Sociedad Civil	El Encenillo	Vereda La Trinidad	185
Reserva Natural de la Sociedad Civil	Jikuri	Vereda La Trinidad	123

Fuente: Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres de Guasca (Cundinamarca) y RUNAP

En la Figura 5.52 se encuentra la localización geográfica de los receptores sensibles a las emisiones descritos anteriormente. En esta se debe tener en cuenta que los asentamientos humanos afectados corresponden a todas las viviendas que se encuentran dentro del área de influencia del proyecto; por otro lado, se encuentran señalados los límites de las áreas protegidas más cercanas a la mina que se considera poseen mayor propensión a la exposición de las emisiones y el centro recreacional Lagos de Siecha.

Figura 5.52. Localización geográfica de receptores sensibles a emisiones generadas por el proyecto



Fuente: Autores

La dispersión de material particulado generado por la manipulación del material rocoso con óxidos de hierro puede generar detrimento de la calidad del aire del área de influencia indirecta del proyecto, causando enfermedades respiratorias tanto a las personas que no suelen encontrarse expuestas a los niveles de inmisión habituales de una explotación minera como a los trabajadores de la mina. Por otro lado, la vegetación también se ve afectada por la deposición de polvo sobre las superficies foliares, pues genera obstrucción de los estomas encargados del intercambio gaseoso y captación lumínica, lo que incide directamente en una baja en la actividad fotosintética y cambios leves en la regulación del microclima.

5.1.8.3. Estimación de la emisión atmosférica

La minería metálica típicamente involucra la trituración de mineral y la separación de minerales valiosos de la roca matriz a través de diversos procesos de concentración. Estos procesos implican la emisión de material particulado al aire proveniente del molido de los minerales resultando en concentraciones considerables aun cuando las metodologías estandarizadas de extracción se ejecutan en medios acuosos que tienden a reducir sus concentraciones. El material particulado puede presentarse en tamaños que varían entre 1 -1000 μm y su composición química cambia de acuerdo a las características del material del cual se desprende.

En general, el procesamiento de minerales de hierro se realiza partiendo de que la roca matriz posee alta humedad por lo que los minerales deben ser secados para ser triturados, sin embargo, de manera posterior se realiza separación magnética en fase acuosa o húmeda, por lo que la estimación de las emisiones deben tener en cuenta que tanto el mineral con óxidos de hierro como las etapas productivas generadoras de emisiones poseen alta humedad. Se aclara que la emisión eventual de gases durante el proceso de secado debe ser determinada a partir de mediciones directas de los contaminantes atmosféricos criterio según la caracterización fisicoquímica de la roca extraída.

Debido a que el presente estudio ambiental hace parte de un ejercicio académico no fue posible determinar analíticamente las concentraciones de material particulado emitidas por las fuentes fijas, fugitivas y móviles presentes en la Mina Los Pericos, se reportan en la Tabla 5.50 los factores de emisión determinados por la US-EPA AP 42, Compilation of Air Pollutant Emission Factors. Estos valores son de uso válido por el IDEAM y el ministerio de Ambiente para realizar estimaciones de emisiones para industrias cuya operación o sistema de control de emisiones se encuentran proyectados.

Tabla 5.50. Factores de emisión para los procesos generadores de emisiones en minería de metales

Fuente de emisión	Factor de emisión (Kg/ton material)	
	Material Particulado	PM10
Triturador primario	0,01	0,004
Triturador secundario	0,03	0,012
Triturador terciario	0,03	0,01
Molienda húmeda	Negativo	Negativo
Molienda seca con clasificación por presión de aire	14,4	13
Manejo y transferencia de material	0,005	0,002

Fuente: US-EPA AP-42 Chapter 11:24 Metallic Minerals Processing

Los valores referenciados del AP-42 mencionado anteriormente se obtuvieron a partir del análisis estadístico de mediciones de campo tomadas en industrias mineras en Estados Unidos por un representativo periodo de tiempo que resultaron significativas para la estandarización de concentraciones de emisiones para estos procesos. De acuerdo con la Guía para la elaboración de inventarios de emisiones atmosféricas de 2017 del Ministerio de Ambiente, la estimación de emisiones atmosférica por medio de factores de emisión requiere usar el factor de emisión de la sustancia para la actividad y el factor de actividad de la actividad durante el tiempo.

No obstante, la actividad de trituración de material mineral no requiere del uso de una caldera de combustión, por lo que el factor de actividad corresponde para este caso a las toneladas de material producido en un período de tiempo (1 año). A partir de los datos previamente mencionados, en la Tabla 5.51 se encuentran las estimaciones de las emisiones de material particulado, y específicamente de partículas menores a 10 micras, generadas por cada proceso generador de emisiones según los datos de producción proyectada de la mina durante el tiempo de extracción otorgado por la autoridad ambiental.

Tabla 5.51. Estimación de emisiones anuales por medio de factores de emisión y producción proyectada

Producción proyectada	Año 1 (5000 Ton)		Año 2 (60000 Ton)		Año 3 (120000 Ton)		Año 4 – 20 (170000 Ton/año)	
	MP	PM10	MP	PM10	MP	PM10	MP	PM10
Concentración (Kg)								
Fuente de emisión								
Triturador primario	50	20	600	240	1200	480	1700	680
Triturador secundario	150	60	1800	720	3600	1440	5100	2040
Triturador terciario	150	50	1800	600	3600	1200	5100	1700
Molienda húmeda	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.

Producción proyectada	Año 1 (5000 Ton)		Año 2 (60000 Ton)		Año 3 (120000 Ton)		Año 4 – 20 (170000 Ton/año)	
Molienda seca con clasificación por presión de aire	72000	65000	864000	780000	1728000	1560000	2448000	2210000
Manejo y transferencia de material	25	10	300	120	600	240	850	340

Fuente: Autores

En el futuro se recomienda realizar mediciones directas de las emisiones generadas por la fuente fija a través de monitoreos realizados por un laboratorio acreditado por el IDEAM que cumplan con los requerimientos establecidos en la Resolución 909 de 2008 previamente mencionada y con los estándares de calidad de la US-EPA para muestreo de material particulado, SO₂ y NO_x en los métodos EPA 1 – 7. Por otro lado, las emisiones generadas por fuentes móviles se deben monitorear por medio de muestreos activos de calidad del aire específicos para estos parámetros que cumplan con los requerimientos de la Resolución 2254 de 2017.

Si bien actualmente las emisiones generadas por la trituradora no están siendo controladas para mitigar los efectos negativos que puedan causar al ambiente se propone implementar posteriormente un sistema de extracción de polvo tipo Filtro de mangas como sistema de control de emisiones para la mitigación de Material Particulado, tal y como se describe a continuación.

Sistema de control de emisiones atmosféricas

Descripción del sistema de control de emisiones

Una unidad de filtro de tela consiste de uno o más compartimientos aislados conteniendo hileras de bolsas de tela, en la forma de tubos redondos, planos o formados, o de cartuchos plizados. El gas cargado de partículas pasa generalmente a lo largo del área de las bolsas y luego radialmente a través de la tela. Las partículas son retenidas en la cara de las bolsas corriente arriba y el gas limpio es ventilado hacia la atmósfera. El filtro es operado cíclicamente, alternando entre períodos de filtrado relativamente largos y períodos cortos de limpieza. Durante la limpieza, el polvo que se ha acumulado sobre las bolsas es removido del área de la tela y depositado en una tolva para su disposición posterior.

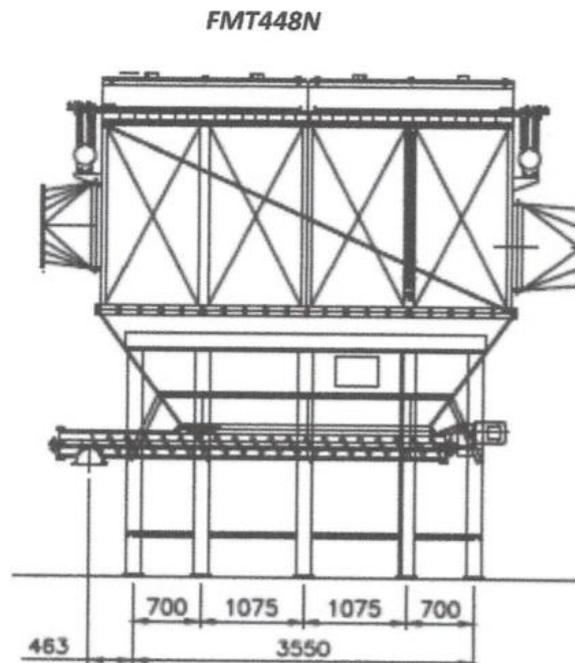
Los filtros de tela recolectan partículas de tamaños que van desde las submicras hasta varios cientos de micras de diámetro, con eficiencias generalmente en exceso al 99 o 99.9 por ciento. La capa de polvo o plasta recolectada sobre la tela es la razón principal de esta alta eficiencia. La plasta es una barrera con poros tortuosos que atrapan a las partículas a medida que viajan por la plasta. En algunas configuraciones pueden acomodarse rutinariamente temperaturas de gas hasta cerca de 260°C, con picos hasta cerca de 287°C. La mayor parte de la energía utilizada para operar el sistema aparece como caída de presión a

través de las bolsas, y de las partes y conductos asociados. Los valores típicos de la caída de presión del sistema varía desde cerca de 5 hasta 20 pulgadas de agua. Los filtros de tela se utilizan donde se requiere una alta eficiencia de recolección de partículas. Se imponen limitaciones por las características del gas (la temperatura y la corrosividad) y por las características de las partículas (principalmente la adhesividad), que afectan a la tela o a su operación y que no pueden ser tomadas en cuenta económicamente.

El filtro a instalar cuenta con un sistema de limpieza por chorro pulsante. Las ventajas de la limpieza por chorro pulsante comparada con las filtros de bolsas con agitación o con aire a la inversa es la reducción en el tamaños del compartimiento de bolsas (y el costo de capital) permitida al usar menos tela debido un las relaciones más altas de gas-a-tela y, en algunos casos, por no tener que construir un compartimiento adicional para la limpieza fuera de línea. Esta forma de limpieza usa aire comprimido para forzar que un golpe de aire descienda a través de la bolsa y la expanda violentamente; la tela alcanza su límite de extensión y el polvo se separa de la bolsa. Así como en los filtros de mangas con agitación, el aire escapando a través de la bolsa lleva el polvo separado del área de la bolsa; sin embargo, en los chorros a pulso los flujos de gas de filtración se oponen en dirección a los polvos, o sea, de afuera hacia adentro.

En la Figura 5.53 se muestra el equipo de control de emisiones (Filtro de mangas) que se propone instalar.

Figura 5.53. Sistema de control de emisiones (filtro de mangas) propuesto



Fuente: Autores

De esta manera, el filtro de mangas se compone de:

- Sección superior: Puerta de inspección e inyectores tipo jet-pulse para limpieza de las mangas.
- Sección intermedia: Montaje de 448 mangas, con el suficiente dimensionamiento para la circulación de los gases y de las partículas sólidas.
- Sección inferior: Silo depósito de finos recuperados y de donde serán conducidos vía sin-fin de 10" a la zona de mezcla dentro del homomezclador. Accionamiento por moto-reductor eléctrico.

Plan de contingencia ante fallas del sistema de control de emisiones

Los parámetros que afectan el funcionamiento global de un filtro de mangas son:

- Relación gas-a-tela: Como parámetro de diseño, se ha establecido una determinada relación gas-a-tela, teniendo en cuenta la producción máxima esperada. Si la relación gas-a-tela a nivel operativo es demasiado alta, conduce a caídas de presión más altas, mayor penetración de las partículas (eficiencia de recolección más baja) y una limpieza más frecuente que reduce la vida útil de la tela. Si por otra parte, la relación gas-a-tela es demasiado baja, podría pensarse que se requieren más mangas para efectuar la labor de control.

- Temperatura del gas: Como parámetro de diseño, se ha establecido un rango específico de temperatura para la adecuada operación del filtro. En los filtros de chorro pulsante, la temperatura del gas afecta inversamente la velocidad de paso del gas a través de las mangas, por lo cual un aumento en la temperatura del gas reduce la retención de partículas y puede ocasionar daños en la tela.

- Características físicas de las partículas/carga de polvo: Como parámetro de diseño, se ha evaluado el diámetro de las partículas que se recolectaran en las mangas, así como la carga de polvo esperada en la entrada. Caudales muy elevados de gas de salida y un incremento en la carga de partículas a) reducen sustancialmente la eficiencia de recolección porque forman una plasta muy densa y aumentan la caída de presión, b) hacen que se requiera una limpieza más frecuente de las mangas, que reduce la vida útil de la tela.

- Humedad de la corriente del gas: Como parámetro de diseño, se han considerado las condiciones de humedad de la corriente del gas de salida, así que incrementos inesperados de la misma con aumento de la humedad pueden disminuir la efectividad de la recolección y causar daños estructurales en el equipo de control.

En la Tabla 5.52 se mencionan la fallas que pueden llegar a presentarse durante la operación de la planta de producción de mezclas asfálticas y se presenta también las soluciones a cada una de situaciones expuestas.

Tabla 5.52. Acciones a tomar frente a fallas del sistema de control de emisiones

FALLA	COMPONENTES DEL EQUIPO	CONTROL/ SOLUCION
Aumento de la producción por encima de los valores límites de operación del filtro	Planta de asfalto	<ul style="list-style-type: none"> • Re-programación de labores de producción • Verificación que la operación de limpieza de las mangas se continúe efectuando correctamente • Verificación del peso específico del material y del porcentaje de material pasante por a criba no. 8 y modificación a valores estándar • Verificar el estado de las mangas y cambio si aplica • Medición del contenido de humedad en la corriente de gas y hacer ajustes para garantizar valores estándar requeridos • Verificación de la estructura de la casa de mangas (tres componentes)
Aumento en la temperatura quemado de combustible	Quemador	<ul style="list-style-type: none"> • Verificación de la operación del quemador y suspensión de la operación • Verificación del análisis del combustible que se está empleando para garantizar su poder calorífico superior en los valores requeridos • Verificación de los inyectores de combustible y mantenimiento • Verificar el estado de las mangas y cambio si aplica • Medición del contenido de humedad en la corriente de gas y hacer ajustes para garantizar valores estándar requeridos
Cambios en la composición del material mineral	Trituradora	<ul style="list-style-type: none"> • Verificación dl peso específico del material y modificación a valores estándar • Verificar el estado de las mangas y cambio si aplica • Verificación que la operación de limpieza de las mangas se continúe efectuando correctamente • Medición del contenido de humedad en la corriente de gas y hacer ajustes para garantizar valores estándar requeridos
Disminución en la cantidad de polvo recolectado	Tolva de recolección de polvo	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar que la programación de limpieza de las mangas se esté efectuando adecuadamente • Verificar el estado de las mangas y cambio si aplica • Verificar que no haya habido cambios en la producción, aumento de la temperatura de quemado del combustible o en la composición del mineral extraído

Fuente: Autores

El Jefe de planta y el residente son los responsables del cumplimiento del plan de contingencia en caso de una eventual falla en los sistemas de control, así como del diligenciamiento de los formatos y conservación de los registros incluidos dentro del plan de contingencia. En la planta se tiene la preparación técnica necesaria en materia de operación y mantenimiento de la planta de mezclado. Se puede acceder con facilidad al proveedor del sistema para

manejo de fallas específicas. Los operarios de la planta y demás responsables tienen a su disposición herramientas mecánicas, neumáticas, eléctricas y electrónicas que les permite actuar rápida y eficazmente ante una situación anormal o para dar cumplimiento a los planes de mantenimiento preventivo y correctivo.

En la igura 5.54 se muestra el diagrama de flujo del procedimiento operativo de respuesta en caso de una falla del sistema de control de emisiones.

Actuaciones establecidas ante una contingencia

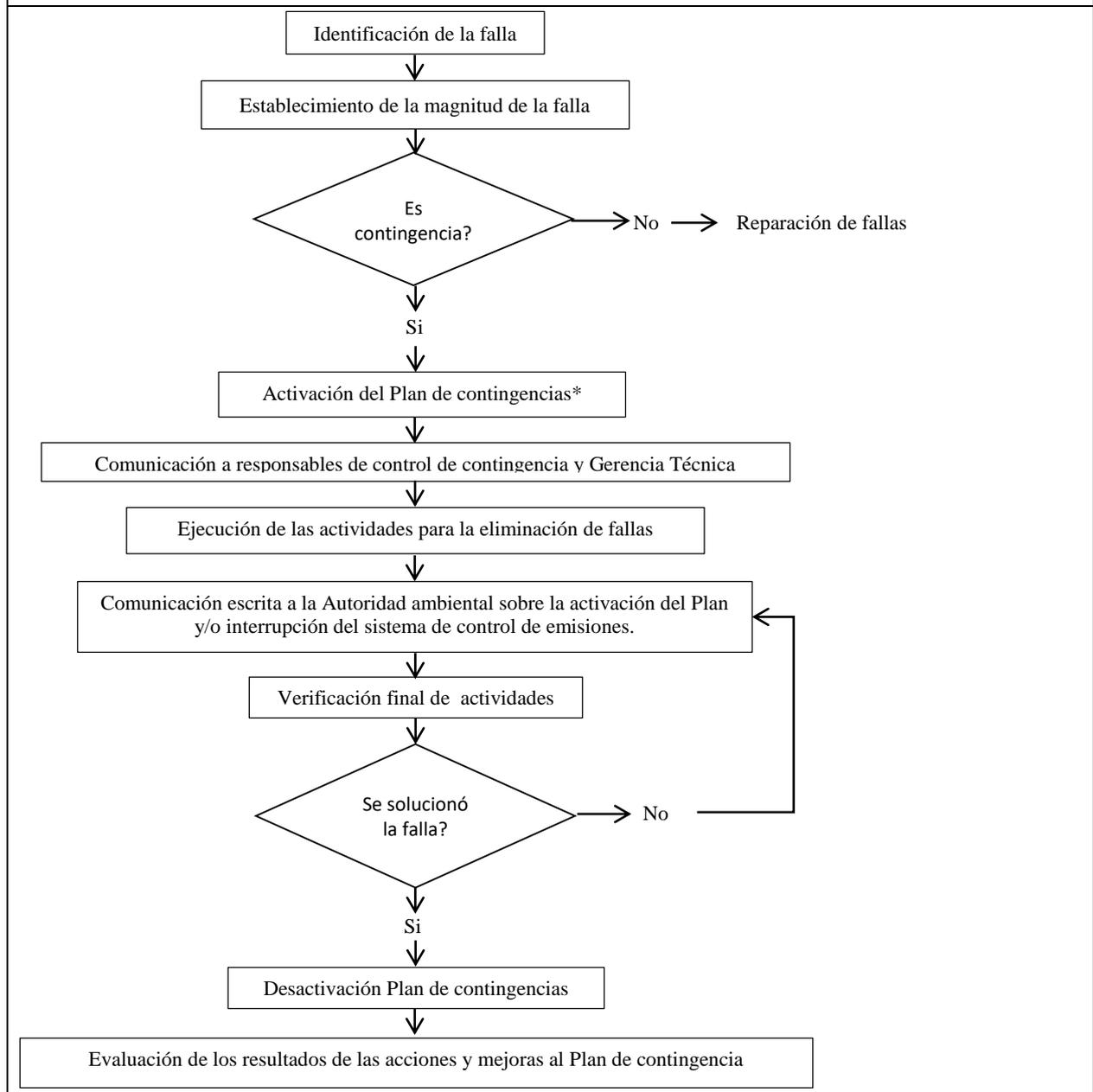
Antes de que se presente una situación

Antes de la operación se realiza un chequeo por parte del operador de la planta del cual se alimenta el respectivo programa de mantenimiento al evidenciar fallas, deterioro o desgaste, entre otros; de allí se realiza la programación de la actividad (mantenimiento preventivo) y si es necesario se suspende la operación y producción de la planta.

Si de manera voluntaria o por una actividad programada se va a suspender el funcionamiento del sistema de control o alguno de sus componentes se debe informar a la corporación ambiental por medio de un oficio con radicado donde se expongan los motivos por los cuales se va a suspender el funcionamiento de los sistemas de control, con mínimo tres (3) días hábiles de anticipación y se debe incluir la siguiente información:

- Nombre y localización de la fuente de emisión.
- Lapso durante el cual se suspenderá el funcionamiento del sistema de control.
- Cronograma detallado de las actividades a implementar.

Figura 5.54. Procedimientos operativos de respuesta en caso de falla de los sistemas de control



Fuente: Autores

Durante una situación

Al evidenciar fallas en la inspección del sistema de control de emisiones, se programa inmediatamente el mantenimiento de las partes deterioradas o que presentan desgaste; si la fisura, daño o desgaste compromete el funcionamiento del sistema de control de emisiones se suspende la operación y producción de mezcla asfáltica para realizar el mantenimiento respectivo.

Al presentarse una falla en el sistema de control de emisiones o en alguno de sus componentes y de seguir la operación de la planta, deber darse aviso de alerta ambiental en la instalación, para que todo el personal que se encuentre en la zona de afectación directa use la máscara para material particulado adecuada durante el funcionamiento de la planta con falla en el sistema de control.

Debe realizarse la parada de la planta sacando todo el material que pudiera generar problemas en la maquinaria y evitando todas las actividades que generen material particulado dentro de la planta y se procede a la reparación de acuerdo a la falla presentada.

Al evidenciar la obstrucción de líneas que transportan líquido se desmonta el tramo, se realiza una limpieza mecánica y se vuelve a ensamblar y montar.

Al evidenciar un daño o falla mecánica en cualquier componente del sistema se realiza su inmediata reparación; para ello se determinan el número de partes averiadas y las necesidades de solicitar o no algún componente al almacén de la planta, así mismo y en todos los casos se suspende la operación de la planta hasta controlar la falla.

Si la falla es de origen eléctrico el operador de la planta informa inmediatamente al Personal Técnico Eléctrico quien se encarga del diagnóstico y aplicación de correctivos, evaluación de la necesidad de cambio de partes, solicitud al almacén de repuestos y posteriormente realizan la reparación. En todos los casos se suspenden las actividades de producción de mezcla asfáltica.

Después de la situación

Cuando las fallas que se presenten en el sistema de control de la contaminación del aire requieran un tiempo para su reparación superior a tres (3) horas por cada día, se debe informar a la Corporación ambiental por medio escrito dentro del siguiente día hábil a la falla por medio de un oficio radicado que contenga la siguiente información:

- Nombre y localización de la fuente de emisión.
- Las causas de la falla y su naturaleza.
- Lapso aproximado durante el cual se suspenderá la operación del sistema de control por culpa de la falla.

Plan de mantenimiento

El mantenimiento preventivo a los componentes del sistema de control de emisiones hace parte integral del plan de mantenimiento general de la planta trituradora y se alimenta de acuerdo con las inspecciones pre-operativas. Los intervalos de mantenimiento indicados se deben respetar, ya que, de lo contrario, podrían producirse daños o un desgaste excesivo en las máquinas y la instalación.

Se realizarán exámenes e inspecciones a diario para detectar desgaste y falta de estanqueidad y rectificar los problemas cuando es necesario. Los motores, engranajes, acoplamientos, bombas, ventiladores, equipos de seguridad, serán empleados teniendo en cuenta el plan de mantenimiento y lubricación, así como la documentación suministrada por los proveedores.

De acuerdo con lo establecido en la Resolución 909 de 2008 “Las actividades de mantenimiento deben quedar registradas en la minuta u hoja de vida del sistema de control, documento que será objeto de seguimiento cuando la autoridad ambiental competente lo establezca, o durante una visita de seguimiento y control por parte de la misma.”, por lo cual se deben diligenciar los formatos de mantenimiento.

5.1.8.4. Calidad del aire

La mina Los Pericos no cuenta con datos de concentración de contaminantes criterio resultante de monitoreo de calidad del aire de inmisión realizados en los últimos dos años o anteriormente. En tal caso, los términos de referencia establecen que se debe realizar la línea base bajo los lineamientos del Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire del 2008 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial; sin embargo, al constituir este estudio ambiental un este ejercicio académico no es posible obtener datos de mediciones realizadas por un laboratorio acreditado por el IDEAM con los criterios de calidad y técnicos exigidos en el protocolo.

Con el propósito de evaluar desde un enfoque técnico la calidad del aire de la mina y su área de influencia se requiere analizar datos de mediciones de PST, PM10 y PM2.5 de al menos dos estaciones de calidad del aire: estación de fondo y estación indicativa con propósito de monitoreo industrial. Actualmente, la norma para el monitoreo de calidad del aire vigente, Resolución 2254 de 2017, exige que dentro los contaminantes criterio de medición se excluye el PST y se hace obligatorio la medición de PM10 Y PM2.5; por lo que son estos últimos los objetivos de la presente evaluación.

Para esto se obtuvieron datos históricos de las mediciones de PM10 y PM2.5 de las estaciones de monitoreo de la calidad del aire más cercanas a la mina; en ausencia de reportes en la plataforma SISAIRE de estaciones de monitoreo en la jurisdicción de CORPOGUAVIO, las mediciones presentadas en las Figura 5.55 y 5.56 corresponden a las realizadas en las inmediaciones del municipio de Guasca en jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR ubicadas en el sector de Briceño en el municipio de Sopó y en la alcaldía del municipio de La Calera.

Figura 5.55. Gráfica de mediciones multianuales de concentraciones de PM10

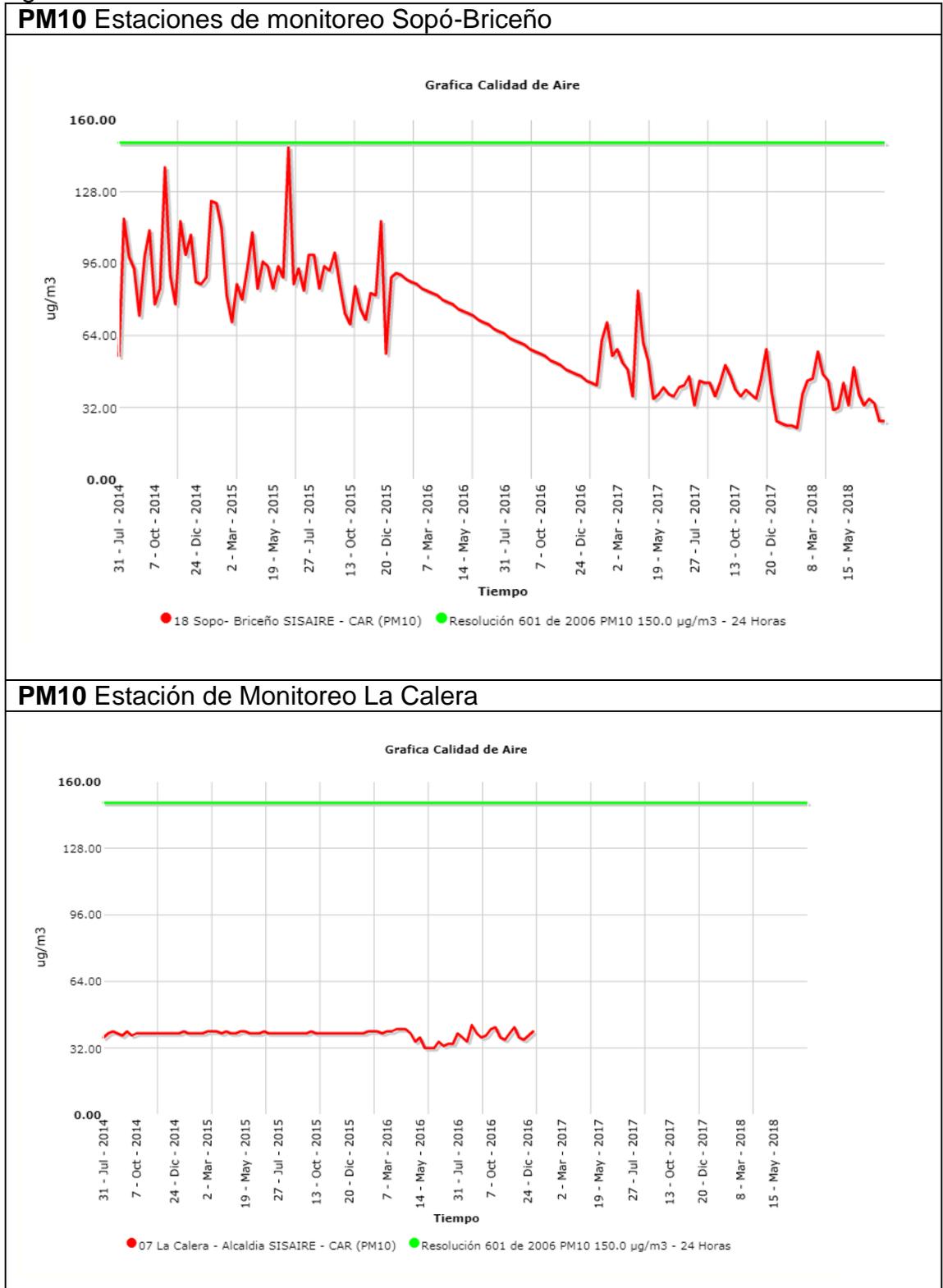
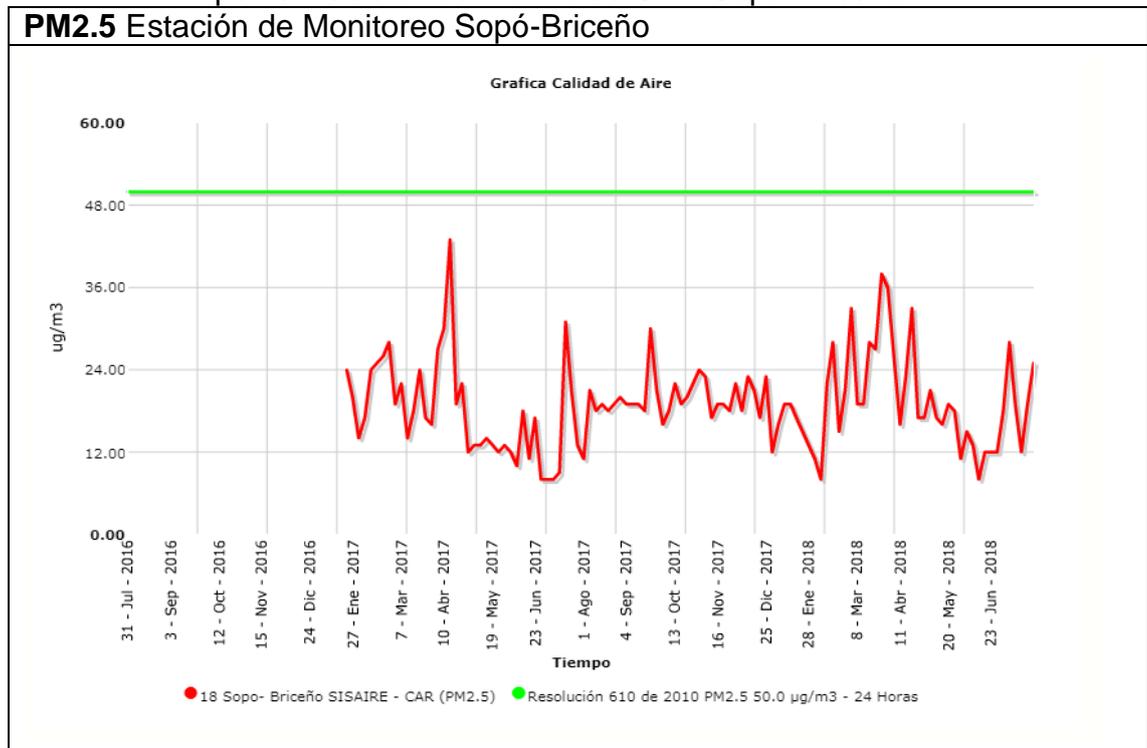


Figura 5.56. Gráfica de mediciones multianuales de concentraciones de PM2.5 por la Estación de Monitoreo CAR Sopó-Briceño



Fuente: SISAIRE

Las gráficas muestran una comparación entre los datos que corresponden a las medias mensuales de las concentraciones de 24 horas de los dos contaminantes durante el período de tiempo en el que las mediciones fueron confiables y validadas por la CAR con el límite normativo permisible por la Rsln. 610/2010 de calidad del aire, norma no vigente. No obstante, la regulación vigente, Rsln. 2254/2017, presenta el mismo valor máximo permisible de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ PM_{2.5} para las mediciones diarias mientras que el valor límite permisible de PM₁₀ se redujo de 150 a $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para el mismo método de medición.

En consecuencia, se encontró que para el área circundante de la estación de monitoreo Sopó-Briceño, de julio a noviembre de 2014, cerca del 80% de las concentraciones de PM₁₀ excedieron el límite actual permisible, lo que sugiere que la calidad del aire fue inadecuada para grupos sensibles de la población, pero se encontró en niveles inferiores a la declaratoria de prevención. A pesar que la estación no cuantificó este tipo de contaminante durante el 2016, a partir de 2017 las concentraciones de este contaminante disminuyeron notablemente, siendo en todos los casos inferiores a $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$, cumpliendo con la normatividad vigente. Solamente a partir de enero de 2017 esta estación de monitoreo dispone de reportes de mediciones de PM_{2.5}, evidenciando que las concentraciones se han mantenido notablemente inferiores al límite normativo y sugiriendo que la calidad del aire es aceptable.

Por otro lado, en el área circundante de la estación de monitoreo La Calera – Alcaldía la calidad del aire en cuanto a concentración de PM10 fue notablemente mejor respecto al mismo período de tiempo medido por la estación Sopó-Briceño pues las concentraciones no sobrepasaron los 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Debido a que la estación de monitoreo no ha registrado mediciones de este parámetro a partir de enero de 2017 y que no posee el quipo para la medición validada de PM2.5, no es posible evaluar la calidad del aire del área de influencia durante los últimos dos años.

El amplio contraste entre la presencia de PM10 en el área evaluada por la estación de monitoreo de La Calera respecto a la evaluada por la estación de monitoreo de Sopó-Briceño evidencia que la ocurrencia de una vía interdepartamental contribuye representativamente a la concentración de material particulado y a su dispersión al ser las vías canales de viento respecto a las bajas mediciones en la cabecera municipal de La Calera. La baja concentración de PM2.5 en la estación localizada en Briceño demostró que aun cuando las fuentes principales de emisión de estas partículas son los vehículos de combustión de diésel que transitan constantemente por el área, la calidad del aire no se ha dañado debido probablemente a fenómenos meteorológicos y la gran extensión de parches de bosque nativo remanente y cultivos agroforestales de la zona que retienen estas partículas. Sin embargo, la elevada variación de los resultados medios mensuales indica que la concentración de fuentes de emisión de PM2.5 presenta una temporalidad que puede verse sesgada a la expansión de la zona industrial y a los fenómenos meteorológicos anuales.

Las estaciones de monitoreo de calidad del aire más cercanas al área de influencia de la mina demostraron que las mediciones tomadas durante los últimos cuatro años han sido buenas pues de acuerdo con la normatividad colombiana, al ser inferiores a los límites normativos representan calidad del aire adecuada para la exposición constante de la población. Los resultados globales de las mediciones de estas dos estaciones sugieren que la concentración de PM10 es significativa de una amplia variedad de fuentes de emisión que incluyen actividades mineras, de tránsito y otras de tipo industrial que causan un detrimento en la calidad del aire pero que según los valores límites máximos normativos no generan efectos adversos sobre la salud humana pero sí pueden implicar daños en la salud de la fauna nativa y doméstica que se moviliza por estos corredores de bosque altoandino y reservas naturales así como intervención en la actividad fotosintética de la flora nativa por deposición de partículas en la superficie foliar.

5.1.8.5. Modelación de calidad del aire

La modelación de la calidad del aire de la mina y su área de influencia debe ser representativa y significativa de los escenarios actuales y proyectados de la operación de la mina, para lo que requiere según la regulación nacional de:

- Resultados de mediciones directas de las emisiones por fuentes fijas y móviles dentro del título minero.

- Resultados de mediciones directas de la calidad del aire por medio del establecimiento de un sistema de vigilancia temporal de tipo indicativo industrial con estaciones de monitoreo industrial y de fondo que permitan tener valores de referencia de los contaminantes criterio para la actividad minera.
- Topografía detallada de la mina y área de influencia para establecer los parámetros de la simulación de la dispersión de los contaminantes.
- Datos meteorológicos multianuales que brinden información representativa y confiable de las direcciones y velocidades predominantes del viento.
- Conocimiento de la ejecución de los programas especializados para la modelación de calidad del aire. Esto incluye la calibración del modelo con concentraciones de fondo de inmisión y datos históricos de emisiones.

Es por lo anterior que en este ejercicio académico no es posible realizar la modelación de la calidad del aire en la mina y su área de influencia.

5.1.8.6. Ruido y vibración

5.1.8.6.1. Inventario de fuentes de generación de ruido

En la Tabla 5.53 se describen las fuentes de generación de ruido encontradas en la mina los Pericos respecto a las fuentes de emisiones identificadas anteriormente y fuentes naturales.

Tabla 5.53. Inventario de fuentes de generación de ruido

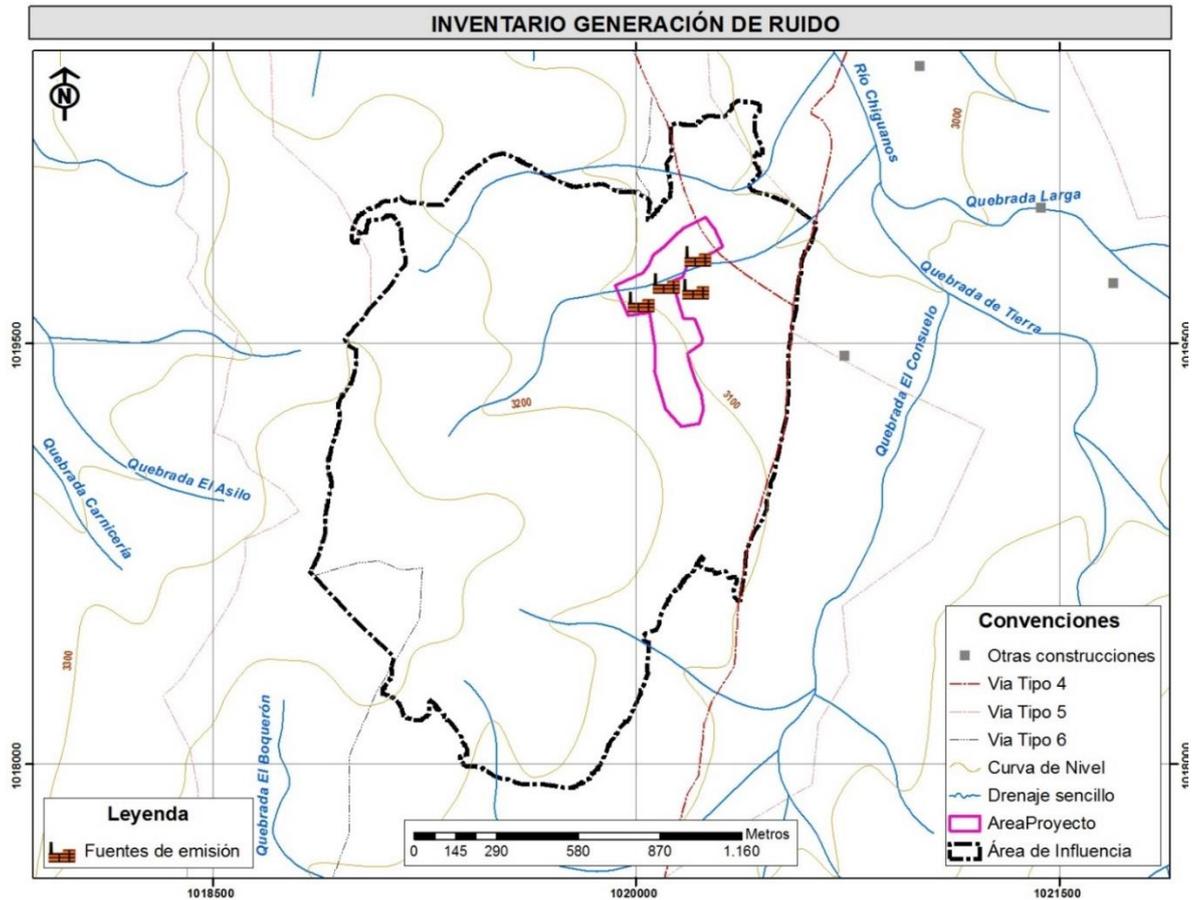
No.	Fuente de generación de ruido y vibración	Georreferenciación	Descripción de la fuente
Antrópicas			
A	Trituradora	4.774463888889 73.896244444444	El funcionamiento de la trituradora por rompimiento de material sólido duro causa vibraciones en el área de suelo ocupada y ruido durante el quebrantamiento de rocas.
B	Planta eléctrica de la trituradora	4.773808333333 73.896577777778	La operación de la planta eléctrica como fuente de poder de la trituradora causa ruido durante su tiempo de funcionamiento.
C	Área de mantenimiento de vehículos de carga pesada	4.775330555556 73.895247222222	El movimiento de los vehículo y partes de los mismos, así como pruebas de operación generan ruido en la zona más baja del predio de la mina.

No.	Fuente de generación de ruido y vibración	Georreferenciación	Descripción de la fuente
D	Tránsito de vehículos de carga pesada sobre vía interna y veredal sin asfalto	-	El tránsito de los vehículos de carga pesada sobre vías sin asfalto causa vibraciones en las áreas que limitan con las vías y ruido por la fricción del vehículo cargado y el material pétreo de las vías.
E	Cargue de material procesado y Centros de acopio de material	4.77514722222222 73.8961111111111	Manejo de material mineral a trituradora y de material procesado desde la trituradora. Genera emisiones fugitivas o dispersas.
F	Extracción en mina	4.77386944444444 73.8970416666667	La voladura y extracción manual y por arrastre del mineral con óxido de hierro genera vibraciones en la tierra y ruido. Estos efectos alteran las capas superficiales del suelo y los taludes en recuperación rodeados por vegetación sucesional temprana.
Naturales			
-	Quebrada Curíes	-	A pesar que la quebrada tiene un caudal bajo, es posible escuchar el ruido que su corriente genera en la zona de inundación de la misma.
-	Actividades cotidianas de habitantes de la vereda	-	La comunicación de los habitantes, el cargue de productos agrícolas y su transporte genera eventualmente ruido.
-	Fauna nativa y doméstica	-	Las vocalizaciones tanto de los animales productores como de las aves constituyen una fuente dispersa de ruido en el área.

Fuente: Autores

En la Figura 5.57 se localizan en una imagen satelital de la mina las fuentes de generación de ruido y vibración antrópicas que se encuentran en la mina bajo operación normal.

Figura 5.57. Localización de las fuentes de generación de ruido y vibración en la mina Pericos



Identificación de receptores de interés

La identificación de receptores sensibles se realizó a partir del conteo e identificación de los sitios de interés humano y natural cercanos a la mina en ausencia de curvas de isófonas o modelación del alcance de los niveles de presión sonora emitidos por las fuentes de la mina para determinar el área de influencia.

De esta manera, se identificaron los mismos receptores establecidos anteriormente descritos para la exposición a emisiones atmosféricas. Adicionalmente, se establece que dentro del área de influencia, la constante generación de ruido por periodos largos puede ocasionar trastornos en los patrones de vocalización de la fauna nativa, sobre todo de la avifauna, hecho que altera el comportamiento de todas las especies.

5.1.8.6.2. Metodología de monitoreo

Debido a que el presente estudio ambiental constituye un ejercicio académico no es posible medir de manera directa los niveles de presión sonora en las fuentes generadoras o en el área de influencia bajo las regulaciones demandadas por la Resolución 627 de 2006 del Ministerio de Ambiente por un laboratorio acreditado por el IDEAM que implican la presentación del procesamiento de datos, aforo de flujo vehicular generador de ruido y vibraciones y simulaciones de alcance del ruido. De ser el caso, el monitoreo de ruido debe incluir la determinación de niveles de presión sonora emitidos por fuentes fijas de ruido y monitoreo de ruido ambiental en mínimo cuatro (4) puntos del área de influencia del proyecto que se encuentren expuestos en horarios diurnos y nocturnos para días ordinarios y festivos.

Además las vibraciones pueden interferir en las rutas de movilidad establecidas por la fauna en un rango de hogar restringido o perturbar las madrigueras de roedores y marsupiales. Por último, las vibraciones pueden incurrir en cambios en el patrón del crecimiento vegetal pues estas pueden afectar la cohesión y solidez del suelo que mantiene la vegetación tanto nativa como la usada para fines agrícolas.

5.1.8.6.3. Presentación de Informes

Las mediciones para monitoreo de calidad de aire deben realizarse teniendo en cuenta el protocolo de control de emisiones atmosféricas por fuentes fijas, teniendo en cuenta que el presente documento está enmarcado dentro de un ejercicio académico, dichas mediciones no se realizaron, por lo tanto no es posible presentar dicho informe de monitoreo.

5.1.8.6.4. Vibraciones

Se identifican de manera teórica como fuente de vibraciones los vehículos que transitan las vías internas del área del proyecto y las vías externas que permiten acceder a la cabecera municipal pues al transitar constantemente por las vías con carga pesada generan vibraciones en el suelo que, según su intensidad en tiempo, pueden repercutir en la infraestructura más cercana al área del proyecto. No obstante, solo por medio de pruebas en el sitio realizadas por una firma consultora ambiental se pueden establecer todas las fuentes de vibraciones y medir su emisión por medio de mediciones al aire libre cerca de las edificaciones receptoras con el fin de estimar de manera global si los valores de vibración generados por la explotación minera pueden estar generando daños en las edificaciones y/o molestias de confort de la población de acuerdo con los estándares internacionales.

ANEXO: 3.1.1 Reporte Laboratorio de Suelos
Análisis de Suelos

Tipo de Muestreo		Localización			Fecha			
Compuesta - Simple		Mina Los Pericos			11 de agosto de 2018			
Características Físicas								
Muestra	Perfil	Profundidad (cm)	Textura	Estructura	Porosidad	Drenaje superficial	Color	
1	A	5-29	Franco	Gránulos muy finos-afinos	Alta	Rápido medio	a	10 YR 2/1 = Negro
	Ac	29-49	Franco-arenoso	Bloques subangulares muy finos				10 YR 3/2 = Café grisáceo muy oscuro
	C	49-74	Arcilloso	-				10 YR 4/4 = Café amarillento oscuro
2	A	5-35	Franco-arenoso	Gránulos muy finos-afinos	Alta	Rápido medio	a	10 YR 3/2 = Café grisáceo muy oscuro
	Ac	35-68	Franco-arenoso	Bloques subangulares muy finos				10 YR 3/1 = Gris muy oscuro
	C	68-88	Franco-arcilloso	-				10 YR 2/2 = Café muy oscuro
3	A	5-33	Franco-arcilloso	-	Alta	Rápido medio	a	10 YR 2/1 = Negro
		33-68	Franco	-				10 YR 2/2 = Café muy oscuro
		68-93	Franco	-				10 YR 2/2 = Café muy oscuro
Características Químicas								
Muestra	Perfil	pH	Materia Orgánica	Nutrientes	Conductividad			
1	A	4,455	Con presencia	Deficiente	241 $\mu\text{S}/\text{cm}$			
	Ac	5,642						
	C	5,378						
2	A	4,750	Con presencia	Deficiente	273 $\mu\text{S}/\text{cm}$			
	Ac	4,603						
	C	5,088						
3	A	6,268	Con presencia	Deficiente	93,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$			
		6,404						
		6,284						

BIBLIOGRAFÍA

- Aceria Paz del Rio, Minas Paz del Río. (2015). PTO - Mina el Uvo. Boyaca, Colombia.
- Ajuste del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca del Río Bogotá (2017). Actualización POMCA Río Bogotá.
- ALVARADO, B. & SARMIENTO, R. (1943). Informe geológico general sobre los yacimientos de hierro y carbón de Guasca. Servicio Geológico Nacional, Informe 458, 61 pág. Bogotá.
- ARDILA, M.C & A.R. ACOSTA. (2000). Anfibios. *En*: J.O. Rangel-Ch. (ed.). *La región de Vida Paramuna*. Colombia Diversidad Biótica III. Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Ciencias Naturales.
- AVELLA, A., LÓPEZ, R. & NIETO, J. (2014). Evaluación de la dinámica del carbono en los bosques de roble (Fagáceas) de la Cordillera Oriental de Colombia: Análisis a partir de patrones florísticos, estructurales y funcionales en un gradiente ecológico. Mecanismo para la Mitigación Voluntaria de Emisiones de GEI en Colombia – MVC.
- AVELLA RONCANCIO, V. (2004). Plan De Manejo Ambiental Para La Planta De Tratamiento De Residuos Sólidos, Del Municipio De Sibaté Cundinamarca. Bogotá D.C: Universidad Libre.
- BEGON, M.J., HARPER, L. Y TOWNSEND, C.R. (1986). *Ecology: individuals, populations and communities*. Sinauer, Sunderland, M.A. USA.
- BETANCOURT, B., L.A. y GARNICA, T., C.M. (2017). Estudio Hidrológico y Evaluación de demanda en la cuenca hidrográfica del Embalse Tominé. Bogotá D.C. Pág. 35. Universidad Católica de Colombia. Facultad de Ingeniería. Programa de Especialización en Recursos hídricos.
- CAR (2006). Elaboración del Diagnóstico, Prospectiva y Formulación de la Cuenca Hidrográfica del Río Bogotá, Subcuenca Embalse Tominé-2120-17. Pág. 77,302 y 331.
- CANTILLO, E., RODRÍGUEZ, K. Y AVELLA, E. (2004). Diversidad y caracterización florística - estructural de la vegetación arbórea en la Reserva Forestal Cárpatos (Guasca - Cundinamarca). *Colombia Forestal*, 8 (17), 5-21.
- CASTAÑO, O.V., E. HERNÁNDEZ & G. CARDENAS. (2000). Reptiles. *En*: J.O. Rangel-Ch. (ed.). *La región de Vida Paramuna*. Colombia Diversidad Biótica III. Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Ciencias Naturales.

CMGRD. (2010). COMPONENTE DE CARACTERIZACIÓN GENERAL DE ESCENARIOS DE RIESGO. Guasca.

CONSEJO MUNICIPAL DE GUASCA. (2000). Por Medio Del Cual Se Adopta El Esquema De Ordenamiento Territorial Del Municipio De Guasca (Cundinamarca) y Se Dictan Otras Disposiciones. Guasca: Municipio de Guasca.

CORPOGUAVIO. (2005). *POMCA río Guavio*. Gachalá.

CORPOGUAVIO (1997). Plan de Manejo Ambiental Mediana Minería. Mina Pericos (Colar).

CORPOGUAVIO. (2008). Plan de Manejo Ambiental de la Mina Pericos-COLAR, expediente GJ4-081.

CORPOGUAVIO. (2010). Calidad de las fuentes hídricas superficiales de la jurisdicción de CORPOGUAVIO.

CORPOGUAVIO. (2017). Informe de Caracterización de cuerpos hídricos.

CORTOLIMA. (2011). POMCA RIO TOTARE. APENDICE BIODIVERSIDAD – MACROINVERTEBRADOS BENTONICOS.

DÍAZ, L., E.J. y ZAMORA, R., L.J. (2011). Estrategia de Gestión Ambiental para el Manejo del recurso hídrico en el ámbito local caso Municipio de Guasca – Cundinamarca. Bogotá D.C. Pág. 37-40. Maestría en Gestión Ambiental. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Estudios Ambientales y Rurales.

EAAB - EPAM S.A. (2014). Levantamiento y análisis de la línea base de información en los componentes oferta, demanda, calidad, riesgos, gestión social, ambiental y del sistema de información del recurso hídrico para la región bogotá- cundinamarca y las cuencas abastecedoras y rec. Bogotá: Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá.

FEARNESIDE, P. M., GRACA, P. M. L., NILHO, N. L., RODRIGUES, F. J. A., ROBINSON, J. M., (1999). Tropical forest burning in Brazilian Amazonia: Measurement of biomass loading, burning efficiency and charcoal formation at Altamira, Pará. *Forest Ecology and Management*, 123: 65-79.

GARAVITO. G., G; FORERO RODRIGUEZ, HO. (2001) Caracterización y evaluación ambiental del predio Cárpatos, municipio de guasca Cundinamarca. Santa fe de Bogotá. UJTL.

GONZALES. M. (2008). Estimación de la biomasa aérea y la captura de carbono en regeneración natural de *Pinus maximinoi* H.H. Moore, *Pinus oocarpa* var. *Ochoterenai* Mtz y *Quercus* sp. En el norte del estado de Chiapas, México.

GOYENOLA, G. (2007). Red de Monitoreo Ambiental Participativo de Sistemas Acuáticos RED MAPSA. Velocidad de la corriente y Caudal.

HARRIS, L. D. (1984). The fragmented forest: island biogeography theory and the preservation of biotic diversity. University of Chicago Press, Chicago.

HENAO. B., B.A, y TOBAR. M., C.G. (2011). Evaluación de la relación entre la calidad del agua y las enfermedades de transmisión hídrica en las zonas urbanas de los municipios de Villapinzón, Chocontá, Suesca, Sesquilé, Nemocón, Gachancipá, Guatavita, Zipaquirá, Tocancipá, Sopó, Cajicá, La Calera, Guasca y Cogua. Bogotá D.C. Pág. 65-68. Universidad de la Salle. Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria.

HETTNER, A. (1892). La Cordillera de Bogotá, resultados de viajes y estudios. Talleres gráficos del Banco de la República, Primera versión castellana de Ernesto Guhl. 351 pág. Bogotá.

HOYOS, J.M. (1991). Aspectos Taxonómicos y Microhábitats Preferenciales de la Herpetofauna de Páramo y Subpáramo del Parque Natural Nacional Chingaza. Cuad. Divulg. Univ. Jav. (6). Bogotá, Colombia.

HUBACH, E. (1931). Geología petrolífera del departamento de Norte de Santander.

HUBACH, E. (1957). Estratigrafía de la Sabana de Bogotá y alrededores.

INDUMIL. (2012). *Ficha Técnica Explosivos*. Bogotá D.C: Colombia

IDEAM. (2007). Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento del Agua.
IDEAM. (2013). Zonificación y codificación de cuencas hidrográficas e hidrogeológicas de Colombia. Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.

IDEAM. (2018). Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. SISAIRE: Subsistema de Información sobre la calidad del aire.

IGAC. (3 de Septiembre de 2018). *Geoportal*. Obtenido de Geovisor- Consulta información Catastral IGAC: <http://geoportal.igac.gov.co/es/contenido/consulta-catastral>

INGEOMINAS, Boletín Geológico, volumen 5, (2): 93-112. Bogotá.

INGEOMINAS (2005). Servicio Geológico Nacional, Compilación de Estudios Geológicos Oficiales en Colombia, volumen XXII: 1-337. Bogotá.

JULIVERT, M. (1963). Los rasgos tectónicos de la región de la Sabana de Bogotá y los mecanismos de formación de estructuras. Universidad Industrial de Santander, Boletín de Geología (13-14): 5-102. Bucaramanga.

LYNCH, J.D & J.M. RENJIFO. (2001). Guía de anfibios y reptiles de Bogotá y sus alrededores. Alcaldía Mayor de Bogotá. Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente (DAMA). Bogotá, Colombia.

MACDICKEN, K. G., (1997). A guide to monitoring carbon storage in forestry and agroforestry projects. Forest Carbon Monitoring Program. Winrock International Institute for Agricultural Development. 91 p.

MARGALEF, R. (1995). Ecología. Omega. Barcelona, España. 951 p.

MCLAUGHLIN, D. H., & ARCE, M. (1972). Geology of the Zipaquirá area (zone IV), Cordillera Oriental, Colombia. INGEOMINAS, Informe preliminar No.109, 336 pág. Sogamoso.

MATTEUCCI, S. & COLMA, A. (1982). Metodología para el estudio de la vegetación / por Silvia D. Matteucci y Aída Colma.

Mina de Hierro Pericos. (2015). *Estudio de Impactos Ambientales - Explotación Subterránea de Hierro*. Guasca: Cundinamarca.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2008). Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire.

Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. Autoridad Nacional de Licencias Ambientales. (2013). Metodología para la estimación y evaluación del caudal ambiental en proyectos que requieran licencia ambiental. Bogotá D.C.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017). Guía para la elaboración de inventarios de emisiones atmosféricas.

MOSTACEDO, B. & FREDERICKSEN, T. (2018). Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal.

Municipio de Guasca (Cundinamarca). (2012). Plan Municipal de Gestión de Riesgo de Desastres.

Oriuhela, G. T. (2006). *Tratado de Contabilidad de Costos por Sectores Económicos*. Perú: Marketing Consultores S.A, Editores, impresores .

POMCA Río Bogotá. (2017). Consultoría Consorcio Huitaca.

Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres. (2012) Componente de Caracterización General de Escenarios de Riesgo.

Plan de Trabajo y Obras - Mina Pericos. (Septiembre de 2014). Ajuste al programa de trabajo y obras (P.T.O.) para la explotación bajo tierra del mineral de hierro en el municipio de Guasca-Cundinamarca. Guasca, Cundinamarca, Colombia.

RANGEL, O. (2000). La región de vida paramuna y franja aledaña en Colombia. En: Rangel, O. (Ed.) Colombia Diversidad Biótica III, La región de vida paramuna de Colombia., Colombia: Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia. Instituto Alexander von Humboldt. Bogotá, (pp. 1 -24).

REFORMULACIÓN PARTICIPATIVA DEL PLAN DE MANEJO PARQUE NACIONAL NATURAL CHINGAZA. (2016). Parques Nacionales Naturales de Colombia. Bogotá, 275p.

RODRÍGUEZ N. ARMENTERAS D., MORALES, M Y ROMERO M. (2006). Ecosistemas de los Andes colombianos. Segunda edición. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia. 154p.

RODRÍGUEZ, L.R., Y RODRÍGUEZ, L.F. (2010). Perfil Ambiental de la subcuenca del Embalse Tominé de la cuenca alta del río Bogotá.

ROLDAN-PEREZ G. (2003). Bioindicación de la calidad del agua en Colombia: Propuesta para el uso del método BMWP/Col. Editorial Ciencia y tecnología Universidad de Antioquia.

RUNAP. Parques nacionales naturales.

SALAS, J.R. Y A.C. INFANTE. (2006). Producción primaria neta aérea en algunos ecosistemas y estimaciones de biomasa en plantaciones. Rev. For.Lat. 40, 47-70.

SALAS, V., PINEDO A.C., VIRAMONTES, O.O., BÁEZ A. Y QUINTANA, R. (2011). Morfometría de la cuenca del río Nazas-Rodeo en Durango, México, aplicando tecnología geospacial.

SANABRIA, M., Y.K. Y PUENTES, S., D.L.F. (2017). Evaluación de la Biomasa y Captura de Carbono en Bosques Altoandinos Mediante Patrones Florísticos, Estructurales y Funcionales en la Cordillera Oriental - Cundinamarca. (Tesis de Pregrado) Proyecto Curricular de Ingeniería Forestal, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, D.C. Disponible en: <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/6984/1/SanabriaMaldonadoYudyKatherine2017.pdf>

Servianálisis. Resultados de análisis de agua. 1997.

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO (2015). Geología de la plancha 228, Bogotá Noreste. Bogotá.

SUÁREZ, J. (2012). Deslizamientos, Análisis geotécnico. Capítulo 9. Geología. Vol.1.

TORRES, G.,A.M., PEÑA, S., E.J., ZÚÑIGA, E., O., PEÑA, O., J.A. (2012). Evaluación del Impacto de Actividades Antrópicas en el Almacenamiento de Carbono en Biomasa Vegetal en Ecosistemas de Alta Montaña de Colombia. *bol.cient.mus.hist.nat.* 16 (1): 132 – 142.

Unión Internacional para la conservación de la naturaleza – UICN. Sitio web de la Lista roja de especies amenazadas.

US-EPA. (1995). AP 42, Compilation of Air Pollutant Emission Factors. Chapter 11:24 Metallic Minerals Processing.

VALDERRAMA-VASQUEZ C. (2013). Grandes Felinos de Colombia. Capítulo 12: Densidad de ocelote y abundancias relativas de ocelote y margay, usando datos de cámaras trampa en la cordillera oriental de los Andes colombianos.

VELEZ-SOSA D. (2002). Diagnóstico del uso de fauna silvestre en las veredas Mundo Nuevo, El Manzano y La Jangada en la Reserva Forestal Protectora de los ríos Blanco y Negro en el municipio de La Calera (Cundinamarca-Colombia). Memorias: Manejo de fauna silvestre en Amazonia y Latinoamérica.

VILLAREAL H, ÁLVAREZ, M., CÓRDOBA, S., ESCOBAR, F., FAGUA, G., GAST, F., MENDOZA, H., OSPINA, M. y UMAÑA, A.M. (2004). Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia. 236p.

WILSON, E. (1988). The current state of biological diversity. pp. 3-18 In: Biodiversity. E. O. Wilson (Ed.). National Academy Press, Wash, DC.

YEPES, A.P., NAVARRETE, D.A., DUQUE, A.J., PHILLIPS, J.F., CABRERA, K.R., ÁLVAREZ, E., GARCÍA, M.C., ORDÓÑEZ, M.F. (2011). Protocolo para la estimación nacional y subnacional de biomasa - carbono en Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología, y Estudios Ambientales-IDEAM-. Bogotá D.C., Colombia. 162 p.

