

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA MODIFICACIÓN DE LA LICENCIA AMBIENTAL TÍTULO MINERO 6823



CAPÍTULO 0. RESUMEN EJECUTIVO

Rev. 0

INGETEC
INGENIERÍA & DISEÑO


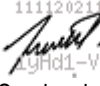






Noviembre 2021




CONTROL DE CAMBIOS

ÍNDICE DE MODIFICACIONES


Revisión	Fecha	Sección modificada	Observaciones
0	12-11-2021	-	Versión original

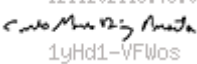


REVISIÓN Y APROBACIÓN

DIVISIÓN AMBIENTAL	Preparó:  1111202111:11:1 1yHd1-VFWos P. Hernández 12-11-2021	Preparó:  1111202111:35:1 1yHd1-VFWos M. Sandoval 12-11-2021	Preparó: p/p  1611202116:00:3 1yHd1-VFWos A. Cubillos 12-11-2021	Preparó:  1111202111:16:4 1yHd1-VFWos V. Cortes 12-11-2021
	VoBo. Ingeniero Ejecutor	VoBo. Ingeniero Ejecutor	VoBo. Ingeniero Ejecutor	VoBo. Director de Departamento
	Revisó:  1111202119:23:2 1yHd1-VFWos Y. Ruiz 12-11-2021	Revisó:  1111202111:34:3 1yHd1-VFWos R. Martin. 12-11-2021	Revisó:  1111202114:04:5 1yHd1-VFWos I. Silva 12-11-2021	Aprobó:  1611202116:00:4 1yHd1-VFWos A. Amaya 12-11-2021
	VoBo. Director de Departamento	VoBo. Director de Departamento	VoBo. Director de División	

DIVISIÓN DE GEOTECNIA	Preparó:  1611202107:38:0 1yHd1-VFWos L. Jiménez 16-11-2021	Preparó:  1611202110:19:0 1yHd1-VFWos J. Pinzón 16-11-2021	Revisó:  1611202110:25:1 1yHd1-VFWos R. Duarte 16-11-2021
	VoBo. Ingeniero Ejecutor	VoBo. Ingeniero Ejecutor	VoBo. Director de Departamento

DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 0.RESUMEN EJECUTIVO

	Revisó:  1211202116:43:0 1yHd1-VFWos C. Phillips 16-11-2021	Aprobó: C. Marulanda 16-09-2021	

DIVISIÓN DE PLANEAMIENTO	Preparó:  1211202116:43:0 1yHd1-VFWos C- Diaz 12-11-2021	Revisó:  1211202118:21:2 1yHd1-VFWos M. Jara 12-11-2021	Aprobó  1211202118:30:1 1yHd1-VFWos J. Castaño 12-11-2021
	VoBo. Jefe de Lote de Control	VoBo. Director de Departamento	VoBo. Director de División

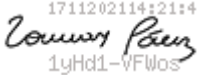
PROYECTO	Aprobó:  1711202114:21:4 1yHd1-VFWos A. Saenz 17-11-2021
	VoBo. Dirección / Coordinación

TABLA DE CONTENIDO

0.1. ACTIVIDADES OBJETO DE MODIFICACIÓN	12
0.2. DESCRIPCIÓN DE PROYECTO	17
0.3. ÁREA DE INFLUENCIA	19
0.4. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA	22
0.4.1. Medio abiótico	22
0.4.1.1. Geología	22
0.4.1.1.1. Geología Regional	23
0.4.1.1.1.1. Formación Payandé (Trp).	23
0.4.1.1.1.2. Formación Saldaña (Trs).	24
0.4.1.1.1.3. Stock de Payandé (Jgp).	24
0.4.1.1.1.4. Grupo Honda (Tsh).	24
0.4.1.1.1.5. Depósito de Caliche (Tsc).	24
0.4.1.1.1.6. Abanico de Ibagué (Qfvi).	24
0.4.1.1.1.7. Cuaternario Aluvial (Qal).	25
0.4.1.1.1.8. Depósitos de escombros y materiales sobrantes de las excavaciones mineras - Qa-rmex	25
0.4.1.1.2. Geología del yacimiento	25
0.4.1.1.2.1. Trabajos de exploración geológica del subsuelo	25
0.4.1.1.2.2. Estratigrafía del yacimiento	28
0.4.1.1.3. Geoquímica del yacimiento	30
0.4.1.2. Geomorfología	31
0.4.1.2.1. Unidades morfogénicas	32
0.4.1.2.1.1. Ambiente morfoestructural.	33
0.4.1.2.1.2. Ambiente fluvial	34
0.4.1.2.2. Morfometría	34
0.4.1.2.3. Morfodinámica	36
0.4.1.3. Paisaje	37
0.4.1.3.1. Atributos del paisaje	38
0.4.1.3.2. Unidades del paisaje	39
0.4.1.3.3. Sitios de interés paisajístico	41
0.4.1.4. Suelos y usos de la tierra	41
0.4.1.4.1. Unidades de suelos	41
0.4.1.4.2. Unidades de Capacidad de Uso de la Tierra y Usos propuestos	42
0.4.1.4.3. Uso actual del suelo	43
0.4.1.4.4. Conflictos de uso del suelo	44
0.4.1.5. Hidrología	44
0.4.1.6. Calidad del agua	52

0.4.1.7. Usos del agua	56
0.4.1.8. Hidrogeología	57
0.4.1.8.1. Evaluación geológica/geofísica.	57
0.4.1.8.1.1. Formación Luisa - Trl	58
0.4.1.8.1.2. Formación Payandé (Trp).	58
0.4.1.8.1.3. Formación Saldaña (Trs).	58
0.4.1.8.1.4. Stock de Payandé (Jgp).	58
0.4.1.8.2. Grupo Honda (Tsh).	59
0.4.1.8.3. Depósito de Caliche (Tsc).	59
0.4.1.8.3.1. Abanico de Guamo (Qag)	59
0.4.1.8.3.2. Aluvial reciente (Qal)	59
0.4.1.8.4. Evaluación Hidráulica.	62
0.4.1.8.4.1. Condiciones litológico-estructurales relacionadas a la hidráulica.	62
0.4.1.8.4.2. Geometría del sistema acuífero.	65
0.4.1.8.5. Inventario Puntos de Agua Subterránea	67
0.4.1.8.6. Geoquímica isotópica	69
0.4.1.8.6.1. Isótopos locales comparados con la estación meteorológica de Bogotá	70
0.4.1.8.7. Resultados Modelo Hidrogeológico Conceptual - MHC	73
0.4.1.8.8. Modelo numérico del flujo de las aguas subterráneas.	77
0.4.1.8.8.1. Resultados modelo numérico del flujo de las aguas subterráneas.	77
0.4.1.9. Geotecnia	84
0.4.1.9.1. Amenaza sísmica para la zona del proyecto	84
0.4.1.9.2. Exploración geotécnica	85
0.4.1.9.3. Ensayos geotécnicos y caracterización geotécnica de materiales	87
0.4.1.9.4. Criterios geotécnicos	89
0.4.1.9.4.1. Evaluación de estabilidad.	90
0.4.1.9.4.2. Zonificación geotécnica	90
0.4.1.9.5. Análisis de estabilidad	91
0.4.1.9.6. Evaluación de la amenaza por inestabilidad de taludes.	94
0.4.1.9.7. Monitoreo Geotécnico Complementario	96
0.4.1.9.8. Consideraciones geotécnicas para la etapa de cierre y postcierre	97
0.4.1.10. Atmósfera	97
0.4.1.11. Calidad del aire	100
0.4.1.12. Ruido	103
0.4.1.13. Vibraciones	106
0.4.2. Medio Biótico	106
0.4.2.1. Ecosistemas terrestres	107
0.4.2.1.1. Ecosistemas	107
0.4.2.1.2. Flora	108
0.4.2.1.3. Fauna	108
0.4.2.2. Ecosistemas acuáticos	109
0.4.3. Medio Socioeconómico	110

0.4.3.1. Participación y socialización con las comunidades	110
0.4.3.2. Componente Demográfico	111
0.4.3.3. Componente Espacial	112
0.4.3.4. Componente Económico	112
0.4.3.5. Componente Cultural	113
0.4.3.6. Componente Político Organizativo	114
0.4.4. Servicios Ecosistémicos	115
0.5. ZONIFICACIÓN AMBIENTAL	115
0.6. DEMANDAS USO Y AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES	117
0.6.1. Concesión de aguas	117
0.6.2. Vertimientos	117
0.6.3. Ocupación de cauce	117
0.6.4. Aprovechamiento forestal	118
0.6.5. Especies de flora en veda	118
0.6.6. Emisiones atmosféricas	118
0.7. EVALUACIÓN AMBIENTAL	118
0.7.1. Evaluación ambiental con y sin proyecto.	118
0.7.2. Evaluación económica.	121
0.8. ZONIFICACIÓN DE MANEJO	121
0.9. PLAN DE MANEJO	125
0.9.1. Planes de Manejo y Seguimiento	125
0.9.2. Plan de Gestión del Riesgo	127
0.9.3. Plan de Cierre	131
0.9.4. Plan de Compensación	132
0.10. CRONOGRAMA	138

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Distribución en planta de las etapas de avance de explotación proyectada para el Título Minero 6823 (izquierda) y la configuración geométrica del diseño de los taludes de avance

Figura 2. Localización del proyecto

Figura 3. Distribución contratos de Concesión incluyendo polígono de interés (6823).

Figura 4. Área de influencia del proyecto

Figura 5. Unidades geológicas asociadas para el título minero 6823

Figura 6. Distribución en planta de las perforaciones TM 6823.

Figura 7. Unidades geomorfológicas asociadas al TM 6823

Figura 8. Mapa de pendientes del terreno obtenido de la base topográfica detalle a octubre de 2019; se ilustra la distribución del TM 6823 La Mina La Esmeralda.

Figura 9. Distribución de la pendiente en el Área de influencia de paisaje

Figura 10. Distribución de las unidades de paisaje en el área de influencia.

Figura 11. Localización de estaciones de precipitación.

Figura 12. Distribución temporal de caudales medios mensuales en el Zanjón Los Huilos. Periodo 1990-2019.

Figura 13. Distribución temporal de caudales medios mensuales en el río Coello. Periodo 1983-2017.

Figura 14. Geología regional área de modelación hidrogeológica mina La Esmeralda

Figura 15. Secciones geológicas de detalle para el área de intervención TM 6823 con las superficies de la secuencia de excavación proyectada

Figura 16. Unidades hidrogeológicas, ejes secciones de análisis e isolíneas condición actual, área de influencia del título minero 6823, mina la Esmeralda

Figura 17. Mapa hidrogeológico que incluye la ubicación de la red piezométrica, área de influencia, ejes secciones de análisis y la distribución de las isolíneas piezométricas para la condición actual

Figura 18. Localización de los puntos de agua subterránea asociados a los piezómetros identificados en el área de estudio mina La Esmeralda.

Figura 19. Composición isotópica de precipitaciones y sumideros del pit (Gotta 2013).

Figura 20. Ubicación de la Estación Meteorológica de Bogotá (2 250 m s.n.m.) con registros mensuales continuos de ^2H - ^{18}O entre 1971 y 2016.

Figura 21. Valores 2H - ^{18}O de las aguas superficiales y subterráneas.

Figura 22. Interpretación de la relación entre la quebrada Chicalá y la filtración INF3.

Figura 23. Esquema del Modelo Hidrogeológico Conceptual (3D).

Figura 24. Planta unidades hidrogeológicas área de influencia del título minero 6823

- Figura 25. Secciones hidrogeológicas de detalle área de influencia del título minero 6823 y secuencia minera proyectada
- Figura 26. Vista General del Nivel Piezométrico.
- Figura 27. Plano zonificación geotécnica Área de influencia Título Minero 6823.
- Figura 28. Localización de las secciones geotécnicas de análisis TM 6823.
- Figura 29. Localización de taludes de análisis TM 6823.
- Figura 30. Evaluación de la Amenaza por estabilidad de taludes (Procesos remoción en masa) - Escenario actual. Condición estática.
- Figura 31. Evaluación de la Amenaza por estabilidad de taludes (Procesos remoción en masa) - Escenario cierre (20 años). Condición extrema por sismo.
- Figura 32. Variabilidad de la temperatura media mensual multianual - Estación Apto Perales
- Figura 33. Rosa de vientos diurna (izquierda) y nocturna (derecha), estación Aeropuerto Perales
- Figura 34. Ubicación estaciones de monitoreo de calidad del aire
- Figura 35. Ubicación estaciones de monitoreo de ruido 2019
- Figura 36. Ubicación estaciones de monitoreo de ruido 2020
- Figura 37. Velocidad pico de partícula para cada una de las voladuras realizadas desde enero de 2018 a septiembre de 2020
- Figura 38. Zonificación ambiental para el Proyecto
- Figura 39. Equipamiento Título 6823 Plan de Cierre Final mina La Esmeralda

LISTA DE TABLAS

- Tabla 1. Actividades objeto de modificación
- Tabla 2. Áreas de influencia por medio
- Tabla 3. Área de Influencia del proyecto
- Tabla 4. Pozos perforados dentro del título 6823
- Tabla 5. Piezómetros instalados en la Mina La Esmeralda
- Tabla 6. Valores medios de óxidos mayores y menores yacimiento Calizas TM 6823
- Tabla 7. Síntesis de provincias y paisajes geomorfológicos para el AI.
- Tabla 8. Superficie ocupada por cada una de las unidades de paisaje presentes en el área de influencia
-

- Tabla 9. Localización del proyecto en la zonificación Hidrográfica
- Tabla 10. Características morfométricas en las subcuencas de interés.
- Tabla 11. Estaciones de precipitación empleadas.
- Tabla 12. Resultados de caudales medios del Modelo IHACRES
- Tabla 13. Caudal medio mensual multianual en l/s en los cuerpos de agua identificados. Periodo 1990-2019.
- Tabla 14. Resumen de los parámetros de modelación para estimar caudales máximos con el método del Hidrograma Unitario del SCS.
- Tabla 15. Caudales máximos en m³/s asociados a diferentes periodos de retorno en las subcuencas analizadas.
- Tabla 16. Caudales mínimo del caudal medio mensual.
- Tabla 17. Caudal medio mensual multianual en m³/s en el río Coello. Periodo 1983-2017.
- Tabla 18. Caudales máximos del río Coello hasta el sitio de vertimiento, a partir de la estación Payandé.
- Tabla 19. Caudales mínimos asociados a diferentes periodos de retorno en estación río Coello – Payandé, Ajuste Gumbel
- Tabla 20. Índices para la zona hidrográfica.
- Tabla 21. Índice de uso del agua
- Tabla 22. Relación de unidades acuíferas en el área del título minero 6823
- Tabla 23. Profundidad de la columna de agua para el año 2017 y 2020 periodo estiaje y lluvias en el área del proyecto mina La Esmeralda con base en la red de piezómetros instalados
- Tabla 24. Relación de inventario de puntos de agua subterránea asociada a piezómetros en el área de estudio mina La Esmeralda.
- Tabla 25. $\delta^{18}O$ y δ^2H (‰ SMOW) de las aguas, valor inicial pre-evaporación en la intersección con la LMWL de Bogotá, y porcentaje de agua evaporada (1-f).
- Tabla 26. Recarga Calibrada dentro del Modelo.
- Tabla 27. Parámetros de Calibración en el Modelo
- Tabla 28. Perforaciones efectuadas Mina La Esmeralda.
- Tabla 29. Muestreo efectuado en la zona norte de la Mina La Esmeralda.
- Tabla 30. Estudios previos usados como referencia para la caracterización geotécnica
- Tabla 31. Propiedades de los materiales en la zona de estudio.
- Tabla 32. Criterios de Análisis para la Evaluación de la Amenaza según DPAE (2006).
- Tabla 33. Resultados de los análisis de estabilidad. Mecanismos de falla general por corte. Factores de Seguridad y probabilidad de falla
- Tabla 34. Resultados de los análisis de estabilidad. Mecanismos de falla caída de bloques. Factores de Seguridad y probabilidad de falla
-

- Tabla 35. Evaluación de Amenaza para los taludes mina La Esmeralda
- Tabla 36. Piezómetros de hilo vibrátil proyectados a instalar Mina La Esmeralda.
- Tabla 37. Inclínómetros proyectados a instalar en Pit La Esmeralda.
- Tabla 38. Características de las estaciones climatológicas utilizadas
- Tabla 39. Temperatura media mensual multianual (°C). Periodo 1977 - 2017.
- Tabla 40. Humedad relativa media mensual multianual (%). Periodo 1977 - 2020.
- Tabla 41. Brillo solar medio mensual multianual (horas). Periodo 1979 - 2020.
- Tabla 42. Evaporación media mensual multianual (mm). Periodo 1978 - 2017.
- Tabla 43. Velocidad media mensual multianual (m/s). Periodo 1977 - 2017
- Tabla 44. Emisiones mina 4205 Escenario A
- Tabla 45. Resultados emisiones rodamiento en vías sin pavimentar Escenario A
- Tabla 46. Resultados emisiones por combustión interna escenario A
- Tabla 47. Localización estaciones de monitoreo 2020
- Tabla 48. Área (ha) de los ecosistemas terrestres presentes en el Área de Influencia Biótica.
- Tabla 49. Resultados de la espacialización de la sensibilidad ambiental para el área de influencia de la modificación de licencia TM 6823
- Tabla 50. Impactos negativos - escenario sin proyecto
- Tabla 51. Impactos positivos - escenario con proyecto
- Tabla 52. Impactos negativos - escenario con proyecto
- Tabla 53. Restricciones identificadas para las categorías de zonificación de manejo y su relación con el proyecto
- Tabla 54. Programas de manejo y seguimiento definidos para los medios Abiótico, Biótico y Socioeconómico
- Tabla 55. Identificación de amenazas
- Tabla 56. Consecuencias potenciales o colaterales de los escenarios de riesgo
- Tabla 57. Identificación medidas de tratamiento del riesgo
- Tabla 58. Medidas estructurales y no estructurales
- Tabla 59. Ecosistemas a compensar por la demanda de recursos y creación de impactos residuales
- Tabla 60. Área a compensar por afectación de ecosistemas compensables dentro del área de intervención del proyecto
- Tabla 61. Área total por compensar relacionada con la afectación de hábitats de especies de flora en veda
- Tabla 62. Superficie total por compensar
-

Tabla 63. Síntesis de objetivos, actividades e indicadores para cada Programa propuesto

Tabla 64. Cronograma del proyecto

Tabla 65. Cronograma de las actividades de cierre y post cierre

0. RESUMEN EJECUTIVO

La sociedad CEMENTOS DIAMANTE S.A., presentó el 11 de marzo de 2002, a la Corporación Autónoma Regional del Tolima, el PLAN DE MANEJO AMBIENTAL PARA LA EXPLOTACIÓN EN EL ÁREA CONCESIÓN MINERA N° 6823 de una mina ubicada a 1 km de la inspección de Payandé, municipio de San Luís, departamento del Tolima, correspondiente a la Licencia de Explotación No. 6823.

A través de oficio con radicado número 4120-E1-31659 del 7 de mayo de 2004 la empresa CEMENTOS DIAMANTE S.A, comunicó ante el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible-MADS el cambio de razón social de la empresa por el de CEMEX COLOMBIA S.A, adjuntando para el efecto el correspondiente certificado de Existencia y Representación Legal.

Mediante radicado N°12174 del 14 de noviembre de 2004 la Sociedad CEMEX COLOMBIA S.A. presentó a CORTOLIMA el “COMPLEMENTO AL PLAN DE GESTIÓN SOCIAL DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL DEL CONTRATO DE CONCESIÓN N°6823” para lo cual la subdirección de Calidad Ambiental el 31 de enero de 2005 dio respuesta a la solicitud y sugirió ajustar los términos de referencia para el desarrollo de un Estudio de Impacto Ambiental.

El 06 de julio de 2005 mediante radicado N° 9947 la Sociedad CEMEX COLOMBIA S.A. presentó el documento “ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) Y PLAN DE MANEJO AMBIENTAL (PMA) CONTRATO DE CONCESIÓN N° 6823”. para lo cual, mediante Resolución N°1498 el 21 de noviembre de 2005, CORTOLIMA otorgó licencia ambiental global para la explotación de caliza según el contrato de concesión No. 8-6823.

Mediante Radicado Cortolima No. 3326 del 28 de febrero de 2014 se presentó la actualización del Plan de Manejo Ambiental y a través del radicado Cortolima No. 415 del 13 de enero de 2015 se solicitó la Prórroga de la licencia Ambiental por la vida útil del proyecto minero 6823, de conformidad con el Decreto 1220 de 2005. Conforme al Radicado 3420 de 2020, la Autoridad Ambiental manifiesta que el Expediente se encuentra en evaluación por parte de la Subdirección de Calidad Ambiental. Finalmente, bajo Radicado Cortolima 1171 de febrero 1 de 2021 se insiste a Cortolima una definición formal de los trámites de prórroga de licencia ambiental y de presentación de la actualización del PMA y de un recurso de reposición en contra de la Resolución 1833 del 25 de junio de 2018, la cual requirió a la compañía incluir permisos ambientales dentro de la licencia ambiental que no le pertenecen al proyecto minero 6823, sino al título minero 4205, sin una respuesta formal a la fecha por parte de la Autoridad Ambiental

Con el presente documento se solicita la modificación de la licencia ambiental aprobada mediante la Resolución N°1498 del 2005 de acuerdo con la nueva secuencia de explotación proyectada para el Título Minero 6823, la cual contempla la explotación de las calizas de la Formación Payandé a Tajo Abierto (Open Pit), con bancos descendentes siguiendo un sistema minero pala/camión, ajustado a las especificaciones de diseño consignadas en la actualización del Plan de Trabajos y Obras al 2018.

0.1. ACTIVIDADES OBJETO DE MODIFICACIÓN

De acuerdo con la nueva secuencia de explotación proyectada para el Título Minero 6823, se contempla una explotación de las calizas de la Formación Payandé a Tajo Abierto (Open Pit), con bancos descendentes siguiendo un sistema minero pala/camión, ajustado a las especificaciones de diseño consignadas en la actualización del Plan de Trabajos y Obras al 2018.

La secuencia de operación minera está determinada por el programa de mezclas elaborado, para cumplir con los requerimientos de calidad de la planta y consiste en; descapote, preparación, arranque por medio de voladura, cargue y acarreo hasta la tolva de la trituradora primaria.

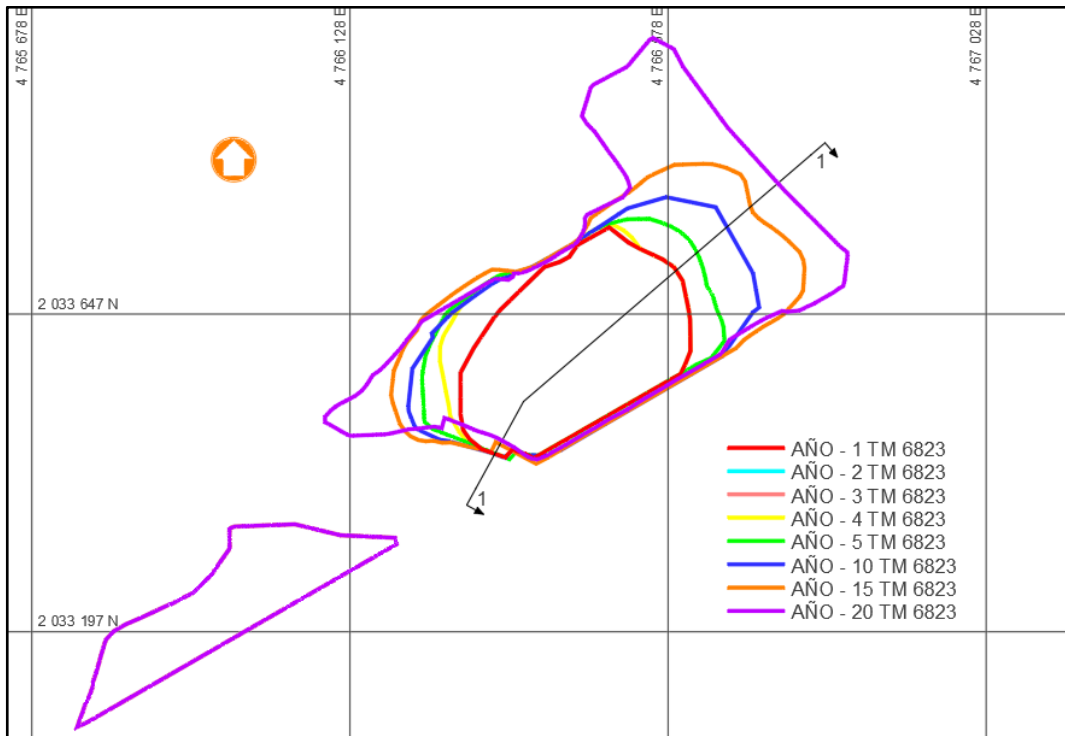


Figura 1. Distribución en planta de las etapas de avance de explotación proyectada para el Título Minero 6823 (izquierda) y la configuración geométrica del diseño de los taludes de avance

Fuente: Adaptado y modificado del PTO TM 6823, 2018

Adicionalmente, la presente modificación busca definir las autorizaciones y permisos requeridos para la demanda, uso, aprovechamiento y/o afectación de recursos naturales asociados al desarrollo del Proyecto Mina la Esmeralda TM 6823 , los cuales están incluidos en el capítulo 7, uso y aprovechamiento de recursos naturales y en el numeral 0.6. Demanda uso y afectación de recursos naturales. A continuación se relacionan los permisos solicitados:

- Concesión de aguas
- Vertimientos
- Ocupación de cauce
- Aprovechamiento forestal
- Especies de flora en veda
- Permiso de recolección de especímenes de especies silvestres de la biodiversidad



En la siguiente tabla se resumen las actividades objeto de la presente modificación Vs lo actualmente licenciado

Tabla 1. Actividades objeto de modificación

Descripción	Licencia Ambiental Actual	Presente Modificación
Producción	Explotación de caliza mediante un método a Tajo abierto (Open Pit), con bancos descendientes, siguiendo un sistema minero totalmente discontinuo pala/camión para un total de explotación de caliza de 901.450 toneladas.	Explotación de caliza mediante un método a Tajo abierto (Open Pit), con bancos descendientes, siguiendo un sistema minero totalmente discontinuo pala/camión para un volumen de explotación de caliza de 18 549 050 m ³
Medidas de Manejo	<p>El plan de manejo ambiental incluye los programas y fichas que se enuncian a continuación:</p> <p>Ficha No. 1 – Talleres de Educación Ambiental.</p> <p>Ficha No. 2 – Planes de Desarrollo Municipal - Proyecto reubicación de la tubería de conducción del acueducto de Payandé.</p> <p>Ficha No. 3 – Relaciones Interinstitucionales.</p> <p>Ficha No. 4 – Información y Divulgación</p> <p>Ficha No. 5 – Recuperación y Manejo de Cuencas Hidrográficas.</p> <p>Ficha No. 6 – Manejo de Aguas Lluvias y de Escorrentía.</p> <p>Ficha No. 7 – Manejo de Suelos.</p> <p>Ficha No. 8 – Manejo de Residuos Sólidos.</p> <p>Ficha No. 9 – Manejo de Calidad de Aire y Ruido.</p> <p>Ficha No. 10 – Protección de Ecosistema Acuáticos y Terrestres.</p> <p>Ficha No. 11 – Enriquecimiento Protector de Drenajes.</p>	<p>El plan de manejo ambiental incluye 14 fichas que se enuncian a continuación.</p> <p>PMA-ABI-01 Programa para el manejo de procesos erosivos y estabilidad geotécnica.</p> <p>PMA-ABI-02 Programa de Manejo de Suelos</p> <p>PMA-ABI-03 Programa de Manejo de Aguas</p> <p>PMA-ABI-04 Programa de manejo de emisiones atmosféricas y de ruido</p> <p>PMA-ABI-05 Programa de manejo de voladuras y vibraciones</p> <p>PMA-ABI-06 Programa manejo de Residuos sólidos</p> <p>PMA-BIO-01 Programa de manejo de cobertura vegetal.</p> <p>PMA-BIO-02 Programa de manejo de las especies en veda vasculares y no vasculares</p> <p>PMA-BIO-03 Programa de manejo de fauna silvestre</p> <p>PMA-SOC-01 Programa de información y participación comunitaria.</p> <p>PMA-SOC-02 Programa de educación ambiental</p> <p>PMA-SOC-03 Programa de fortalecimiento institucional</p> <p>PMA-SOC-04 Programa de manejo de expectativas de la población</p> <p>PMA-SOC-05 Programa de manejo para la movilidad de la población en nuevo trazado al interior de la mina La Esmeralda.</p>
Medidas de Seguimiento y Monitoreo	<p>El plan de seguimiento y monitoreo incluye las fichas que se enuncian a continuación:</p> <p>Ficha No. 13 – Monitoreo Calidad del Agua</p>	<p>El plan de seguimiento y monitoreo incluye 14 fichas que se enuncian a continuación correspondiente a las medidas de manejo se proponen para efectos de la presente modificación</p>

Descripción	Licencia Ambiental Actual	Presente Modificación
	<p>Ficha No. 14 – Monitoreo Disposición de Estériles y Descapote</p> <p>Ficha No. 15 – Monitoreo de Erosión y Producción de Sedimentos</p> <p>Ficha No. 16 – Monitoreo de Voladuras</p> <p>Ficha No. 17 – Monitoreo de Manejo de Cobertura Vegetal</p> <p>Ficha No. 18 – Monitoreo del Plan de Gestión Social.</p>	<p>PMS-ABI-01 Monitoreo y seguimiento al plan de manejo de inestabilidades</p> <p>PMS-ABI-02 Monitoreo y seguimiento al Plan de Manejo de Suelos</p> <p>PMS-ABI-03 Monitoreo y seguimiento al Plan de Manejo de Aguas</p> <p>PMS-ABI-04 Monitoreo y seguimiento al Plan de Manejo de emisiones atmosféricas</p> <p>PMS-ABI-05 Monitoreo y seguimiento al Plan de Manejo de voladuras y vibraciones</p> <p>PMS-ABI-06 Monitoreo y seguimiento al Plan de Manejo de Residuos Sólidos</p> <p>PMS-BIO-01 Programa de seguimiento al manejo de cobertura vegetal.</p> <p>PMS-BIO-02 Programa de seguimiento al manejo de especies en veda vasculares y no vasculares.</p> <p>PMS-BIO-03 Programa de seguimiento al manejo a la fauna silvestre</p> <p>PMS-SOC-01 Programa de seguimiento y monitoreo al Programa de información y participación comunitaria</p> <p>PMS-SOC-02 Programa de seguimiento y monitoreo al Programa de educación ambiental.</p> <p>PMS-SOC-03 Programa de seguimiento y monitoreo al Programa de fortalecimiento institucional</p> <p>PMS-SOC-04 Programa de seguimiento y monitoreo al Programa de manejo de expectativas de la población</p> <p>PMS-SOC-05 Programa de seguimiento y monitoreo al Programa de manejo para la movilidad de la población en nuevo trazado al interior de la mina La Esmeralda.</p>
<p>Permiso aprovechamiento Forestal (ha)</p>	<p>Actualmente no se tiene permiso</p>	<p>El área objeto de aprovechamiento forestal cubre un área total de 13,11 ha y se encuentra en dos tipos biomas (ZHTC y ZATTG)</p>
<p>Permiso aprovechamiento Forestal (volumen comercial m³)</p>	<p>Actualmente no se tiene permiso</p>	<p>Se requiere permiso de aprovechamiento forestal para un n volumen total de 249,92 m³ (140,90 m³ en ZATTG y 109,03 m³ en ZHTC), volumen comercial de 108,00 m³ (69,82 m³ en ZATTG y</p>

Descripción	Licencia Ambiental Actual	Presente Modificación
		38,18 m ³ en ZHTC),
Levantamiento de veda	Actualmente no se tiene permiso.	A partir del muestreo se lograron obtener registros de siete especies vasculares distribuidas en la familia de orquídeas y bromelias (Orchidaceae y Bromeliaceae). Para las especies de epífitas no vasculares, se obtuvieron 56 especies distribuidas en 24 familias.
Permiso de Ocupación de Cauce	Actualmente no se tiene permiso	Dentro de las actividades de explotación minera se requiere la construcción de la estructura de descarga de las aguas de escorrentía que se almacenan en el fondo del PIT, y que serán descargadas al río Coello, por lo que teniendo en cuenta la información de caudales de escorrentía y sistema de bombeo, se estableció las obras hidráulicas requeridas para la descarga de aguas al río Coello y que generan ocupación de cauce en las coordenadas 4766907E, 2033679N.
Permiso de vertimiento de aguas residuales (ARD)	Actualmente no se tiene permiso	Por la ampliación de las áreas de explotación del título mineros 6823 no se generan aguas residuales domésticas.
Permiso de concesión de aguas	Actualmente no se tiene permiso	Dentro de las actividades de explotación minera se requiere drenar las aguas lluvia y de escorrentía que se acumulan en el fondo del pit.
Permiso de vertimiento de aguas industriales (ARI)	Actualmente no se tiene permiso	Dentro de las actividades mineras, se requerirá la descarga de las aguas lluvia y que por escorrentía se almacenan en el fondo del PIT.
Permiso de emisiones atmosféricas	El complejo minero La Esmeralda cuenta con un permiso de emisiones atmosféricas por medio de la resolución 1859 del 26 de junio de 2018, por la cual Cortolima renovó	Para el título 6823 se proyecta la solicitud del permiso de emisiones atmosféricas para fuentes fijas exclusivamente para el

Descripción	Licencia Ambiental Actual	Presente Modificación
	<p>permiso de emisiones atmosféricas otorgado mediante la resolución No. 2744 del 11 de julio de 2011, para la actividad de explotación, cargue y transporte de caliza en la mina La Esmeralda en el corregimiento de Payandé, municipio de San Luis, departamento del Tolima, a favor de la sociedad CEMEX COLOMBIA S.A, por un término de cinco año.</p> <p>Adicionalmente el titulo minero 6823 cuenta con un permiso de emisiones para el funcionamiento del circuito de trituración del complejo minero, otorgado mediante Resolución 1498 de 21 de noviembre de 2005.</p>	<p>pit de explotación de caliza del proyecto.</p> <p>Y se espera continuar en esta licencia con la inclusión del permiso de emisiones para el funcionamiento del circuito de trituración del complejo minero, otorgado mediante Resolución 1498 de 21 de noviembre de 2005.</p>
Plan de Inversión del 1%	Actualmente no se tiene permiso	La presente modificación del proyecto no le aplicaría el plan de inversión del 1%, dado que la fuente objeto del permiso de captación corresponde a aguas lluvias y de escorrentía almacenadas en el fondo del PIT, las cuales no serán usadas para el desarrollo de las actividades propias del proyecto.
Áreas de intervención		

Fuente . Elaboración propia

0.2. DESCRIPCIÓN DE PROYECTO

La cantera de caliza La Esmeralda está localizada al occidente del corregimiento de Payandé, en el municipio de San Luis, aproximadamente a 20 Km al Sureste de la ciudad de Ibagué, en el departamento del Tolima.

Se accede por la carretera nacional Ibagué-Bogotá, hasta el kilómetro 20 donde se localiza la inspección de Buenos Aires, de donde parte sobre la vía pavimentada hacia Payandé y mina de caliza por 10 km, para un total de 30 km por carretera desde la ciudad de Ibagué (Ver Figura 2).

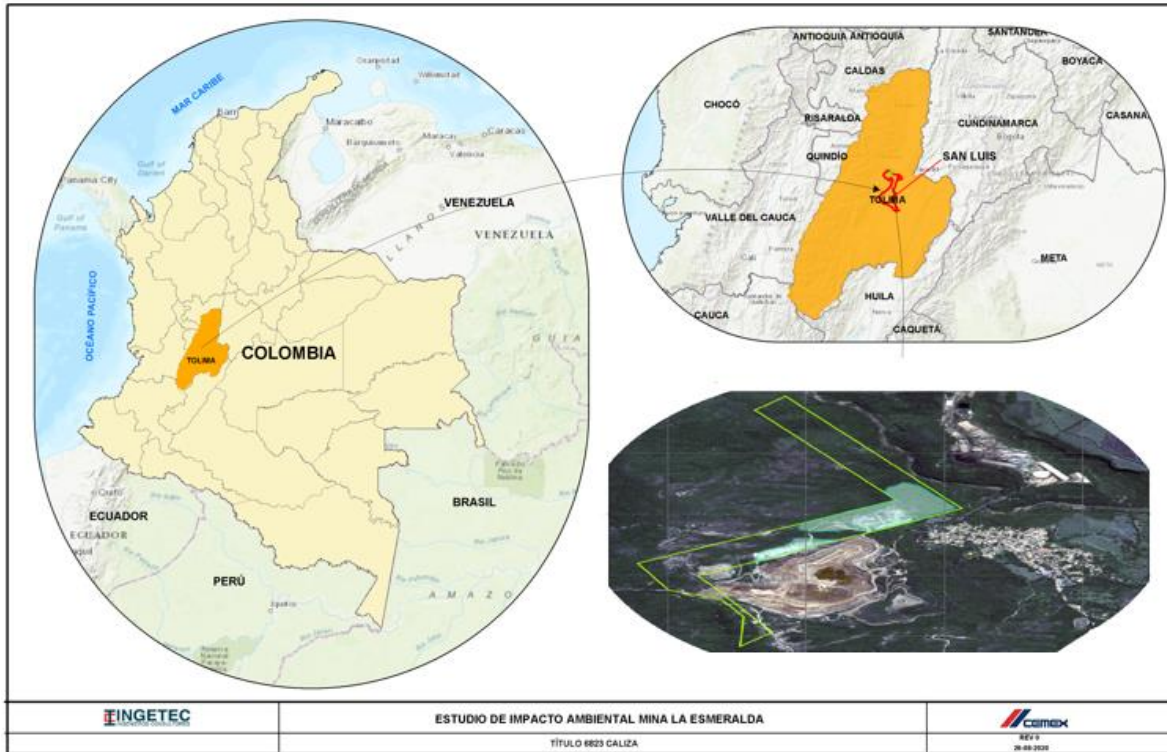


Figura 2. Localización del proyecto
Fuente: Elaboración propia

La cantera de La Esmeralda está compuesta por tres Títulos mineros 8-4205, 0745-73 y 8-06823, Figura 3. La cantera inició sus actividades mineras en el primer título, el 8-4205, posteriormente al proyectar su potencial en sentido norte se solicitó el segundo título minero, el 8-06823. Aunque se tienen 2 títulos mineros la cantera es una sola y no se pueden independizar desde el punto de vista del aprovechamiento. Sin embargo, en cumplimiento a la normatividad legal, por cada título se ha realizado la correspondiente diligencia minera y ambiental y en la actualidad se manejan expedientes diferentes por cada título. A continuación se ilustra la distribución de los tres títulos y se resalta específicamente el Título minero 6823 objeto de la modificación del presente estudio.

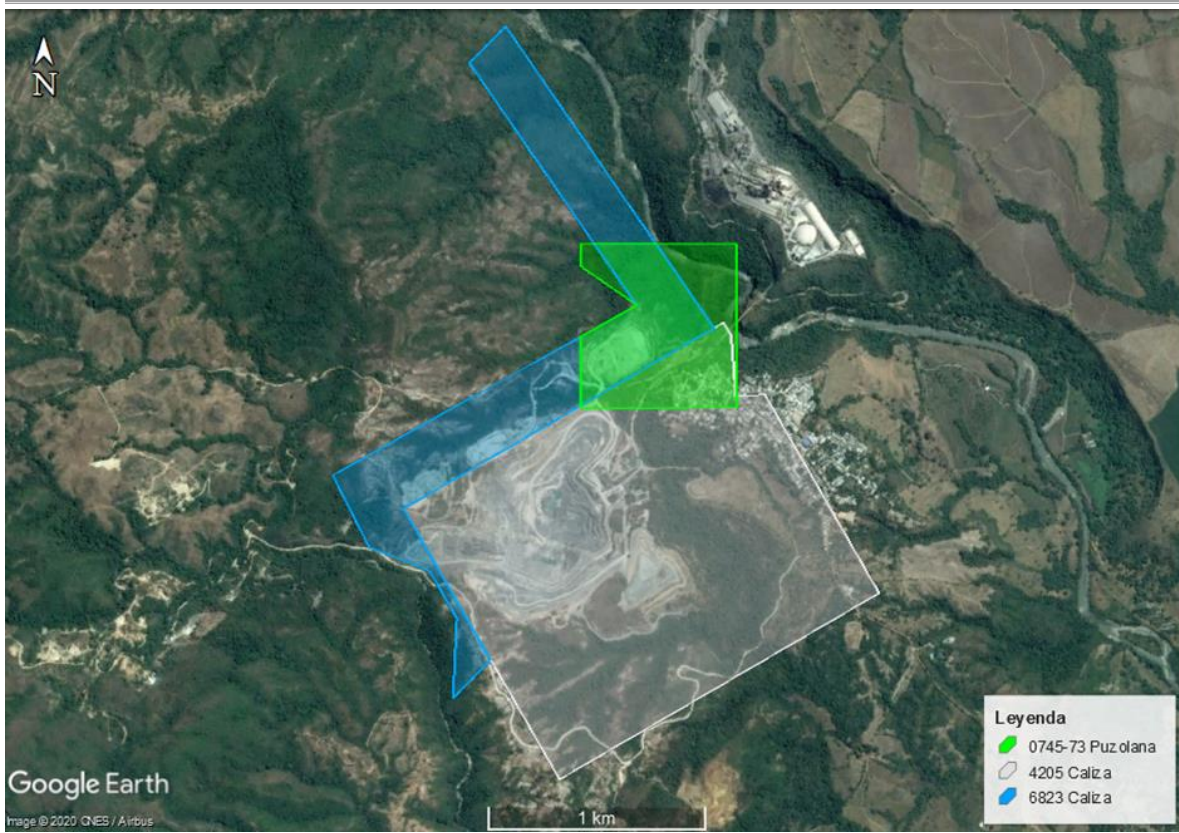


Figura 3. Distribución contratos de Concesión incluyendo polígono de interés (6823).

Fuente: Elaboración propia

El objeto de la modificación consiste en las siguientes actividades:

Explotación de caliza mediante un método a Tajo abierto (Open Pit), con bancos descendientes, siguiendo un sistema minero totalmente discontinuo pala/camión. Los límites mineros del tajo se sustentan en la simulación económica con algoritmos de optimización para planeación estratégica del yacimiento de calizas, permitiendo establecer el volumen de caliza y descapote que le diera al proyecto la rentabilidad esperada por la empresa para una vida útil de 20 años.

Definir las autorizaciones y permisos requeridos para la demanda, uso, aprovechamiento y/o afectación de recursos naturales asociados al desarrollo del Proyecto Mina la Esmeralda TM 6823 que involucra particularmente, (i) Concesión de aguas, (ii) Vertimientos, (iii) Ocupación de cauce, (iv) Aprovechamiento forestal, especies de flora en veda y permiso de recolección de especímenes de especies silvestres de la biodiversidad.

0.3. ÁREA DE INFLUENCIA

La Autoridad Nacional de Licencias Ambientales ANLA en la Guía para la definición, identificación y delimitación del área de influencia del mes de julio de 2018 define el área de influencia como “aquella en la que se manifiestan los impactos ambientales significativos derivados del desarrollo del proyecto, obra o actividad, en cualquiera de sus fases, sobre los componentes de los medios abiótico, biótico y socioeconómico”. Para su definición, delimitación e identificación para el proyecto de Modificación de licencia ambiental mina la Esmeralda™ 6823, se retoman los aspectos metodológicos generales plasmados en la guía, así como en los términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental - EIA en proyectos de Explotación Minera Código: TdR-13 (adoptados mediante Resolución 2206 del 27 de diciembre de 2016) y en la Metodología para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales del año 2018 (adoptada mediante la Resolución 1402 de julio 25 de 2018).

Teniendo en cuenta que la manifestación de los impactos de un proyecto, obra o actividad , varían de un componente a otro y de una actividad a otra, resulta factible que en el proceso de identificación y delimitación del área de influencia se establezcan más áreas de influencia por componente o medios.

Con base en lo mencionado anteriormente, para la definición del área de influencia de cada medio se analizó cada uno de los componentes en relación con la funcionalidad de ciertas unidades de análisis, las cuales fueron identificadas y delimitadas para cada uno de los medios, componentes o grupo de componentes; teniendo en cuenta los siguientes en cada medio:

- Medio Abiótico: Geología y geomorfología, suelos, hidrología, geotecnia, hidrología, atmósfera
- Medio Biótico: Flora, fauna e hidrobiota
- Medio Socioeconómico: Demográfico, económico, político administrativo y arqueológico

Como se mencionó anteriormente, el área de influencia del medio abiótico considera las unidades de análisis adoptadas dentro de cada uno de los componentes analizados y dentro de éstas, los impactos identificados en este medio. Una vez obtenidos los análisis de cada componente del medio abiótico, se procedió con la delimitación de la envolvente del área de influencia abiótica la cual está determinada fundamentalmente por el área de influencia del componente de hidrología en el costado norte y por el área de influencia del componente atmosférico (calidad de aire y ruido) en el costado sur.

Con relación al área de influencia biótica corresponde a los ecosistemas y hábitat afectados por la intervención del proyecto para los componentes flora y fauna. El resultado del análisis de los criterios para la inclusión de los diferentes componentes considerados para el medio socioeconómico, permite establecer el área de influencia definitiva de este medio corresponde al centro poblado y veredas del Corregimiento de Payandé.

En la siguiente tabla, se presenta el área en hectáreas de cada una de las envolventes del área de influencia por medio.

Tabla 2. Áreas de influencia por medio

Áreas de Influencia por Medio	Hectáreas (ha)
Medio Abiótico	217,47 ha
Medio Biótico	49,16 ha
Medio Socioeconómico	1 746,00 ha
Envolvente resultante del cruce de las tres áreas de influencia	1 746,00ha

De acuerdo con lo anterior en la Tabla 3 y respondiendo a la evaluación ambiental realizada en el presente estudio, el Área de Influencia del proyecto mina La Esmeralda título minero 6823, corresponde de las áreas de influencia definitivas en el medio socioeconómica (color rojo) siendo el área del impacto de Generación de expectativas (Corregimiento de Payandé , sus veredas y el centro poblado de Payandé) la mayor envolvente, por lo que sobre ésta, se define el área del proyecto. Ver Figura 8.

Tabla 3. Área de Influencia del proyecto

ID Impacto	Nombre del Impacto	Significancia	Clase	Puntuación
IMP SOC 01	Generación de expectativas y potenciación de conflictos.	Significativo	-	6,05
IMP ABI 10	Cambio en el paisaje	Moderadamente Significativo	-	5,84
IMP SOC 02	Cambios en la movilidad por modificación de trazado del sendero rural	Moderadamente Significativo	(+)	5,70
IMP BIO 02	Afectación de especies de flora en veda	Moderadamente Significativo	-	5,07
IMP ABI 07	Alteración a la calidad del aire	Moderadamente Significativo	-	4,79
IMP BIO 01	Afectación de cobertura vegetal	Moderadamente Significativo	-	4,71
IMP BIO 03	Afectación de fauna silvestre	Moderadamente Significativo	-	4,54
IMP ABI 01	Cambios en la morfometría del terreno	Moderadamente Significativo	-	4,48
IMP ABI 08	Alteración en los niveles de presión sonora	Moderadamente Significativo	-	4,19
IMP ABI 11	Generación de residuos sólidos	Moderadamente Significativo	-	4,04
IMP ABI 02	Alteración de la disponibilidad del agua superficial	Moderadamente Significativo	-	4,02
IMP ABI 03	Alteración en la dinámica del flujo de agua superficial	Moderadamente Significativo	-	4,02
IMP ABI 06	Alteración a la calidad del recurso hídrico superficial (río Coello)	Poco Significativo	-	4,00
IMP ABI 09	Variación en el nivel de vibraciones	Poco Significativo	-	3,85
IMP ABI 04	Alteración de las condiciones geotécnicas	Poco Significativo	-	3,52
IMP ABI 05	Cambio en las propiedades fisicoquímicas y biológicas del suelo	Poco Significativo	-	3,52
IMP BIO 04	Afectación de la hidrobiota	Poco Significativo	-	3,42

Fuente: Elaboración propia

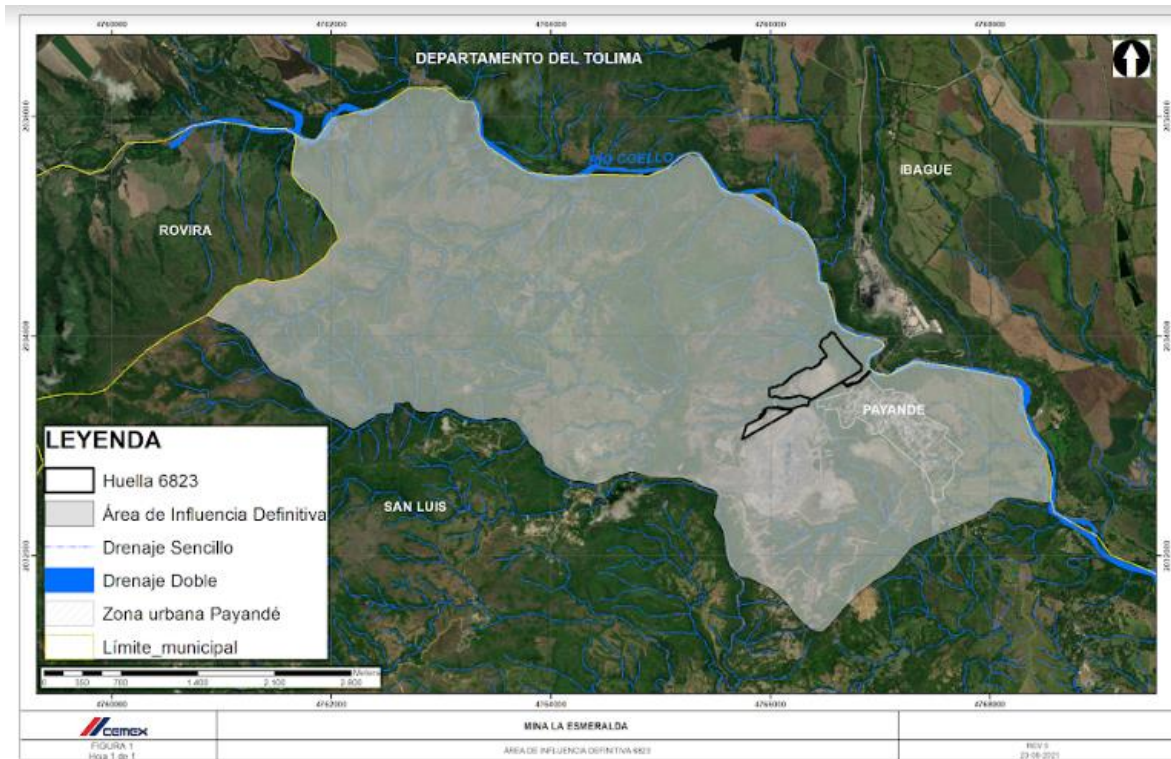


Figura 4. Área de influencia del proyecto
Fuente. Elaboración propia

0.4. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA

0.4.1. Medio abiótico

0.4.1.1. Geología

Las características geológicas, geomorfológicas, estructurales e hidrogeológicas del área de influencia del componente geoesférico para 50 ha y 5 592 m² para el título minero 6 823 y 25 ha, fueron definidas a partir de la compilación, análisis e integración de la información secundaria y primaria en el marco de la elaboración del estudio de modificación de la licencia ambiental de ambos proyectos. Como base fundamental a nivel del diseño minero se cuenta con el informe, Consideraciones de Explotación Minera Contrato de Concesión 6823 y del Programa De Trabajos Y Obras De Explotación - PTO para las Arenas Puzolánicas del Contrato de Concesión 18673-00, ambos documentos propiedad de CEMEX Colombia, así como de la información oficial de la plancha geológica 245 (Girardot) del Servicio Geológico Colombiano (SGC) a escala 1:100.000, informes y reportes minero ambientales de la Mina La Esmeralda.

0.4.1.1.1. Geología Regional

En el marco geológico regional, el área de la mina La Esmeralda está localizada entre el flanco oriental de la Cordillera Central y el Valle del Río Magdalena. Afloran unidades del triásico, jurásico, neógeno y sedimentos cuaternarios, en un piedemonte afectado por fallas inversas, las cuales se localizan en la transición del Flanco Oriental de la Cordillera Central, así como de los Valles Superior y Medio del Magdalena.

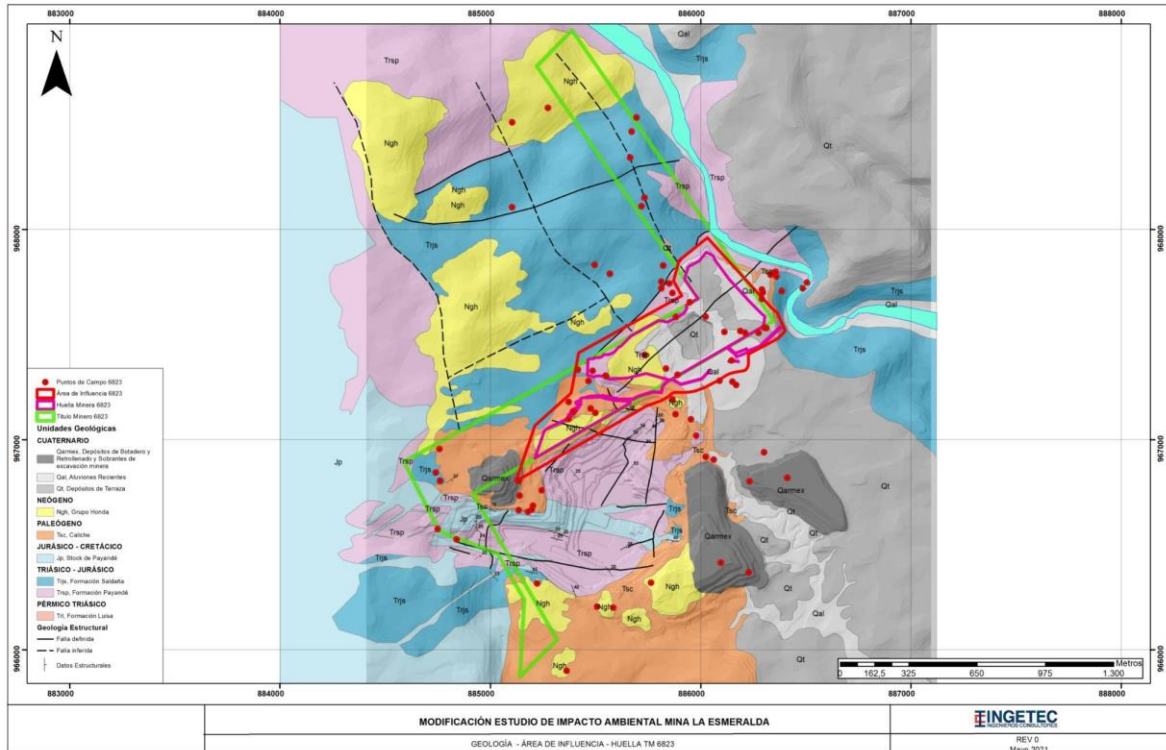


Figura 5. Unidades geológicas asociadas para el título minero 6823

Fuente: Adaptado y modificado de CEMEX, 2020

A continuación, se describe brevemente las características principales de cada una de las unidades estratigráficas asociadas al contexto regional del proyecto:

0.4.1.1.1.1. Formación Payandé (Trp).

Aflora en el Sector de Payandé y es donde se localiza la mina La Esmeralda en su complejo minero integrado por los títulos mienros 4205 y 6823; está constituida por una secuencia calcárea marina, conformada por intercalaciones de caliza de grano medio a grueso de color gris claro a medio, dispuestas en capas tabulares con espesores decimétricos a métricos, con laminación interna. Hacia el sector occidental del área de estudio, ocurren localmente calizas marmorizadas por metamorfismo de contacto asociado con el Stock de Payandé. La unidad se encuentra intruida por diques de pórfidos gris verdosos, que ocasionan metamorfismo de contacto. En varios sectores, el contacto con el Stock de Payandé es fallado o discordante. Se estima un espesor de 280 m. Plano CAP05.1-CMAB-LES6823-GLMA-001.

0.4.1.1.1.2. Formación Saldaña (Trs).

La unidad consta de diferentes tipos de rocas, las cuales se describirán a continuación. Se localiza al suroeste de Payandé y está conformada en la base de intercalaciones de vulcanitas y tobas con capas de arenitas, calizas y calizas arenosas; y en la parte superior por intercalaciones de lutitas calcáreas, areniscas, conglomerados, limolitas y en menor proporción, vulcanitas y tobas. Se reportan dos segmentos diferenciables, en la parte inferior, se intercalan vulcanitas y tobas con capas de arenitas, calizas y calizas arenosas; y una parte superior, se intercalan areniscas, conglomerados, limolitas y, en menor proporción, vulcanitas y tobas, Plano CAP05.1-CMAB-LES6823-GLMA-001.

La Formación Saldaña, se presenta de manera discontinua, especialmente hacia el extremo oriental, Plano CAP05.1-CMAB-LES6823-GLMA-001, dónde está cubierta (en contacto discordante) por las unidades Terciarias y materiales Cuaternarios del Abanico de Ibagué.

0.4.1.1.1.3. Stock de Payandé (Jgp).

Este cuerpo intrusivo aflora hacia la zona central y occidental del área de estudio, es de composición variada y de carácter dacítico y andesítico e intruye las rocas más antiguas generando metamorfismo de contacto. La distribución de esta unidad en planta para el área del proyecto se muestra en el Plano CAP05.1-CMAB-LES6823-GLMA-001.

0.4.1.1.1.4. Grupo Honda (Tsh).

Aflora al oriente de Payandé, se presenta como parches aislados y discontinuos. El SGC la ha dividido en dos miembros: (i) el inferior consta de capas gruesas de arenitas conglomeráticas, verdes amarillas, feldespáticas y líticas, con cantos de andesita y rocas metamórficas con mucha mica, a veces calcáreas, con alto contenido de minerales pesados; intercaladas ocurren capas delgadas a medias de lodolitas rojas a abigarradas, las cuales forman pequeños valles. (ii) El nivel superior se encuentra representado por una sucesión alternante, más marcada, de areniscas cuarzo feldespáticas, de grano medio a conglomeráticas, verdes, amarillas, micáceas, algo calcáreas, con cantos de andesitas, en capas gruesas, con estratificación cruzada tangencial de bajo ángulo, intercalados con capas gruesas de arcillolitas fisiles, abigarradas. En este nivel es común encontrar niveles de concreciones de arenita bastante calcárea. La distribución de esta unidad en planta para el área del proyecto se muestra en el Plano CAP05.1-CMAB-LES6823-GLMA-001.

0.4.1.1.1.5. Depósito de Caliche (Tsc).

Ocupa una gran extensión de terreno sobre la zona central de las operaciones mineras, especialmente de la microcuenca del drenaje El Salado. Se ha catalogado como un depósito continental, conformado por fragmentos de caliza, limolitas y granodiorita envueltos en una matriz arcillosa, enriquecida en carbonatos provenientes de la disolución de las calizas de la Formación Payandé. Localmente y hacia el sector occidental, el caliche se enriquece en fragmentos de rocas intrusivas, areniscas y conglomerados, provenientes de la erosión del Stock de Payandé y la Formación Luisa. La distribución de esta unidad en planta para el área del proyecto se muestra en el Plano CAP05.1-CMAB-LES6823-GLMA-001.

0.4.1.1.1.6. Abanico de Ibagué (Qfvi).

Se presenta al norte y oriente de Payandé sobre las márgenes del río Coello, es un depósito fluvio volcánico constituido hacia la base por cantos, clastos guijarros y bloques de carácter polimíctico, envueltos en una matriz areno arcillosa. Hacia la parte superior de la secuencia fluvio volcánica, ocurre un depósito horizontal heterogéneo constituido principalmente por tobas que contienen niveles de arenas puzolánicas al sur y occidente de la población de Payandé. El espesor establecido

para el Abanico de Ibagué es de 140 m. El nivel de arenas puzolánicas alcanza un espesor variable entre 20 a 25 m. La distribución de esta unidad en planta para el área del proyecto se muestra en el Plano CAP05.1-CMAB-LES6823-GLMA-001 definidos como los depósitos cuaternarios Qal y Qt.

0.4.1.1.1.7. Cuaternario Aluvial (Qal).

Se distribuye por el sector oriental del área, particularmente sobre la vertiente del drenaje El Salado. Está conformado por aluviones de carácter arenoso con clastos angulosos de tamaño variable. Los clastos están constituidos por fragmentos de caliza, limolita, granodiorita, areniscas conglomeráticas, soportados por una matriz arenosa de color crema y pardo. Los depósitos aluviales forman una topografía plana disectada por las corrientes de agua. Su espesor es de hasta 10 m. La distribución de esta unidad en planta para el área del proyecto se muestra en el Plano CAP05.1-CMAB-LES6823-GLMA-001.

0.4.1.1.1.8. Depósitos de escombros y materiales sobrantes de las excavaciones mineras - Qa-rmex

Superficies perfiladas con morfología ondulada, con geometría aterrazada y bermas reconformadas revegetalizadas en la parte este del título minero 4205 principalmente. Corresponde a coberturas de materiales con morfología ondulada, perfilada y aterrazada que cubren áreas dispersas alrededor del PIT minero de la Mina La Esmeralda actualmente asociadas al TM 4205 que involucran depósitos de escombros (Qa-rmex); ver Anexo CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.001 y Anexo CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.002.

0.4.1.1.2. Geología del yacimiento

El modelo geológico de superficie y del subsuelo del yacimiento, se sustenta en los resultados de los estudios previos, reconocimiento en campo, exploraciones geotécnicas, que han permitido establecer la distribución de las unidades en planta y a nivel vertical, diferenciando las unidades de roca, suelos y coberturas cuaternarias que hacen parte del área de influencia del proyecto.

El yacimiento de interés corresponde a las capas de calizas de la Formación Payandé, que incluye una secuencia de calizas grises, en parte areno silícea, con intercalaciones de chert, cortada por muchos diques de pórfidos gris verdosos.

A continuación, se describe el detalle de los trabajos de exploración adelantados y las características locales de la geología en la cual se enmarca la secuencia de explotación del yacimiento de las calizas de la Formación Payandé, en el área de influencia del proyecto de modificación del título minero 6823 mina La Esmeralda.

0.4.1.1.2.1. Trabajos de exploración geológica del subsuelo

La evaluación del yacimiento, obedece a los resultados de las diversas campañas de exploración geológico geotécnica que se han ejecutado en el área del proyecto, ver Anexo CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.003. El proceso metodológico se valida y se incluyen en la interpretación del modelo geológico, los sondeos con recuperación de núcleo con sus respectivos análisis químicos, que además soportan el planeamiento minero proyectado a 20 años para la explotación de las calizas con base en la modelación geológica del cuerpo mineralizado.

Dentro del contrato de concesión minera se realizaron perforaciones con recuperación de testigo, Anexo CAP3-DPRO-LES6823-AN#3.003, Anexo CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.001. Plano CAP05.1-CMAB-LES6823-GLMA-002. Se lista a continuación la campaña de exploración del subsuelo ejecutada en los últimos años y la instrumentación instalada que incluye la red de piezómetros de la mina la Esmeralda.

Tabla 4. Pozos perforados dentro del título 6823

ID Sondeo	Coord. X	Coord. Y	Coord. X Origen Único	Coord. Y Origen Único	Long.	DIP	DIP DIR
P-19	886 010	967 425	4 766 538,60	2 033 571,55	210,80	-30	300,00
P-20	885 851	967 543	4 766 379,81	2 033 689,74	89,15	-30	305,00
P-21	886 160	967 482	4 766 688,64	2 033 628,32	97,15	-30	300,00
P-22	885 989	967 633	4 766 517,90	2 033 779,52	70,10	-30	300,00
P-24	885 919	967 631	4 766 447,91	2 033 777,62	195,00	-90	0,00
P-25	885 083	967 681	4 765 612,22	2 033 828,79	169,00	-90	0,00
P-26	886 153	967 760	4 766 682,03	2 033 906,25	232,00	-90	0,00
P-30	884 960	966 602	4 765 487,74	2 032 750,27	83,00	-90	0,00
P-05-05	885 610	967 408	4 766 138,69	2 033 555,12	141,00	-90	0,00
P-05-07	885 692	967 247	4 766 220,44	2 033 394,05	141,00	-90	0,00

Fuente: Cemex, 2020

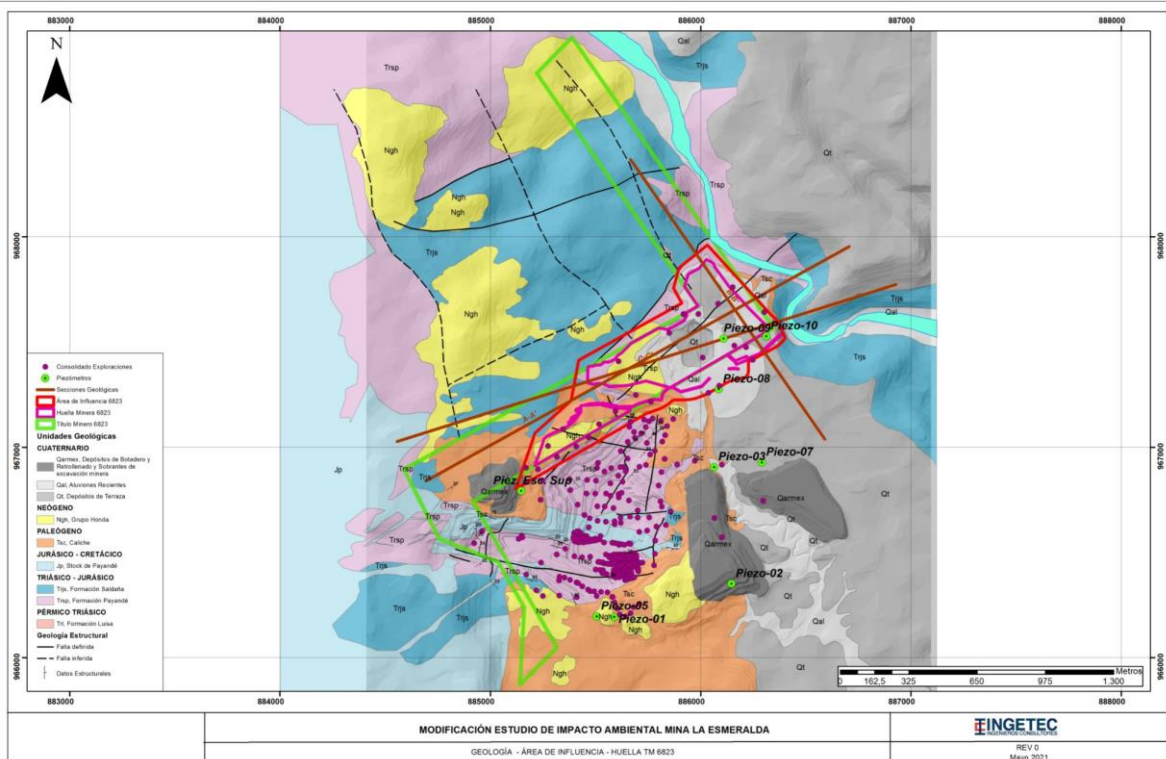


Figura 6. Distribución en planta de las perforaciones TM 6823.
Fuente: Modelo geológico CEMEX, 2019

Tabla 5. Piezómetros instalados en la Mina La Esmeralda

ID Pzmt	Cota	Coordenada Este	Coordenada Norte	Coord. Este Origen Único	Coord. Norte Origen Único
Piezo-01	700,00	885 590	966 194	4 766 118	2 032 341
Piezo-02	620,00	886 147	966 351	4 766 675	2 03 2498
Piezo-03	650,00	886 065	966 906	4 766 593	2 033 053
Piezo-07	670,00	886 292	966 927	4 766 820	2 033 074
Piezo-08	670,00	886 087	967 276	4 766 615	2 033 423
Piezo-09	670,00	886 109	967 516	4 766 637	2 033 663
Piezo-10	650,00	886 313	967 528	4 766 841	2 033 675
Piezo-05	766,70	885 507	966 196	4 766 035	2 032 343

Fuente: Cemex, 2020

0.4.1.1.2.2. Estratigrafía del yacimiento

Se describe la síntesis de las características geológicas en un orden cronológico desde la unidad más antigua a la más reciente, que afloran en el título minero 6823 y del área de influencia, de acuerdo con la información de referencia disponible, estudios de campo y análisis de petrografía que sustentan el modelo geológico de detalle. Anexo CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.001 al CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.003. Plano CAP05.1-CMAB-LES6823-GLMA-002.

- Formación Payandé (Trsp)

Es la unidad litológica de mayor interés económico para la explotación de calizas por parte de Cemex S.A. Aflora al norte, noroeste y suroeste del área del título minero 6823 de la mina La Esmeralda, Plano CAP05.1-CMAB-LES6823-GLMA-002; Anexo CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.001 y CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.002.

El yacimiento, incluye las litologías calcáreas de la Formación Payandé, se encuentra intruida por diques de composición tonalítica con presencia de óxidos de hierro, asociado a la formación Stock de Payandé (Jp), de edad jurásica. Además este título incluye unidades cuaternarias de los depósitos aluviales recientes (Qal) y los depósitos de morfología de terrazas (Qt) abarcando las arenas puzolánicas, los cuales cubren de manera discordante morfologías onduladas e inclinadas en rocas de edad terciario del neógeno de la formación Honda (Ngh) y de los depósitos de Caliche del Paleógeno (Tsc).

Los análisis petrográficos de la unidad, reflejan calizas compuestas por micrita (lodo calcáreo), materia orgánica, con cemento microesparítico, pseudoesparita, aloquímicos (bioclastos, intraclastos, oolitos); en menor porcentaje granos de cuarzo monocristalino y opacos diseminados (pirita); trazas de moscovita. Se observan estilolitos con morfología en ondas y "Sharp Peak", los fósiles no presentan orientación preferente. El ambiente de deposición de estas rocas corresponde a un ambiente marino poco profundo (lagoon somero o plataforma marina somera).

Las calizas de la Formación Payandé, generalmente son de aspecto masivo, pero debido al metamorfismo de contacto que sufrieron presentan recristalización con venillas blancas de calcita y cuarzo e intensamente fracturadas, el conjunto presenta una estratificación con rumbo general Noreste buzando entre 30° y 45° al Este.

- Formación Saldaña (Trjs)

Unidad litológica que aflora en toda el área del título minero 6823, pero con mayor emplazamiento al noroeste del mismo; sin embargo, presenta una distribución en el modelo geológico de superficie del 3,7% en el área de influencia del título. Al noreste del área del título minero, esta unidad de origen volcano sedimentario, afloran lutitas violáceas rojizas, presencia de carbonatos, zonas oxidadas, alteradas y meteorizadas. Plano CAP05.1-CMAB-LES6823-GLMA-002; Anexo CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.001 y CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.002.

Hacia el noreste del área del título minero y sobre la cuenca del río Coello, estas rocas se encuentran formando los escarpes verticalizados que le atribuye la configuración al valle activo encañonado, estrecho controlado por la litología de las rocas de la Formación Saldaña y Payandé.

Los análisis de petrografía de esta unidad, corresponde a una arenisca de grano fino con carbonatos, madura texturalmente, compuesta principalmente por cuarzo monocristalino, feldespato potásico y plagioclasas en una matriz arcillosa, donde el material cementante es carbonatos, además de venillas, epidota en venillas diseminados en la matriz, y opacos (asociados a materia orgánica), con trazas de circón, turmalina y rutilo.

Stock de Payandé (Jp)

Constituyen rocas que son de composición ígnea intermedia, presentan textura porfírica de grano fino a medio, de tonalidades pardo a rosado asociado a la presencia de óxidos de hierro, compuestas por plagioclasa, anfíboles (hornblenda), presencia de carbonatos, que intruye a rocas de la formación Payandé (Trsp) en el área de influencia,

presentan una dirección preferencial de diaclasamiento de dirección Este – Oeste. Plano CAP05.1-CMAB-LES6823-GLMA-002; Anexo CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.001 y CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.002.

- Depósitos de Caliche (Tsc)

Unidad litológica distribuida en un 17,29% del área de influencia, aflora en la parte central y sur del área del título minero 6823 de la mina La Esmeralda. Se encuentra conformado por fragmentos de calizas de tonalidades grisáceas oscura a claro, limolitas, areniscas, y esporádicos fragmentos de granodiorita rosada, con procesos de oxidación, envueltos en una matriz arcillosa y con carbonatos producto de la disolución de rocas calcáreas de la Formación Payandé. En general estos depósitos presentan un espesor medio de hasta 15 m cubre discordante las rocas de la Formación Payandé.

- Formación Honda (Ngh)

Esta unidad litológica se distribuye en toda el área de estudio, principalmente al noroeste, parte central y sur del título minero 6823 de la mina La Esmeralda, ocupando un 17,18% del área de influencia. Incluye arcillolitas violáceas con concreciones arenosas de grano fino en la base y hacia el techo de la unidad afloran areniscas y niveles de areniscas de grano medio a conglomerático, con algunos segmentos milimétricos conglomeráticos. Estos segmentos, relaciona conglomerados con fragmentos que varían desde tamaños gránulos hasta guijos de rocas de variada composición, en especial, rocas volcánicas, ígneas y sedimentarias de tonalidades intermedias a oscuras, con procesos de oxidación por los tonos rojizos en algunos casos.

Esta unidad litológica dentro del área de estudio se encuentra cubriendo de manera discordante a los depósitos de Caliche (Tsc) de edad paleógeno.

- Depósitos aluviales de morfología de terraza (Qt)

Depósitos cuaternarios principalmente de textura areno gravosos y gravosos, abarcan un 18,23% del área de influencia del título minero 6823 de la mina La Esmeralda; involucra el yacimiento de arenas de puzolanas del título minero 745. Estos depósitos se encuentran constituidos de base a techo por una secuencia de sedimentos arenosos de grano medio a grueso, con líticos oscuros volcánicos, esporádicos limos, fragmentos subredondeados de pumitas y piroclastos de tonalidades marrón claro a grisáceo de tamaños gránulos a guijos, de carácter matriz soportado, en una relación 80 – 20%, consistencia blanda, sueltos, no consolidados.

De acuerdo con las exploraciones ejecutadas por la Empresa Colombiana de Hidrogeología SAS para el año 2017, en el área del título minero 6823 con la instalación de piezómetros P8, P9 y P10, se tiene que después de los 4 o 6 m de profundidad afloran arenas cuarzosas de grano medio a grueso, con fragmentos y gravas de rocas volcánicas, intrusivas y fragmentos líticos oscuros de rocas ígneas y metamórficas, algunos con presencia de rocas sedimentarias, limos y ceniza volcánica.

- Depósitos aluviales (Qal)

Esta unidad se distribuye en un 31,29% del área de influencia del título minero 6823, se observa en los taludes actuales que conforman los primeros 5 m de la mina de puzolanas asociadas a las terrazas fluvio volcánicas. Esta unidad cuaternaria se encuentra representada por gravas de rocas volcánicas, extrusivas y sedimentarias principalmente, de tonalidades intermedias a oscuras, formas subredondeadas a redondeadas, de tamaños heterométricos, mal seleccionados, en una matriz de arenas finas a medias con esporádicas arcillas, de carácter matriz soportado, en una relación que varía entre 80-20% y 70-30% con bajo contenido de materia orgánica.

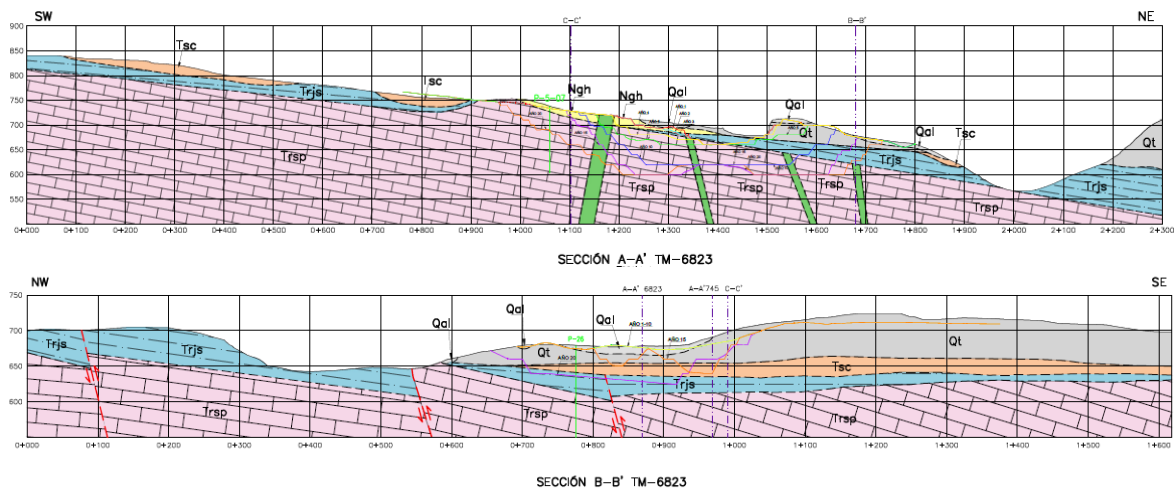


Figura 7. Sección geológica A-A' (arriba) y B-B' (abajo) Modelo geológico del yacimiento TM 6823 Mina La Esmeralda

0.4.1.1.3. Geoquímica del yacimiento

De acuerdo con la caracterización del yacimiento objeto de explotación¹ del título minero 6823, se relacionan los resultados de las características fisicoquímicas y los valores medios de los óxidos mayores y menores en el proceso Cementero medidos, se ven en la Tabla 6.

Tabla 6. Valores medios de óxidos mayores y menores yacimiento Calizas TM 6823

	SiO2	Al2O3	Fe2O3	CaO	MgO	SO3
Mean	15,41	3,21	1,22	42,29	1,83	0,82
Median	9,75	1,75	0,61	47	1,35	0,63
Mode	8,26	1,5	0,15	46,61	1,12	0
Standard Deviation	14,71	3,52	1,46	12,55	1,35	0,81
Sample Variance	216,48	12,38	2,13	157,59	1,83	0,66
Kurtosis	3,47	3,26	7,17	1,86	24,68	45,66
Skewness	1,99	2	2,48	-1,63	3,32	4,4
Range	72,22	16,61	11,78	62,5	20,33	16
Minimum	0,96	0,16	0,07	1,82	0,27	0
Maximum	73,18	16,77	11,85	64,32	20,6	16
Count	3613	3613	3613	3613	3613	3613
Rango intercuantil	10,78	2,42	1,10	10,31	1,01	0,65

¹ CEMEX, 2018. Actualización del PTO Contrato de Concesión 8-6823. Mayo, 2018.

	SiO2	Al2O3	Fe2O3	CaO	MgO	SO3
Número de clases	13	13	13	13	13	13
Amplitud de rango	5,56	1,28	0,91	4,81	1,56	1,23
Percentil [0%] Q0	0,96	0,16	0,07	1,82	0,27	0
Percentil [5%] Q5	3,27	0,56	0,16	10,63	0,65	0,08
Percentil [25%] Q25	6,56	1,14	0,38	39,77	1,09	0,36
Percentil [50%] Q50	9,75	1,75	0,61	47	1,35	0,63
Percentil [75%] Q75	17,34	3,56	1,48	50,08	2,1	1,01
Percentil [90%] Q90	37,07	8,46	3	53	3,63	1,55
Percentil [98%] Q98	64,85	14,82	6,06	54,83	5,69	3,22
Percentil [100%] Q100	73,18	16,77	11,85	64,32	20,6	16

Fuente: Cemex, 2018

0.4.1.2. Geomorfología

La unidad geomorfológica, se define como una geoforma individual genéticamente homogénea, generada por un proceso geomórfico constructivo o destructivo (acumulación o erosión), típico de un ambiente morfogenético dado. Se identifica inicialmente el ambiente morfogenético seguido de las geoformas específicas (INGEOMINAS, 2011). Entonces para el ambiente morfoestructural en el modelado del contexto geomorfológico regional, se encuentran cuevas, mesetas y pliegues; en el ambiente volcánico se encuentran flujos laháricos interdigitados con abanicos aluviales; en el ambiente denudacional se identifican montañas, lomas y colinas residuales, y superficies de aplanamiento; el ambiente fluvial presenta cauces de ríos, terrazas de erosión, abanicos y planicies aluviales; y en el ambiente morfogenético antrópico se identifican canteras, explanaciones y escombreras. En la Tabla 7, se relaciona la síntesis de la provincia y relieves asociados al proyecto con base en la nomenclatura y estándares establecidos en la cartografía geomorfológica del SGC.

Tabla 7. Síntesis de provincias y paisajes geomorfológicos para el AI.

Geomorfo Estructura	Provincia Geomorfológica	Región Geomorfológica	Unidad Geomorfológica
Cordillera Central / Depresión del Magdalena Medio	Cordillera Central	Relieve Montañoso (RM)	Estructural- Erosional (EE)
		Relieve Valle (RV)	Fluvial (F)
			Antropogénicas (Ant)

Fuente: Elaboración propia

El área de influencia para el TM 6823, se caracteriza por presentar un tipo de relieve se clasifica como montañoso, con alturas mayores a 500 msnm, contraste de relieve alto (hasta 210 m de diferencia), laderas cóncavas, valles de hasta 30 m en forma de V. El patrón de drenaje es dendrítico a subdendrítico, con una densidad de drenaje alta (~4000m/Km2) e índice de frecuencia medio (~15 drenajes por Km2).

0.4.1.2.1. Unidades morfoestructurales

El área de de influencia se ubica en la región donde se presentan serranías estructurales, y se identifican los ambientes morfoestructurales de tipo morfoestructural presentes al occidente y sur del área minera, evidenciado por el flanco oriental de la Cordillera Central, cabalgamientos debidos a fallas y una secuencia de pliegues; el ambiente volcánico como agente modelador de las coberturas cuaternarias representados por algunos flujos piroclásticos y lahares; el ambiente denudacional producto de la erosión en el piedemonte y la presencia de surcos y cárcavas en laderas en las zonas de cauces encañonados y controlados por las estructuras geológicas principales y el modelado volcánico de materiales poco competentes (ej. Laderas del regolito del Stock de Payandé y Formación Saldaña en el río Coello); ambiente fluvial en el abanico de Ibagué, el Guamo y las terrazas del río Coello; y ambiente antropogénico concerniente al área de los frentes de explotación y escombreras producto de la actividad minera del título adyacente al 6823 que es el 4205 de la mina La Esmeralda, Figura 8.

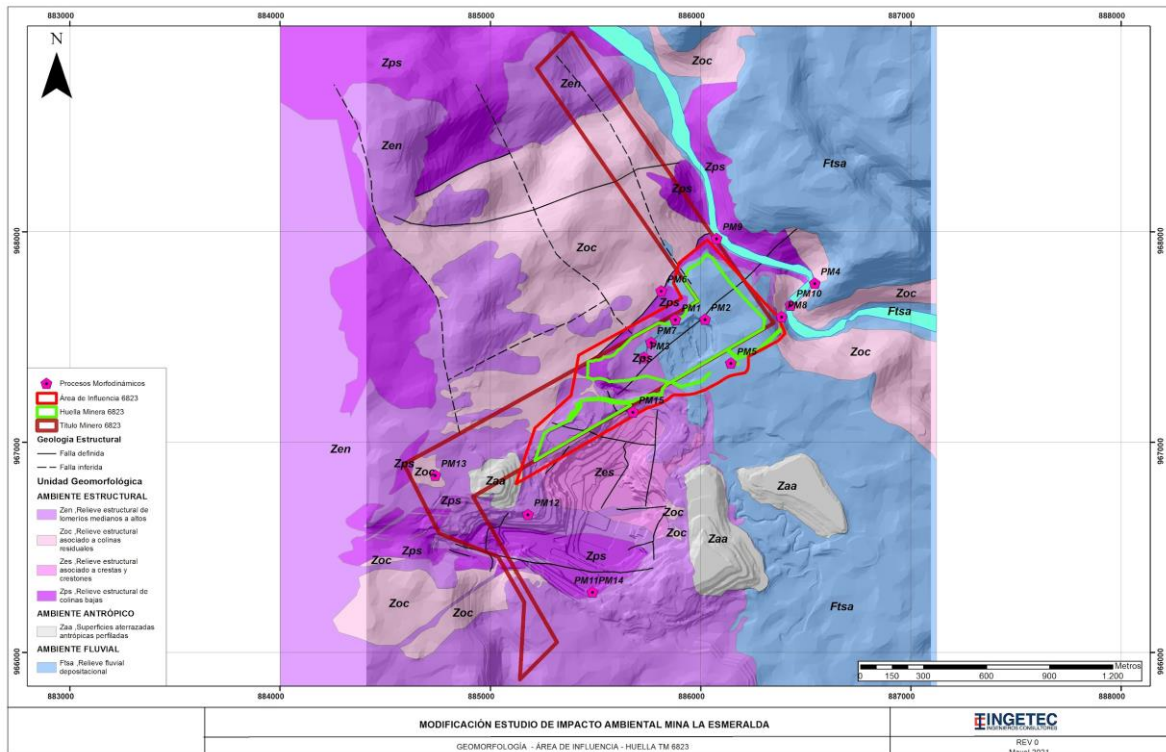


Figura 8. Unidades geomorfológicas asociadas al TM 6823

Gran parte del área de estudio del título minero se presenta distribuido en ambiente de origen fluvial deposicional Volcánico, está relacionado con las coberturas cuaternarias de los depósitos fluvio volcánicos y de morfología de terraza antigua, con espesores que superan los 40 m, los cuales cubren de manera discordante las demás morfologías en rocas terciarias y triásicas, dándole una expresión, de terreno suave a ligeramente ondulado, asociados a la cuenca del río Coello.

Morfologías en relieve de lomeríos altos se presentan al norte del área del título minero 6823, representado por rocas de la formación Payandé; conforman prominencias topográficas de textura moderada, disectados por el río Coello; lomeríos medios a bajos se observan al oeste, sur, suroeste y noreste del título minero, presentes en rocas blandas de las formaciones Payandé, limolitas, arcillolitas, y en las rocas terciarias de las formaciones Honda y Caliche que incluyen areniscas deleznales, arcillolitas y carbonatos que envuelven fragmentos de rocas de variada composición. Al noroeste

del área del título minero se presentan colinas bajas en rocas de la formación Payandé en contacto con morfologías de colinas bajas representadas por rocas de la formación Saldaña, así como en el este del título disectadas por la cuenca del río Coello. Finalmente, hacia el suroeste del título minero, se presentan morfologías perfiladas asociadas a relieve artificial elaborado para la disposición de material estéril de la escombrera superior, Figura 8.

0.4.1.2.1.1. Ambiente morfoestructural.

Corresponde a las geoformas cuya expresión morfológica está definida por la litología y la disposición estructural de las rocas aflorantes en el área de estudio, principalmente de estratos en rocas sedimentarias de las Formaciones Luisa (Tri) y Formación Payandé (Trsp), rocas volcanosedimentarias de la Formación Saldaña (Trjs), rocas ígneas jurásicas del Stock de Payandé (Jp), rocas terciarias del Grupo Honda (Ngh) y Caliche (Tsc), Plano CAP05.1-CMAB-LES6823-GLMA-001. Estas unidades, se presentan afectadas por las fallas de Cajones, Honduras y Salitre a nivel regional, y dentro del área de influencia del título minero se presentan fallas menores de tipo inverso acompañadas de algunos movimientos normales oblicuos y perpendiculares a la dirección principal (E-W).

Este relieve, incluye geoformas asociadas a crestas y crestones, lomeríos, colinas bajas y colinas residuales, disectados por el río Coello y drenajes menores de los drenajes El Salado, Los Huilos y Chicalá, de morfología casi subparalela, conformando vallecitos abiertos. Los procesos de tipo Estructural son los encargados de generar los paisajes más abruptos y escarpados, pendientes con rangos entre el 50 y >100% asociados a procesos de plegamiento, levantamiento, fracturamiento y fallamiento de las rocas que dan origen a morfologías que destacan en el terreno, Anexo CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.004 y CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.005.

- **Zes:** geoformas del terreno cuyo origen está ligado a las actividades actuales de la intervención minera del proceso de explotación del mineral de calizas dentro del relieve estructural asociado a crestas y crestones, con laderas de longitudes cortas, pendientes moderadamente escarpadas (50 – 75 %) a totalmente escarpadas (>100%), resultado de la acción de fallamiento aproximadamente paralelo al rumbo de los estratos con plegamiento y superficies fracturadas. Las geoformas más comunes producto de la intervención minera fundamentalmente a la reconformación del terreno del pit incluye bancos, bermas, rampas resultado de las actividades de explotación del yacimiento de caliza sobre rocas de la Formación Payandé (Trsp), con algunas expresiones interdigitadas de rocas jurásicas de la Formación Saldaña (Trjs) y algunos diques de composición granodiorítico del Stock de Payandé (Jp). Plano CAP05.1-CMAB-LES6823-GEOM-001.
- **Zen:** geoformas presentes al sur del área de influencia del título minero 6823, representado por lomeríos que incluye lomas medias a altas, de laderas cortas, con superficies cóncavas convexas a irregulares, pendientes que varían desde ligeramente escarpadas (25 – 50 %) hasta fuertemente escarpadas (75 – 100 %) se presenta cubierta por depósitos de la escombrera inferior (Qe). Geoforma que representa unidades de suelo y roca del Caliche (Tsc) constituidas por fragmentos de calizas, limolitas y granodioritas en matriz arcillosa. Plano CAP05.1-CMAB-LES6823-GEOM-001.
- **Zoc:** geoformas que se presentan ocasionalmente en el área del pit minero actual y al sur del título minero 4205 en inmediaciones con la escombrera inferior. Su expresión morfológica se encuentra asociada al relieve estructural de colinas residuales de baja elevación con laderas muy cortas y pendientes que varían desde hasta moderadamente inclinadas (7 – 12 %) a ligeramente empinadas (25 – 50 %), con un índice de relieve bajo a moderado. Su origen está relacionado a procesos tectónicos y representados por unidades de rocas blandas de las Formaciones Payandé (Trsp) limolitas, arcillolitas y margas, en menor proporción a rocas del depósito de Caliche (Tsc) y de la Formación Saldaña (Trjs) la parte sedimentaria asociada a lutitas calcáreas. Plano CAP05.1-CMAB-LES6823-GEOM-001.
- **Zps:** geoformas del terreno representado por superficies bajas a onduladas distribuidas en casi todas el área directa del título minero 4205 asociado al relieve estructural de colinas bajas y superficies ligeramente planas a moderadamente onduladas, con laderas muy cortas, de pendientes que varían desde ligeramente planas (1 – 3 %) hasta moderadamente inclinadas (7 – 12 %) en suelos y rocas de las Formaciones Payandé (Trsp), Saldaña (Trjs) y Caliche (Tsc) dentro del pit minero, además por las coberturas cuaternarias aluviales de la dinámica actual de los drenajes El Salado y Los Huilos al este del título minero principalmente. Plano CAP05.1-CMAB-LES6823-GEOM-001.

0.4.1.2.1.2. Ambiente fluvial

Las unidades morfogénicas asociadas a las geoformas de origen fluvio volcánico en el área de influencia del título minero 6823 corresponden a:

- Terraza aluvial antigua (Ftas).

Terrazas onduladas de moderada extensión en forma de abanico ampliamente explayado, de laderas moderadamente largas, de formas cóncavas y convexas con pendientes suaves a inclinadas. Su origen está asociado con la existencia de abanicos y planicies aluviales antiguos muy disectados que dieron lugar a la depositación de los sedimentos arenosos y gravosos que incluyen las arenas puzolánicas de origen volcánico generados por la cuenca del río Coello (Qt), distribuidos en el área central del título minero 6823 y que incluye las áreas donde se emplaza el corregimiento de Payandé, Plano CAP05.1-CMAB-LES6823-GEOM-001. Anexo CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.004 y CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.005.

- Escarpes de terrazas erosivos (Fte)

Morfologías correspondientes a las áreas que incluyen los taludes de corte del proceso extractivo de la mina de puzolanas, parte central del título minero 6823, con pendientes escarpadas, donde afloran los sedimentos arenosos y gravosos de morfología de terraza (Qt). Plano CAP05.1-CMAB-LES6823-GEOM-001. Anexo CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.004 y CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.005.

0.4.1.2.2. Morfometría

El Área de Influencia Proyecto (AI) de los títulos mineros de la Mina de Calizas la Esmeralda, incluye relieves de tipo estructural y fluvio volcánico que ocupan el 49,5% y 50,2% del área de influencia respectivamente y en menor proporción relieve de origen antrópico (8%), los cuales están determinados por la acción tectónica y por los agentes exógenos móviles. El relieve de origen estructural dominante en toda el área de estudio asociado a crestas y crestones, lomeríos, colinas residuales, colinas bajas y superficies planas a ligeramente onduladas, abarca sectores con laderas de pendientes que van desde moderadamente inclinadas (7 – 12 %) a totalmente escarpadas (> 100 %) pronunciados en litologías variadas sedimentarias, ígneas y volcanosedimentarias de las Formaciones Luisa (Trl), Payandé (Trsp), Saldaña (Trjs), Stock de Payandé (Jp), rocas de la Formación Honda (Ngh) y de Caliche (Tsc) principalmente. Plano CAP05.1-CMAB-LES6823-GEOM-002, Anexo CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.007, Figura 9. La textura y morfología del relieve, se enmarca en pendientes que oscilan entre el 7 al 25%, involucra los sedimentos de las terrazas fluvio volcánicas (Qal-Qt) y colinas residuales de las rocas más antiguas, que para este caso en particular corresponde a la Formación Saldaña y Payandé, Figura 10.

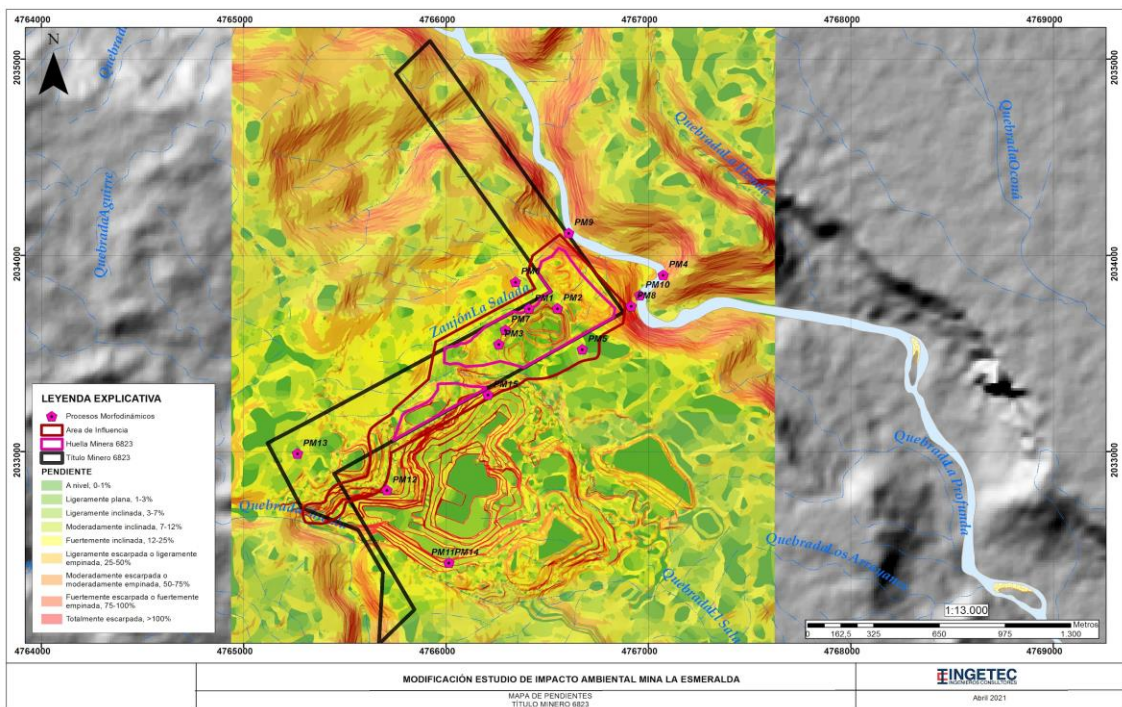


Figura 9. Mapa de pendientes del terreno obtenido de la base topográfica detalle a octubre de 2019; se ilustra la distribución del TM 6823 La Mina La Esmeralda.

Fuente: Elaboración propia

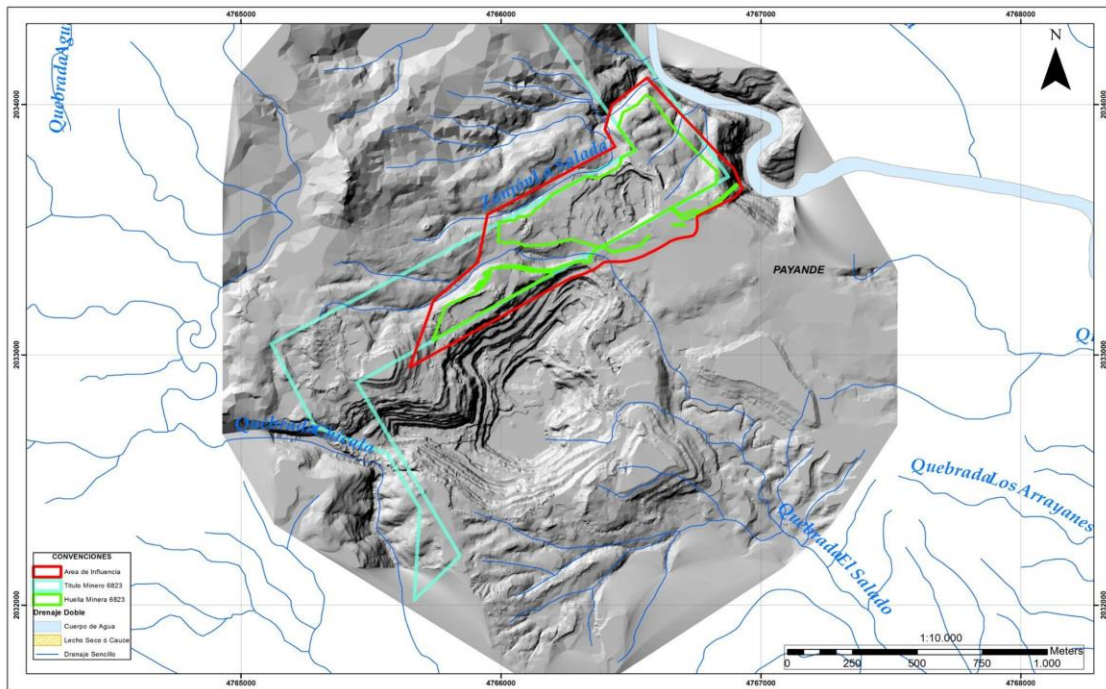


Figura 10. Modelo elevación del terreno obtenido de la base topográfica detalle a octubre de 2019; se ilustra la distribución del TM 6823 La Mina La Esmeralda.

Fuente: Elaboración propia

0.4.1.2.3. Morfodinámica

Los procesos erosivos presentes en la zona de estudio están dados bajo condiciones naturales estables, identificando en el área de influencia erosión por escorrentía superficial y fluvial. La erosión en surcos se forma a partir de la concentración de agua de escorrentía, arrastrando partículas y a su paso formando canales poco profundos; generalmente en el área de influencia, se presentan como procesos erosivos locales, paralelos ya que siguen la dirección de la pendiente, en este caso afectando suelos de las formaciones sedimentarias, volcanoclasticas y los depósitos cuaternarios con morfología de terraza, del título minero 6823 mina La Esmeralda, Figura 11.

A continuación, se describen los procesos morfodinámicos identificados en el área del título minero 6823 de la mina La Esmeralda:

PM1. Surcos de erosión afectados por la escorrentía superficial de aguas lluvias sobre los depósitos cuaternarios de arenas puzolánicas en el área del título minero 6823, en talud adyacente a la mina de Puzolanas. Estos procesos erosivos tienen una longitud de 5 m, un ancho de 30 cm y una profundidad de 20 a 25 cm, Plano CAP05.1-CMAB-LES6823-GEOM-001, Anexo CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.006.

PM2. Otros surcos de erosión afectados por la escorrentía superficial de aguas lluvias sobre los depósitos cuaternarios de arenas puzolánicas en el área de la mina de Puzolanas se evidenciaron dentro del título minero 6823 en taludes al norte, noreste y sureste de la misma. Estos procesos erosivos tienen una longitud que varían entre los 10 y 15 m, un ancho de 20 cm y una profundidad de 10 a 15 cm, Plano CAP05.1-CMAB-LES6823-GEOM-001, Anexo CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.006.

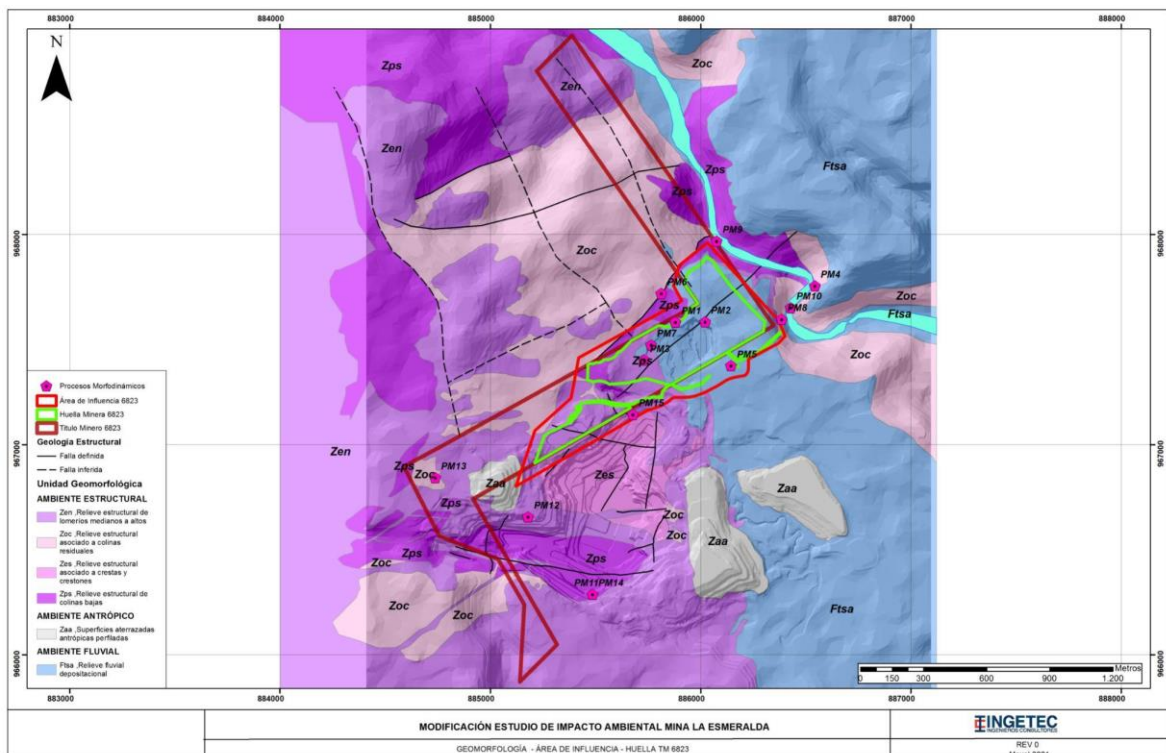


Figura 11. Unidades geomorfológicas y procesos morfodinámicos identificados, área de influencia TM 6823 Mina La Esmeralda

Fuente: Elaboración propia

PM3. Generación de cárcava y surcos en la dirección del talud, afectando suelos y rocas de la formación Honda (Ngh), conformada por suelos arcillo-arenosos de grano fino con fragmentos de rocas ígneas y sedimentarias de tonos pardo a grisáceos y violáceos, subangulares a subredondeados, infrayacente se presentan arcillolitas rojizas a violáceas con concreciones arenosas. Plano CAP05.1-CMAB-LES6823-GEOM-001, Anexo CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.006.

PM4. Erosión superficial por socavación lateral de la margen izquierda del río Coello afectando rocas triásicas de las formaciones Payandé (Trsp) y Saldaña (Trjs), asociadas a calizas masivas grisáceas y rocas volcanoclásticas principalmente lutitas calcáreas, limolitas y calizas de la parte superior de la Formación Saldaña. Plano CAP05.1-CMAB-LES6823-GEOM-001, Anexo CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.006.

PM5. procesos erosivos menores, se presentan en el área del título minero 6823 de la mina La Esmeralda, se presentan en la parte central y al este del área de influencia; corresponden a surcos por la escorrentía superficial de aguas lluvias sobre los depósitos cuaternarios aluviales (Qal). Plano CAP05.1-CMAB-LES6823-GEOM-001, Anexo CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.006. Estos procesos se evidencian, adyacente a la banda transportadora de la mina La Esmeralda hacia la planta de Caracolcito, espacialmente tienen una longitud que varían entre 1 y 2 m, amplitud a escala centimétrica de 5 a 10 cm y una profundidad de 10 cm, Plano CAP05.1-CMAB-LES6823-GEOM-001, Anexo CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.006.

PM6. Generación de cárcava de erosión afectando suelos y rocas de la formación Saldaña (Trjs) al noroeste del área del título minero 6823 de la mina La Esmeralda. Proceso que afecta suelos arcillo-arenosos de grano fino con fragmentos de tobas y lutitas violáceas, seguido se presentan lutitas violáceas muy alteradas y fracturadas en láminas y capas muy delgadas de 5 cm de espesor, con algunas intercalaciones de tobas amarillentas, alteradas. Plano CAP05.1-CMAB-LES6823-GEOM-001, Anexo CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.006.

0.4.1.3. Paisaje

El componente de paisaje comprende de forma integral el análisis de tres líneas de evidencia, el componente abiótico, biótico y sociocultural del área de estudio para estimar el atractivo visual. La percepción del paisaje por lo tanto resulta de la expresión visual del territorio respecto a estos atributos escénicos y de carácter espacial. Por lo tanto, el paisaje refleja la expresión espacial y visual del medio², las cuales van a variar en términos de la calidad del paisaje que refleja la cantidad y variabilidad de elementos llamativos (geoformas, coberturas vegetales y cuerpos de agua), además de la alta fragilidad o resiliencia a los cambios que se realicen sobre este dependiendo de los atributos que lo componen.

El análisis del paisaje visual considera la estética y la capacidad de percepción de los observadores, en este caso los habitantes presentes en áreas aledañas al proyecto. Existe un consenso generalizado entre poblaciones de diversas culturas por aquellos paisajes en los que se observa la presencia de vegetación y enclaves de agua, donde son más llamativos aquellos que presentan coberturas vegetales con elementos arbóreos, agua con aspecto limpio y prístino o si presenta pequeños saltos o cascadas. Junto a estas características también es importante la variedad o diversidad temática (Bolós, 1992).

Para el análisis del paisaje se determinó un área de influencia teniendo de base la ubicación de los observadores y su capacidad de visión (escala visual), la visibilidad dada por el relieve de la zona y la evaluación de la percepción del paisaje por parte de la población local. Con base en estos parámetros, se procedió a evaluar el paisaje y caracterizarlo en nueve unidades paisajísticas basándose en la metodología conceptual de Yeomans (1986) y BLM (U.S.D.I., Bureau of Land Management, 1980), los cuales dan una valoración a los elementos del paisaje. Adicionalmente, a la estimación de la calidad y fragilidad visual, se estimó el índice de belleza paisajística mediante la metodología propuesta por USDA (1995) en conjunto con los resultados de las encuestas realizadas que reflejan las diferentes preferencias culturales sobre el paisaje local por la comunidad.

² Bolós, M. (1992). *Manual de ciencia del paisaje: Teoría, métodos y aplicaciones*. Masson.

0.4.1.3.1. Atributos del paisaje

El área de influencia se caracterizó por presentar predominantemente superficies con relieve variado, formas interesantes con pendientes entre el 12-50% (53,48% del área, Figura 12) y que presenta una capacidad media de generar movimientos en masas del terreno. Este relieve presentan zonas con un relieve moderado, por lo que la visibilidad de esta área es medianamente evidente a los observadores, esto es importante dado que ciertas modificaciones pueden ser más visibles a mayor distancia, aunque esto se ve incrementado cuando las pendientes son mayores al 50%, las cuales son escasas en el área del proyecto. Adicionalmente, la presencia de cuerpos de agua aportan significativamente sobre los atributos del paisaje, en el área se identificaron principalmente cuerpos de agua lóticos se tratan a detalle en el numeral de 0.4.1.5 Hidrología donde se destaca el río Coello y tres afluentes de este.

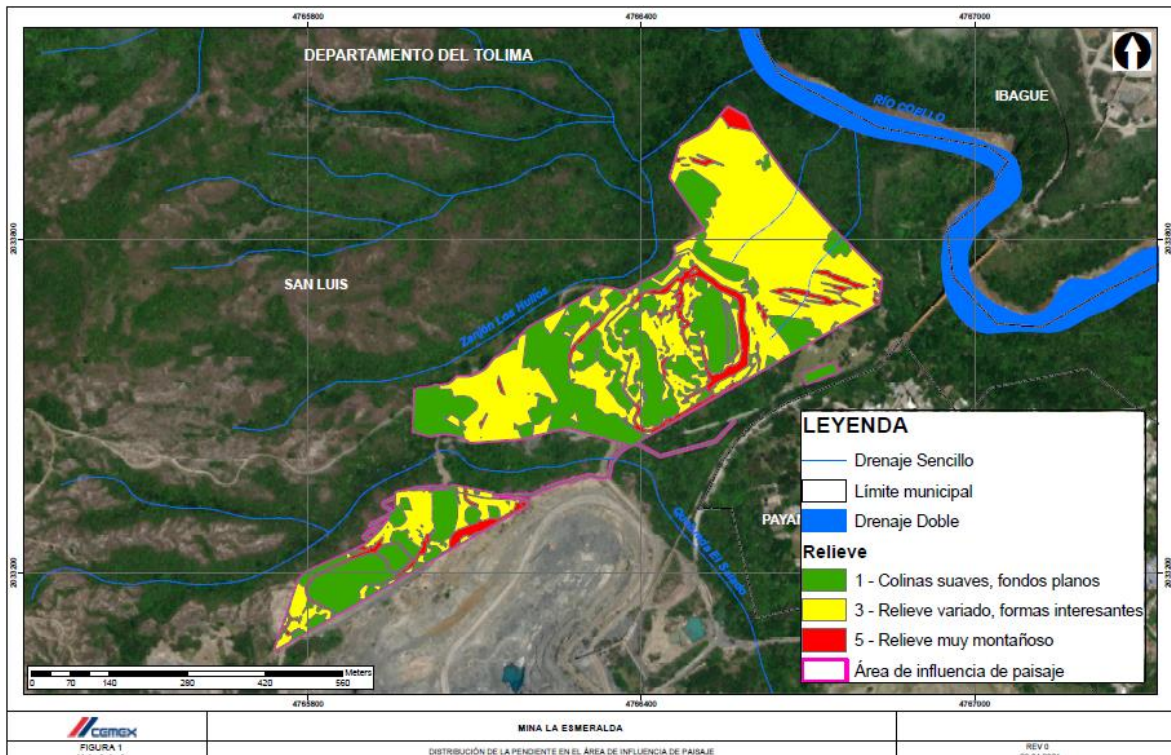


Figura 12. Distribución de la pendiente en el Área de influencia de paisaje
Fuente. Elaboración propia

Respecto a los elementos bióticos, las coberturas vegetales principales del área corresponden a zonas de territorios artificializados y las zonas con vegetación natural como bosque ripario y vegetación secundaria y/o en transición y en menor medida los territorios agrícolas. Por lo tanto, buena parte del área cuenta con áreas poco llamativas por su grado de intervención antrópica, lo que contrasta con la predominancia de zonas naturales que cuentan con un alto nivel de atractivo para los observadores. En estos espacios naturales se identificaron varias especies de flora y fauna que son atractivas por su color, forma, vocalizaciones, migración, valor ecológico y grado de endemismo.

0.4.1.3.2. *Unidades del paisaje*

Con base en los elementos del paisaje previamente mencionados se caracterizó la calidad visual, fragilidad visual y belleza paisajística para el área de influencia. Inicialmente la calidad visual comprende la valoración del relieve, vegetación, cuerpos de agua, color, rareza, modificaciones antrópicas y el arreglo de estos elementos (adyacencia); la proporción y distribución de los estos elementos el área influencia permite evidenciar que las superficies del área de influencia presentan una calidad visual baja (96,48%) por lo cual se puede asegurar que el desarrollo del proyecto se dará en zonas donde ya la calidad visual y los diversos elementos del paisaje presentan un alto grado de alteración antrópica, presencia de elementos discordante, donde además los elementos de mayor calidad visual se encuentran en un contexto fuertemente antrópico.

La capacidad de asimilar cambios a nivel del paisaje del área de influencia está determinada por el relieve predominante, potencial de regeneración de la vegetación, estabilidad del suelo y el contraste de elementos visuales. Con base en la ponderación de estos elementos se puede estimar que el paisaje del área de influencia por su relieve con pendientes moderadas que aportan parcialmente al atractivo, un potencial moderado de que se generen movimientos de remoción en masa y la presencia de coberturas vegetales naturales esto permite evidenciar una mediana capacidad de recibir alteraciones. Como resultado la fragilidad visual del área es alta, con baja capacidad de absorción visual (66,48%) en un áreas donde gracias a la cercanía con centros poblados, los cambios serán perceptibles por los observadores, sin embargo parte se ubicará sobre superficies con una fragilidad visual moderada (cerca de 8,41 ha).

Respecto a la belleza del paisaje, esta tuvo en cuenta los resultados obtenidos por medio de las encuestas para relacionar elementos que llaman la atención de los observadores gracias a su variabilidad de tonos, formas, tamaños y su relación con preferencias culturales de la población. En general se considera que independiente de la cultura, los espacios naturales son más atractivos para las personas respecto a superficies antrópicas, no obstante en el caso del proyecto las zonas verdes presentaron un mayor atractivo dado que se dan en una matriz sin más elementos vegetales. Teniendo en cuenta la calificación del atractivo escénico, elementos discordantes, correspondencia cromática, integridad escénica, nivel de interés y la visibilidad (cuencia visual) se obtiene el panorama general del área de influencia. Se puede afirmar que la mayor parte del área corresponde a zonas con belleza paisajística baja (94,56%) relacionadas con la alta modificación que se ha realizado a las coberturas naturales provocando la reducción de ecosistemas y las superficies con una belleza paisajística alta, se relacionan con los ecosistemas naturales ocupando cerca del 0,8% de la superficie.

El resultado de la zonificación con base en la ponderación de estos parámetros permite identificar siete unidades de paisaje y su extensión a lo largo del área de influencia de paisaje. Debido a la predominancia de coberturas antropizadas asociadas al área del proyecto, el 66,72% del área corresponde a la unidad **Bal** (Calidad visual baja y una fragilidad visual alta), las cuales se caracterizan por elementos con un relieve inclinado y sobre el que predominan superficies antrópicas que en alguna medida no armonizan el paisaje, le siguen las superficies de la unidad **Bmd** (Calidad visual baja y una fragilidad media) con un 30,11% de la superficie total (Tabla 8). La distribución espacial de las unidades se encuentran en la Figura 13.

Tabla 8. Superficie ocupada por cada una de las unidades de paisaje presentes en el área de influencia

Unidad de paisaje	Descripción	Área (ha)	Proporción (%)
Aal	Calidad visual alta y fragilidad visual alta	0,03	0,12%
Amd	Calidad visual alta y fragilidad visual media	0,34	1,33%
Abj	Calidad visual alta y fragilidad visual baja	0,15	0,59%
Mmd	Calidad visual media y fragilidad visual media	0,38	1,49%
Mbj	Calidad visual media y fragilidad visual baja	0,008	0,03%
Bal	Calidad visual baja y fragilidad visual alta	16,94	66,33%

Unidad de paisaje	Descripción	Área (ha)	Proporción (%)
Bmd	Calidad visual baja y fragilidad visual media	7,69	30,11%
Total		25,54	100%

Fuente. Elaboración propia

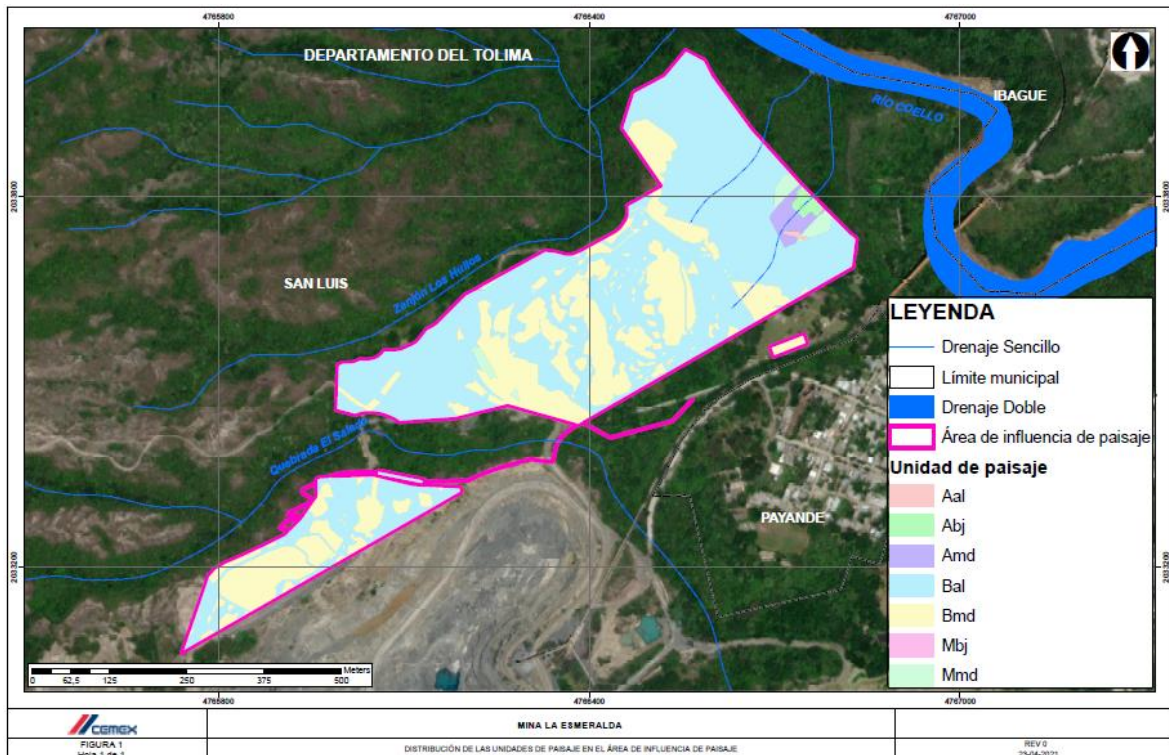


Figura 13. Distribución de las unidades de paisaje en el área de influencia.

Fuente. Elaboración propia

Debido a las cualidades del paisaje por la predominancia de relieve con pendientes moderadas y con el planteamiento de los observadores del proyecto principalmente asociados al casco urbano de Payandé, se puede contrastar las áreas que del proyecto que son visibles o no visibles dentro del área de influencia. Para los observadores los cambios que ocurren a su alrededor son más evidentes los cambios que ocurren en el plano inmediato (0-100 m) y el primer plano (100-800 m), posterior a esta distancia la atención del observador es menos certera y los cambios que se den son menos evidentes. Para el área del proyecto, el 69,48% del área se encuentra categorizada como visible, en general esto permite que los cambios que se den dentro del proyecto tengan un moderado impacto dada la visibilidad y proximidad del proyecto a Payandé aunque las zonas de extracción minera son zonas no visibles, adicionalmente dado que tamaño de los elementos discordantes se da en las unidades de calidad visual baja, la disrupción visual de estos elementos ante los observadores es menor.

0.4.1.3.3. Sitios de interés paisajístico

Con base en la información se puede indicar que en el área de influencia de paisaje no existen sitios de interés paisajístico, esto debido a que estas son zonas que presentan un historial de actividades mineras y por lo tanto, no presentan alta afluencia de público. En términos generales, con base en las encuestas realizadas y las momentos de socialización los entrevistados no identificaron ningún otro sitio de interés paisajístico particular, valorado con relevancia desde el punto de vista cultural, aunque sí es importante detallar que los habitantes consideran las geoformas como las principales características para determinar un paisaje agradable y donde identifican como principal amenaza las construcciones y la deforestación. Tampoco dentro del área de influencia de paisaje se encuentran áreas destinadas a la conservación de la biodiversidad o áreas protegidas y/o ecosistemas estratégicos.

0.4.1.4. Suelos y usos de la tierra

El suelo, es un cuerpo natural que comprende sólidos (minerales y materia orgánica), líquidos y gases que ocurren en la superficie de la tierra, que ocupa un espacio y que se caracteriza por horizontes o capas que se distinguen del material inicial como resultado de las adiciones, pérdidas, transferencias y transformaciones de energía y materia, o por la habilidad de soportar plantas enraizadas en un ambiente natural (USDA - NRCS, 2014). El estudio del suelo se basa en la comprensión de la naturaleza, las propiedades, dinámicas y funciones del suelo como parte del paisaje y los ecosistemas.

La delimitación y caracterización de los suelos es un proceso donde se determinan los factores y procesos de su formación, referidos al material parental, los cambios en el relieve, las variaciones climáticas y la erosión; en aras de conocer aspectos importantes de la física de suelos, como son: el régimen de agua, aire y temperatura, los procesos de floculación y dispersión de los coloides del suelo, la retención y el movimiento de agua, la formación de la estructura y la distribución del espacio poroso, y con el fin de separar en unidades de suelo con características homogéneas.

Para el presente documento, la delimitación y caracterización de los suelos permite conocer las características de los mismos y del entorno, basados en las observaciones realizadas en el estudio general de suelos del departamento del Tolima, IGAC 2004 e información primaria tomada por Ingetec, 2020. La descripción de suelos se hace de acuerdo con los tipos de relieve presentes en los paisajes de Montaña y Piedemonte, los que se caracterizan por tener condiciones al interior de ellos mismos condiciones similares en cuanto a clima, topografía y materiales parentales. La potencialidad de los suelos se determina en función de la capacidad de uso de las tierras; para el establecimiento de un uso adecuado a través de las limitaciones pedogenéticas observadas en campo se hace una agrupación de las unidades cartográficas de suelo según su uso y manejo, ubicándose en clases y subclases, definido por el Sistema de Clasificación Taxonómico Internacional, por último se compara con el uso actual que se realiza a esos suelos para identificar y caracterizar los conflictos de uso del suelo.

0.4.1.4.1. Unidades de suelos

En el área de influencia del componente suelo se identificaron 3 unidades, una de montaña y dos de Piedemonte, las cuales se describen a continuación.

Unidad MWC: Corresponde al tipo de relieve denominado lomas, localizadas en el centro y occidente del área de influencia del título minero, en el municipio de San Luis, vereda Payandé. Los suelos se han desarrollado sobre rocas sedimentarias arcillositas y areniscas con intrusiones de granodiorita. El relieve presenta pendientes que varían de 7 a más de 75%. Presenta erosión severa causada por escurrimiento difuso y concentrado, el cual ha formado surcos y cárcavas; hay abundante piedra superficial. La vegetación natural ha sido destruida casi en su totalidad y las tierras están prácticamente inutilizadas debido a la falta de humedad, a las fuertes pendientes y a la poca profundidad efectiva de los suelos.

Integra esta consociación los suelos Ustic Haplustepts, representado por el perfil 4. De acuerdo con las pendientes y erosión se separaron las siguientes fases: MWCd3: fase de pendientes 12-25%, erosión severa. (Subclase VIIe, por su capacidad de uso); MWCe3: fase de pendientes 25-50%, erosión severa. (Clase VIIe, por su capacidad de uso); MWCf3: fase de pendientes 50-75%, erosión severa. (Clase VIIpe, por su capacidad de uso). Cubre un área de 14,47 ha que equivale al 56,36 % del área de influencia edáfica.

Unidad MWD: Corresponde al tipo de relieve de cañones ubicados a lo largo del río Coello. El relieve es muy escarpado con pendientes en su mayoría superiores al 75% y con erosión moderada y algunos desprendimientos de rocas. El material parental está constituido por esquistos, principalmente los cuales afloran en un 40% y por arenas volcánicas que originan suelos poco diferenciados, muy superficiales y excesivamente drenados. Debido a las fuertes pendientes y la fragilidad de los suelos, estas tierras deben mantenerse exclusivamente bajo cobertura vegetal protectora, para evitar los procesos erosivos.

Integran esta unidad los suelos Typic Ustorthents en un 75% e inclusiones de afloramientos rocosos en un 25%. Se separaron las siguientes fases; MWDg2: fase de pendiente mayor de 75 %, erosión moderada. (Clase VIIIp, por su capacidad de uso). Cubre un área de 0,02 ha que representan el 0,08 % del área de influencia edáfica.

Unidad PWH: Esta unidad hace parte del abanico de Ibagué compuesto por materiales tobáceos, cantos y bloques de roca volcánica, se localiza a lo largo del río Coello en el municipio de San Luis. El relieve es plano a ligeramente inclinado con pendientes inferiores a 7%. Los suelos están afectados por erosión ligera y por fenómenos de escurrimiento difuso y concentrado, que originan surcos. La vegetación natural ha sido destruida y las tierras utilizadas en ganadería extensiva.

Esta unidad cartográfica es una asociación integrada por los suelos Typic Ustorthents (Perfil 2) en un 60% y Typic Haplustalfs (Perfil 1) en un 40%. Se separó la siguiente fase; PWHab1: fase de pendientes 1-3-7%, con erosión ligera. (Subclase VI, por su capacidad de uso). Cubre un área de 1,50 ha que equivale al 5,86 % del área de influencia edáfica.

0.4.1.4.2. Unidades de Capacidad de Uso de la Tierra y Usos propuestos

La clasificación agrológica o por capacidad de uso de la tierra se fundamenta en la identificación de características similares, en cuanto a las limitantes que surgen de las características propias de los suelos. Estos factores definen en conjunto el grado de utilización que puede llegar a darse en estas unidades de tierras dentro de los sistemas de producción o bien si se constituyen como tierras que deben ser recuperadas o conservadas.

El principal objetivo de la clasificación de las tierras de acuerdo con su capacidad de uso es determinar el potencial que tienen los suelos para ser utilizados de acuerdo con sus características geomorfológicas, condiciones climáticas, propiedades físicas y químicas. El resultado de la clasificación de cada suelo, permite identificar cuál será su aptitud para las distintas explotaciones económicas, ecológicas y ambientales.

Se identificaron 3 clases agrológicas (clase 6, 7 y 8), donde los principales limitantes de uso están relacionados con condiciones edáficas(s), de erosión (e) y pendientes (p). A continuación se presentan las unidades de capacidad de uso del suelo identificadas por clase y subclase.

Subclase VI: Suelos desarrollados en pendientes entre 1 y 7%, ligeramente erosionados, de texturas medias, muy superficiales, con sectores con horizontes compactados en profundidad, con abundante pedregosidad en el perfil. Perfiles pobres en materia orgánica, totalmente saturados de bases. Cubre un área de 1,50 ha que equivale al 5,86 % del área de influencia edáfica.

Subclase VIIe: Suelos en pendientes entre 7 y 50%, severamente erosionados, superficiales, limitados por fragmentos de roca en profundidad, con texturas medias a moderadamente gruesas, capacidad de intercambio catiónica alta, pobres en materia orgánica, saturados de bases intercambiables y baja disponibilidad de fósforo para las plantas. Posee un área de 9,34 ha (36,37 % del área de influencia edáfica).

Subclase VIIpe: Suelos en pendientes entre 50 y 75%, severamente erosionados, limitados por fragmentos de roca en profundidad,, pH entre 8,1 en superficie y 8,4 en profundidad, capacidad de intercambio catiónica alta, pobres en materia orgánica, saturados de bases intercambiables y baja disponibilidad de fósforo para las plantas. Cubre un área de 5,13 ha que equivale al 19,99 % del área de influencia edáfica.

Subclase VIIp: Suelos en pendientes superiores al 75%, severamente erosionados, con morfología ABC o AC, superficiales, limitados por fragmentos de roca en profundidad, con texturas medias a moderadamente gruesas, pH neutros a ligeramente alcalinos, capacidad de intercambio catiónica alta, pobres en materia orgánica, saturados de bases intercambiables y baja disponibilidad de fósforo para las plantas. Cubre 0,02 ha que representa el 0,08 % del área de influencia edáfica.

Subclase VIIIe: Áreas sin suelo actualmente, dedicadas a la minería. Cubre 9,68 ha que representan el 37,70 % del área de influencia edáfica.

0.4.1.4.3. Uso actual del suelo

El conocimiento de la cobertura y uso del suelo constituye uno de los aspectos más importantes dentro del análisis físico biótico de los estudios ambientales por ser indispensable no sólo definir, determinar y cartografiar unidades ecológicas homogéneas, sino también, por su influencia en la formación y evolución de los suelos.

La metodología utilizada para el análisis de cobertura y uso del suelo sigue los lineamientos metodológicos del IDEAM (2010) la cual es utilizada para realizar el inventario de la cobertura de la tierra que permite describir, caracterizar, clasificar y comparar las características de la cobertura de la tierra y los usos del suelo, a partir de la utilización de imágenes de satélite, para la construcción de mapas de cobertura y uso a diferentes escalas.

A continuación se hace la descripción de cada unidad de Uso del suelo y las coberturas asociadas, de acuerdo con la metodología del IDEAM (2010).

Infraestructura vial y de transporte: Corresponden a espacios artificializados con infraestructura de comunicaciones, dentro del área de influencia se encuentran vías terciarias para transporte de transporte material. Cubre un área de 1,03 ha que equivale al 4,01 % del área de influencia edáfica.

Explotación de materiales de construcción: Son aquellas áreas destinadas para la extracción de materiales minerales a cielo abierto. En el Área de Influencia Biótica se presenta la extracción de Caliza y Arena y cubre un área de 19,95 ha que equivale al 42,65 % del área de influencia edáfica.

Pastoreo extensivo: Son las coberturas representadas por tierras con pastos, malezas y pastos arbolados conformando asociaciones de vegetación secundaria, debido principalmente a la realización de escasas prácticas de manejo o la ocurrencia de procesos de abandono, con algunos sectores de tierras desnudas y degradadas. En general, la altura de la vegetación secundaria es menor a 1,5 m. Cubre un área de 1,43 ha que equivale al 5,60 % del área de influencia edáfica.

Conservación y/o recuperación de la naturaleza: Las áreas categorizadas como zonas de conservación y/o recuperación se encuentran asociadas a bosques de galería y ripario, tierras desnudas y degradadas y vegetación secundaria alta. Cubre un área de 12,26 ha que equivale al 47,74 % del área de influencia edáfica.

0.4.1.4.4. Conflictos de uso del suelo

Son el resultado de la discrepancia entre el uso que el hombre hace del medio natural y aquel que debe tener con la oferta ambiental. Los conflictos de uso de la tierra se presentan cuando estas son utilizadas inadecuadamente ya sea por sobre o subutilización. La metodología propuesta para la identificación del conflicto de uso de la tierra se fundamenta en la comparación y análisis espacial de la capacidad de uso de la tierra, la cual determina la oferta que nos da el medio biofísico y el uso del suelo actual de la zona de influencia, la cual nos indica la demanda que tiene el medio.

Establecer los conflictos permite delimitar áreas donde debe propiciarse el cambio de uso o establecer esquemas especiales de manejo para contrarrestar la pérdida de los suelos; por lo tanto, solucionar el conflicto exige, generalmente que se cambie el uso actual por otro que se ajuste a la oferta productiva del suelo y esto es la base fundamental para propiciar la planificación del desarrollo sostenible. Las áreas cuya capacidad de uso no esté acorde con el uso dado se determinan como zonas en conflicto por uso del suelo.

De la comparación del uso actual y el uso potencial, resultó la definición de concordancia o discrepancia en el uso; cuando se presentan concordancia quiere decir que el uso de la tierra no presenta conflictos con su uso potencial, ósea que es el adecuado. Cuando se presenta discrepancia, quiere decir que el uso que se le está dando al recurso no es el adecuado; se han obtenido dos tipos de resultados que son la subutilización y la sobre utilización; en cada uno de los resultados se ha determinado el grado de intensidad del conflicto de la siguiente manera.

Tierras sin conflictos de uso o uso adecuado: Bajo esta categoría se califica las tierras donde la capacidad de uso de la tierra dominante guarda correspondencia con la vocación de uso principal o con un uso compatible. El uso actual no causa deterioro ambiental, lo cual permite mantener actividades adecuadas y concordantes. Son 24,25 ha que equivale al 94,43 % del área de influencia.

Tierras con subutilización moderada: Tierras cuyo uso actual está por debajo en dos niveles de la capacidad de uso de la tierra principal recomendada, según la capacidad de producción de las tierras, cubre un área de 0,50 ha, que representan el 1,97 % del área de estudio.

Tierras con sobreutilización moderada: Tierras en las cuales el uso actual se encuentra por encima en dos niveles de la capacidad de uso de la tierra principal recomendada, según la capacidad de producción de las tierras. Es frecuente encontrar rasgos visibles de deterioro de los recursos, en especial la presencia de procesos erosivos activos, tiene 0,89 ha, que equivalen al 3,48% del área de estudio.

Tierras con sobreutilización severa: tierras en las cuales el uso actual supera en tres o más niveles la clase de la capacidad de uso de las tierras principal recomendado, presentándose evidencias de degradación avanzada de los recursos , tales como procesos erosivos severos y disminución marcada de la productividad de las tierra, posee 0,03 ha que representan el 0,12%.

0.4.1.5. Hidrología

Se realizó la caracterización hidrológica del área de estudio a partir de la información cartográfica, hidrométrica y climatológica disponible, así como de las huellas del proyecto.

Los análisis llevados a cabo en el presente numeral consisten en la caracterización morfométrica de las subcuencas identificadas a partir de la red de drenaje a escala 1:25000 de la plancha IGAC 245IIC y de cartografía detallada del proyecto que cuenta con curvas de nivel cada 2 m. La caracterización hidrológica se realizó en términos de caudales medios, máximos y mínimos para estas unidades hidrográficas localizadas en el área de estudio.

De acuerdo con la zonificación hidrográfica establecida por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) en el informe de “Zonificación y codificación de unidades hidrográficas e hidrogeológicas de Colombia” (IDEAM, 2014), el proyecto se localiza en el área hidrográfica Magdalena Cauca (Código IDEAM 2), Zona hidrográfica Alto Magdalena (Código IDEAM 21) y la subzona hidrográfica río Coello (Código IDEAM 2121). Para los niveles subsiguientes se utilizarán los presentados a continuación:

Tabla 9. Localización del proyecto en la zonificación Hidrográfica

Área hidrográfica	Zona hidrográfica	Subzona hidrográfica	Unidad hidrográfica Nivel I	Unidad hidrográfica Nivel II	Unidad hidrográfica Nivel III
Magdalena Cauca	Alto Magdalena	Río Coello	Río Coello	Río Coello	Drenaje NN 1
					Drenaje NN 2
					Zanjón Los Huilos
		Río Luisa y otros directos al Magdalena	Río Luisa	Quebrada El Cobre	Drenaje El Salado

Fuente: Elaboración propia.

Para la delimitación de las subcuencas asociadas a la red de drenaje de interés se empleó la cartografía IGAC a escala 1:25.000, definiendo las divisorias de agua asociadas a las subcuencas hidrográficas y se determinando las principales características morfométricas como son área de drenaje, longitud de cauce principal, pendiente media de cauce principal, tiempo de concentración, coeficiente de compacidad, factor de forma, densidad de drenaje, pendiente media de cuenca e índice de sinuosidad.

Tabla 10. Características morfométricas en las subcuencas de interés.

Cuenca	Área (km²)	Perímetro (km)	Orden	Longitud Cauce (km)	Pendiente Cauce (%)	Pendiente Cuenca (%)	Densidad de drenaje (km/km²)	Coefficiente de compacidad	Tc (min)
Drenaje El Salado	0,32	3,5	2	1,35	5,4%	23,4	5,8	1,76	31
Zanjón Los Huilos	0,66	3,6	3	1,58	10,1%	34,5	6,849	1,24	31
Drenaje NN 1	0,07	1,2	1	0,36	13,1%	33,7	5,049	1,24	15
Drenaje NN 2	0,06	1	1	0,29	19,4%	50,3	4,884	1,18	15

Fuente: Elaboración propia.

Las estaciones de precipitación se encuentran distribuidas espacialmente como se muestra en la Figura 14. Las coordenadas de localización de estas estaciones se encuentran en la Tabla 11, se observa que la estación La Resaca es la más representativa de las subcuencas de los drenajes localizados en la zona de estudio.

Tabla 11. Estaciones de precipitación empleadas.

Código	Nombre	Tipo	Depto	Norte	Este	Elevación	Periodo de registro
21210190	La Resaca	PG	TOLIMA	4761635	2030663	1250	1987-2019
21210200	Buenos Aires	PM	TOLIMA	4769975	2037345	728	1987-2019
21180210	Valle de San Juan	PM	TOLIMA	4765569	2021524	591	1972-2019
21215080	Chicoral	CO	TOLIMA	4778612	2025866	432	1963-2019
21245040	Apto Perales	SS	TOLIMA	4762681	2047206	943	1971-2019

Fuente: IDEAM.

Nota: CP: Climatológica Principal, CO: Climatológica Ordinaria, PM: Pluviométrica, SS: Sinóptica Secundaria.

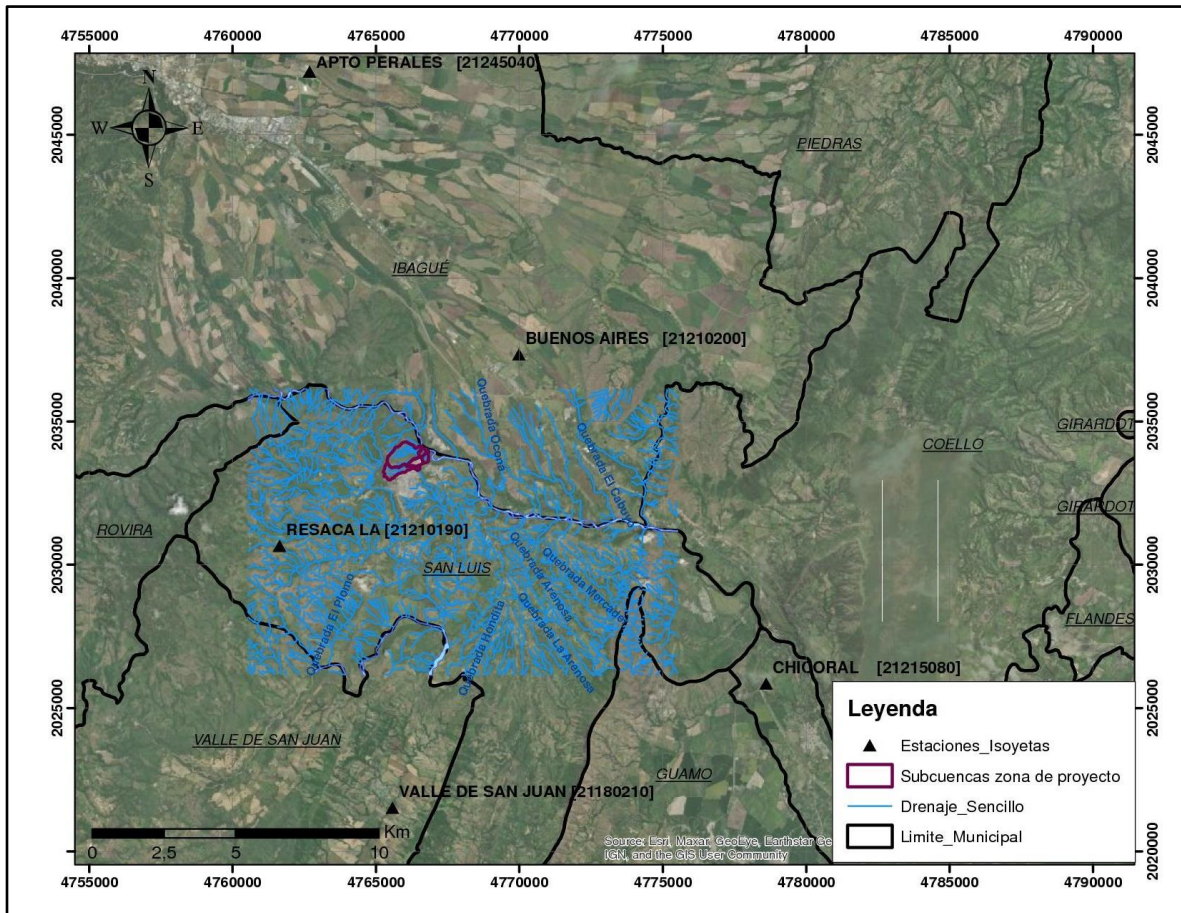


Figura 14. Localización de estaciones de precipitación.

Fuente. Elaboración propia

A las series de precipitación, se les realizaron cuatro pruebas de normalidad con el objetivo de definir el conjunto de pruebas paramétricas o no paramétricas que evaluarán la consistencia y la homogeneidad de las series.

Para tal efecto se realizaron las pruebas de Shapiro Wilk, Kolmogorov Smirnov, Anderson Darling, Lillie y Shapiro Francia para un nivel de significancia del 5%. Se encontró que todas las estaciones analizadas se comportan bajo una distribución de probabilidad no paramétrica, es decir que no siguen una distribución normal. Adicionalmente se realizaron curvas de doble masa y complementación de vacíos de precipitación aplicando el método propuesto por Monsalve (1995), el cual estima la precipitación de la estación a complementar a partir de las estaciones más cercanas.

Caudales medios

Dentro del área de influencia no se identificaron estaciones hidrométricas que permitan realizar la caracterización de los drenajes identificados a partir de información directa de estos cuerpos de agua. En las cuencas principales (río Coello y río Luisa) sí se encontraron estaciones de caudales a partir de las cuales se pudo realizar calibración de un modelo hidrológico.

En la cuenca del río Coello se cuenta con la estación Payandé (21217070), que tiene un área de drenaje aproximado de 1529 km², mientras que en la cuenca del río Luisa se cuenta con las estaciones Cucunubá (código 2118703, área 322,8 km²) y Pavo Real (código 2118702, área 168,12 km²)

El cálculo de los caudales medios se basó en los resultados obtenidos de la aplicación del modelo IHACRES. El modelo IHACRES fue seleccionado para generar la serie diaria de caudales medios para un periodo de 30 años a partir de los cuales se realizó la estimación del caudal medio mediante la construcción del histograma mensual. Su calibración se realizó en la cuenca intermedia del río Luisa, entre las estaciones Cucunubá y Pavo Real.

La simulación con el modelo calibrado IHACRES se realizó para las subcuencas de interés para el periodo 1990-2019. En el CAP5.1-CMAB-LAES745-AN#5.1.015 se presentan los resultados de la simulación hidrológica para las subcuencas de interés. En la Tabla 12 se presentan los caudales medios estimados para el periodo simulado donde el rendimiento hídrico está entre 11,4 l/s/km² y 11,8 l/s/km².

Tabla 12. Resultados de caudales medios del Modelo IHACRES

ID	Subcuenca	Caudal (l/s)	Área (km ²)	Rendimiento hídrico (l/s/km ²)
1	Zanjón Los Huilos	7,77	0,664	11,70
2	Drenaje NN 1	0,81	0,070	11,43
3	Drenaje NN 2	0,67	0,058	11,45
4	Drenaje El Salado	3,80	0,320	11,84

Fuente. Elaboración propia

De acuerdo con la Figura 15 el régimen de caudales de los drenajes es de tipo bimodal. Los periodos de caudales por encima del promedio ocurren de abril a junio y de octubre a noviembre, siendo el mes de mayo el que presenta mayor caudal. El periodo de caudales bajos se presenta en los meses restantes (julio-septiembre y diciembre-marzo), donde el mes de agosto presenta el caudal mensual multianual más bajo. El caudal presentado en cada mes y el caudal promedio estimado en cada subcuenca se relaciona en la Tabla 13.

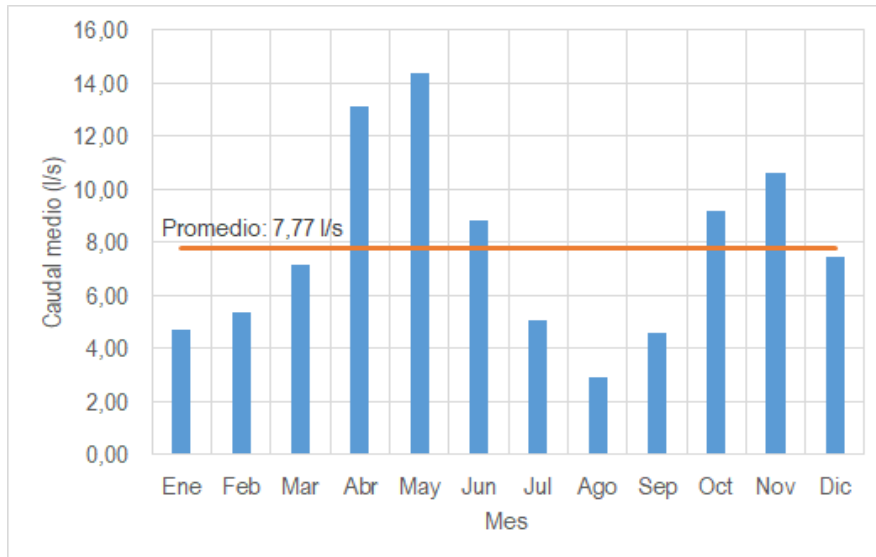


Figura 15. Distribución temporal de caudales medios mensuales en el Zanjón Los Huilos. Periodo 1990-2019.

Fuente. Elaboración propia

Tabla 13. Caudal medio mensual multianual en l/s en los cuerpos de agua identificados. Periodo 1990-2019.

Cuerpo de agua	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
Zanjón Los Huilos	4,73	5,38	7,13	13,13	14,37	8,79	5,04	2,93	4,61	9,16	10,60	7,42	7,77
Drenaje NN 1	0,49	0,56	0,74	1,36	1,49	0,91	0,52	0,30	0,48	0,95	1,10	0,77	0,81
Drenaje NN 2	0,41	0,46	0,61	1,13	1,24	0,76	0,43	0,25	0,40	0,79	0,91	0,64	0,67
Drenaje El Salado	2,31	2,63	3,48	6,41	7,02	4,29	2,46	1,43	2,25	4,47	5,18	3,62	3,80

Fuente. Elaboración propia

Caudales máximos

Dada la poca instrumentación de cauces cercanos al área de influencia, se evidenció la necesidad de implementar modelos de transformación de precipitación en escorrentía directa; con estos métodos, en los que se requieren datos históricos de lluvia de corta duración y que se aplican a una cuenca hidrográfica, se calcula el caudal máximo de escorrentía superficial.

En este caso se calcularon los caudales máximos con el Modelo Lluvia-Escorrentía del HEC-HMS, utilizando el método del hidrograma unitario del SCS. El software utilizado en el modelo lluvia escorrentía fue el HEC-HMS del Hydrologic Engineering Center de los Estados Unidos que es de libre distribución y utiliza parámetros que no requieren información detallada o mediciones adicionales a registros de lluvias y caudales. Este modelo representa la relación física precipitación-suelo-cobertura del suelo-escorrentía a partir de datos de precipitación aplicada sobre un área con características morfométricas y de usos del suelo definidas generando un hidrograma de salida de la cuenca.

En la Tabla 14 se presenta el resumen de parámetros empleados para el cálculo de caudales máximos en subcuencas en estudio y en la en la Tabla 15 los caudales máximos asociados a diferentes periodos de retorno para todos los cuerpos de agua identificados en el área de influencia.

Tabla 14. Resumen de los parámetros de modelación para estimar caudales máximos con el método del Hidrograma Unitario del SCS.

Subcuenca	Área (km ²)	Tc (min)	Tlag (min)	CN	Hietograma	Factor de reducción por área y duración	Duración aguacero (horas)
Drenaje El Salado	0,32	31	19	65,8	SCS II	0,48	1
Zanjón Los Huilos	0,66	31	19	61,6	SCS II	0,48	1
Drenaje NN 1	0,07	15	9	66,5	SCS II	0,49	1
Drenaje NN 2	0,06	15	9	63,7	SCS II	0,49	1

Tabla 15. Caudales máximos en m³/s asociados a diferentes periodos de retorno en las subcuencas analizadas.
Fuente. Elaboración propia

Subcuenca	Área (km ²)	Periodo de retorno en años						
		2	5	10	15	25	50	100
Drenaje El Salado	0,32	0,295	0,738	1,234	1,559	1,995	2,630	3,310
Zanjón Los Huilos	0,66	0,275	0,926	1,687	2,187	2,927	4,045	5,266
Drenaje NN 1	0,07	0,094	0,240	0,393	0,490	0,619	0,804	1,009
Drenaje NN 2	0,06	0,048	0,143	0,252	0,324	0,420	0,561	0,711

Fuente. Elaboración propia

La modelación realizada en HEC-HMS se presenta en el CAP5.1-CMAB-LAES745-AN#5.1.019.

Caudales mínimos

La cartografía IGAC a escala 25 000 clasifica los drenajes identificados en la zona de estudio como drenajes de tipo intermitente, por lo tanto, estos cuerpos de agua pueden secarse anualmente y presentar un valor de caudal mínimo de 0 l/s. En la Tabla 16, se presenta el caudal mínimo diario estimado..

Tabla 16. Caudales mínimo del caudal medio mensual.

Nombre	Zanjón Los Huilos	Drenaje NN 1	Drenaje NN 2	Drenaje el Salado
Tipo	Intermitente	Intermitente	Intermitente	Intermitente
Caudal (l/s)	0,0	0,0	0,0	0,0

Fuente. Elaboración propia

Caudales del río Coello

En el proyecto se tiene contemplado un punto de vertimiento de aguas lluvias interceptadas por el pit minero, este punto de vertimiento se encuentra localizado sobre el río Coello, aguas arriba de la estación Limnigráfica Payandé (código 21217070). Para caracterizar los caudales medios, máximos y mínimos del río Coello en el punto de vertimiento, se emplearon los registros de caudales medios diarios de la estación Payandé, que cuenta con registros para el periodo 1983-2017.

De acuerdo con la Figura 16 el régimen de caudales del río Coello es de tipo bimodal. Los periodos de caudales por encima del promedio ocurren de abril a julio y de octubre a noviembre, siendo el mes de mayo el que presenta mayor caudal. El periodo de caudales bajos se presenta en los meses restantes (agosto-septiembre y diciembre-marzo), donde el mes de

febrero presenta el caudal mensual multianual más bajo. El caudal presentado en cada mes y el caudal promedio estimado es de 39,3 m³/s.

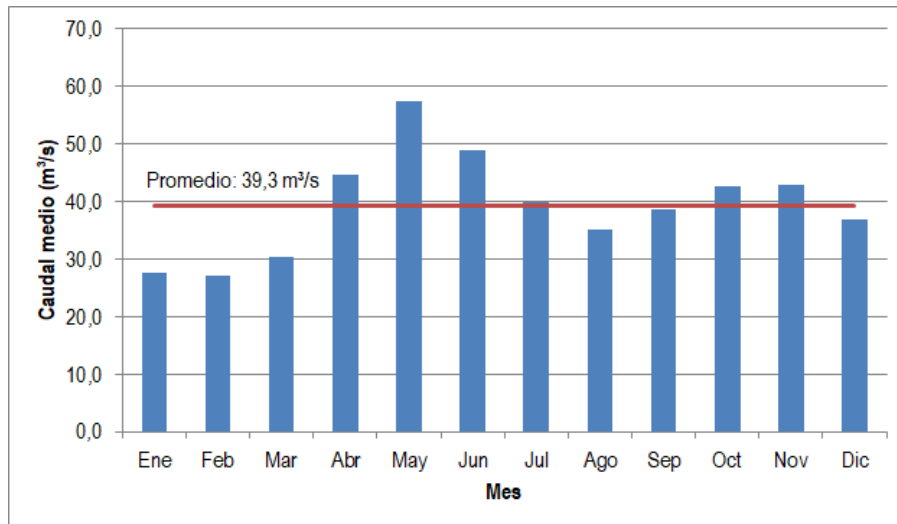


Figura 16. Distribución temporal de caudales medios mensuales en el río Coello. Periodo 1983-2017.
Fuente. Elaboración propia

Tabla 17. Caudal medio mensual multianual en m³/s en el río Coello. Periodo 1983-2017.

Valor	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
Promedio	27,7	27,0	30,4	44,7	57,4	48,8	39,9	35,0	38,7	42,7	43,0	36,8	39,3
Máximo	56,3	69,6	61,3	89,0	260,2	97,6	77,9	66,4	94,0	86,9	74,4	96,9	260,2
Mínimo	7,5	7,1	11,1	21,2	29,9	16,5	21,2	15,9	15,8	14,3	19,5	11,9	7,1

Fuente. Elaboración propia

Los caudales máximos instantáneos de la estación río Coello - Payandé se ajustaron a diferentes distribuciones de probabilidad, con el fin de calcular caudales máximos para periodos de retorno entre 2,33 y 100 años. Se estimaron los caudales máximos esperados para diferentes periodos de retorno utilizando diferentes distribuciones de probabilidad, entre ellas Gumbel, Pearson, Log-Pearson, Log-Normal y EV3.

Para los caudales máximos registrados en la estación se adoptó un ajuste de valores extremos por la función de distribución Log Pearson como la de mejor ajuste. Luego de haber definido los caudales máximos para diferentes periodos de retorno en la estación río Coello – Payandé, se realiza el traslado de caudales máximos hasta el sitio de interés mediante relación de áreas elevado a un factor de proporcionalidad que se encuentra en el intervalo de 0,5 – 0,8 (*Flood Hydrology Manual. U.S. Department Of Interior – Bureau of Reclamation, 1992*). En este caso se tomó n=0,6.

Este método se aplicó para estimar los caudales máximos en la cuenca del río Coello hasta el sitio de vertimiento, cuyos resultados se presentan en la Tabla 18.

Tabla 18. Caudales máximos del río Coello hasta el sitio de vertimiento, a partir de la estación Payandé.

Sitio	Río Coello – Payandé	Río Coello en sitio de vertimiento
Área (km ²)	1529	1510,7
Tr (años)	Caudal (m ³ /s)	
2,33	312,2	310,0

5	461,4	458,0
10	607,4	603,0
15	700,1	695,1
25	826,1	820,1
50	1015,7	1008,4
100	1229,9	1221,1

Fuente. Elaboración propia

Los caudales mínimos se estimaron a partir de la serie de caudales medios diarios mínimos anuales que se obtuvieron de la serie de caudales medios diarios. Estos caudales diarios mínimos se ajustaron a diferentes distribuciones de probabilidad, con el fin de calcular caudales mínimos para periodos de retorno entre 2,33 y 25 años.

En la Tabla 19 se presentan los caudales mínimos obtenidos para diferentes periodos de retorno para la estación de referencia.

Tabla 19. Caudales mínimos asociados a diferentes periodos de retorno en estación río Coello – Payandé, Ajuste Gumbel

Tr años	Q mínimo m ³ /s
2,33	13,161
5	10,436
10	8,919
15	8,232
20	7,804
25	7,500

Fuente. Elaboración propia

Índices de caracterización hidrológica

Los valores reportados en el estudio Nacional del Agua 2018³, para las subzonas hidrográficas del río Coello y río Luisa, de la cual hacen parte las subcuencas analizadas, se presentan en la Tabla 20.

Tabla 20. Índices para la zona hidrográfica.

SZH	Nombre SZH	IRH		la	
		Valor	Categoría	Valor	Categoría
2121	Río Coello	0,76	Alta	0,20	Moderado a excedentes de agua
2118	Río Luisa y otros directos al Magdalena	0,68	Moderada	0,27	Moderado a excedentes de agua

Fuente: IDEAM (2019). Estudio Nacional del Agua 2018.

³ IDEAM (2019). Estudio Nacional del Agua 2018. Bogotá.

Teniendo en cuenta que las subcuencas analizadas son de tipo intermitente y no se identifican demandas sobre estos cuerpos de agua, se presentan los índices de uso del agua del Estudio Nacional del Agua de 2018 para las subzonas hidrográficas del río Coello y río Luisa.

Tabla 21. Índice de uso del agua

SZH	Nombre SZH	IUA	
		Valor	Categoría
2121	Río Coello	17,4	Moderada
2118	Río Luisa y otros directos al Magdalena	62,14	Muy alto

Fuente: IDEAM (2019). Estudio Nacional del Agua 2018.

El índice de regulación hídrica mide el grado de fragilidad del sistema hídrico para mantener una oferta en el abastecimiento de agua, que ante amenazas como períodos largos de estiaje o eventos como el fenómeno de La Niña, podría generar riesgo de desabastecimiento (IDEAM, 2014). Para un índice de uso del agua moderado (Tabla 72) en la subcuenca del río Coello y un índice de regulación alto (Tabla 67), el resultado del índice de Vulnerabilidad hídrica es de clasificación Media. Para las subcuencas del zanjón Los Huilos, drenaje El Salado y drenajes NN1 y NN2, al ser cuencas pequeñas y tener respuestas rápidas ante eventos de precipitación, el índice de regulación estimado se clasifica como bajo (0,62), entonces el índice de vulnerabilidad hídrica, adoptando el mismo índice de uso del agua el presentado para la subcuenca del río Coello (Moderado), tiene clasificación Alto.

0.4.1.6. Calidad del agua

De acuerdo a los resultados obtenidos en la campaña de monitoreo realizada en marzo de 2021, se observa que el pH en los puntos del área de influencia de la Mina Esmeralda presentó valores entre 7.4 y 8.1 UND, siendo aguas ligeramente básicas. En su totalidad de los 7 puntos de monitoreo, estuvieron dentro de los límites de los artículos 2.2.3.3.9.3, Art 2.2.3.3.9.4 y 2.2.3.3.9.5 del Decreto 1076 de 2015 por lo cual el agua de estos puntos podría ser utilizada según cada artículo del decreto

El parámetro de aluminio en los puntos de monitoreo mostró para 4 de los 7 puntos, valores bajos o por debajo del límite de detección, sin embargo, para 3 de los 7 puntos se evidenciaron valores por encima del límite permitido en los Art 2.2.3.3.9.5 y Art 2.2.3.3.9.6 del Decreto 1076 de 2015. Es un componente natural del agua, debido principalmente a que forma parte de la estructura de las arcillas. Las concentraciones más frecuentes en las aguas superficiales oscilan entre 0,1 y 10 mg/L. concentraciones altas de aluminio, las cuales confieren al agua un pH bajo, debido a sus propiedades anfóteras, que hacen que sus sales se hidrolicen formando ácidos débiles.

La concentración de fenoles, en 5 de los 7 puntos de monitoreo estuvieron por debajo de límite detección y por lo tanto por debajo del permitido de 0.002 mg/L, según lo establecido en el artículo 2.2.3.3.9.3 del Decreto 1076 de 2015. Por otro lado, los puntos FQ1 (R. Coello aguas arriba) y FQ3 (R. Coello Intermedio 2), hubo una concentración por encima del límite permitido de 0.002 mg/L. Los fenoles están presentes en los ecosistemas como resultado del drenaje de aguas residuales domésticas e industriales en las aguas superficiales, además también se encuentran en el medio ambiente, por la producción y uso de plaguicidas y pesticidas, la degradación de productos fitosanitarios y la descomposición vegetal.

La concentración de Hierro el cual es uno de los elementos más abundantes en la tierra, siendo esencial para los seres humanos y se utiliza en una variedad de procesos industriales. En el agua potable la concentración de hierro suele ser demasiado baja. Concentraciones altas, mayores de 2mg/L imparten color y sabor desagradable. En el caso del monitoreo, hubo 3 puntos con valores por fuera del límite establecido, estos fueron los 3 ubicados sobre el Río Coello.

El parámetro de Manganeseo presentó para 3 de los 7 puntos, valores por encima del límite permitido en el artículo 2.2.3.3.9.5, del decreto 1076 de 2015. El manganeseo es un elemento esencial para la vida animal; funciona como un activador enzimático. Sin embargo, grandes dosis de manganeseo en el organismo pueden causar daños en el sistema nervioso central. En concentraciones mayores a 0,15 mg/L, las sales disueltas de manganeseo pueden impartir un sabor desagradable al agua.

El parámetro del Níquel, mostró que en el FQ1 (R. Coello aguas arriba) hubo una concentración justo en el límite permitido del Art 2.2.3.3.9.5 del Decreto 1076 de 2015. Los demás puntos de monitoreo estuvieron por debajo del límite de detección. Este metal crea sales que son bastante solubles en el agua, pero en general no se superan concentraciones de 5-10µg/L. El níquel es poco tóxico.

El parámetro de Turbidez presentó valores altos para los 3 de los 7 puntos, lo que está por encima de los límites permitidos en el Art 2.2.3.3.9.4 - Decreto 1076 de 2015, de 190 NTU. Los restantes puntos presentaron concentraciones por debajo del límite establecido. La turbidez es originada por las partículas en suspensión o coloides (arcillas, limo, tierra finamente dividida, plancton etc). En la práctica, la remoción de la turbiedad no es un proceso difícil de llevar a cabo en una planta de clarificación de agua; sin embargo, es uno de los que más influye en los costos de producción. Aunque no se conocen los efectos directos de la turbiedad sobre la salud, está afecta la calidad estética del agua, lo que muchas veces ocasiona el rechazo de los consumidores. Además, estos pueden reducir la eficiencia del proceso de desinfección, ya que las partículas pueden proteger físicamente a los microorganismos del contacto con los desinfectantes.

De acuerdo con lo estipulado en los artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.5 del Decreto 1076 de 2015 la concentración de coliformes fecales obtenida para 5 de los 7 puntos, estuvieron por debajo de los límites establecidos. Por otro lado, los puntos FQ2 (R. Coello intermedio) y FQ3 (R. Coello Intermedio 2), presentaron concentraciones superiores a ambos límites, estar relacionadas con posibles entradas de material a los sistemas, producto de actividades humanas cercanas y heces de animales cercanos al punto. La bioindicación mostró que en su mayoría de los puntos hubo diversidades medias a altas, con organismos en algunos casos propios de aguas con buenas características. Estos puntos al tener una gran cantidad de oxígeno disuelto tienen una capacidad de mayor oxidación de la materia orgánica, lo que mejora su capacidad de depuración.

En cuanto a la concentración de coliformes totales 3 de los 7 puntos presentaron una baja concentración de coliformes totales, los cuales estuvieron por debajo de los límites establecidos en los art 2.2.3.3.9.3 y art 2.2.3.3.9.5 y art 2.2.3.3.9.4. Los puntos FQ1, FQ2, FQ3 y FQ6, tuvieron concentraciones por encima de los 3 artículos que rigen para este parámetro. Esto puede ser causado por aportes alóctonos de material o incluso debido a las actividades aledañas como las residenciales, industriales, que pueden llegar a aumentar las concentraciones. Es en estos casos en donde se recomienda tratamiento fisicoquímico para mejorar su calidad y poder ser utilizados con distintos fines.

En cuanto la concentración de oxígeno disuelto se evidenció concentraciones entre 4,62 – 8,33 mg/L. La concentración registrada de oxígeno disuelto se encuentra influenciada por las concentraciones de materia orgánica, los intercambios gaseosos generados en el medio, la producción fotosintética y la influencia de los procesos de aireación y agitación a los que es sometida el agua al interior del cuerpo hídrico. Esta cantidad de oxígeno indica una concentración aceptable, adecuadas para la vida de la mayoría de las especies de peces y otros organismos acuáticos, además buenas concentraciones para que el oxígeno pueda oxidar la materia orgánica presente en los sistemas. Con respecto a la temperatura se evidencia que en los puntos de monitoreo estuvo relativamente estable, solo subiendo unos grados entre cada uno de los sistemas.

Con respecto a grasas y aceites, que son sustancias pobremente solubles que se separan de la porción acuosa y flotan formando natas, películas y capas iridiscentes sobre el agua. Este parámetro incluye ésteres de ácidos grasos, compuestos de cadena larga de hidrocarburos, etc. Estos compuestos afectan negativamente la transferencia de oxígeno a los organismos con los cuales se realiza el tratamiento biológico. Los valores en la muestra para grasas y aceites e Hidrocarburos en los puntos de monitoreo los 7 puntos estuvieron por debajo del límite de detección.

DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 0.RESUMEN EJECUTIVO

La conductividad para los puntos de monitoreo estuvo entre 181 y 462 $\mu\text{S}/\text{cm}$. La conductividad de un agua natural está mediatizada por el terreno que atraviesa y por la posibilidad de disolución de rocas y materiales, el tipo de sales presentes, el tiempo de disolución, temperatura, gases disueltos, pH y toda la serie de factores que pueden afectar la solubilidad de un soluto en agua. Esto muestra aguas con bajas cantidades de sales disueltas y por lo tanto una conductividad baja, siendo la cantidad de sales común a la que se encuentra en cuerpos de agua similares.

Al realizar la relación de la DBO/DQO, se obtienen valores por debajo de 0.2 lo que puede indicar que la materia orgánica puede ser oxidada biológicamente y se en su mayoría no se debe utilizar tratamiento químico para lograrlo. En la mayoría de los puntos hubo una alta concentración de oxígeno, lo que puede ayudar a degradar la materia orgánica presente, y al tener corriente, llevaría a que se depure más rápido la materia presente.

Con respecto al parámetro de Color verdadero, que es el producido por la reflexión de la luz en partículas minúsculas, denominadas coloides, se puede dar gracias a la descomposición de la materia orgánica (principalmente vegetales -ácidos húmicos y fúlvicos), el hierro y el manganeso son el origen natural de este parámetro. En el monitoreo se evidenció que todos los puntos estuvieron por debajo del límite de detección.

En cuanto a Acidez y Alcalinidad, se evidenciaron valores para acidez bajos, mientras que, para la alcalinidad, hubo valores más altos, lo que indican que son aguas más alcalinas, lo que también se comprueba por el pH y por lo tanto que tienen la capacidad para soportar cambios en la acidez del pH. En cuanto a Dureza en caso de los puntos monitoreados se evidenciaron aguas moderadamente duras.

En la cantidad de metales presentes en los sistemas se puede observar que el Arsénico, Cadmio, Calcio, Cobre, Cromo, Cromo Hexavalente, Fósforo, Magnesio, Mercurio, Metilmercurio, Molibdeno, Plata, Plomo y Zinc, presentaron valores por debajo del límite de detección o muy bajos, lo que también evidencia que están por debajo de la norma establecida para calidad de aguas. Con respecto a los aniones se pudo observar que Cianuro, Cianuro disponible, Cianuro libre, Cloruros, Fluoruros, Fosfatos, Nitratos, Nitritos, Nitrógeno amoniacal, Sulfatos, Sulfitos y Sulfuros, presentaron valores muy bajos e incluso por debajo del límite de detección., por lo cual no están afectando la calidad de las aguas del monitoreo.

Los sólidos sedimentables, presentaron para los puntos sobre el Rio Coello, valores más altos que los 4 puntos restantes. Los sólidos totales disueltos, mostraron que los puntos sobre FQ6, FQ7, FQ8 y FQ9 valores más altos que los ubicados sobre el Rio Coello, esto probablemente debido a la gran cantidad de precipitación, que pudo haber erosionado los sustratos y por esto haber aumentado la gran cantidad de sólidos disueltos. En los sólidos totales en suspensión se evidenció que los puntos sobre el Rio Coello fueron los que mayor concentración mostraron, mientras que los puntos sobre FQ6, FQ7, FQ8 y FQ9, mostraron valores bajos. Esta diferencia pudo ser debida a la gran cantidad de sólidos provenientes de la crecida del río debido a las precipitaciones de los días anteriores, esto puede afectar las condiciones de sus aguas y de las comunidades autótrofas las cuales se ven afectadas por la falta de luz solar.

El parámetro de SAAM o sustancias activas al azul de Metileno, en el caso del monitoreo se presentaron valores por debajo del límite (<0.200 mg/L) de detección por lo que no estaría afectando las propiedades del agua.

La suma de BTEX y los HAP's mostraron valores muy bajos por debajo del límite de detección, por lo cual no está afectada la calidad de las aguas de las fuentes superficiales del área de influencia de la mina La Esmeralda.

Respecto a los índices de contaminación, en el área de influencia de la Mina La Esmeralda, el índice de contaminación por mineralización (ICOMI) para 3 de los 7 (FQ1 (R. Coello aguas arriba), FQ7 (Afluente Zanjón Los Huilos) y FQ8 (Zanjón Los Huilos)), mostró valores altos, es decir en estos puntos hubo gran cantidad de sales disueltas. El punto FQ6 (El Salado), fue en donde hubo un índice de contaminación muy alto. Los 3 puntos restantes presentaron contaminación media y baja, por sales disueltas.

Por su parte el índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS), que los puntos sobre el Rio Coello fueron altos y muy altos, esto debido a la crecida del río y por tanto la erosión provocada en los sustratos. Los puntos restantes FQ6,

FQ7, FQ8, FQ9, mostraron un valor bajo estos valores indican una cantidad baja de sólidos en suspensión que no dificulta la entrada de luz en la columna de agua y no se ven afectadas las comunidades autótrofas como las microalgas.

El índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO) presentó valores para el FQ1 y FQ2 ambos sobre el río Coello, valores de contaminación altos, esto probablemente debido a la cantidad de aportes alóctonos que entran al río, sin embargo, debido a la corriente y la gran cantidad de oxígeno disuelto en los puntos, esta materia orgánica puede oxidarse de una forma más rápida.

El índice de calidad de agua ICA, mostró que el punto FQ1 (R. Coello aguas arriba), fue clasificado como calidad Mala, seguido de los puntos FQ2, FQ3 y FQ6, con calidad Regular. Los puntos FQ7, FQ8 y FQ9, mostraron una calidad aceptable.

El cálculo del índice de Langelier, determinó que las aguas del río Coello y drenaje El Salado tienen tendencia a ser corrosivas, lo que indica que tienen la capacidad de disolver metales presentes en los cuerpos de agua, mientras que las aguas del zanjón Los Huilos y su afluente presentan tendencia a ser incrustante.

En relación con la capacidad de buffer, se tomó como parámetro representativo la alcalinidad total, la cual está determinada por el contenido de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos y representa el principal sistema amortiguador de las aguas. Cuando las aguas tienen alcalinidades inferiores se vuelven muy sensibles a la contaminación, ya que no tienen capacidad para oponerse a las modificaciones que generen disminuciones del pH (acidificación).

El IACAL refleja la alteración potencial de la calidad del agua por presión de la actividad socioeconómica, a escala de subzonas hidrográficas, pues se calcula en función de la presión ambiental, entendida como la contribución potencial de cada agente social o actividad humana (población, industria, agricultura, minería) a las alteraciones del medio ambiente por consumo de recursos naturales, generación de residuos (emisión o vertimiento) y transformación del medio físico. La Subzona hidrográfica denominada Río Coello, presenta una clasificación general de IACAL entre MUY ALTA, indicando una alteración potencial de la calidad del agua, por las actividades que allí se desarrollan y afectan directamente el uso y disponibilidad del recurso.

A partir de los resultados obtenidos en el monitoreo llevado a cabo el día 27 de marzo de 2021, en los puntos de monitoreo denominados como FQ1 (R. Coello aguas arriba), FQ2 (R. Coello intermedio) y FQ3 (Intermedio 2) se presenta la siguiente caracterización de los sedimentos de fondo del río Coello, como cuerpo receptor de las aguas lluvia y de escorrentía almacenadas en el fondo del pit. Es de resaltar que, actualmente en Colombia, no se cuenta con una normatividad específica que reglamente la matriz de sedimentos.

- Las muestras de sedimento tomadas registraron concentraciones tendientes a la neutralidad excepto el punto identificado como FQ2 R. Coello Intermedio) donde se identifica un resultado con tendencia a la acidez.
- El valor de Conductividad reportado en los puntos de monitoreo indica que existe una concentración baja de sales solubles en las muestras.
- Para el caso de los fenoles totales no se detectaron trazas de este compuesto.
- El análisis realizado para la detección de compuestos orgánicos; reportó en los sedimentos evaluados concentraciones inferiores al límite de cuantificación a excepción del punto identificado como FQ1 (R. Coello aguas arriba), donde se detectó una concentración de 0,02 mg/L en las grasas y aceites.
- No se presentaron concentraciones significativas de Suma HAP's, BTEX y AOX en los sedimentos evaluados presentando en cada una de las muestras concentraciones inferiores al límite de cuantificación.
- Para los metales analizados se obtuvieron concentraciones similares para los diferentes puntos muestreados permitiendo interpretar que son características del sedimento en la zona.

0.4.1.7. Usos del agua

Para la caracterización de usos del agua se consultaron las siguientes fuentes de información:

- Los usos definidos por el POMCA del río Coello (CORTOLIMA, 2019) y POMCA del río Luisa y otros directos al Magdalena (CORTOLIMA, 2019). En el caso de la cuenca del río Coello, se encuentra el uso agrícola comunitario (riego), el cual está representado por la concesión asignada para el distrito de riego de USOCOELLO, cuya fuente es el río Coello a la altura del caserío Gualanday del municipio de Coello (esto se encuentra aguas abajo de la zona de intervención de la mina La Esmeralda). La segunda demanda con mayor representación es la generación de energía hidroeléctrica, para la cual se presentan tres captaciones asociadas al usuario Hidrotolima Sas Esp, cuya fuente es el río Combeima. Adicionalmente, desde el distrito de riego USOCOELLO se desvían aguas para generación energética por parte de la empresa Hidrotolima sector “La Ventana”.
- Los usuarios legalmente constituidos de acuerdo con la información entregada por CORTOLIMA (solicitadas para el año 2020). En la cual se registran usuarios aguas abajo del proyecto después de pasar el corregimiento de Payandé.
- Recorridos en campo en el mes de octubre de 2020 para la recolección de información primaria, en donde se encontró que no existen usuarios asociados en los cuerpos de agua que serán intervenidos directamente. Adicionalmente, no se encuentran viviendas o actividades en la zona del recorrido.

Teniendo en cuenta la información recolectada, a continuación se identifican los usos en los cuerpos de agua que se pueden ver afectados por las actividades del proyecto.

Uso consumo humano, colectivo o comunitario

En la subcuenca de la quebrada El cobre el uso para consumo humano colectivo o comunitario se representa en las captaciones del Acueducto Municipio de San Luis en la quebrada El cobre y del acueducto del corregimiento de Payandé en las quebradas el Aguirre, el Salto y Río Frío. Estas captaciones se encuentran aguas arriba del paso de los cuerpos de agua por la Mina La Esmeralda.

En la Cuenca del río Coello este uso se encuentra representado por las captaciones para el municipio de Espinal, el corregimiento de Chicoral del mismo municipio, y el municipio de Coello, mediante la captación del distrito de riego USOCOELLO. Esta captación se encuentra aguas abajo del paso del río Coello por la Mina La Esmeralda.

Uso necesidades domésticas individuales

En los cuerpos de agua correspondientes al área de influencia no se identifica este uso. No obstante, en la microcuenca de la quebrada El cobre el uso para necesidades domésticas individuales se reporta en el POMCA con una magnitud entre 0 y 2 l/s.

Usos agropecuarios comunitarios

Este uso se encuentra representado en los cuerpos de agua que se pueden ver afectados por las actividades del proyecto, en la captación del distrito de riego USOCOELLO para riego de cultivos de arroz.

Usos agropecuarios individuales

En los cuerpos de agua directamente intervenidos por el proyecto, no se identifica este uso. No obstante, en el POMCA del Río Luisa y otros directos al Magdalena, se reporta para la cuenca de la quebrada El Cobre la demanda hídrica

agrícola está entre 0 y 492 l/s.

Generación de energía hidroeléctrica

En la Cuenca del río Coello este uso se encuentra representado por la captación de la empresa hidrotolima para generación energética en el sector “La Ventana”.

Usos recreativos comunitarios

Los usos recreativos comunitarios se ven representados en la subcuenca de la quebrada El cobre, para el cuerpo de agua quebrada El Salado, en donde se ubican las cascadas de Payande o Chicalá, un atractivo turístico del corregimiento de Payandé en donde se da contacto primario con el recurso.

0.4.1.8. Hidrogeología

El alcance de este componente está enfocado en la identificación y caracterización del agua subterránea y los acuíferos presentes en el área de modelación conceptual y numérica con base en los estudios técnicos especializados realizados en la mina La Esmeralda desde el 2013 hasta el año 2020 y análisis específicos para el área de influencia del título minero 6823; los resultados permiten establecer una línea base hidrogeológica que sirve como punto de referencia de las condiciones y comportamiento de este recurso en términos de calidad y cantidad.

Como base para el desarrollo del modelo hidrogeológico del proyecto, se compiló, revisó, analizó e incorporó los resultados de los estudios previos (Anexo CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.024), elaborados para CEMEX por diferentes compañías, los cuales se listan a continuación:

- Mapa Geológico de Colombia Plancha 245 Girardot. Bogotá-Colombia. INGEOMINAS. 2002.
- Estudio hidrológico e hidrogeológico en el área de influencia de las operaciones mineras de Cemex Colombia en el municipio de San Luis – Tolima. Hidroceron, 2007.
- Informe final: actualización del estudio hidrológico e hidrogeológico en la zona de influencia del Pit Final de la mina La Esmeralda, Títulos Mineros 8-4205 y 8-6823. Gotta Ingeniería S.A.S, 2013.
- Informe de Modificación del Plan de Manejo Ambiental Título Minero 4205 - Capítulo 4: Caracterización Ambiental del Área de Estudio. INGETEC, 2016.
- Informe técnico: actualización del modelo hidrogeológico conceptual del área de influencia de la mina La Esmeralda de Cemex Colombia, municipio de San Luis, Tolima Gotta Ingeniería S.A.S, 2018.
- Informe Parcial sobre la Perforación, Construcción y Pruebas Slug de Ocho Piezómetros, Localizados en la Mina La Esmeralda, Corregimiento de Payandé, Municipio de San Luis, Departamento de Tolima. Empresa Colombiana de Hidrogeología, 2017.
- Informe sobre la perforación, construcción y pruebas slug de seis piezómetros, localizados en la Mina La Esmeralda, corregimiento de Payandé, municipio de San Luis, departamento del Tolima. Empresa Colombiana de Hidrogeología, 2018.
- Estudio Hidrogeológico Mina La Esmeralda, municipio de San Luis, Tolima. WES, 2019
- Estudio Hidroquímico e Isotópico de Agua Subterránea en el Área del Complejo Minero La Esmeralda. Tomo N° 01: Análisis Hidroquímico e Isotópico. WES, 2020.
- Estudio Hidroquímico e Isotópico de Agua Subterránea en el Área del Complejo Minero La Esmeralda Tomo N° 02: Modelo Hidrogeológico Numérico. WES, 2020.

0.4.1.8.1. Evaluación geológica/geofísica.

La operación minera La Esmeralda ha encaminado esfuerzos técnicos especializados para determinar el contexto geológico e hidrogeológico de las inmediaciones de la mina; sin embargo, para el desarrollo del estudio hidrogeológico es

necesario inicialmente determinar los tipos de unidades litológicas y estructuras involucradas en el área de evaluación hidrogeológica y de acuerdo con lo establecido en los TdR-2016 ANLA.

En el marco geológico regional el área de la mina La Esmeralda, está localizada entre el flanco oriental de la Cordillera Central y el Valle del Rio Magdalena. Afloran unidades del triásico, jurásico, neógeno y sedimentos cuaternarios, en un piedemonte afectado por fallas inversas, las cuales se localizan en la transición del Flanco Oriental de la Cordillera Central, así como de los Valles Superior y Medio del Magdalena. Plano CAP05.1-CMAB-LES6823-GLMA-001.

El marco estructural regional presente en el área de evaluación hidrogeológica, se encuentra representado por algunas fallas que tienen el rumbo preferencial cordillerano NE, Figura 17. Así mismo, la falla más representativa es la falla Gobernador que se caracteriza por ser una falla de tipo inversa o cabalgamiento, dicha falla pone en contacto a las rocas precámbricas de Tierradentro y la Formación Payandé. Plano CAP05.1-CMAB-LES6823-GLMA-001; Anexo CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.001 y CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.002.

A continuación, se describen las unidades geológicas en un orden cronológico y secuencial asociada al contexto regional donde se ubica el título minero 6823.

0.4.1.8.1.1. Formación Luisa - Trl

La Formación Luisa aflora en el sector oriental y nororiental del área de estudio, en la parte alta de las microcuencas de los drenajes El Salado y Chicalá. Está conformada por una secuencia de origen continental constituida por lodolitas y arcillolitas rojas en la base, con intercalaciones de areniscas y areniscas conglomeráticas. Ver detalle Anexo CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.024.

0.4.1.8.1.2. Formación Payandé (Trp).

Aflora en el Sector de Payandé y es donde se localiza la mina La Esmeralda en su complejo minero integrado por los títulos mienros 4205 y 6823; está constituida por una secuencia calcárea marina, conformada por intercalaciones de caliza de grano medio a grueso de color gris claro a medio, dispuestas en capas tabulares con espesores decimétricos a métricos, con laminación interna. Hacia el sector occidental del área de estudio, ocurren localmente calizas marmorizadas por metamorfismo de contacto asociado con el Stock de Payandé. La unidad se encuentra intruida por diques de pórfidos gris verdosos, que ocasionan metamorfismo de contacto.

0.4.1.8.1.3. Formación Saldaña (Trs).

Se localiza al suroeste de Payandé y está conformada en la base de intercalaciones de vulcanitas y tobas con capas de arenitas, calizas y calizas arenosas; y en la parte superior por intercalaciones de lutitas calcáreas, areniscas, conglomerados, limolitas y en menor proporción, vulcanitas y tobas. Se reportan dos segmentos diferenciables dentro de la unidad, en la parte inferior, se intercalan vulcanitas y tobas con capas de arenitas, calizas y calizas arenosas; y una parte superior, en la cual se intercalan areniscas, conglomerados, limolitas y, en menor proporción, vulcanitas y tobas.

0.4.1.8.1.4. Stock de Payandé (Jgp).

Este cuerpo intrusivo aflora hacia la zona central y occidental del área de estudio, es de composición variada y de carácter dacítico y andesítico e intruye las rocas más antiguas generando metamorfismo de contacto. Aflora en la microcuenca alta de la quebrada Chicalá y parte de la microcuenca alta del drenaje El Salado. La distribución de esta unidad en planta para el área del proyecto se muestra en el Plano CAP05.1-CMAB-LES6823-GLMA-001. Información del modelo geológico de

superficie de esta unidad y en secciones de análisis, ver Anexo CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.001 y CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.002.

0.4.1.8.2. Grupo Honda (Tsh).

Aflora al oriente de Payandé, se presenta como parches aislados y discontinuos. El SGC, ha dividido en dos miembros; (i) el inferior consta de capas gruesas de arenitas conglomeráticas, verdes amarillas, feldespáticas y líticas, con cantos de andesita y rocas metamórficas con mucha mica, a veces calcáreas, con alto contenido de minerales pesados; intercaladas ocurren capas delgadas a medias de lodolitas rojas a abigarradas, las cuales forman pequeños valles. (ii) el nivel superior se encuentra representado por una sucesión alternante, más marcada, de areniscas cuarzo feldespáticas, de grano medio a conglomeráticas, verdes, amarillas, micáceas, algo calcáreas, con cantos de andesitas, en capas gruesas, con estratificación cruzada tangencial de bajo ángulo, intercalados con capas gruesas de arcillolitas fisiles, abigarradas.

0.4.1.8.3. Depósito de Caliche (Tsc).

Ocupa una gran extensión de terreno sobre la zona central de las operaciones mineras, especialmente de la microcuenca del drenaje El Salado. Se ha catalogado como un depósito continental, conformado por fragmentos de caliza, limolitas y granodiorita envueltos en una matriz arcillosa, enriquecida en carbonatos provenientes de la disolución de las calizas de la Formación Payandé.

0.4.1.8.3.1. Abanico de Guamo (Qag)

En la cartografía geológica del proyecto, se correlaciona con la unidad de los Depósitos de Terrazas (Qt). Constituida por una secuencia de bancos arenosos, con algo de gravas, cuya fracción gruesa es predominantemente pumácea, con esporádicos cantos de dacitas, rocas ígneas intrusivas y metamórficas. Los espesores máximos observados pueden alcanzar los 25 m. Presentan, generalmente, compactación moderada a baja, lo que indica una alta permeabilidad⁴. En la cartografía geológica del área de influencia del título minero 6823, corresponde a los depósitos de terrazas fluvio volcánicas (Qt), las variaciones del abanico a lo largo de su distribución lateral y vertical presenta variaciones texturales en los sedimentos y también en la composición de aportes aluvial y volcánico, lo cual le brinda particularidades desde el punto de vista de permeabilidad. La distribución de esta unidad en planta para el área del proyecto se muestra en el Plano CAP05.1-CMAB-LES6823-GLMA-001. Información del modelo geológico de superficie de esta unidad y en secciones de análisis, ver Anexo CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.001 y CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.002.

0.4.1.8.3.2. Aluvial reciente (Qal)

Son depósitos de poco espesor (hasta 12 m) y extensión ubicados en las llanuras de inundación de los principales ríos de la región, producto de las crecientes invernales. Litológicamente, compuesta por limos, arenas y gravas de variada composición. La distribución de esta unidad en planta para el área del proyecto se muestra en el Plano CAP05.1-CMAB-LES6823-GLMA-001. Información del modelo geológico de superficie de esta unidad y en secciones de análisis, ver Anexo CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.001 y CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.002.

⁴ Estudio Hidrogeológico Mina La Esmeralda, municipio de San Luis, Tolima. WES, 2019

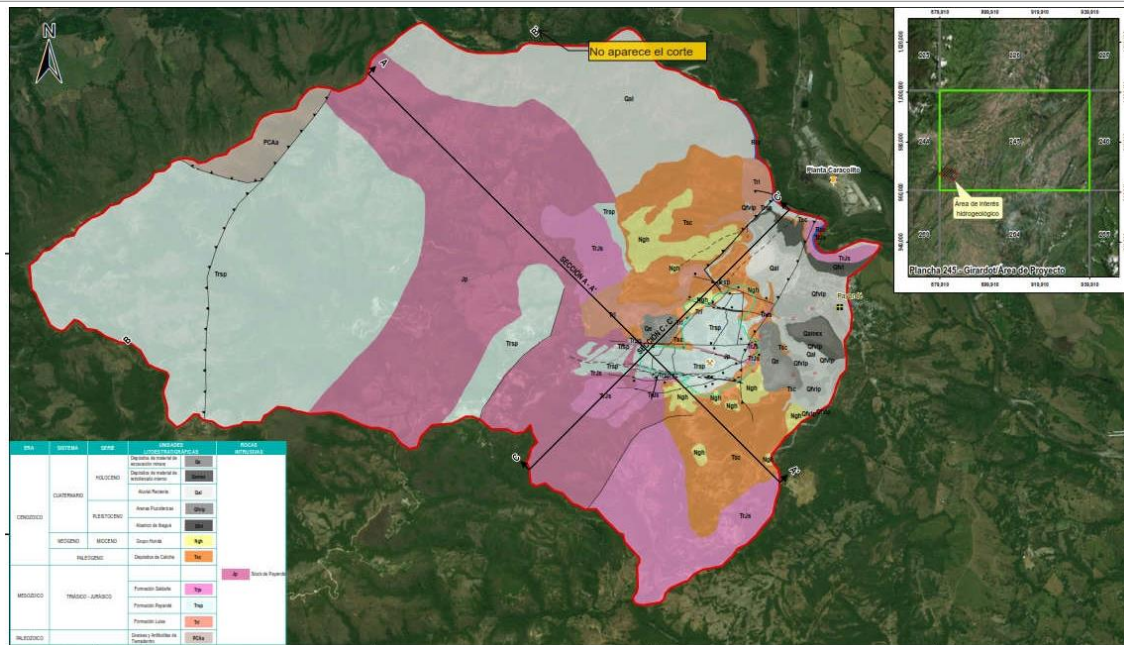


Figura 17. Geología regional área de modelación hidrogeológica mina La Esmeralda
Fuente: WES, 2019

Finalmente, para el desarrollo e interpretación de la geología del área de estudio se ha generado una compilación de las cartografías tomando en consideración, en las inmediaciones de la mina La Esmeralda, la información proporcionada por CEMEX, los estudios técnicos y las campañas de campo realizadas en el marco del estudio de modificación ambiental del título minero 6823 por parte de INGETEC. Véase Plano CAP05.1-CMAB-LES6823-GLMA-001. Información del modelo geológico de superficie de esta unidad y en secciones de análisis, ver Anexo CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.001 y CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.002.

En la caracterización geológica y en la caracterización hidrogeológica, involucró el análisis de información primaria y secundaria para el área de la modelación e información puntual que ilustra las condiciones en superficie y a nivel de la variación vertical que permite entender las implicaciones hidro litológicas, su geometría y su relación respecto al comportamiento de la dinámica subterránea, Figura 19 y Figura 18.

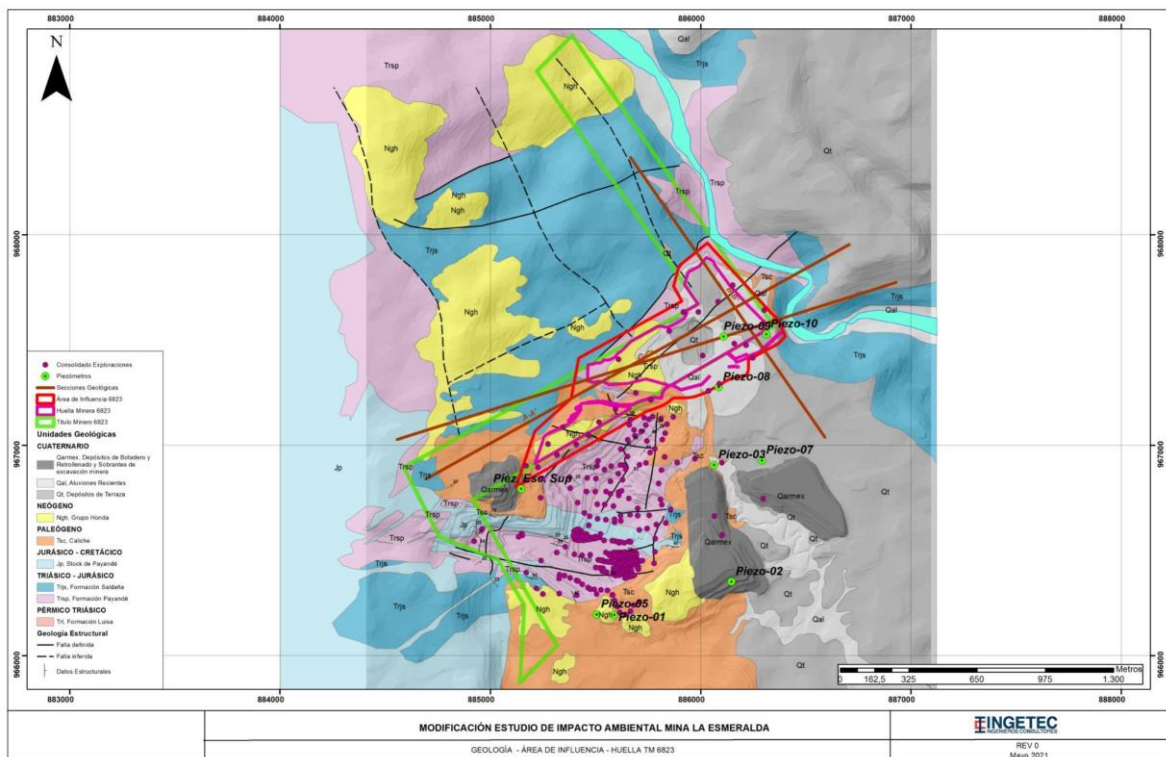


Figura 18. Modelo geológico de superficie, secciones de análisis y las envolventes del área de influencia (en rojo) y huella de intervención (fucsia).
Fuente: Elaboración propia

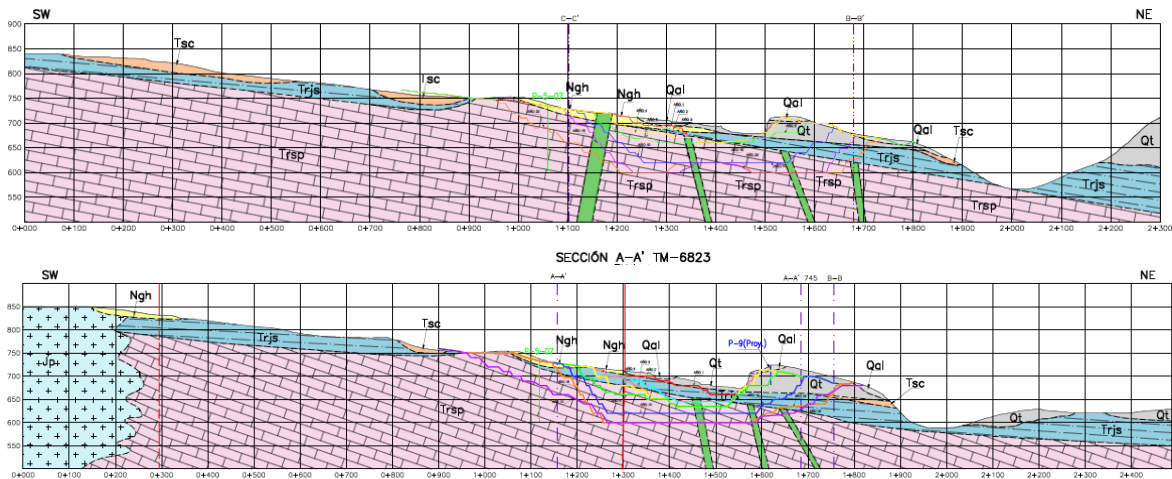


Figura 19. Secciones geológicas de detalle A-A' y C-C', para el área de intervención TM 6823 con las superficies de la secuencia de excavación proyectada
Fuente: Cemex, 2021; INGETEC, 2021

0.4.1.8.4. Evaluación Hidráulica.

0.4.1.8.4.1. Condiciones litológico-estructurales relacionadas a la hidráulica.

En este numeral se incluye la caracterización y definición de las unidades hidrogeológicas, las cuales son determinadas a partir de la distribución litológica espacial y su probable capacidad para almacenar y transmitir agua con base en sus características geológicas intrínsecas y sus propiedades hidrodinámicas. Para esta definición, se tomaron como base los estudios previos realizados por la compañía GOTTA (2013 y 2018), WES (2029, 2020), en donde se identificaron seis unidades hidrogeológicas, ver Plano CAP05.1-CMAB-LES6823-HIDG-001. En este documento, utiliza e integra la clasificación adaptando la jerarquización recomendada por la Asociación Internacional de Hidrogeología (Struckmeir, 1995), buscando clasificar las unidades hidrogeológicas básicamente como acuíferos, acuitardos o acuífugos. Anexo CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.023 y CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.028.

- Acuíferos discontinuos de extensión regional y local con moderada productividad.

El Abanico de Ibagué, incluye los depósitos aluviales recientes (Qal) y los depósitos de terrazas (Qt) referida en la cartografía geológica del área de influencia del título minero. Está conformado por gravas finas a medias, intercaladas con capas de arcillas y arenas con matriz arcillosa y los aluviales recientes lo conforman depósitos de lahares, glaciares, aluvio-torrenciales y flujos piroclásticos del río Coello; estos son materiales granulares poco consolidados. Lo anterior, genera porosidades primarias y moderadas permeabilidades, a excepción de los estratos finos en los depósitos aluviales, donde dichas propiedades son bajas. En el caso de los depósitos aluviales, son poco espesos, lo que implica un flujo esencialmente intergranular con volúmenes de agua bajos. Plano CAP05.1-CMAB-LES6823-HIDG-001, Anexo CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.023 y CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.028.

A nivel regional, el Abanico de Ibagué presenta una alta importancia hidrogeológica debido a que conforma un acuífero de tipo libre a semiconfinado, continuo de extensión regional, con buena capacidad de producción y capacidad específica entre 1,0 y 2,0 L/s/m (Consortio Alvarado 2015, 2016), con porosidad primaria y conductividad hidráulica por el orden de 10 m/día. Sin embargo, en el área de estudio se observa que no tiene conexión con el acuífero regional.

El depósito aluvial, presenta una baja importancia hidrogeológica debido a que su distribución es local y su extensión es limitada, puede presentar conductividades hidráulicas del orden de 10 m/d. Sin embargo, su baja extensión limita los recursos que pueda contener

- Rocas Fisuradas o Sedimentos con Limitados Recursos de Agua Subterránea.

Dentro de esta categoría se enmarcan las demás unidades litológicas identificadas en el área de estudio.

Acuíferos de carácter local y limitados recursos

En esta categoría se incluyen las unidades geológicas del Paleógeno al Triásico – Jurásico, las cuales se consideran que no ostentan importancia hidrogeológica, a pesar de que algunas poseen algún grado de fracturamiento. El contenido de agua en estas unidades está limitado a las zonas donde las fracturas se encuentran conectadas. Se observa que el nivel de agua es profundo. Plano CAP05.1-CMAB-LES6823-HIDG-001, Anexo CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.023 y CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.028.

La Formación Payandé y los diques andesíticos de la Formación Saldaña presentan características estructurales como intenso fracturamiento, que aumenta la permeabilidad secundaria relativa con respecto a la de las otras unidades hidrogeológicas; no obstante, estas zonas funcionan como zonas preferenciales de flujo de agua proveniente de otras unidades, mas no, de agua contenida en ellas mismas.

La Formación Saldaña, corresponde a una unidad compuesta por andesitas porfídicas y el Stock de Payandé está compuesto por granodioritas, de origen ígneo. Se consideran unidades poco permeables (con porosidad y permeabilidad

primaria despreciables), siendo entonces poco capaces de albergar agua. El fracturamiento observado dentro de las rocas que componen estas formaciones se explica por el carácter frágil (altamente silíceo) de ambas unidades litológicas (Formación Saldaña y Stock de Payandé).

- Estratos sin capacidad acuífera productiva

Dentro de esta categoría se incluyen todas las unidades someras, las cuales se encuentran secas, dada la profundidad del nivel de agua en el sistema acuífero.

La Formación Honda es una unidad compuesta, en sus estratos más permeables, por areniscas y conglomerados, los cuales favorecen el flujo de agua subterránea a través de los poros dejados por los materiales; por otro lado, sus estratos más impermeables condicionan las características del flujo, es decir, la salida o entrapamiento del agua dentro de la unidad. A pesar de que en otras zonas del territorio nacional puede considerarse como un acuífero de moderada importancia, en el área de estudio no se identifica la presencia de agua, por lo que se clasifica como sin importancia hidrogeológica. Plano CAP05.1-CMAB-LES6823-HIDG-001, Anexo CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.023 y CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.028.

El Depósito de Caliche, es una roca sedimentaria química, exógena, con porosidad y permeabilidad primarias prácticamente nulas, por lo que se considera como un acuífugo. Posee un bajo fracturamiento, por lo tanto, una permeabilidad secundaria baja, ver Plano CAP05.1-CMAB-LES6823-HIDG-001, Anexo CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.023 y CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.028.

Las características de las unidades acuíferas de la modelación hidrogeológica se relacionan en la Tabla 22.

Tabla 22. Relación de unidades acuíferas en el área del título minero 6823

Sistema acuífero	Unidades litológicas	Litología	Estructura macro	Permeabilidad	K (m/d)	Importancia Hidrogeológica
Acuíferos con Flujo Principalmente Intergranular						
Acuíferos discontinuos de extensión local con moderada productividad	Abanico de Ibagué (Qai)	Cantos de rocas extrusivas e intrusivas en matriz arenosa y areno-tobácea. Depósitos de lahares, aluviales, glaciares, aluvio-torrenciales y flujos piroclásticos.	Material no consolidado	Media	>1	Baja
	Aluvión Reciente (Qai)	Está integrado por gravas finas a medias, intercaladas con capas de arcillas y arenas con matriz arcillosa.	Material no consolidado	Media	>100	Baja
Rocas fisuradas o sedimentos con limitados recursos de aguas subterráneas						

DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 0.RESUMEN EJECUTIVO

Sistema acuífero	Unidades litológicas	Litología	Estructura macro	Permeabilidad	K (m/d)	Importancia Hidrogeológica
Acuíferos locales con limitados recursos	Formación Saldaña - Tr.Js	Tobas, aglomerados y lavas con intercalaciones de areniscas, limolitas y calizas. Pórfidos andesíticos y dacíticos.	Estratificación	Baja	<0,1	Muy baja
	Stock de Payandé - Jp	Cuarzodioritas, granodioritas.	Dique	Baja	<0,1	Muy baja
	Formación Payandé - Trsp	Calizas oscuras y grises, en bancos potentes. Ocasionalmente intercaladas con limolitas negras	Estratificación	Baja	<0,1	Muy baja
	Formación Luisa - Tri	Conglomerados y brechas arcósicas, lutitas y arcillolitas rojo-violáceas.	Estratificación	Baja	<0,1	Muy baja
Estratos sin capacidad acuífera productiva	Depósitos de escombros (Qe)	Gravas y bloques de caliche, caliza, diques granodioríticos y andesíticos. Matriz a clasto soportados. Matriz arenosa arcillosa.	Material antrópico	Alta	>10	Muy baja
	Depósitos de material de retrolenado interno (Qamex)	Depósitos de material de retrolenado interno.	Material antrópico	Alta	>10	Muy baja
	Grupo Honda (Ngh)	Areniscas, arcillolitas y niveles conglomeráticos de color gris verdoso, a ocasionalmente de coloración rojiza.	Material no consolidado	Media	>0,1	Muy baja
	Depósitos de Caliche – Tsc	Bloques de caliza, granodiorita, andesita, areniscas en cemento calcáreo.	Estratificación	Baja	<0,1	Muy baja

Fuente: Wes, 2019.

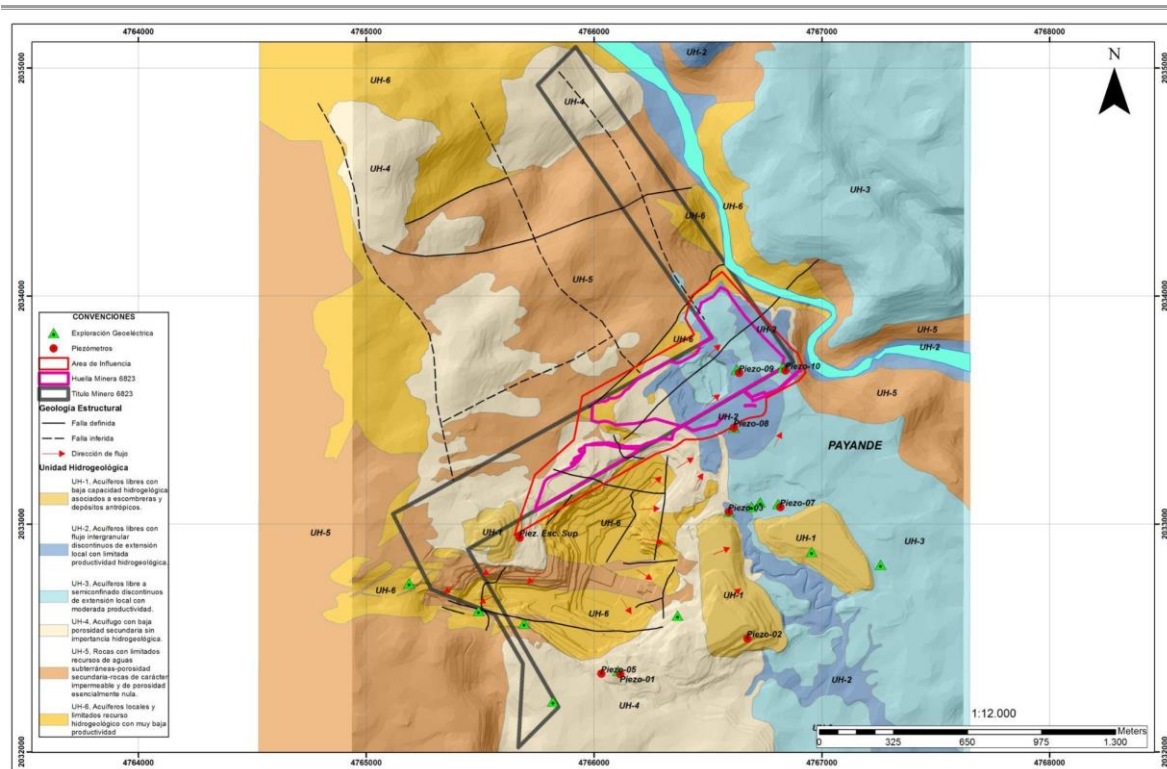


Figura 20. Unidades hidrogeológicas, ejes secciones de análisis y red de piezómetros instalados, área de influencia del título minero 6823, mina la Esmeralda

0.4.1.8.4.2. Geometría del sistema acuífero.

La superficie del terreno del título minero limita al noreste, por el trazo del río Coello y al sur, oeste y norte por divisorias de agua superficial, que cubre 21,3 Km² de superficie y abarca total y parcialmente a las microcuencas de las quebradas Chicala y el drenaje estacional El Salado respectivamente, corresponden a un volumen de control.

En cuanto a los límites verticales del sistema acuífero, abarca desde la superficie piezométrica, alcanzando el espesor de cada formación hasta llegar al basamento hidrogeológico. Anexo CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.028 y CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.029.

Para las superficies piezométricas del área de estudio de la modelación, parte de la base de que el nivel freático/piezométrico está controlado por la cota del río Coello y del río Luisa, los cuales son los principales colectores del área y tendrían conexión con el acuífero, es decir, que durante las épocas de baja precipitación el acuífero aporta caudal a estos ríos, conservando su caudal base. De acuerdo con los análisis hidroquímicos y el recorrido de campo realizado, se conoce que en el sumidero del pit aún no se alcanza el nivel freático, ya que evidencian que el agua del sumidero corresponde a agua superficial proveniente de escorrentía y una mínima parte de la quebrada Chicalá; actualmente la cota mínima del pit es la 620 m.s.n.m. Con base en esta información, se incluyen las isolíneas de piezometría. Se observa que las líneas piezométricas están trazadas aproximadamente de norte a sur, es decir, que la dirección de flujo es aproximadamente este-oeste. El río Coello, como principal colector de aguas subterráneas de la zona recibe la descarga del acuífero de manera oblicua, es decir, que la descarga no es de manera perpendicular sino que tiene un ángulo más abierto. Anexo CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.025 y CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.029.

Los niveles de agua en el área registran profundidades entre 0 m (en el río Coello, donde aflora) y 817 m aproximadamente (al oeste del área, la cual es la zona de mayor altitud). En el área del tajo actual las profundidades se encontrarían entre los 52 y los 60 m, es decir, entre las cotas 590 y 600 m.s.n.m., Anexo CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.025 y CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.029, las mediciones reflejan que la secuencia proyectada no intervendrá el flujo subterráneo principal.

La trazabilidad de los niveles piezométricos registrados a la fecha desde el 2017 se incluyen los datos en el Anexo CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.025 y CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.029, los cuales fueron revisados e incluidos en los resultados de la modelación conceptual y numérica del estudio. La superficie piezométrica registrada para los dos periodos climáticos se relaciona en la Tabla 23. En general, los niveles de agua medidos estarían entre la cota 650 y 740 m.s.n.m. y con profundidades desde la superficie del terreno que varían entre 10 a 56 m; la variación de los niveles, y se incluyen en el Anexo CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.025.

Tabla 23. Profundidad de la columna de agua para el año 2017 y 2020 periodo estiaje y lluvias en el área del proyecto mina La Esmeralda con base en la red de piezómetros instalados

		Pzm 1	Pzm 3	Pzm 7	Pzm 8	Pzm 9	Pzm 10	Pzm 2 E. Inf
Año 2017	Periodo Seco	659,8	633,6	645,0	635,1	630,3	599,5	587,0
	Periodo Húmedo	659,8	635,2	645,3	635,6	630,6	600,0	587,5
Año 2020	Periodo Seco	657,5	629,7	642,6	630,3	630,4	593,8	583,8
	Periodo Húmedo	657,5	625,9	642,6	630,3	630,6	593,8	583,8

Fuente: Elaboración propia

En los piezómetros P8, P9 y P10, no se evidencia una marcada evolución de los niveles de agua de acuerdo con la trazabilidad de las mediciones, mientras que de los datos provenientes de P1, P3 y P7 se generan ligeras fluctuaciones posiblemente relacionadas con la variación estacional de las precipitaciones, Figura 94.

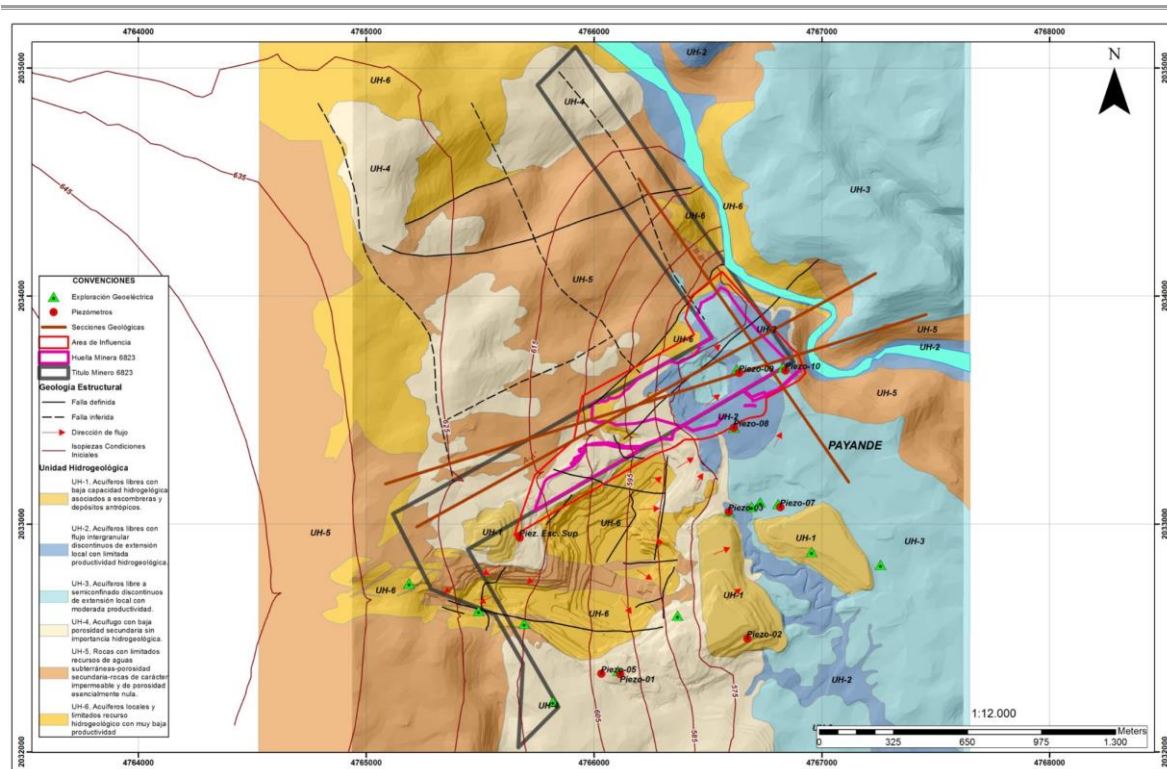


Figura 21. Mapa hidrogeológico que incluye la ubicación de la red piezométrica, área de influencia, ejes secciones de análisis y la distribución de las isolíneas piezométricas para la condición actual
Fuente: Cemex, 2021; INGETEC, 2021.

0.4.1.8.5. Inventario Puntos de Agua Subterránea

Con el propósito de identificar y realizar el inventario de los puntos de agua presentes en el área de influencia de los títulos mineros 6823 y 745 del proyecto minero Mina La Esmeralda de CEMEX Colombia S.A, en el sector de Payandé se revisó su delimitación asociados principalmente a la cuenca del río Coello y las quebradas Chicalá, El Salado y el Zanjón Los Huilos. INGETEC ejecutó una campaña de campo para la identificación de los puntos de agua subterránea en Septiembre de 2020

Dentro del plan de trabajo y protocolo de identificación en campo de los tipos de puntos de agua subterránea se parte de la premisa de la siguiente clasificación:

- **Manantial:** se denomina cuando el agua infiltrada alcanza el nivel freático o una capa impermeable, la cual fluye lateralmente, y este flujo se cruza con la superficie topográfica.
- **Pozo:** pozo de agua o una perforación que constituye una obra de captación vertical que permite la explotación del agua freática contenida en los intersticios o las fisuras de una roca del subsuelo, en lo que se denomina acuífero, (def. www.wikiwater.fr/e28-los-diversos-tipos-de-pozos-y.html).
- **Aljibe:** pozo artesanal, generalmente a poca profundidad, pero que igualmente capta aguas subterráneas.

De acuerdo con las observaciones efectuadas en la campaña de campo en septiembre de 2020, se efectuó la verificación e identificación de puntos de agua subterránea en el área de influencia del proyecto minero, donde se evidenciaron nueve (9) puntos de agua subterránea tipo piezómetro.

En general, los piezómetros en el área de estudio se ubican principalmente sobre las diferentes unidades litológicas presentes en el proyecto minero, uno sobre las calizas de la formación Payandé, otro sobre unidades terciarias de la

formación Honda, dos sobre los depósitos de escombreras, dos sobre los depósitos cuaternarios de puzolanas y tres sobre los depósitos cuaternarios aluviales. La localización de los puntos de agua subterránea identificados se relaciona en la Tabla 24 y Figura 22.

Tabla 24. Relación de inventario de puntos de agua subterránea asociada a piezómetros en el área de estudio mina La Esmeralda.

Piezómetro	Coordenadas Magna Sirgas Origen Bogotá		Altura (m.s.n.m)	Coordenadas Origen Único Nacional		Prof. (m)	Nivel freático registrado (m)	Fecha de medición
	Este	Norte		Este	Norte			
PZ-01	885 581	966 200	572	4 766 538,6	2 033 571,55	43,4	42,79	25/09/2020
PZ-02 Escombrera Inferior	886 368	966 368	533	4 766 379,8	2 033 689,74	36,6	36,24	25/09/2020
PZ-03	886 061	966 904	512	4 766 688,6	2 033 628,32	41,15	21,85	25/09/2020
PZ-05	885 504	966 205	572	4 766 517,9	2 033 779,52	228	60,65	25/09/2020
PZ-07	886 300	966 939	513	4 766 447,9	2 033 777,62	27,4	27,42	25/09/2020
PZ-08	886 088	967 280	531	4 765 612,2	2 033 828,79	41	39,62	25/09/2020
PZ-09	886 111	967 512	529	4 766 682,0	2 033 906,25	41	40,33	25/09/2020
PZ-10	886 310	967 531	514	4 765 487,7	2 032 750,27	56,2	Seco	25/09/2020
PZ-Escombrera Superior	885 133	966 803	615	4 766 138,6	2 033 555,12	22,5	21,23	25/09/2020

Fuente: Elaboración propia.

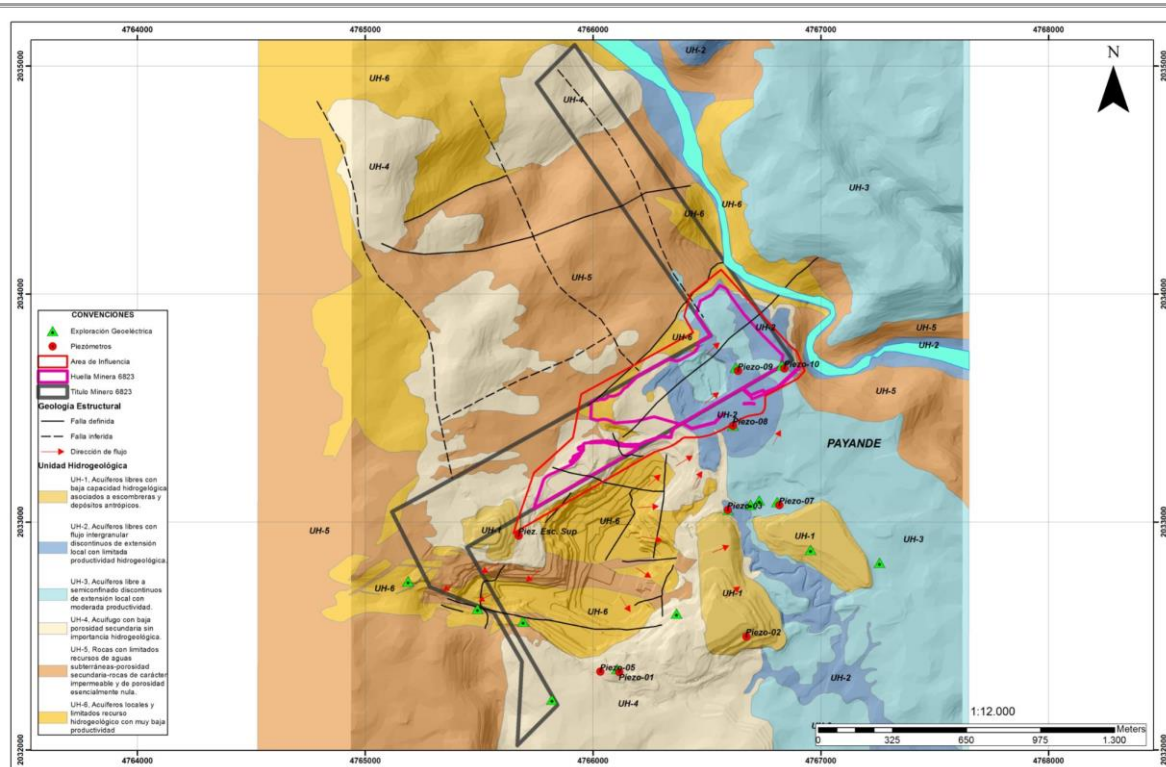


Figura 22. Localización de los puntos de agua subterránea asociados a los piezómetros en el área de estudio mina La Esmeralda.

Fuente: Elaboración propia

0.4.1.8.6. Geoquímica isotópica

Los registros isotópicos ($\delta^{18}O$ y $\delta^{2}H$) de HIDROCERON (2007) y GOTTA (2013), confirman la filtración de agua superficial de la quebrada Chicalá a la parte occidental del pit Calizas, donde las fallas facilitan una conexión hidráulica. Esta filtración difusa (INF3) fue de muy bajo caudal en agosto de 2020. Anexo CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.024, CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.026 y CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.027.

Las aguas estancadas en el pit Calizas eran más afectadas por evaporación en 2006 que, en 2013, tal vez por menor tasa de bombeo y mayor tiempo de residencia en el sumidero en 2006. Las tasas de evaporación en el sumidero varían entre 2 y 13 %.

Las variaciones mensuales de $\delta^{18}O$ $\delta^{2}H$ en las precipitaciones de mayo a agosto 2013 se reflejaron casi iguales en las aguas de los sumideros del pit Calizas, lo que demuestra que las aguas estancadas contienen principal o exclusivamente agua meteórica de precipitaciones recientes con poco tiempo de residencia en los sumideros, debido a la alta tasa de bombeo (20-30 l/s). El porcentaje de precipitación directa en el pit Calizas, de escorrentía superficial hacia el pit, y de filtración de la quebrada Chicalá a la parte occidental del pit Calizas, requeriría un balance hídrico y análisis mensuales o por lo menos trimestrales de las variaciones estacionales. Anexo CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.024, CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.026 y CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.027.

Igual como en agosto de 2020, no hubo indicios de agua subterránea (flujo base) con signatura isotópica constante (promedio ponderado anual) en los sumideros. Lo que reafirma principalmente la presencia de agua meteórica en los sumideros en el pit Calizas. Las variaciones isotópicas del mayor afloramiento PCG-02 en el pit mostraban que provenía de precipitaciones recientes, que no tenía conexión hidráulica con aguas subterráneas de signatura isotópica constante (WES 2018).

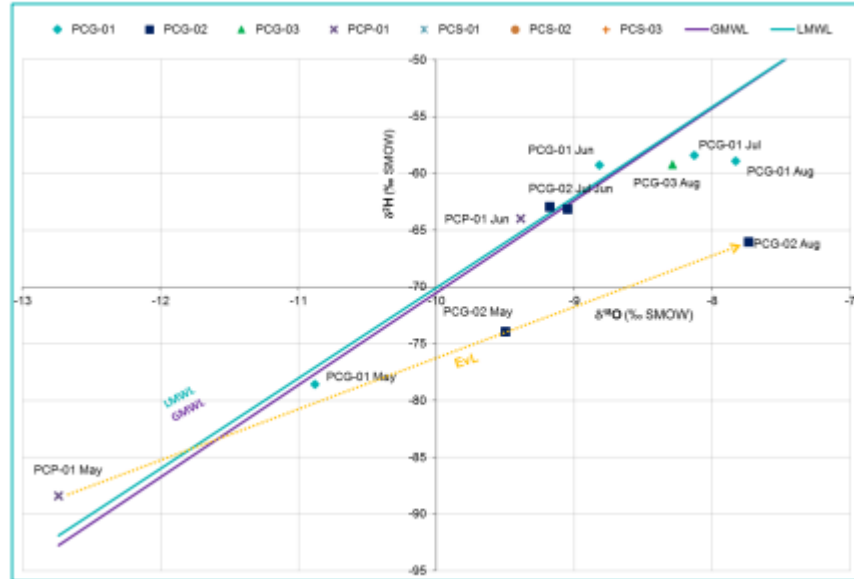


Figura 23. Composición isotópica de precipitaciones y sumideros del pit (Gotta 2013).
Fuente: GOTTA (2013).

El informe de HIDROCERON (2007), no especifica fechas de monitoreo, que serían importantes para poder considerar variaciones estacionales en la interpretación de los datos isotópicos. Este estudio no incluyó análisis hidroquímicos. Estos comienzan con GOTTA (2013), y es actualizado por INGETEC (2016) basado en los datos de 2013. Son los parámetros más básicos de quebradas, solo poco de los sumideros del pit. Con SGS (2018) comienza la caracterización hidroquímica de las aguas subterráneas en los piezómetros, enfocado en la calidad del agua. Con solo pocos parámetros hidroquímicos selectos, no se podía todavía comparar las aguas superficiales y subterráneas con las del sumidero para determinar su origen.

De ahí surgió la necesidad de combinar análisis isotópicos con hidroquímica completa, sobre todo aniones por IC y metales por ICP-MS, para determinar si son las filtraciones, más escorrentía superficial, o agua subterránea que alimenta los sumideros (pit sumps) o pequeños pit lakes.

0.4.1.8.6.1. Isótopos locales comparados con la estación meteorológica de Bogotá

La estación meteorológica de Bogotá al costado del aeropuerto El Dorado (Figura 113) proporciona desde 1971 datos mensuales continuos de los isótopos 2H y 18O, que facilitan la interpretación de variaciones de δ^2H - $\delta^{18}O$ en la Mina La Esmeralda, 113 km al WSW de Bogotá, aunque sean isotópicamente más pesadas, debido al efecto de altitud. Figura 24.

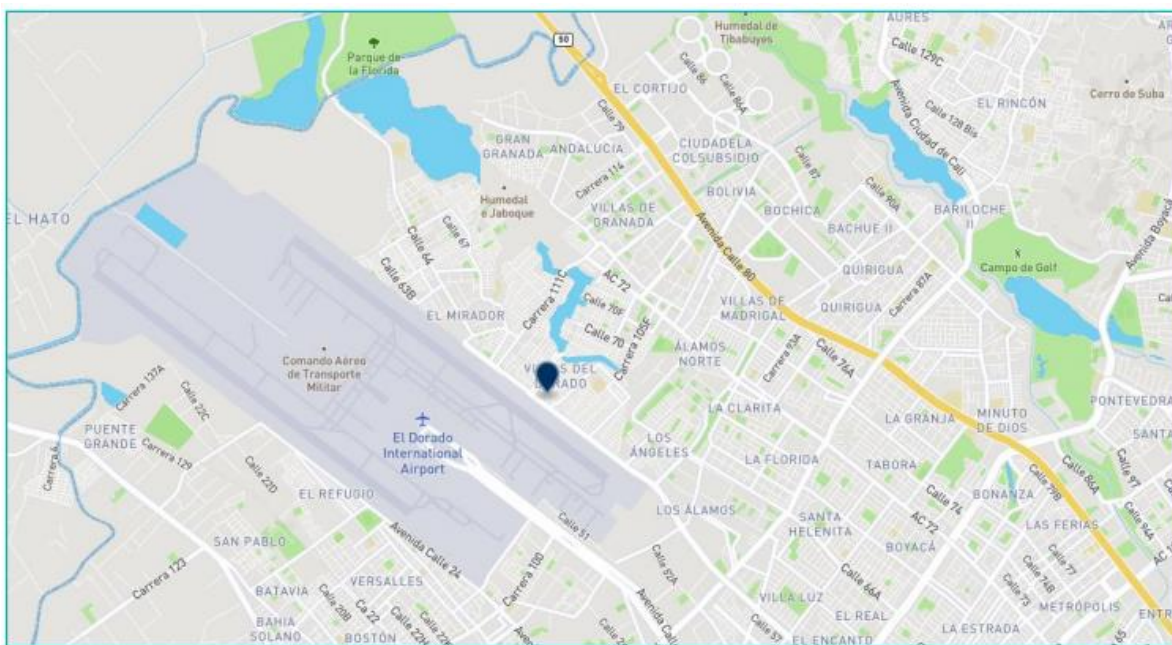


Figura 24. Ubicación de la Estación Meteorológica de Bogotá (2 250 m s.n.m.) con registros mensuales continuos de ^2H - ^{18}O entre 1971 y 2016.

Fuente: Google Maps, Modificado de WES Perú SAC, 2020

Tal como se espera para una evaporación alrededor de los 20 °C, se obtiene con 18O las mismas tasas de evaporación asumiendo un fraccionamiento efectivo de $\epsilon_{18\text{Ov-l}} = -16 \text{ ‰}$ (-10 ‰ fraccionamiento de equilibrio, más -6 ‰ fraccionamiento cinético).

Fracciones residuales de $f = 95$ a 82 % del agua (estancada o de muy lenta filtración) significan pérdidas de 5 a 18 % del volumen inicial por evaporación, Tabla 25.

Tabla 25. $\delta^{18}\text{O}$ y $\delta^2\text{H}$ (‰ SMOW) de las aguas, valor inicial pre-evaporación en la intersección con la LMWL de Bogotá, y porcentaje de agua evaporada (1-f).

Punto de monitoreo	$\delta^{18}\text{O}$	$\delta^2\text{H}$	Valor inicial pre- evaporación		Porcentaje de agua evaporada (%)
			$\delta^{18}\text{O}_0$	$\delta^2\text{H}_0$	
INF3	-4,7	-40	-8,1	-55	18
SSD	-7,5	-53,9	-8,5	-58	5,4
SSD-1	-7,6	-54,5	-8,6	-59	5,9
DSAGAB	-7,3	-53	-8,5	-59	7,4

$\epsilon_{18\text{Ov-l}} = -9.8 \text{ ‰}$, $\epsilon_{2\text{Hv-l}} = -79.5 \text{ ‰}$ a 20 °C

Fuente: WES Perú, 2020.

El entorno de la Mina La Esmeralda está a 700 – 850 m.s.n.m., es decir 1550 – 1400 m más bajo que la estación meteorológica de Bogotá, donde el promedio anual ponderado de las precipitaciones es de -10,6 ‰ $\delta^{18}\text{O}$ y -74 ‰ $\delta^2\text{H}$.

Con un gradiente vertical de $\sim 2 \pm 0,5 \text{ ‰}$ SMOW del $\delta^{18}\text{O}$, y 8 veces mayor del $\delta^2\text{H}$, el promedio ponderado en Payandé debería estar por $-7,7 \pm 0,5 \text{ ‰}$ y $-52 \pm 4 \text{ ‰}$ SMOW. Debido a la posición en el valle, habrá ligero empobrecimiento de los isótopos pesados por las lluvias anteriores en la sierra. Esto corresponde con los valores encontrados por GOTTA en las precipitaciones y aguas superficiales en La Esmeralda entre mayo y agosto 2013, que sugieren un promedio ponderado alrededor de $-8,7 \pm 0,5 \text{ ‰}$ y $-60 \pm 4 \text{ ‰}$ SMOW del $\delta^{18}\text{O}$ y $\delta^2\text{H}$.

Las aguas no están afectadas significativamente por evaporación, excepto en INF3, SSD y DSAGAB, muestran muy poca variación isotópica en agosto 2020, son muy homogéneas, y son isotópicamente un poco más pesadas que en GOTTA (2013), con el $\delta^{18}\text{O}$ entre $-7,3$ y $-8,3 \text{ ‰}$ SMOW, debido a que estas aguas provienen principalmente de precipitaciones recientes de las últimas semanas, que reflejan temporada relativamente seca con isotopía más pesada.

La diminuta filtración INF3, tomada durante horas porque solo goteaba de la pared suroeste del pit Calizas, está afectada por $18 \pm 1 \text{ ‰}$ de evaporación, debido a exposición superficial de esta humedad durante el muy lento flujo en la pared. Su línea de desplazamiento por evaporación (EvL), de inclinación 4,5 debajo de la línea meteórica, revela un valor inicial idéntico a la de quebrada Chicalá aguas abajo en agosto de 2020. Esto parece confirmar que puede ser filtración de esta quebrada, lo que ya se dedujo de la revisión de los datos isotópicos de HIDROCERON (2007) y GOTTA (2013).

Las aguas no afectadas por evaporación, y la intercepción de las líneas de evaporación (EvL) de INF3, SSD y DSAGAB con las líneas meteóricas (GMWL y LMWL) prácticamente idénticas, revela un valor inicial de estas aguas similar a los registros de GOTTA entre mayo y agosto 2013. Los datos de $\delta^{18}\text{O}$ y $\delta^2\text{H}$ de agosto 2020 son consistentes con los registros isotópicos de HIDROCERON (2007) y GOTTA (2013). Anexo CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.024, CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.026 y CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.027.

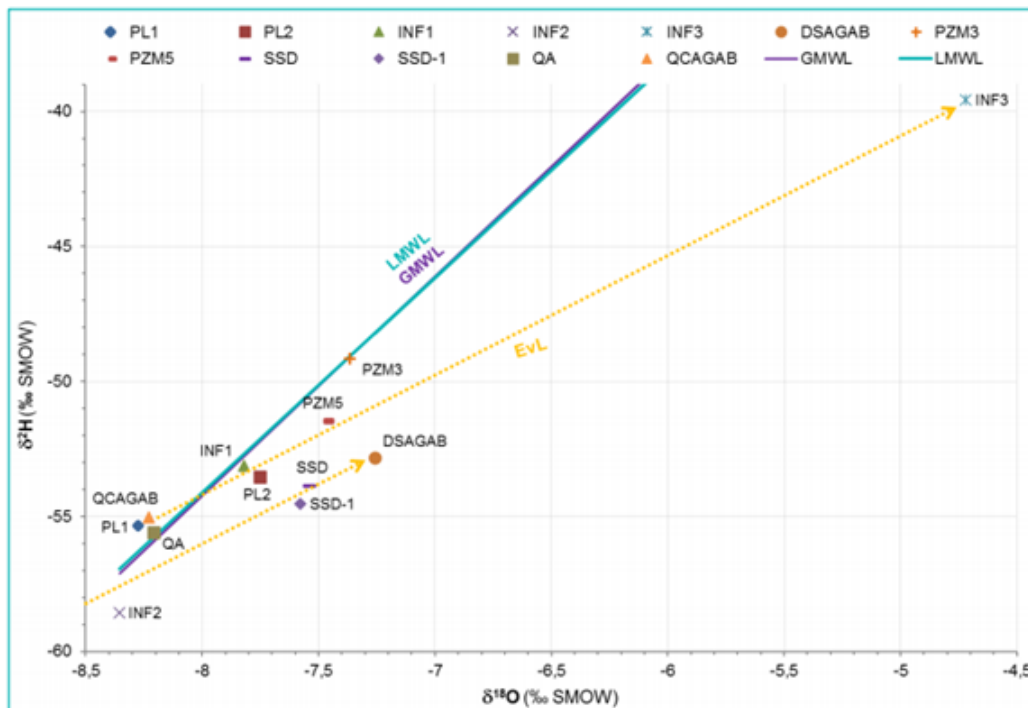


Figura 25. Valores 2H-18O de las aguas superficiales y subterráneas.
Fuente: WES Perú SAC, 2020.

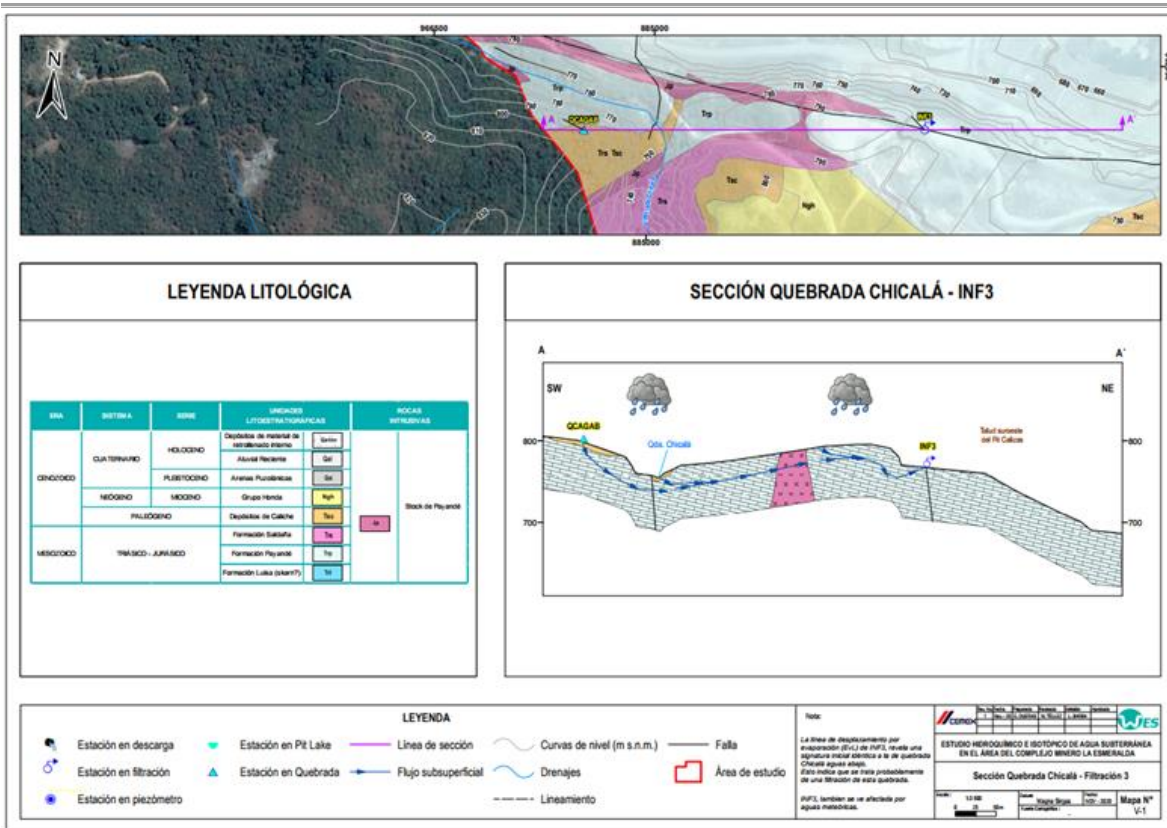


Figura 26. Interpretación de la relación entre la quebrada Chicalá y la filtración INF3.

Fuente: WES Perú SAC, 2020.

0.4.1.8.7. Resultados Modelo Hidrogeológico Conceptual - MHC

El sistema hidrogeológico del área de estudio corresponde a un sistema profundo regional, limitado por los ríos Coello y Luisa, los cuales constituyen las principales zonas de descarga del sistema, aunado a los pozos y manantiales existentes. La denominada área de estudio, limitada al noreste, por el trazo del río Coello y al sur, oeste y norte por divisorias de agua superficial, corresponden a un volumen de control. En cuanto a los límites verticales del sistema acuífero, abarca desde la superficie piezométrica, alcanzando el espesor de cada formación hasta llegar a la cota 500 m s.n.m, cota en la que se considera que no habría interacción directa con la zona de explotación, Anexo CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.028.

Se conforma por rocas de poca permeabilidad, de baja importancia hidrogeológica (Ngh, TRL, Tsc, TrJs, Jp y Trsp), y sedimentos antrópicos (Qe y Qamex), que a pesar de presentar altas permeabilidades, es decir, que tendrían la posibilidad de almacenar y/o transmitir agua subterránea, no se encuentran saturados, por lo cual no presentan importancia hidrogeológica. Los únicos acuíferos identificados corresponden a los sedimentos aluviales recientes y al abanico de Ibagué, ubicados al NE de la mina La Esmeralda; ambos se consideran sistemas locales, de extensión limitada y presenta baja importancia hidrogeológica, Anexo CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.024 y CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.028. Plano CAP05.1-CMAB-LES6823-HIDG-001.

La recarga en el área de estudio ocurre de manera local y por fuera del área de intervención del título minero 6823, donde dadas las condiciones favorables de pendiente, cobertura vegetal y tipo de suelo, el agua proveniente de la precipitación logra atravesar la zona vadosa y alcanza los niveles a una tasa de 176,38 mm/año (0,12 m3/s). Adicionalmente, el balance hídrico realizado para el zanjón Los Huilos, determina que la capacidad de almacenamiento máximo es de 158,3 mm, la infiltración potencial estimada es de 48,18 mm de la precipitación total anual promedio de 1617,3 mm que equivale al 2,98% de la precipitación total anual.

La infiltración potencial en las subcuencas en estudio, varía entre 2,98% y 4,86% de la precipitación total anual que cae sobre estas subcuencas. En los drenajes directos al río Coello (zanjón Los Huilos y drenajes NN1 y NN2) este porcentaje varía entre 2,98% y 4,31% equivalentes a 48,18 mm y 68,89 mm al año. Teniendo en cuenta, el área de modelación numérica y los resultados del balance hídrico para el área de influencia del título minero, guardan una proporción similar, en el sentido de que para las áreas de drenaje de los drenajes aferentes al río Coello se estima una infiltración del orden de 3% que es baja y concuerda con el modelo hidrogeológico donde se determinó que para la zona este donde se encuentran los drenajes NN1 y NN2 la recarga al acuífero es 0.

Otra entrada de agua al sistema hidrogeológico acotado por el área de estudio está dada por el agua proveniente desde el sistema regional, aguas arriba de esta.

En cuanto a las descargas, el río Coello constituye una zona de descarga tanto de aguas superficiales como del sistema hidrogeológico, donde el agua proveniente de la recarga local y del sistema aguas arriba fluye en sentido oblicuo al río Coello hasta alcanzarlo y aflorar, alimentando de esta manera el caudal del río, permitiendo que tenga flujo continuo durante todo el año. La dirección de flujo es aproximadamente este-oeste, Figura 129. Anexo CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.024 y CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.028. Plano CAP05.1-CMAB-LES6823-HIDG-001.

Los niveles de agua en el área de estudio tienen profundidades entre 0 m (en el río Coello, donde aflora) y 820 m aproximadamente (al oeste del área, la cual es la zona de mayor altitud). En el área del tajo actual las profundidades se encuentran entre los 52 y los 60 m. Anexo CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.025 y Anexo CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.028. Ver Figura 27 a la Figura 29.

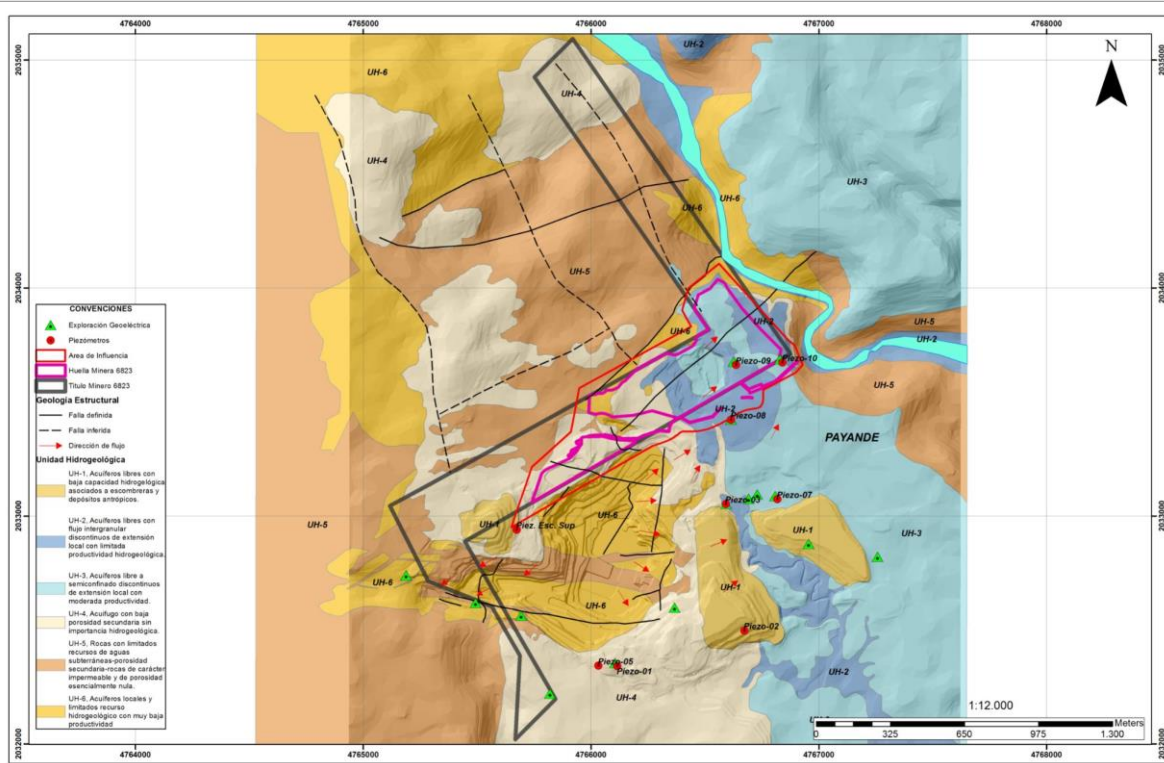
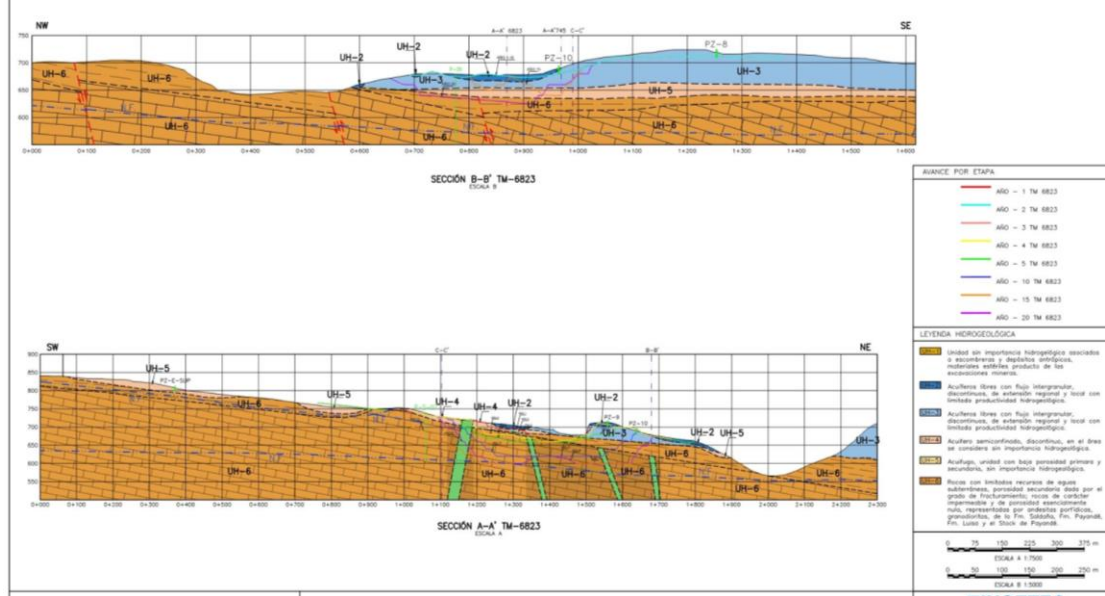


Figura 28. Planta unidades hidrogeológicas área de influencia del título minero 6823

Fuente: Elaboración propia



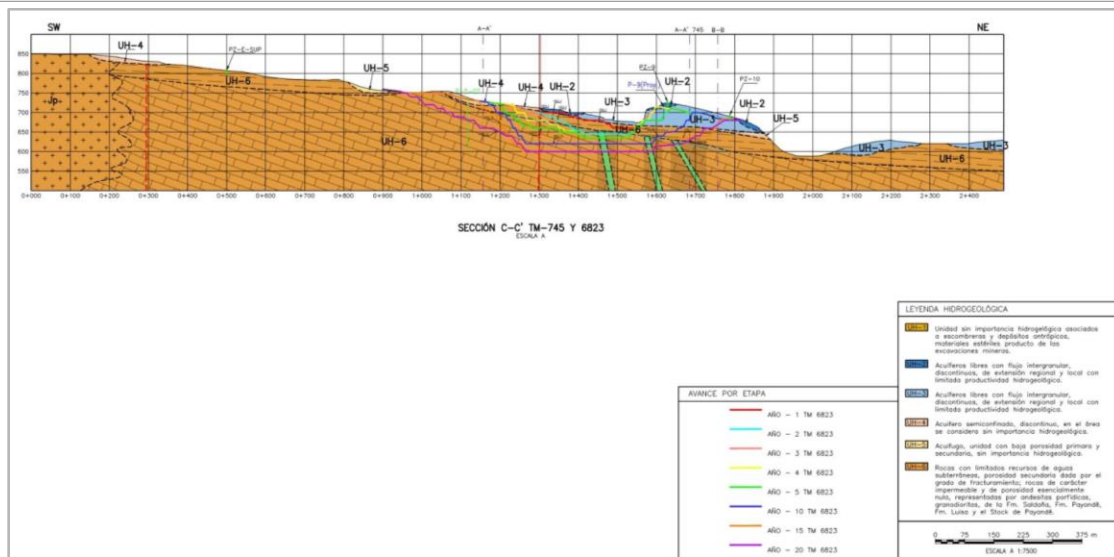


Figura 29. Secciones hidrogeológicas de detalle área de influencia del título minero 6823 y secuencia minera proyectada
Fuente: Elaboración propia

0.4.1.8.8. Modelo numérico del flujo de las aguas subterráneas.

La construcción del modelo numérico tiene los siguientes objetivos:

- Representar el sistema hidrogeológico actual, de manera que sea posible la realización de predicciones tomándolo como base.
- Predecir los efectos que el plan de minado pueda producir sobre el sistema hidrogeológico, en términos de volumen de agua y/o niveles.
- Estimar el volumen de agua a extraer durante la vida útil del proyecto minero.
- Predecir los cambios que pueda producir sobre el sistema la expansión de las zonas de sobrantes de excavación minera.

El plan minero, consiste en la expansión areal de la mina; a través del modelo hidrogeológico numérico se pretende conocer si esta expansión producirá cambios en el sistema hidrogeológico sobre el que se emplaza la mina. Así mismo, se pretende realizar una expansión de las zonas de disposición de los sobrantes de excavación, por lo cual, también se desea conocer sus efectos.

La estructura del modelo numérico debe representar lo más cercano posible a lo planteado en el modelo conceptual, de manera que se adecue a las condiciones actuales, siendo confiables las predicciones a realizar. A continuación, detalla las especificaciones para la construcción del modelo numérico, mostrando la manera cómo fueron representadas las condiciones de borde, las hidrounidades identificadas y zonas de recarga.

0.4.1.8.8.1. Resultados modelo numérico del flujo de las aguas subterráneas.

Los límites del modelo numérico corresponden a los límites del área de estudio establecidos en la Figura 71, es así como la zona del modelo abarca un área de cubre 21,3 km² en planta (~3.5 km de largo x ~6,0 km de ancho), mientras que en profundidad se ha extendido hasta la cota de 500 m.s.n.m, en un total de 6 capas, donde las 5 primeras tiene un espesor de 20 m, siguiendo la geometría de la topografía para evitar posibles intersecciones y además son funcionales para representar la geología de la zona (principalmente el depósito aluvial) y el avance del minado, mientras que la última capa tiene un espesor variable, entre 0,1 y 870 m.

La discretización espacial de los elementos de la malla se ha adaptado a los elementos discretos principales que conforman la geometría de la zona tales como ríos y estructuras mineras.

- Modelo estacionario

Partiendo de la premisa que los modelos más simples, de resultados coherentes, permiten enriquecer paulatinamente las investigaciones futuras, en el modelo desarrollado se buscó la simplificación del sistema, de una realidad que es más compleja; los datos de precipitación, infiltración y escorrentía, además de las características hidráulicas de las unidades hidrogeológicas deberán ser también objeto de refinamiento en futuros estudios. Anexo CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.029.

La influencia de la recarga de aguas lluvias constituye un caudal de restitución que se manifiesta superficialmente con el flujo base del río Coello.

El modelo intenta representar las salidas de agua que se producen hacia el río Coello, así como la interacción del dominio del modelo seleccionado, con el sistema hidrogeológico a escala regional.

El contar con un modelo calibrado, donde se representan muy cerca a lo definido en el modelo conceptual las condiciones de balance hídrico y los niveles de agua, permite realizar predicciones acerca de los cambios que albergará este hidrosistema ante alguna presión externa, en este caso, la expansión de la mina La Esmeralda.

Los estudios hidrogeológicos que se han desarrollado en el entorno de las operaciones mineras presentan información relevante. Sin embargo, existe un horizonte limitado de información sobre el cual se manifiesta la incertidumbre de los datos ingresados al modelo:

Principalmente destaca el disminuido número de datos hidráulicos y la caracterización de las principales unidades hidrogeológicas ya que se requeriría un aumento en la densidad a fin de afinar la caracterización con mayor representatividad. Adicionalmente, se debe buscar que esta caracterización sea independiente para cada una de las unidades hidrogeológicas.

Limitada información hidrometeorológica local, que permita ser correlacionada con los datos obtenidos a partir del Balance y Modelo Conceptual.

El carácter de la calibración hace que sea un proceso iterativo, en el que distintas hipótesis se suceden (aceptándose o rechazándose), lo que puede llevar a una redefinición del modelo conceptual. La calibración lleva a plantear nuevas situaciones no reflejadas por la información suministrada que permita integrar en el modelo los conocimientos geológicos e hidrogeológicos del modelador. Esto obliga a confirmar que realmente la hipótesis del modelador es verdadera para representarla en el modelo, o bien, a adaptar valores de parámetros que pueden resultar incoherentes en un escenario real.

Debido a la falta de datos representativos de carga hidráulica repartidos por la zona, así como por el objetivo de simplificar la realidad de este modelo, se ha procedido a una calibración de este por un procedimiento que implica la validación de todos los parámetros presentes. De esta manera, el modelo se ha podido calibrar en función de diversas variables (caudales y niveles piezométricos).

Para dar validez al resultado, se ha procedido en primer lugar a comprobar la geometría de la superficie piezométrica con criterios hidrogeológicos. Entre estos criterios se ha verificado que la superficie piezométrica no estuviese por encima de la topografía, que las líneas de flujo tuviesen sentido hidrogeológico y que las isopiezas representen de forma similar el modelo conceptual.

Por otro lado, se ha constatado que las permeabilidades obtenidas para los niveles resultantes estuvieron dentro del rango realístico que se conoce de los ensayos realizados, así como el sentido hidrogeológico para el tipo de rocas en cuestión.

Así mismo, se ha comprobado que la quebrada Chicalá y el drenaje El Salado no estaban recibiendo agua del acuífero. El área del modelo numérico en régimen estacionario representa adecuadamente los niveles piezométricos regionales, que son sometidos fundamentalmente al aporte de la recarga por precipitación de agua de lluvia, a la conexión con el acuífero regional y a la salida hacia el río Coello.

Es preciso rescatar que no se cuenta con registros de niveles piezométricos regionales fuera de las operaciones mineras. El modelo hidrogeológico y numérico regional es responsabilidad de la administración hídrica competente, de manera que no es posible establecer parámetros comparativos entre los resultados obtenidos en el presente informe con un modelo numérico integral de la cuenca.

Considerando las condiciones de contorno y la zonificación de parámetros, el modelo numérico desarrollado reproduce adecuadamente los supuestos representados en el modelo conceptual, tanto en la representación puntual de niveles piezométricos en el área de la mina, como en el ámbito global, a través de la representación general de la piezometría estimada, tal como se aprecia en la Tabla 26.

Tabla 26. Recarga Calibrada dentro del Modelo.


Zona de recarga	Recarga modelo conceptual (mm/año)	Recarga calibrada modelo numérico (mm/año)
1	177 - 225	202,5
2	141 - 177	122
3	141 - 177	120
4	177 - 225	112,5
5	45 - 101	100
6	45 - 101	67,5
7	0 - 45	22,5









Fuente: WES Perú SAC, 2019.

La información específica de niveles piezométricos fuera del ámbito de las operaciones mineras, limita el desarrollo de la calibración automática, por lo que ésta se ha desarrollado de manera manual, variando los valores de recarga y conductividad hidráulica de manera iterativa.

En el proceso de calibración se procedió a ajustar los valores máximos de recarga y los valores de conductividad hidráulica de las respectivas zonas. Los parámetros hidráulicos ya calibrados se presentan en la Tabla 27. En esta tabla es destacable que, a través del proceso de calibración, se logró obtener resultados coherentes con lo establecido en el modelo conceptual, conservando los valores de permeabilidad relativa presupuestos. Anexo CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.028 y Anexo CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.029.

Tabla 27. Parámetros de Calibración en el Modelo

Unidades geológicas	Litología	Permeabilidad	K modelo conceptual (m/d)	K calibrado modelo numérico (m/d)
 Abanico de Ibagué (Qai)	Cantos de rocas extrusivas e intrusivas en matriz arenosa y areno-tobácea. Depósitos de lahares, aluviales, glaciares, aluvio torrenciales y flujos piroclásticos.	Media	>1	1

Unidades geológicas		Litología	Permeabilidad	K modelo conceptual (m/d)	K calibrado modelo numérico (m/d)
	Aluvión Reciente (Qal)	Está integrado por gravas finas a medias, intercaladas con capas de arcillas y arenas con matriz arcillosa.	Media	>100	200
	Formación Saldaña - TrJs	Tobas, aglomerados y lavas con intercalaciones de areniscas, limolitas y calizas. Pórfidos andesíticos y dacíticos.	Baja	<0,1	0,07
	Stock de Payandé - Jp	Cuarzodioritas, granodioritas	Baja	<0,1	0,05
	Formación Payandé - Trsp	Calizas oscuras y grises, en bancos potentes. Ocasionalmente intercaladas con limolitas negras	Baja	<0,1	0,09
	Formación Luisa - Trl	Conglomerados y brechas arcósicas, lutitas y arcillolitas rojo-violáceas.	Baja	<0,1	0,06
	Depósitos de escombros (Qe)	Gravas y bloques de caliche, caliza, diques granodioríticos y andesíticos. Matriz a clasto soportados. Matriz areno arcillosa.	Alta	>10	90
	Depósitos de material de retrolleado interno (Qarmex)	Depósitos de material de retrolleado interno.	Alta	>10	90
	Grupo Honda (Ngh)	Areniscas, arcillolitas y niveles conglomeráticos de color gris verdoso, a ocasionalmente de coloración rojiza.	Media	>0,1	0,1
	Depósitos de Caliche – Tsc	Bloques de caliza, granodiorita, andesita, areniscas en cemento calcáreo.	Baja	<0,1	0,04

Fuente: WES Perú SAC

En cuanto a la comparación del balance hídrico conceptual y el modelo numérico, se puede observar que los valores encajan a lo observado y expuesto en el modelo conceptual, manteniéndose el mismo orden de magnitud.

Finalmente, a partir de los resultados del modelo numérico, se construyó la sección presentada en la Figura 30, en la cual se observa la profundidad máxima del tajo actualmente (620 m s.n.m), la quebrada Chicalá, drenaje El Salado y el nivel piezométrico en el área. En esta figura se observa que la profundidad del nivel de agua respecto a la topografía actual del tajo está entre 180 m y 20 m (cota mínima actual), por lo cual actualmente no existiría injerencia de las operaciones de excavación sobre el agua subterránea; además se evidencia claramente la desconexión de los drenajes superficiales con el agua en el acuífero, que fluye en dirección W-E. Anexo CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.029.

DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 0.RESUMEN EJECUTIVO

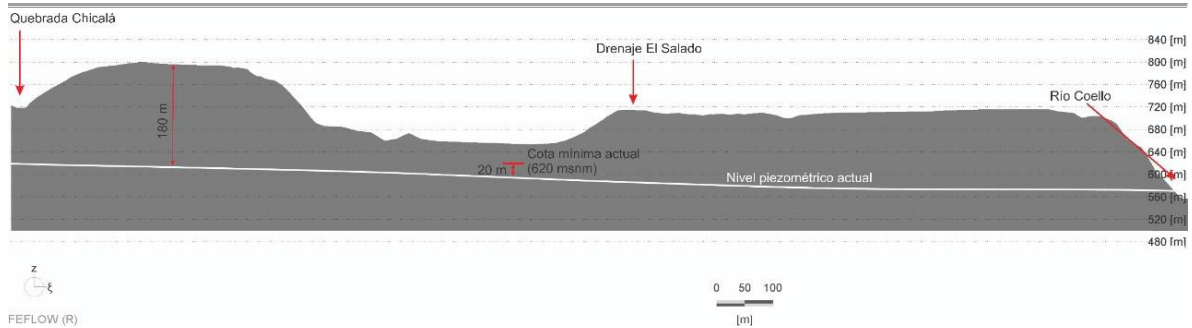


Figura 30. Vista General del Nivel Piezométrico.
Fuente: WES Perú SAC, 2020.

De acuerdo con la secuencia de avance minero proyectado para el título 6823, los resultados del modelo hidrogeológico local del área de influencia y los resultados de los registros de mediciones de los piezómetros instalados, la superficie freática se encuentra por debajo de la cota máxima de las excavaciones; la trazabilidad de los niveles exponen que éste para época de lluvias o de estiaje ratifica los resultados obtenidos en el modelación numérica, donde la profundidad del nivel de agua respecto a la topografía actual del tajó está entre 180 m y 20 m (cota mínima actual), por lo cual no existirá injerencia de las operaciones de excavación sobre el agua subterránea, Figura 31 a la Figura 33.

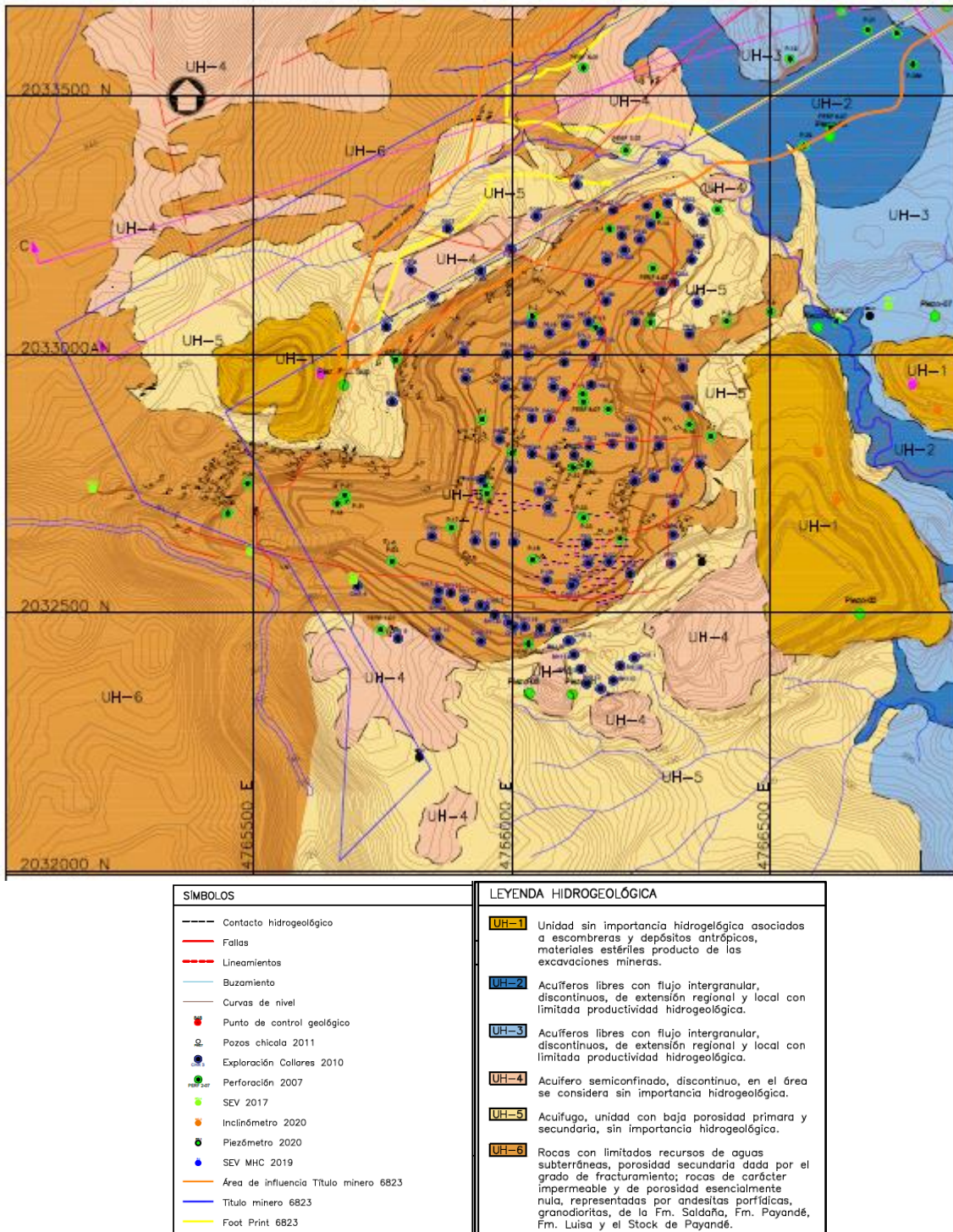


Figura 31. Detalle sector SW TM 6823 Unidades hidrogeológicas, área de influencia (polígono en naranja), exploraciones del subsuelo (perforaciones y SEV's) y las secciones de análisis
Fuente: Elaboración propia

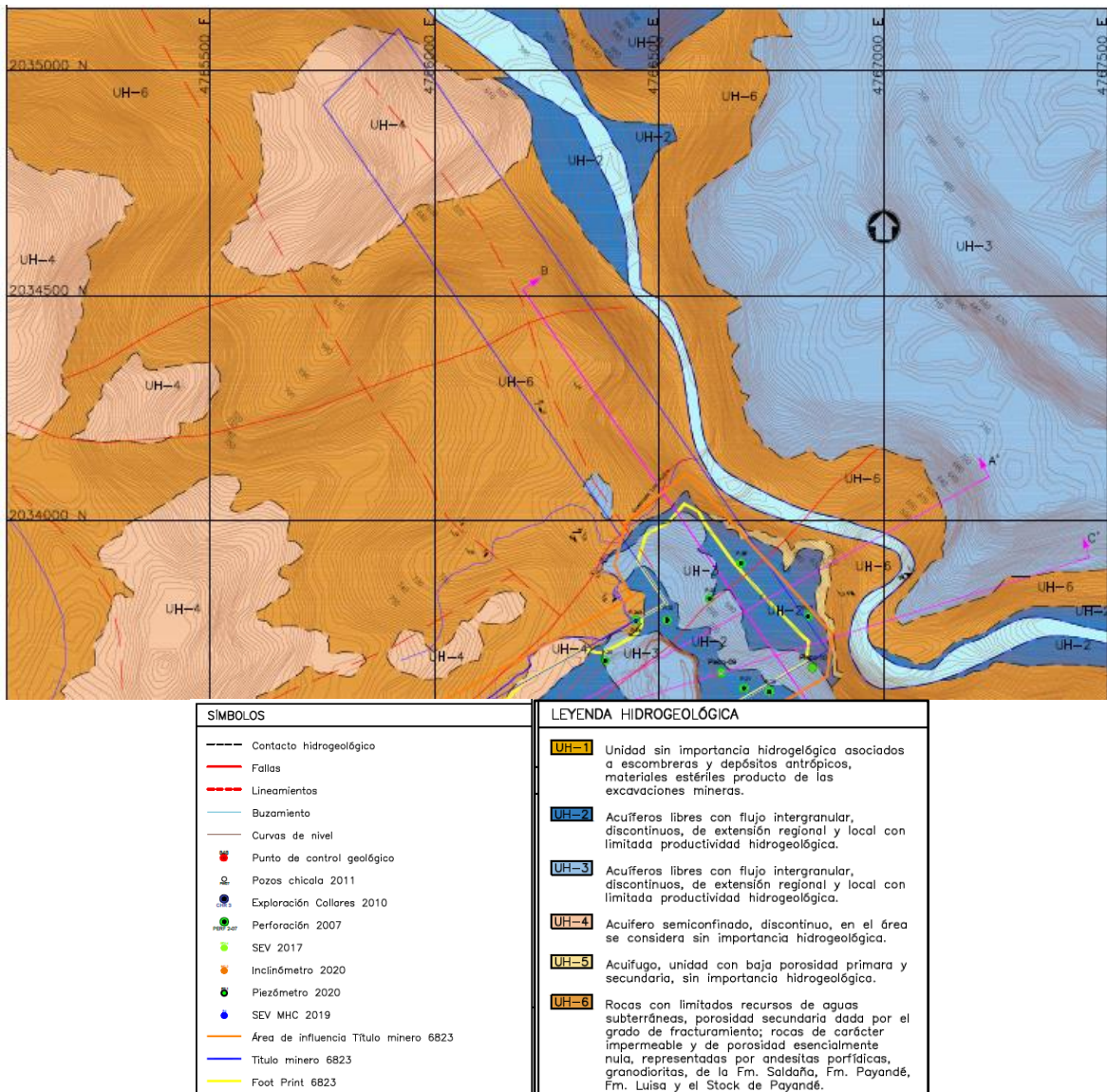


Figura 32. Detalle sector NE, TM 6823 Unidades hidrogeológicas, área de influencia (polígono en naranja), exploraciones del subsuelo (perforaciones y SEV's) y las secciones de análisis

Fuente: Elaboración propia

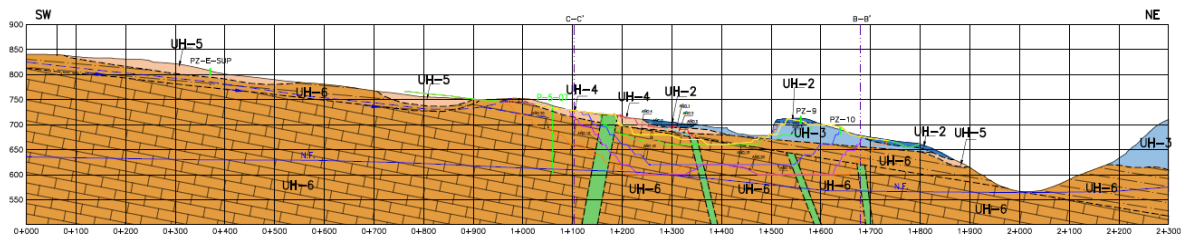


Figura 33. Sección hidrogeológica A-A' que ilustra la secuencia de las excavaciones proyectadas en el TM 6823 y la ubicación del flujo subterráneo principal sobre la cota Nivel 600 y 580

Fuente: Elaboración propia

0.4.1.9. Geotecnia

En este apartado se resumen los aspectos concernientes a la temática de Geotecnia para el proyecto Esmeralda, cuyo contenido se fundamenta en los requerimientos establecidos en los términos de referencia (TDR) suministrados por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA). Partiendo de esto, el objetivo de este apartado es el de dar a conocer de manera general las actividades de exploración ejecutadas, los ensayos de laboratorio y de campo llevados a cabo, los criterios de diseño considerados y los análisis efectuados, que llevaron a la definición de las características de las excavaciones en desarrollo de la operación minera.

En este orden de ideas y para una mayor y mejor comprensión de las actividades adelantadas en lo referente a esta disciplina, se ha definido que el componente geotécnico del presente estudio se presente de acuerdo a los siguientes ejes temáticos:

- Amenaza sísmica para la zona del proyecto.
- Investigación (exploración) geotécnica y ensayos de laboratorio y campo.
- Caracterización geotécnica de los materiales.
- Criterios geotécnicos y evaluación de estabilidad.
- Evaluación de la amenaza por inestabilidad de taludes.
- Monitoreo geotécnico complementario
- Consideraciones geotécnicas para la etapa de cierre y post-cierre.

Establecido lo anterior, a continuación se presenta un resumen de las actividades adelantadas desde el punto de vista geotécnico para el Título Minero 6823 de la mina Esmeralda; razón por la cual para mayores detalles de los aspectos que a continuación se tratarán es necesario remitirse al capítulo 5.1.8 del estudio.

0.4.1.9.1. Amenaza sísmica para la zona del proyecto

Uno de los principales elementos para la caracterización sísmica del sitio de estudio corresponde al marco tectónico regional del área de interés propuesto como parte de la NSR-10 (AIS, 2010) que es la normativa vigente de construcción sismo resistente en Colombia. La NSR-10 define que para Ibagué, el cual es el municipio más cercano al corregimiento de Payandé (Tolima), la aceleración del terreno (A_a en el nomenclatura de la NSR-10) asociada a un periodo de retorno de 475 años (10% de probabilidad de excedencia en 50 años) es de 0,20 g, el cual corresponde a una zona de amenaza sísmica intermedia.

0.4.1.9.2. Exploración geotécnica

Como parte de todo proceso minero, en desarrollo de los trabajos que se adelantan en la mina La Esmeralda específicamente en el TM 4205 se han llevado a cabo gran cantidad de perforaciones con las cuales es posible definir el modelo geológico geotécnico que a su vez es la base del modelo de extracción minera. No obstante, en el presente apartado se detalla únicamente las perforaciones ejecutadas con fines geotécnicos las cuales de acuerdo con la información de referencia se localizan en cercanías la zona del título minero 6823.

Dicho esto, en el marco de diferentes estudios adelantados desde el año 2000, se han llevado a cabo las siguientes perforaciones geotécnicas tanto para la zona de las escombreras de la Mina La Esmeralda como para la zona del TM 6823. Las características de estas perforaciones se presentan a continuación.

Tabla 28. Perforaciones efectuadas Mina La Esmeralda.

Año de ejecución	ID	Coord. Origen Único		Coord. Sistema Magna Sirgas Origen Bogotá		Longitud (m)
		Este	Norte	Este	Norte	
2002	PE-01-002	4 766 583,69	2 032 937,67	886 056	966 791	3,5
	PE-02-002	4 766 528,37	2 032 700,81	886 001	966 554	40,0
	PE-03-002	4 765 666,02	2 032 986,95	885 138	966 839	26,0
	PE-04-002	4 765 475,17	2 033 053,2	884 947	966 905	31,5
2014	PE-05-014	4 765 585,01	2 032 966,07	885 057	966 818	39,9
	PE-06-014	4 765 667,97	2 032 953,96	885 140	966 806	23,0
	PE-07-014	4 766 558,21	2 032 592,8	886 031	966 446	40,0
	PE-08-014	4 766 753,05	2 032 516,55	886 226	966 370	37,0
	PE-09-014	4 766 969,61	2 032 959,12	886 442	966 813	42,0
2019	P-1 (PHV-01)	4 765 629,99	2 032 961,01	885 102	966 813	30,0
	P-2 (INC-01)	4 765 698,10	2 033 049,89	885 170	966 902	15,0
	P-3 (INC-02)	4 765 699,00	2 032 980,90	885 171	966 833	10,0
	P-4 (PHV-02)	4 766 634,30	2 032 671,67	886 107	966 525	30,0

Año de ejecución	ID	Coord. Origen Único		Coord. Sistema Magna Sirgas Origen Bogotá		Longitud (m)
		Este	Norte	Este	Norte	
	P-5 (INC-03)	4 766 629,37	2 032 718,67	886 102	966 572	15,0
	P-6 (INC-04)	4 766 593,51	2 032 809,69	886 066	966 663	10,0
	P-7(PHV-03)	4 766 775,64	2 032 940,4	886 248	966 794	28,0
	P-8 (INC-05)	4 766 806,19	2 062 888,8	886 235	996 751	15,0
	P-9 (INC-06)	4 766 824,56	2 032 891,34	886 297	966 745	10,0

Fuente: Ingeniería Geológica y Perforaciones - IGP - *Estudio geotécnico y análisis de estabilidad para escombreras de la mina La Esmeralda*. IGP-PY-FO-016. (2019).

Adicionalmente, durante el año 2019 la empresa consultora GYG S.A.S realizó la extracción de muestras cuyo objetivo era el de efectuar la caracterización geotécnica y complementar la formulación del modelo geológico-geotécnico desarrollado para la explotación minera existente. La localización de las muestras extraídas para la caracterización geotécnica de la zona norte de la mina, por tipo de material se presenta a continuación.

Tabla 29. Muestreo efectuado en la zona norte de la Mina La Esmeralda.

Material	N° Muestra	Coord. Sistema Magna Sirgas Origen Bogotá		Sist. Coord. Origen Único		Cota (m)
		Norte (m)	Este (m)	Norte (m)	Este (m)	
Caliza gris	M-1	967 049	885 767	2 033 196	4 766 295,14	674
	M-2	967 051	885 772	2 033 198	4 766 300,14	674
	M-3	967 060	885 776	2 033 206,99	4 766 304,15	674
Caliza blanca	M-4	967 030	885 794	2 033 176,97	4 766 322,1	674
	M-5	967 030	885 794	2 033 176,97	4 766 322,1	674
	M-6	967 030	885 794	2 033 176,97	4 766 322,1	674
Limolita	M-7	967 087	885 696	2 033 234,09	4 766 224,21	688
	M-8	967 087	885 696	2 033 234,09	4 766 224,21	688
Caliche	M-9	967 188	885 816	2 033 334,89	4 766 344,32	702

Material	N° Muestra	Coord. Sistema Magna Sirgas Origen Bogotá		Sist. Coord. Origen Único		Cota (m)
		Norte (m)	Este (m)	Norte (m)	Este (m)	
Arena puzolánica	M-10 y M-10A	967 406	886 032	2 033 552,53	4 766 560,56	708
	M-11 y M-11A	967 317	885 891	2 033 463,75	4 766 419,48	700
	M-12	967 502	886 064	2 033 648,45	4 766 592,69	710
	M-13	966 727	886 810	2 032 872,63	4 767 337,38	690
	M-14	967 427	886 028	2 033 573,53	4 766 556,6	678
	M-15	967 427	886 028	2 033 573,53	4 766 556,6	678
	M-16	967 427	886 028	2 033 573,53	4 766 556,6	678

Fuente: Geología y Geotecnia S.A.S Ingenieros Consultores (2019).

0.4.1.9.3. *Ensayos geotécnicos y caracterización geotécnica de materiales*

Para el caso de los materiales presentes en la mina La Esmeralda el proceso de caracterización geotécnica se basó en diferentes estudios adelantados a la fecha, los cuales se mencionaron de manera general en la siguiente tabla.

Tabla 30. Estudios previos usados como referencia para la caracterización geotécnica

Título del estudio	Año	Material Caracterizado
Geología y Geotecnia S.A.S Ingenieros Consultores.	2019	Rocas de la formación Luisa, Formación Honda y Abanico de Ibagué (puzolanas)
Estudio geotécnico y análisis de estabilidad para escombreras de la mina La Esmeralda. IGP-PY-FO-016. Ingeniería Geológica y Perforaciones.	2019	Materiales estériles de las escombreras superior, inferior y retrollenado. Rocas de la formación Luisa, Formación Honda y Abanico de Ibagué (puzolanas)
Actualización del estudio geotécnico de las escombreras de la mina de caliza la esmeralda. Payandé (Tol) - Cemex Colombia S.A.	2014	Materiales estériles de las escombreras superior, inferior y retrollenado. Rocas de la formación Luisa, Formación Honda y Abanico de Ibagué (puzolanas)
Estudio geotécnico mina de caliza Payandé (Tol.). Análisis cinemático y	2004	Macizo rocoso de la formación Payandé (Calizas y mármoles)

seudoestático de estabilidad de taludes mineros. Rafael Rincón.		
-----------------------------------------------------------------	--	--

Fuente: Elaboración propia

En general, los estudios geotécnicos previamente mencionados se enfocaron en la determinación de las propiedades de resistencia y deformación de los materiales, para lo cual se llevaron a cabo los siguientes ensayos de laboratorio en suelos y roca:

- Contenido de humedad
- Peso unitario
- Granulometría
- Límites de Atterberg
- Corte directo
- Ensayo triaxial cíclico
- Prueba de compresión confinada
- Prueba de compresión simple
- Carga puntual
- Tracción indirecta

A partir del análisis de los ensayos realizados sobre muestras de suelo en la zona efectuados por las firmas y de la experiencia acumulada a partir de estudios previos (estudios que han sido la base para desarrollar el componente geotécnico de las actividades mineras desarrolladas en la zona). Dicho esto, las propiedades mecánicas de los materiales téreos en la zona de estudio se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 31. Propiedades de los materiales en la zona de estudio.

MATERIAL	DETERMINÍSTICO (Valores Promedio)			Desviaciones estándar(σ) para cada Parámetro			Relativo máximo y mínimo para cada Parámetro (2σ)		
	ϕ' (°)	c' (kPa)	γ (kN/m ³)	σ ϕ' (°)	σ c' (kPa)	σ γ (kN/m ³)	Rel máx-mín ϕ' (°)	Rel máx-mín c' (kPa)	Rel máx-mín γ (kN/m ³)
Estéril Escombrera Superior	34	20	17	1,7	4,0	0,5	3,4	8,0	1,0
Abanico de Ibagué (Arena puzolánica)	38	60	17	1,9	12,0	0,5	3,8	24,0	1,0
Depósito aluvial	30	15	20	1,5	3,0	0,6	3,0	6,0	1,2
Rocas Formación Luisa	40	288	25	2,0	57,6	0,8	4,0	115,2	1,5
Rocas Formación Honda	47	600	26	2,4	120,0	0,8	4,7	240,0	1,6
Rocas Formación Saldaña	38	525	26	1,9	105,0	0,8	3,8	210,0	1,6

MATERIAL	DETERMINÍSTICO (Valores Promedio)			Desviaciones estándar(σ) para cada Parámetro			Relativo máximo y mínimo para cada Parámetro (2σ)		
	ϕ' ($^{\circ}$)	c' (kPa)	γ (kN/m ³)	$\sigma_{\phi'}$ ($^{\circ}$)	$\sigma_{c'}$ (kPa)	σ_{γ} (kN/m ³)	Rel máx-mín ϕ' ($^{\circ}$)	Rel máx-mín c' (kPa)	Rel máx- mín γ (kN/m ³)
Caliza Formación Payandé	42	1255	26	2,1	251,0	0,8	4,2	502,0	1,6
Caliche	38	152	25	1,9	30,4	0,8	3,8	60,8	1,5

Fuente: Elaboración propia

0.4.1.9.4. Criterios geotécnicos

A continuación se describen de manera general los criterios tenidos en cuenta desde el punto de vista geotécnico en los trabajos adelantados:

- Mecanismos de falla considerados: superficies de falla limitadas por segmentos de círculo o línea rectas (falla general por corte) y análisis de estabilidad en macizos rocosos a una escala más local asociado a caída de bloques.
- Escenarios considerados: condiciones normales y condiciones extremas según los definido por la autoridad. Al respecto:
 - Para el escenario extremo relativo a la condición sísmica, se utilizó un coeficiente de aceleración horizontal $k_h = 0,20$. Para el caso de los análisis efectuados se asumió un $k_v=0,5k_h$, es decir 0,10g.
 - En lo referente al nivel de agua sub-superficial se tomó como base los valores registrados en la instrumentación actualmente instalada. En este sentido, para los análisis de estabilidad efectuados se planteó que el nivel freático para la zona de estudio en la condición extraordinaria se utilizó la relación de presión de poros ($R_u=0,2$ para todos los materiales salvo para la arenas puzolánicas considerando sus características de permeabilidad relativamente alta y los registros de los piezómetros instalados en la zona y sus registros históricos)
- Para la evaluación de la amenaza geotécnica, para efectos del presente estudio, se adoptó la clasificación de amenaza planteada por la entidad distrital DPAE (hoy IDIGER) en su resolución Resolución 227 de 2006. Al respecto cabe destacar que la clasificación efectuada por el mencionado ente distrital, se rige bajo los mismos principios definidos por la Autoridad ambiental, es decir, los niveles de amenaza se categorizan a partir de los factores de seguridad obtenidos tanto para un escenario de condiciones normales como para los escenarios de condiciones extremas de sismo e incremento del nivel freático. Estos criterios se presentan en la Tabla 32.

Tabla 32. Criterios de Análisis para la Evaluación de la Amenaza según DPAE (2006).

Nivel de amenaza	Condiciones normales	Condiciones extremas (500 años)
	FS	FS
Amenaza baja	> 1,9	> 1,3
Amenaza media	1,2 – 1,9	1,0 -1,3
Amenaza alta	< 1,2	< 1,0

Fuente: Dirección de Prevención y Atención de Emergencias -DPAE- Resolución 227 de 2006 Secretaría Distrital de Gobierno. Alcaldía Mayor de Bogotá. (2006).

0.4.1.9.4.1. Evaluación de estabilidad.

Las condiciones de estabilidad se evaluaron para dos escenarios: la actual y la futura. En primer lugar se hace un análisis de estabilidad en condición estática con nivel de agua normal, teniendo en cuenta la exposición de este escenario. Por otra parte, para los trabajos planteados a futuro es decir aquellos que se planean ejecutar, se han efectuado análisis de estabilidad mediante el método del equilibrio límite y posibilidad cinemática, a lo largo de secciones características del área de estudio, para de esta manera definir las características de los taludes de excavaciones (durante la etapa de aprovechamiento de materiales).

0.4.1.9.4.2. Zonificación geotécnica

En primera medida se efectuó una evaluación conceptual de las condiciones actuales de estabilidad, para lo cual se parte de un estudio de susceptibilidad de procesos morfodinámicos en las áreas de intervención directa. Esta evaluación de susceptibilidad es un indicativo de las características de estabilidad actuales o de línea base en la zona de estudio y constituye el fundamento de la zonificación geotécnica. Las variables consideradas en este análisis fueron:

- Litología - Unidad Geológica para Ingeniería (UGI)
- Pendiente del terreno
- Relieve (geomorfología y pendientes)
- Inventario de deslizamientos y procesos erosivos

Los resultados de este análisis indican que para las condiciones actuales la mayor parte del área del TM 6823 presenta una susceptibilidad entre baja y media a presentar inestabilidades, tal como se presenta a continuación.

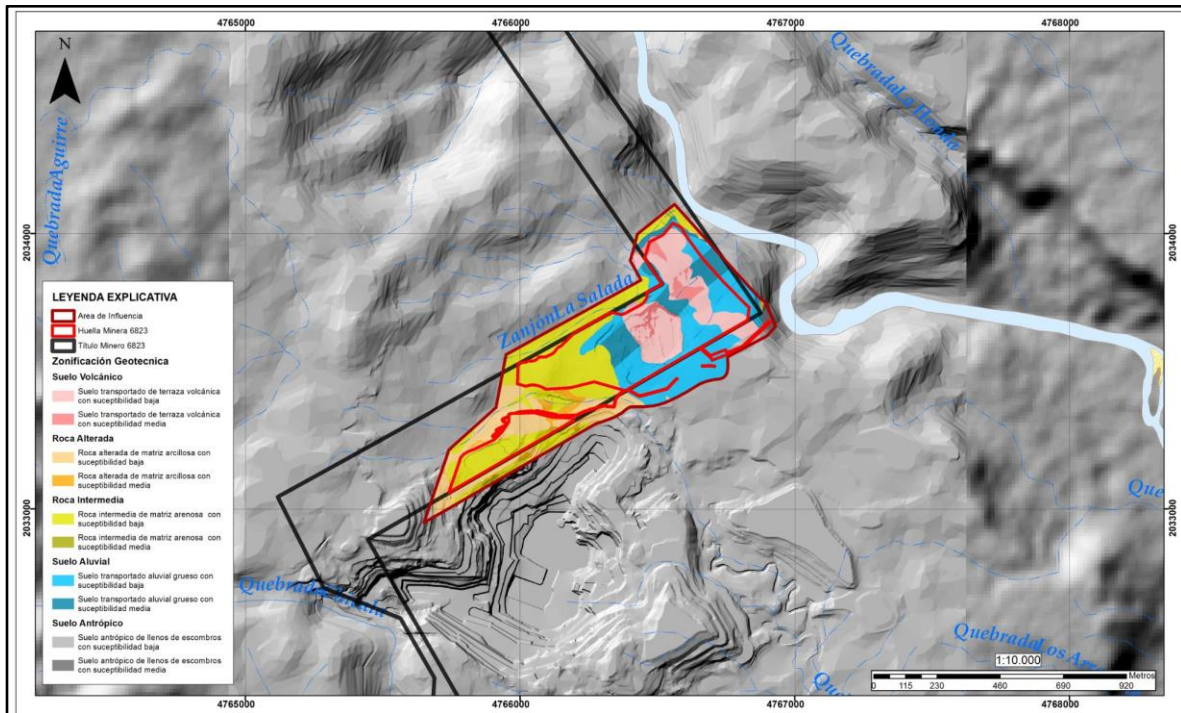


Figura 34. Plano zonificación geotécnica Área de influencia Título Minero 6823.

Fuente. Elaboración propia

0.4.1.9.5. Análisis de estabilidad

A partir de secciones características del área a intervenir, la información obtenida de la exploración geotécnica, los ensayos de campo y laboratorio y experiencias previas que permitieron efectuar la caracterización geotécnica de materiales, se llevaron a cabo los análisis de estabilidad del caso para las condiciones: normal, extrema de sismo y extrema de incremento del nivel freático según los criterios definidos en los términos de referencia emitidos por la autoridad ambiental consignados en el documento ANLA(2016).

Para tal fin se definieron las secciones de análisis para la evaluación de estabilidad por falla global mediante el método de equilibrio límite y, por caída de bloques en función de posibilidad cinemática, los cuales son presentadas en las siguientes figuras.

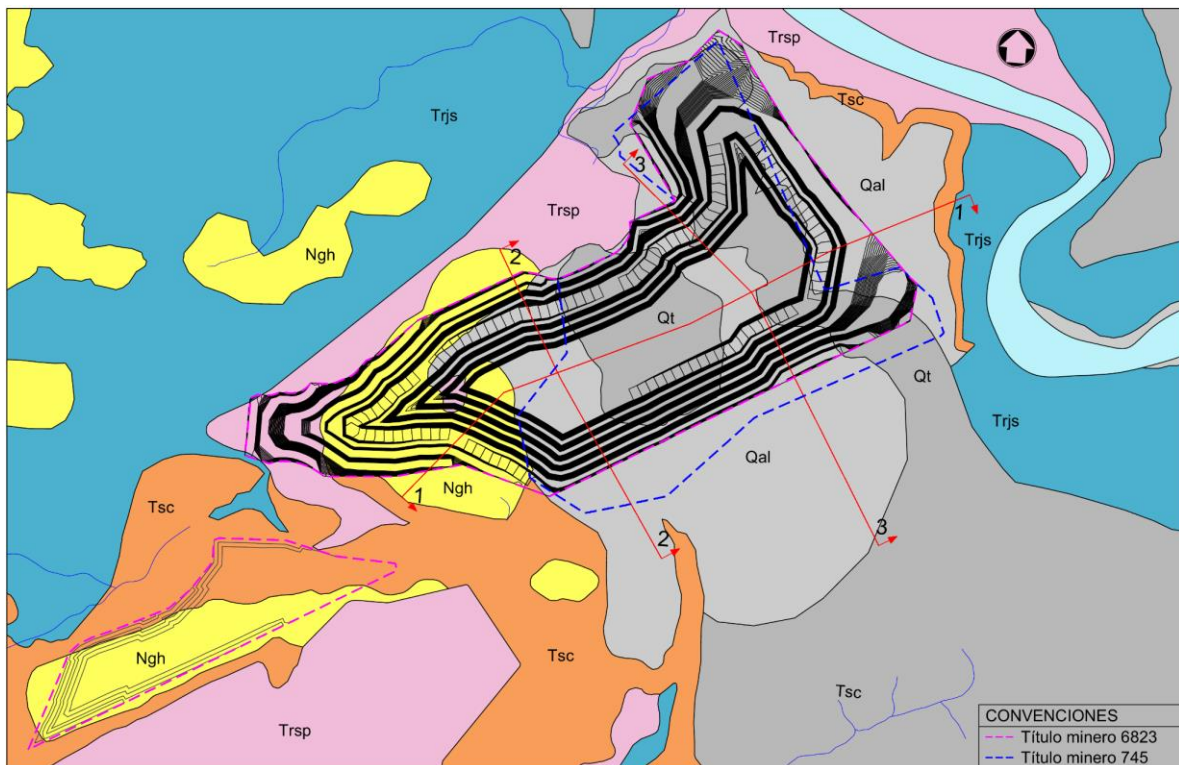


Figura 35. Localización de las secciones geotécnicas de análisis TM 6823.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 33. Resultados de los análisis de estabilidad. Mecanismos de falla general por corte. Factores de Seguridad y probabilidad de falla

Sección	FS estático / Prob. de falla (%)		FS aguamax. / Prob. de falla (%)		FS pseudoestático / Prob. de falla (%)	
	FS	Prob. de falla (%)	FS	Prob. de falla (%)	FS	Prob. de falla (%)
1-1	3,54	≤ 0,01	3,13	≤ 0,01	2,50	≤ 0,01
2-2	2,68	≤ 0,01	2,37	0,02	2,12	≤ 0,01
3-3	1,37	≤ 0,01	1,24	0,36	1,01	42,15

Nota: Cada una de las secciones previamente analizadas fue evaluada para las dos caras expuestas. Si bien en esta tabla se presentan los factores de seguridad inferiores y su valor asociado de probabilidad de falla, el CAP5.1-CMAB-LES6823-AN#5.1.033 se presenta el resumen de todos los resultados obtenidos..

Fuente: Elaboración Propia

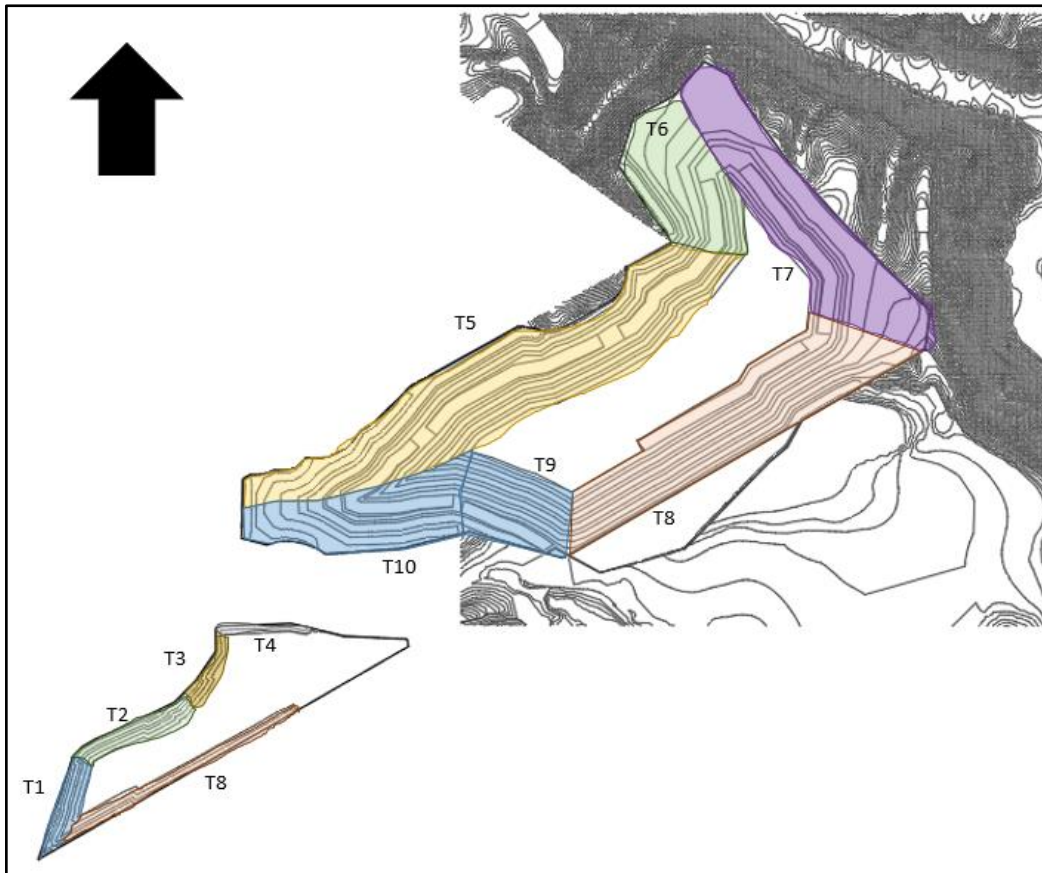


Figura 36. Localización de taludes de análisis TM 6823.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 34. Resultados de los análisis de estabilidad. Mecanismos de falla caída de bloques. Factores de Seguridad y probabilidad de falla

Talud	Buzamiento / Dirección Buzamiento	Mecanismo de falla	Familia (s)	FS estático / Prob. de falla (%)		FS aguamax. / Prob. de falla (%)		FS pseudoestático / Prob. de falla (%)	
T1	70 / 108	Planar	E	1,45	≤ 0,01	1,41	≤ 0,01	1,05	25,1
		Cuña	E/D1	1,47	≤ 0,01	1,45	≤ 0,01	1,00	50,4
T2	70 / 154	Cuña	E/D2	1,52	≤ 0,01	1,49	≤ 0,01	1,03	35,2
		Planar	E	1,45	≤ 0,01	1,41	≤ 0,01	1,05	25,1
T3	70 / 125	Planar	E	1,45	≤ 0,01	1,41	≤ 0,01	1,05	25,1
		Cuña	E/D2	1,52	≤ 0,01	1,50	≤ 0,01	1,03	35,2
		Cuña	E/D1	1,45	≤ 0,01	1,43	≤ 0,01	1,00	50,4
T4	70 / 178	Cuña	E/D2	1,52	≤ 0,01	1,49	≤ 0,01	1,03	35,2
		Planar	E	1,45	≤ 0,01	1,41	≤ 0,01	1,05	25,1
T5	70 / 152	Cuña	E/D2	1,52	≤ 0,01	1,49	≤ 0,01	1,03	35,2
		Planar	E	1,45	≤ 0,01	1,41	≤ 0,01	1,05	25,1
T6	70 / 56	Cuña	E/D1	1,47	≤ 0,01	1,44	≤ 0,01	1,00	50,4
		Planar	E	1,45	≤ 0,01	1,41	≤ 0,01	1,05	25,1

Nota: Para el talud 8 se realiza la extracción de las cuñas susceptibles a caer

Fuente: Elaboración Propia

A partir de lo anterior, se puede establecer que para la condición estática y de aguas máximas con un contenido del 30 % de agua en las discontinuidades no existe probabilidades de que se genere una inestabilidad asociada a caídas de bloques. Por lo anterior, considerando la ocurrencia de un sismo con un periodo de resto de 475 años la probabilidad de falla asociado a caída de bloques en condición pseudoestática para el periodo de análisis es inferior a 5,0 %.

El tamaño máximo de las cuñas susceptibles a caer sobre el talud 8 (70 / 330) es de 9,61 m³ considerando las familias de discontinuidades D1 y D4 de la Formación Payandé. Considerando esta condición de inestabilidad sobre el talud 8, se realizó un análisis de sensibilidad para determinar el efecto del buzamiento del talud en la formación de la cuña susceptible a caer. En caso de tener un buzamiento de 69° el tamaño máximo de cuña se reduce a 4,32 m³, si la pendiente es de 68 ° el tamaño máximo es de 1,09 m³, mientras que si el buzamiento del talud es de 67° no se forman cuñas susceptibles a caer.

Por lo anterior, se considera pertinente durante la etapa de operación, evaluar de manera detallada la geología estructural del talud 8 con el fin de establecer con mayor precisión si es necesario o no tender el buzamiento del talud entre bermas a 67 °.

En resumen, considerando los análisis previamente resumidos, se establece que los factores de seguridad por talud (Figura 36) y el nivel de amenaza para cada uno de ellos se presentan a continuación.

Tabla 35. Evaluación de Amenaza para los taludes mina La Esmeralda

Zona	Talud	FS y Nivel de Amenaza					
		Condición Normal	Amenaza	Condición Extrema - Aguasmax	Amenaza	Condición Extrema - Sismo	Amenaza
Zona Extracción	T1	1,45	Media	1,41	Baja	1,00	Media
	T2	1,45	Media	1,41	Baja	1,03	Media
	T3	1,45	Media	1,43	Baja	1,00	Media
	T4	1,45	Media	1,41	Baja	1,03	Media
	T5	1,45	Media	1,41	Baja	1,03	Media
	T6	1,45	Media	1,41	Baja	1,00	Media
	T7	>2,00	Baja	>2,00	Baja	>2,00	Baja
	T8	1,37 (*)	Media	1,24(*)	Media	1,01(*)	Media
	T9	>2,00	Baja	>2,00	Baja	>2,00	Baja
	T10	>2,00	Baja	>2,00	Baja	>2,00	Baja

Nota (*): Los factores de seguridad incluidos en el talud 8 tienen en cuenta el resultado obtenido mediante el mecanismo de falla por corte global. Adicionalmente considera descender el buzamiento a 67° para que no se generen cuñas.

Fuente: Elaboración propia

0.4.1.9.6. Evaluación de la amenaza por inestabilidad de taludes.

A partir de los resultados de los análisis de estabilidad y conforme a lo dispuesto por el FOPAE (2010) y la ANLA (2016) se definió el grado de amenaza para el escenario actual y de cierre, los cuales se presentan a continuación.

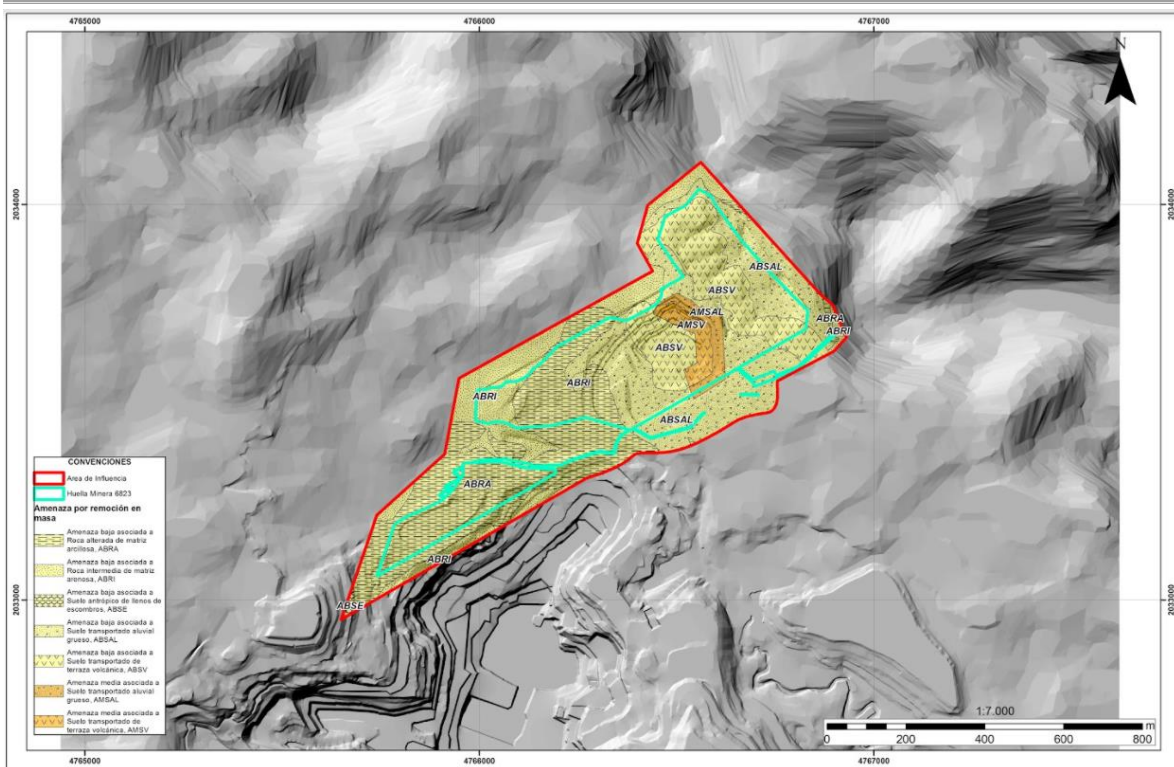


Figura 37. Evaluación de la Amenaza por estabilidad de taludes (Procesos remoción en masa) - Escenario actual. Condición estática.

Fuente: Elaboración Propia

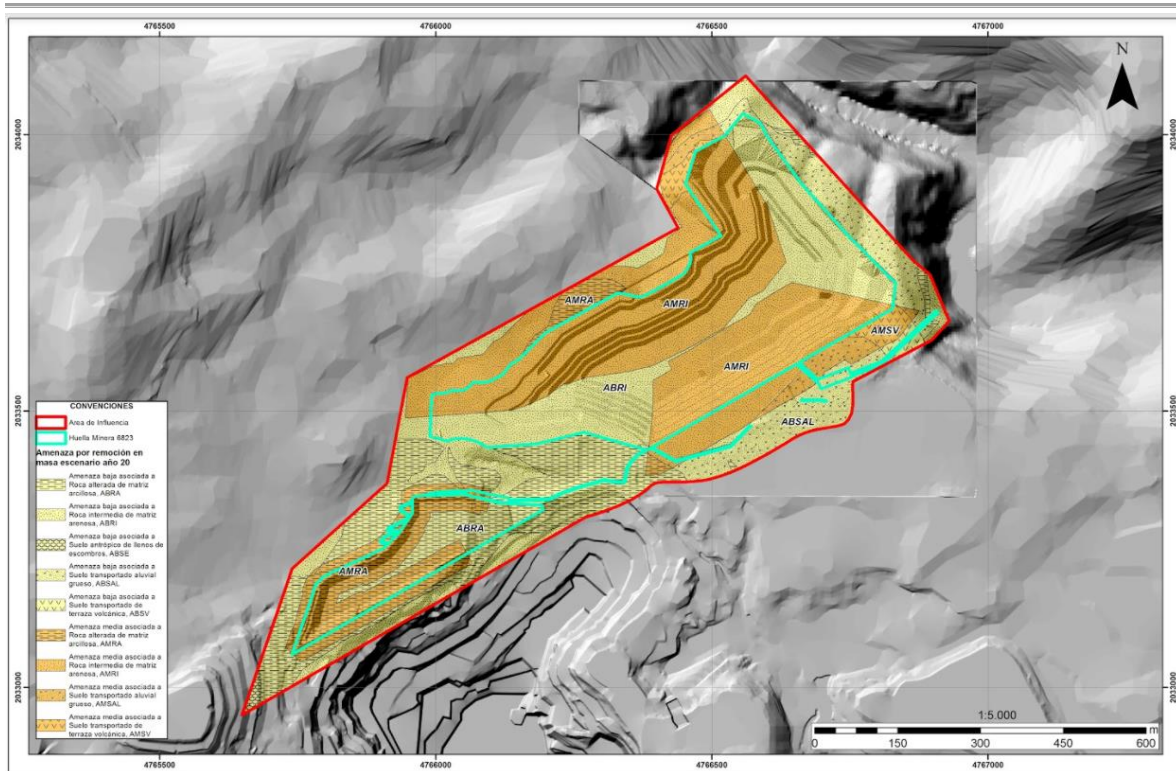


Figura 38. Evaluación de la Amenaza por estabilidad de taludes (Procesos remoción en masa) - Escenario cierre (20 años). Condición extrema por sismo.

Fuente: Elaboración Propia

0.4.1.9.7. Monitoreo Geotécnico Complementario

En lo referente al monitoreo geotécnico, partiendo de la experiencia adquirida con la instrumentación actualmente instalada y en uso, se considera que el sistema de instrumentación geotécnica se debe complementar por visitas de inspección al sitio, dos acelerógrafos, dos piezómetros y dos inclinómetros instalados en los puntos considerados críticos. A continuación se presenta la ubicación estimativa de los piezómetros e inclinómetros a instalar.

Tabla 36. Piezómetros de hilo vibrátil proyectados a instalar Mina La Esmeralda.

ID	Sist. Coord. Origen Único		Coord. Sistema Magna Sirgas Origen Bogotá		Cota (msnm)
	Este	Norte	Este	Norte	
Piezo-11	4 766 649	2 033 963	886 121	967 816	665
Piezo-12	4 766 275	2 033 707	885 747	967 560	715

Fuente: Elaboración propia

Tabla 37. Inclinómetros proyectados a instalar en Pit La Esmeralda.

Sitio de Instalación	Sist. Coord. Origen Único		Sist. Coord. Origen Oeste	
	Este	Norte	Este	Norte
PIT	4 766 793	2 033 806	886 265	967 659
	4 765 248	2 032 953	884 720	966 806

Fuente: Elaboración propia

0.4.1.9.8. Consideraciones geotécnicas para la etapa de cierre y postcierre

Para la etapa de cierre desde el punto de vista geotécnico se han planteado actividades que buscan prevenir la ocurrencia de deslizamientos. Estas actividades corresponden a la conformación técnica de taludes, su monitoreo y la implementación de medidas de control de erosión y manejo de aguas.

Dentro de las obras a implementar en esta etapa se encuentran:

- Remoción de material erosionado.
- Retiro de bloques inestables.
- Reconformación de taludes inestables.

0.4.1.10. Atmósfera

Con el fin de realizar la caracterización climatológica e hidrológica de la zona de estudio se identificaron las estaciones operantes por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) en cercanías a la zona de estudio.

Para la caracterización del clima en la zona de estudio se utilizaron los registros de las estaciones que se presentan en la Tabla 38. Las estaciones climatológicas utilizadas son operadas por el IDEAM y se localizan en el departamento del Tolima. A la fecha de solicitud de la información las estaciones se encontraban activas.

Tabla 38. Características de las estaciones climatológicas utilizadas

Código	Departamento	Municipio	Categoría	Nombre	Corriente	Coordenada X	Coordenada Y	Elevación (msnm)	Entidad
2124504	Tolima	Ibagué	SS	Apto Perales	Opia	4762681,2	2047205,8	928	IDEAM
2121508	Tolima	Espinal	CO	Chicoral	Coello	4778611,5	2025866,4	475	IDEAM

Fuente: IDEAM.

A los registros mensuales de brillo solar, temperatura, velocidad del viento, evaporación y humedad relativa se les realizaron cinco pruebas de normalidad con el objetivo de definir el conjunto de pruebas paramétricas o no paramétricas que evaluarán la consistencia y la homogeneidad de las series.

En la estación Aeropuerto Perales, la temperatura media registrada es de 24,01 °C registrando la máxima temperatura en el mes de agosto y la temperatura más baja en el mes de noviembre. En la Figura 39 se presenta el valor de temperatura media mensual para la estación Aeropuerto Perales.

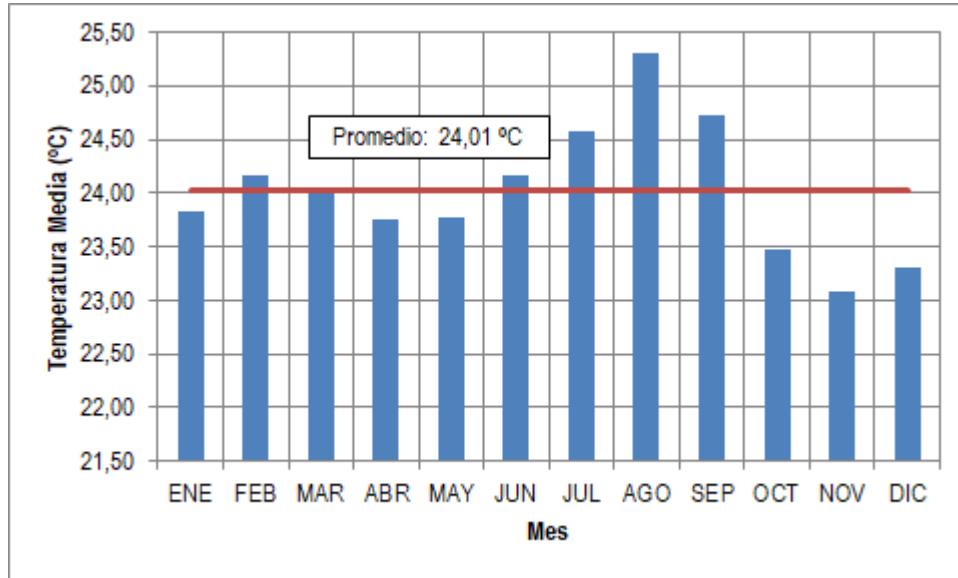


Figura 39. Variabilidad de la temperatura media mensual multianual - Estación Apto Perales
Fuente: Elaboración propia.

En la estación Chicoral, la temperatura media registrada es de 27,32 °C registrando la máxima temperatura en el mes de agosto y la temperatura más baja en el mes de noviembre.

El comportamiento de la temperatura media registrado en las dos estaciones es similar, ya que presentan un comportamiento bimodal con temperaturas superiores al promedio en los meses de enero a marzo y de julio a septiembre (junio a septiembre en el caso de Apto Perales), y temperaturas promedio más bajas el resto del año.

Tabla 39. Temperatura media mensual multianual (°C). Periodo 1977 - 2017.

Estación	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
Apto Perales	23,84	24,16	24,03	23,76	23,77	24,16	24,57	25,30	24,73	23,47	23,09	23,31	24,01
Chicoral	27,52	27,78	27,39	26,76	26,83	27,09	27,56	28,30	27,83	27,16	26,68	26,98	27,32

Fuente: Elaboración propia.

La humedad relativa media mensual multianual, de acuerdo con la información disponible en la estación Aeropuerto Perales es de 76,76% en promedio. En el periodo de junio a septiembre los valores de humedad relativa registrados son inferiores al valor promedio y superiores el resto del año (Ver Tabla 40).

La humedad relativa media mensual multianual, de acuerdo con la información disponible en las estaciones Chicoral es del 71,63% en promedio. Para esta estación, en los periodos de julio a septiembre y de enero a marzo los valores de humedad relativa registrados son inferiores al valor promedio y superiores en el resto del año. (Véase Tabla 40).

Tabla 40. Humedad relativa media mensual multianual (%). Periodo 1977 - 2020.

Estación	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
Apto Perales	76,65	76,31	78,96	81,29	80,99	76,06	69,72	64,51	71,14	80,25	83,76	81,58	76,77
Chicoral	70,00	70,69	72,19	77,11	77,92	73,10	66,94	60,98	65,49	73,39	76,81	74,94	71,63

Fuente: Elaboración propia.

Para caracterizar el brillo solar, se cuenta con información desde el año 1979 hasta el año 2020 en la estación Aeropuerto Perales. De acuerdo con los datos, el valor promedio de brillo solar mensual multianual es de 160,4 horas para un total de 1925,41 horas al año. Los valores totales mensuales superiores al valor promedio se presentan en los meses de junio a septiembre, diciembre y enero, en los meses restantes los valores son inferiores al promedio como se presenta en la Tabla 41.

Tabla 41. Brillo solar medio mensual multianual (horas). Periodo 1979 - 2020.

Estación	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Apto Perales	176,14	140,81	135,42	132,93	150,16	165,55	191,34	196,33	178,25	156,10	138,97	163,41	1925,41

Fuente: Elaboración propia.

Para caracterizar la evaporación, se cuenta con información en la estación Aeropuerto Perales para el periodo 1978 - 2017. De acuerdo con los registros el valor promedio de evaporación mensual es de 124,32 mm para un total de 1924,41 mm al año. Los valores mensuales que superan la media se presentan en los meses de enero a abril. El valor máximo se registra en marzo (193 mm en promedio) y el valor mínimo en noviembre (117 mm en promedio) como se presenta en la Tabla 42.

Tabla 42. Evaporación media mensual multianual (mm). Periodo 1978 - 2017.

Estación	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Apto Perales	118,3	113,8	119,5	107,3	113,1	123,9	154,4	171,7	144,5	116,3	100,2	109,0	1491,9

Fuente: Elaboración propia.

La velocidad del viento media mensual multianual, de acuerdo con la información disponible en la estación Aeropuerto Perales es de 2,04 m/s. La velocidad máxima se presenta en el mes de agosto y la velocidad mínima se presenta en el mes de noviembre. Entre el mes de junio a agosto la velocidad media del viento es superior a los 2,04 m/s. (Véase Tabla 43).

Tabla 43. Velocidad media mensual multianual (m/s). Periodo 1977 - 2017

Estación	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
Apto Perales	1,92	2,07	2,01	1,87	1,89	2,27	2,68	2,72	2,06	1,81	1,63	1,64	2,05

Fuente: Elaboración propia.

Para la caracterización de velocidad y dirección de los vientos se utilizaron los registros horarios de la estación Aeropuerto Perales, para el periodo 2002-2019. Con esta información se elaboraron las rosas de vientos diurnas (entre las 6 a.m. y las 5 p.m.) y nocturnas (entre las 6 p.m. y las 5 a.m.) de la estación Aeropuerto Perales para el periodo de información horaria disponible (2002-2019), como se presenta a continuación en la Figura 40 y Figura 208.

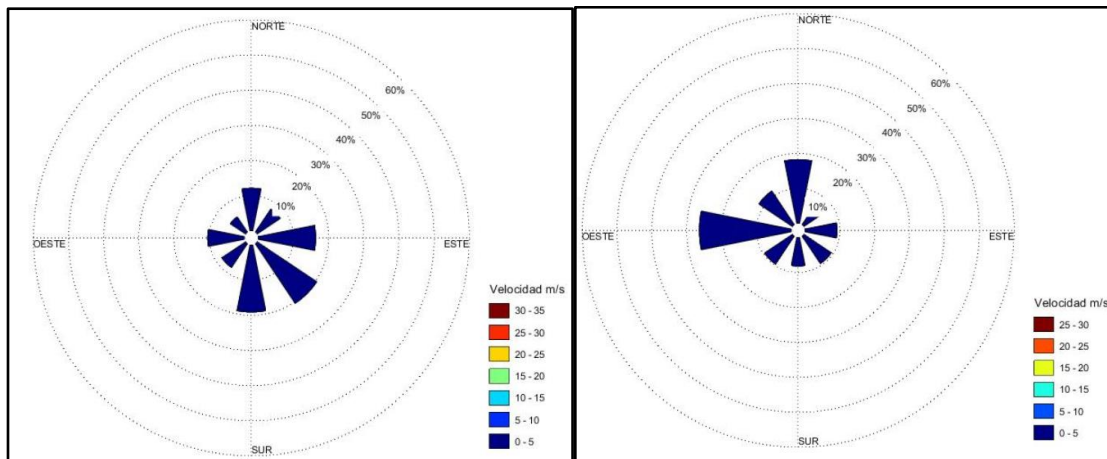


Figura 40. Rosa de vientos diurna (izquierda) y nocturna (derecha), estación Aeropuerto Perales
Fuente. Elaboración propia

De lo anterior se observa que los vientos predominantes provienen del sur y sureste durante el día con frecuencias del 19,1% y 20,4% respectivamente y del oeste y el norte durante la noche con frecuencias de 26,4% y 18,3% respectivamente. Las velocidades medias registradas son en su mayoría menores a 5,4 m/s y las clasificaciones de los vientos que más se presentan son ventolina (0,2-1,5 m/s) y viento ligero (1,5-3,3 m/s) tanto en el día como en la noche.

0.4.1.11. Calidad del aire

La caracterización de la calidad del aire comprendió el inventario de fuentes fijas de emisión, receptores sensibles y la cuantificación de la contaminación atmosférica en el territorio. El inventario de fuentes fijas de emisión se llevó a cabo mediante un recorrido en el territorio del proyecto, siguiendo los lineamientos establecidos en la Guía para la Elaboración de Inventario de Emisiones Atmosféricas, publicada por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - MADS en el 2017 y en los Términos de Referencia del proyecto. En este mismo recorrido se realizó el inventario de receptores sensibles.

Del trabajo de campo se identificaron 8 fuentes fijas de emisión, en su gran mayoría fuentes puntuales asociadas a la planta de Caracolito. También se identificó la mina existente de La Esmeralda en el inventario, conocida como complejo minero La Esmeralda, el cual se encuentra ubicado en el corregimiento de Payandé, municipio de San Luis, a unos 300 m por costado oriental del centro poblado. En cuanto a los receptores sensibles, en el inventario se resaltan 3 institutos educativos, una unidad hospitalaria, centros de recreación y deporte y parques

Para la caracterización de las fuentes lineales, se aforaron dos vías en 3 puntos con el fin de conocer el flujo de vehículos en las fuentes de emisión lineales. La primera vía corresponde a la conexión del corregimiento Payandé con la mina La Esmeralda y la segunda vía se ubica en la cabecera municipal del corregimiento Payandé, corresponde a la vía San Luis-Guamo, en el punto conocido como la Virgen. Este aforo se realizó por medio de conteo de vehículos los cuales se discretizó en vehículos livianos y pesados.

Con respecto a la vía 1, el flujo vehicular es característico de una vía terciaria el cual muestra un bajo número de vehículos que transitan por esta vía. Para el día hábil, el tránsito promedio diario (TPD) se registró en 282 vehículos en la entrada y 245 en la salida. De los vehículos registrados en su gran mayoría eran motos, representando el 78% del conteo total. En el día no hábil no se registró ningún tipo de camión (situación que sí se presentó para el día hábil). Por otro lado, se registró un total de 2 buses especiales, este tipo de vehículo no se presentó en el día hábil. El TPD en la entrada fue de 273 y en la salida de 210 vehículos.

Con respecto a la vía 2, la vía presenta para el día hábil, un TPD de entrada de 1545 vehículos y de salida de 1400. De estos un 50% correspondió a automóviles, camionetas y microbuses y un 36% a motos. Los camiones corresponden al 12% y se encontraron mayoritariamente (70%) representados por camiones de dos ejes (grandes y pequeños). Para el día no hábil se produce un aumento aproximado del 50% en el número de motos y camionetas y automóviles. No se registró ningún tipo de camión (situación que sí se presentó para el día hábil). También disminuyó el número de camiones de 2 ejes y no se registra la presencia de camiones de 3, 4 o 5 ejes. El TPD en la entrada fue de 3041 y en la salida de 2253 vehículos.

Con los datos de fuentes fijas y lineales existentes en el territorio, se realizó la estimación de emisiones atmosféricas mediante el uso de factores de emisión. Los factores utilizados fueron los dispuestos en el documento AP-42 Compilation of Air Pollutant Emission Factors. Volume I: Stationary Point and Area Sources. También se utilizó el modelo IVE para estimar las emisiones vehiculares de los trazados lineales. En las siguientes tablas se presentan los resultados:

Tabla 44. Emisiones mina 4205 Escenario A

Emisiones mina 4205 (g/s)						
ID	Fuente	PM10	PM2.5	NO2	SO2	CO
OPIT1S	Mina 4205	1,32E-02	7,30E-03	-	-	-
TRAMOA	Mina 4205 Tramo A	6,27E-02	6,83E-03	1,74E-04	5,49E-06	2,34E-05
TRAMOB	Mina 4205 Tramo B	6,27E-02	6,83E-03	1,74E-04	5,49E-06	2,34E-05
TRAMOC	Mina 4205 Tramo C	6,27E-02	6,83E-03	1,74E-04	5,49E-06	2,34E-05
TRAMOD	Mina 4205 Tramo D	6,27E-02	6,83E-03	1,74E-04	5,49E-06	2,34E-05
TRAMOE	Mina 4205 Tramo E	6,27E-02	6,83E-03	1,74E-04	5,49E-06	2,34E-05
VOL1	Trituradora primaria	6,60E-05	6,60E-05	-	-	-
VOL2	Trituradora secundaria	2,11E-05	2,11E-05	-	-	-

Fuente: CEMEX, 2019

Tabla 45. Resultados emisiones rodamiento en vías sin pavimentar Escenario A

Emisiones lineales vías pavimentadas (g/s)			
Tramo vial	PST	PM10	PM2.5
Mina - Payandé	0,010	0,002	0,000
San Luis - Guamo	0,525	0,101	0,024

Fuente. Elaboración propia

Tabla 46. Resultados emisiones por combustión interna escenario A

Resumen Emisiones móviles (g/s)						
Tramo vial	CO	NOX	SOX	PST	PM10	PM2.5
Mina - Payandé	0,0289	0,0039	0,0001	0,0008	0,0006	0,0005
San Luis - Guamo	1,3739	0,2423	0,0077	0,0218	0,0174	0,0153

Fuente. Elaboración propia

Además de identificar las fuentes de emisión y estimar sus emisiones, se realizó una campaña de monitoreo de calidad del aire en época seca y una en época húmeda. Los monitoreos se realizaron a la luz de las especificaciones de los manuales del Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire, desarrollado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). Se instalaron 3 estaciones en el municipio de Payandé y se cuantificaron los contaminantes PM₁₀ y PM_{2.5}. La ubicación de las estaciones se presenta a continuación:

Tabla 47. Localización estaciones de monitoreo 2020

Id	Estación	Coordenadas geográficas		Coordenadas planas	
		Latitud	Longitud	Este	Norte
CA1	Estación 1	4.299390° N	-75.100089°W	4767007,23	2033400,19
CA2	Estación 2	4.296050°N	-75.097970°W	4767241,46	2033030,37
CA3	Estación 3	4.290780°N	-75.094830°W	4767588,26	2032446,8

Fuente. Elaboración propia

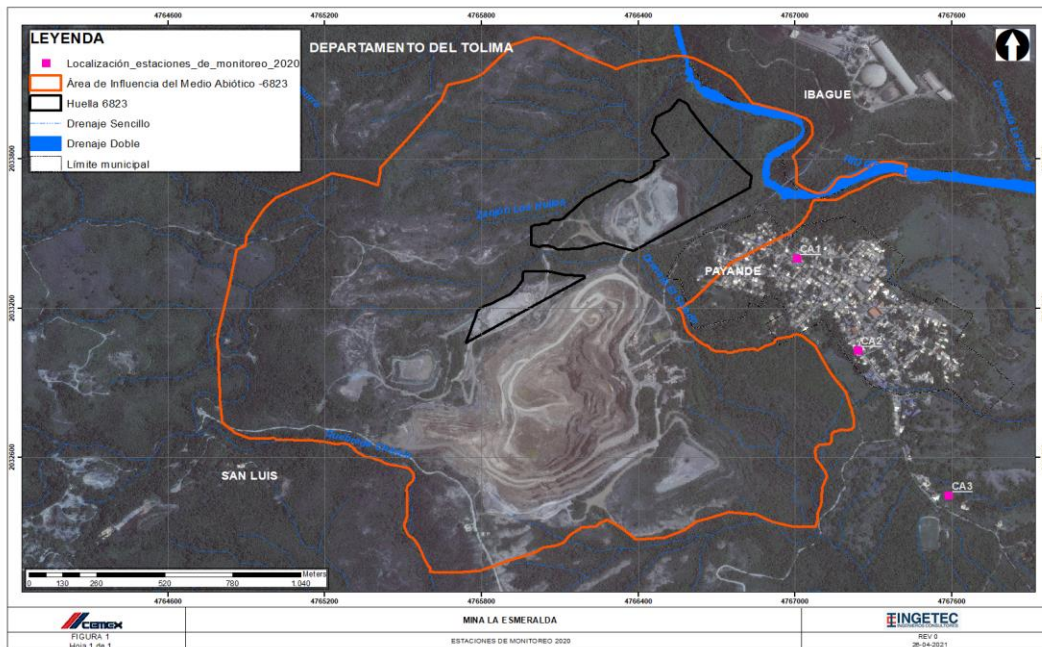


Figura 41. Ubicación estaciones de monitoreo de calidad del aire
Fuente. Elaboración propia

En época húmeda, a partir de las concentraciones de PM₁₀ obtenidas en las tres estaciones de monitoreo, el Indicador de Calidad del Aire (ICA) reporta clasificación Buena para el 100% de los datos. Para las concentraciones de PM_{2.5} en las Estaciones CA2 y CA3, el Indicador de Calidad del Aire (ICA) reporta clasificación Buena para el 100% de los datos. Para las concentraciones de PM_{2.5} en la Estación CA1, el Indicador de Calidad del Aire (ICA) reporta clasificación Aceptable en el 8.33% de los datos y clasificación Buena para el 91,67% restante.

En época seca, a partir de las concentraciones de PM₁₀ obtenidas en las tres estaciones de monitoreo, el Indicador de Calidad del Aire (ICA) reporta clasificación Buena para el 100% de los datos. Para las concentraciones de PM_{2.5} en las Estaciones CA2 y CA3, el Indicador de Calidad del Aire (ICA) reporta clasificación Buena para el 100% de los datos. Para las concentraciones de PM_{2.5} en la Estación CA1, el Indicador de Calidad del Aire (ICA) reporta clasificación Aceptable en el 61.1% de los datos y clasificación Buena para el 38.9% restante.

En ambas épocas climáticas, se presentó cumplimiento normativo para PM₁₀ y PM_{2.5} a un periodo de exposición de 24 horas en todas las estaciones de monitoreo, Así mismo, de manera indicativa, el valor promedio de cada contaminante en cada estación fue inferior al límite normativo anual de la Resolución 2254 de 2017 del MADS.

0.4.1.12. Ruido

Para entender la dinámica de los niveles de presión sonora en el área de influencia directa del Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Mina La Esmeralda para el título 6823, se llevaron a cabo dos campañas de monitoreo. La primera se realizó entre el 14 y 20 de noviembre de 2019 por la firma CCA COMPAÑÍA DE CONSULTORÍA AMBIENTAL LTDA. La segunda entre el 30 de octubre y el 1 de noviembre de 2020 la cual fue realizada por la firma AGQ PRODYCON COLOMBIA S.A.S.

Estas mediciones se realizaron por un periodo de 24 horas continuas divididas en jornada diurna (7:01 a 21:00 horas) y jornada nocturna (21:00 horas a 7:00 horas) en conformidad con lo establecido en la Resolución 0627 de 2006 expedida por el Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Sostenible y teniendo en cuenta las consideraciones metodológicas de la norma UNE-ISO 1996:2009 (Acústica - Descripción, medición y evaluación del ruido ambiental Parte 2: Determinación de los niveles de Ruido Ambiental) que se encuentra aprobada en el inciso b del capítulo II de la resolución 0627 de 2006 "Las medidas de niveles de ruido ambiental con ponderación A, se efectúan teniendo en consideración la norma ISO 1996 o aquella norma que la adicione, modifique o sustituya".

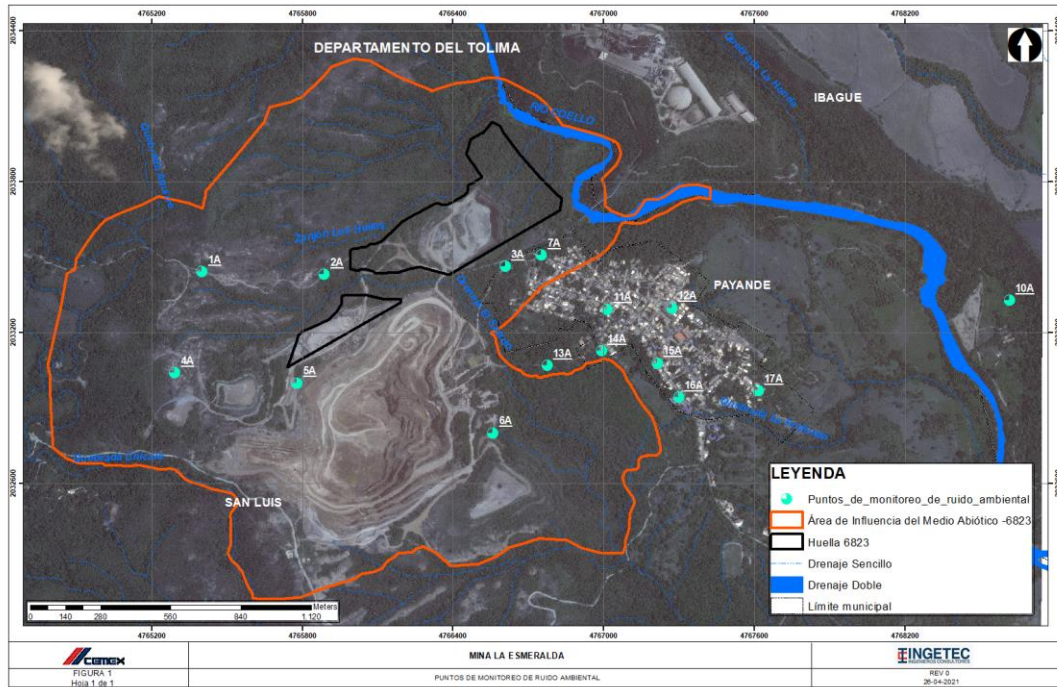


Figura 42. Ubicación estaciones de monitoreo de ruido 2019
Fuente. Elaboración propia

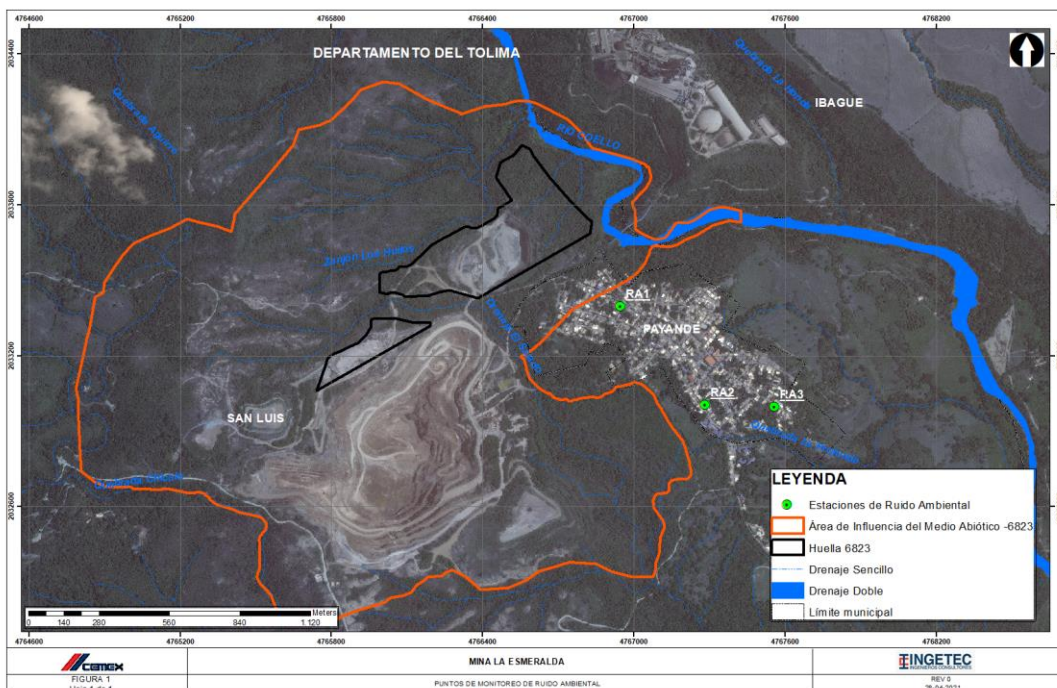


Figura 43. Ubicación estaciones de monitoreo de ruido 2020
Fuente. Elaboración propia

Respecto a la campaña de 2019, la evaluación de emisión de ruido, se efectuó a través del monitoreo realizado en los puntos de monitoreo 1E al 10E, mientras que la evaluación de Ruido Ambiental, se realizó en los puntos 1A al 17A.

La mina La Esmeralda, genera ruido “continuo” como el relacionado por el funcionamiento de la trituradora primaria y secundaria; de igual manera genera ruido de tipo “intermitente” proveniente de los dumpers.

Los resultados obtenidos en horario diurno para los puntos de emisión de ruido del 1E al 10E, presentan valores inferiores al estándar máximo permisible establecido en la Resolución 627 de 2006 para el Sector C: Ruido intermedio restringido. Se evidenció una vez analizada la información tomada en campo que algunos puntos presentaron valores superiores al límite establecido la norma; sin embargo, estos niveles no corresponden a la emisión generada por la mina sino a la incidencia directa de terceros .

Para los puntos de ruido ambiental (1A al 17A) monitoreados en horario diurno, presentan valores inferiores en un rango de 1.4 dB(A) hasta 24.8 db(A), evidenciando un cumplimiento de los límites establecidos en la norma ambiental de ruido, para cada uno de los sectores comparados, Sector B: Tranquilidad y Ruido Moderado y Sector C: Ruido intermedio restringido; sin embargo, estos cuentan con incidencia directa de terceros, por lo cual hay que destacar que los niveles de ruido hallados en estos puntos de medición, no son responsabilidad de la mina La Esmeralda, por lo tanto los resultados no son atribuibles a la industria.

Con base en los datos reportados para la emisión de ruido en el horario nocturno, se establece que los puntos de monitoreo del 1E al 10E presentan valores inferiores frente a los estándares máximos permisibles en la Resolución 627 de 2006 para el Sector C: Ruido intermedio restringido.

Los puntos de evaluación de Ruido Ambiental del 1A al 6A y del 9A al 15A se evidencian valores inferiores frente al estándar máximo permisible en la Resolución 627 de 2006, para cada sector correspondiente. exceptuando los puntos de monitoreo 7A, 8A, 16A y 17A los cuales presentan niveles de 91,9 dB(A), 59,1 dB(A), 57,4 dB(A) y 57,1 dB(A) respectivamente; dichos resultados obedecen a la incidencia directa de terceros como las actividades desarrolladas por parte de los habitantes del corregimiento de Payandé, así como un aporte importante por eventos naturales propios del área.

Los puntos de monitoreo de Ruido Ambiental 4A, 7A, 8A, 9A, 11A y 15A, evidencian un ruido residual más alto que nivel de ruido ambiental emitido, evidenciando que los niveles de ruido hallados en estos puntos, no obedecen a las operaciones que se desarrollan en la mina La Esmeralda, propiedad de Cemex, sino a la incidencia de terceros, como las actividades desarrolladas por los habitantes del corregimiento de Payandé, tránsito discontinuo de vehiculos en vía primarias y secundarias.

Para la campaña de 2020, los resultados de ruido ambiental obtenidos en los tres puntos, se compararon con el Sector B de Tranquilidad y Ruido Moderado, Subsector de Zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes, que establece valores máximos permisibles de 65 dB(A) para horario diurno y 50 dB(A) para horario nocturno de acuerdo con los establecido en la resolución 627 de 2006 expedida por el MAVDT, actual MADS. Esta designación del sector se da teniendo en cuenta la ubicación de los puntos de medición y su uso de suelo, que hace referencia a zonas rurales.

En primer lugar, se puede observar que los niveles de ruido ambiental obtenidos durante la mayoría de las mediciones diurnas (hábiles y no hábiles) resultan ser satisfactorios en términos normativos, con reportes que no exceden los 62 dB(A) para los puntos que están en cumplimiento.

Por el contrario, el único punto que presenta incumplimiento normativo es el punto RA1 donde se registra un nivel de presión sonora de 66.6 dB(A) que refleja un leve excedente normativo del 2%.

Por otra parte, el sobrepaso de la norma mencionado anteriormente podría estar determinado por la movilización frecuente de motocicletas por vías cercanas del corregimiento, por aportes de ruido asociados a dinámicas poblacionales, al

desarrollo de la actividad habitacional humana y eventuales sonidos asociados a la tenencia de animales domésticos; aunque cabe anotar que, en este punto de manera tenue se alcanza a percibir el ruido procedente de la operación de la mina.

Para el periodo nocturno, se evidencia que los niveles de ruido ambiental tanto hábiles como no hábiles, exceden los límites máximos permisibles establecido por la norma, registrándose así niveles de presión sonora comprendidos entre 51.5 dB(A) y 57,3 dB(A) que señalan excedencias de la norma (50 dB(A)) del 3% al 15%.

Finalmente, es importante mencionar que durante el periodo de evaluación nocturno, desciende significativamente el ruido procedente de factores poblacionales, así como del tránsito vehicular y de motos, es decir que los aportes de ruido estarían determinados principalmente por sonidos procedentes de animales de ámbito nocturno y eventuales ladridos de perros domésticos. Para los puntos RA2 y RA3, no se identifican con claridad los aportes de ruido asociados a las actividades de producción de la mina, mientras que en el punto RA1, se alcanzan a percibir de manera muy tenue.

0.4.1.13. Vibraciones

A partir del análisis de los registros de monitoreo de vibración de las actividades del Título 4205 se puede afirmar que en la zona de estudio se presentan rangos admisibles en el casco urbano de Payandé. Teniendo en cuenta los bajos niveles de vibración registrados, se considera que actualmente el potencial de afectación a edificaciones por vibraciones es bajo.

La siguiente figura presenta los valores de velocidad pico de partícula para los tres puntos de monitoreo de vibraciones ubicados en el casco urbano de Payandé para las 138 voladuras realizadas desde enero de 2018 a septiembre de 2020, registradas en la sección anterior.

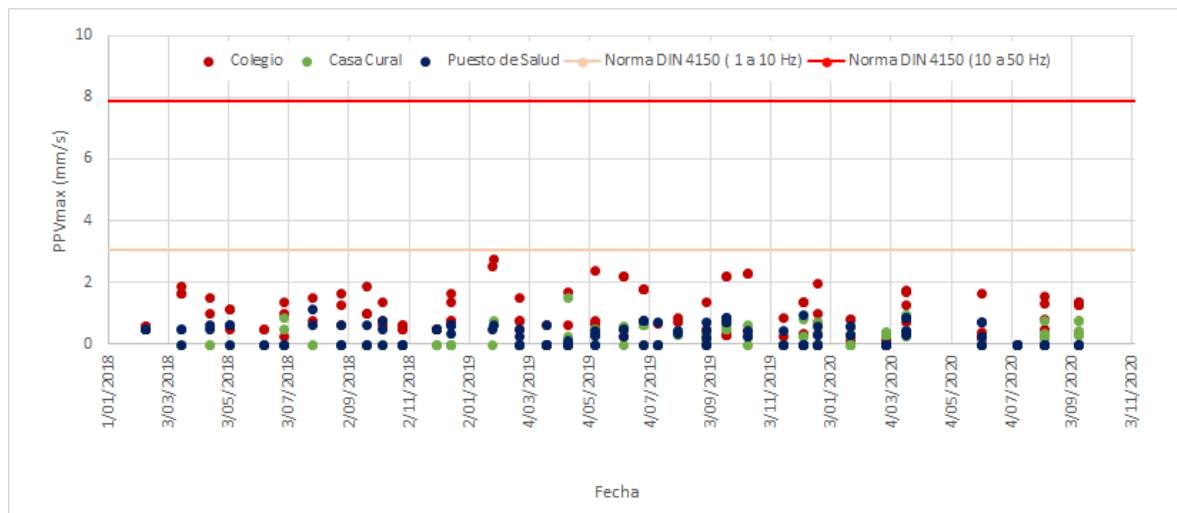


Figura 44. Velocidad pico de partícula para cada una de las voladuras realizadas desde enero de 2018 a septiembre de 2020

Fuente: Elaboración propia (Datos suministrados por CEMEX)

Con base en el análisis de registros de vibraciones se puede concluir que los niveles de vibración generados por la operación minera en las zonas de interés son inferiores a los umbrales de vibración establecidos (3 mm/s que equivalente a 0,12 pulg/s para frecuencias de 1 a 10 Hz).

0.4.2. Medio Biótico

0.4.2.1. Ecosistemas terrestres

0.4.2.1.1. Ecosistemas

En el Área de Influencia Biótica (AIB), se registra la presencia de 15 ecosistemas asociados a los dos biomas localizados en el área correspondientes al Zonobioma Alternohigrico Tropical Tolima grande (ZATTG) y Zonobioma Húmedo Tropical Chaparral (ZHTC). En la Tabla 48 se presentan los ecosistemas presentes y su extensión en el AIB.

Tabla 48. Área (ha) de los ecosistemas terrestres presentes en el Área de Influencia Biótica.

Bioma	Tipo de ecosistema	Ecosistema	Código	Área (ha)	Porcentaje de área (%)
Zonobioma Alternohigrico Tropical Tolima grande	Transformados	Red vial, ferroviaria y terrenos asociados del Zonobioma Alternohigrico Tropical Tolima grande	Toli_RV	0,28	0,41%
		Zonas de extracción minera del Zonobioma Alternohigrico Tropical Tolima grande	Toli_ZM	3,36	4,83%
	Agrícolas	Pastos arbolados del Zonobioma Alternohigrico Tropical Tolima grande	Toli_PA	0,60	0,87%
		Pastos enmalezados del Zonobioma Alternohigrico Tropical Tolima grande	Toli_PE	0,80	1,15%
		Pastos limpios del Zonobioma Alternohigrico Tropical Tolima grande	Toli_PL	0,81	1,17%
	Naturales	Bosque de galería del Zonobioma Alternohigrico Tropical Tolima grande	Toli_BG	5,67	8,15%
		Vegetación secundaria alta del Zonobioma Alternohigrico Tropical Tolima grande	Toli_VS	11,57	16,63%
	Total Zonobioma Alternohigrico Tropical Tolima grande				23,09
Zonobioma Húmedo Tropical Chaparral	Transformados	Red vial, ferroviaria y terrenos asociados Zonobioma Húmedo Tropical Chaparral	Chap_RV	1,38	1,98%
		Zonas de extracción minera Zonobioma Húmedo Tropical Chaparral	Chap_ZM	9,01	12,95%
	Agrícolas	Pastos arbolados Zonobioma Húmedo Tropical Chaparral	Chap_PA	0,80	1,15%
		Pastos enmalezados Zonobioma Húmedo Tropical Chaparral	Chap_PE	0,13	0,19%
	Naturales	Bosque de galería del Zonobioma Húmedo Tropical Chaparral	Chap_BG	18,35	26,38%
		Vegetación secundaria alta Zonobioma Húmedo Tropical Chaparral	Chap_VS	14,18	20,38%
		Tierras desnudas y degradadas Zonobioma Húmedo Tropical Chaparral	Chap_TDD	2,62	3,77%

Bioma	Tipo de ecosistema	Ecosistema	Código	Área (ha)	Porcentaje de área (%)
Total Zonobioma Húmedo Tropical Chaparral				46,48	66,81%
Total				69,57	100,00%

Fuente. Elaboración propia

0.4.2.1.2. Flora

Dentro de las coberturas naturales, en el bosque de galería la familia más rica en especies y géneros fue Fabaceae seguida por Malvaceae y Rubiaceae. Las especies más abundantes son el Capote (*Machaerium capote*) seguida en menor proporción por el Guásimo (*Guazuma ulmifolia*), el Laurel (*Nectandra turbacensis*) y el Yarumo (*Cecropia peltata*). Particularmente en el ZHTC, en el estado fustal el Laurel, el Caracolí (*Anacardium excelsum*), el Arupo (*Chionanthus implicatus*) y el Balso (*Ochroma pyramidale*) fueron las especies más frecuentes, mientras que en el estado de latizal (ZHTC) las especies más abundantes fueron el Guásimo, *Eugenia uniflora*, *Casearia corymbosa*, *Ardisia foetida*, *Myrsine guianensis* y *Bursera simaruba*. Para la vegetación secundaria alta para ambos biomas, las familias con mayor número de especies corresponden a la familia Fabaceae seguida de Rutaceae, adicionalmente en el ZATTG se destaca la familia Malvaceae. Las especie con mayor cantidad de individuos en los tres estados de desarrollo leñoso fue el Guásimo seguido por el Negrito (*Pera arborea*) y el Cordoncillo (*Piper arboreum*), el Ondequera (*Casearia corymbosa*) y la *Swinglea glutinosa*. En estado fustal la mayor abundancia se registra para el Yarumo, el Guácimo y el Payandé (*Pithecellobium dulce*), teniendo la mayor frecuencia el Balso y las especies previamente mencionadas.

Para los territorios agrícolas, en la cobertura de pastos arbolados las familias Fabaceae para ambos biomas y Malvaceae son las más ricas en especies, seguida de la familia Asteraceae y Poaceae. De las especies reportadas, la más abundante para el estado fustal es el Payandé, en latizales el Chirlobirio (*Tecoma stans*) y en brinzales el Chilco (*Baccharis trinervis*). Particularmente en el ZATTG de esta cobertura la mayor cantidad de registros corresponden al Balso (*O. pyramidale*). En la cobertura de pastos enmalezados, las familias con mayor número de especies son la familia Asteraceae y Malvaceae, seguidas por la familia Euphorbiaceae, Poaceae y Fabaceae. En los pastos limpios se tienen registros de tres familias, donde en el componente brinzal se destacan dos especies de cordoncillo (*Piper arboreum* y *P. marginatum*) y dos especies de pastos (*Axonopus scoparius* y *Panucim sp.*).

Se identificaron 34 especies con alguna categoría de amenaza, veda o endemismo, donde se destaca a la *Gustavia verticillata* como especie vulnerable (VU) por la UICN, el *Erythroxylum cassinoides* en veda nacional y regional según la Resolución 0316 de 1974 y Acuerdo 10 de Marzo 11 de 1983 y tres especies endémicas (*G. verticillata*, *E. cassinoides* y *Calea sessiliflora*).

0.4.2.1.3. Fauna

Para aves se obtuvieron registros para 90 especies distribuidas en 38 familias donde se destaca al orden Passeriformes el cual agrupó la mayor parte de las especies. Se destacan las familias de las tangaras Thraupidae (17 especies) y los atrapamoscas Tyrannidae (13 especies), otras familias bien representadas son las palomas Columbidae, los halcones Falconidae y loros Psittacidae. Las especies más abundantes son de hábitos gregarios como el chulo de cabeza negra (*Coragyps atratus*), la lora (*Psittacara wagleri*) y el perico (*Forpus conspicillatus*), estas suelen formar grupos para alimentarse. En términos del hábitat y su historia natural, las zonas abiertas presentaron la mayor riqueza y abundancia con una representación muy equitativa de las especies contrario a lo registrado en el bosque de galería que presentó menor diversidad y mayor dominancia de especies de bosque. Se identificaron ocho gremios tróficos donde el insectívoro, frugívoro y omnívoro presentan la mayor proporción de especies, lo que permite resaltar la variedad de recursos que permiten la permanencia de varios grupos diferentes de aves. Finalmente, respecto a su amenaza y figuras de protección, únicamente el loro *P. wagleri* se encuentra como casi amenazado (NT) por la reducción de su hábitat y tráfico como mascota, trece especies (Gavilanes, colibríes, loros y búhos) están incluidas en el apéndice II de CITES y dos especies

(colibrí *Chlorostilbon gibsoni* y la tangara *Stilpnia vitriolina*) casi endémicas y la Guacharaca (*Ortalis columbiana*) como especie endémica. Por último, cuatro especies migratorias fueron registradas en el AIB, la reinita *Pheucticus ludovicianus* presenta migración boreal, el águila pescadora (*Pandion haliaetus*) y el halcón (*Falco sparverius*) también son migrantes boreales aunque tienen poblaciones residentes y el Alcaraván (*Vanellus chilensis*) que realiza desplazamientos locales o altitudinales.

En el caso de los anfibios se registraron diez especies pertenecientes al orden Anura (ranas y sapos) las cuales se distribuyen en seis familias que tuvieron una representación relativamente equitativa aunque se destaca la familia de los sapos (Bufonidae), las ranas arborícolas (Hylidae) y las ranas Leptodactylidae. Particularmente los sapos presentaron mayor abundancia dado que presentan adaptaciones para sobrevivir en ambientes más secos que otras ranas y producir una gran cantidad de huevos. En términos del hábitat y su historia natural, las zonas abiertas presentaron la mayor diversidad (60%) debido a que contaba con un cuerpo de agua temporal dentro del PIT de arenas que era usado por varias especies para reproducirse mientras el bosque ripario presentó una diversidad menor, siendo dominada por la especie de rana de quebrada *Rheobates palmatus*, cuenta con especies con mayores requerimientos de hábitat. La mayor parte de las especies son principalmente insectívoras aunque el sapo común *Rhinella horribilis* es capaz de consumir presas más grandes como pequeños vertebrados de forma facultativa. Para las especies que presentan algún riesgo de extinción o con alguna figura de protección, el sapo *Rhinella sternosignata* es una especie casi amenazada (NT) por la UICN, tres especies son endémicas (*R. palmatus*, *C. metriosistus* y *Dendrobates truncatus*) y dos son casi endémicas (*Rhinella humboldti* y *R. sternosignata*) y la rana venenosa de líneas amarillas (*D. truncatus*) está considerada dentro del apéndice II del CITES.

En el caso de los reptiles se registraron 19 especies, la mayoría corresponden al orden Squamata y en menor medida por el orden tortugas. Dentro del orden Squamata se distribuyen nueve especies de lagartos y serpientes respectivamente, los lagartos corresponden a especies de hábitos arborícolas y terrestres de diferentes familias y para las serpientes la mayor parte pertenecen a la familia Colubridae de serpientes no venenosas. Asociado al hábitat el bosque ripario presentó la mayor diversidad y mayor equitatividad gracias a la diversidad estructural de la vegetación y de recursos, por el contrario la vegetación secundaria y las zonas abiertas presentaron menor diversidad por el grado de intervención del hábitat. La mayor parte de los reptiles tienen una dieta predominantemente insectívora y las serpientes carnívoras con algunas excepciones como la serpiente caracolera *Sibon nebulatus*. Respecto al grado de amenaza, figuras de protección y endemismo, ninguna especie está considerada en riesgo de extinción aunque existen seis especies no evaluadas, tres especies están dentro del apéndice dos de la convención CITES (*Iguana iguana*, *Boa imperator* y *Chelonoidis carbonarius*), un lagarto endémico (*Anolis aff. huilae*), el basilisco (*Basiliscus galeritus*) como especie casi endémica y una especie de salamancheja invasora (*Hemidactylus brooki*).

Para los mamíferos se lograron obtener registros de 22 especies en 14 familias y ocho órdenes donde se destaca el orden de murciélagos Chiroptera por poseer la mayor riqueza con diez especies y el orden Carnívora con cuatro especies. Como parte de los murciélagos, la familia Phyllostomidae presentó nueve especies con diferentes dietas y preferencias de hábitat, como especies frugívoros, insectívoros y omnívoros, mientras los Carnívora cuenta con especies generalistas como el zorro (*Cerdocyon thous* y *Procyon cancrivorus*) y carnívoros como el tigrillo (*Leopardus pardalis*). Las especies más abundantes corresponden a murciélagos como *Artibeus spp.*, *Carollis perspicillata*, el zorro y el Gurre (*Dasypus novemcinctus*). En cuanto a la diversidad por su hábitat, el bosque ripario presentó la mayor diversidad y abundancias dado que cuenta con un mayor nivel de conservación, variabilidad estructural de la vegetación y recursos alimenticios, aunque la riqueza en zonas abiertas y vegetación fue levemente menor. De acuerdo al libro rojo de mamíferos de Colombia se considera al Tigrillo como especie casi amenazada (NT) y protegida por la convención CITES en el apéndice I mientras en el apéndice II se encuentra el Zorro (*C. thous*), por último el venado (*Mazama zetta*) es de carácter endémico.

0.4.2.2. Ecosistemas acuáticos

Época seca

Para la época seca los cuatro puntos de monitoreo se encontraron secos y por lo tanto no fue posible caracterizar el fito y zooplancton, los macroinvertebrados bentónicos, perifiton, macrófitas e ictiofauna. Por otro lado, los análisis de las

diferentes muestras de peces indicaron que las concentraciones determinadas están por debajo de los límites máximos permitidos por la legislación Colombiana, no obstante, se destaca la concentración de plomo como el valor más cercano al permitido y se infiere que puede deberse al manejo deficiente de residuos en la quebrada El Salado por personas ajenas a CEMEX-La Esmeralda.

Época húmeda

Con base en la información tomada en campo, los macroinvertebrados bentónicos registrados presentaron los ordenes Coleoptera, Díptera, Ephemeroptera, Hemiptera, Megaloptero, Odonata, Basommatophora, Neotaenioglossa y las clases Clitellata, Ostracoda y la subclase Arachnida. El punto del río Coello (FQ3) registró la mayor abundancia seguido por el punto del afluente zanjón Los Huilos (FQ7) mientras la menor abundancia fueron en el río Coello intermedio (FQ2) y aguas arriba (FQ1) y el zanjón Los Huilos (FQ8). En términos de los taxones, los coleópteros fueron más abundantes, suelen asociarse a las partes más lentas y someras de los sistemas lóticos donde se encuentran aguas limpias entre gran cantidad de necromasa, vegetación, grava y piedra, las familias más representativas fueron Staphylinidae y Dytiscidae. Otros órdenes representados fue Díptera (moscas y mosquitos) que en algunos casos presentan larvas estrictamente acuáticas que cumplen roles importantes en el transporte de energía, la familia más abundante fue Chironomidae. El siguiente en número de individuos fue la clase Clitellata (Lombrices redondas), sobre todo en el punto FQ7, estos organismos sirven como bioindicadores por su relación con la materia orgánica en circulación y por su tolerancia a la contaminación orgánica. Los Hemípteros solo estuvieron representados en tres puntos con tres familias y son de importancia en el flujo de energía en la cadena trófica y como bioindicadores de la calidad del agua. Aunque no hubo variables fisicoquímicas determinantes en la conformación de la comunidad, algunas que presentaron una tendencia fueron el pH alto y la saturación de oxígeno.

En cuanto al perifiton, se registraron 18 taxones de los phylas Bacillariophyta, Charophyta, Chlorophyta, Cyanobacteria y Euglenozoa, de estos en términos de su abundancia la mayor parte (84,3%) corresponden a algas verde azules (Cyanobacteria) y en menor proporción diatomeas (Bacillariophyta) y algas verdes (Chlorophyta), entre otras. La mayor abundancia de organismos se asoció a los puntos de monitoreo con mayor abundancia FQ8 y FQ7 pertenecientes al zanjón de los Huilos y los de menor abundancia correspondieron a FQ2 y FQ3 localizados sobre el río Coello. Respecto a los taxones identificados, las cianobacterias son indicadoras de ambientes con flujos de nutrientes cambiantes, las cianofíceas por otra parte son algas que suelen proliferar en ambientes que tienden a la eutrofización. Para las diatomeas, se encuentran frecuentemente en ambientes donde la columna de agua se mezcla y diferentes alteraciones ecosistémicas, mientras las algas verdes prefieren ambientes mesosaprobios asociados a aguas negras. La mayor riqueza se concentró en las diatomeas y en menor medida a las algas verde azules (Cyanobacteria), Charophyta y algas verdes (Chlorophyta). De acuerdo a la correlación de Spearman la comunidad de perifiton tuvo una relación significativa con la acidez, calcio total, conductividad, dureza y sólidos.

La ictiofauna para el AIB comprende cuatro especies y cinco individuos pertenecientes al orden Characiformes, Perciformes y Siluriformes, todos identificados en los puntos asociados al Río Coello. Primero, los Characidae (Characiformes) comprenden al Coliamarillo (*Creagrutus affinis*) una especie omnívora que ocupa corrientes moderadas a fuertes y la sardina (*Gephyrocharax melanocheir*) que se resguarda entre la vegetación en zonas con muy buena calidad de agua, consume principalmente larvas de mosquito y es endémica para Colombia. En el orden Perciformes se registró a la sardina (*Andinoacara latifrons*), la cual tiene una dieta omnívora y se ubica en zonas con baja corriente y es endémica de Colombia. En los Siluriformes se registró el Coliamarillo (*Trichomycterus retropinnis*), es una especie reofílica de hábitos nocturnos, depreda larvas de insectos acuáticos como dípteros y tricópteros, además es una especie endémica.

0.4.3. Medio Socioeconómico

0.4.3.1. Participación y socialización con las comunidades

En este numeral se describen las actividades y los resultados de los procesos participativos llevados a cabo en el desarrollo del Estudio de Impacto Ambiental para la solicitud de Modificación de Licencia, con el fin de dar cumplimiento a los

mecanismos de participación ciudadana consagrados en la ley colombiana, teniendo en cuenta los lineamientos incluidos en la Guía de Participación Ciudadana para el licenciamiento de la ANLA, de Julio de 2018, en la cual se especifican los alcances de la participación ciudadana en la elaboración de los estudios ambientales y en la cual se unifican los temas abordados en los términos de referencia que deben ser tenidos en cuenta para el desarrollo del proceso participativo en particular lo referido a los actores afectados por el proyecto.

Momento 1: Acercamiento, presentación de las actividades objeto de modificación de licencia y caracterización del territorio

Este momento se centró en propiciar espacios de información con autoridades y actores de interés, y participación en los que de la mano de la comunidad, se reconoció el territorio y se generaron escenarios de participación y conocimiento sobre las condiciones técnicas y actividades de la modificación, junto a información sobre los estudios de impacto ambiental. Incluyó además talleres de caracterización, diligenciamiento de ficha veredal, cartografía social, calendario cultural y línea de tiempo; y entrevistas semi estructuradas con la población del AI. Teniendo en cuenta la incidencia de COVID -19 en el territorio, y las restricciones generadas para la realización de reuniones, se optó por la realización de encuentros virtuales con grupos de interés, y se reforzó la entrega de información a través de la transmisión de programa de TV a través de canal comunitario.

Momento 2: Taller de identificación de impactos y medidas de manejo

La segunda fase de socialización tuvo como objetivo identificar de manera participativa los posibles impactos que la modificación de Licencia Ambiental podría tener en la comunidad, en los medios biótico, abiótico y socioeconómico. Asimismo, tuvo el objetivo de promover y recoger propuestas por parte de los participantes, con el fin de determinar diferentes medidas de manejo que permitieran desde su punto de vista, prevenir, mitigar, corregir o compensar dichos impactos.

Para cumplir con el objetivo de esta etapa, se propuso la realización de un Taller de Impactos, sin embargo, esta estrategia debió adaptarse a las restricciones impuestas por el COVID-19, así que se planeó hacer cinco sesiones en diferentes días y horas, con el fin de tener el mayor alcance posible con la comunidad. También se decidió hacer una convocatoria abierta y otra cerrada, en la que los líderes y representantes de la comunidad tuvieran una invitación especial; al tiempo que se garantizó la participación general de las y los ciudadanos de Payandé. Se utilizaron varias estrategias de difusión como perifoneo, carteles y jornada de inscripción; de tal manera que la gente estuviera enterada con suficiente tiempo de anticipación y pudiera inscribirse con el fin de realizar control de aforo en los cinco escenarios propuestos.

Momento 3: Resultados y retroalimentación del Estudio

Este momento tuvo como objetivo, socializar con los actores sociales y comunitarios, e institucionales los resultados finales del Estudio de Impacto Ambiental, impactos y planes de manejo propuestos para cada uno de los medios (abiótico, biótico y socioeconómico), y la recepción de los aportes de los participantes para alimentar, ajustar y/o complementar el estudio.

0.4.3.2. Componente Demográfico

El municipio de San Luis se encuentra situado en el departamento de Tolima. Su término municipal limita por el norte con Ibagué y Coello, por el sur con Saldaña y Ortega, por el este con Guamo y por el oeste con Rovira y Valle de San Juan. Respecto a la unidad territorial del área de influencia del proyecto, esta corresponde al corregimiento de Payandé, el cual está ubicado al norte del municipio de San Luis y se caracteriza por tener una autonomía funcional con respecto a la cabecera urbana del municipio, y contar con unas dinámicas socioeconómicas propias, que se orientan estrechamente a flujos de intercambio con Ibagué, Espinal y Bogotá.

En esta unidad territorial al igual que lo presentado para todo el municipio de San Luis, la mayoría de su población se reconoce como no perteneciente a un grupo étnico. Es así, como el 98,35% de la población menciona que no hace parte de ningún grupo étnico, mientras quienes afirman que sí, corresponde a una proporción marginal inferior al 2%.

De acuerdo con la información obtenida del censo DANE 2018, en el corregimiento de Payandé habitan 2850 personas, de las cuales el 52,7% son hombres y el 47,29% son mujeres. En cuanto a la distribución por edad de la población del corregimiento por grupos quinquenales, de acuerdo con el DANE, la tendencia es similar a la presentada por el municipio de San Luis, donde hay una especie de cintura o reducción de los grupos de población en edades productivas, especialmente entre los 20 y 44 años. La mayor concentración de población se encuentra en el grupo entre los 10 a 14 años.

Respecto a los patrones de asentamiento, el corregimiento de Payandé se caracteriza por ser nucleado, con una amplia vocación comercial y de servicios, y con un número importante de población que se desempeña en las minas de caliza que circundan al corregimiento. Adicionalmente es un lugar apeteído por adultos y adultos mayores puesto que sus condiciones geográficas y su agradable clima han hecho de Payandé un importante centro urbano dentro de San Luis, que actualmente reviste incluso mayor importancia, que la cabecera municipal.

El casco urbano del corregimiento se encuentra dividido en 11 barrios, adicionalmente cuenta con un área rural aledaña semi dispersa en la que se encuentran varias fincas dedicadas al turismo mediante la prestación de servicios de recreación como balnearios y restaurantes, así como realización de actividades agropecuarias.

0.4.3.3. Componente Espacial

Respecto a servicios públicos, el corregimiento de Payandé cuenta con los servicios básicos de luz, acueducto y gas natural. La cobertura del acueducto y la recolección y disposición de residuos sólidos es del 100%, sin embargo en algunas zonas rurales existe una deficiencia en el transporte del agua y se tienen problemas con el suministro de agua potable. El sistema de alcantarillado tiene una cobertura del 90% y el centro poblado no cuenta con un sistema de tratamiento de aguas residuales. El servicio de gas se presta de manera permanente y tiene una cobertura del 96,73% .

En cuanto a servicios sociales, el corregimiento de Payandé cuenta con una fortaleza en la infraestructura educativa, ya que especialmente a sus sedes urbanas se le han invertido recursos constantemente, adecuando las instalaciones para las necesidades de los estudiantes, al igual que a la educación que reciben. Mientras que solo posee un Centro de Salud, adscrito al Hospital Serafin Montaña de San Luis, en el cual se le suministra los servicios básicos a la población, para urgencias deben ir al Hospital de San Luis directamente. Para la práctica deportiva y recreativa se tienen destinados algunos escenarios, algunos de los cuales se encuentran en estado regular. Respecto al tema de vivienda se identificó que, existen varios obstáculos para acceder a viviendas nuevas y a la titularidad de las ya existentes en el corregimiento, debido a que el terreno en el cual se erigió el centro poblado, perteneció a la curia quién cedió y otorgó terrenos a particulares sin establecer figura de compraventa sobre los terrenos, lo que ha dificultado establecer la titularidad.

Respecto a infraestructura vial, en general, Payandé se articula a la región y al país, a través de carretera asfaltada, conocida como vía Payandé-Buenos Aires y a través de la vía Payandé- San Luis. Al interior del centro poblado, el corregimiento cuenta con una estructura urbana de tipo línea, con una longitud aproximada de 7.856,00 metros lineales. Algunas de las principales vías terciarias son: Centro Poblado de Payandé-Vereda El Salitre, Vereda El Salitre-Vereda el Porvenir, Carreteable Minas de Mármol-Veredas Payandé y el Salitre. Como aspecto de interés respecto a la movilidad de la población en el AI de la presente modificación, es importante mencionar un paso localizado al interior de la Mina la Esmeralda, el cual ha sido utilizado por parte de la población, principalmente trabajadores, mineros informales y pobladores de las veredas de la parte alta, como son las veredas el Porvenir, El salitre, y sector de la Resaca; para conectar con el centro poblado de Payandé, evitando así el uso de la vía SOPLAMICOS, que aunque es la vía establecida para tal fin, en la práctica representa mayores tiempos de desplazamiento, por lo cual se optó por acortar recorrido mediante la utilización del camino minero, localizado en el predio la Esmeralda de Cemex.

0.4.3.4. Componente Económico

En relación con la distribución de la superficie de los predios, particularmente para el área rural del corregimiento, a partir de información consultada en el IGAC se tiene que la mediana y gran propiedad corresponden solo a un 5% del total; mientras que este indicador para San Luis corresponde al 47%, de acuerdo con lo cual, se evidencia para el área rural del

corregimiento de Payandé, una tendencia a la fragmentación de la tierra, si se tiene en cuenta que de acuerdo con datos oficiales de la entidad (IGAC) el microfundio corresponde al 89% del total de predios rurales del corregimiento.

En cuanto a tenencia directa un 45% corresponde a propietarios y 55% a tenedores; esta última condición prevalece en el centro poblado del corregimiento, debido a que los terrenos donde hoy se localiza el centro poblado, fueron donados en la época de la colonia a la curia, institución que posteriormente distribuyó la tierra entre los pobladores, sin embargo el traslado de la titularidad ha sido un proceso engorroso pues implica la realización de un trámite denominado cédula real; adicionalmente, teniendo en cuenta que San Luis no cuenta con oficina de registro, este debe hacerse en el Guamo, y el registro de escrituras en Ibagué, lo que dificulta aún más el proceso, sumado al elevado costo de este trámite, por lo cual la mayoría de pobladores cuenta con un documento denominado carta - venta.

Las actividades productivas del corregimiento de Payandé relacionadas con el desarrollo agropecuario se concentran en orden de importancia en los cultivos de maíz, producto de gran relevancia de manera general en el municipio de San Luis, reportándose para Payandé, una producción aproximada de 40.000 Toneladas al año, es decir, el equivalente a la tercera parte de la producción del municipio. En segunda línea de importancia se encuentra el plátano aunque con una producción considerablemente menor, reportándose por parte de la comunidad entrevistada un aproximado de 5000 racimos al año. En tercera instancia se reporta la producción de café cuya unidad de medida es referida en cargas, reportándose de manera anual un aproximado de 30.000 cargas; y en cuarto lugar se encuentra la producción de frutas principalmente cítricos, calculada en aproximadamente 15.000 cargas al año. Es importante mencionar que es predominante en el corregimiento la agricultura de autoconsumo principalmente con cultivos básicos como el maíz, la yuca y el plátano

Respecto al sector secundario, Payandé como corregimiento presenta un panorama similar a la del resto del municipio, en la medida que no ha logrado generar un contexto propicio para la generación de valor agregado. No se identifican industrias ni empresas dedicadas a la transformación industrial y agroindustrial; no obstante, el desarrollo de la minería, tiene un papel de importancia en la economía del corregimiento, identificándose en el municipio el desarrollo de la pequeña, mediana y gran minería, siendo esta última la más reconocida por la población; la cual es realizada a cielo abierto por la empresa Cemex Colombia, en la mina la Esmeralda. De acuerdo con la información recopilada en campo el 70% de la población económicamente activa del corregimiento se encuentra dedicada a esta actividad bien sea en pequeña, mediana minería y minería a gran escala, bien sea de manera directa o a través de contratistas, condición que aplica especialmente para la gran minería.

En relación con el sector terciario, este corresponde a las unidades económicas, o establecimientos, principalmente correspondientes al comercio minorista, categoría donde se encuentran los establecimientos que atienden la demanda de la población local del corregimiento de Payandé. De acuerdo con la información recopilada en el inventario realizado en el centro poblado del corregimiento de Payandé como parte de los ejercicios de caracterización adelantados para el presente estudio, se identificaron un total de 100 negocios, dentro de los cuales el 74% tiene como objeto la venta de productos, dentro de los cuales los principales corresponden a alimentos, ropa, medicamentos, insumos, variedades, herramientas, y artículos de oficina y escolares; mientras que el 26% restante se dedica a la prestación de servicios como restaurantes, hoteles, talleres de mecánica, reparación de electrodomésticos, peluquería, impresiones y fotocopiado, odontología y servicios veterinarios, entre otros.

Respecto a las características del mercado laboral el corregimiento de Payandé, el panorama no es distinto al que se presenta en el municipio de San Luis, en la medida que tiene una importante fuerza laboral pero que no logra conseguir un empleo, razón que explica en gran parte la forma de la pirámide poblacional ya descrita en el componente demográfico del municipio, en la cual se evidencia una disminución importante de la población en edad de trabajar, que decide migrar hacia Ibagué Bogotá u otras ciudades principales en busca de oportunidades de empleo.

0.4.3.5. Componente Cultural

Dentro del corregimiento de Payandé no existen monumentos y/o sitios declarados por el Ministerio de Cultura como Bienes de Interés Cultural, sin embargo, hay algunos lugares que son reconocidos socialmente como patrimonio material del centro Poblado; dentro de estos se encuentran: Un presunto camino real, las ruinas de Puente Viejo, el monumento al minero, la iglesia de Santa Bárbara, la zona de fósiles y las cuevas del Mohan. Dentro de la historia oral se tienen

referenciados otros puntos: las cuevas de Valencia y otro puente, llamado puente libertos, que llevaba a Ibagué. Sin embargo, no se ha hallado evidencia de esta infraestructura.

La práctica cultural más relevante en relación con el proyecto es la minería, como ya se ha expuesto anteriormente, el municipio de San Luis y el corregimiento de Payandé tienen una herencia minera desde la conquista española. Desde aquel momento, la zona ha sido explotada por la riqueza de sus minerales: oro, plata, cobre, caliza, arena, mármol; es por esto que allí se asentaron los primeros pobladores y la razón para que CEMEX se encuentre en el territorio. La minería es parte fundamental para el desarrollo de la comunidad de Payandé, sin embargo, la minería a gran escala ha sido factor generador de conflictos ambientales y sociales.

Precisamente, en cuanto a uso y manejo del entorno, una de las principales actividades desarrolladas en Payandé, es el aprovechamiento de los recursos naturales no renovables, específicamente los yacimientos de caliza y otros minerales localizados en las afueras del corregimiento, a través de la minería tanto formal como artesanal. Actividad con la que han convivido a lo largo de décadas y que incluso ha sido transmitida de generación en generación, tendiendo a la formalización de la actividad cada vez en búsqueda de implementación de más y mejores medidas de manejo que hagan ambiental y económicamente viable la explotación del mineral.

Dentro de los rasgos preponderantes de gran parte de la población, se encuentra el arraigo al territorio. A los pobladores de Payandé les gusta mucho vivir allí, desean poder desarrollarse y encontrar trabajo dentro del centro poblado, las personas que migran a otros lugares suelen volver en las vacaciones o cuando finalizan sus contratos laborales. Esta situación es común tanto en los jóvenes, como en los adultos mayores, no existe diferenciación etaria frente a este deseo. Los jóvenes suelen volver después de terminar sus estudios universitarios y/o sus primeros trabajos, las personas pensionadas regresan a Payandé para vivir y disfrutar de su pensión, en general manifiestan que es “un buen vivero”.

0.4.3.6. Componente Político Organizativo

En el municipio de San Luis, y de manera particular en el corregimiento de Payandé, adicional a la presencia de instituciones públicas que configuran la estructura del Estado en su organización local (a nivel municipal), se encuentran otros actores de importancia que por la naturaleza de su organización inciden en las dinámicas de desarrollo territorial. No obstante, el grado de maduración de estas organizaciones en su mayoría es aún incipiente; vale la pena mencionar que aunque están emergiendo emprendimientos en el municipio y especialmente en el corregimiento de Payandé, relacionados con prestación de servicios turísticos, ambientales, o comercialización de productos, los cuales se encuentran liderados en su mayoría por mujeres, San Luis a hoy no dispone de una estructura productiva fuerte en el productivo y especialmente en el sector agrícola y requiere de una estructura estratégica para garantizar la operatividad del Sector Agropecuario.

en términos de la organización y participación comunitaria, en los últimos tiempos se ha presentado una transformación en el territorio, si bien es cierto, la Junta de Acción comunal es la organización social reconocida por excelencia en el corregimiento de Payandé, y se encuentra legítimamente constituida por un Presidente, Vicepresidente, Tesorero, Secretario, Fiscal y demás integrantes; de acuerdo con lo evidenciado en desarrollo del estudio de impacto ambiental para la presente modificación de licencia, no se percibió un ejercicio activo de la participación en las actividades relacionadas con el desarrollo del proyecto a las cuales fueron convocados. Al respecto, de acuerdo con la información recopilada en el territorio existe la percepción que el papel de esta organización se ha tornado un poco pasivo, respecto a este tipo de procesos, lo que puede corresponder no necesariamente a desinterés o pasividad, sino a una postura de oposición o rechazo frente al proyecto.

Al margen de lo anterior, respecto a la participación comunitaria han surgido importantes instancias e iniciativas, dentro de las cuales se destaca de manera especial el papel de la mujer, a través del surgimiento de organizaciones y emprendimientos que han fomentado nuevas formas de organización y participación comunitaria, no obstante, la organización social en torno a las actividades económicas en el municipio de San Luis y en el corregimiento de payandé es aún incipiente, si bien es cierto se ha logrado algún nivel de organización en torno a algunas actividades esta corresponde principalmente a emprendimientos relativamente recientes que se encuentran en proceso de maduración, cuya influencia no representa hasta el momento algún tipo de incidencia sobre las dinámicas político organizativas del territorio. Se espera que de acuerdo con las apuestas de la administración municipal, y las expectativas de un sector de la

comunidad, en el mediano plazo se pueda posicionar el turismo como una actividad económica de importancia que permita posicionar el territorio y re configurarlo en torno a esta actividad, teniendo en cuenta que si bien es cierto, la minería reviste un grado de importancia en el contexto económico del corregimiento de Payandé y ha presentado avances respecto a la organización del gremio, especialmente en lo que a pequeña minería se refiere, no se prevé una mayor desarrollo o perspectiva futura de crecimiento a gran escala de esta actividad.

0.4.4. Servicios Ecosistémicos

El proyecto tendrá un impacto bajo sobre los bienes y servicios de aprovisionamiento agua, cultivos y ganadería, de alta dependencia de la comunidad asociado al impacto Cambios en los parámetros fisicoquímicos y biológicos del suelo.

De igual forma, el proyecto tendrá un impacto medio para servicios de regulación como la captura y almacenamiento de CO₂, y control de la erosión, de dependencia media para las comunidades asociado al impacto sobre el componente flora.

Los servicios culturales asociados a los sitios de recreación, tendrán un nivel de impacto bajo asociados al impacto cambio en el paisaje, donde se identificó una dependencia media para las comunidades.

0.5. ZONIFICACIÓN AMBIENTAL

La zonificación ambiental para el área de influencia del proyecto se obtiene como resultado de la superposición de los mapas de zonificación de los tres medios (Abiótico, Biótico y Socioeconómico), desarrollados en los numerales inmediatamente anteriores y de acuerdo con lo propuesto en la metodología. Como resultado de esta superposición se obtiene la zonificación ambiental del área de influencia presentada en la Figura 40 y Tabla 18.

Se identifican zonas en nivel de Fragilidad, que corresponden a las áreas para el mantenimiento del equilibrio ecológico básico importante para la regulación climática e hídrica definidas en el POT del municipio de San Luis, que ocupan un área de 0,40 ha, es decir 0,02% de la superficie total del Área de Influencia del Proyecto, y que se encuentra fuera de la zona de intervención del proyecto.

En condición de alta sensibilidad se identifica un área de 314,08 ha (17,98% del área de influencia); desde el medio biótico se asocia a las coberturas de bosque de galería y mayor nivel de conectividad; desde el medio abiótico se asocia a la presencia de áreas de restauración de la mina y riesgo de inundación en el río Coello; y desde el medio social alta sensibilidad se identifica dada la presencia del centro poblado.

La sensibilidad media se identifica con un área de 1146,63 ha (65,67%) correspondiente desde el medio abiótico al riesgo de remoción en masa y riesgo por vibraciones medio, desde el medio biótico se asocia a la presencia de coberturas de vegetación secundaria, a unidades de paisaje con visibilidad alta y fragilidad visual baja y a la presencia de áreas de interés identificadas en los POMCA de los ríos Coello y Luisa

La condición de sensibilidad baja se identifica en un área de 57,98 ha (3,32 % del área de influencia) y corresponde desde el medio abiótico a la sobreutilización ligera de los suelos y a áreas de sensibilidad ambiental por afectaciones en la calidad del aire; en el medio biótico se asocia a la presencia de coberturas vegetales intervenidas, al paisaje con visibilidad media y fragilidad visual baja; y desde el componente social se identifican zonas con actividad pecuaria, acuícola y la mediana propiedad, junto con la presencia de vías secundarias, terciarias y el camino veredal al interior de la mina Esmeralda y potencialidad (226,89 ha) 12,99% del área de influencia, respectivamente. Dentro del área de intervención del proyecto se observa únicamente los niveles de sensibilidad de alta y mediana sensibilidad.

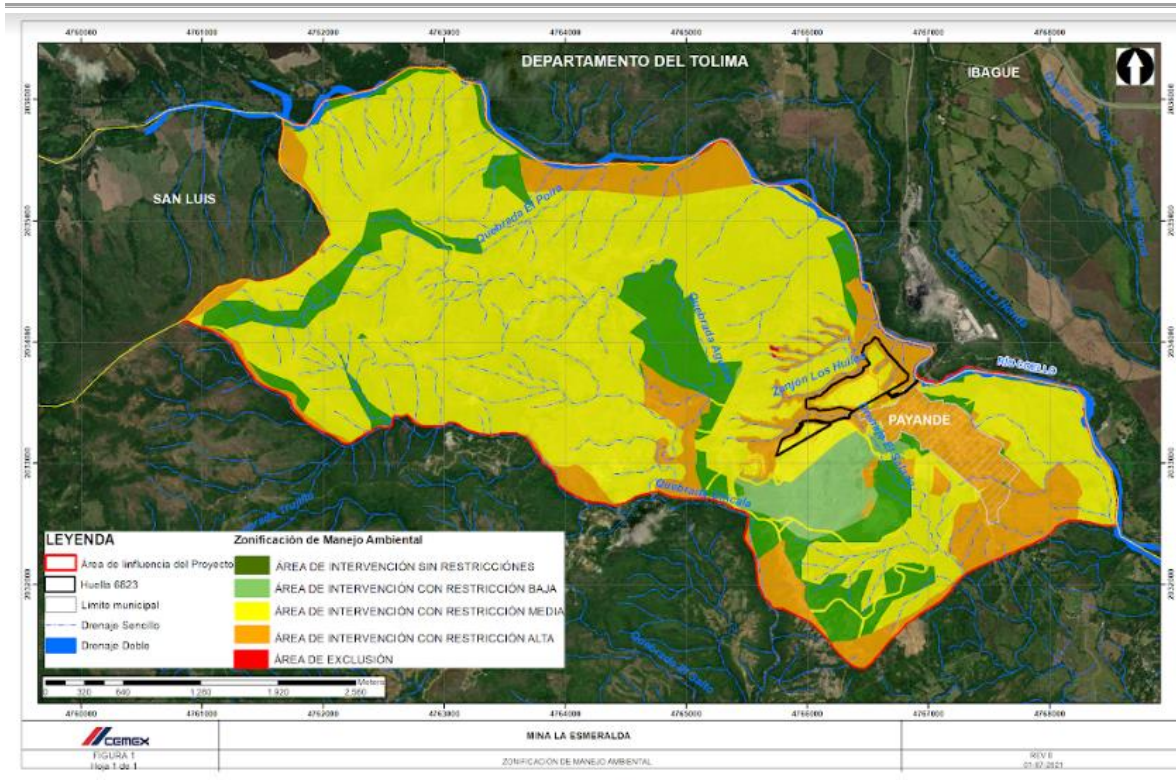


Figura 45. Zonificación ambiental para el Proyecto
Fuente: Elaboración propia

Tabla 49. Resultados de la espacialización de la sensibilidad ambiental para el área de influencia de la modificación de licencia TM 6823

Categoría de zonificación ambiental para el AI	Participación en el Área de Influencia	
	(ha)	(%)
Áreas en condición de Fragilidad ante intervenciones externas	0,40	0,02
Áreas con Alta Sensibilidad ante intervenciones externas	314,08	17,98
Áreas con Mediana Sensibilidad ante intervenciones externas	1146,63	65,67

DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 0.RESUMEN EJECUTIVO

Áreas con Baja Sensibilidad ante intervenciones externas	57,98	3,32
Áreas con Potencialidad ante intervenciones externas	226,89	12,99
Total Área de Influencia del Proyecto	1746,00	100,0

Fuente: Elaboración propia.

0.6. DEMANDAS USO Y AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES

0.6.1. Concesión de aguas

No se consideran captaciones de fuentes hídricas naturales superficiales continentales o marítimas para los usos definidos como consumo humano u otro uso industrial; debido a que el proyecto utilizará el recurso a través de la infraestructura existente y permisos ya incluidos en el complejo minero. Para la ampliación de las áreas de explotación del título minero 6823 se requiere concesión de aguas superficiales del fondo del pit de la mina (4766562E, 2033667N), el cual recibe los aportes de agua de escorrentía superficial del área del proyecto. El agua será tratada y vertida al río Coello. La cantidad de agua calculada y solicitada para este permiso corresponde a 94 l/s por el tiempo de explotación de caliza de este título minero, es decir por un periodo de 20 años.

De acuerdo a las nuevas actividades, no se identifica que se requiere demanda de aguas subterráneas por la explotación de caliza del título 6823. La comprobación se realizó a partir de los resultados obtenidos en el modelo hidrogeológico numérico de la caracterización del área de influencia en donde se observó que el nivel de agua respecto a la topografía actual del tajo está entre 125 m y 16 m (cota mínima actual), por lo cual actualmente no existiría injerencia de las operaciones de excavación sobre el agua subterránea; además se evidencia claramente la desconexión de los drenajes superficiales con el agua en el acuífero, que fluye en dirección W-E.

0.6.2. Vertimientos

Por la ampliación de las áreas de explotación del título mineros 6823 no se generan aguas residuales domésticas e industriales adicionales. Las aguas residuales seguirán siendo manejadas, tratadas y reutilizadas dentro de la infraestructura existente en la explotación actual y licenciada en el PMA del título 4205.

Para efectos del presente trámite para el área de explotación del título 6823, se llevará a cabo solicitud de permiso de vertimiento de aguas de escorrentía que serán canalizadas y tratadas en una piscina de sedimentación para posteriormente ser descargadas en cuerpo de agua superficial - Río Coello en la coordenada 4766907E, 2033679N. La cantidad de agua de vertimiento corresponde a la cantidad de agua establecida en el modelo de escorrentía realizado en el aparte de concesión de agua, es decir 94 l/s por el tiempo de explotación de caliza de este título minero (20 años).

0.6.3. Ocupación de cauce

Dentro de las actividades de explotación minera se requiere la construcción de la estructura de descarga de las aguas de escorrentía que se almacenan en el fondo del PIT, y que serán descargadas al río Coello, por lo que teniendo en cuenta la información de caudales de escorrentía y sistema de bombeo, se estableció las obras hidráulicas requeridas para la descarga de aguas al río Coello y que generan ocupación de cauce en las coordenadas 4766907E, 2033679N.

Adicionalmente, se aclara que los drenajes estacionales interceptados por el pit de explotación no son objeto de permiso de ocupación de cauce, dado que la ocupación de cauce corresponde a la estructura de descarga del vertimiento de las aguas del pit de explotación, cuya modelación hidráulica incluye el área aferente de estos drenajes.

0.6.4. Aprovechamiento forestal

El área objeto de aprovechamiento forestal cubre un área total de 13,11 ha y se encuentra en dos tipos biomas (ZHTC y ZATTG) y cada uno presenta las mismas coberturas de porte leñoso: bosque de galería, vegetación secundaria alta y pastos arbolados. A partir del muestreo realizado en campo mediante parcelas para las coberturas de bosque de galería y vegetación secundaria alta y el censo en pastos arbolados, para el área muestreada en el título 6823 se obtuvo un volumen total de 249,92 m³ (140,90 m³ en ZATTG y 109,03 m³ en ZHTC), volumen comercial de 108,00 m³ (69,82 m³ en ZATTG y 38,18 m³ en ZHTC), biomasa total de 143,6 t (67,96 t en ZATTG y 75,6 t en ZHTC) y Carbono de 71,8 t (33,98 t en ZATTG y 37,8 t en ZHTC). Se identificaron 419 individuos con alguna categoría de amenaza según la UICN, entre estas se destaca la especie *Machaerium capote* presenta distribución casi-endémica.

0.6.5. Especies de flora en veda

A partir del muestreo se lograron obtener registros de siete especies vasculares distribuidas en la familia de orquídeas y bromelias (Orchidaceae y Bromeliaceae). La especie más abundante y frecuente fue la bromelia *Pitcairnia echinata*, seguida en abundancia por *Tillandsia flexuosa* que en conjunto corresponden a aproximadamente el 71,7% de la abundancia total mientras que la orquídea más abundante fue el *Cyrtopodium sp.* En términos de frecuencia se encuentra *P. echinata*, *Cyrtopodium sp.* y la bromelia *Bromelia karatas*, mientras las demás especies presentaron frecuencias menores al 10%. Aunque ninguna especie se encuentra en alguna categoría de amenaza global o nacional, todas las especies registradas están en veda nacional por la Resolución 0213 de 1977 (INDERENA) y las orquídeas están incluidas en el apéndice II de la convención CITES.

Para las especies de epífitas no vasculares se obtuvieron 56 especies distribuidas en 24 familias, donde los líquenes se destacan por presentar 42 especies, once especies de musgos y tres especies de hepáticas. Las especies más abundantes fueron la hepática *Lejeunea trinitensis* y el musgo *Pelekium involvens* que corresponden al 24% de la diversidad no vascular en el área de estudio, además el líquen más abundante fue *Physcia solediosa* con una abundancia relativa de 6,9%. En términos de su frecuencia, las hepáticas *Frullania ericoides*, *L. trinitensis* y el líquen *Cryptothecia striata* se presentaron en el 41,2% de todas las muestras, los sustratos más utilizados corresponden a microambientes epífitos y rupícolas. Todas las especies se encuentran protegidas dentro de la Resolución 0213 de 1977 (INDERENA) y ninguna se encuentra bajo alguna categoría de amenaza, protección CITES o categoría de endemismo.

0.6.6. Emisiones atmosféricas

El complejo minero La Esmeralda cuenta con un permiso de emisiones atmosféricas por medio de la resolución 1859 del 26 de junio de 2018, por la cual Cortolima renovó permiso de emisiones atmosféricas otorgado mediante la resolución No. 2744 del 11 de julio de 2011, para la actividad de explotación, cargue y transporte de caliza en la mina La Esmeralda en el corregimiento de Payandé, municipio de San Luis, departamento del Tolima, a favor de la sociedad CEMEX COLOMBIA S.A, por un término de cinco años. No obstante, para el título 6823 se proyecta la solicitud del permiso de emisiones atmosféricas para fuentes fijas exclusivamente para el pit de explotación de caliza del proyecto.

0.7. EVALUACIÓN AMBIENTAL

0.7.1. Evaluación ambiental con y sin proyecto.

De los 17 impactos identificados, tres no se califican como impactos en el escenario sin proyecto (Alteración a la calidad del recurso hídrico superficial (río Coello), variación en el nivel de vibraciones y Cambios en la movilidad por modificación de trazado de camino veredal

Los principales elementos que inciden en el cambio en la tendencia en el escenario actual son la existencia del proyecto minero Mina esmeralda con el TM 4205. . Bajo este escenario se establece un impacto con cambio significativo en la

tendencia sobre el grupo de componentes, componente o factor analizado, 11 presentan un cambio moderadamente significativo y en dos de ellos el cambio sobre el factor analizado es poco significativo.

En la siguiente tabla se relacionan los impactos negativos identificados para escenario sin proyecto. No se presentan en el escenario sin proyecto, impactos positivos.

Tabla 50. Impactos negativos - escenario sin proyecto

NOMBRE DEL IMPACTO		CLASIFICACIÓN		
		SIGNIFICANCIA	CLASE	PUNTAJACIÓN
IMP ABI 01	Cambios en la morfometría del terreno	Poco Significativo	-	3,08
IMP ABI 02	Alteración de la disponibilidad del agua superficial	Moderadamente Significativo	-	4,02
IMP ABI 03	Alteración en la dinámica del flujo de agua superficial	Moderadamente Significativo	-	4,02
IMP ABI 04	Alteración de las condiciones geotécnicas	Poco Significativo	-	3,24
IMP ABI 05	Cambio en las propiedades fisicoquímicas y biológicas del suelo	Moderadamente Significativo	-	5,08
IMP ABI 06	Alteración a la calidad del recurso hídrico superficial (río Coello)	NEUTRO	NEUTRO	NEUTRO
IMP ABI 07	Alteración a la calidad del aire	Moderadamente Significativo	-	4,75
IMP ABI 08	Alteración en los niveles de presión sonora	Moderadamente Significativo	-	4,23
IMP ABI 09	Variación en el nivel de vibraciones	NEUTRO	NEUTRO	
IMP ABI 10	Cambio en el paisaje	Moderadamente Significativo	-	5,52
IMP ABI 11	Generación de residuos sólidos	Moderadamente Significativo	-	5,52
IMP BIO 01	Afectación de cobertura vegetal	Moderadamente Significativo	-	4,57
IMP BIO 02	Afectación de especies de flora en veda	Moderadamente Significativo	-	4,85
IMP BIO 03	Afectación de fauna silvestre	Moderadamente Significativo	-	4,57
IMP BIO 04	Afectación de la hidrobiota	Moderadamente Significativo	-	4,86
IMP SOC 01	Generación de expectativas y potenciación de conflictos.	Significativo	-	6,07
IMP SOC 02	Cambios en la movilidad por modificación de trazado del sendero rural	NEUTRO	NEUTRO	

Fuente. Elaboración propia

En cuanto los impactos bajo el escenario con proyecto, se registran 17. En las siguientes tablas se presenta su significancia tanto para los impactos positivos como para los negativos

Tabla 51. Impactos positivos - escenario con proyecto

NOMBRE DEL IMPACTO		CLASIFICACIÓN		
		SIGNIFICANCIA	CLASE	PUNTUACIÓN
IMP SOC 02	Cambios en la movilidad por modificación de trazado de sendero rural	Moderadamente Significativo	.+	5,70

Fuente. Elaboración propia

Tabla 52. Impactos negativos - escenario con proyecto

NOMBRE DEL IMPACTO		CLASIFICACIÓN		
		SIGNIFICANCIA	CLASE	PUNTUACIÓN
IMP ABI 01	Cambios en la morfometría del terreno	Moderadamente Significativo	-	4,48
IMP ABI 02	Alteración de la disponibilidad del agua superficial	Moderadamente Significativo	-	4,02
IMP ABI 03	Alteración en la dinámica del flujo de agua superficial	Moderadamente Significativo	-	4,02
IMP ABI 04	Alteración de las condiciones geotécnicas	Poco Significativo	-	3,52
IMP ABI 05	Cambio en las propiedades fisicoquímicas y biológicas del suelo	Poco Significativo	-	3,52
IMP ABI 06	Alteración a la calidad del recurso hídrico superficial (río Coello)	Poco Significativo	-	4,00
IMP ABI 07	Alteración a la calidad del aire	Moderadamente Significativo	-	4,79
IMP ABI 08	Alteración en los niveles de presión sonora	Moderadamente Significativo	-	4,19
IMP ABI 09	Variación en el nivel de vibraciones	Poco Significativo	-	3,85
IMP ABI 10	Cambio en el paisaje	Moderadamente Significativo	-	5,84
IMP ABI 11	Generación de residuos sólidos	Moderadamente Significativo	-	4,04
IMP BIO 01	Afectación de cobertura vegetal	Moderadamente Significativo	-	4,71

NOMBRE DEL IMPACTO		CLASIFICACIÓN		
		SIGNIFICANCIA	CLASE	PUNTUACIÓN
IMP BIO 02	Afectación de especies de flora en veda	Moderadamente Significativo	-	5,07
IMP BIO 03	Afectación de fauna silvestre	Moderadamente Significativo	-	4,54
IMP BIO 04	Afectación de la hidrobiota	Poco Significativo	-	3,42
IMP SOC 01	Generación de expectativas y potenciación de conflictos.	Significativo	-	6,05

Fuente. Elaboración propia

Como resultado de la calificación de los impactos que el proyecto puede generar sobre el territorio se obtuvo el valor de significancia de cada uno de ellos, identificando que, entre los 17 impactos identificados, uno sobre el medio socioeconómico, ha sido catalogado con grado de significativo (Generación de expectativas y potenciación de conflictos).

La espacialización de estos impactos significativos define el área de influencia del proyecto, de acuerdo con lo establecido por la Metodología para la elaboración y presentación de estudios ambientales⁵ y tal como se desarrolla en el ...Capítulo 4 - Numeral 4.3.4 ... del presente estudio.

0.7.2. Evaluación económica.

El proyecto del Título Minero TM 6823 identificó un impacto que clasifica como significativo, generación de expectativas y potenciación de conflictos, lo que implica que este impacto alcanzó la mayor importancia y debe ser seleccionado como relevante en el análisis económico.

La acción preventiva y de control de los planes de manejo PMA-SOC-01 Programa de información y participación comunitaria y PMA-SOC-04 Programa de manejo de expectativas de la población permiten suponer la internalización del impacto en la fase ex ante del proyecto, aspectos que se confirmaran en el seguimiento del proyecto en los informes de cumplimiento ambiental ICA.

0.8. ZONIFICACIÓN DE MANEJO

Como resultado de la superposición de los tres mapas intermedios (zonificación medio físico, biótico y socioeconómico) y de acuerdo con las restricciones definidas desde los mapas de zonificación de manejo intermedios que alimentan el mapa final, la mayor proporción del área de influencia de la modificación de licencia para el TM 6823, se clasifica como de intervención con restricción media (67,67%).

A continuación se presentan las principales restricciones identificadas en relación con las categorías de manejo establecidas

Tabla 53. Restricciones identificadas para las categorías de zonificación de manejo y su relación con el proyecto

⁵ Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - MADS / Autoridad Nacional de Licencias Ambientales - ANLA. Metodología general para la elaboración y presentación de estudios ambientales. 2018.

Categoría de zonificación de manejo	Medio	Grupo de componentes, componente, factor o atributo identificado en la categoría de zonificación de manejo	Relación con el proyecto	Restricción identificada
Exclusión				
No se puede realizar ninguna intervención sobre estas áreas				
Intervención con restricción alta	Abiótico	Corresponde las zonas de restauración de la mina La Esmeralda concerniente a los taludes y bermas revegetalizadas de la zona de retrolenado de puzolana, escombrera inferior y escombrera superior que suman alrededor de 7,8 ha que corresponden al 3,5% del área de influencia del medio abiótico,	Estas zonas no se encuentran dentro del área de intervención del proyecto.	Para su intervención requieren de la aplicación de medidas de manejo diferenciales, de acuerdo con los impactos que lo afecten directamente. Estos impactos y sus manejos asociados se desarrollan en el presente estudio de impacto ambiental (..Capítulo 8... y ...Capítulo 10... , respectivamente).
	Abiótico	Corresponde al área localizadas dentro del pit minero, asociadas a presentar procesos de remoción en masa y a una zona de inundación del río Coello para un periodo de retorno de 2,33 años	Dentro del área se pueden presentar en 1,78 ha por remoción en masa y 0,17 ha por mancha de inundación	Para su intervención requieren de la aplicación de medidas de manejo diferenciales, de acuerdo con los impactos que lo afecten directamente. Estos impactos y sus manejos asociados se desarrollan en el presente estudio de impacto ambiental (..Capítulo 8... y ...Capítulo 10... , respectivamente).
	Biótico	Se presentan áreas de especial interés ambiental asociada con el nivel alto producto de la presencia de coberturas naturales de bosque de galería, la presencia de cuerpos de agua y zonas con nivel de conectividad alto	Estas áreas se presentan en 53,6 ha del AI	Para su intervención requieren de la aplicación de medidas de manejo diferenciales, de acuerdo con los impactos que lo afecten directamente. Estos impactos y sus manejos asociados se desarrollan en el presente estudio de impacto ambiental (..Capítulo 8... y ...Capítulo 10... , respectivamente).
	Biótico	Se presentan áreas de especial interés ambiental asociado a coberturas intervenidas y niveles de conectividad medio, y se ubica cerca a las áreas de explotación existentes	Estas áreas se presentan en 51,6 ha del AI	Para su intervención requieren de la aplicación de medidas de manejo diferenciales, de acuerdo con los impactos que lo afecten directamente. Estos impactos y sus manejos asociados se desarrollan en el presente estudio de impacto ambiental (..Capítulo 8... y ...Capítulo 10... , respectivamente).

Categoría de zonificación de manejo	Medio	Grupo de componentes, componente, factor o atributo identificado en la categoría de zonificación de manejo	Relación con el proyecto	Restricción identificada
	Biótico	De acuerdo con los instrumentos de ordenación existentes en el área de influencia biótica asociada a la presencia de rondas de protección de los cuerpos de agua	Estas áreas se presentan en 30,4 ha del AIB	Para su intervención requieren de la aplicación de medidas de manejo diferenciales, de acuerdo con los impactos que lo afecten directamente. Estos impactos y sus manejos asociados se desarrollan en el presente estudio de impacto ambiental (..Capítulo 8... y ...Capítulo 10... , respectivamente).
	Socioeconómico	Áreas destinadas a las actividades comerciales que se encuentran centralizadas en el centro poblado del corregimiento de Payandé revisten una alta sensibilidad, y corresponden al 65,25%	Estas áreas no se ven afectadas por las actividades y obras del Proyecto.	De llegar a ser intervenidas requerirían de un manejo diferencial, al afectar directamente las formas de subsistencia de las familias.
	Socioeconómico	Correspondientes a asentamientos humanos y áreas con infraestructura física de importancia social y cultural, localizados territorialmente en el centro poblado del corregimiento de Payandé, revisten una alta sensibilidad, equivalente al 2,93% del área.	Estas áreas no se ven afectadas por las actividades y obras del Proyecto	De llegar a ser intervenidas requerirían de un manejo diferencial, al afectar directamente las formas de subsistencia de las familias
Intervención con restricción media	Abiótico	Corresponde a áreas que presentan conflicto de uso del suelo por sobreutilización moderada, las cuales abarcan 1,75 ha, es decir, menos del 1% del área de influencia.	Se identifican zonas con esta condición dentro del área de intervención por el Proyecto	Para su intervención requieren de la aplicación de medidas de manejo diferenciales, de acuerdo con los impactos que lo afecten directamente. Estos impactos y sus manejos asociados se desarrollan en el presente estudio de impacto ambiental (..Capítulo 8... y ...Capítulo 10... , respectivamente).
	Abiótico	Corresponde asociado principalmente a presentar afectación por las vibraciones generadas por las voladuras	Abarcan principalmente 96,33 ha del área de influencia.	Para su intervención requieren de la aplicación de medidas de manejo diferenciales, de acuerdo con los impactos que lo afecten directamente. Estos impactos y sus manejos asociados se desarrollan en el presente estudio de impacto ambiental (..Capítulo 8... y ...Capítulo 10... , respectivamente).

DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 0.RESUMEN EJECUTIVO

Categoría de zonificación de manejo	Medio	Grupo de componentes, componente, factor o atributo identificado en la categoría de zonificación de manejo	Relación con el proyecto	Restricción identificada
Intervención con restricción alta				
	Biótico	La mayor parte del AIB presente un nivel de zonificación medio definido por el análisis de la zonificación de los POMCA (ríos la Luisa y Coello)		Para su intervención requieren de la aplicación de medidas de manejo diferenciales, de acuerdo con los impactos que lo afecten directamente. Estos impactos y sus manejos asociados se desarrollan en el presente estudio de impacto ambiental (..Capítulo 8... y ...Capítulo 10... , respectivamente).
	Socioeconómico	Correspondientes a las actividades agropecuarias	Abarcan principalmente 14,6% del área de influencia social	Para su intervención requieren de la aplicación de medidas de manejo diferenciales, de acuerdo con los impactos que lo afecten directamente. Estos impactos y sus manejos asociados se desarrollan en el presente estudio de impacto ambiental (..Capítulo 8... y ...Capítulo 10... , respectivamente).
	Socioeconómico	Corresponde a localización de vías e infraestructura de transporte	Abarcan principalmente 3,98% del área de influencia social	Para su intervención requieren de la aplicación de medidas de manejo diferenciales, de acuerdo con los impactos que lo afecten directamente. Estos impactos y sus manejos asociados se desarrollan en el presente estudio de impacto ambiental (..Capítulo 8... y ...Capítulo 10... , respectivamente).
Intervención con restricción baja	Abiótico	Corresponde a áreas que conforme al modelo de dispersión de calidad del aire, el escenario de línea base (Escenario actual) no se presentan sobrepasos de los valores límite anuales normativos de contaminantes atmosféricos. Adicionalmente, en el área de influencia no se presentan zonas declaradas de recuperación ambiental establecidas en el esquema de	Se identifican zonas con esta condición dentro del área de intervención por el Proyecto	Para su intervención requieren de la aplicación de medidas de manejo diferenciales, de acuerdo con los impactos que lo afecten directamente. Estos impactos y sus manejos asociados se desarrollan en el presente estudio de impacto ambiental (..Capítulo 8... y ...Capítulo 10... , respectivamente).

Categoría de zonificación de manejo	Medio	Grupo de componentes, componente, factor o atributo identificado en la categoría de zonificación de manejo	Relación con el proyecto	Restricción identificada
		ordenamiento territorial del municipio de San Luis.		
	Abiótico	Las áreas corresponden a las zonas asociadas a depósitos fluvio volcánicos y terrazas altas colgadas definidas para el riesgo volcánico	Corresponde a 4,59 ha	Para su intervención requieren de la aplicación de medidas de manejo diferenciales, de acuerdo con los impactos que lo afecten directamente. Estos impactos y sus manejos asociados se desarrollan en el presente estudio de impacto ambiental (..Capítulo 8... y ...Capítulo 10... , respectivamente)
Intervención	Socioeconómico	Áreas de desarrollo económico con potencialidad, correspondientes a las áreas aptas para el desarrollo minero.	Corresponde al 20,07% del total del área de influencia socioeconómica estudiada	Para su intervención requieren de la aplicación de medidas de manejo diferenciales, de acuerdo con los impactos que lo afecten directamente. Estos impactos y sus manejos asociados se desarrollan en el presente estudio de impacto ambiental (..Capítulo 8... y ...Capítulo 10... , respectivamente).
	Socioeconómico	Obedece a áreas de importancia social aptas para el desarrollo minero por lo tanto son aptas para la intervención del proyecto	Corresponde al 03,37% del total del área de influencia socioeconómica estudiada	Para su intervención requieren de la aplicación de medidas de manejo diferenciales, de acuerdo con los impactos que lo afecten directamente. Estos impactos y sus manejos asociados se desarrollan en el presente estudio de impacto ambiental (..Capítulo 8... y ...Capítulo 10... , respectivamente).

Fuente: Elaboración propia.

0.9. PLAN DE MANEJO

0.9.1. Planes de Manejo y Seguimiento

Los programas de manejo fueron diseñados para prevenir, mitigar, corregir o compensar de manera efectiva los impactos identificados en el Capítulo 8. Evaluación Ambiental, programas de manejo que se presentan definidos para los medios Abiótico, Biótico y Socioeconómico asociados con su medio respectivo y el impacto o los impactos que atienden, tal como se presenta en la siguiente tabla

Tabla 54. Programas de manejo y seguimiento definidos para los medios Abiótico, Biótico y Socioeconómico

Medio	Programa de Manejo		Programa de Seguimiento y Monitoreo	
	Código	Nombre	Código	Nombre
Abiótico	PMA-ABI-01 -	Programa para el manejo de procesos erosivos y estabilidad geotécnica	PMS-ABI-01	Monitoreo y seguimiento al plan de manejo de inestabilidades
	PMA-ABI-02	Programa de Manejo de Suelos	PMS-ABI-02	Monitoreo y seguimiento al Plan de Manejo de Suelos
	PMA-ABI-03	Programa de Manejo de Aguas	PMS-ABI-03	Monitoreo y seguimiento al Plan de Manejo de Aguas
	PMA-ABI-04	Programa de manejo de emisiones atmosféricas y de ruido	PMS-ABI-04	Monitoreo y seguimiento al Plan de Manejo de emisiones atmosféricas
	PMA-ABI-05	Programa de manejo de voladuras y vibraciones	PMS-ABI-05	Monitoreo y seguimiento al Plan de Manejo de voladuras y vibraciones
	PMA-ABI-06	Programa de Manejo de Residuos sólidos	PMS-ABI-06	Monitoreo y seguimiento al Plan de Manejo de Residuos Sólidos
Biótico	PMA-BIO-01	Programa de manejo de cobertura vegetal	PMS-BIO-01	Programa de seguimiento al manejo de cobertura vegetal
	PMA-BIO-02	Programa de manejo de las especies en veda vasculares y no vasculares	PMS-BIO-02	Programa de seguimiento al manejo de especies en veda vasculares y no vasculares
	PMA-BIO-03	Programa de manejo de fauna silvestre	PMS-BIO-03	Programa de seguimiento al manejo a la fauna silvestre
Socioeconómico	PMA-SOC-01	Programa de información y participación comunitaria	PMS-SOC-01	Programa de seguimiento y monitoreo al Programa de información y participación comunitaria
	PMA-SOC-02	Programa de educación ambiental	PMS-SOC-02	Programa de seguimiento y monitoreo al Programa de educación ambiental
	PMA-SOC-03	Programa de fortalecimiento institucional	PMS-SOC-03	Programa de seguimiento y monitoreo al Programa de fortalecimiento institucional

	PMA-SOC-04	Programa de manejo de expectativas de la población	PMS-SOC-04	Programa de seguimiento y monitoreo al Programa de manejo de expectativas de la población
	PMA-SOC-05	Programa de manejo para la movilidad de la población en nuevo trazado al interior de la mina La Esmeralda	PMS-SOC-05	Programa de seguimiento y monitoreo al Programa de manejo para la movilidad de la población en nuevo trazado al interior de la mina La Esmeralda

Fuente: Elaboración propia.

0.9.2. Plan de Gestión del Riesgo

El Plan de Gestión del Riesgo es un instrumento mediante el cual se formulan, ejecutan y evalúan las estrategias, los planes, programas, regulaciones, instrumentos, medidas y acciones permanentes para el proceso de conocimiento del riesgo, la reducción del riesgo y el manejo de desastres. Esto con el propósito explícito de contribuir a la seguridad, el bienestar, la calidad de vida de las personas y el desarrollo sostenible; el cual se enmarca en la Ley 1523 de 2012 y el decreto 2157 de 2017.

Esta normatividad se soporta en el análisis y valoración de los riesgos derivados de amenazas de origen natural, antrópico, y técnico - operativo que puedan afectar el proyecto y de los riesgos que puedan generarse a causa de la ejecución de las actividades del mismo; durante las fases de operación y cierre del proyecto. El análisis y valoración de riesgos resultante es la base para el diseño e implementación de medidas de reducción del riesgo y la formulación del plan de manejo del desastre.

En la Tabla 55 se presenta la identificación de las amenazas del proyecto.

Tabla 55. Identificación de amenazas

Origen		Descripción	
RIESGOS EXÓGENOS	Naturales	1	Ocurrencia procesos de remoción en masa
		2	Sismos
		3	Actividad volcánica
		4	Inundaciones
	Antrópicos	5	Acciones hostiles en contra de los recursos y de la infraestructura del proyecto
		6	Incendios forestales
RIESGOS ENDÓGENOS	Geotécnicos	7	Falla en los taludes en la operación minera (zona de explotación)

	Tecnológico u Operacional (ambiental)	8	Derrames e incendio por almacenamiento de combustibles
		9	Fallas en los sistemas de control de emisiones
		10	Fallas en las actividades de operación y mantenimiento de equipos / maquinaria
		11	Accidentes vehiculares: Choque o colisión, volcamiento

Este tipo de consecuencias potenciales o colaterales se pueden presentar como efecto dominó de la materialización del riesgo exógeno o endógeno identificado. A continuación, en la Tabla 56 se realiza una identificación de consecuencias colaterales para los escenarios de riesgo de la concesión minera 745 mina Esmeralda.

Tabla 56. Consecuencias potenciales o colaterales de los escenarios de riesgo

No	Escenario de Riesgo	Consecuencias potenciales o colaterales
1	Ocurrencia de movimientos en masa naturales en el área de influencia del Proyecto	Ninguna
2	Sismos en el área de influencia del Proyecto	Ninguna
3	Erupción del Volcán Cerro Machín	Ninguna
4	Inundaciones por desbordamiento del Río Coello	Ninguna
5.1	Hurto, vandalismo, desmantelamiento y/o daño de equipos	- Interrupción de la operación - Daño de equipos
5.2	Terrorismo (atentados indiscriminados y masivos con armamento y explosivos contra el personal, las instalaciones y frentes de obra)	- Interrupción de la operación - Daño de equipos - Múltiples fatalidades - Incendios, derrames o explosiones - Fatalidad de terceros
6	Incendios forestales	- Interrupción de la operación - Daño de equipos - Posibles fatalidades (personal, contratistas y terceros) - Degradación del suelo - Disminución temporal de la calidad del aire - Pérdida de biodiversidad y recursos boscosos
7	Escenario 7.1: Falla en los taludes en la zona de explotación. Falla en el talud noreste (T7) y suroeste (T9 y 10)	- Interrupción de la operación. - Daño de equipos - Pérdida de reservas - Posibles fatalidades (personal y contratistas)
	Escenario 7.2: Falla en los taludes en la zona de explotación. Falla en el talud sureste (T8)	- Interrupción de la operación. - Daño de equipos - Pérdida de reservas - Posibles fatalidades (personal y contratistas)

No	Escenario de Riesgo	Consecuencias potenciales o colaterales
	Escenario 7.3: Falla en los taludes en la zona de explotación. Falla en los demás taludes de excavación.	- Interrupción de la operación. - Daño de equipos - Pérdida de reservas - Posibles fatalidades (personal y contratistas)
8	Incendio en tanque de ACPM	- Fatalidad - Interrupción de la operación - Incendio forestal
9	Emisiones por encima de los límites máximos permisibles (Escenario Crítico: 24 horas en Condición máxima de explotación de mineral (Año 10) - Sin medidas de control)	Ninguna
10	Fallas en las actividades de operación y mantenimiento de equipos / maquinaria	- Interrupción de la operación - Daño de equipos
11	Accidentes vehiculares en las vías internas de la mina	- Interrupción de la operación

Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, según los resultados de la calificación del riesgo y jerarquización de los mismos; la reducción del riesgo es un conjunto de actividades relacionadas que intervienen la amenaza y la vulnerabilidad de manera específica y/o integral, en escenarios de mitigación del riesgo actual, como de prevención del riesgo futuro.

Algunos tipos de medidas que podrían ser implementadas para la prevención y mitigación de los factores de riesgo.

Tabla 57. Identificación medidas de tratamiento del riesgo

Escenario de Riesgo		Identificación de Medidas de Tratamiento del Riesgo
No	Naturales	
1	Ocurrencia procesos de remoción en masa	- PON Riesgos geotécnicos
2	Sismos en el área de influencia del Proyecto	- Diseño de la infraestructura con normas sismo resistentes - PON Sismos
3	Erupción del Volcán Cerro Machín	- Reducción del riesgo volcánico en Colombia - Comunicación e involucrar a las autoridades locales, regionales y nacionales durante las fases del proyecto para desarrollar acciones conjuntas en caso de que se materialice el riesgo - Capacitación, reuniones y visitas de campo con el fin de garantizar la calidad de la información y respuesta a la emergencia - Planes Locales de Contingencia. - Socialización con las comunidades.
No	Antrópicos (Sociopolíticos)	
5	Escenario 5.1 Hurto, vandalismo, desmantelamiento y/o daño de equipos	- Canales de comunicación con las autoridades (Policía Nacional)
	Escenario 5.2 Terrorismo (atacados indiscriminados y masivos con armamento y explosivos contra el personal, las instalaciones y frentes de obra)	- PON Amenaza terrorista

Escenario de Riesgo		Identificación de Medidas de Tratamiento del Riesgo
6	Incendios forestales	<ul style="list-style-type: none"> - Riego de vías - Remoción y acopio de material inflamable - Mantenimiento de equipos e insumos contra incendios - Educación ambiental - PON incendio forestal
No	Tecnológico u Operacional (Geotécnicos)	
7	Escenario 7.1: Falla en los taludes en la zona de explotación. Falla en el talud noreste (T7) y suroeste (T9 y 10)	- PON Riesgo geotécnico
	Escenario 7.2: Falla en los taludes en la zona de explotación. Falla en el talud sureste (T8)	
	Escenario 7.3: Falla en los taludes en la zona de explotación. Falla en los demás taludes de excavación.	
No.	Tecnológico u Operacional (Ambientales)	
8	Incendio en tanque de ACPM 12080 galones	<ul style="list-style-type: none"> - PON Derrame - PON Incendio - Aprovechamiento forestal a 50 m del tanque de combustible
9	Emisión de material particulado y contaminantes criterio (PM10 y NO2) por encima de los límites máximos permisibles	<ul style="list-style-type: none"> - Riego de vías - Aspersión del material cuando se manipula - Cubrimiento de acopios - Mantenimiento de maquinaria y equipos rutinario
10	Fallas en las actividades de operación y mantenimiento de equipos / maquinaria	- Mantenimiento de maquinaria y equipos rutinario
11	Accidentes vehiculares en las vías internas de la mina	- PON Accidentes vehiculares

Fuente: Elaboración propia

La reducción del riesgo busca definir e implementar medidas para cambiar o disminuir las condiciones de riesgo existente (mitigación) y evitar futuras condiciones de riesgo (prevención), con el fin de reducir las probabilidades que se presenten situaciones de emergencias y reducir los impactos o efectos adversos de los desastres sobre los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo, moderando los tiempos de crisis, entendida ésta como la perturbación de las condiciones de normalidad⁶. Las medidas para reducir el riesgo se pueden agrupar en medidas estructurales y no estructurales.

Tabla 58. Medidas estructurales y no estructurales

Medidas	Descripción
Estructurales	Generalmente se asocian a obras civiles, tras su implementación modifican en el corto plazo la incidencia directa de los riesgos.
No Estructurales	Su implementación afecta en el mediano y largo plazo la dinámica de los riesgos. Incluye leyes, regulaciones, reglamentaciones frente al uso del suelo, campañas educativas y procesos de participación ciudadana entre otras.

Fuente: Herramienta metodológica para la formulación de programas de gestión del riesgo de desastres. Ministerio de Vivienda y UNGRD 2014

⁶ Basado en el marco conceptual desarrollado por la RED y la Ley 1523 de 2012 Artículo 4°.

Como parte del plan, se presenta un programa de gestión del riesgo que establece las políticas, estrategias y prácticas orientadas a prevenir y reducir los riesgos identificados, y minimizar los efectos negativos.

Para el manejo del desastre se diseñó un Plan de Manejo de Contingencias ante potenciales situaciones de emergencia derivadas de la materialización de los escenarios de riesgo previamente identificados. Por lo tanto se incluyen las medidas de prevención, de control y de atención ante situaciones de emergencia. El plan se desarrolló de acuerdo a lo establecido en el artículo 42 de la Ley 1523 de 2012, en tres capítulos importantes:

- Plan Estratégico
- Plan Operativo
- Plan Informático

0.9.3. Plan de Cierre

Se realizó la actualización del plan de cierre minero, teniendo en cuenta las áreas de aprovechamiento de caliza y conforme el plan de cierre minero de La Esmeralda, considerando que la cantera La Esmeralda, está compuesta por tres títulos mineros, uno de ellos es el 8-6823. Aunque se tienen dos títulos mineros de extracción de caliza y un título minero de extracción de arenas puzolánicas, la cantera es una sola y no se pueden independizar desde el punto de vista del aprovechamiento.

La infraestructura requerida para el proyecto de explotación se encuentra instalada y es la misma que se utiliza para el contrato 8-4205 (incluye zonas de disposición de material estéril), título que cuenta con Plan de manejo ambiental aprobado y vigente por ANLA mediante resolución 855 de 2017, por lo que el plan de cierre se concentró en el cierre progresivo de la zona de explotación del título 6823 y se acoge al plan de cierre final establecido en la resolución 855 de 2017 del título 8-4205.

Las actividades de cierre contemplan estabilidad física del pit minero, control de aguas de escorrentía superficial e instalación y monitoreo de instrumentación geotécnica durante toda la etapa de explotación de caliza; además de actividades de protección de taludes, retiro de maquinaria y equipos de explotación y cierre social. El Plan de cierre deberá actualizarse cada 5 años y presentar el plan de cierre final 3 años antes de terminar la explotación.

Como actividades de post cierre se presenta el planteamiento del diseño conceptual de un ecoparque en el área de los tres títulos de mina La Esmeralda (Anexo CAP10-PCIE-LES6823-AN#10.001), con la construcción de una zona de lago en el área del título 6823, áreas de reserva ecológica y plataforma que complementarán la otra infraestructura prevista en el resto de la mina La Esmeralda, el cual tiene como objetivo potencializar la actividad turística de la zona. Este ecoparque será entregado a las autoridades pertinentes para su administración. Para el área del título 6823 las áreas de ecoparque se presentan en la Figura 5. Cabe resaltar que se presenta tanto el título 6823 como 745, teniendo en cuenta que el cierre del título 745 se dará hasta que se realice el cierre del título minero 6823..

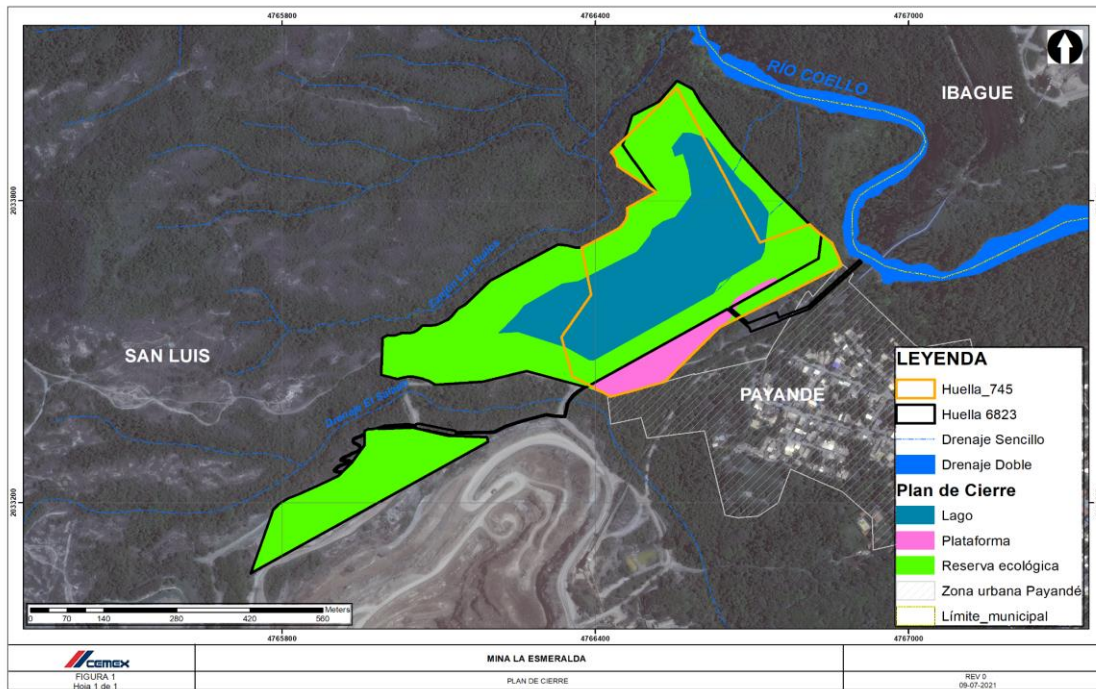


Figura 46. Equipamiento Título 6823 Plan de Cierre Final mina La Esmeralda
Fuente. Elaboración propia

0.9.4. Plan de Compensación

A través de la Resolución 256 del 22 de febrero de 2018, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible adopta la actualización del Manual de Compensaciones del Componente Biótico; esta resolución es modificada en relación con el régimen de transición, ampliando el plazo de acogimiento al Manual hasta el 31 de julio de 2018 mediante la Resolución 1428 del 31 de julio de 2018 MADS; teniendo en cuenta lo anterior se plantea el plan de compensaciones del proyecto, siguiendo las directrices dadas por el Manual de Compensaciones del Componente Biótico en el marco del proceso de licenciamiento ambiental; el cual se implementará máximo seis meses después de realizarse el impacto o afectación por el proyecto o en los tiempos y formas indicados por la autoridad ambiental regional, de acuerdo con los requerimientos legales, asegurando que los impactos ambientales generados sean compensados (cumpliendo con la jerarquía de mitigación descrita en el manual, la cual establece la prevención, mitigación y por último, la compensación).

Los impactos identificados que requieren compensación del medio biótico son las afectaciones sobre el componente flora, el componente de flora en veda y el componente de fauna.

Para desarrollar la compensación se plantea como objetivo mejorar las condiciones ecosistémicas del área de compensación a través de acciones de preservación y rehabilitación, por la intervención de 13,09 ha de ecosistemas naturales, seminaturales y antrópicos que se distribuyen al interior de los biomas Zonobioma Alternohigrico Tropical Tolima grande y Zonobioma Húmedo Tropical Chaparral, con el fin garantizar la no pérdida neta de biodiversidad por la construcción del proyecto, en un periodo aproximado de 10 años.

El área sujeta a intervenciones que debe ser compensada corresponde a 7,312 ha y los ecosistemas que la componen se detallan en la Tabla 59

Tabla 59. Ecosistemas a compensar por la demanda de recursos y creación de impactos residuales

COMPENSACIÓN MEDIO BIÓTICO (NATURALES, SEMINATURALES Y

TRANSFORMADAS)		
Bioma_IaVH	Cobertura de la tierra	Área afectada (ha)
Zonobioma Alternohigrico Tropical Tolima grande	Vegetación secundaria alta	1,292
	Bosque de galería y ripario	0,805
	Pastos limpios	0,156
Total Zonobioma Alternohigrico Tropical Tolima grande		2,253
Zonobioma Húmedo Tropical Chaparral	Vegetación secundaria alta	3,586
	Tierras desnudas y degradadas	0,948
	Pastos arbolados	0,486
	Bosque de galería y ripario	0,039
Total Zonobioma Húmedo Tropical Chaparral		5,059
Total		7,312

Para establecer el área que se debe compensar se utilizaron los factores de compensación de acuerdo al Manual de Compensaciones del Componente Biótico⁷ tal como se presenta en la Tabla 60.

Tabla 60. Área a compensar por afectación de ecosistemas compensables dentro del área de intervención del proyecto

COMPENSACIÓN MEDIO BIÓTICO (NATURALES, SEMINATURALES Y TRANSFORMADAS)				
Bioma_IaVH	Cobertura de la tierra	Área afectada (ha)	Factor de compensación	Área a compensar
Zonobioma Alternohigrico Tropical Tolima grande	Vegetación secundaria alta	1,292	10	12,917
	Bosque de galería y ripario	0,805	10	8,055
	Pastos limpios	0,156	1	0,156
Total Zonobioma Alternohigrico Tropical Tolima grande		2,253	-	21,128
Zonobioma Húmedo Tropical Chaparral	Vegetación secundaria alta	3,586	10	35,861
	Tierras desnudas y degradadas	0,948	1	0,948
	Pastos arbolados	0,486	1	0,486
	Bosque de galería y ripario	0,039	10	0,392
Total Zonobioma Húmedo Tropical Chaparral		5,059	-	37,686

⁷ MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Manual de compensación del componente biótico. Bogotá D.C.:Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018. 61 p. ISBN obra completa versión impresa: 978-958-8901-85-5.

* Los factores no suman el valor total del factor de compensación debido a que por encontrarse en la zona de vida de bosque seco tropical su valor automáticamente es 10 para ecosistemas naturales y cinco para vegetación secundaria menor a 15 años según lo indica el Manual de compensación del componente biótico.

** (CPR: representatividad, CRA, rareza, CRM, remanencia, CTT, tasa de transformación, FC: factor de compensación).

Total	7,312	-	58,815
--------------	--------------	----------	---------------

En total se deben compensar 58,815 ha por la intervención de 13,096 ha (7,312 ha compensables), debido principalmente a que los ecosistemas presentes dentro del área de intervención del proyecto son en un gran porcentaje artificializados (debido principalmente a la puesta en marcha previo del título 745). Si se observa por bioma, en el Zonobioma Alternohígrico Tropical Tolima grande se debe compensar un total de 21,128 ha mientras que en el Zonobioma Húmedo Tropical Chaparral este valor desciende a 37,686 ha, lo cual es congruente con el tamaño de las obras en cada uno.

Los factores de compensación son más altos que los establecidos para el bioma (Anexo 2 del Manual de compensaciones del componente biótico⁸), ya que el proyecto se encuentra localizado en la zona de vida de Bosque Seco Tropical, elevando su factor al máximo permitido que es 1:10.

En el caso de las especies en veda, la compensación se realiza según lo estipulado en la circular interna No. 00016 expedida por la Agencia Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) el 31 de diciembre de 2019 para hábitat de especies no vasculares.

Con respecto a las áreas por compensar, relacionadas con la afectación de hábitats de especies de flora en veda se estima que se requiere la compensación de 2,588 ha, de las cuales 0,215 ha corresponden a la intervención de territorios agrícolas y territorios artificializados, así como 2,373 ha se relacionan con la intervención de bosques y áreas seminaturales (Tabla 61).

La obtención de las áreas anteriormente mencionadas se realizó teniendo en cuenta la relación en área a retribuir por unidad de cobertura de la tierra con afectación de especies de flora en veda, de acuerdo a los factores de compensación establecidos en la Circular 8201-2-808 del 09 de diciembre de 2019, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS).

Tabla 61. Área total por compensar relacionada con la afectación de hábitats de especies de flora en veda
COMPENSACIÓN VEDA

Bioma_IaVH	Cobertura de la tierra	Área afectada (ha)	Factor de compensación	Área a compensar
Zonobioma Alternohígrico Tropical Tolima grande	Vegetación secundaria alta	1,292	0,4	0,517
	Bosque de galería y ripario	0,805	0,5	0,403
	Pastos limpios	0,156	0,01	0,002
	Zonas de extracción minera	0,003	0,01	0,00003
	Red vial, ferroviaria y terrenos asociados	0,002	0,01	0,00002
Total Zonobioma Alternohígrico Tropical Tolima grande		2,258	-	0,921
Zonobioma Húmedo Tropical Chaparral	Vegetación secundaria alta	3,586	0,4	1,434
	Pastos arbolados	0,486	0,3	0,146
	Bosque de galería y ripario	0,039	0,5	0,020

⁸ MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Manual de compensación del componente biótico. Bogotá D.C.:Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018. 61 p. ISBN obra completa versión impresa: 978-958-8901-85-5.

DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 0.RESUMEN EJECUTIVO

	Zonas de extracción minera	4,887	0,01	0,049
	Tierras desnudas y degradadas	0,948	0,01	0,009
	Red vial, ferroviaria y terrenos asociados	0,892	0,01	0,009
Total Zonobioma Húmedo Tropical Chaparral		10,838	-	1,667
Total		13,096	-	2,588

De acuerdo con la estimación realizada con el área de intervención por los impactos compensables relacionados con la presente solicitud de licencia, asociados a la pérdida y/o afectación del componente biótico y la afectación de los hábitats de las especies en veda, se requiere la compensación de 61,403 ha, de las cuales 2,588 ha corresponden a la afectación de hábitats de especies en veda y 58,815 ha corresponden a la compensación por alteración y/o pérdida de componente biótico. En la Tabla 62 se presenta la relación de superficies por compensar.

Tabla 62. Superficie total por compensar

Mina la Esmeralda Título 6823		
Bioma	Tipo de compensación	Área (ha)
Zonobioma Alternohigrico Tropical Tolima grande	Ecosistemas Naturales	20,972
	Ecosistemas Transformados	0,156
	Hábitat especies en veda	0,921
Zonobioma Húmedo Tropical Chaparral	Ecosistemas Naturales	36,253
	Ecosistemas Transformados	1,433
	Hábitat especies en veda	1,667
Total		61,403

Fuente. Elaboración propia

Para ejecutar la compensación se plantean los programas de compensación de preservación, de rehabilitación ecológica y por afectación de especies en veda. Los objetivos de cada programa, las actividades previstas y los indicadores de cumplimiento se presentan en la Tabla 63.

Tabla 63. Síntesis de objetivos, actividades e indicadores para cada Programa propuesto

Síntesis de los objetivos, metas, programas e indicadores de cumplimiento para la compensación del componente biótico				
Programas	Objetivos generales de los programas	Objetivos específicos de los programas	Actividades para dar cumplimiento a los objetivos	Indicadores de cumplimiento
Programa de preservación	Evitar la afectación a los parches de vegetación natural de 51,92 ha correspondientes a Vegetación secundaria y Bosque de galería presentes en el área de compensación, a través de actividades de cerramiento que faciliten el crecimiento de la vegetación nativa, por un periodo de 10 años.	Establecer áreas de preservación, con actividades de aislamiento que faciliten la revegetalización y aumento de la biodiversidad local.	Aislamiento de las superficies naturales: Cerramiento con postes de madera y/o Cercamiento con material vegetal	% Área aislada
		Disminuir el riesgo de afectación de áreas de vegetación secundaria en las áreas a compensar por causas antrópicas.		
		Favorecer el crecimiento de regeneración y restauración espontánea de las áreas aisladas.		% Cobertura vegetal / Regeneración natural
		Mantener las condiciones de biodiversidad de las áreas aisladas, teniendo en cuenta la caracterización realizada en la zona previo al aislamiento.	Monitoreo y seguimiento: Caracterización de flora y fauna	Índices de diversidad y riqueza
		Mantener en condiciones adecuadas el cercado de las áreas a preservar.	Mantenimiento	Estado del cercado perimetral
		Desarrollar programas de educación ambiental que prevengan los daños o afectaciones en las áreas a preservar por la compensación del medio biótico.	Estrategia de difusión (pensar, aprender, actuar) con las comunidades aledañas	Comunidad capacitada e informada

Síntesis de los objetivos, metas, programas e indicadores de cumplimiento para la compensación del componente biótico				
Programas	Objetivos generales de los programas	Objetivos específicos de los programas	Actividades para dar cumplimiento a los objetivos	Indicadores de cumplimiento
		Asegurar la no afectación de recursos naturales en el proceso de cerramiento de las áreas de compensación del medio biótico.	Aislamiento de las superficies naturales: Cerramiento con postes de madera y/o Cercamiento con material vegetal	Afectación a recursos naturales
		Conservar el recurso hídrico asociado a los Bosques de galería y Vegetación secundaria o en transición presentes en el área de compensación.		
Programa de rehabilitación ecológica	Generar áreas ecológicamente funcionales en los parches de Pastos arbolados, Mosaico de pastos con espacios naturales, Tierras desnudas y degradadas y Zonas quemadas (Vegetación secundaria alta) correspondientes a 21,64 ha en un periodo aproximado de 10 años .	Aumentar la biodiversidad de las áreas de pastos arbolados y enmalezados con el enriquecimiento de especies pioneras que faciliten la sucesión ecológica.	Siembra bajo árboles nodriza y agrupaciones de árboles	- Adicionalidad en Enriquecimiento vegetal - Índices de diversidad y riqueza
		Realizar control y remisión de especies gramíneas y arbustivas invasoras.	Control y erradicación de especies gramíneas y arbustivas invasoras	Control invasoras herbáceas y abusivas
		Realizar enriquecimiento con la siembra de especies nativas, siguiendo los diseños de siembra bajo árboles nodriza y agrupaciones de árboles.	Siembra bajo árboles nodriza y agrupaciones de árboles	Adicionalidad en Enriquecimiento vegetal
		Proteger los suelos desnudos con especies nativas herbáceas o arbustivas que faciliten el proceso de sucesión ecológica.	Revegetalización de suelos desnudos	Cobertura vegetal

Síntesis de los objetivos, metas, programas e indicadores de cumplimiento para la compensación del componente biótico				
Programas	Objetivos generales de los programas	Objetivos específicos de los programas	Actividades para dar cumplimiento a los objetivos	Indicadores de cumplimiento
Programa de compensación por afectación de especies en veda	Contribuir al fortalecimiento de hábitats propicios para el establecimiento de especies de epifitas no vasculares y vasculares en veda a través de actividades de preservación y recuperación de 3,30 ha, en un periodo aproximado de 10 años.	Enriquecer y restaurar las áreas de compensación que propicien la generación de hábitats para las especies de epifitas no vasculares.	Selección y adecuación del sitio (selección de especies, vivero temporal, siembra y mantenimiento)	-Abundancia y diversidad de especies no vasculares - Porcentaje de supervivencia de forófitos
		Preservar las áreas de compensación que aseguren hábitat permanente para las especies de epifitas vasculares reubicadas y permita el establecimiento de especies de epifitas no vasculares.		% Área aislada

Fuente. Elaboración propia

0.10. CRONOGRAMA

En la Tabla 64 se presenta el cronograma del proyecto acorde con las etapas y actividades a desarrollar objeto de la presente solicitud de modificación de licencia ambiental.

Tabla 64. Cronograma del proyecto

Fase	Actividad	Año						
		1	5	10	15	20	25	+30
Pre - operativa	Aprovechamiento Forestal (3 años)							
	Descapote y preparación del terreno (incluye vedas) (3 años)							
	Diseño y planteamiento de la relocalización del sendero interceptado							
Operativa	Construcción de los tramos de relocalización del sendero							

Fase	Actividad	Año						
		1	5	10	15	20	25	+30
	Construcción de sistemas de manejo de aguas (cunetas, sistemas de tratamiento y conducciones)							
	Extracción de caliza (perforación y voladuras)							
	Cargue de caliza en frente minero							
	Almacenamiento temporal de caliza en los tajos mineros							
	Transporte interno de caliza a zona de trituración y zona de alimentación a banda mina							
	Remoción y manejo de material estéril							
	Transporte de material estéril a sitios de disposición							
	Adecuación y mantenimiento de vías auxiliares para trasiego de materiales del punto de extracción a trituradora y del material estéril a sitios de disposición							
	Operación y mantenimiento de obras de manejo de aguas en el pit de explotación							
	Descarga de aguas almacenadas en el fondo del pit (bombeo, sistema de tratamiento y vertimiento)							
	Generación de residuos sólidos							
Cierre	Estabilización geotécnica							
	Reconformación y rehabilitación del suelo y siembra de material							

Fase	Actividad	Año						
		1	5	10	15	20	25	+30
	vegetal							
	Obras para el manejo de aguas							
	Instalación de señalización							
	Construcción ecoparque							
	Cierre social							

Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente, para las actividades contempladas de cierre final y post cierre se presenta el siguiente cronograma.

Tabla 65. Cronograma de las actividades de cierre y post cierre

Actividad	Año						
	1	5	10	15	20	25	+30
Actividades de Cierre							
Estabilidad física del pit minero							

Actividad	Año						
	1	5	10	15	20	25	+30
Control de aguas de escorrentía superficial							
Instalación de instrumentación geotécnica							
Protección de taludes							
Retiro de maquinaria y equipos de explotación							
Cierre social							
Actualización del plan de cierre (cada 5 años)							
Actualización final del plan de cierre (3 años antes de termina la explotación)							
Actividades Post Cierre							
Monitoreo inclinómetros							
Monitoreo piezómetros							
Seguimiento a la cobertura vegetal establecida							
Seguimiento y mantenimiento de obras de manejo de aguas							
Mantenimiento a la señalización preventiva e informativa							

DOCUMENTO No: LES6823-INF-LL-EAMB-002- CAPÍTULO 0.RESUMEN EJECUTIVO

Actividad	Año						
	1	5	10	15	20	25	+30
Construcción de ecoparque (5,5 años)							
Construcción plataforma con escombros de construcción (Sector Frente Nuevo)							
Construcción obras de drenaje (Sector Frente Nuevo Norte)							
Construcción Lago recreacional							
Construcción obras civiles e instalaciones de amoblamiento del Ecoparque							
Instalación señalización y restricción							
Mantenimiento, vigilancia y monitoreo y abandono (actividades de post-cierre)							

Fuente: Elaboración propia