

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE TABLA	4-3
LISTA DE FIGURAS	4-5
LISTA DE FOTO.....	4-6
4 DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES	4.1-1
4.1 AGUAS SUPERFICIALES	4.1-1
4.1.1 Información de la fuente.....	4.1-1
4.1.2 Demanda de agua.....	4.1-2
4.1.3 Concesiones de agua para el proceso	4.1-9
4.1.4 Infraestructura y sistemas de captación, conducción y tratamiento.....	4.1-10
4.1.5 Calidad de agua	4.1-14
4.1.6 Inventario de usos y usuarios	4.1-14
4.1.7 Impactos Ambientales	4.1-18
4.1.8 Medida de Manejo Ambiental.....	4.1-18
4.2 AGUAS SUBTERRÁNEAS	4.2-18
4.3 OCUPACIÓN DE CAUCES	4.3-18
4.3.1 Dinámica Fluvial.....	4.3-18
4.3.2 Ubicación y tipo de obra de drenaje.....	4.3-22
4.3.3 Impactos Ambientales	4.3-29
4.3.4 Medida de Manejo Ambiental.....	4.3-29
4.4 VERTIMIENTOS	4.4-29
4.4.1 Información de la fuente receptora	4.4-29
4.4.2 Vertimientos Domésticos	4.4-30
4.4.3 Vertimientos Industriales.....	4.4-31
4.4.4 Vertimiento Total en el Proyecto.....	4.4-33
4.4.5 Calidad de agua	4.4-33
4.4.6 Sistema de Tratamiento	4.4-34
4.4.7 Impactos ambientales	4.4-38
4.4.8 Medida de Manejo Ambiental.....	4.4-38
4.5 MATERIALES Construcción.....	4.5-39
4.5.1 Zonas de Material de Préstamo	4.5-39
4.5.2 Método de explotación	4.5-40
4.5.3 Impactos ambientales	4.5-41
4.5.4 Medida de Manejo Ambiental.....	4.5-41
4.6 APROVECHAMIENTO FORESTAL	4.6-41
4.6.1 Descripción de la zona de estudio	4.6-42
4.6.2 Cobertura vegetal.....	4.6-42
4.6.3 Impactos ambientales	4.6-84
4.6.4 Medida de Manejo Ambiental.....	4.6-84
4.7 EMISIONES ATMOSFÉRICAS.....	4.7-84
4.7.1 Lista de productos químicos	4.7-87
4.7.2 Lista de Consumibles y Otros Insumos.....	4.7-87
4.7.3 Consumo de combustible.....	4.7-88
4.7.4 Descripción de las obras o actividades que generan emisiones	4.7-89

4.7.5	Modelamiento de la calidad del aire.....	4.7-91
4.7.5	Impactos ambientales	4.7-103
4.7.6	Medida de Manejo Ambiental.....	4.7-103
4.8	RESIDUOS SÓLIDOS	4.8-103
4.8.1	Residuos Sólidos Domésticos (RSD).....	4.8-103
4.8.2	Residuos Sólidos Industriales (RSI).....	4.8-104
4.8.3	Residuos Peligrosos	4.8-105
4.8.4	Alternativas de tratamiento, manejo y disposición.....	4.8-106
4.8.5	Materiales sobrantes de la excavación.....	4.8-107
4.8.6	Impactos ambientales	4.8-109

LISTA DE TABLA

Tabla 4.1-1 Personal durante instalación.....	4.1-1
Tabla 4.1-2 Personal durante operación.....	4.1-1
Tabla 4.1-1 Fuente de Suministro.....	4.1-2
Tabla 4.1-2 Caudal diario de agua –Zona de la planta de beneficio	4.1-2
Tabla 4.1-3 Caudal diario de agua – Zona El salado.....	4.1-3
Tabla 4.1-4 Caudal diario de agua – Zona de la planta de beneficio	4.1-3
Tabla 4.1-5 Caudal diario de agua – Campamento Zona El salado.....	4.1-3
Tabla 4.1-6 Caudal diario de agua – Humectación Vía de Acceso	4.1-5
Tabla 4.1-7 Caudal diario de agua – Vía de Circulación	4.1-6
Tabla 4.1-8 Requerimiento de agua para el proyecto.....	4.1-7
Tabla 4.1-9 Demandas de agua de proceso.....	4.1-9
Tabla 4.1-10 Balance Hídrico con Explotación. Quebrada Angostura.....	4.1-9
Tabla 4.1-11 Balance Hídrico con Explotación. Quebrada Páez.....	4.1-10
Tabla 4.1-12 Balance hídrico. Quebrada El Salado.....	4.1-10
Tabla 4.1-13 Resumen de usos y usuarios identificados en campo.....	4.1-14
Tabla 4.1-14 Dotación neta según el Nivel de Complejidad del Sistema	4.1-15
Tabla 4.1-15 Usuarios Quebrada El Salado, Río Vetas y Suratá.....	4.1-16
Tabla 4.1-16 Usos y Caudales Quebrada El Salado, Río Vetas y Suratá.....	4.1-17
Tabla 4.3-1 Caudales Máximos para Diferentes Períodos de Retorno	4.3-20
Tabla 4.3-2 Caudales Máximos y Mínimos.....	4.3-21
Tabla 4.3-3 Ocupación de cauce obras principales.....	4.3-22
Tabla 4.3-4 Obras de Arte - Vía Principal N°1	4.3-23
Tabla 4.3-5 Obras de Arte - Vía Principal N°2	4.3-26
Tabla 4.3-6 Obras de Arte - Vía de Acarreo	4.3-27
Tabla 4.4-1 Fuente receptora.....	4.4-30
Tabla 4.4-2 Vertimiento Domestico –Zona de la planta de beneficio	4.4-30
Tabla 4.4-3 Vertimiento Domestico –Zona El Salado	4.4-30
Tabla 4.4-4 Vertimiento Domestico –Zona de la planta de beneficio	4.4-31
Tabla 4.4-5 Vertimiento Domestico –Zona El Salado	4.4-31
Tabla 4.4-6 Vertimientos del proyecto	4.4-33
Tabla 4.5-1 Área de las canteras de material de préstamo	4.5-40
Tabla 4.6-1 Agrupación de unidades de cobertura vegetal en las áreas de remoción de vegetación	4.6-42
Tabla 4.6-2 Fórmulas estadísticas aplicadas en el inventario forestal	4.6-45
Tabla 4.6-3 Cálculo del error del muestreo para el Bosque Altoandino Alto Cerrado.....	4.6-46
Tabla 4.6-4 Cálculo del error del muestreo para el Bosque Altoandino Bajo Cerrado.....	4.6-47
Tabla 4.6-5 Cálculo del error del muestreo para el Matorral Subpáramo Bajo Cerrado	4.6-48
Tabla 4.6-6 Cálculo del error del muestreo para el Bosque Altoandino Alto Cerrado	4.6-49
Tabla 4.6-7 Cálculo del error del muestreo para el Bosque Altoandino Bajo Cerrado	4.6-50
Tabla 4.6-8 Cálculo del error del muestreo para el Matorral de Subpáramo Bajo Cerrado	4.6-50
Tabla 4.6-9 Puntos GPS de las parcelas inventariadas	4.6-52
Tabla 4.6-10 Formato de formulario de campo utilizado en el Inventario Forestal.....	4.6-53
Tabla 4.6-11 Composición florística del Bosque Altoandino Alto Cerrado	4.6-55
Tabla 4.6-12 Composición florística del Bosque Altoandino Bajo Cerrado	4.6-56
Tabla 4.6-13 Composición florística del Matorral de Subpáramo Bajo Cerrado.....	4.6-56
Tabla 4.6-14 Densidad del Bosque Altoandino Alto Cerrado	4.6-58

Tabla 4.6-15 Densidad del Bosque Altoandino Bajo Cerrado	4.6-59
Tabla 4.6-16 Densidad del Matorral de Subpáramo Bajo Cerrado.....	4.6-60
Tabla 4.6-17 Abundancia del Bosque Altoandino Alto Cerrado.....	4.6-62
Tabla 4.6-18 Abundancia del Bosque Altoandino Bajo Cerrado.....	4.6-63
Tabla 4.6-19 Abundancia del Matorral de Subpáramo Bajo Cerrado	4.6-64
Tabla 4.6-20 Frecuencia del Bosque Altoandino Alto Cerrado	4.6-66
Tabla 4.6-21 Frecuencia del Bosque Altoandino Bajo Cerrado.....	4.6-67
Tabla 4.6-22 Frecuencia del Matorral de Subpáramo Bajo Cerrado	4.6-68
Tabla 4.6-23 Dominancia del Bosque Altoandino Alto Cerrado.....	4.6-70
Tabla 4.6-24 Dominancia del Bosque Altoandino Bajo Cerrado.....	4.6-71
Tabla 4.6-25 Dominancia del Matorral de Subpáramo Bajo Cerrado	4.6-72
Tabla 4.6-26 Análisis estructural del Bosque Altoandino Alto Cerrado (I.V.I)	4.6-74
Tabla 4.6-27 Análisis estructural del Bosque Altoandino Bajo Cerrado (I.V.I)	4.6-75
Tabla 4.6-28 Análisis estructural del Matorral Subpáramo Bajo Cerrado (I.V.I)	4.6-75
Tabla 4.6-29 Coeficiente de mezcla Bosque Altoandino Alto Cerrado	4.6-77
Tabla 4.6-30 Coeficiente de mezcla Bosque Altoandino Bajo Cerrado	4.6-78
Tabla 4.6-31 Coeficiente de mezcla Matorral Subpáramo Bajo Cerrado	4.6-78
Tabla 4.6-32 Categorías de tamaño para la regeneración natural	4.6-79
Tabla 4.6-33 Cálculo del grado de agregación - Bosque Altoandino Alto Cerrado	4.6-80
Tabla 4.6-34 Cálculo del grado de agregación - Bosque Altoandino Bajo Cerrado	4.6-81
Tabla 4.6-35 Cálculo del grado de agregación - Matorral Subpáramo Bajo Cerrado.....	4.6-81
Tabla 4.6-36 Análisis estructural del Bosque Altoandino Alto Cerrado de la regeneración natural (I.V.I)	4.6-82
Tabla 4.6-37 Análisis estructural del Bosque Altoandino Bajo Cerrado de la regeneración natural (I.V.I)	4.6-82
Tabla 4.6-38 Análisis estructural del Matorral Subpáramo Bajo Cerrado de la regeneración natural (I.V.I)	4.6-83
Tabla 4.6-39 Cálculo de existencias	4.6-83
Tabla 4.7-1 Lista de consumibles y otros insumos de la planta de beneficio y transformación de minerales del proyecto Angostura.....	4.7-88
Tabla 4.7-2 Consumo anual de petróleo de equipos mineros	4.7-88
Tabla 4.7-2 Condiciones de producción Escenario 1	4.7-92
Tabla 4.7-2 Condiciones de producción Escenario 2.....	4.7-92
Tabla 4.7-5 Control de emisiones tenidas en cuenta en el modelamiento	4.7-95
Tabla 4.7-6 Receptores utilizados en la modelación	4.7-97
Tabla 4.7-7 Resultados de concentración de TSP – Escenario 1	4.7-99
Tabla 4.7-8 Resultados de concentración de PM-10 – Escenario 1	4.7-99
Tabla 4.7-6 Resultados de concentración de TSP- escenario 2.....	4.7-101
Tabla 4.7-7 Resultados de concentración de PM-10 - escenario 2.....	4.7-101
Tabla 4.7-8 Diferencia aportes anuales Escenario 2 y 1 en receptores de interés ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). 4.7-103	
Tabla 4.8-1 Generación esperada de RSD en el proyecto	4.8-104
Tabla 4.8-2 Residuos sólidos industriales estimados de la planta de procesos y de las pilas de lixiviación	4.8-104
Tabla 4.8-3 Residuos sólidos industriales estimados del depósito de nitrato y del taller de mantenimiento mina	4.8-105
Tabla 4.8-4 Residuos peligrosos provenientes de oficinas, campamento y comedores	4.8-105
Tabla 4.8-5 Residuos peligrosos provenientes del taller de mantenimiento mina.....	4.8-106
Tabla 4.8-6 Resumen de los análisis de estabilidad en el depósito de estériles.....	4.8-108

LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1-1 Captación de aguas y vertimientos.....	4.1-8
Figura 4.1-2 Sistema de captación directa de agua (sección típica)	4.1-11
Figura 4.1-3 Sistema de captación directa de agua (bocatoma)	4.1-12
Figura 4.1-4 Sección típica del sistema de captación del embalse	4.1-13
Figura 4.1-5 Esquema de tratamiento de agua potable.....	4.1-14
Figura 4.4-1 Planta y perfil de una trampa de grasas	4.4-34
Figura 4.4-2 Planta compacta de tratamiento de aguas residuales domésticas	4.4-35
Figura 4.4-3 Sección típica del desarenador.	4.4-35
Figura 4.4-4 Esquema separador de grasas API.....	4.4-36
Figura 4.4-5 Representación esquemática del sistema cerrado de lixiviación y manejo de excesos de aguas.....	4.4-37
Figura 4.5-1 Ubicación canteras de materiales de préstamo	4.5-39
Figura 4.6-1 Densidad del Bosque Altoandino Alto Cerrado	4.6-59
Figura 4.6-2 Densidad del Bosque Altoandino Bajo Cerrado	4.6-60
Figura 4.6-3 Densidad del Matorral de Subpáramo Bajo Cerrado.....	4.6-61
Figura 4.6-4 Abundancia del Bosque Altoandino Alto Cerrado	4.6-63
Figura 4.6-5 Abundancia del Bosque Altoandino Bajo Cerrado	4.6-64
Figura 4.6-6 Abundancia del Matorral de Subpáramo Bajo Cerrado.....	4.6-65
Figura 4.6-7 Frecuencia del Bosque Altoandino Alto Cerrado.....	4.6-67
Figura 4.6-8 Frecuencia del Bosque Altoandino Bajo Cerrado.....	4.6-68
Figura 4.6-9 Frecuencia del Matorral de Subpáramo Bajo Cerrado.....	4.6-69
Figura 4.6-10 Dominancia del Bosque Altoandino Alto Cerrado	4.6-71
Figura 4.6-11 Dominancia del Bosque Altoandino Bajo Cerrado	4.6-72
Figura 4.6-12 Dominancia del Matorral de Subpáramo Bajo Cerrado.....	4.6-73
Figura 4.7-1 Localización general de las obras e infraestructura	4.7-85
Figura 4.7-2 Localización general planta de procesos	4.7-87
Figura 4.7-3 Rosa de Vientos.....	4.7-94
Figura 4.7-4 Fuentes para el escenario 1	4.7-96
Figura 4.7-5 Fuentes para el escenario 2	4.7-96
Figura 4.7-5 Modelo en 3D del área de influencia indirecta y directa.....	4.7-97
Figura 4.7-7 Modelo en 3D del área de influencia indirecta y directa.....	4.7-98
Figura 4.7-8 Modelación de TSP – escenario 1	4.7-100
Figura 4.7-9 Modelación de TSP – escenario 2.....	4.7-100
Figura 4.7-5 Modelación de TSP – escenario 2.....	4.7-102
Figura 4.7-6 Modelación de PM-10 – escenario 2	4.7-102
Figura 4-35: Perfiles seleccionados en el depósito de estériles	4.8-108

LISTA DE FOTO

Foto 4.4-1 Pozas de Almacenamiento de Aguas.....	4.4-38
Foto 4.4-2 Equipamiento de La Planta de Tratamiento de Aguas Ácidas	4.4-38
Foto 4.7-1 Trituradora convencional	4.7-89
Foto 4.7-2 Concretera convencional	4.7-89
Foto 4.7-3 Filtro de mangas	4.7-90
Foto 4.7-4 Lavador de gases	4.7-91
Foto 4.7-4 Estación meteorológica portátil.....	4.7-93

4 DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES

El desarrollo de las actividades constructivas y operativas del proyecto demandan recursos naturales como el consumo de agua, la generación de vertimientos, la demanda de materiales de instalación, la generación de residuos sólidos, el aprovechamiento forestal y las emisiones atmosféricas que se realizan por el manejo de los materiales de instalación y la operación de maquinaria.

Con base en los tiempos de ejecución de la etapa de instalación (3 años), operación y clausura (15 años) del proyecto y teniendo en cuenta el número de personas que va a requerir, se determinó la cantidad de empleados necesarios para las diferentes etapas. A continuación se presenta el personal vinculado al proyecto durante del periodo de instalación, operación y clausura.

Tabla 4.1-1 Personal durante instalación

Personal por Alojar en el proyecto	Personal Flotante	Total Trabajadores Requeridos para el Proyecto
580	865	1445

Tabla 4.1-2 Personal durante operación

Personal por Alojar en el proyecto	Personal Flotante	Total Trabajadores Requeridos para el Proyecto
152	783	935

4.1 AGUAS SUPERFICIALES

Durante la instalación y operación del proyecto se tiene previsto el uso de las quebradas Angostura, Páez y El Salado como fuente de abastecimiento de agua para las zona de la planta de beneficio y la zona El Salado.

4.1.1 Información de la fuente

En la

Tabla 4.1-1 se observan los nombres de las fuentes a utilizar para la instalación y operación del proyecto, las coordenadas aproximadas de captación, los caudales de la fuente y la calidad del agua de estas.

Tabla 4.1-1 Fuente de Suministro

4.1.2 Demanda de agua

De conformidad con lo dispuesto en el RAS 2000 (REGLAMENTO TÉCNICO DE EL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO) del Ministerio de Desarrollo Económico, Sección I Título A, Aspectos Generales de los Sistemas de Agua Potable y Saneamiento Básico, es posible cuantificar la demanda y/o necesidades futuras del sistema para satisfacer las necesidades de uso doméstico, teniendo en cuenta la población residente en la zona del proyecto.

4.1.2.1 Demandas para Uso Domestico

4.1.2.1.1 Etapa de Instalación

El pico poblacional para la instalación del proyecto es de 1445 personas, de las cuales 865 serán población flotante y 580 requerirán estadía dentro del proyecto.

La Zona de la planta de beneficio tendrá una capacidad para albergar a 40 militares y a una población flotante 865 habitantes, la zona El Salado tendrá 540 personas y se ubicara en cercanas de la construcción de la presa.

Para calcular la demanda de agua en cada zona se tomo una dotación per-cápita de 120 l/habitante-día para una población permanente y 80 l/habitante-día para la flotante. A continuación se muestran los caudales diarios requeridos para cada zona:

Tabla 4.1-2 Caudal diario de agua –Zona de la planta de beneficio

Parámetro	Unidad	Valor
Población Permanente	habitante	40
Dotación Neta	l/hab-día	120
Población Flotante	habitante	865
Dotación Neta	l/hab-día	80
Población Atendida	habitante	905
Caudal Medio Diario	l/s	0,85
Caudal Máximo Diario	l/s	1,1

Caudal Máximo Horario	l/s	1,8
-----------------------	-----	-----

Para las actividades de aseo, limpieza y mantenimiento se asumió un caudal diario adicional de 0.07 l/s. El caudal medio diario necesario en el Campamento Zona de la planta de beneficio es de 0.9 L/s. El agua para suplir este consumo será suministrado de la Quebrada Venaderos.

Tabla 4.1-3 Caudal diario de agua – Zona El salado

Parámetro	Unidad	Valor
Población Flotante	habitante	540
Dotación Neta	l/hab-día	80
Caudal Medio Diario	l/s	0,75
Caudal Máximo Diario	l/s	1,0
Caudal Máximo Horario	l/s	1,6

Para las actividades de aseo, limpieza y mantenimiento se asumió un caudal diario adicional de 0.04 l/s. El caudal medio diario necesario en el campamento Zona El salado es de 0,8 L/s. El agua para suplir este consumo será suministrado de la Quebrada El Salado.

Etapa de Operación

La cantidad de personal que se encontrara en las instalaciones del proyecto en la etapa de operación serán 935 personas. De las cuales 152 se alojaran en el proyecto y 728 será personal flotante.

Tabla 4.1-4 Caudal diario de agua – Zona de la planta de beneficio

Parámetro	Unidad	Valor
Población Flotante	habitante	783
Dotación Neta	l/hab-día	80
Población Base Militar	habitante	40
Dotación Neta	l/hab-día	120
Población Atendida	habitante	828
Caudal Medio Diario	l/s	0,78
Caudal Máximo Diario	l/s	1,0
Caudal Máximo Horario	l/s	1,62

Para las actividades de aseo, limpieza y mantenimiento se asumió un caudal diario adicional de 0.06 l/s. El caudal medio diario necesario en de Oficinas, Talleres y Base Militar es de 0,84 L/s. El agua para suplir este consumo será suministrado de la Quebrada Venaderos.

Tabla 4.1-5 Caudal diario de agua – Campamento Zona El salado

Parámetro	Unidad	Valor
Población permanente	habitante	112
Dotación Neta	l/hab-día	120
Caudal Medio Diario	l/s	0,16
Caudal Máximo Diario	l/s	0,20

Caudal Máximo Horario	l/s	0,32
-----------------------	-----	------

Para las actividades de aseo, limpieza y mantenimiento se asumió un caudal diario adicional de 0.01 l/s. El caudal medio diario necesario en el Campamento Zona El Salado y la Base Militar es de 0,17 L/s. El agua para suplir este consumo será suministrado del embalse El Salado.

4.1.2.2 Demandas para Uso Industrial

4.1.2.2.1 Etapa de Instalación

Las aguas para el consumo industrial en la Zona de la planta de beneficio corresponde a las generadas por las plantas de trituración y concretos y en la limpieza y mantenimiento de los vehículos y maquinaria. Estas plantas estarán ubicadas aproximadamente en las coordenadas E 1132157 N 1309885. El agua para suplir este consumo será suministrado de la Quebrada Angostura, las coordenadas de captación se encuentran en la Tabla 4.1-1.

- **Planta de triturado y de concretos**

Para realizar el cálculo de las aguas para el consumo industrial de las plantas de trituración y concretos, se asume que:

- Por cada m³ de concretos se necesitan 860 kg de arena
- 3,5 m³ de agua por tonelada de arena
- Un 6% adicional de agua para el control de emisiones
- Por cada metro cúbico de concreto producido se requieren aproximadamente 300 litros de agua.

Planta de triturado:

Teniendo en cuenta que serán necesarios 40.440 m³ de concretos para la instalación del proyecto, la cantidad de agua requerida se calcula a continuación:

Producción diaria aproximada de concretos = 40.440 m³ /3 años/360días = 37 m³/día

Cantidad de arena = 37 m³/día x 860 Kg de arena = 32 ton de arena

Requerimiento de agua = 3,5 m³ de agua x 32 ton de arena = 113 m³/día ó 1.3 l/s.

Se asume un 6% adicional de agua para el control de emisiones para un total diario de 0.1 l/s para la planta de trituración.

Planta de concreto:

Requerimiento de agua = 0,3 m³ de agua x 37 m³/día de concretos = 11.23 m³/día ó 0.13 l/s.

Requerimiento de agua total para triturado y concreto: 1.5 l/s

- **Limpieza y mantenimiento de vehículos y maquinaria**

En la zona de la planta de beneficio los caudales suministrados a los talleres serán variables dependiendo de las operaciones de lavado y mantenimiento de vehículos y maquinaria. Sin embargo, se utilizará como caudal de diseño un valor de 2 l/s suponiendo que una manguera de una pulgada pueda generar un caudal de 0,7 l/s y que se usen como máximo dos mangueras de este tamaño para las operaciones de lavado. El caudal restante será consumido en las actividades de mantenimiento como reparaciones y limpieza de piezas. El agua para suplir este consumo será suministrado de la Quebrada Angostura.

4.1.2.3 Etapa de Operación

4.1.2.3.1 Humectación de vías

En la etapa de operación se realizara la humectación de las vías entre los meses de diciembre, enero, febrero, marzo, julio y agosto.

Teniendo en cuenta las vías para el proyecto las cuales se conforman por la vía de acceso y la vía de circulación se estimo así:

Tabla 4.1-6 Caudal diario de agua – Humectación Vía de Acceso

Humectación Vía de Acceso	
Longitud total (m)	5063
Ancho (m)	6,5
Área (m2)	32.909
rendimiento (l/m2)	1
volumen requerido (litros)	32.909
volumen requerido (m3)	33
número de riegos por día	4
Volumen total (m3/ día)	131 o 1.5 L/s

Tabla 4.1-7 Caudal diario de agua – Vía de Circulación

Humectación Vía de Circulación	
Longitud total (m)	14.742
Ancho (m)	30
Área (m ²)	442.260
rendimiento (l/m ²)	1
volumen requerido (litros)	442.260
volumen requerido (m ³)	442
número de riegos por día	4
Volumen total por día (m ³)	1.769 o 20.5 L/s

En general para la humectación de la vía de acceso y de la vía de circulación se estima un volumen de captación de 22 l/s, la cual será tomada del embalse El Salado.

4.1.2.3.2 Aguas de Proceso:

La cantidad del agua para el proceso de extracción aurífero son de 107.1 l/s, de los cuales serán necesarios para:

- Flotación: 31,6 l/s
- Taller de camiones: 28,3 l/s
- Planta de Lixiviación: 4,6 l/s
- Pila Lixiviación: 42,8 l/s

El caudal demandado será tomado de la siguiente manera:

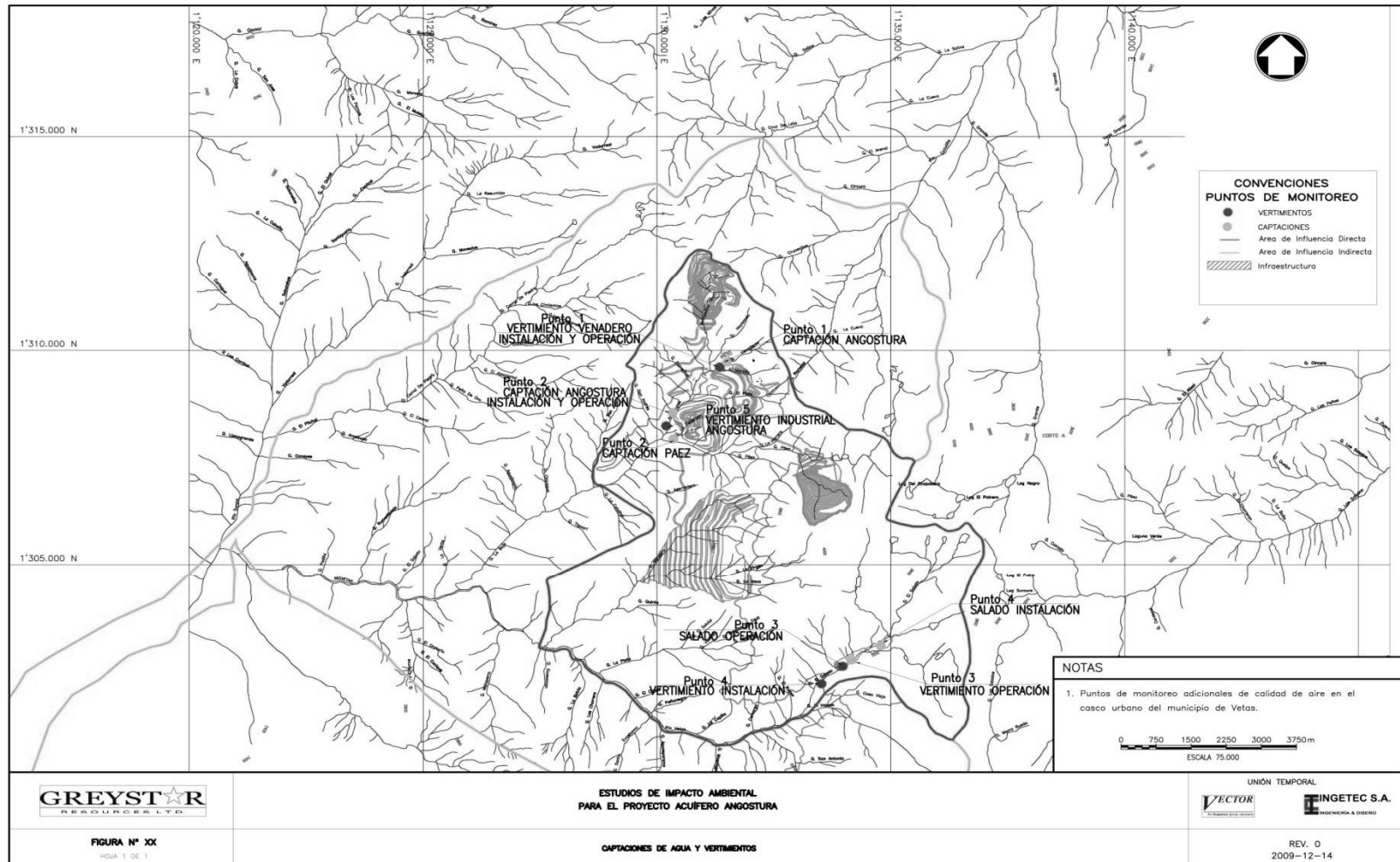
- Quebrada Angostura = 38 l/s
- Quebrada Páez = 36 l/s
- Embalse El Salado = 107.1 l/s para el proceso (En caso de que las demás quebradas no puedan proporcionar todo el caudal se tomaran la cantidad de aguas del proceso del embalse).

4.1.2.4 Requerimiento Total de Agua para el Proyecto

A continuación se presenta un resumen con las cantidades totales demandadas por el proyecto en la etapa de instalación y operación.

Tabla 4.1-8 Requerimiento de agua para el proyecto

Figura 4.1-1 Captación de aguas y vertimientos



4.1.3 Concesiones de agua para el proceso

De acuerdo con la información suministrada por Greystar Resorces, en la

Tabla 4.1-9 se presentan las demandas de agua de proceso en las quebradas Angostura y Páez y el embalse El Salado:

Tabla 4.1-9 Demandas de agua de proceso

Fuente de Captación	Demanda Típica Media (l/s)	Demanda Máxima Media (l/s)
Quebrada Angostura	39,0	59,0
Quebrada Páez	39,0	59,0
Embalse El Salado	-	107,1

Por otra parte, en la Tabla 4.1-10, la Tabla 4.1-11 y la Tabla 4.1-12 se presenta el balance hídrico realizado en las quebradas Angostura y Páez, teniendo en cuenta el caudal medio remanente en cada una de ellas, debido a la afectación de las áreas correspondientes al Botadero Móngora, el Tajo de Explotación y las pilas de lixiviación Angostura y Páez.

El balance de aguas en cada quebrada se realizó de la siguiente manera:

A partir de la metodología mencionada en la Resolución 865 de 2004 del Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, se estimó el caudal ecológico, como el 25% del caudal medio mensual multianual más bajo de la corriente en estudio sin la intervención de la mina; adicionalmente, de acuerdo con lo mencionado en el Plan de Ordenamiento y Manejo Ambiental Subcuenca Río Suratá (CDMB, 2007 sección 1.3.2.1, págs. 13 y 14), por efectos de calidad de agua, se adicionó un 25% del caudal medio multianual del mes más bajo.

De acuerdo con el inventario de usos y usuarios tomado en campo, y con el listado de concesiones suministrado por la CDMB, en cada una de las fuentes intervenidas, se estimó la demanda de agua actual en cada una de las fuentes de agua en estudio.

Finalmente, se estimó la disponibilidad de agua, como la diferencia entre el caudal medio remanente, el caudal ecológico, el caudal por efectos de la calidad de agua y el caudal correspondiente a la demanda de los usuarios actuales aguas abajo de cada quebrada.

Tabla 4.1-10 Balance Hídrico con Explotación. Quebrada Angostura

Tabla 4.1-11 Balance Hídrico con Explotación. Quebrada Páez

Tabla 4.1-12 Balance hídrico. Quebrada El Salado

De acuerdo con los valores presentados en la en la Tabla 4.1-10, la Tabla 4.1-11 y la Tabla 4.1-12, el caudal medio multianual disponible para captar de las quebradas Angostura, Páez y El Salado es de 49 l/s, 72 l/s y 138 l/s, respectivamente; sin embargo, en los períodos secos, el caudal disponible será menor a los promedios multianuales, teniendo en cuenta que se debe garantizar el caudal ecológico, el caudal por calidad y la demanda de usuarios en dichas quebradas.

Por lo tanto, con base en el análisis presentado anteriormente, se requiere una concesión de agua en la quebrada Angostura de 49 l/s, teniendo en cuenta que este valor es menor a la demanda máxima promedio presentado en la Tabla 4.1-10 (59,0 l/s).

La concesión de agua requerida en la quebrada Páez es de 59,0 l/s, el cual corresponde a la demanda máxima promedio en esta zona, teniendo en cuenta que dicha demanda se encuentra por debajo de la disponibilidad media multianual (72 l/s).

Finalmente, si es necesaria una concesión de agua de 107,1 l/s en el Embalse El Salado, menor al caudal disponible (138 l/s). Dicha concesión de agua se requiere puesto que el Embalse debe cubrir las demandas de agua requeridas en las quebradas Angostura y Páez durante los período secos.

Sin embargo, el máximo caudal que se captará, es aquel que garantice el caudal ecológico, el caudal por efectos de calidad de agua y la demanda de usuarios actuales en las quebradas Angostura, Páez y El Salado aguas abajo de cada una de las zonas intervenidas.

4.1.4 Infraestructura y sistemas de captación, conducción y tratamiento

Para asegurar que el caudal captado corresponda al dado en concesión los sistemas de captación de agua del proyecto deberán contar con un sistema de medición de caudal.

4.1.4.1 Zona de la planta de beneficio

Para la etapa instalación la captación de agua cruda en la zona de Industrial se realizará de la quebrada venadero y angostura, la ubicación de la bocatoma se encuentran en la Tabla 4.1-8. Para la etapa de operación la captación de agua cruda en la zona se realizará de la quebrada venadero, angostura y Páez, la ubicación de la bocatoma se encuentran en la Tabla 4.1-8.

El agua captada para uso industrial en las etapas de instalación y operación se conducirá hacia los tanques de almacenamiento de agua cruda. La captación de aguas para uso industrial las quebradas Angosturas y Páez en las etapas de instalación y operación se hará por un sistema bocatoma con barraje fijo y barraje móvil ubicado sobre el cauce de las quebradas. De allí el agua es conducida a una trampa de sedimentos y posteriormente conducida por gravedad a un tanque de almacenamiento para posteriormente bombear y transportar por tubería hasta la planta de procesos como se muestra esquemáticamente en la Figura 4.1-4 junto con una sección tipo del sistema de bocatoma.

El agua para uso domestico se captara y se destinará para el sistema de tratamiento de agua potable. El agua tratada se conducirá a un tanque con capacidad de almacenamiento para 2 días, con el fin de contemplar imprevistos y mantenimiento en la planta.

Figura 4.1-2 Sistema de captación directa de agua (sección típica)

SISTEMA DE CATACIÓN

Figura 4.1-3 Sistema de captación directa de agua (bocatoma)

BOCATOMA

4.1.4.2 Zona El salado

Para la etapa instalación la captación de agua cruda en la zona de El Salado se realizará de la quebrada El Salado, la ubicación de la bocatoma se encuentran en la Tabla 4.1-8. Para la etapa de operación la captación de agua cruda en la zona se realizará del embalse El Salado, la ubicación de la bocatoma se encuentran en la Tabla 4.1-8.

En operación el sistema considera una torre de captación en el embalse de El Salado conectada a un túnel de desvío. A partir de la torre de captación el agua es llevada por gravedad hasta un tanque de almacenamiento, y de allí impulsada con bombas centrífugas a la planta y al campamento. En la Figura 4.1-4 se presenta un plano general del sistema de captación y una sección típica de la captación sobre el embalse de El Salado.

Figura 4.1-4 Sección típica del sistema de captación del embalse

El agua para uso domestico se captara y se destinará para el sistema de tratamiento de agua potable. El agua tratada se conducirá a un tanque con capacidad de almacenamiento para 2 días, con el fin de contemplar imprevistos y mantenimiento en la planta.

4.1.4.3 Sistemas de tratamiento

Las plantas de tratamiento de agua potable para la zona de la planta de beneficio y la zona de El Salado serán de tipo compacta. Se instalara una planta para cada una de las zonas que pueda abastecer la demanda en las etapas de instalación y operación del proyecto.

Para la zona de la planta de beneficio la planta compacta tendrá una capacidad de 13.6 g.p.m. y un caudal de diseño de 0.86 l/s y para la zona de El Salado una capacidad de 11,8 g.p.m. y un caudal de diseño de 0.75 l/s.

El sistema compacto contará con un desarenador y posteriormente con un módulo tipo compacto. El modulo deberá estar en capacidad de realizar continua y simultáneamente en una sola unidad el tratamiento del caudal de diseño respectivo, con los procesos de mezcla de productos químicos, para coagulación, floculación y sedimentación acelerada. Igualmente, deberá tener incorporados los procesos de filtración rápida y desinfección.

En primera instancia se realiza la dosificación de los productos químicos de coagulación, desinfección y estabilización de pH; luego se conduce el agua a la zona de mezcla mecánica para inducir rápidamente las reacciones de coagulación y posterior floculación. Posteriormente, entra a un proceso de sedimentación acelerada y una vez clarificada pasa por un filtro de lecho mixto de arena y antracita para retirar cualquier tipo de material suspendido que haya podido quedar en el

proceso. Por último, es conducida a los tanques de almacenamiento y distribuida a las diferentes instalaciones del proyecto.

La planta deberá contar con todos los accesorios de interconexión hidráulica y eléctrica, productos químicos para la puesta en marcha y medidores comparadores para cloro y pH, indicadores de caudal, manómetros, escalera de acceso a la parte superior de la planta, plataforma para el clarificador- floculador - sedimentador.

En la Figura 4.1-5 se muestra un esquema del tratamiento en plantas compactas para agua potable.

Figura 4.1-5 Esquema de tratamiento de agua potable

Fuente: Edospina.

4.1.5 Calidad de agua

En general, la calidad del agua en los puntos de captación de todas las quebradas, cumple con condiciones adecuadas para su tratamiento convencional por medio de una planta compacta, ya que no presenta altos niveles de contaminación que puedan poner en riesgo la salud humana después del tratamiento.

En el Capítulo 3. Numeral 3.2.6 Calidad del Agua, se puede ver en detalle la calidad de agua de las quebradas donde se realizarán las captaciones.

4.1.6 Inventario de usos y usuarios

4.1.6.1 Inventario y cuantificación de usos y usuarios quebrada Páez, Angostura, La Baja y río Vetas.

Tabla 4.1-13 Resumen de usos y usuarios identificados en campo

USOS Y USUARIOS INHERENTES AL PROYECTOS GREYSTAR IDENTIFICADOS EN CAMPO				
CLASE DE USO	FUENTE	CAUDAL AFORADO (l/s)	LOCALIZACIÓN	USUARIOS
Consumo humano	Quebrada Páez	360	Campamento Greystar	200
			Vereda Angosturas (El Portillo)	50

USOS Y USUARIOS INHERENTES AL PROYECTOS GREYSTAR IDENTIFICADOS EN CAMPO				
CLASE DE USO	FUENTE	CAUDAL AFORADO (l/s)	LOCALIZACION	USUARIOS
	Quebrada Angosturas	270	Vereda Angosturas (La Bodega)	30
Minería	Quebrada La Baja	790	Vereda Angosturas (El Tigre)	10
			Vereda Angosturas (La Tigra)	15
			Vereda La Baja (La Baja)	30
			Vereda La Baja (San Juan)	15
			Vereda La Baja (Parte urbana)	80
			Vereda La Baja (Chamisales)	10
			Vereda Agua Limpia (Agua Limpia)	20
			Río Vetas aguas abajo del municipio de California	2450
				Total

Para establecer la demanda de agua para consumo humano se toma como referencia el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico del Ministerio de Desarrollo de Colombia RAS – 2000 que establece el procedimiento que debe seguirse para estimar la demanda de agua potable o la dotación bruta para calcular los sistemas de acueducto, con el fin de determinar la capacidad real de cada componente en particular.

La dotación neta corresponde a la cantidad mínima de agua requerida para satisfacer las necesidades básicas de un habitante sin considerar las pérdidas que ocurran en el sistema de acueducto. Para el caso de la zona del proyecto se considera que corresponde a una complejidad baja.

La dotación neta mínima y máxima, para consumo humano, dependiendo del nivel de complejidad del sistema se presenta a continuación:

Tabla 4.1-14 Dotación neta según el Nivel de Complejidad del Sistema

Nivel de complejidad del sistema	Dotación neta mínima (L/hab-día)	Dotación neta máxima (L/hab-día)
Bajo	100	150
Medio	120	175
Medio alto	130	-
Alto	150	-

De acuerdo con los parámetros anteriormente descritos se puede determinar para la población de afectación directa del proyecto (280 habitantes), considerando una dotación neta máxima, una demanda de agua para consumo humano del orden de 0,50 l/s.

Esta demanda hasta el momento es sostenible por las fuentes existentes correspondiente en gran parte a la quebrada de Páez y nacederos propios de la zona.

La población que se beneficia con el recurso hídrico actualmente en la zona del proyecto en uso exclusivo de la minería es del orden de 230 habitantes.

La minería artesanal toma el agua de las quebradas Páez, Angostura y La Baja, además del Río Vetas, para generar hidráulicamente energía para el funcionamiento de grandes molinos, que son utilizados en la trituración del material excavado. Posteriormente, este material es procesado con productos químicos altamente nocivos para el medio ambiente tales como cianuro y zinc.

4.1.6.2 Inventario y cuantificación de usos y usuarios quebrada El Salado

Aguas Arriba del Embalse: El principal uso de la Quebrada El Salado es la de Acueducto Veredal de la Vereda Borrero-La Tosca del municipio de Vetas, el cual tiene concesión de agua (3.60 l/s) por parte de la CDMB desde el año 2000¹, beneficia a 65 viviendas de Borrero-La Tosca y a 2 viviendas de El Salado. Los principales usos del agua para el acueducto son: consumo humano (0.93 l/s), abrevadero (0.81 l/s) y riego (1.86 l/s).

Aguas Abajo del Embalse: El segundo uso importante de la Quebrada El Salado es la captación de agua para la piscicultura, de la cual se benefician 5 familias residentes en la Vereda El Salado, de los cuales sólo el predio El Hato del Sr. Armando Moreno tiene concesión de agua por parte de la CDMB.

Otro uso es para la minería, principalmente para mover el molino que utilizan en el proceso de extracción del oro (Empresa Potosí).

En el Río Vetas uno de los principales usos que se le da es para la extracción de arena en la Vereda Pánaga del Municipio de Suratá, donde confluye el Río Vetas con el Río Suratá.

En el Río Suratá se destacan tres usos principales del agua: la extracción de arena, actividades recreativas (balnearios) y de consumo humano (bocatoma del Acueducto Metropolitano de Bucaramanga).

Tabla 4.1-15 Usuarios Quebrada El Salado, Río Vetas y Suratá

Vereda/ Municipio	Finca	Propietario/ Arrendatario/Gerente	Coordenadas	
			Norte	Este
El Salado (Vetas)	Los Pajaritos	Luis Beltrán Rojas	1134622	1303116
El Salado (Vetas)	Los Pajaritos	Luis Beltrán Rojas	1134450	1302998
El Salado (Vetas)	Casa Nueva	Pedro Alcántara García Molina	1134383	1302977
El Salado (Vetas)	La Vega	Sucesión	1134194	1302806
El Salado (Vetas)	La Pedregoza	José Alfredo Ochoa	1133396	1302176
La Tosca (Vetas)	El Hato	Armando Moreno	1133010	1301566
La Tosca (Vetas)	El Hato	Misael García	1133010	1301566
La Tosca (Vetas)	El Hato	Armando Moreno	1132982	1301531
La Tosca (Vetas)	El Hato	Armando Moreno	1133061	1301545

¹ Resolución No. 0436 del 15 de junio del 2000.

Vereda/ Municipio	Finca	Propietario/ Arrendatario/Gerente	Coordenadas	
			Norte	Este
La Tosca (Vetas)	Empresa Minera Potosí	Gerente: Johanny Jácome (Minería Asociativa)	1132804	1301390
Panaga (Suratá)	Río Vetas	Areneros individual	1120765	1305371
Panaga (Suratá)	Confluencia Río Vetas y Suratá	Areneros individual	1120469	1305000
Panaga (Suratá)	Puente Panaga	Areneros individual	1120287	1304641
La Playa (Charta)		Areneros individual	1115067	1296588
La Playa (Charta)	Finca Noriega	Planta de trituración Ingesan S.A. Gerente: Alejandro Rueda	1114157	1296642
Vereda Rosablanca (Bucaramanga)			1108561	1283378
Vereda Bosconia (Bucaramanga)		Acueducto Metropolitano de Bucaramanga	1107795	1283463

Fuente: Trabajo de Campo, Gradex Ingeniería S.A. Junio de 2009

Tabla 4.1-16 Usos y Caudales Quebrada El Salado, Río Vetas y Suratá

Vereda/ Municipio	Finca	Uso (consumo humano/animal, riego, minería, etc.)	Caudales
El Salado (Vetas)	Los Pajaritos	Captación Acueducto Comunal Borrero-La Tosca	3.60 lts/seg
El Salado (Vetas)	Los Pajaritos	Captación agua estanques truchas	2.3 lt/seg 1.0lts/seg 1.5lts/seg
El Salado (Vetas)	Casa Nueva	Entrada a estanques de truchas (mangueras)	1.0lts/seg 1.5lts/seg
El Salado (Vetas)	La Vega	Captación agua estanques truchas (manguera)	5 lts/seg
El Salado (Vetas)	La Pedregoza	Captación de agua estanques (manguera)	0.2 lts/seg
La Tosca (Vetas)	El Hato	Captación de agua, tanque de almacenamiento	5 lts/seg
La Tosca (Vetas)	El Hato	Captación de agua, estanques de piscicultura (2), usuario acueducto veredal Borrero-La Tosca	0.8 lts/seg
La Tosca (Vetas)	El Hato	Estanques piscicultura (3), usuario acueducto veredal de Borrero-La Tosca	1.0lts/seg 1.5lts/seg
La Tosca (Vetas)	El Hato	Captación de agua para minería	

Vereda/ Municipio	Finca	Uso (consumo humano/animal, riego, minería, etc.)	Caudales
La Tosca (Vetas)	Empresa Minera Potosí	Acueducto veredal Borrero y minería	
Panaga (Suratá)	Río Vetas	Arena	
Panaga (Suratá)	Confluencia Río Vetas y Suratá	Arena	
Panaga (Suratá)	Puente Panaga	Arena	
La Playa (Charta)		Arena	
La Playa (Charta)	Finca Noriega	Piedra-Arena-Grava	
Vereda Rosablanca (Bucaramanga)		Balneario Puente Tona, pozo de los ahogados	
Vereda Bosconia (Bucaramanga)		Bocatoma AMB	

Fuente: Trabajo de Campo, Gradex Ingeniería S.A. Junio de 2009

- Usos y usuarios legalmente constituidos en la CDMB

En el Anexo 3.2.4 Usos y usuarios de la Corporación de la Meseta de Bucaramanga (C.D.M.B.), se presenta un listado oficial de las diferentes fuentes de agua, con información geográfica, registro de las solicitudes e información del beneficiario actualmente vigente en esta corporación.

4.1.7 Impactos Ambientales

- Alteración de la calidad del agua.
- Alteración de la cantidad de agua.

4.1.8 Medida de Manejo Ambiental

- Manejo de captaciones.
- Programa de manejo de la cantidad del recurso hídrico.

4.2 AGUAS SUBTERRÁNEAS

Para la instalación y operación del Proyecto, no es necesario el uso de de agua subterránea.

4.3 OCUPACIÓN DE CAUCES

4.3.1 Dinámica Fluvial

4.3.1.1 Quebrada Páez

De acuerdo con las fotografías aéreas tomadas en 1 de mayo de 2008, se observan los siguientes aspectos:

- Aguas arriba de la quebrada se evidencia planicie de inundación.
- Se evidencia la formación de un cuerpo lagunar y la conformación de una red dendrítica.
- La quebrada es poco sinuosa y por ende no presenta meandros definidos.
- Aguas abajo de la quebrada se presentan pendientes longitudinales altas y un cauce definido.

Por lo anterior, aguas abajo la quebrada Páez se encuentra en equilibrio dinámico y aguas arriba se evidencian pequeños procesos fluviales.

4.3.1.2 Quebrada Angostura

De acuerdo con las fotografías aéreas tomadas en 1 de mayo de 2008, se observan los siguientes aspectos:

- La quebrada Angostura está conformada por una red dendrítica.
- Se presentan cauces definidos y sección transversal en forma de V.
- Se presentan altas pendientes longitudinales.
- No se evidencia la formación de meandros.

Por lo anterior, en la quebrada Angostura no se evidencian procesos fluviales.

4.3.1.3 Quebrada Móngora:

De acuerdo con las fotografías aéreas tomadas el 27 de marzo de 2008, se observan los siguientes aspectos sobre la quebrada Móngora:

- La quebrada presenta un cauce definido, una sección transversal en forma V y se encuentra conformada por una red dendrítica.
- La quebrada se caracteriza por presentar fuertes pendientes.
- En esta quebrada no se evidencia planicie de inundación.

Por lo anterior, la quebrada se encuentra en equilibrio dinámico y no presenta procesos de agradación ni degradación.

4.3.1.4 Régimen hidrológico

4.3.1.4.1 Caudales Máximos

Con base en los resultados en los caudales máximos instantáneos obtenidos en la estación río Vetás – Puente Pánega, se determinó que la distribución de probabilidad de Log Pearson III representa de manera adecuada la tendencia de estos datos, por lo cual los caudales de diseño para diferentes períodos de retorno se estimaron a partir de esta distribución. Los caudales máximos asociados a diferentes períodos de retorno para las subcuencas del río Vetás se estimaron a partir de la siguiente relación:

Donde:

- : Caudal máximo de diseño para un período de retorno en el sitio i.
- : Área de drenaje en el sitio i.
 - : Caudal máximo de diseño estimado en la estación río Vetas – Puente Pánega.
 - : Área de drenaje hasta la estación río Vetas – Puente Pánega, de 156 km².

Tabla 4.3-1 Caudales Máximos para Diferentes Períodos de Retorno

4.3.1.4.2 Caudales Medios y Mínimos

A partir de los registros de caudales medios determinados en la estación río Vetas – Puente Pánega, se determinaron los caudales medios y los caudales mínimos para porcentajes de excedencias del 90% y el 95% aplicando relaciones de área – precipitación.

Tabla 4.3-2 Caudales Máximos y Mínimos

4.3.2 Ubicación y tipo de obra de drenaje

Para la ubicación y procesos para la explotación Angostura se van a realizar ocupaciones de cauces permanentes y temporales.

4.3.2.1 Ocupación de cauce permanente

A continuación se presenta la ubicación, tipo de obra, la quebrada intervenida y sus coordenadas aproximadas.

Tabla 4.3-3 Ocupación de cauce obras principales

Ubicación	Quebrada intervenida	Coordenadas Aproximadas			
		Iniciales		Finales	
		E	N	E	N
<i>Pilas de lixiviación</i>					
Pila de lixiviación de Páez	Q. Páez	1134086	1306645	1129392	1304334
Pila de lixiviación de Angostura	Q. Angostura	1130639	1310394	1131061	1310394
<i>Zona de disposición de excedentes de material de excavación y zonas de disposición de suelos</i>					
Botadero Móngora	Q. Móngora	1131625	1306495	1129392	1304334
	Q. La virgen	1132266	1304930	1131275	1304735
	Q. La vaca	1132263	1304587	1129804	1304741
Botadero Top Soil PIT	Q. Innominada 1	1130047	1309533	1130381	1309252
Botadero Top Soil Páez	Q. Innominada 2	1132157	1307519	1132052	1307512
Botadero Top Soil Mongora	Q. Aserradero	1130447	1306457	1130133	1306696
<i>Zona de extracción de material</i>					
zona de extracción de material o tajo	Q. Hoyaonda	1132189	1309864	1132073	1309909
	Q. La Perezosa	1131210	1308531	1130543	1308156
	Q. El Mortiño	1131943	1309460	1131516	1309539
	Q. El Pozo	1132116	1308963	1130916	1309010
<i>Zonas de préstamo</i>					
Margaret	Q. Innominada 3	1131704	1311278	1131429	1311229
La casita	Q. Romedal	1133071	1308832	1132896	1309203
Erika	Q. Páez	1133566	1307536	1133215	1307569
San Cristóbal	Q. Páez	1128849	1306953	1127705	1306295
	Q. Animas	1128211	1305928	1127886	1306361
La Argelia	Q. Animas	1128663	1305398	1128496	1305634
Las Animas	Q. Aserradero	1130108	1306715	1129970	1306783
<i>Embalse El Salado</i>					
Embalse El Salado	El Salado	1134452	1303024	1133787	1302644

4.3.2.2 Ocupación de cauce temporal

Están se relacionan con la adecuación de las obras de arte e ingeniería para la adecuación de las vías de acceso al proyecto y de las vía minera o internas.

A continuación se presenta la ubicación y el tipo de obra de drenaje utilizada para la vía de acceso principal y la vía de acarreo. Las coordenadas que se presentan están referenciadas al sistema IGAC.

4.3.2.2.1 Vía principal No 1.

La vía principal No 1 cruza aproximadamente 119 puntos con drenajes, los cuales se presentan a continuación:

Tabla 4.3-4 Obras de Arte - Vía Principal N°1

Obra No	Norte	Este	Tipo de Obra
1	1299893,192	1133081,420	Alcantarilla
2	1299944,239	1133081,089	Alcantarilla
3	1300113,141	1132987,901	Alcantarilla
4	1300300,367	1132869,655	Alcantarilla
5	1300310,446	1132909,174	Alcantarilla
6	1300280,660	1133042,614	Alcantarilla
7	1300387,945	1133086,394	Alcantarilla
8	1300579,917	1133137,275	Alcantarilla
9	1300683,592	1133099,508	Alcantarilla
10	1300838,509	1133031,299	Alcantarilla
11	1300971,023	1133058,261	Alcantarilla
12	1301032,493	1133097,895	Alcantarilla
13	1301195,269	1133203,043	Alcantarilla
14	1301273,350	1133430,965	Alcantarilla
15	1301384,164	1133497,261	Alcantarilla
16	1301428,564	1133543,730	Alcantarilla
17	1301508,626	1133632,510	Alcantarilla
18	1301415,535	1134027,570	Alcantarilla
19	1301437,683	1134119,813	Alcantarilla
20	1301587,549	1134110,879	Alcantarilla
21	1301764,205	1133940,732	Alcantarilla
22	1301931,539	1133915,818	Alcantarilla
23	1301973,681	1133732,877	Alcantarilla
24	1301988,812	1133576,244	Alcantarilla
25	1302091,161	1133561,081	Alcantarilla
26	1302278,289	1133554,331	Alcantarilla
27	1302451,299	1133653,192	Alcantarilla
28	1302447,066	1133563,602	Alcantarilla
29	1302404,907	1133397,936	Alcantarilla

Obra No	Norte	Este	Tipo de Obra
30	1302317,777	1133237,517	Alcantarilla
31	1302237,215	1133176,594	Alcantarilla
32	1302132,138	1133125,838	Alcantarilla
33	1302045,996	1133044,432	Alcantarilla
34	1302033,284	1132932,488	Alcantarilla
35	1302008,623	1132804,464	Alcantarilla
36	1301869,636	1132743,761	Alcantarilla
37	1301823,690	1132655,367	Alcantarilla
38	1301824,089	1132540,879	Alcantarilla
39	1301768,079	1132506,083	Alcantarilla
40	1301752,121	1132358,406	Alcantarilla
41	1301777,103	1132157,977	Alcantarilla
42	1301787,395	1132031,661	Alcantarilla
43	1301857,312	1131859,076	Alcantarilla
44	1301783,348	1131679,190	Alcantarilla
45	1301849,638	1131543,597	Alcantarilla
46	1302080,082	1131390,286	Alcantarilla
47	1302146,392	1131526,544	Alcantarilla
48	1302241,127	1131576,409	Alcantarilla
49	1302400,695	1131569,014	Alcantarilla
50	1302529,315	1131574,093	Alcantarilla
51	1302514,826	1131736,520	Alcantarilla
52	1302576,317	1131896,283	Alcantarilla
53	1302669,411	1131957,882	Alcantarilla
54	1302786,170	1132017,744	Alcantarilla
55	1302893,607	1132082,045	Alcantarilla
56	1303045,945	1132071,446	Alcantarilla
57	1303172,739	1132023,431	Alcantarilla
58	1303331,662	1132126,574	Alcantarilla
59	1303460,338	1131988,362	Alcantarilla
60	1303596,200	1131943,914	Alcantarilla
61	1303723,791	1131889,820	Alcantarilla
62	1303789,010	1131779,776	Alcantarilla
63	1303940,279	1131783,488	Alcantarilla
64	1304037,495	1131688,482	Alcantarilla
65	1304140,864	1131694,397	Alcantarilla

Obra No	Norte	Este	Tipo de Obra
66	1304186,383	1131832,103	Alcantarilla
67	1304227,416	1131973,921	Alcantarilla
68	1304258,874	1132119,033	Alcantarilla
69	1304309,903	1132216,629	Alcantarilla
70	1304427,979	1132200,812	Alcantarilla
71	1304505,229	1132343,066	Alcantarilla
72	1304600,699	1132505,668	Alcantarilla
73	1304674,453	1132397,717	Alcantarilla
74	1304725,177	1132257,879	Alcantarilla
75	1304822,672	1132327,596	Alcantarilla
76	1304915,081	1132403,384	Alcantarilla
77	1305015,026	1132510,513	Alcantarilla
78	1305209,893	1132361,952	Alcantarilla
79	1305194,865	1132197,699	Alcantarilla
80	1305402,056	1132046,414	Alcantarilla
81	1305617,833	1132138,234	Alcantarilla
82	1305742,912	1132174,288	Alcantarilla
83	1305928,606	1132385,677	Alcantarilla
84	1306135,278	1132355,525	Alcantarilla
85	1306200,817	1132286,923	Alcantarilla
86	1306333,048	1132259,311	Alcantarilla
87	1306469,098	1132288,661	Alcantarilla
88	1306573,784	1132387,463	Alcantarilla
89	1306678,001	1132449,553	Alcantarilla
90	1306777,925	1132400,256	Alcantarilla
91	1306941,771	1132491,729	Alcantarilla
92	1306984,610	1132653,955	Alcantarilla
93	1307071,537	1132685,137	Alcantarilla
94	1307149,829	1132780,053	Alcantarilla
95	1307363,204	1132844,464	Alcantarilla
96	1307273,317	1133081,328	Alcantarilla
97	1307305,183	1133253,347	Alcantarilla
98	1307345,119	1133378,815	Alcantarilla
99	1307431,943	1133496,084	Alcantarilla
100	1307531,596	1133554,176	Alcantarilla
101	1307625,759	1133474,663	Alcantarilla

Obra No	Norte	Este	Tipo de Obra
102	1307717,149	1133466,643	Alcantarilla
103	1307747,362	1133340,967	Alcantarilla
104	1307808,786	1133243,480	Alcantarilla
105	1307890,819	1133120,942	Alcantarilla
106	1307943,220	1133090,522	Alcantarilla
107	1307994,406	1132976,062	Alcantarilla
108	1308054,424	1132868,971	Alcantarilla
109	1308279,089	1132858,728	Alcantarilla
110	1308338,644	1132836,164	Alcantarilla
111	1308323,802	1132752,202	Alcantarilla
112	1308372,085	1132672,251	Alcantarilla
113	1308502,495	1132702,166	Alcantarilla
114	1308641,019	1132679,402	Alcantarilla
115	1308728,529	1132618,190	Alcantarilla
116	1308884,434	1132701,738	Alcantarilla
117	1309016,305	1132806,091	Alcantarilla
118	1309165,605	1132813,292	Alcantarilla
119	1309312,410	1132797,274	Alcantarilla

4.3.2.2.2 Vía principal No 2.

La vía principal No 2 cruza aproximadamente 22 puntos con drenajes, los cuales se presentan a continuación:

Tabla 4.3-5 Obras de Arte - Vía Principal N°2

Obra No	Norte	Este	Tipo de Obra
1	1307519,791	1129356,687	Alcantarilla
2	1307524,111	1129291,228	Alcantarilla
3	1307271,755	1129074,547	Alcantarilla
4	1307222,523	1128915,433	Alcantarilla
5	1307204,811	1128798,440	Alcantarilla
6	1307275,632	1128795,118	Alcantarilla
7	1307309,250	1128944,744	Alcantarilla
8	1307395,330	1129080,210	Alcantarilla
9	1307451,121	1129036,676	Alcantarilla
10	1307409,421	1128915,556	Alcantarilla
11	1307506,005	1128813,468	Alcantarilla
12	1307579,976	1128947,331	Alcantarilla

Obra No	Norte	Este	Tipo de Obra
13	1307670,710	1129083,007	Alcantarilla
14	1307851,736	1129187,425	Alcantarilla
15	1307999,672	1129344,296	Alcantarilla
16	1308153,444	1129519,359	Alcantarilla
17	1308220,582	1129589,742	Alcantarilla
18	1308405,112	1129820,721	Alcantarilla
19	1308540,108	1130100,034	Alcantarilla
20	1308725,663	1130186,126	Alcantarilla
21	1308919,115	1130337,542	Alcantarilla
22	1309014,725	1130571,207	Alcantarilla

4.3.2.2.3 Vía de acarreo

La vía de acarreo cruza aproximadamente 83 puntos con drenajes, los cuales se presentan a continuación:

Tabla 4.3-6 Obras de Arte - Vía de Acarreo

Obra No	Norte	Este	Tipo de Obra
1	1306183,205	1130407,379	Box culvert
2	1306574,193	1130606,008	Box culvert
3	1306828,167	1130574,437	Box culvert
4	1306996,153	1130500,597	Box culvert
5	1307558,406	1130536,680	Box culvert
6	1307590,612	1130742,770	Box culvert
7	1307568,493	1130886,739	Box culvert
8	1307565,054	1130967,455	Box culvert
9	1307626,698	1131099,244	Box culvert
23	1306789,459	1131381,929	Box culvert
24	1307030,120	1131837,003	Box culvert
25	1307247,259	1131929,012	Box culvert
26	1307391,084	1132062,381	Box culvert
27	1307515,301	1132181,555	Box culvert
28	1307761,672	1132182,366	Box culvert
29	1307916,306	1132141,561	Box culvert
30	1308184,537	1132031,993	Box culvert
31	1308302,082	1132017,205	Box culvert
32	1308334,312	1131902,015	Box culvert
33	1308342,210	1131864,037	Box culvert

Obra No	Norte	Este	Tipo de Obra
34	1308358,115	1131780,177	Box culvert
35	1307629,521	1133262,746	Box culvert
36	1307681,935	1133217,748	Box culvert
37	1307615,053	1133173,165	Box culvert
38	1307603,717	1133076,825	Box culvert
39	1307662,857	1133057,590	Box culvert
40	1307723,935	1132971,706	Box culvert
41	1307765,800	1132891,634	Box culvert
42	1307785,380	1132846,884	Box culvert
43	1307865,069	1132655,315	Box culvert
44	1307926,576	1132507,453	Box culvert
45	1308281,073	1132170,489	Box culvert
46	1308288,379	1132127,139	Box culvert
47	1308405,788	1132161,819	Box culvert
48	1308488,743	1132083,400	Box culvert
49	1309076,317	1131964,528	Box culvert
50	1309069,554	1131981,344	Box culvert
51	1309032,173	1132055,803	Box culvert
52	1309011,323	1132097,333	Box culvert
53	1309038,591	1132149,783	Box culvert
54	1309087,415	1132092,030	Box culvert
55	1309141,884	1132027,601	Box culvert
56	1309174,731	1132049,863	Box culvert
57	1309129,596	1132183,596	Box culvert
58	1309091,997	1132295,000	Box culvert
59	1309034,326	1132363,409	Box culvert
60	1308995,540	1132448,849	Box culvert
61	1309021,710	1132470,011	Box culvert
62	1309222,929	1132597,025	Box culvert
63	1309234,438	1132561,139	Box culvert
64	1309057,970	1130606,791	Box culvert
65	1309168,599	1130464,193	Box culvert
66	1309329,846	1130634,678	Box culvert
67	1309545,656	1130946,698	Box culvert
68	1309590,496	1130941,990	Box culvert
69	1309525,410	1130492,953	Box culvert

Obra No	Norte	Este	Tipo de Obra
70	1309454,216	1130213,336	Box culvert
71	1309452,898	1130110,887	Box culvert
72	1309513,514	1130059,794	Box culvert
73	1309593,770	1130248,445	Box culvert
74	1309673,859	1130390,496	Box culvert
75	1309699,291	1130504,657	Box culvert
76	1309807,139	1130788,065	Box culvert
77	1309970,839	1130917,021	Box culvert
78	1310173,928	1131019,743	Box culvert
79	1310242,143	1130957,557	Box culvert
80	1310193,406	1130659,801	Box culvert
81	1310293,698	1130595,519	Box culvert
82	1310263,319	1130681,158	Box culvert
83	1310338,347	1130846,049	Box culvert

4.3.3 Impactos Ambientales

- Alteración de la calidad del agua
- Alteración del aire y ruido
- Pérdida y alteración de suelos
- Pérdida de la cobertura vegetal
- Afectación de fauna terrestre

4.3.4 Medida de Manejo Ambiental

- Manejo para cruces viales de cuerpos de agua

4.4 VERTIMIENTOS

Durante la instalación y operación del proyecto se tiene previsto el uso de las quebradas Venaderos y en El Salado como fuente de descarga de agua residuales para la zona de la planta de beneficio y la zona El Salado.

4.4.1 Información de la fuente receptora

En la

se observan los nombres de las fuentes a utilizar para la instalación y operación del proyecto, las coordenadas aproximadas de descarga, los caudales de la fuente y la calidad del agua de estas.

Tabla 4.4-1 Fuente receptora

4.4.2 Vertimientos Domésticos

4.4.2.1 Etapa de Instalación

Durante la etapa de instalación, la descarga de las aguas residuales domésticas provendrá de la Zona de la planta de beneficio y de El Salado. Los vertimientos de aguas residuales domésticas en la zona de campamentos se presentarán de la siguiente manera: Partiendo de la dotación de agua de consumo que ya se estableció (120 l/hab-día – 80 l/hab-día) y considerando un coeficiente de retorno de 70% a 80% para un bajo nivel de complejidad², a continuación se presenta una aproximación de los vertimientos domésticos esperados para la zona.

Tabla 4.4-2 Vertimiento Domestico –Zona de la planta de beneficio

Parámetro	Unidad	Valor
Población Atendida	habitante	905
Caudal de abastecimiento	l/s	0,9
Coeficiente de retorno	-	0,8
Caudal de aguas residuales	l/s	0,7

Tabla 4.4-3 Vertimiento Domestico –Zona El Salado

Parámetro	Unidad	Valor
Población Atendida	habitante	540
Caudal de abastecimiento	l/s	0,75
Coeficiente de retorno	-	0,8
Caudal de aguas residuales	l/s	0,6

² De acuerdo con el numeral D.3.2.2 Contribución de aguas residuales del Reglamento Técnico del sector agua potable y saneamiento básico – RAS 2000. Sección II. Título D

4.4.2.2 Etapa de Operación

Durante la etapa de operación, la descarga de las aguas residuales domésticas provendrá de la Zona de la planta de beneficio y de El Salado. Los vertimientos de aguas residuales domésticas en la zona de campamentos se presentarán de la siguiente manera: Partiendo de la dotación de agua de consumo que ya se estableció (120 l/hab-día – 80 l/hab-día) y considerando un coeficiente de retorno de 70% a 80% para un bajo nivel de complejidad³, a continuación se presenta una aproximación de los vertimientos domésticos esperados para la zona.

Tabla 4.4-4 Vertimiento Domestico –Zona de la planta de beneficio

Parámetro	Unidad	Valor
Población Atendida	habitante	828
Caudal de abastecimiento	l/s	0,84
Coeficiente de retorno	-	0,8
Caudal de aguas residuales	l/s	0,67

Tabla 4.4-5 Vertimiento Domestico –Zona El Salado

Parámetro	Unidad	Valor
Población Atendida	habitante	112
Caudal de abastecimiento	l/s	0,17
Coeficiente de retorno	-	0,8
Caudal de aguas residuales	l/s	0,14

4.4.3 **Vertimientos Industriales**

4.4.3.1 Etapa de Instalación

La descarga de las aguas residuales industriales en la zona de la planta de beneficio se hará sobre la quebrada venadero, cerca al sitio con coordenadas aproximadas 1131340 E 1309609 N.

Para la planta de trituración se estima una demanda de 1,4 l/s de los cuales 0,1 l/s son consumidos para el control de emisiones y los restantes 1,3 l/s retornan como agua industrial de lavado de arena. Las aguas residuales generadas en esta instalación deben ser tratadas mediante una estructura de retención de sedimentos antes de ser vertidas al cuerpo receptor (ver

Figura 4.4-3).

Los caudales necesarios para la planta de concretos es de 0,13 l/s los cuales serán consumidos en la preparación del concreto.

³ De acuerdo con el numeral D.3.2.2 Contribución de aguas residuales del Reglamento Técnico del sector agua potable y saneamiento básico – RAS 2000. Sección II. Título D

Los caudales de limpieza y mantenimiento de vehículos y maquinaria provenientes de los talleres, serán variables dependiendo de las operaciones de lavado y mantenimiento. Sin embargo, se utilizará como caudal de diseño un valor de 2,0 l/s de los cuales retornara 1.6 l/s al sistema de tratamiento para aguas residuales industriales (API).

4.4.3.2 Etapa de Operación

Para la etapa de operación se identifican las aguas de procesos, las cuales son conformadas por:

- Líquidos de proceso: son las aguas que se generan como excedente del proceso de lixiviación la solución del proceso de lixiviación.
- Los residuos líquidos industriales: son las aguas generadas por las actividades dentro de la planta de proceso y el taller de mantenimiento de camiones.
- Los residuos líquidos de contacto son las aguas generadas por las actividades industriales de movimiento de tierra, principalmente en el frente de explotación del tajo de mina y en el depósito de estériles.

4.4.3.2.1 Líquidos del Proceso

No existirá descarga de estas aguas, para esto se han diseñado las pozas de solución con dimensiones suficientes para almacenar todas las aguas que necesite el proceso, incluyendo eventos de lluvias. Solamente en casos de lluvias muy fuertes se generarán aguas de exceso. Los residuos líquidos del proceso son generados cuando hay exceso de agua en el sistema de lixiviación en pilas. El exceso de agua se debe a la cantidad de precipitación en el tiempo sobre el área construida de la pila de lixiviación y para calcular los volúmenes se realiza una simulación de series de balances de aguas en base a la precipitación histórica, además se considera la capacidad de las pozas y la cantidad de capas impermeables que se coloquen sobre la pila de lixiviación, estas últimas (también llamadas “faldas” ó “skirts”) se colocan justamente con la finalidad de evitar que el agua de lluvia ingrese al sistema de lixiviación.

El cálculo y simulaciones del balance de agua en la pila de lixiviación y la determinación de la cantidad de aguas de exceso. La generación de residuos líquidos del proceso de lixiviación al percentil 100, es decir bajo las peores condiciones, sería:

- Mínimo: 0 m³ al día y/o 0 m³ al mes. (0 l/s)
- Promedio: 1,714 m³ al día y/o 51,419 m³ al mes. (0.01 l/s)
- Máximo: 12,307 m³ al día y/o 369,221 m³ al mes (0.14 l/s)

El punto de vertimiento de los residuos líquidos de proceso estará ubicado en la quebrada Venaderos cerca al sitio con coordenadas aproximadas 1131340 E 1309609 N, ya que la planta de tratamiento de exceso de agua (EWTP) estará ubicada junto a la planta de procesos en la zona de Cristo Rey.

4.4.3.2.1 Residuos Líquidos Industriales

En el caso de la planta de proceso, no hay generación de residuos líquidos industriales, ya que estas aguas son captadas en sumideros, los cuales recirculan el agua al sistema del proceso de lixiviación en pilas. En el caso del taller de mantenimiento de camiones, tampoco hay generación de residuos líquidos industriales, ya que las aguas son captadas en sumideros, para luego pasar

por un API, un sedimentador y luego serán recirculadas al mismo taller de mantenimiento para el lavado de camiones.

4.4.3.2.2 Residuos Líquidos de Contacto

Los residuos líquidos de contacto, son las aguas generadas por las actividades industriales de movimiento de tierra, principalmente en el frente de explotación del tajo de mina y en el depósito de estériles. En condiciones promedio de precipitación, los residuos líquidos de contacto (aguas ácidas), después de ser tratados, serán re-circulados al proceso, evitando así el vertimiento al medio ambiente. En caso de precipitaciones mayores, es probable que se generen excesos de agua en el proceso, en este caso los residuos líquidos de contacto, después de ser tratados en la planta "AWTP" serán descargados al medio ambiente en la quebrada Mongora en las coordenadas aproximadas 1133970 E 1302611 N.

La cantidad de residuos líquidos de contacto han sido calculados en base a la suma del volumen de agua en el depósito de estéril de Móngora y en el tajo abierto, en el mes más húmedo de un año normal. Así el potencial volumen de residuos líquidos de contacto, sería:

- 12,096 m³ al día y/o 362,880 m³ al mes. (0.14 l/s)

4.4.4 Vertimiento Total en el Proyecto

A continuación se presenta un resumen con las cantidades totales vertidas por el proyecto en la etapa de instalación y operación.

Tabla 4.4-6 Vertimientos del proyecto

4.4.5 Calidad de agua

En general, la calidad del agua en los puntos de vertimiento de todas las quebradas, no presenta altos niveles de contaminación por ser una zona poco intervenida.

En el Capítulo 3. Numeral 3.2.6 Calidad del Agua, se puede ver en detalle la calidad de agua de las quebradas donde se realizarán los vertimientos.

4.4.6 Sistema de Tratamiento

4.4.6.1 Aguas residuales domesticas

Para la etapa instalación y operación el vertimiento en la zona de Industrial se realizará de la quebrada venadero; igualmente en la zona El Salado el vertimiento se realizara sobre la quebrada El Salado. La ubicación de estos puntos se encuentran en la Tabla 4.4-6.

Los sistemas de tratamiento para aguas residuales domésticas deben tener una eficiencia como mínimo del 80% de remoción de carga contaminante, tal y como lo especifica el Decreto 1594 de 1984 o la remoción que exija la licencia ambiental.

4.4.6.1.1 Trampa de grasas

El sistema de tratamiento de las aguas residuales domésticas de la zona de la planta de beneficio y del salado contará con una planta compacta cuyo diseño se basa en las características del agua residual doméstica promedio, como es el contenido de DBO₅, DQO, sólidos totales, temperatura y pH, realizando un tratamiento secundario aeróbico de lodos activados convencionales.

Las aguas residuales domésticas generadas en la zona del casino del campamento se llevará a una trampa de grasas con el objeto de interceptar las grasas y aceites y estará localizada lo más cerca posible del punto de generación del residuo, posteriormente las aguas serán llevadas a la planta de tratamiento de agua residual.

Figura 4.4-1 Planta y perfil de una trampa de grasas

4.4.6.1.2 Plantas compactas de tratamientos de aguas residuales domésticas

El tratamiento de las aguas residuales domésticas generadas en la zona de la planta de beneficio y el salado deberá tratar un caudal de aproximadamente 0.7 l/s y 0.14 l/s respectivamente.

El sistema estará compuesto por una planta de tratamiento compacta para la remoción de DBO, sólidos suspendidos, grasas y aceites, mediante un proceso de aireación extendida y remoción de lodos.

El tratamiento con lodos activados es un procedimiento biológico a baja carga con estabilización aeróbica de lodos en exceso, que consiste en provocar y favorecer el desarrollo de una colonia bacteriana en un depósito de aireación alimentado con el efluente a tratar. Esta masa biológica,

utiliza la DBO del efluente crudo para la síntesis de materia celular consumiendo la materia orgánica como alimento. La mezcla del efluente con la colonia bacteriana es enviada a la tolva de sedimentación con el fin de separar el efluente tratado de los lodos activados, mientras el efluente es recuperado superficialmente para su disposición final. Los lodos resultantes del proceso pueden ser dispuestos en un relleno o utilizarse para procesos de recuperación de cobertura vegetal en el cerramiento de celdas del relleno. En la Figura 4.4-2 se presenta una fotografía de una planta de tratamiento compacta típica.

Figura 4.4-2 Planta compacta de tratamiento de aguas residuales domésticas

Fuente: EDOSPINA

Con el fin de controlar los vertimientos ocasionados por el proyecto y de llevar a cabo el seguimiento del impacto causado sobre la fuente hídrica, se deberá realizar un monitoreo fisicoquímico del agua, el cual está contemplado dentro del plan de manejo ambiental.

Las aguas tratadas serán descargadas en el río Magdalena según las disposiciones del Decreto 1594 de 1984 del Ministerio de Agricultura.

Con la implementación de la planta de tratamiento se espera alcanzar una remoción en DBO y Sólidos Suspendidos Totales mayor al 80%.

4.4.6.2 Aguas residuales industriales

4.4.6.2.1 Etapa de Instalación

Las aguas residuales generadas en zona de la planta de beneficio por la trituradora deben ser tratadas mediante una estructura de retención de sedimentos antes de ser vertidas al cuerpo receptor (ver

Figura 4.4-3). La estructura deberá tratar un caudal de 1.3 l/s

Figura 4.4-3 Sección típica del desarenador.

Las aguas residuales de limpieza y mantenimiento de vehículos y maquinaria provenientes de los talleres serán tratadas por medio de un API con un caudal de 1.6 l/s.

Figura 4.4-4 Esquema separador de grasas API

4.4.6.2.2 Etapa de Operación

En la etapa de operación los residuos líquidos del proceso de lixiviación son tratados en las plantas de tratamiento de exceso de aguas, llamadas EWTP, por sus siglas en Ingles.

La planta EWTP consta de una planta de destrucción de cianuro por el método de dióxido de azufre o método "INCO" y una planta de precipitación de metales que con sulfihidrato de sodio (NaSH), separados con cloruro férrico (FeCl_3) como coagulante, y un floculante para captar los precipitados y separarlos del agua.

El agua de exceso tratada será monitoreada antes de descargar para confirmar que cumple con los límites permisibles de descarga. Mientras que el lodo conteniendo el precipitado de metales será recirculado a la pila de lixiviación en donde será almacenado.

Figura 4.4-5 Representación esquemática del sistema cerrado de lixiviación y manejo de excesos de aguas

En cuanto al sistema de tratamiento propuesto para los residuos líquidos de contacto o aguas ácidas, contempla la neutralización de las aguas (control de pH) y la precipitación de los posibles metales que pudieran presentarse por encima de los niveles permisibles. Los posibles metales potenciales que podrían estar por encima de los límites permisibles serían removidos disminuyendo su solubilidad. La disminución de la solubilidad se logra aumentando el pH, por ejemplo en el caso del Níquel y Cobre, dos potenciales metales presentes en los residuos líquidos de contacto, el pH deberá ser aumentado a un valor de 9 ó 9.5. Luego con ayuda de un coagulante como el cloruro de fierro (FeCl_3), que también reduce el pH a valores entre 6 y 9, y con la ayuda de un floculante, los metales precipitados contenidos en el lodo de los sedimentadores serán recirculados a la pila de lixiviación en donde serán almacenados.

Luego de la separación de los metales y la neutralización del pH, los residuos líquidos serán monitoreados antes de ser descargados al medio ambiente, para confirmar que cumplen con los límites permisibles.

Foto 4.4-1 Pozas de Almacenamiento de Aguas

Foto 4.4-2 Equipamiento de La Planta de Tratamiento de Aguas Ácidas

4.4.7 Impactos ambientales

-Alteración de la calidad del agua

4.4.8 Medida de Manejo Ambiental

-Manejo de residuos líquidos domésticos, industriales y de proceso.

4.5 MATERIALES CONSTRUCCIÓN

4.5.1 Zonas de Material de Préstamo

Los materiales de préstamo requeridos para la etapa de construcción de las pilas de lixiviación deben ser extraídos de zonas aledañas a la infraestructura minera. Varias áreas fueron investigadas mediante muestreo de suelos que permitieron definir la calidad y cantidad. Suelos de baja permeabilidad y fuentes de relleno estructural fueron encontrados en las áreas de Animas, la Argelia, El Alto 1, El Alto 2 y San Cristobal, Erika, La Casita, Angosturas y Margareth, cuyas ubicaciones se observan Figura 4.5-1. Las áreas de canteras cubren un total 91.52 hectáreas, como se puede observar en el detalle de la Tabla 4.5-1.

Figura 4.5-1 Ubicación canteras de materiales de préstamo

Tabla 4.5-1 Área de las canteras de material de préstamo

Cantera	Coordenadas Aproximadas		Área, Ha	Área, m2
	E	N		
La Argelia	1128663	1305398	11.02	110,245.02
Las Ánimas	1130108	1306715	4.05	40,454.84
San Cristóbal	1127886	1306361	42.77	427,714.00
Erika	1133566	1307536	4.70	47,006.85
El Alto_2	1131543	1308100	4.21	42,112.75
El Alto_1	1131278	1308817	4.59	45,881.83
La Casita	1133071	1308832	5.27	52,727.53
Margareth	1131704	1311278	9.31	93,091.90
Angostura	1130639	1310394	5.60	56,007.78
Área Total			91.52	915,242.49

4.5.2 Método de explotación

Para realizar la excavación de las cantera en primera instancia se removerá el suelo, una vez a nivel de la roca nivel de roca se realizaran voladuras y luego de la explosión, se reduce el tamaño de los materiales, según los requerimientos, ya sea por presión o por percusión. Antes de ser utilizados, los materiales son clasificados según su tamaño, esta operación se realiza en harneros o cribas.

La estabilidad de los taludes será instrumentada durante la explotación y se protegerá de la erosión controlando las aguas superficiales mediante cunetas de coronación y protección de la superficie erosionable. La estabilidad de los taludes en roca se instrumentará permanentemente y se tomarán las medidas para garantizar su estabilidad a largo plazo.

4.5.2.1 Descripción de la explotación, transporte, almacenamiento y equipos

Previo al inicio de la explotación se deberán adecuar las vías para la el acceso de de maquinaria y el retiro de los materiales a extraer.

Para la instalación de vías de acceso a cada una de las fuentes de materiales, se requerirá principalmente de equipos de movimiento de tierras consistentes en bulldozer, cargadores y volquetas, motoniveladoras y compactadores.

La explotación comenzará con el descapote del suelo orgánico o capa vegetal y para posteriormente proceder con la limpieza del material limo arcilloso, operación que se realiza con buldózer.

Se procede entonces con la excavación y explotación de material aluvial grueso utilizando buldócer, retroexcavadoras y transportándolo hacia la trituradora en volquetas. Terminada la

excavación, se rellena la franja con los materiales finos y del depósito, para luego cubrirlos con la capa vegetal.

El corte se adelantará con bulldozer, aunque en algunos casos podrá ser necesario utilizar voladuras para remover rocas o excavar en afloramientos.

Los taludes se diseñan de tal manera que serán estables, sin embargo durante la instalación se hará un seguimiento detallado de su comportamiento para evitar que se presenten inestabilidades.

El material que se extraiga diariamente, será transportado a la zona de almacenamiento de la planta procesadora. Donde se procederá con la trituración y la clasificación del material. El sistema de trituración y clasificación de materiales debe estar equipado con mandíbulas de simple o doble efecto, mandíbulas giratorias, hidroconos, cribas, molinos de barras, bandas transportadoras y clasificadoras.

En cuanto al transporte de los materiales, este se realizará en volquetas de acuerdo a la capacidad establecida y serán cubiertas una vez estén cargadas para evitar la caída del material y la generación de partículas en el aire. Para disponer el material en las zonas seleccionada se utilizan bulldozers.

4.5.3 Impactos ambientales

- Afectación por generación de residuos de excavación.
- Pérdida y alteración del suelo
- Pérdida de la cobertura vegetal
- Afectación de la fauna terrestre

4.5.4 Medida de Manejo Ambiental

- Programa de manejo de suelos

4.6 APROVECHAMIENTO FORESTAL

Los inventarios forestales suelen considerarse como sinónimos de estimaciones de la cantidad de madera de un bosque, en este sentido, el inventario Forestal describe la cantidad y calidad de los árboles de un bosque y muchas de las características de la zona donde crecen tales ejemplares; un bosque no es simplemente una cantidad de madera, sino una asociación de plantas vivas que puede y debe tratarse como una riqueza renovable.

El inventario forestal para el Proyecto Minero Angostura se realizó con base en el Decreto 1791 de 1996 y los términos de referencia emitidos por el Ministerio del Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial para Proyectos Mineros. El inventario forestal se realizó de manera paralela al estudio de caracterización florística, durante el período comprendido entre el 15 y el 24 de noviembre de 2008 y en agosto de 2009.

En el inventario forestal se incluyeron todas aquellas áreas con diferentes formaciones vegetales que serían afectadas por la operación del Proyecto Minero Angostura y las obras anexas requeridas, áreas en que deberá ser removida la cobertura vegetal.

4.6.1 Descripción de la zona de estudio

El inventario forestal se realizó en las áreas donde será necesario realizar la remoción de la cobertura vegetal para la infraestructura minera. De esta área, las siete coberturas vegetales con presencia de árboles cubren una extensión total de 573 ha. Estas siete unidades de cobertura vegetal se agruparon en tres tipos para realizar el inventario forestal (Tabla 4.6-1), tomando el nombre de la unidad de cobertura vegetal con mayor extensión.

Tabla 4.6-1 Agrupación de unidades de cobertura vegetal en las áreas de remoción de vegetación

Agrupación de coberturas	Unidades de cobertura vegetal	Extensión (ha)
Bosque Altoandino Alto Cerrado	Bosque altoandino	150,8
	Bosque andino	5,7
	Rastrojos altos	5,6
	Pajonal con arbustos y arboles	2,8
Bosque Altoandino Bajo Cerrado	Bosque altoandino	166,7
	Bosque andino	6,3
	Rastrojos altos	6,2
	Pajonal con arbustos y arboles	3,1
Matorral de Subpáramo Bajo Cerrado	Pajonal con matorral	147
	Matorral	49
	Pastos enrastrados	29
Total		572,5

4.6.2 Cobertura vegetal

- Bosque Altoandino Alto Cerrado

Entre 2900 y 3200 m de altitud. Es una zona de vegetación cerrada y abierta de media montaña. Los tipos de vegetación incluyen bosques altos dominados por Alisos (*Alnus acuminata*), Robles (*Quercus humboldtii*), Encenillos (*Weinmannia* sp.), Oreja de mula (*Ocotea* sp.), entre otros y matorrales altos con Romero (*Rosmarinus officinalis*) y Gaque (*Vallea stipularis*). En las áreas donde la cobertura natural se ha alterado, aparecen Palma boba (*Cyathea multiflora*), Mano de oso (*Oreopanax floribundum*), entre otros. La agrupación de las tres unidades de cobertura vegetal cubren una extensión total de 304,6 ha.

- Bosque Altoandino Bajo Cerrado

Entre 3000 y 3300 m de altitud. Es una zona de vegetación abierta y cerrada de media montaña. Los tipos de vegetación incluyen bosques bajos dominados por Laurel de cera (*Morela pubescens*), Mano de oso (*Oreopanax floribundum*), Pagodas (*Scallonia myrtilloides*) Raque (*Vallea stipularis*), Mortiño (*Miconia* sp.) entre otros matorrales con Romero (*Rosmarinus*

officinallis) y Siete cueros (*Tibouchina* sp.). La agrupación de las tres unidades de cobertura vegetal cubren una extensión total de 336,2 ha.

- Matorral de Subpáramo Bajo Cerrado

Se le define desde 3200 hasta 3500 m de altitud. Se caracteriza por el predominio de vegetación arbustiva en matorrales. Allí dominan especies de Romero (*Rosmarinus officinallis*), Gaque (*Clusia multiflora*), Pagoda (*Scallonia myrtilloides*), Uva camarona (*Macleania rupestris*) entre otras. Es común encontrar zonas de contacto con la vegetación de la franja altoandina, generando una mezcla de comunidades vegetales. La única unidad de cobertura vegetal cubre una extensión de 325,6 ha.

4.6.2.1 Metodología

4.6.2.1.1 Muestreo forestal

El bosque tropical está caracterizado por la diversidad de especies frondosas perennifolias, de dimensiones majestuosas y densidad alta, compuesto de varios estratos de copas y alturas con gran dinamismo biológico.

Debido a su gran extensión, adquieren en primera lugar, un problema de magnitud que condiciona y limita el proceso, permitiendo trabajar sólo con una pequeña porción de la población y luego, inferir los conocimientos así obtenidos al bosque en conjunto.

Así pues el muestreo estadístico se constituye en la herramienta básica en la recolección de la información, y se requiere de una buena comprensión de los principios básicos estadísticos para abordar el proceso (Lema T. 1986).

4.6.2.1.2 La población

Una población es un agregado de elementos, o un universo en sentido estadístico con dos características relevantes importantes:

- Los individuos que la componen sean de la misma clase, los inventarios forestales utilizan además del tipo de población a que se refiere la muestra como criterio el área para inventariar, el bosque siempre es dividido en pequeñas áreas que se constituyen en las áreas de muestreo.

- Los individuos difieren con respecto a una característica o atributo que se considere típica, lo cual constituye su variación. Los árboles como individuos de la población, presentan ciertas características que son precisamente las que trata de averiguar el inventario por medio de la recolección de la información, tales características son por ejemplo, altura total, altura comercial, densidad (número de árboles/ unidad de superficie), área basal, volumen total, volumen por Ha., volumen comercial, etc.

Es precisamente ésta situación la que hace que un agregado de árboles se pueda constituir en diversas poblaciones a la vez, dependiendo de la característica buscada.

4.6.2.1.3 La muestra

Muestrear es seleccionar una parte de un conjunto llamado universo muestral, que represente a todo el universo. El objeto de ello es hacer inferencias a cerca de la población total, con el mínimo esfuerzo y una precisión escogida.

Para que una muestra resulte buena debe cumplir dos condiciones:

- Que la muestra sea tomada con un proceso de selección inconsciente.
- Que los individuos inconvenientes no sean sustituidos por otros a si sean o parezcan más convenientes.

Todos los métodos de selección deben dar igual oportunidad de escogencia a cualquier individuo en una población, es así como la selección de la muestra y su tamaño cumplió estos postulados, de acuerdo con lo indicado por Lema (1986).

4.6.2.1.4 Forma de la muestra

Las unidades de muestreo utilizadas en el presente Inventario forestal se elaboraron de forma rectangular, de 20 metros de ancho por 50 metros de largo para un área total de 1000 m², las cuales originan una distribución aproximada de la variabilidad de la población.

4.6.2.1.5 Tamaño de la muestra

Definido el tamaño de la parcela, la etapa siguiente es determinar el tamaño de la muestra, es decir, el número de parcelas a medir en el terreno y para ello el Ministerio del Medio Ambiente a través del decreto 1791 de 1996, señala en el artículo 10 que el inventario estadístico para todas las especies se debe realizar a partir de 10 centímetros de diámetro a la altura del pecho (DAP), con una intensidad de muestreo de forma tal que el error de muestreo no sea superior al 15% y una probabilidad del 95% por tanto, el tamaño de la muestra (n) se calcula a través del método estadístico.

El método estadístico, consiste en determinar el número de parcelas con base en el premuestreo; para conocer la variabilidad de los bosques se emplea la desviación estándar (S) y el coeficiente de variación (CV), según las fórmulas estadísticas indicadas en la Tabla 4.6-2.

Tabla 4.6-2 Fórmulas estadísticas aplicadas en el inventario forestal

4.6.2.1.6 Premuestreo

El diseño de muestreo utilizado cumpliendo con el Decreto 1791/96 fue “Muestreo al azar”. Antes de abordar el proceso, es necesario hacer un premuestreo con el fin de obtener un valor confiable de la variación de la muestra.

De acuerdo con lo indicado por Lema (1986) “No existen reglas definidas para hacerlo en cuanto al número de muestras, forma etc. Es un proceso en el que por medio de las ayudas como cartografía, fotografías aéreas y visitas de campo, es posible ubicar por lo menos tres parcelas de acuerdo a los parámetros más importantes de variación. Cuando esto no es posible, se escoge un número pequeño de parcelas para su estimación, pero sin poder precisarlo”.

El premuestreo permite:

- Orientar gran parte del proceso.
- Dar las claves precisas para un buen inventario.
- Suministrar la información global del número de unidades de muestreo.
- Ajustar los formularios de campo.

Previo al muestreo definitivo en el bosque y justificar un error de muestreo acorde con lo exigido por el Ministerio del Medio Ambiente en los Términos de Referencia y cumpliendo con la Ley 1791/96, (con una confiabilidad del 95% y error de muestreo inferior al 15% del volumen total a remover).

Se realizó un premuestreo al azar de tres parcelas ubicadas en sitios representativos del bosque, cuyas coordenadas se presentan en la Tabla 4.6-9.

Estadísticamente se calculó el error de muestreo, a continuación se presenta el análisis del muestreo y tamaño de la muestra.

En la Tabla 4.6-3 se calcula el muestreo para el Bosque Altoandino Alto Cerrado, se tomaron tres parcelas se da un error de 6,7 %, siendo 15% lo permitido.

En la Tabla 4.6-4 se calcula el muestreo para el Bosque Altoandino Bajo Cerrado, se tomaron tres parcelas se da un error de 8,2%, siendo 15% lo permitido.

En la Tabla 4.6-5, se calcula el muestreo para el Matorral Subpáramo Bajo Cerrado se tomaron tres parcelas se da un error de 10,8%, siendo 15% lo permitido.

Tabla 4.6-3 Cálculo del error del muestreo para el Bosque Altoandino Alto Cerrado

Tabla 4.6-4 Cálculo del error del muestreo para el Bosque Altoandino Bajo Cerrado

Tabla 4.6-5 Cálculo del error del muestreo para el Matorral Subpáramo Bajo Cerrado

4.6.2.1.7 Muestreo

Teniendo como base los datos obtenidos en el muestreo, donde se indica el número total de parcelas a realizar en cada uno de las coberturas se procedió a realizar el análisis del muestreo para cumplir lo establecido en el decreto 1791 de 1996.

En la Tabla 4.6-6, se calcula el muestreo para el Bosque Altoandino Alto Cerrado, para las parcelas que se evaluaron, se da un error de 7,75 %, siendo 15% lo permitido.

Tabla 4.6-6 Cálculo del error del muestreo para el Bosque Altoandino Alto Cerrado

En la Tabla 4.6-7, se calcula el muestreo para el Bosque Altoandino Bajo Cerrado, para las parcelas que se evaluaron, se da un error de 14,87%, siendo 15% lo permitido.

Tabla 4.6-7 Cálculo del error del muestreo para el Bosque Altoandino Bajo Cerrado

En la Tabla 4.6-8, se calcula el muestreo para el Matorral de Subpáramo Bajo Cerrado, para las parcelas que se evaluaron, se da un error de 10,11 %, siendo 15% lo permitido.

Tabla 4.6-8 Cálculo del error del muestreo para el Matorral de Subpáramo Bajo Cerrado

Para el cálculo del error estándar, error de muestreo y tamaño de la muestra se usaron las siguientes fórmulas:

4.6.2.1.8 Ubicación de las unidades de muestreo

En el terreno se ubicaron las unidades de muestreo o parcelas empleando un GPS de tal manera que su distribución fuera representativa del tipo de cobertura, presentadas en la Tabla 4.6-9

4.6.2.1.9 Demarcación

Para efectuar la demarcación, se localizó el vértice de cada parcela y a partir de este se trazó el eje central de la unidad de muestreo además se referenció el eje central cada 25 m, utilizando estacas, posteriormente se rodeo con un cordel el área total de la parcela.

A partir del vértice localizado en sentido S-N ó E-W, se midieron 10 metros a lado y lado de este; el eje central tiene una longitud de 50 m para un área total de cada unidad de muestreo de 1000 m².

Tabla 4.6-9 Puntos GPS de las parcelas inventariadas

4.6.2.1.10 Materiales

Altímetro
GPS Garmin II plus
Clinómetro
Nivel Abney
Cinta métrica
Flexómetro
Formularios de campo
Lápices

Pintura
Brochas
Machetes
Cámara fotográfica
Brújula
Cordel

4.6.2.1.11 Registro de la información

Para el registro de la información en campo se adoptó el formulario que se presenta en la Tabla 4.6-10.

Tabla 4.6-10 Formato de formulario de campo utilizado en el Inventario Forestal

4.6.2.1.12 Parámetros de identificación

Número de Orden: representa el número de toma del individuo analizado, el cual se registra en el formulario en orden ascendente.

Identificación de la Especie: a partir de las características organolépticas y/o dendrológicas de cada individuo, se clasificó taxonómicamente estableciendo nombre común, nombre científico y familia a la que corresponde. Para efectos de agilidad y facilidad, en campo solo se registró el nombre común.

Perímetro a la altura del pecho (PAP): hace referencia a la medida del perímetro del fuste del árbol a una altura de 1,30 m a partir del suelo, utilizando flexómetro.

Diámetro a la Altura del Pecho (DAP): diámetro del fuste a 1,3 m medido desde la base del árbol, este dato no se tomó en campo.

Diámetro de Copa: diámetro promedio de la proyección de la copa sobre el suelo, expresada en metros lineales.

Altura Total: se refiere a la longitud en metros lineales del árbol medido desde la superficie del suelo hasta la parte más alta de la copa. La medida se tomó utilizando Clinómetro y nivel abney cuando las condiciones del terreno lo permitieron.

Altura Comercial: altura desde la base del árbol hasta la primera ramificación.

Coordenadas: son los puntos que sirven para determinar la posición de un sitio, en cada unidad de muestreo se tomó la lectura del GPS.

Tipo de cobertura: hace referencia a la cobertura vegetal encontrada en cada parcela a saber; Bosque intervenido (Bi) y rastrojo (R).

Estado Fitosanitario: es el estado de vigor y/o presencia de ataque de plagas y enfermedades, de cada uno de los árboles.

Observaciones: anotaciones relevantes de alguna característica de cada individuo o de la zona.

4.6.2.2 Manejo numérico

Teniendo la información de campo se procedió a realizar el análisis de la misma, con el fin de determinar las existencias reales de madera y la caracterización composición y estructura del bosque.

Diámetro. En el trabajo de campo se midió el perímetro del árbol en centímetros, por tal razón se procedió a pasar esta medida a metros y posteriormente se dividió este valor entre 3,1416 que es la medida de pi (π) para obtener el valor del diámetro a la altura del pecho (DAP) en metros.

$$D = \pi / L \quad \text{donde: } \pi = 3,1416 \quad L = \text{Perímetro}$$

Área basal. A partir del diámetro se calcula el área basal (Ab) del árbol, que es el área del corte transversal a la altura del pecho. Para ello se utiliza la fórmula:

$$Ab = \pi / 4 * (DAP)^2 \quad \text{ó} \quad Ab = (0.7854) * (DAP)^2$$

Volumen del árbol. El volumen de cada árbol fue calculado con base en la siguiente información:

$$\text{Fórmula: Si } d < 70 \text{ cm, entonces } V = 0,1618 + 0,4748 * d^2 * h \\ \text{Si } d \geq 70 \text{ cm, entonces } V = 1,17 + 0,3539 * d^2 * h$$

Convenciones: V: Volumen con corteza en m³
d: DAP en metros
h: Altura total del árbol en metros

4.6.2.3 Resultados

4.6.2.3.1 Composición florística

Teniendo como base la información colectada durante la realización del inventario en la Tabla 4.6-11, Tabla 4.6-12 y Tabla 4.6-13 se presenta el listado de especies forestales registradas en las diferentes unidades de muestreo.

Tabla 4.6-11 Composición florística del Bosque Altoandino Alto Cerrado

Tabla 4.6-12 Composición florística del Bosque Altoandino Bajo Cerrado

Tabla 4.6-13 Composición florística del Matorral de Subpáramo Bajo Cerrado

- **Análisis estructural**

El inventario forestal analiza las comunidades forestales desde el punto de vista florístico y estructural, permitiendo conocer la composición de especies, la estructura biológica, los rasgos físicos que combinados con el número de individuos, determinan las características particulares del bosque, para lo cual se analiza la estructura vertical y horizontal del mismo, complementada con la el análisis de la regeneración natural.

La estructura del bosque permite evaluar el comportamiento de los árboles individuales y de las especies en su superficie, esta estructura puede evaluarse a través de índices que expresan la ocurrencia y el número de las especies, lo mismo que su importancia ecológica dentro del ecosistema, es el caso de las abundancias, frecuencias y dominancias, cuya suma relativa genera Índice de Valor de Importancia (I.V.I.).

- **Densidad**

Es el número de árboles registrados por unidad de superficie, de donde:
 $D = \text{Número de árboles} / \text{Área total de muestreo en Ha.}$

A continuación se presenta la densidad registrada en las diferentes unidades de cobertura.

En la Tabla 4.6-14 y la Figura 4.6-1, las densidades mayores son para el roble (193 ind/ha) y aliso (33 ind/ha), bosques que han sido conservados y en los que no se hace ninguna clase de actividad.

En la Tabla 4.6-15 y la Figura 4.6-2, las densidades más altas son para el encenillo (93 ind/ha) y gaque (25 ind/ha), son bosques riparios, localizados a orillas de quebradas.

En la Tabla 4.6-16 y la Figura 4.6-3, las densidades más altas son para el encenillo (37 ind/ha) y mano de oso (21 ind/ha), son bosques riparios, localizados a orillas de quebradas.

Tabla 4.6-14 Densidad del Bosque Altoandino Alto Cerrado

Figura 4.6-1 Densidad del Bosque Altoandino Alto Cerrado

Tabla 4.6-15 Densidad del Bosque Altoandino Bajo Cerrado

Figura 4.6-2 Densidad del Bosque Altoandino Bajo Cerrado

Tabla 4.6-16 Densidad del Matorral de Subpáramo Bajo Cerrado

Figura 4.6-3 Densidad del Matorral de Subpáramo Bajo Cerrado

- **Abundancia**

Es el número de árboles de cada especie dentro del área total muestreada. La abundancia relativa es la relación porcentual entre el número de árboles de cada especie y el número total encontrado en la muestra. A continuación se presenta la abundancia registrada en las diferentes unidades de cobertura.

En la Tabla 4.6-17 y Figura 4.6-4, las especies más abundantes son, el roble con 309 árboles/ha y el aliso con 52 árboles/ha.

En la Tabla 4.6-18 y Figura 4.6-5, la especie más abundante es el encenillo (36 árboles/ha).

En la Tabla 4.6-19 y Figura 4.6-6, las especies más abundantes son el encenillo (20 árboles/ha) y el mano de oso (11 árboles/ha).

Tabla 4.6-17 Abundancia del Bosque Altoandino Alto Cerrado

Figura 4.6-4 Abundancia del Bosque Altoandino Alto Cerrado

Tabla 4.6-18 Abundancia del Bosque Altoandino Bajo Cerrado

Figura 4.6-5 Abundancia del Bosque Altoandino Bajo Cerrado

Tabla 4.6-19 Abundancia del Matorral de Subpáramo Bajo Cerrado

Figura 4.6-6 Abundancia del Matorral de Subpáramo Bajo Cerrado

- **Frecuencia**

Hace referencia a la presencia o ausencia de una especie en cada una de las muestras. La frecuencia absoluta se expresa en porcentaje (100% = existencia en todas las parcelas) la frecuencia relativa se calcula como el porcentaje en la suma de las frecuencias absolutas de todas las especies. A continuación se presenta las Frecuencias registradas en las diferentes unidades de cobertura.

En la Tabla 4.6-20 y la Figura 4.6-7, las especies con más ocurrencia son: roble, encenillo, gaque, mortiño y raque.

En la Tabla 4.6-21 y la Figura 4.6-8, las especies con más ocurrencia son: el encenillo y la pagoda, especies muy comunes en estas zonas de Bosque Altoandino.

En la Tabla 4.6-22 y Figura 4.6-9, las especies con más ocurrencia son: el encenillo, bordón y mano de oso.

Tabla 4.6-20 Frecuencia del Bosque Altoandino Alto Cerrado

Figura 4.6-7 Frecuencia del Bosque Altoandino Alto Cerrado

Tabla 4.6-21 Frecuencia del Bosque Altoandino Bajo Cerrado

Figura 4.6-8 Frecuencia del Bosque Altoandino Bajo Cerrado

Tabla 4.6-22 Frecuencia del Matorral de Subpáramo Bajo Cerrado

Figura 4.6-9 Frecuencia del Matorral de Subpáramo Bajo Cerrado

- **Dominancia Bosque Intervenido fusta**

Corresponde a la sumatoria de las áreas basales expresadas en metros de la misma especie presentes dentro del área muestreada. La dominancia relativa se expresa en porcentajes y está dada por la relación entre el área basal de una especie y el área basal de todas las especies encontradas dentro de la muestra. La dominancia absoluta de una especie se obtiene mediante la suma de las áreas basales expresada en m^2 y la dominancia relativa se calcula como la proporción de una especie en el área basal total calculada. La información de área basal (AB), indica la magnitud de la dominancia de algunas especies y el estado de equilibrio y desarrollo del ecosistema boscoso. A continuación se presenta las Dominancias registradas en las diferentes unidades de cobertura.

En la Tabla 4.6-23 y la Figura 4.6-10, las especies que poseen mayor dominancia son: roble, aliso y encenillo.

En la Tabla 4.6-24 y la Figura 4.6-11, las especies que poseen mayor dominancia son: encenillo y gaque.

En la Tabla 4.6-25 y la Figura 4.6-12, las especies que poseen mayor dominancia son: encenillo y raque.

Tabla 4.6-23 Dominancia del Bosque Altoandino Alto Cerrado

Figura 4.6-10 Dominancia del Bosque Altoandino Alto Cerrado

Tabla 4.6-24 Dominancia del Bosque Altoandino Bajo Cerrado

Figura 4.6-11 Dominancia del Bosque Altoandino Bajo Cerrado

Tabla 4.6-25 Dominancia del Matorral de Subpáramo Bajo Cerrado

Figura 4.6-12 Dominancia del Matorral de Subpáramo Bajo Cerrado

- **Estructura del bosque**

Es la forma de dar a conocer la organización espacial de las especies y el número de individuos en el área objeto de estudio. Se utilizan indicadores cuantitativos como el número de árboles por especie, densidad, abundancia, frecuencia, dominancia y el índice de valor de importancia (IVI).

La suma de los parámetros en porcentaje de abundancia, frecuencia y dominancia relativa da el total del IVI, se utiliza para realizar estudios descriptivos y cuantitativos de la estructura de los tipos de bosques. El máximo valor de IVI es 300 y se da en estratos de una sola especie, su fórmula es:

$$IVI = Ar\% + Fr\% + Dr\%$$

Donde:

IVI : Índice de valor de importancia

Fr%: Frecuencia relativa

Ar%: Abundancia relativa

Dr%: Dominancia relativa

A continuación se presentan los Índices de Valor de Importancia (I.V.I) registrados en las diferentes unidades de cobertura.

En la Tabla 4.6-26 las especies que poseen mayor índice de valor de importancia (I.V.I) son: roble (95,4%), aliso (35,5%), encenillo (29,3%), entre otros

Tabla 4.6-26 Análisis estructural del Bosque Altoandino Alto Cerrado (I.V.I)

En la Tabla 4.6-27 las especies que poseen mayor índice de valor de importancia (I.V.I) son: encenillo (99,9%), gaque (28,5%), mortiño (29,3%), entre otros.

Tabla 4.6-27 Análisis estructural del Bosque Altoandino Bajo Cerrado (I.V.I)

En la Tabla 4.6-28, las especies que poseen mayor índice de valor de importancia (I.V.I) son: encenillo (48.6%), mano de oso (31.1%), bordón (24.0), entre otros.

Tabla 4.6-28 Análisis estructural del Matorral Subpáramo Bajo Cerrado (I.V.I)

- **Coefficiente de mezcla Bosque Intervenido**

Es la relación del número de especies identificadas con el número total de individuos registrados en el inventario. Lo que quiere decir que por cada especie registrada se representan aproximadamente un número determinado de individuos. A continuación se presentan los Coeficientes de mezcla registrados en las diferentes unidades de cobertura.

En el Tabla 4.6-29, Tabla 4.6-30 y Tabla 4.6-31, los coeficientes de mezcla muestran la relación que se da para las demás índices, para el Bosque Altoandino Alto Cerrado el mayor coeficiente de mezcla es para el roble y el aliso, para el Bosque Altoandino Bajo Cerrado el mayor coeficiente de mezcla es para el encenillo y el gaque y para El Matorral de Subpáramo Bajo cerrado el mayor coeficiente de mezcla es para el encenillo y el mano de oso.

- **Grado de Agregación de las especies**

Determina la distribución espacial de las especies y se calcula a través de la siguiente relación:

$$Ga = Do / De$$

Donde:

Ga: Grado de agregación

Do: Densidad observada

De: Densidad esperada

Para el cálculo de Densidad esperada se utiliza la siguiente fórmula:

$$De = - \log (1-F/100)$$

Donde:

De: Densidad esperada

Log: Logaritmo

F: Frecuencia absoluta

La densidad observada (Do) se halla basándose en la siguiente relación:

$$Do = N^{\circ} \text{ total de árboles por sp.} / N^{\circ} \text{ total de parcelas muestreadas.}$$

A continuación se presentan los Grados de Agregación registrados en las diferentes unidades de cobertura.

Tabla 4.6-29 Coeficiente de mezcla Bosque Altoandino Alto Cerrado

Tabla 4.6-30 Coeficiente de mezcla Bosque Altoandino Bajo Cerrado

Tabla 4.6-31 Coeficiente de mezcla Matorral Subpáramo Bajo Cerrado

En la Tabla 4.6-33, Tabla 4.6-34 y Tabla 4.6-35, los grados de agregación muestran para el Bosque Altoandino Alto Cerrado el mayor se da para la palma boba, para el Bosque Altoandino Bajo Cerrado el mayor se da para el gaque y para el Matorral de Subpáramo Bajo Cerrado el mayor es la uva camarona.

Para interpretar el grado de agregación se tiene:

GA > 1, indica tendencia al agrupamiento

GA > 2, indica que la especie tiene una distribución agrupada

GA < 1, indica que la especie se encuentra dispersa

- **Regeneración natural**

Los estudios de la regeneración natural permiten comprender cómo se conserva o transforma la composición florística de los bosques. La regeneración natural puede definirse como el conjunto de regeneración pre-existente en los rodales sin intervenciones silviculturales, pudiendo designar igualmente el conjunto de procesos mediante los cuales el bosque denso se restablece por medios naturales (Melo, 1999).

Para la evaluación de la regeneración natural se localizaron dos tamaños de parcela dentro de las unidades de muestreo para fustales (ver Tabla 4.6-9); un cuadrado de 2x2 m donde se cuentan las plántulas desde 0,1 m hasta 1,5 m de altura y un cuadrado de 10x10 m donde se cuentan todos los ejemplares con alturas mayores de 1,5 m y DAP menor de 5 cm, así como los ejemplares con DAP entre 5 cm y 10 cm.

- **Clasificación de la regeneración natural**

Para la regeneración natural de cada especie se consideraron tres categorías de tamaño de acuerdo al Tabla 4.6-32:

Tabla 4.6-32 Categorías de tamaño para la regeneración natural

Nombre de clase	Tamaño de clase o categoría	Categoría de tamaño
Renuevo o plántula	0 m a 0,50 m de altura	Ct1
Brinzal	0,50 m a 1 m de altura	Ct2
Latizal	De 1 m a 1,50 m de altura	Ct3

Con los registros de latizales, brinzales y renuevos se determina la composición florística, densidad, abundancia absoluta y relativa, frecuencia absoluta y relativa y el coeficiente de mezcla de la regeneración natural, con el propósito de conocer la oferta de las especies, lo cual sirve de soporte para determinar las pautas y tratamientos a seguir.

Tabla 4.6-33 Cálculo del grado de agregación - Bosque Altoandino Alto Cerrado

Tabla 4.6-34 Cálculo del grado de agregación - Bosque Altoandino Bajo Cerrado

Tabla 4.6-35 Cálculo del grado de agregación - Matorral Subpáramo Bajo Cerrado

- **Análisis de la regeneración natural**

Los cálculos abundancia y frecuencia, utilizan las mismas fórmulas para fustal. A continuación se presenta los Índices de Valor de Importancia de la regeneración natural (I.V.I) registrados en las diferentes unidades de cobertura para la Regeneración Natural.

En la Tabla 4.6-36 las especies que poseen mayor índice de valor de importancia en la regeneración natural (I.V.I) son: encenillo (52,3%), uva camarona (32,6%), gaque (30,3%), entre otros, en este orden de porcentaje tienen más posibilidad de estar en el orden sucesional de permanencia, las demás lo aseguran de manera proporcional.

Tabla 4.6-36 Análisis estructural del Bosque Altoandino Alto Cerrado de la regeneración natural (I.V.I)

En la Tabla 4.6-37 las especies que poseen mayor índice de valor de importancia en la regeneración natural (I.V.I) para el Bosque Altoandino Bajo cerrado son: encenillo (45,0%) y mano de oso (45,0%), entre otros, en este orden de porcentaje tienen más posibilidad de estar en el orden sucesional de permanencia, las demás lo aseguran de manera proporcional.

Tabla 4.6-37 Análisis estructural del Bosque Altoandino Bajo Cerrado de la regeneración natural (I.V.I)

En la Tabla 4.6-38 las especies que poseen mayor índice de valor de importancia en la regeneración natural (IVI) para el Matorral de Subpáramo Bajo cerrado son: encenillo (55,0%) y

mano de oso (55,0%), entre otros, en este orden de porcentaje tienen más posibilidad de estar en el orden sucesional de permanencia, las demás lo aseguran de manera proporcional.

Tabla 4.6-38 Análisis estructural del Matorral Subpáramo Bajo Cerrado de la regeneración natural (I.V.I)

- **Cálculo de existencias**

De acuerdo con lo descrito en el ítem referente a manejo numérico de la información, y aplicando las respectivas fórmulas, en el Tabla 4.6-39 se presentan los volúmenes de madera y fitomasa por remover.

Tabla 4.6-39 Cálculo de existencias

Cobertura	Número de árboles	Madera (m³)	Fitomasa (kg)
Bosque Altoandino Bajo Cerrado	46 168	6732,0	2 365 562,4
Bosque Altoandino Alto Cerrado	61 534	18 945,6	11 885 547,0
Matorral de Subpáramo Bajo Cerrado	41 294	11 851,5	3 066 715,2
Total	148 995	37 529,1	17 317 824,7

4.6.2.4 Conclusiones y recomendaciones

La cobertura vegetal que se encuentra en el área de influencia del proyecto Angostura se puede ubicar dentro de tres coberturas forestales, el Bosque Altoandino Alto Cerrado (165 ha), que se ha generado a partir de la conservación y se caracteriza por ser un ecosistema cuyo mayor peso ecológico corresponden a los géneros *Quercus* y *Alnus*. El segundo tipo de cobertura se denomina Bosque Altoandino Bajo Cerrado (182 ha) caracterizado por su conservación y cuyo mayor peso ecológico corresponde a los géneros *Weinmannia* y *Oreopanax*, entre otras y la tercera a Matorral de Subpáramo Bajo cerrado (225 ha) cuyo mayor peso ecológico corresponde a los géneros *Weinmannia*, *Oreopanax* y *Clusia*.

El volumen total de madera por remover con diámetro mayor o igual a 10 cm de DAP en el proyecto Angostura es de 37 529 m³, de los cuales para Bosque Altoandino Alto Cerrado es de 18

946 m³, en Bosque Altoandino Bajo Cerrado 6732 m³ y en Matorral de Subpáramo Bajo Cerrado 11 852 m³.

En términos de biomasa total, incluyendo hojas y ramas, el volumen total de fitomasa por remover por el proyecto es de 17 317 toneladas, correspondientes a 148 995 individuos en las 572,5 ha con coberturas vegetales que presentan árboles con DAP mayor que 10 cm.

Las especies con mayor peso ecológico ya que se encuentran en la estructura de Fustal y en la de Regeneración natural son las que tienen asegurada su permanencia en estos biomas.

4.6.3 Impactos ambientales

- Afectación por generación de residuos de excavación.
- Pérdida y alteración del suelo
- Pérdida de la cobertura vegetal
- Afectación de la fauna terrestre

4.6.4 Medida de Manejo Ambiental

- Programa de manejo de cobertura vegetal

4.7 EMISIONES ATMOSFÉRICAS

El proyecto Angostura se encuentra dentro de la jurisdicción del Municipio de California y otra parte dentro de la jurisdicción del Municipio de Vetas. A la zona se llega por una vía (en parte pavimentada) que conduce desde Bucaramanga hasta el Municipio de California, en un viaje de aproximadamente dos horas y media. Desde el casco urbano de California se continúa por la vía que conduce a las veredas La Baja y Angosturas, en un trayecto de aproximadamente media hora.

En la Figura 4.7-1 se muestra la localización general de las obras e infraestructura del proyecto Angostura.

Figura 4.7-1 Localización general de las obras e infraestructura

Para el proyecto Angostura se ha definido un sistema de explotación a cielo abierto en el que se explotará un único tajo por un tiempo de 15 años, a una tasa máxima de mineral a procesos de 70,000 toneladas por día para el proceso de lixiviación en pilas y de 5,200 toneladas por día para el proceso de flotación. Para el proceso de lixiviación se construirán dos pilas ubicadas en los sectores de Angostura y Páez. La pila de lixiviación de Angostura comenzará su funcionamiento a partir del año 2012 (año 3) y albergará un total de 238 millones de toneladas, mientras que la pila de lixiviación de Páez comenzará su funcionamiento a partir del año 2022 (año 13).

El programa de producción de mineral y movimiento de estériles define cómo será explotado el mineral contenido en las fases de explotación. En total, en los 15 años de vida del proyecto, se estima que se extraerán aproximadamente 330.6 millones de toneladas de mineral y 744.8 millones de toneladas de estéril.

Se han establecido las siguientes definiciones respecto al itinerario del Plan Minero:

- Año 1: Remoción Fase 0 - Construcción plataforma para planta de trituración.
- Año 2: Preproducción Fase 1 - Construcción y montaje planta de trituración.
- Año 3: Inicio proceso de Lixiviación
- Año 5: Inicio proceso Molienda y Flotación

El sistema de explotación es a cielo abierto con operaciones de carguío y transporte realizadas por palas hidráulicas y camiones mineros. Se cuenta con tres destinos finales para el material extraído de la mina, estos son los siguientes:

-
- Operación de extracción y transporte de mineral oxido y transicional a las pilas de lixiviación, pasando por los procesos intermedios de trituración primaria, secundaria y terciaria, y luego transporte por bandas transportadoras.
 - Operación de extracción y transporte de mineral sulfuro a la planta de flotación.
 - Operación de extracción y transporte de material estéril al depósito correspondiente.

La planta de procesos se ubica al lado este del tajo, y comprende la planta de precipitación con Oxido de Zinc (Merrill Crowe), la fundición, la planta de flotación, laboratorio, así como las otras operaciones unitarias del proceso de flotación. La planta de procesos se localiza en el sector conocido como Cristo.

Las principales instalaciones de las plantas de beneficio y transformación de minerales incluyen:

- Pilas de almacenamiento temporal de minerales (stock-piles) para lixiviación en pilas y para flotación.
- Planta de trituración y molienda.
- Oficina y casa de cambio de la planta de trituración y molienda.
- Bandas transportadoras.
- Pila de Lixiviación Angostura.
- Pila de Lixiviación Páez.
- Planta de tratamiento de excesos de aguas.
- Administración de planta de procesos.
- Almacén de reactivos.
- Laboratorio químico y metalúrgico.
- Cuarto de cambio de la planta de procesos.
- Planta "Merrill Crowe" (Precipitación con polvo de zinc).
- Sistema de tuberías para manejo de solución rica y solución pobre.
- Fundición.
- Planta de Flotación.
- Área de manejo de concentrados (espesadores y filtros).
- Área de manejo de colas de flotación (espesadores y filtros).
- Sistema de aglomeración.

La localización de la planta de procesos se presenta en la Figura 4.7-2 :

Figura 4.7-2 Localización general planta de procesos

4.7.1 Lista de productos químicos

Los productos químicos y sus respectivos consumos se detallan a continuación:

- 2,383 toneladas al mes de lechada de cal adicionada sobre la banda (Lixiviación).
- 1,033 toneladas al mes de cianuro de sodio (Lixiviación).
- 170 toneladas al mes de cemento Portland. (Aglomeración).
- 7 toneladas al mes de tierra diatomea (Merrill Crowe).
- 10 toneladas al mes de polvo de zinc (Merrill Crowe).
- 42 toneladas al año de Borax (Fundición).
- 7 toneladas al año de Nitrato de Potasio (Fundición).
- 47 t/año de floculante (para espesadores).
- 235 toneladas al mes de cal (Aglomeración).
- 15 toneladas al año de reactivos PAX y MIBC (Flotación).
- PAX: Xanthato Amilico Potasico
- MIBC: Metil Ixobutil Carbinol

4.7.2 Lista de Consumibles y Otros Insumos

Los principales consumibles y otros insumos en la planta de beneficio y transformación de minerales se pueden encontrar listados en la Tabla 4.7-1.

Tabla 4.7-1 Lista de consumibles y otros insumos de la planta de beneficio y transformación de minerales del proyecto Angostura

Nombre del producto	Cantidad	Unidad/Frecuencia
Bolas de Acero	280	t/mes
Tela de filtro	2.3	set/año
Manto de triturador primario (crusher mantle)	2	set/año
Concavo de triturador primario (concave)	2	set/año
Manto de trituradores secundarios (crusher mantle)	20	set/año
Funda de tazón de triturador secundario (bowl liner)	20	set/año
Paneles de malla de triturador secundario (screen panels)	8	set/año
Manto de triturador terciario (crusher mantle)	8	set/año
Funda de tazón de triturador terciario (bowl liner)	8	set/año
Paneles de malla de triturador terciario (screen panels)	2	set/año
Funda de recubrimiento interno de molino (mill liner)	1	set/año

4.7.3 Consumo de combustible

El combustible principal de los equipos mineros, camionetas y sistema de emergencia de la planta de procesos será el Petróleo, siendo el equipo minero el mayor consumidor estimándose su consumo anual en 63.1 millones de litros, tal como se aprecia en la Tabla 4.7-2

Tabla 4.7-2 Consumo anual de petróleo de equipos mineros

4.7.4 Descripción de las obras o actividades que generan emisiones

4.7.4.1 Trituradora y concretera

Para la construcción de las obras civiles del proyecto, se requieren aproximadamente 40440 metros cúbicos de concreto. Para tal efectos se instalará una trituradora y una planta concretera que estarán ubicadas aproximadamente en las coordenadas E 1132157 : N 1309885.

En las fotografías adjuntas se muestran el tipo de trituradora y concretera que será instalada en el proyecto.

Foto 4.7-1 Trituradora convencional

Foto 4.7-2 Concretera convencional

4.7.4.2 Fundición

El precipitado producto del proceso de “Merrill Crowe” es fundido en un horno eléctrico de inducción con ayuda de fundentes (Borax y Nitrato de Potasio) para producir barras Doré. Los gases y material particulado es colectado en un sistema de colección de gases y en un casa de mangas. Las barras de doré serán retiradas del proyecto vía helicóptero, para luego ser exportadas vía aérea.

4.7.4.3 Laboratorio

Las copelas para la determinación del contenido de oro en el laboratorio, se elaboran en óxido de manganeso; éste material tiene la propiedad de absorber los vapores de plomo que se desprenden durante el horneado de la mezcla previamente formada con el mineral de prueba (el plomo embebe el oro y la mezcla se hornea en las copelas). Estas copelas constituyen un residuo peligroso y se dispondrán mediante empresas autorizadas para su reutilización o su colocación en rellenos de seguridad. El proceso libera muy pocos vapores y material particulado, para cuyo control se emplearán colectores de mangas y lavadores de gases.

Un esquema típico de un filtro de mangas y un lavador de gases se presenta a continuación:

Foto 4.7-3 Filtro de mangas

Foto 4.7-4 Lavador de gases

4.7.5 Modelamiento de la calidad del aire

A continuación se presentan los resultados más importantes obtenidos en el desarrollo del modelo de dispersión de calidad del aire AERMOD para el proyecto Angostura de Greystar. El modelo contempla dos escenarios modelados para PST y PM-10 de acuerdo con las proyecciones de movimientos de materiales para la mina: 45000 toneladas/día para el año 2 y 243000 toneladas/día para el año 10, que representa las condiciones del segundo año de obras (inicio de producción) y otro para las condiciones del año 10 en donde se tendrán altos movimientos de tierras y maquinaria.

En el Adendo 1 se presenta el informe completo sobre modelación de la calidad del aire.

4.7.4.1 ESCENARIO 1: Año 2: 45000 toneladas/día de movimientos de materiales.

Características del Escenario:

En Angostura para el año 2, se tiene planeado un movimiento de materiales de 45000 toneladas al día, los cuales corresponden a 8000 toneladas al día de mineral y 37000 de lastre y otros materiales. Este año, corresponde al inicio de producción del proyecto.

Características específicas del escenario:

Producción: 8000 toneladas diarias de mineral, 37000 toneladas diarias de lastres y otros.
Días/periodo: 358

Control de emisiones. Constituido en riego de vías, medidas y actividades de control en las diferentes actividades de la mina.

Tabla 4.7-3 Condiciones de producción Escenario 1

PARÁMETRO	TOPSOIL	PITS	BOTADEROS	PADS	TOTAL
	SUELOS	BLOQUES	ESTÉRIL	MINERAL	
PRODUCCIÓN DE MINERAL (t)		2,864,000		2,864,000	2,864,000
MANEJO DE SUELOS (BCM)	715,393		715,393		715,393
PRODUCCIÓN DE ESTÉRIL (BCM)		5,519,167	5,519,167		5,519,167
ÁREA (m ²)	86,286	523,790	665,685	346,101	

4.7.4.2 ESCENARIO 2: Año 10: 243000 toneladas/día de movimientos de materiales.

Características del Escenario:

En Angostura para el año 10, se tiene planeado un movimiento de materiales de 243000 toneladas al día, los cuales corresponden a 75000 toneladas al día de mineral y 168000 de lastre y otros materiales. Este año, corresponde a uno los periodos con mayor movimiento de materiales y maquinaria del proyecto.

Características específicas del escenario:

Producción: 75000 toneladas diarias de mineral, 168000 toneladas diarias de lastres y otros.

Días/periodo: 358

Control de emisiones. Constituido en riego de vías, medidas y actividades de control en las diferentes actividades de la mina.

Tabla 4.7-4 Condiciones de producción Escenario 2

PARÁMETRO	TOPSOIL	PITS	BOTADERO	PADS	TOTAL
	SUELOS	BLOQUES	ESTÉRIL	MINERAL	
PRODUCCIÓN DE MINERAL (t)		26,850,000		26,850,000	26,850,000
MANEJO DE SUELOS (BCM)	298,333		298,333		298,333
PRODUCCIÓN DE ESTÉRIL (BCM)		25,060,000	25,060,000		25,060,000
ÁREA (m ²)	76,994	2,370,174	3,849,689	2,350,744	

4.7.5.1 Datos meteorológicos

Por ser el AERMOD un modelo refinado es necesario tener información meteorológica detallada hora a hora para parámetros como: velocidad y dirección de viento, temperatura ambiente,

radiación solar, precipitación, etc. Toda la información climatológica y meteorológica se presenta en el Adendo 1 – Informe de modelación de la calidad del aire.

La información utilizada en el presente estudio corresponde a valores registrados durante los meses de Mayo de 2008 a Abril de 2009. En la figura siguiente se muestra una estación meteorológica típica.

Foto 4.7-5 Estación meteorológica portátil

La información meteorológica utilizada es graficada y presentada en el Adendo 1– Informe de modelación de la Calidad del aire.

- Velocidad y dirección de viento

Los datos fueron obtenidos como velocidad con aproximación a un solo dígito y con dirección del viento como rumbo. Estos datos debieron ser pasados al formato meteorológico estándar para el modelo. Los valores son reportados en la estación meteorológica hora a hora.

La rosa de vientos se observa en la siguiente figura:

Figura 4.7-3 Rosa de Vientos

Las velocidades son en promedio de 2.3 m/s en la zona, la rosa de vientos muestra una predominancia de los vientos en la dirección SE, seguida por las direcciones SW y NNW.

4.7.5.2 Información de fuentes y emisiones

- Fuentes

Las siguientes son las fuentes de área típicas en una mina a cielo abierto:

Botaderos de suelos y estéril

Pits

Pads - acopios

Vías de transporte de los diferentes materiales

- Emisiones

Para el cálculo de las emisiones de las principales fuentes y actividades consideradas se tomaron las disposiciones establecidas en el *AP-42 Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Fifth Edition, Volume I: Stationary Point and Area Sources, 11.9 Western Surface Coal Mining-1998*, que han sido aplicadas con éxito en Colombia en otros proyectos mineros. De forma complementaria se usaron los siguientes documentos:

Capítulo 13 Sección 13.2.2 Unpaved Roads (versión 2003)

Capítulo 13 Sección 13.2.5 Industrial Wind Erosion (versión 1995)

Revision of Emission Factors for AP-42 Section 11.9 Western Surface Coal Mining

Se debe tener en cuenta que a las emisiones halladas se le aplicaron los controles de la Tabla 4.7-5 que serán usados en el desarrollo del proyecto:

Tabla 4.7-5 Control de emisiones tenidas en cuenta en el modelamiento

ACTIVIDAD	EFICIENCIA DEL CONTROL DE			DESCRIPCIÓN
1. OPERACIONES DE MANEJO DE SUELOS 1.1	10.0	20.0	15.0	Humedecimiento previo
1.2 Remoción de Suelos (Bulldozing)	10.0	20.0	15.0	Humedecimiento previo
1.3 Cargue de Suelos	30.0	40.0	35.0	Humedecimiento con aguas freáticas
1.4 Transporte de Suelos	75.0	95.0	85.0	Humedecimiento previo
1.5 Descargue de Suelos	10.0	20.0	15.0	Humedecimiento de vías, control de velocidad y ordenamiento de tráfico
2. PERFORACIÓN Y VOLADURA 2.1	20.0	30.0	25.0	Perforación con colectores de polvo o inyección de agua
2.2 Perforación Mineral	20.0	30.0	25.0	Perforación con colectores de polvo o inyección de agua
2.3 Voladura Estéril	3.0	7.0	5.0	Retardo en el orden de disparos
2.4 Voladura Mineral	3.0	7.0	5.0	Retardo en el orden de disparos
3. OPERACIONES CON ESTÉRILES FORMA	10.0	20.0	15.0	Humedecimiento previo
3.2 Cargue de Estériles	20.0	30.0	25.0	Humedecimiento previo
3.3 Transporte de Estériles	75.0	95.0	85.0	Humedecimiento de vías, control de velocidad y ordenamiento de tráfico
3.4 Descargue de Estériles	10.0	20.0	15.0	Humedecimiento previo
3.5 Empuje de Estériles descarga	10.0	20.0	15.0	Humedecimiento previo
4. OPERACIONES CON MINERAL 4.1	10.0	20.0	15.0	Humedecimiento previo
4.2 Cargue de Mineral	20.0	30.0	25.0	Humedecimiento con aguas freáticas
4.3 Transporte de Mineral	75.0	95.0	85.0	Humedecimiento de vías, control de velocidad y ordenamiento de tráfico
4.4 Descargue de Mineral	10.0	20.0	15.0	Barreras de protección
4.5 Erosión Eólica en pads de Mineral	20.0	30.0	25.0	Barreras de protección
5. OTRAS OPERACIONES				
5.1 Erosión Eólica en áreas intervenidas (estéril)	15.0	25.0	20.0	Revegetalización de escombreras y áreas intervenidas en el menor tiempo

En el Anexo 1 del documento “modelación de la calidad del aire proyecto Angostura”, se muestran las emisiones calculadas para las diferentes actividades de la mina, para los dos escenarios tenidos en cuenta en el estudio.

La idealización de las fuentes para el escenario 1 (2 año de operación) y el escenario 2 (año 10 de operación), se muestran en los siguientes esquemas:

Figura 4.7-4 Fuentes para el escenario 1

Figura 4.7-5 Fuentes para el escenario 2

En los escenarios modelados se ubicaron receptores discretos en las poblaciones de interés y en los puntos actuales de monitoreo en la vecindad de la proyecto Angostura. Los receptores utilizados en la modelación son los siguientes:

Tabla 4.7-6 Receptores utilizados en la modelación

Por ser una modelación refinada se utilizó terreno complejo, se tuvieron en cuenta las condiciones Topográficas. El modelo en 3D del área de influencia indirecta y directa se muestra a continuación:

Figura 4.7-6 Modelo en 3D del área de influencia indirecta y directa

El modelo final quedó configurado de la siguiente manera:

Figura 4.7-7 Modelo en 3D del área de influencia indirecta y directa

4.7.5.3 Resultados de la modelación

2.7.5.3.1 Escenario 1

La Tabla 4.7-7 presenta los resultados numéricos de concentración promedio de PST para el Escenario 1 (año 2) hallados por el modelo en los receptores de interés en el área de influencia del proyecto en $\mu\text{g}/\text{m}^3$:

Tabla 4.7-7 Resultados de concentración de TSP – Escenario 1

Estación	Este	Norte	PST 24h	PST anual
MATANZA	1117340	1301662	6.56	0.54
CHARTA	1122693	1296975	3.63	0.41
SURATA	1120907	1306524	15.98	1.37
CALIFORNIA	1124992	1304385	24.93	1.76
VETAS	1133224	1300155	10.78	1.16

La Tabla 4.7-8 presenta los resultados numéricos de concentración promedio de PM_{10} para el Escenario 1:

Tabla 4.7-8 Resultados de concentración de PM-10 – Escenario 1

Estación	Este	Norte	PM_{10}^{24h}	PM_{10} anual
MATANZA	1117340	1301662	0.72	0.11
CHARTA	1122693	1296975	0.53	0.10
SURATA	1120907	1306524	3.36	0.25
CALIFORNIA	1124992	1304385	2.36	0.29
VETAS	1133224	1300155	1.69	0.26

De acuerdo a estos resultados, para el Escenario 1, los aportes en los niveles de concentración de PST debido a las actividades llevadas por la proyecto Angostura, no tienen significancia en ninguna de las poblaciones evaluadas para la producción y condiciones modeladas. Los resultados de PST anual no sobrepasan los $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y para PM_{10} anual no pasan de $0.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$

La Figura 4.7-8 y Figura 4.7-9 muestran la tendencia de dispersión de PST y PM_{10} para las condiciones del Escenario 1, como era de esperar la dispersión se da principalmente hacia el Noroeste (NW), el Noreste (NE) y al Sursureste (SSE) del proyecto Angostura, lo cual coincide con la dirección predominante del viento. Los planos anexos al Informe de modelación de calidad del aire detallan de manera más precisa la dispersión de estos contaminantes.

Figura 4.7-8 Modelación de TSP – escenario 1

Figura 4.7-9 Modelación de TSP – escenario 2

2.7.5.3.2 Escenario 2

La Tabla 4.7-9 presenta los resultados numéricos de concentración promedio para el Escenario 2 (año 10) hallados por el modelo, en los receptores de interés en el área de influencia del proyecto en $\mu\text{g}/\text{m}^3$:

Tabla 4.7-9 Resultados de concentración de TSP- escenario 2

Estación	Este	Norte	PST 24h	PST anual
MATANZA	1117340	1301662	16.14	1.28
CHARTA	1122693	1296975	10.28	1.55
SURATA	1120907	1306524	66.10	5.69
CALIFORNIA	1124992	1304385	111.96	7.12
VETAS	1133224	1300155	41.02	4.51

La Tabla 4.7-10 presenta los resultados numéricos de concentración promedio de PM-10 para el Escenario 2:

Tabla 4.7-10 Resultados de concentración de PM-10 - escenario 2

Estación	Este	Norte	PM10 ^{24h}	PM10 anual
MATANZA	1117340	1301662	15.04	0.80
CHARTA	1122693	1296975	5.99	0.78
SURATA	1120907	1306524	58.45	3.81
CALIFORNIA	1124992	1304385	102.06	4.96
VETAS	1133224	1300155	24.56	2.25

La Figura 4.7-10 y Figura 4.7-11 muestran las tendencias de dispersión de PST y PM10 para el Escenario 2, tal como en el escenario anterior, los frentes de dispersión siguen las direcciones predominantes del viento, para los mayores niveles de concentración. Aunque en este escenario la disposición y el tamaño de las fuentes afecta la forma de las isopletas.

Figura 4.7-10 Modelación de TSP – escenario 2

Figura 4.7-11 Modelación de PM-10 – escenario 2

2.7.5.3.3 Comparación de escenarios

En la Tabla 4.7-11 se muestran comparativamente la diferencia en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de los aportes anuales para ambos escenarios (resultados obtenidos a partir de las tablas anteriores del capítulo).

Tabla 4.7-11 Diferencia aportes anuales Escenario 2 y 1 en receptores de interés ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Estación	Este	Norte	PST anual	PM10 anual
MATANZA	1117340	1301662	0.74	0.69
CHARTA	1122693	1296975	1.15	0.68
SURATA	1120907	1306524	4.32	3.56
CALIFORNIA	1124992	1304385	5.37	4.67
VETAS	1133224	1300155	3.34	1.99

Como puede observarse en la tabla anterior a pesar de que el aumento en el manejo de materiales es casi cinco veces y media, el aumento anual máximo en las concentraciones en los receptores de interés es de solo $5.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para PST y de $4.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para PM10.

4.7.5 Impactos ambientales

- Alteración de la calidad del aire
- Incremento de los niveles de presión sonora

4.7.6 Medida de Manejo Ambiental

- Programa de manejo de calidad del aire y ruido

4.8 RESIDUOS SÓLIDOS

Los residuos sólidos en el proyecto Angostura están clasificados en tres tipos: residuos sólidos domésticos, residuos sólidos industriales; y residuos peligrosos.

4.8.1 Residuos Sólidos Domésticos (RSD)

Con base en las tasas actuales de generación de residuos domésticos por una población de 248 personas, podemos establecer que cuando se avance a las etapas de instalación y montaje y luego a la de operación la generación de residuos será la que se indica en la Tabla 4.8-1 Para la etapa de desmonte se estimó una población similar a la que actualmente participa en la etapa de exploración.

Tabla 4.8-1 Generación esperada de RSD en el proyecto

	Instalación		Operación		Abandono	
	kg/ pers.mes	kg/ mes	kg/ pers.mes	kg/ mes	kg/ pers.mes	kg/ mes
Población	1445 personas		935 personas		248 personas	
Res. Ordinarios	0,50	19507	0,35	9817	0,35	2590
Res. Orgánicos	0,20	8678	0,13	5610	0,13	977
Res. Reciclables	0,20	8678	0,11	1079	0,11	850
Total	0,90	36863	0,59	16506	0,59	4417

De acuerdo con los inventarios actuales, los residuos ordinarios están constituidos principalmente por papeles sanitarios (higiénicos, servilletas, toallas,...), elementos sucios de comida y elementos inadecuadamente separados al momento de descartarlos. Los residuos orgánicos son primordialmente restos de comida y restos vegetales (muy pocos). En cuanto a los reciclables, están integrados por envases plásticos, restos de papel y cartón, y algo de madera.

Se espera que las tasas unitarias de generación de residuos permanezcan constantes, con excepción de la que se registre durante el montaje en la cual habrá presencia de personal menos concientizado de la racionalización en la generación de residuos.

4.8.2 Residuos Sólidos Industriales (RSI)

Los residuos sólidos industriales son generados en las plantas de procesos, en las pilas de lixiviación, en el depósito de nitrato y en el taller de mantenimiento mina.

Los residuos sólidos industriales estimados de las plantas de procesos y de las pilas de lixiviación se describen en la Tabla 4.8-2, estos residuos incluyen la planta de trituración y molienda, la planta de Merrill Crowe, las plantas de tratamiento de aguas, la fundición, laboratorios químico y metalúrgico, y las pilas de lixiviación. Cabe resaltar que los envases de los reactivos no mencionados como residuos sólidos, son envases reutilizables y no residuos sólidos.

Tabla 4.8-2 Residuos sólidos industriales estimados de la planta de procesos y de las pilas de lixiviación

Descripción	Tamaño	Reactivo o material con que estuvo en contacto	Tratamiento	Cantidad
Bolsas plásticas	1 t	Cianuro de sodio	Lavadas	900 bolsas/mes
Caja de madera	1 t	Bolsas de cianuro de sodio	Desarmadas y lavadas	900 unidades/mes
Bolsas de tela	1.25 t	Cal	Lavadas	1,600 bolsas/mes
Bolsas plásticas	25 Kg	Tierra Diatomea	Lavadas	200 bolsas/mes
Canecas metálicas	25 Kg	Polvo de Zinc	Lavadas	290 canecas/mes
Bolsas plásticas	25 Kg	Bórax	Lavadas	30 bolsas/mes
Bolsas plásticas	25 Kg	Nitrato de potasio	Lavadas	5 bolsas/mes
Bolsas de acero rotas	<1/4"	Mineral	Lavadas	20 t/mes

Descripción	Tamaño	Reactivo o material con que estuvo en contacto	Tratamiento	Cantidad
Fierro (Partes metálicas gastadas de trituradoras, zarandas y molino)	Piezas desde 0.5 m ² (25 Kg) hasta 4 m ² (5 t)	Mineral	Soplados	40 t/mes
Bolsas plásticas	25 Kg	PAX (Xantato Amilico Potasico)	Lavadas	300 bolsas/mes
Canecas metálicas	55 galones	MIBC (Metil Isobutil Carbinol)	Lavadas	34 canecas/mes
Bolsas plásticas	25 Kg	Floculante	Lavadas	150 bolsas/mes
Bolsas plásticas	Pequeñas y medianas	Muestras de mineral	Ninguno	10,000 bolsas/mes
Tubos de ensayo (vidrio)	100 mL	Soluciones Cianurada o de ataque química	Lavados	2,000 tubos/mes
Mangueras de irrigación	1/4"	Solución Cianurada	Lavadas	2.5 Km/mes

Los residuos sólidos industriales estimados del depósito de nitrato y del taller de mantenimiento mina se detallan en la Tabla 4.8-3.

Tabla 4.8-3 Residuos sólidos industriales estimados del depósito de nitrato y del taller de mantenimiento mina

Residuos	Duración / Capacidad	Unidades	Cantidad equipos / Consumo	Cantidad generada	Unidades
Aceros - Chatarra				100	toneladas
Llantas	5,000	horas	51	57	llantas
Bolsas de nitrato de 1.25 t (big-bags)	1.25	t/bolsa	8,176	6,541	bolsas

4.8.3 Residuos Peligrosos

Los residuos peligrosos del proyecto Angostura son generados desde tres fuentes, los residuos peligrosos domésticos (llámese oficinas, comedor y campamento), los residuos peligrosos de la planta de procesos, y los residuos peligrosos del taller de mantenimiento mina.

4.8.3.1 Residuos Peligrosos Domésticos

Los residuos peligrosos domésticos son detallados en la Tabla 4.8-4

Tabla 4.8-4 Residuos peligrosos provenientes de oficinas, campamento y comedores

Descripción	Cantidad
Baterías o "pilas" descartables	20 unidades/mes
Bombillos Fluorescentes	10 unidades/mes
Tinta y "toner" de impresoras o fotocopiadoras	10 unidades/mes

4.8.3.2 Residuos Peligrosos de Procesos

Los residuos peligrosos de la planta de procesos son generados en el proceso de análisis de oro por el método de ensayo al fuego, en donde se genera las copelas contaminadas con plomo. Se estima que se producirán unas 400 copelas al mes y serán tratadas y descartadas por una empresa especializada de manejo y disposición de materiales peligrosos.

4.8.3.3 Residuos Peligrosos del Taller de Mantenimiento Mina

Los residuos peligrosos del taller de mantenimiento mina, son detallados en la Tabla 4.8-5

Tabla 4.8-5 Residuos peligrosos provenientes del taller de mantenimiento mina

Residuos	Duración / Capacidad	Unidades	Cantidad equipos / Consumo	Cantidad generada	Unidades
Baterías de equipos mineros	9,000	horas	69	27	baterías
Baterías de equipos livianos	3,650	horas	25	12	baterías
Aceites	500	horas @ 28 gal	51	16,012	galones

4.8.4 Alternativas de tratamiento, manejo y disposición

4.8.4.1 Almacenamiento

Debido a que muchas de las actividades que generan residuos sólidos domésticos e industriales se encuentran dentro de las áreas de construcción, explotación de materiales y campamentos, para la adecuada separación de los residuos en la fuente en reciclable y no reciclables, será necesario la ubicación de canecas para el tipo de residuos típicos de cada una de las áreas mencionadas.

Las zonas de construcción tendrán tres tipos de canecas, dos para residuos reciclables y una para residuos orgánicos o no aprovechables. Estas canecas estarán cubiertas, bien ubicadas y señalizadas con el tipo de residuos que deberán contener. El número de canecas deberá ser determinado por el contratista, teniendo en cuenta la población a satisfacer en cada una de las áreas de trabajo. Se utilizarán canecas con un volumen aproximado de 140 l. Deberán ser ubicadas en las áreas de recreación, en áreas comunales y en sitios que tengan por objetivo la recolección de los residuos de dormitorios.

Se deberá escoger un sitio de almacenamiento temporal de residuos antes de realizar su respectivo tratamiento. Este sitio deberá contar con un área propicia para almacenar los residuos de máximo una semana, contar con aireación e iluminación adecuada para permitir el trabajo de los operarios y el pesaje de los residuos.

4.8.4.2 Recolección y transporte

Para la recolección de los residuos se dispondrá de un vehículo y una cuadrilla de recolección que realizará el recorrido por cada una de las áreas donde se tengan definidos los sitios de almacenamiento temporal.

La recolección se realizará con una frecuencia de dos veces por semana, manteniendo los residuos adecuadamente separados con el fin de llevarlos para su tratamiento o disposición final en el relleno sanitario del proyecto.

La recolección de residuos peligrosos se realizará de manera separada, por personal autorizado, previamente capacitado para esta labor, evitando la mezcla de los residuos comunes y teniendo en cuenta todas las medidas de seguridad para su almacenamiento temporal, hasta cuando la empresa especializada en su manejo contratada por el proyecto, realice la recolección periódica.

4.8.4.3 Disposición

Para la disposición final de los residuos se realizan las siguientes actividades: la separación de los desechos en la fuente, posteriormente el reciclaje y reutilización del mayor porcentaje posible de los residuos producidos. Posteriormente se realiza la disposición de los residuos en el relleno sanitario localizado en el área del proyecto.

Para esto se tienen diferentes alternativas para disponer los residuos domésticos: la primera es disponerlos en el relleno sanitario del municipio de Atabanza, la segunda en la planta de compostaje del municipio de de Surata o por ultimo enviarlos a el relleno sanitario del la ciudad de Bucaramanga. En caso de que no se pueden disponer los residuos en las anteriores opciones se realizara un relleno sanitario para el proyecto.

En cuanto a los residuos industriales y peligrosos se dispondrán con un gestor especializado y autorizado por la autoridad ambiental para el manejo y la disposición de los residuos.

4.8.5 **Materiales sobrantes de la excavación**

4.8.5.1 Diseño y localización del depósito de estériles

El plan de minado requiere remover 745 Mt de material estéril, de los cuales 35 Mt se depositarán en la plataforma de trituración y en las bases o diques de contención de las pilas de lixiviación de Angostura y Páez. Los 710 Mt restantes se depositarán en un depósito de estéril diseñado sobre el valle de la quebrada Móngora.

Los parámetros utilizados en el diseño del depósito de estéril de “Móngora” son los siguientes:

- Altura de banco ó vaciado: 60 m
- Berma de seguridad: 30 m (entre alturas de vaciado de 60 m)
- Angulo de talud: 37°
- Densidad de material suelto: 1.9 t/m³
- Pendiente de rampas: 10 %
- Ancho rampas y caminos: 30 m

La ubicación del depósito “Móngora” se extiende en su totalidad al interior de la propiedad de Greystar y evita áreas con potencial de exploración de otros recursos mineros. Su capacidad estimada es de 395.2 millones de metros cúbicos que representan 750.8 millones de toneladas considerando una densidad de material suelto de 1.90 t/m³.

4.8.5.2 Depósito de Estériles

El análisis geotécnico y de estabilidad para el depósito de estériles de Móngora fue realizado por Geoblast, determinando que la geometría del depósito es estable. A continuación se relacionan los principales parámetros de la geometría:

Pendiente General: 28°
Diferencia de cota máxima: 950 metros
Altura de Capa: 60 metros

Los modelos numéricos de estabilidad fueron corridos con las siguientes condiciones: Máxima lluvia probable, Máximo evento sísmico y cambios en la resistencia del material estéril.

4.8.5.3 Taludes de Trabajo Final en el Depósito de Estériles

El análisis de estabilidad de los taludes finales y el análisis de estabilidad global para el depósito de estériles de Móngora, fue realizado por la empresa GeoBlast y se tuvieron en cuenta los siguientes parámetros:

- Factor de seguridad (FS) mínimo de 1.0 para los taludes críticos.
- Los análisis fueron evaluados en condición seca.
- Se consideró una aceleración sísmica horizontal de 0.17g y vertical de 0.11g respectivamente.

Los perfiles analizados fueron seleccionados teniendo en cuenta la máxima pendiente de la topografía del terreno y la dirección de potencial movimiento del depósito de estériles. Con base en lo anterior, se seleccionaron 3 perfiles “críticos” (ver Figura 4-12) y los resultados de los análisis de estabilidad para dichos perfiles se muestran en la Tabla 4.8-6.

Figura 4-12: Perfiles seleccionados en el depósito de estériles

Depósito de Estériles de Móngora

Tabla 4.8-6 Resumen de los análisis de estabilidad en el depósito de estériles

Perfil	Longitud Máx.(m)	Ángulo Global (°)	Altura Total (m)	Altura de Capa (m)	FS
P-1	2,112	28	906	60	1.19
P-2	1,793	28	811	60	1.37
P-3	1,537	28	600	60	1.11

4.8.5.4 Manejo y Disposición de Estériles

Toda la roca estéril sin valor económico que será extraída del tajo tendrá como destino final el depósito de estériles de “Mongora”, cuyo diseño fue descrito en el acápite 4.8.5.1 La roca estéril será cargada por las palas hidráulicas de 29 yardas cubicas en los camiones mineros de 180

toneladas de capacidad, los cuales transportarán la roca estéril a su destino final. La extracción diaria de roca estéril, en promedio para toda la vida de la mina, será de 171,000 toneladas lo cual es equivalente a 62.5 millones de toneladas de roca estéril a ser extraídas anualmente.

4.8.6 Impactos ambientales

- Afectación por generación de residuos de excavación.
- Pérdida y alteración del suelo
- Pérdida de la cobertura vegetal
- Afectación de la fauna terrestre

ADENDO 1. Modelación de la Calidad del Aire