



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



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

Contrato de Concesión GJ4-081

CAPÍTULO 3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO



Bogotá D.C., enero de 2019

CAPÍTULO 3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

CONTENIDO

3. Descripción del proyecto	5
3.1. Localización	5
3.2. Características del Proyecto	6
3.2.1. Infraestructura Existente.....	8
3.2.2. Resultados de la Exploración Geológica.....	12
3.2.2.1. Descripción Geológica del Yacimiento.....	13
3.2.2.2. Estructura Específica del Yacimiento.....	15
3.2.2.3. Características del Yacimiento Para Explotar.....	16
3.2.2.4. Origen del Yacimiento.....	16
3.2.2.5. Columna Estratigráfica Local del Yacimiento.....	18
3.2.3. Fases y Actividades del Proyecto.....	20
3.3. Diseño del Proyecto	28
3.3.1.1. Construcción y Montaje.....	35
3.4. Insumos del Proyecto.....	38
3.5. Infraestructura y Servicios Interceptados por el Proyecto	44
3.5.1. Manejo y Disposición de Sobrantes.....	47
3.5.2. Residuos Peligrosos y No Peligrosos.....	48
3.5.4. Cronograma del Proyecto	64
3.6. BIBLIOGRAFÍA.....	70

LISTADO DE TABLAS

Tabla 3.1. Coordenadas del Contrato de Concesión GJ4-081	6
Tabla 3.2 Clasificación de vías según IGAC.....	8
Tabla 3.3. Información litológica de las unidades geológicas de explotación	13
Tabla 3.4. Coordenadas Bocamina (B.M.) y Boca Viento (B.V).....	15
Tabla 3.5 Etapas del proyecto	21
Tabla 3.6 Descripción de las actividades del proyecto	22
Tabla 3.7 Coordenadas Boca Mina (B.M.) y Boca Viento (B.V).....	29
Tabla 3.8 Parámetros para diseño de voladura	33
Tabla 3.9 Estado vías desde la mina hasta el centro de acopio	37
Tabla 3.10 Insumos del proyecto.....	38
Tabla 3.11 Materiales de construcción del polvorín	38
Tabla 3.12 Insumos para el mantenimiento de maquinaria	39
Tabla 3.13 Dimensiones de la malla.....	41
Tabla 3.14 Descripción de los Barrenos	41
Tabla 3.15 Calculo producción por voladura.....	41

Tabla 3.16 Consumo de explosivos por voladura	42
Tabla 3.17 Índices por explosivos	42
Tabla 3.18 Características técnicas del INDUGEL PLUS PM.....	42
Tabla 3.19 Características técnicas del ANFO	43
Tabla 3.20 Características de los predios que conforman el área de influencia del proyecto	46
Tabla 3.21 Descripción de los residuos sólidos generados	49
Tabla 3.22 Estimativo de producción de residuos solidos	50
Tabla 3.23 Estimativo de producción de residuos peligrosos	50
Tabla 3.24 Costos estimados mano de obra directa.....	53
Tabla 3.25 Costos estimados mano de obra indirecta	54
Tabla 3.26 Costos de infraestructura y maquinaria y equipos	55
Tabla 3.27 Inversión por herramientas de construcción	55
Tabla 3.28 Maquinaria y equipo.....	56
Tabla 3.29 Costo de inversión	57
Tabla 3.30 Costos por insumo	57
Tabla 3.31 Costos de producción – año 1	58
Tabla 3.32 Costos del proyecto	58
Tabla 3.33 Producción planteada para el proyecto (Ton/año)	58
Tabla 3.34 Producción de la mina Vs oz.....	59
Tabla 3.35 Cálculo producción por voladura.....	59
Tabla 3.36 Costos de extracción.....	60
Tabla 3.37 Costos de beneficio.....	60
Tabla 3.38 Costos de Restauración.....	61
Tabla 3.39 Costos previstos para el programa de cierre de min.....	62
Tabla 3.40 Costos totales previstos para el programa de cierre de mina	63
Tabla 3.41 Costos previstos para las actividades del pos cierre de la mina	64
Tabla 3.42 Cronograma de actividades, Preparación, construcción y montaje (1-9 años).....	65
Tabla 3.43 Cronograma de actividades, Explotación (1-9 años)	66
Tabla 3.44 Cronograma de actividades, Cierre, desmantelamiento y abandono (10-13 años).....	67
Tabla 3.45 Cronograma de actividades, Postcierre (14 – 17 años)	68

LISTADO DE FIGURAS

Figura 3.1. Localización general	5
Figura 3.2. Localización general - Referentes ambientales	7
Figura 3.3. Distribución de vías existentes dentro del área de estudio	9
Figura 3.4 Unidades geológicas de explotación.....	13
Figura 3.5 Nódulos en el banco del yacimiento minero	14
Figura 3.6. Columna Litoestratigráfica Generalizada	19
Figura 3.7 Diseño del proyecto	28

Figura 3.8 Esquema del método de explotación por cámaras	30
Figura 3.9 Diseño de malla de perforación (en metros)	32
Figura 3.10 Perfil de Cargue (en metros).....	32
Figura 3.11 Sistema de cargue en el frente	33
Figura 3.12 Adecuación de acopio para mineral de hierro y evacuación del mismo	34
Figura 3.13 Centro de acopio temporal de mineral de hierro para venta	37
Figura 3.14 Balance del material sobrante	43
Figura 3.15 Infraestructura líneas eléctricas interceptada	44
Figura 3.16 Infraestructura vial interceptada.....	45
Figura 3.17 Predios interceptados	46
Figura 3.18 Ubicación del centro de acopio temporal de material estéril en el área de operación de la mina.....	48
Figura 3.19 Organización del proyecto	69

LISTADO DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 3.1. Primer tramo de la vía que conduce a la mina desde la entrada del predio.....	10
Fotografía 3.2. Segundo tramo de la vía que conduce a la mina.....	10
Fotografía 3.3. Tramo Final de la vía que conduce a la bocamina	11
Fotografía 3.4. Tramo que conduce a la antigua explotación a cielo abierto de la mina	12

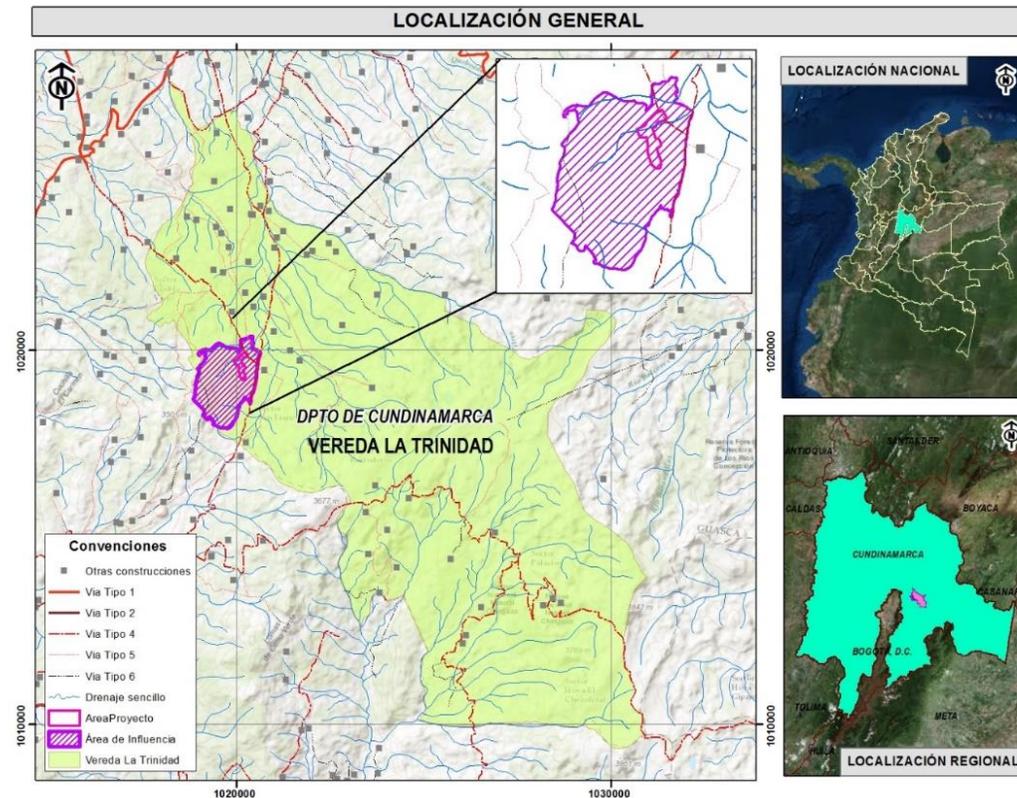
3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

3.1. Localización

El proyecto de la Mina de Hierro Pericos se encuentra a 30 kilómetros del noreste de Bogotá D.C., en el departamento de Cundinamarca, específicamente en el municipio de Guasca, en la vereda La Trinidad en el sector conocido como Pericos, a una distancia en línea recta de 10,6 km del casco urbano de Guasca.

La localización general del área de estudio es presentada esquemáticamente en la Figura 3.1.

Figura 3.1 Localización general



Fuente: Autores

El predio cuenta con concesión minera bajo el título GJ4-081, en la Tabla 3.1 se muestran los puntos extremos del polígono del título minero el cual tiene un área de 132,168 hectáreas.

Tabla 3.1. Coordenadas del Contrato de Concesión GJ4-081

PUNTOS	NORTE	ESTE
PA - 1	1020440,000	1020700,000
1 -2	1020000,002	1020310,002
2 -3	1018000,002	1020440,000
3 -4	1018000,002	1019598,998
4 -5	1019548,752	1019598,690
5 -6	1019682,243	1019744,690
6 -7	1019682,243	1020284,690

Fuente: (P.T.O - Mina Pericos, 2014)

En consecuencia, el área de estudio se encuentra dentro de la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional CORPOGUAVIO.

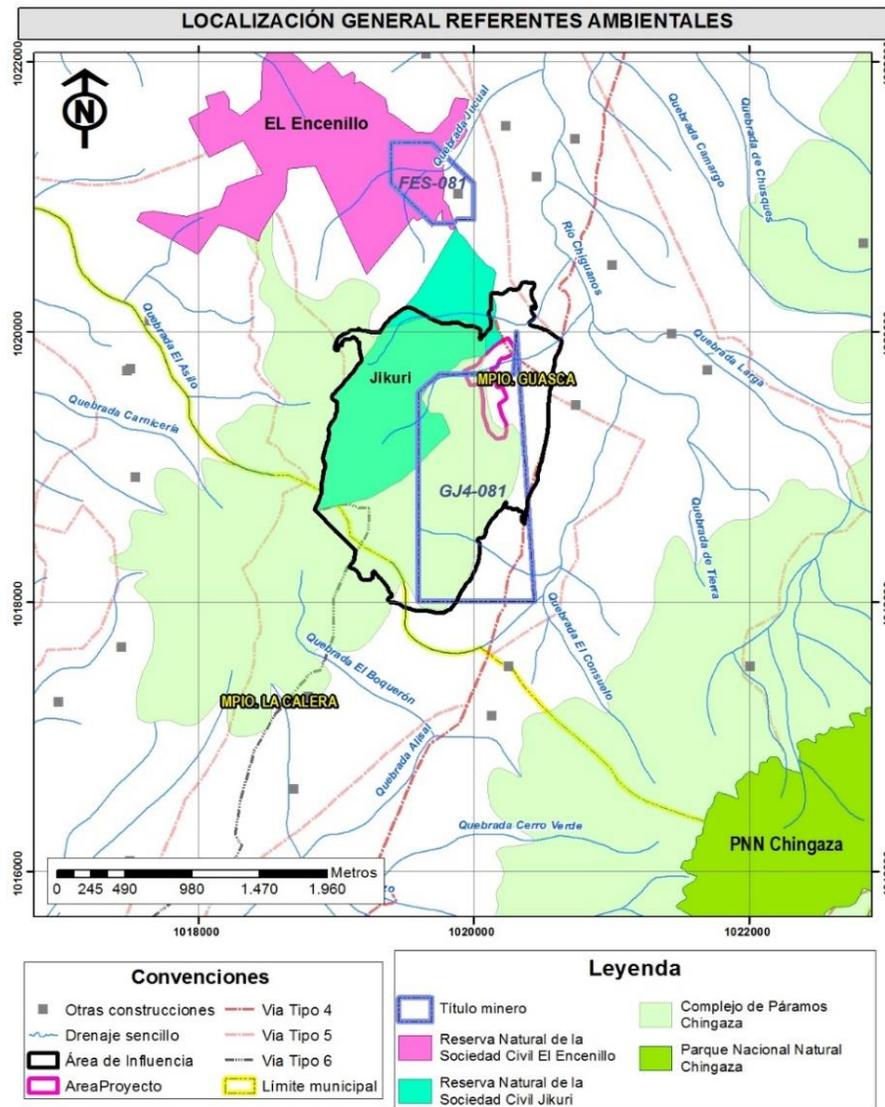
3.2. Características del Proyecto

El proyecto en mención corresponde a un proyecto de mediana minería para la explotación de estratos ferrosos del yacimiento de hierro, denominada Pericos, la cual, inicialmente fue explotada por el Instituto de Fomento Industrial – IFI, quienes desarrollaron un método de explotación subterráneo y a cielo abierto.

El área de la Explotación minera cuenta con concesión de explotación minera N° GJ4-081 otorgada por El INSTITUTO COLOMBIANO DE GEOLOGÍA Y MINERÍA – INGEOMINAS para la explotación del yacimiento de mineral de hierro, para un área de 132,168 hectáreas ubicadas en jurisdicción del municipio de GUASCA en el departamento de Cundinamarca; con una duración de 30 años, contados a partir del 10 de julio de 1995, fecha en que se realizó la inscripción en el Registro Minero nacional.

Dentro del área delimitada como área de influencia se encuentra la Reserva de la Sociedad Civil Jikuri, la cual se intersecta en 6,35 ha del total de 123,6 ha que la conforman con el título minero GJ4-081 (Figura 3.2)

Figura 3.1. Localización general - Referentes ambientales



Fuente: Autores

Según los cálculos de producción se espera extraer durante los próximos 30 años 4.007.565 m³ de material, éstos explotarán en tres etapas cada una con una duración de 10 años y la siguiente relación de mineral - estéril: los primeros 30m a explotar tendrá una relación del 35% mineral y 65% de descapote, la segunda fase prende explotar 30 m de cuelga y supone una relación 67% mineral y 33% descapote, y los últimos 30 m se explotarán con una relación 80% mineral y 20% de descapote.

Finalmente, el método de explotación se realiza a yacimientos tumbados, en este caso el estrato ferroso buza en promedio 18 grados al suroccidente, el avance ha

sido unidireccional desde que se efectúa el arranque del estéril y del mineral; luego el estéril es venido a la concavidad de las fases anteriores, el mineral es extraído desde el fondo de la explotación. Al arranque del material se realizará por voladura con Indugel, y el cargue se hará con bulldozer y la ayuda de volquetas para retiro del material.

A continuación, se explica claramente el método de explotación, las actividades involucradas en proyecto y el alcance de afectación de estas actividades al medio ambiente.

3.2.1. Infraestructura Existente.

Dentro del área de influencia se encuentra infraestructura de transporte terrestre, la cual bajo la clasificación del Instituto Nacional de Vías – INVIAS corresponde a vías municipales o terciarias, las cuales enlazan la cabecera municipal de Guasca con el área rural en la que se incluye la vereda La Trinidad. Estas vías serán empleadas como accesos para la materialización del proyecto presentado en el presente estudio.

En cuanto a la infraestructura vial, en la Tabla 3.2 se presenta el consolidado de las carreteras identificadas dentro del área de estudio, teniendo en cuenta la clasificación IGAC (*Ver Registro Fotográfico*).

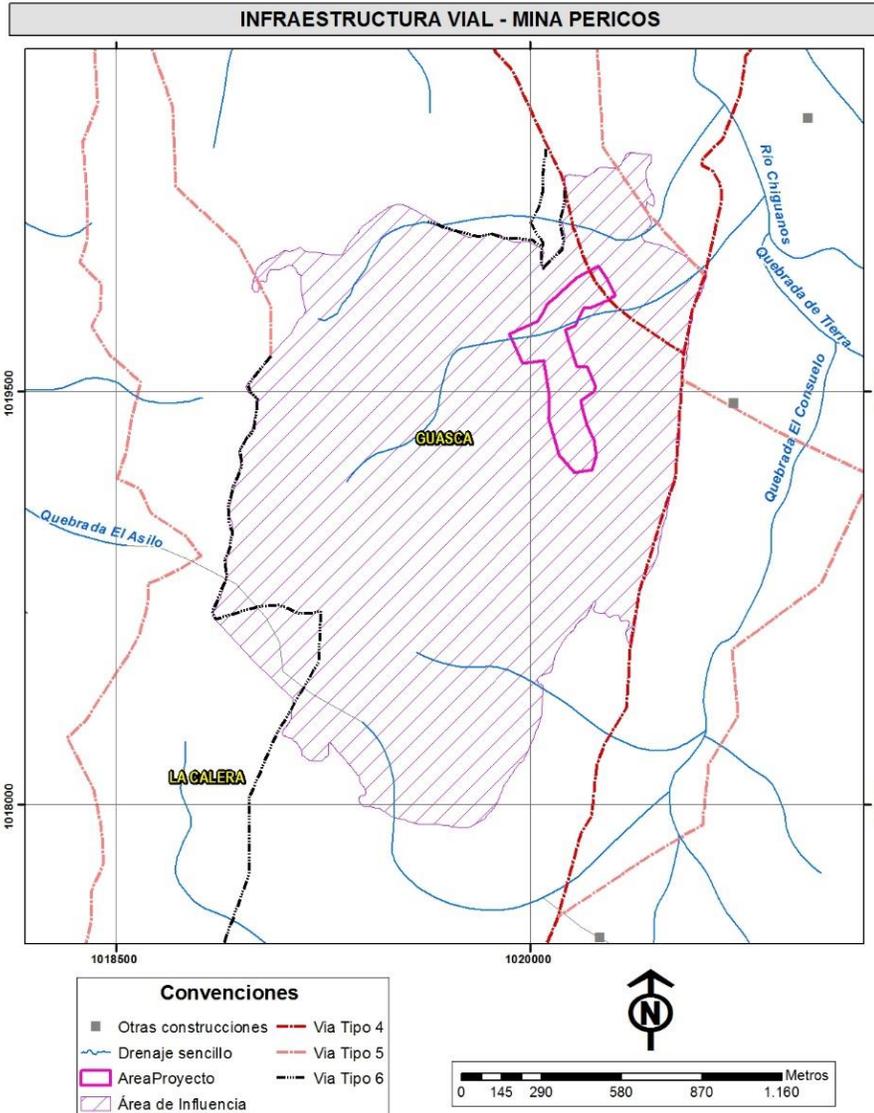
Tabla 3.2 Clasificación de vías según IGAC

Tipo	Dominio	Descripción	Estado	Símbolo
4	Vía Tipo 4	Vía sin pavimentar, angosta y transitable todo el año	Presenta un buen estado	
5	Vía Tipo 5	Vía sin pavimentar transitable en tiempo seco	Presenta un buen estado	
6	Vía Tipo 6	Carreteable sin afirmado	Presenta un estado medianamente bueno	

Fuente: Autores

La Figura 3.3 muestra la distribución de las vías existentes identificadas dentro del área de influencia del presente proyecto.

Figura 3.2. Distribución de vías existentes dentro del área de estudio



Fuente: Autores

Registro Fotográfico

A continuación, se presenta un registro fotográfico captado dentro del área de influencia. Con base a la clasificación IGAC se observa que la vía que más se pronuncia es la vía de tipo 5 como se puede observar en las fotografías 3.1 y 3.2. Esta vía comunicara la entrada de la mina con el sector Pericos de la vereda La Trinidad que a su vez conecta con otros sectores de la misma y demás veredas. El estado que presenta la vía es la adecuada para su utilización, aunque cabe resaltar que se debe hacer un mantenimiento de esta antes del inicio de las operaciones.

Hacia el costado norte esta vía comunica la entrada de la mina con la bocamina, es decir, la zona inicial de la explotación de hierro.

Fotografía 3.1. Primer tramo de la vía que conduce a la mina desde la entrada del predio



Fuente: Autores

Fotografía 3.2. Segundo tramo de la vía que conduce a la mina



Fuente: Autores

En la fotografía 3.3, se observa la finalización de la vía, la cual lleva a la entrada de la explotación minera. El estado de esta vía cuando finaliza no es la adecuada ya que presenta una serie de materiales estériles a ambos costados de la vía, para lo cual se hace necesario realizar un alto grado de mantenimiento en esta, pues será fundamental en el transporte externo del material al centro de acopio.

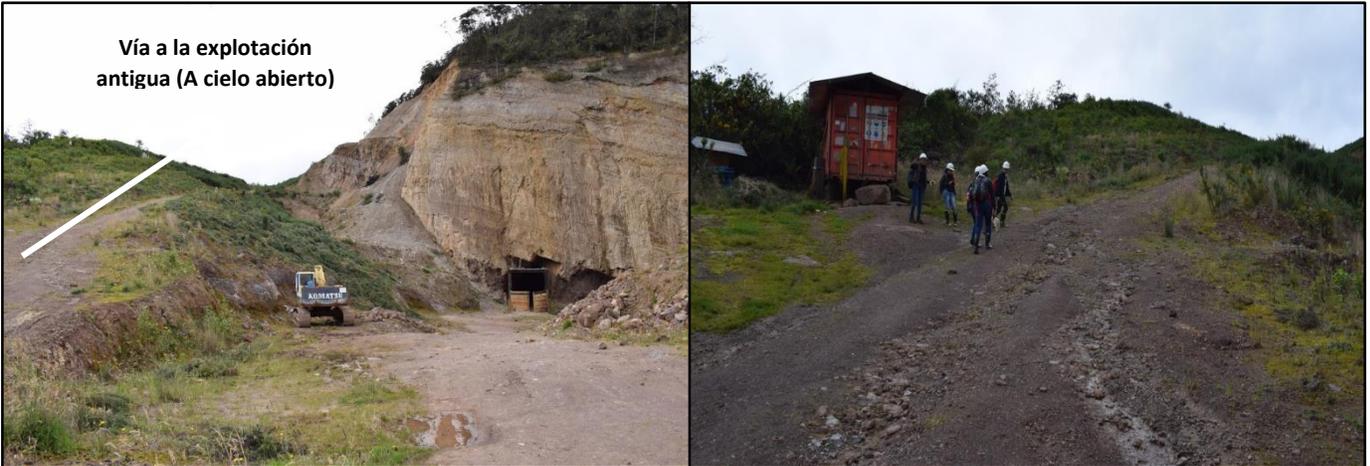
Fotografía 3.3. Tramo Final de la vía que conduce a la bocamina



Fuente: Autores

Hacia el costado norte como se muestra en la fotografía 3.4, se encontraba la antigua explotación minera, la cual se realizaba a cielo abierto, en donde se puede observar algunos terracedos y elementos antrópicos. Esta vía hace parte de la vía principal que comunica la mina con el sector Pericos. Cabe anotar que esta solo se utiliza con fines de recuperación ambiental de la antigua explotación minera, más no se usará en las operaciones de la explotación subterránea. En cuanto a su estado actual es la adecuada para uso, pero de igual forma se hace necesario realizar obras de mantenimiento.

Fotografía 3.4. Tramo que conduce a la antigua explotación a cielo abierto de la mina



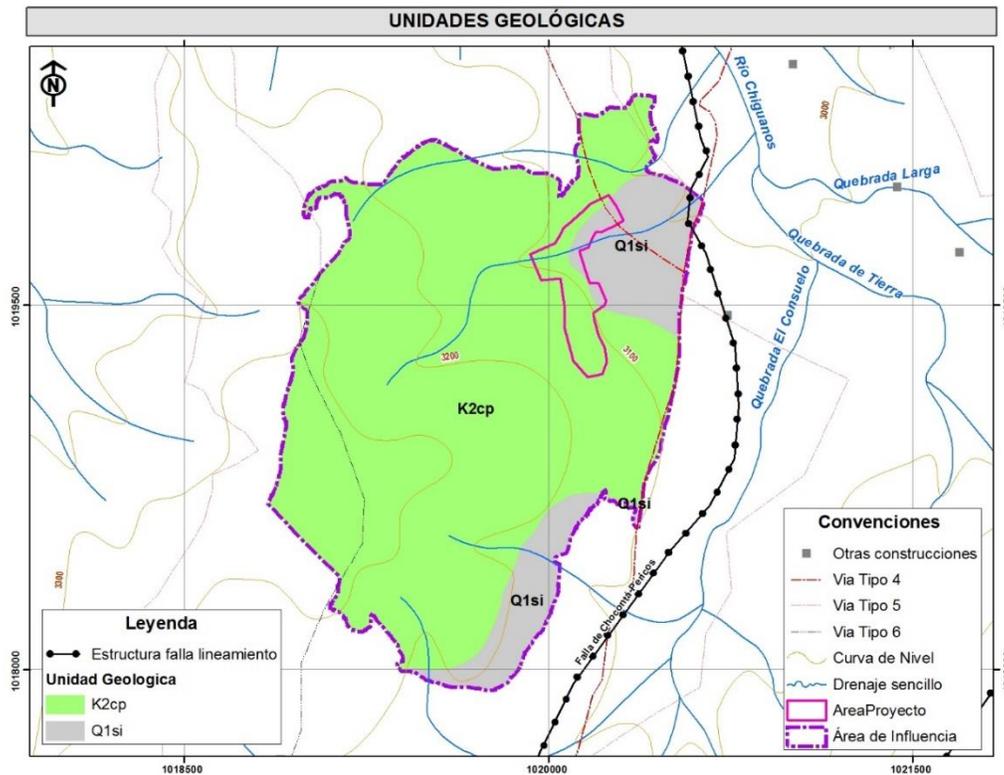
Fuente: Autores

Ya que la mina se encuentra lejos del centro poblado de Guasca, esta actividad no presenta ningún riesgo para ninguna infraestructura social o productiva, así como tampoco para zonas de interés turístico, escuelas, centros de salud, entre otros.

3.2.2. Resultados de la Exploración Geológica.

Se presenta como la cartografía geológica con la información litológica y estructural del área de explotación, junto con las unidades objeto de explotación.

Figura 3.3 Unidades geológicas de explotación



Fuente: Autores

Tabla 3.3. Información litológica de las unidades geológicas de explotación

FORMACIÓN	NOMENCLATURA	DESCRIPCIÓN	EDAD
Formación Chipaque	K2cp	Capa de lodolitas y arcillolitas negras, con algunas interclaciones de arenitas de cuarzo, hacia la base se reconoce un paquete de porcelanitas con partición primatica y fauna del Turoniano	Santoniano - Cenomaniano
Formación Siecha	Q1si	Depositos de grava con intercalaciones de arena, arcillas organicas y paleosuelos.	Pleistoceno Medio Tardío

Fuente: Plancha geológica 228, INGEOMINAS

3.2.2.1. Descripción Geológica del Yacimiento.

El yacimiento de hierro de Pericos aflora dentro de los estratos de la formación Chipaque sobre el flanco oriental de la serranía que lleva su mismo nombre ubicada en jurisdicción del municipio de Guasca. En este yacimiento se cuentan con varios

afloramientos del mineral, y según estudios de prospección realizados en el año 1942 en la zona se pueden encontrar tres bancos de hierro denominados: “La Adelita”, “La chiquita” y “La Venenosa”. A continuación, se presenta sucesión estratigráfica. Se detalla de arriba hacia abajo:

- Arenisca “La Venenosa”, amarilla, micácea, de grano medio con impregnaciones locales de óxidos de hierro. Espesor de 8 a 12 m.
- Arcillas laminadas grises y negras. Espesor alrededor de 12 m.
- Banco de óxidos de hierro concrecionarios de color rojo azulado, algo arenosos, con lechos delgados de arcillas arenosas fosilíferas, “La Adelita”. El espesor de este banco es algo variable; va desde los 4,60 m y va aumentando hasta llegar a los 13,70 m.
- Banco de óxido de hierro arenoso en partes, y en otras de arenisca apenas ferruginosa “La Chiquita”. Espesor alrededor de 1 m.

Esta sucesión estratigráfica es constante a lo largo del área del título minero y es posible observarla en su totalidad en las zonas donde las rocas no están cubiertas por derrumbes. El banco de mineral de hierro “La Adelita” es continuo en su mayor parte, mostrando afloramientos tanto hacia el norte como hacia el sur. Como se mencionó en la sucesión estratigráfica tiene un espesor que oscila entre los 4,60 y 13,70 metros, está formado por óxido de hierro concrecionario, con un contenido de hierro que varía en la superficie entre el 45% y el 50%, contiene en su interior y en la parte superior del techo unos nódulos o placas que presentan altas concentraciones de hierro, compuestas por arenisca y arcillolitas, que sirven de soporte evitando así que se generen derrumbes (Figura 3.5). Se deduce que es posible que haya indicios de pirita y azufre en el material de hierro.

Figura 3.4 Nódulos en el banco del yacimiento minero



Fuente: Autores

Como ya me menciono “la Adelita” es continuo en afloramientos y puede ser seguido en dirección norte y sur, hacia esta última debería aflorar, sin embargo allí está cubierto por derrumbes y solo se pudieron encontrar afloramientos en las cercanías a las quebradas La Canal y Curíes, donde es posible observar los bancos denominados “la venenosa” y “la chiquita” los cuales no tienen importancia para aprovechamiento como mineral de hierro, debido a que son arenisca impregnadas de óxidos de hierro por remplazo del material cementante.

El yacimiento de hierro está asociado estructuralmente a la falla Choconta-Pericos que presenta una dirección NE y buza al NW, que pone en contacto la Formación de Chipaque con la Guadalupe Superior, esta es de tipo inverso y es usual que también presente fallas retroinversas asociadas, las cuales no tienen importancia desde el punto de vista del aprovechamiento del mineral.

Se analiza el valor económico del yacimiento, indicando que su explotación no es muy difícil por tratarse de un banco con un espesor considerable, con buzamientos no muy fuertes cerca de la superficie; posibilitando su explotación en parte a tajo abierto, aunque en su mayoría debe realizarse por medio de socavones.

Finalmente, el área de explotación cuenta con dos túneles en dirección del Buzamiento, con varios niveles a los cuales se les realizó un levantamiento topográfico para tener una referencia del planeamiento a realizar; estos se encuentran ubicados en las coordenadas relacionadas en la Tabla 3.4.

Tabla 3.4. Coordenadas Bocamina (B.M.) y Boca Viento (B.V)

BM	NORTE	ESTE	COTA
B.M.	1.019.660,9023	1.020.073,9900	3082,88
B.V.	1.019.649,1228	1.020.071.7003	3072,62

Fuente: (P.T.O - Mina Pericos, 2014)

3.2.2.2. Estructura Específica del Yacimiento.

El banco de mineral de hierro está afectado por fallas longitudinales y transversales. Entre las primeras se puede mencionar la que lo limita en su extremo oriental, que es la misma que mencionamos al tratar de la estructura de la Serranía de Pericos y que pone en contacto la Fm. De Villeta con la Guadalupe Superior. Esta falla no tiene importancia desde el punto de vista del aprovechamiento del mineral. Posiblemente debe existir otra falla longitudinal a una distancia de 30 a 40 m del afloramiento superficial del banco. Esta falla se hizo evidente puesto que limita considerablemente la cuelga explotable del banco. Las fallas transversales que afectan el banco tienen como resultado práctico dividirlo en varios bloques independientes.

3.2.2.3. Características del Yacimiento Para Explotar.

Los principales minerales de la ganga son granos sedimentarios detríticos de cuarzo; además, se encuentran también ocasionalmente algunas laminillas de mica.

Como ya se mencionó los bancos de arenisca que hemos llamado “La Venenosa” y “La Chiquita” no tiene importancia desde el punto de su aprovechamiento como mineral de hierro. Se tratan de areniscas impregnadas de óxidos de hierro por reemplazo del material cementante y en parte por reemplazos de los propios granos de la arenisca. Entre ese cementante se encuentran concreciones de Hematita y limonita de estructura botroidal.

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

3.2.2.4. Origen del Yacimiento.

En el informe sobre el yacimiento de Pericos escrito por el Dr. John W. Buttler, se hace un análisis muy interesante sobre el origen del yacimiento, se transcribe a continuación una parte:

“Indudablemente, fue concentrado por soluciones que se filtraron dentro de las formaciones de arenisca. La naturaleza de estas soluciones es un problema, y en su definición puede basarse el dictamen referente a si el depósito es solamente superficial, o se extiende a profundidades considerables. El presente estudio reveló dos orígenes posibles del depósito, pero para llegar a una conclusión definitiva se necesitan estudios más definitivos tanto de campo como de laboratorio, que los que se le dedicaron a la presente investigación. Es importante, sin embargo, considerar una alternativa de hipótesis para el origen, y los hechos que sustentan a cada una de éstas merecen ser mencionadas a continuación:

“La alternativa sobre los orígenes del yacimiento de hierro de pericos es la siguiente:

“El mineral se concentró en su posición actual por acción de aguas meteóricas que había tomado el hierro en solución mientras circulaban a través de sedimentos ferruginosos que pueden existir en la vecindad. Este origen significaría que el depósito sería superficial, y el tenor en mineral disminuiría rápidamente a poca profundidad.

“El mineral se concentró en su posición por soluciones magmáticas que subieron de la profundidad y estaban cargadas de hierro en solución. El primer origen puede ser el verdadero, pero varios hechos sugieren la posibilidad del segundo y requieren estudios tanto de campo como de laboratorio para confirmar o despacharlos.

“Los hechos en favor de cada hipótesis se describen a continuación:

“Origen por aguas meteóricas:

“La estructura, La localización y La riqueza del mineral, especialmente la hematita ‘concrecionada’, parece indicar que las soluciones que depositaron el mineral fueron aguas circulantes comunes, con origen atmosférico que se cargaron de hierro, mientras se filtraban a través de sedimentos ferruginosos y que encontraron manera de salir por la pendiente abrupta de la colina y así depositaron la carga de hierro durante la evaporación”.

Origen por aguas magmáticas ascendentes:

La estructura geológica es tal, que los estratos están inclinados hacia el oeste, es decir retirándose de la falda abrupta de ella, sobre la cual afloran los depósitos de hierro. Por consiguiente, parece ser que la mayor parte de las aguas debieron correr hacia el oeste, a lo largo de los planos inclinados de los estratos, alejándose del área del depósito, de modo que no pudieron haber tenido influencia apreciable sobre esta pendiente. No se sabe si haya aguas artesianas en esta colina, pero a juzgar por la topografía de la región hacia el oeste, es poco probable. Tampoco se puede afirmar definitivamente, si el hierro fue depositado cerca de su localización actual por aguas que circulaban hacia el oeste antes de la erosión del anticlinal, del cual la colina en cuestión es el flanco occidental. Sin embargo, la concentración de hierro no es común, e indica actividad de aguas subterráneas, o sedimentos muy ferruginosos situados cerca del yacimiento que pudieran suministrar mucho hierro a la cantidad de agua disponible, aparentemente limitada.

La distribución del mineral muestra que ha favorecido las areniscas más porosas. Ocasionalmente hay estratos arcillosos con textura extremadamente fina, en bancos hasta de 30 cm de espesor, que están interestratificados en forma lenticular. La textura de estas rocas es tan fina, que las ha hecho impermeables a las soluciones que depositaron el mineral, con excepción de los lugares en que fueron fracturadas por movimientos tectónicos. Estas están, al presente, llenas de hematita, que recementa la roca. Hay una zona marginal angosta, manchada de rojo, que indica que parte de las soluciones al pasar saturaron los planos de fractura.

Encima y debajo de estos mantos arcillosos, hasta donde se pudo juzgar, durante esta rápida inspección, no había diferencia apreciable en el carácter del mineral. Esto indicaría que la circulación de las soluciones que contienen mineral fue tan compleja debajo, como encima de los mantos impermeables. Este hecho podría confirmar cualquiera de las hipótesis, bien sea que el mineral bajó (depositado por aguas meteóricas), o que ascendió (depositado por soluciones magmáticas). Pero esta observación es importante en cuanto demuestra que ambas hipótesis son posibles.

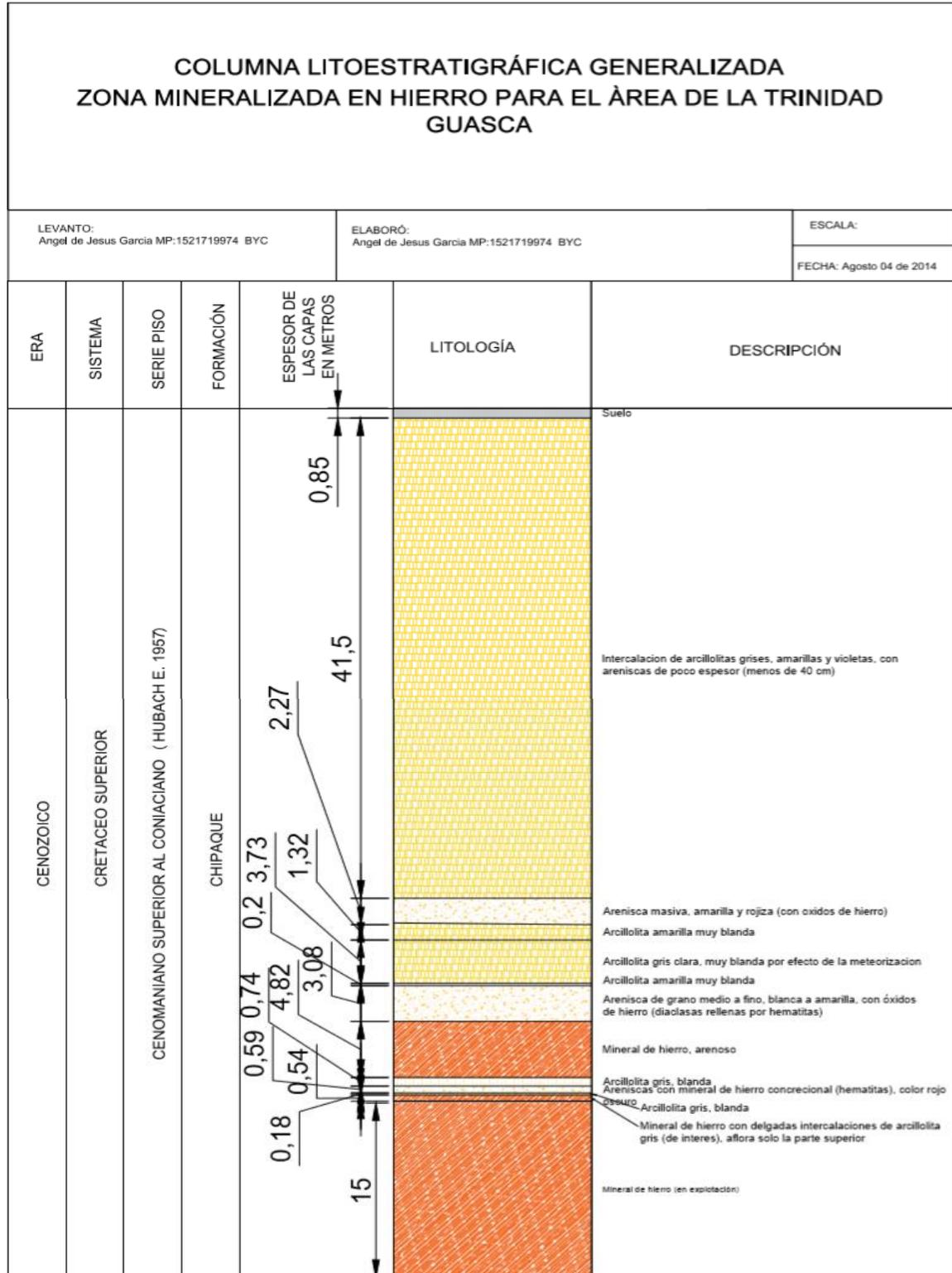
La hematita muestra un poder de sustitución que parece demasiado fuerte por aguas meteóricas circulantes. Este hecho se observa en los cortes delgados del mineral cuarzoso. Se ve que el mineral no solamente se filtró alrededor de los granos dendríticos de cuarzo y reemplazó la matriz de la roca, sino que la hematita ha corroído y reemplazado muchos de los granos de cuarzo. Este hecho es especialmente obvio de los granos de cuarzo del mineral, con granos dendríticos comunes de las areniscas que no están mineralizadas”.

Indudablemente, el poder de sustitución de las soluciones ferruginosas es la principal razón que se puede aducir a favor del origen hidrotermal del yacimiento. No obstante, se cree que no es necesaria tal acción para explicar la corrosión del cuarzo, pues las soluciones meteóricas ferruginosas son capaces de atacarlo dentro de las condiciones normales de temperatura y presión. A este respecto es interesante anotar que Van-Hise en su libro “A Treatise on Metamorphism” – US Geological Survey – Paper XLVII, al referirse a la acción de aguas meteóricas, dice en la página 220 que “El cuarzo puede ser totalmente reemplazado por otros minerales tales como magnetita y hematita... “Las condiciones más favorables para la solución de la sílice se encuentran en la zona de meteorización” F.W. Clarke en “the Data of Geochemistry” – United States Geological Survey – Bull. 770 cita ejemplos de corrosión del cuarzo por aguas meteóricas (P.T.O - Mina Pericos, 2014).

3.2.2.5. Columna Estratigráfica Local del Yacimiento.

Con base en dos puntos de perforación en el área de la mina de hierro pericos, el primer pozo de perforación se localizó en la parte sur del yacimiento y el segundo pozo en la bocamina, se realizó una columna litoestratigráfica generalizada con un espesor total de 74,82 metros (Figura 3.5), en la cual se observa que a partir de los 52,95 metros de profundidad se empieza a observar mineral de hierro arenoso intercalado con arcillolitas grises blandas, para terminar en el banco de hierro a explotar que cuenta con un espesor de 15 metros aproximadamente.

Figura 3.5. Columna Litoestratigráfica Generalizada



Fuente: (P.T.O - Mina Pericos, 2014)

3.2.3. Fases y Actividades del Proyecto.

El proyecto minero pericos consta de cuatro fases: preparación, construcción y montaje), explotación, cierre y postcierre, las cuales se describen a continuación. Es importante mencionar que este banco de hierro ya ha sido explotado con anterioridad por el IFI y por el señor benjamín Gómez Santos por lo cual en la fase de preparación para efectos de la presente explotación solo se realizarán actividades de mantenimiento, readecuación y construcción de algunas estructuras faltantes.

- 1. Preparación:** estas labores consisten en el acondicionamiento del frente minero y en la instalación de obras, servicios, equipos y maquinaria fija, necesarios para iniciar y adelantarlas siguientes fases, estas labores ya fueron realizadas por la antigua explotación por lo cual para el presente proyecto se realizará remoción de vegetación, especialmente plantas herbáceas, excavación para construcción de algunas obras en concreto y mantenimiento de infraestructura y de vías existentes, también requerirá la adecuación de un centro de acopio temporal, así como la construcción de un polvorín para el almacenamiento de explosivos, este se realizara acorde a lo establecido en el decreto 1886 del 21 de septiembre de 2015 “Por el cual se establece el Reglamento de Seguridad en las Labores Mineras Subterráneas”.
- 2. Explotación:** En esta fase se realiza la extracción y obtención del mineral de hierro mediante el método de explotación por cámaras y pilares (Mina de Hierro Pericos, 2015). El método de explotación por cámaras consiste en preparar un bloque de diferentes dimensiones, para posteriormente avanzar o extraer mineral generando un frente de arranque; y para estabilizar o soportar el techo y/o piso se deja como sostenimiento natural mineral que constituyen los pilares, pilares rectangulares o machones (P.T.O - Mina Pericos, 2014).
- 3. Cierre, desmantelamiento y abandono:** Significa el cierre de las operaciones mineras, y recuperación ambiental postminero, teniendo en cuenta las condiciones iniciales encontradas y descritas en la caracterización inicial del área de estudio. Se realiza la formulación de medidas de mitigación, restauración, control y compensación ambiental para el área afectada por la implementación del proyecto minero programado (P.T.O - Mina Pericos, 2014).
- 4. Postcierre:** Esta fase consiste en realizar el mantenimiento, monitoreo, manejo de contingencias, verificación y documentación con el objetivo de comprobar la efectividad y eficiencia del plan de cierre ejecutado.

En la Tabla 3.5 se relacionan los tiempos de duración de cada una de las fases mencionadas teniendo en cuenta el tiempo en el cual la mina ya ha sido operada.

Tabla 3.5 Etapas del proyecto

Etapas	Duración
Preparación	1 año
Explotación	9 años
Cierre, desmantelamiento y abandono (Recuperación)	4 años
Postcierre	4 años

Fuente: (Mina de Hierro Pericos, 2015) - Autores

De acuerdo a las fases anteriormente mencionadas se definieron las actividades que se describen en la Tabla 3.6:

Tabla 3.6 Descripción de las actividades del proyecto

Nº	Etapa	Actividad	Definición
1	Preparación, construcción y montaje	Remoción de material vegetal	Se removerá la capa vegetal para la construcción de los centros de acopio temporales, mejoramiento de vías y el polvorín, esta actividad se realizara con retroexcavadora o de manera manual en el caso que lo amerite
2		Excavación	Consiste en remover las capas del suelo para la instalación de la infraestructura del polvorín y los centros de acopio temporales del material estéril. Esta actividad se realiza posterior a la remoción de vegetación y se llevara a cabo con una retroexcavadora.
3		Construcción del polvorín	El polvorín, se construirá acorde a las normas técnicas y de seguridad establecidas por el departamento de control y comercio de armas, municiones y explosivos del comando general de las fuerzas militares, el cual será una estructura permanente en concreto con ventilación resistente a proyectiles y fuego, y puertas de madera cubiertas con láminas de acero. Este se ubicara mínimo a 100 m de la bocamina.
4		Adecuación de centros temporales de acopio para estériles	Se dispondrá de una zona temporal cerca a la bocamina donde antiguamente se realizaba explotación, con el objetivo de almacenar temporalmente el material estéril hasta que este se disponga en el llenado de los túneles. Este material se generará en la etapa de arranque y beneficio del mineral. Para su adecuación se requerirán cunetas en concreto, las cuales permitan la evacuación de aguas lluvias. En cuanto a su diseño será necesario tener en cuenta el volumen de material sobrante que se dispondrá en estas zonas, al igual que estudios geológicos y edafológicos. Su transporte se realizará a través de vagonetas.

Nº	Etapa	Actividad	Definición
6		Instalación de ventilación	La ventilación se efectuará por medio natural donde se analiza que el aire entra por el túnel principal y sale por un tambor de ventilación alterno. En las ocasiones en las que sea necesario ingresar maquinaria que requiere de mucha ventilación se implementará un extractor en el tambor principal que formará un sistema de ventilación aspirante. Para este caso en la mina contará con un sistema de ventilación forzado, impulsado por un ventilador centrifugo que conduce el aire desde la entrada principal hasta el cruce de las primeras sobreguías por tubería de 12” por donde se distribuirá, el aire discurre de forma continua a lo largo de las cámaras.
7		Adecuación de centros temporales de acopio para residuos peligrosos	Para la construcción del centro de acopio de residuos peligrosos se tendrá en cuenta el Decreto 4748 de 2005 y la guía ambiental de transporte y almacenamiento de residuos peligrosos. Este tendrá como características: suelo de concreto, muros cortafuegos, techo en materiales no combustibles, drenajes y ventilación.
8		Pintura de infraestructura de interiores y exteriores	Teniendo en cuenta que ya existe infraestructura en el área del proyecto instalada en las actividades mineras anteriores, se realizara pintura de interiores y exteriores, como oficinas, depósitos, áreas sanitarias, sociales y depósitos de almacenamiento.
9		Mantenimiento de vías	En labores de adecuación de zonas de vías, se requiere realizar actividades de mantenimiento tales como: retiro de escombros, protección de taludes para impedir la erosión por medio de la siembra de prado, reparación de baches, mantenimiento de cunetas y conservación de la corona. Adicional a esto, se realizará un riego en las vías, con el objetivo de controlar el material particulado generado por el paso de maquinaria y volquetas durante toda la operación del proyecto. Todo esto

Nº	Etapa	Actividad	Definición
10		Instalación de señalización	<p>teniendo en consideración que las vías existentes en la mina son de tipo terciaria con un ancho de zona de 12 metros.</p> <p>Se instalará señalización en toda el área del proyecto por medio de excavación en el suelo a una profundidad de 50 a 60 cm y para garantizar la durabilidad de las señales en cada punto determinado se usará concreto. La señalización debe ser visible en todos los lugares previos a la explotación y que presenten peligro o riesgo para las personas y los equipos, contribuyendo así a la seguridad e información. Los siguientes lugares se deben tener en cuenta como medidas de prevención: - Los centros de acopio para el manejo y disposición (estéril y mineral de hierro). - Los centros de acopio de residuos sólidos. - Almacenamiento de combustibles y aceites. - En la entrada de la trituradora y polvorín. - Señalización vial, con letreros de velocidad máxima.</p>
11		Mantenimiento de obras hidráulicas	<p>Esta actividad se realizará durante todo el proyecto, pues consiste en realizar un mantenimiento periódico de todas las obras hidráulicas existentes en la mina: cunetas, suelo cemento, canales con disipadores y desarenadores, con el objetivo de mantener su óptimo funcionamiento. Después del cierre de la mina, se seguirá realizando un mantenimiento periódico de estas obras.</p>
12	Explotación	Perforación y voladura	<p>El arranque se llevará a cabo por método de perforación y voladuras con explosivos Indugel y Anfo. La perforación consta de hacer un diseño de taludes interno para realizar la perforación de manera accesible, teniendo en cuenta el diseño de la malla de perforación, se hará una detonación en la parte superior del túnel y posteriormente en la parte inferior del túnel. Dentro de esta actividad se tendrá en cuenta la construcción y ampliación del túnel principal de acceso, con base en el túnel y tambores existentes, esto con el fin de evacuar posteriormente el mineral.</p>

Nº	Etapa	Actividad	Definición
13		Cargue del mineral	Consiste en el traslado de material explotado desde el frente de extracción (material estéril y mineral de hierro) hasta su respectivo centro de acopio o planta de beneficio (trituradora). El sistema de cargue se hará directamente en el frente donde se ha efectuado la voladura con ayuda de cargadores de baja capacidad, pero con gran eficiencia.
14		Trituración del mineral	La trituración consiste en la separación y en reducción de los materiales, separando las cantidades relativamente pequeñas de metal del material no metálico. En este proceso se reduce el material obtenido entre los tamaños de entrada de un metro a un centímetro (0,01m), diferenciándose en trituración primaria (de 1 m a 10 cm) y trituración secundaria (de 10 cm a 1 cm). Para esta actividad, se instalará la trituradora junto a la vía interna que comunica las zonas administrativas con el sitio de acceso a los túneles. El equipo que se empleará para esta actividad es una (1) trituradora de mandíbulas PEV500X750 con capacidad de 45 – 105 Ton/h. Una vez transformado el mineral será entregado al vehículo de transporte.
15		Transporte externo	Esta actividad consiste en el traslado del material triturado mediante vagonetas con capacidad de 2 toneladas o volquetas doble troque hacia los centros de acopio temporales del mineral
16		Disposición y almacenamiento del mineral de hierro	Este consiste en un espacio determinado para el acopio del mineral, el cual contará con una instalación de báscula, con el fin de tener la cantidad de mineral de hierro a comercializar. Este almacenamiento obedecerá a necesidades económicas y técnicas, ya que cuando la producción es mayor que la demanda, este depósito almacenará por largos periodos de tiempo el mineral, hasta que el mercado se encuentre en equilibrio y los volúmenes almacenados puedan ser comercializados.

Nº	Etapa	Actividad	Definición
17	Cierre	Reconformación de túneles de explotación	Actividad que se desarrolla durante todo el proyecto, y consiste en que las excavaciones realizadas serán rellenadas mediante dos métodos: el primero conlleva un derrumbe de la roca por si sola o por extracción del material (definido para grandes excavaciones); y el segundo método conlleva en la reutilización del material estéril proveniente de la mina para su relleno.
18		Redefinición y estabilización en centros de acopio	Teniendo en cuenta que para esta epata estos centros ya no estarán funcionando, se retirarán columnas, polisombras y cunetas utilizadas en el manejo de aguas de escorrentía y se realizara relleno de la zona con arenas.
19		Desmante de obras de concreto	Esta actividad consiste en realizar desmantelamientos de la infraestructura existente, la cual, al finalizar la vida útil del proyecto, pierde su utilidad y funcionalidad. Dicha estructura hace referencia al polvorín, zonas de acopio de aceites y residuos peligrosos, taller de mantenimiento de maquinaria y cunetas de centros de acopio.
20		Cierre y desmante de vías	Se cerrarán todas aquellas vías que no serán utilizadas durante la etapa de postcierre, las vías que queden en uso se readecuarán realizando un levantamiento de las primeras capas de suelo para los procesos de recuperación y de revegetalización. Las vías que se dejen de uso, serán señalizadas indicando las características del área de cierre en el que se encuentran, tipo de zona y las condiciones topográficas del lugar.
21		Revegetalización	En la actividad de recuperación paisajística esta estará dada por la revegetalización de la zona a través de cinco especies: chilco, encenillo, arrayan, mortiño y laurel. Estas se sembrarán con una apertura de hoyo de 0,4x0,4x0,5 m de profundidad, y estará acorde con el tamaño del árbol

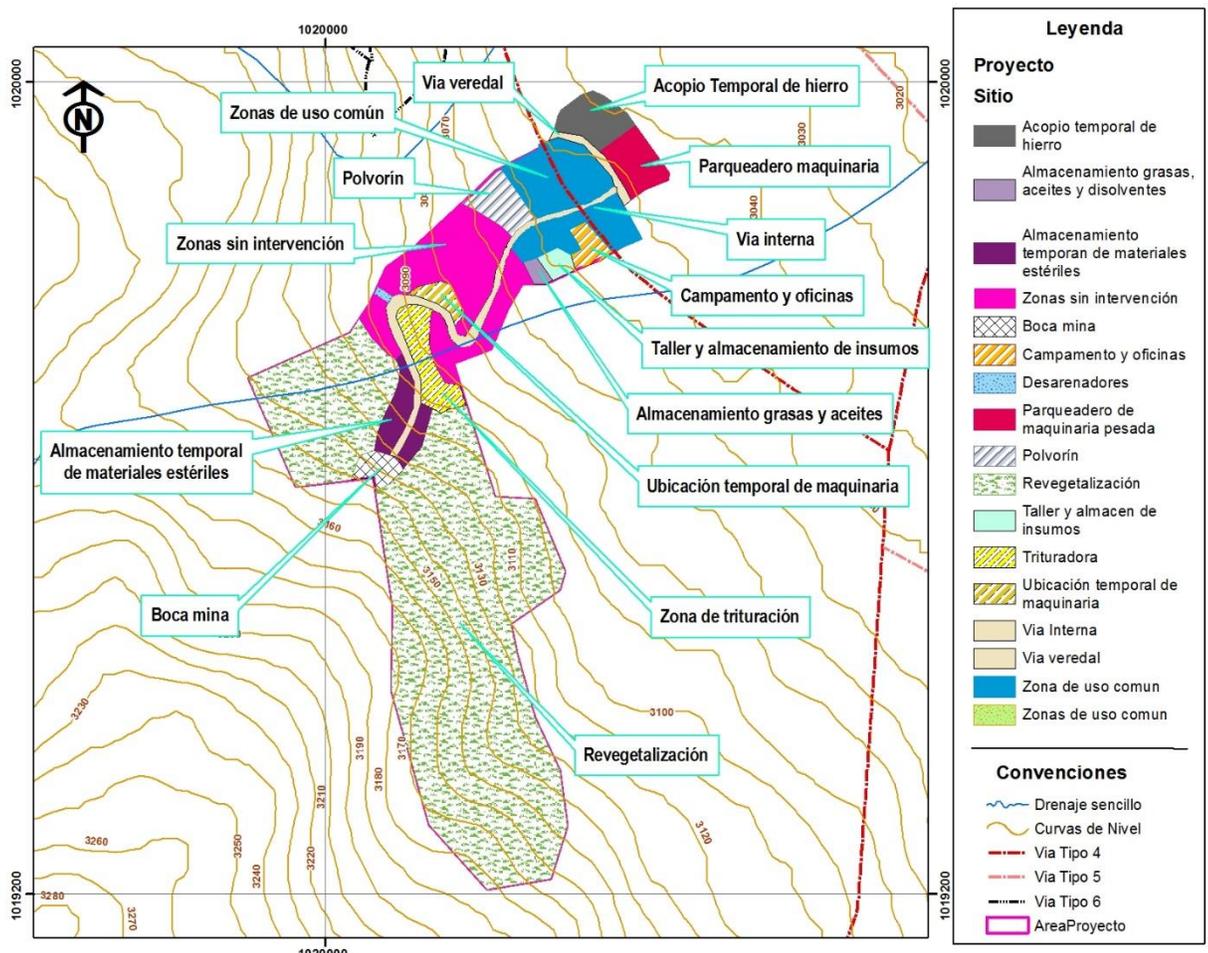
Nº	Etapa	Actividad	Definición
			a sembrar. Su plantación se realizará con el método tresbolillo, a una distancia aproximada de 2 m entre individuos, y entre líneas de 1,7 m, dependiendo de la localización de las banquetas y la pendiente del terreno.
22		Instalación de señalización de zonas de riesgo	El proceso de abandono y cierre de áreas de explotación debe ir acompañado de un sistema de señalización de las zonas intervenidas, según sea el tipo de riesgo o el grado de vulnerabilidad de la población. La señalización será preventiva, informativa, de evacuación, de obligación, de prohibición y de socorro; todas estas señales serán inspeccionadas periódicamente y sometidas a labores de mantenimiento como limpieza, pintura, reparación, reubicación o reemplazo.
23	Post-cierre	Monitoreo y mantenimiento de taludes	Se realizara de manera periódica un monitoreo y mantenimiento de los taludes, cuando se amerite, mediante la observación en el área de la mina con el fin de evitar posibles derrumbes, grietas en la corona o fallas en las terrazas, así como de procesos erosivos
24		Monitoreo a cuerpos de agua	Esta actividad será realizada por la empresa PROICSA INGENIERIA S.A.S, la cual consiste en ejecutar un monitoreo periódico de la calidad del agua en los cuerpos de agua, que fueron afectado en la actividad de explotación de hierro.
25		Monitoreo de la revegetalización de la etapa de cierre	Se realizará un monitoreo periódico del estado de la vegetación plantada durante la etapa de cierre y abandono, la cual estará dada en observar si los árboles utilizados se han adaptado al suelo y han seguido en su etapa de crecimiento y de población.

Fuente: Autores

3.3. Diseño del Proyecto

Se presenta la Figura 3.7 con la distribución de áreas donde se desarrolla los trabajos y obras de explotación, así como las obras de beneficio, transporte interno y servicios de apoyo teniendo en cuenta la clasificación de áreas que se relacionan a continuación:

Figura 3.6 Diseño del proyecto



Fuente: Autores

Áreas de Explotación: Esta área está ubicada al centro, donde se observan taludes altos y verticales donde aflora la arenisca ferrífera, está conformada por la parte expuesta en la antigua explotación realizada a cielo abierto y la explotación subterránea donde existen dos túneles en dirección del Buzamiento, ubicados en las siguientes coordenadas:

Tabla 3.7 Coordenadas Boca Mina (B.M.) y Boca Viento (B.V).

BM	Norte	Este	Cota (m s.n.m)
B.M.	1.019.660,9023	1.020.073,9900	3082
B.V.	1.019.649,1228	1.020.071.7003	3072

Fuente: (P.T.O - Mina Pericos, 2014)

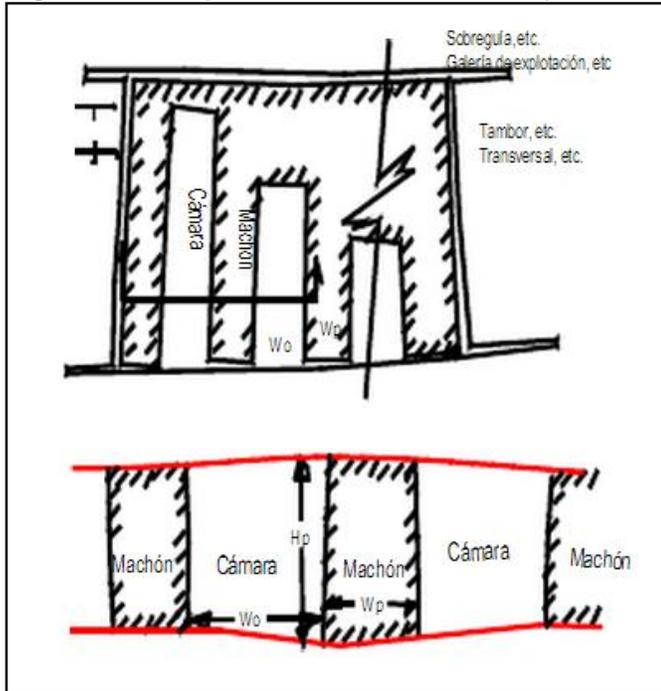
Áreas de beneficio y transformación de minerales: En la parte superior de la vía de acceso al frente de explotación se ubica una trituradora, la cual se utiliza para beneficio del mineral, en donde al salir de esta operación unitaria será directamente entregado al vehículo de transporte.

Instalaciones de soporte minero: Teniendo en cuenta que el señor Benjamín Gómez dejó algunas instalaciones en pie de la minería a cielo abierto, se realizará mantenimiento preventivo a las obras civiles existentes, como revisiones de pisos y elementos sanitarios, así como pintura de interiores y exteriores. Se acondicionará la vivienda actual para instalar oficinas, zona de comedor, baños para el personal, la presencia de un contenedor y un taller para las reparaciones de equipos y maquinaria. La mina cuenta con una vía de acceso sin pavimentar que va desde el área plana, las instalaciones, y sube hasta el área de explotación donde, de forma paralela al afloramiento del depósito, se rehabilito una vía paralela, en total la longitud aproximadamente de 600 metros. Así mismo se realizara la construcción del polvorín para el almacenamiento de explosivos, su construcción se realizara acorde a lo establecido en los Decretos 302 de 1983 y 1886 del 21 de septiembre de 2015, donde se establece el reglamento nacional para manejo de explosivos y el reglamento de seguridad para labores mineras subterráneas. El polvorín se ubicará a una distancia de 100 metros de la bocamina, será una estructura permanente en concreto con ventilación resistente a proyectiles y fuego, y puertas de madera cubiertas con láminas de acero.

Diseño y planteamiento de la explotación

En la mina de hierro Pericos se utiliza un método de explotación por cámaras, que lo constituyen un frente de arranque llamado cámara y el sostenimiento natural en mineral, denominado pilares rectangulares o machones (Figura 3.7). Dentro de estas actividades de extracción del mineral se establecen las fases y actividades de acceso, preparación, explotación y otras labores auxiliares, las cuales se describen a continuación.

Figura 3.7 Esquema del método de explotación por cámaras



Fuente: Mina Pericos

Labores mineras de acceso

Túnel Principal de Acceso: Coordenadas Norte: 101966.9023 Este: 1020073.9900. Este túnel tiene una dirección de N 79° W con una longitud de 56,4 m actualmente, el objetivo es a partir de este túnel planificar la construcción de un túnel principal de evacuación de mineral; para este se replantea la dirección del túnel con una dirección de E W y darle una longitud adicional de 85 m teniendo así un túnel principal de 141.73 m para la posterior construcción de los niveles principales. El túnel tendrá una dimensión en forma rectangular con 12 m de ancho y 14 m de altura.

Labores de preparación

Es el conjunto de todas las obras mineras que sirven para dividir el yacimiento para su explotación y constituyen el primer punto de ataque, como son los cañones principales, contrapozos de nivel a nivel, etc. Además, se incluyen dentro de este concepto todas las labores necesarias antes de comenzar el tumbé sistemático, tales como: cruceros de extracción, contrapozo, subniveles, chorreaderos, etc. Constituyen propiamente la preparación definitiva para comenzar la explotación. No resulta siempre posible establecer un límite concreto entre labores de exploración, desarrollo y preparación; existen “transiciones”. Un pozo que sirve al principio para la investigación del yacimiento puede emplearse posteriormente para la extracción, es decir, una obra de exploración sirve como labor de desarrollo.

NIVELES: A medida que el túnel principal se esté avanzando en el buzamiento del manto de hierro para que se pueda proyectar la preparación para ventilación natural en su primera etapa de construcción. Se llevará a cabo la construcción de niveles principales, y cada nivel sería uno principal de transporte el cual recibe el material explotado de la parte superior de las cámaras, estos niveles manejarán las mismas dimensiones de cámaras y pilares calculadas.

TAMBORES: Los tambores de preparación se planifican con un área la cual es dada por el frente en hierro y que cumplan con normas mínimas de seguridad minera, sin embargo, estas tendrán aproximadamente 168 m² lo cual es un área muy cómoda para trabajos bajo tierra.

Labores de explotación

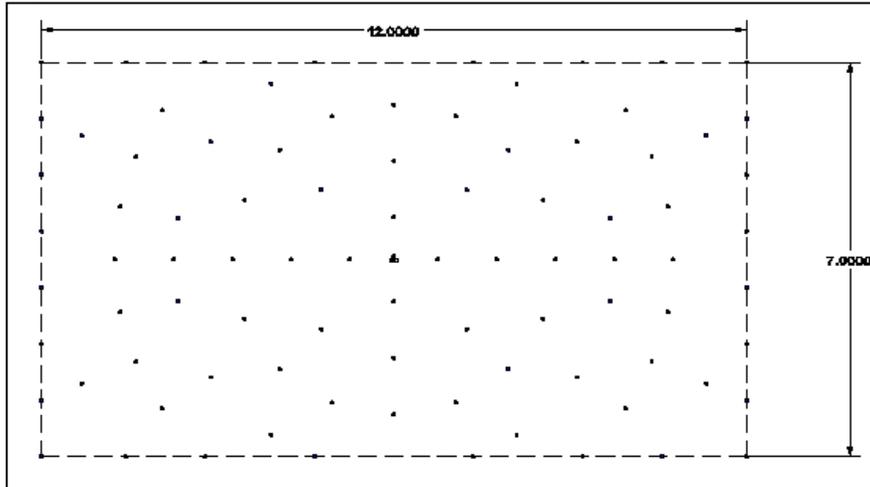
Son los métodos de explotación más utilizados en todo tipo de minería y para casi todas las mineralizaciones que constituyan yacimientos explotables bajo tierra. Es un método de explotación donde desarrolla y prepara un bloque de diferentes dimensiones, para posteriormente avanzar o extraer mineral generando un frente de arranque denominado cámara y para estabilizar o soportar el techo y/o piso se deja como sostenimiento natural mineral que constituyen los pilares, pilares rectangulares o machones. Este método lo constituyen la explotación por cámaras o la explotación por pilares.

Labores mineras Auxiliares

Iluminación: Se manejarán dos tipos de iluminación, la primera y más importante sería la iluminación individual de seguridad la cual es manejada por cada persona que entra a las instalaciones de la mina. La segunda será la iluminación interna a lo largo de las labores subterráneas esta será con lámparas de seguridad especiales para minería subterránea.

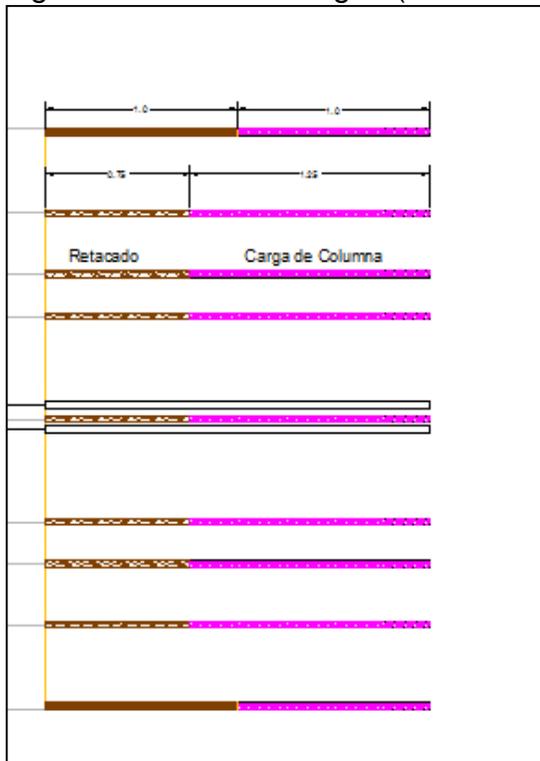
Arranque: El arranque se llevará a cabo por método de perforación y voladura el cual consta de hacer un diseño de taludes interno para realizar la perforación de manera accesible, haciendo una detonación en la parte superior del túnel y posteriormente en la parte inferior del túnel, para este sistema son necesarios diseños de voladura cuyos parámetros se describen en las Figuras 3.9 y 3.10 y Tabla 3.8.

Figura 3.8 Diseño de malla de perforación (en metros)



Fuente: (Mina de Hierro Pericos, 2015)

Figura 3.9 Perfil de Cargue (en metros)



Fuente: (Mina de Hierro Pericos, 2015)

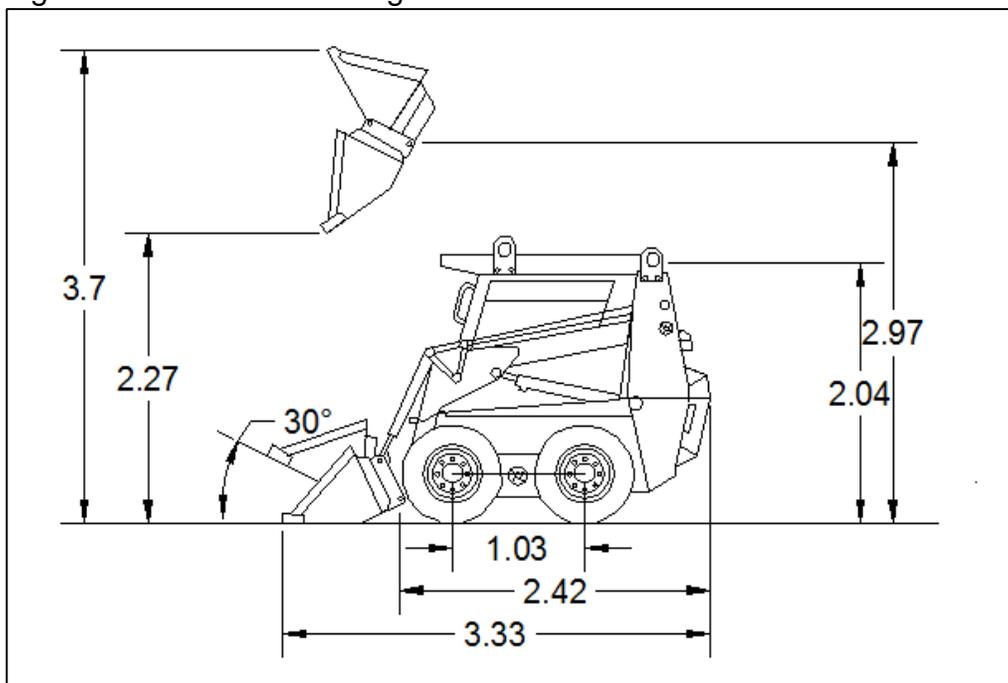
Tabla 3.8 Parámetros para diseño de voladura

Variables de Entrada	
L(m) =	2,2
La (m) =	2,11
D (ton/m³)=	2,4
diámetro(mm)	26,0
densidad explosivo(kg/m³)	1200

Fuente: (Mina de Hierro Pericos, 2015)

Cargue: Este se realizará directamente en el frente de explotación, con cargadores de baja capacidad (Figura 3.11).

Figura 3.10 Sistema de cargue en el frente

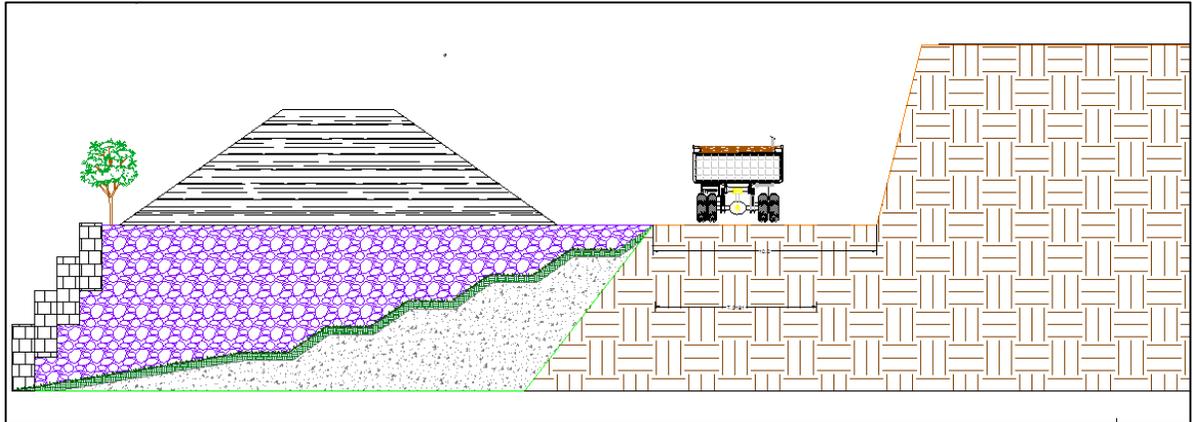


Fuente: (Mina de Hierro Pericos, 2015)

Transporte: Para el transporte del mineral se utilizarán vagonetas con capacidad de 1 m³ de mineral de hierro o realizando la conversión serian 2 toneladas la cual será evacuada con ayuda de malacate en el nivel patio el cual hala con una guaya calculada que resista el peso completo de las vagonetas diseñadas, este transporte se lleva a cabo en carrileras de riel de Cuville de 23 lb / yarda. En cuanto al transporte externo se planifica la adecuación de un acopio provisional para llevar a

cabo el cargue de volquetas doble troque y sea posible la evacuación del mineral (Figura 3.11).

Figura 3.11 Adecuación de acopio para mineral de hierro y evacuación del mismo



Fuente: (Mina de Hierro Pericos, 2015)

Rendimiento: Índice promedio de trabajo, producción en toneladas o el avance de explotación en metros sobre el tiempo, comparando con otra unidad. Se deben tener en cuenta los siguientes rendimientos en la explotación:

$$\text{Rendimiento picador} = Ra \left(\frac{\text{Ton.}}{\text{N.H.T}} \right) = \frac{\text{Toneladas picadas o arrancadas}}{\text{Numero de picadores turno}}$$

$$\text{Rendimiento Picador} = \frac{\text{Ton}}{\text{N.H.T}} = \frac{583 \text{ ton}}{6} = 97,2$$

$$\text{Rendimiento Tajo} = Rt \left(\frac{\text{Ton.}}{\text{N.H.T}} \right) = \frac{\text{Toneladas picadas o arrancadas}}{\text{Numero de hombres turno (picadores + todo personal del tajo)}}$$

$$\text{Rendimiento Tajo o Frente} = \frac{\text{Ton}}{\text{N.H.T}} = \frac{583 \text{ ton}}{9} = 64,7$$

$$\text{Rend. explotación} = Re \left(\frac{\text{Ton.}}{\text{N.H.T}} \right) = \frac{\text{Toneladas picadas o arrancadas}}{\text{N.H.T (picadores + todo personal del tajo + operarios tolva etc)}}$$

$$\text{Rendimiento Explotacion} = Re = \frac{583 \text{ ton}}{11} = 53$$

$$\text{Rend. Bajo Tierra} = Rbt = \frac{\text{Toneladas (del frente de explotación + del desarrollo + de la preparación + etc)}}{\text{N.H.T (todo personal bajo tierra)}}$$

$$\text{Rendimiento Bajo tierra} = R_{bt} = \frac{1172 \text{ ton}}{9} = 130.2$$

$$\text{Rendimiento Mina} = R_M = \frac{\text{Toneladas (del frente de explotación + del desarrollo + de la preparación + etc)}}{N.H.T \text{ (todo personal bajo tierra y de superficie)}}$$

$$\text{Rendimiento Bajo tierra} = R.M = \frac{1172 \text{ ton}}{11} = 106.5$$

$$\text{Inversión turno} = It = \frac{\text{Hombres turno necesarios}}{\text{Para extraer 100 Ton.}}$$

$$\text{Rendimiento Bajo tierra} = It = \frac{583 \text{ ton}}{11} = 1,88$$

Es posible que además de estos rendimientos se requieran de otros para mejor administración de la explotación.

Equipos y maquinaria a utilizar:

- Buldócer Komatsu D155 modelo 1980
- Retroexcavadora Caterpillar B225 modelo 1982
- Cargador Caterpillar 955 modelo 1986
- Volquete doble troque marca Chevrolet
- Vehículo Liviano tipo campero para transporte de personal

3.3.1.1. Construcción y Montaje.

Instalación de soporte minero

Instalaciones mineras - instalaciones auxiliares: La explotación de hierro comenzó con el instituto de fomento industrial IFI, el cual realizó algunas las labores de construcción y montaje, después el señor Benjamín Gómez Santos realiza explotación de hierro a cielo abierto, adecuando más zonas de estas, por tal motivo para la explotación de hierro subterránea, no se requiere de nuevas áreas para instalaciones mineras.

Infraestructura de transporte

La mina al ya contar con infraestructura de transporte, no se hace necesario tener nuevos corredores de acceso. En cuanto a los corredores de acceso existente, estos necesitan de mantenimiento y mejoramiento, los cuales se realizará de manera periódica. Las vías existentes en el área de influencia se pueden observar en la Figura 3.3 al igual que en su registro fotográfico. Y en cuanto a su estado actual, estas se pueden observar en la Tabla 3.9.

Beneficio y Transformación de Minerales

Una vez extraído el mineral de hierro junto al material inerte de la mina, es conducido por medio de volquetas al centro de acopio temporal del mineral. De allí es llevado por medio de volquetas a la trituradora. La trituración del material implica solo una transformación física de la materia sin alterar su naturaleza, este proceso reduce materiales cuyos tamaños de entrada se encuentran entre 1 – 0,1 m. En la mina se realizará trituración primaria: reducción a material de tamaño original de 1 m – 10 cm y trituración secundaria: reducción a material de tamaño original de 10 cm – 1 cm. El equipo que se empleará para esta actividad es una (1) trituradora de mandíbulas PEV500X750 con capacidad de 45 – 105 Ton/h.

El material sobrante y el mineral de hierro serán almacenados temporalmente en centros de acopio independientes ubicados dentro del área de operación de la mina. El transporte interno se planifica sacar por diez (10) vagonetas con capacidad de 1 m³ de mineral de hierro o realizando la conversión serian 2 toneladas la cual será evacuada con ayuda de malacate eléctrico DUSTERLOWH 70 HP en el nivel patio el cual hala con una guaya calculada que resista el peso completo de las vagonetas diseñadas. Este transporte se lleva a cabo en carrileras de riel de Cuville de 23 lb / yarda.

Una vez se ha almacenado un volumen considerable de mineral de hierro, este es transportado al centro de acopio temporal del material localizado en el municipio de Guasca, en la sección baja de la vereda Salitre, a aproximadamente 8,3 Km de la mina, en las coordenadas origen Bogotá: 1024587,394 N 1016224,119 E. Para el transporte externo del mineral de hierro triturado al centro de acopio para venta se utilizará un (1) cargador frontal Caterpillar 930K y tres (3) volquetas doble troque de 12 m³ de capacidad. En la Figura 3.13 se encuentra una fotografía del actual centro de acopio.

Figura 3.12 Centro de acopio temporal de mineral de hierro para venta



Fuente: (Mina de Hierro Pericos, 2015)

A continuación, se caracteriza el estado de la vía del recorrido desde la mina hasta el centro de acopio. En el Anexo – Descripción del Proyecto 3.A encuentra el registro fotográfico de la caracterización mencionada.

Tabla 3.9 Estado vías desde la mina hasta el centro de acopio

Distancia	Descripción de la vía
Km 0	Cruce Salitre. Vía veredal destapada de ancho de 5,5 m.
Km 0 + 400 m	Centro de acopio. Vía veredal destapada de ancho de 5,5 m.
Km 0 + 700 m	Alcantarilla tapada. Vía veredal destapada de ancho de 3,8 m.
Km 1 + 200 m	Cruce Hotel Hacienda Betania. Vía veredal destapada de ancho de 4 m.
Km 2 + 700 m	Se requiere alcantarilla. Vía veredal destapada de ancho de 4 m.
Km 3 + 200 m	Cruce Vereda La Trinidad – Sector Pueblo Viejo. Institución Educativa El Carmen. Vía veredal destapada de ancho de 4 m.
Km 3 + 350 m	Box coulvert artesanal de sección de 1,20 x 1,20 m. Institución Educativa El Carmen. Vía veredal destapada de ancho de 3,5 m.
Km 4 + 320 m	Muro de contención. Vía veredal destapada de ancho de 4 m.
Km 4 + 400 m	Alcantarilla de 6,4 m de ancho que requiere limpieza. Vía veredal destapada de ancho de 4 m.
Km 4 + 950 m	Muro de contención en gavión de 53 m de longitud. Vía veredal destapada de ancho de 4 m.
Km 5	Alcantarilla de 36” de novafort. Vía veredal destapada de ancho de 4 m.
Km 5 + 300 m	Alcantarilla que requiere limpieza. Vía veredal destapada de ancho de 4 m.
Km 5 + 480 m	Alcantarilla de 36” y 6 m de longitud que requiere limpieza. Vía veredal destapada de ancho de 4 m.

Distancia	Descripción de la vía
Km 6	Tanque de almacenamiento de agua 5,5 x 5,5, x 2,5 m
Km 6 + 50 m	Cruce de sección alta se sector pericos. Cruce de tubería de 24" y 6 m de longitud, sin estructura de concreto. Vía veredal destapada de ancho de 4 m.
Km 6 + 50 m	Box coulvert artesanal que requiere mantenimiento. Vía veredal destapada de ancho de 4 m.
Km 7	Cruce de placa huella
Km 7 + 300 m	Rocería de rétamo espinoso
Km 7 + 800 m	Cruce de tubería de 24" que requiere de mantenimiento. Acumulación de tierra
Km 8 + 180 m	Puente en viga de madera que requiere de monitoreo de estabilidad.
Km 8 + 300 m	Entrada a la mina

Fuente: (Mina de Hierro Pericos, 2015).

3.4. Insumos del Proyecto

Tabla 3.10 Insumos del proyecto

TIPO DE INSUMO	DESCRIPCIÓN
Materiales de construcción	La mina al ya contar con varias obras de adecuación, los materiales de construcción que serán utilizados en la explotación de hierro subterránea serán mínimos. Vías: Se realizará el mantenimiento de la única vía que existe de manera periódica, para este caso se necesitará en volumen aproximado de 50.000 m ³ de material, el cual será tomado de la compra de terceros. Polvorines: Se realizarán obras de polvorines destinados a almacenar pólvora y explosivos; estos serán ubicados tanto por seguridad y almacenamiento en cámaras bajo tierra aprovechando y mejorando las labores minerales que ya existen bajo tierra.

Tabla 3.11 Materiales de construcción del polvorín

Materiales de construcción del Polvorín

Nº de Cimientos de mampostería	6
Muros de concreto	Longitud máxima de 6 mts. Concreto: 9600 Kg/m ³
Pisos de cemento	Cemento: 12 bolsas
Techo cubiertos con lámina de asbesto o madera	Longitud máxima de 6 mts

TIPO DE INSUMO	DESCRIPCIÓN
	Puertas de madera cubiertas exteriormente con lamina de acero 2
	Ventilación 4 extractores

Fuente: (Minas Paz del Río, 2015)

Oficinas y zonas de administración: Se realizará mantenimiento a oficinas y zonas de administración con una periodicidad anual. En donde se utilizarán materiales como pintura y pisos, para el adecuado funcionamiento de estas áreas. Para ello, se tiene previsto utilizar 5 baldes de pintura, y para pisos tabletas de 20x20.

**Aceites,
grasas y
disolventes**

Los aceites y grasas que se presentan durante la actividad del proyecto son de maquinarias de transporte y de agentes de voladuras, en este último también se presentan los disolventes.

Tabla 3.12 Insumos para el mantenimiento de maquinaria

Mantenimiento de Maquinaria	
Aceites – Mantenimiento de las maquinarias	172 Kg/mes
Aceite hidráulico – Utilizado en los gatos y martillos hidráulicos de los equipos de perforación	170 Kg/mes
Grasas - Utilizado en la maquinaria	2 Kg/mes
Resina – Utilizado en el anclaje de los pernos de en la mina	480 Kg/mes
Desengrasante	0,3 Kg/mes

Fuente: (Minas Paz del Río, 2015)

Las maquinarias que son utilizadas durante el proyecto, periódicamente deben contar con un cambio de aceites y grasas, esto con el objetivo de realizar un mantenimiento de estas.

Cuando se presente el caso de que haya insumos sobrantes, estos serán manejados en zonas especialmente diseñadas para estos. Por ejemplo, para caso de grasas y aceites procedente de las maquinarias, estos se ubicarán en la zona de mantenimiento de maquinaria de transporte, en donde está ubicado una zona de acopio de los materiales sobrantes. Para los explosivos, como se mencionó anteriormente, se almacenarán en obras de polvorines, ubicados en cámaras bajo tierra.

TIPO DE INSUMO	DESCRIPCIÓN
Energía	<p>Iluminación: Se manejarán dos tipos de iluminación la primera y más importante sería la iluminación individual de seguridad la cual es manejada por cada persona que entra a las instalaciones de la mina. La segunda será la iluminación interna a lo largo de las labores subterráneas esta será con lámparas de seguridad especiales para minería subterránea.</p> <p>Para la instalación del alumbrado eléctrico bajo tierra, se parte de un transformador localizado en el nivel patio o cerca de las instalaciones el cual suministra un voltaje de 220/110 voltios, se deberán tener en cuenta algunas normas que reglamentan las instalaciones eléctricas encauchetadas bajo tierra como son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • En el interior de las lámparas, las venas de línea de conducción deben estar aisladas teniendo en cuenta la temperatura interna del recinto de conexión. • Las lámparas y sus accesorios deberán tener un aislamiento mínimo para 220 voltios. • Se deberá instalar las redes por medio de cables encartuchados para la alimentación de los ventiladores y los diferentes equipos a utilizar en la explotación minera. • Todas las lámparas (bombillos) deberán estar conectadas en serie y poseer desconexión automática en cualquier de ellas. • Estas lámparas se ubican cada 30m sobre un costado de la vía en los cruces con los inclinados y galerías. <p>En cuanto al suministro de energía para oficinas y zonas administrativas, esta será tomada de la red de tendido eléctrico público del municipio, el cual es operado por Empresas Públicas de Medellín E.S.P (EPM).</p> <p>Combustible: El combustible que será utilizado para las operaciones de las maquinarias será el ACPM.</p> <p>Explosivos: la generación de vibraciones que se presentara en la mina Pericos, a causa de los explosivos, se controlara mediante un comparador magnético de caras dispuesto en los machones o paredes de las vías que se estén avanzando con perforación y voladura con el objeto de determinar la magnitud de dichas ondas.</p> <p>Se aclara que por ser minería bajo tierra a medida que se profundicen las labores mineras los efectos nocivos en superficie serán mínimos.</p>

TIPO DE INSUMO	DESCRIPCIÓN
----------------	-------------

Explosivos Arranque: se llevará a cabo por método de perforación y voladura el cual consta de hacer un diseño de taludes interno para realizar la perforación de manera accesible, haciendo una detonación en la parte superior del túnel y posteriormente en la parte inferior del túnel, para este sistema son necesarios 2 diseños de voladuras que se muestran en las figuras 3.9 y 3.10 y en la tabla 3.8. En las Tablas 3.13 a 3.17 se muestran las especificaciones de la malla y los insumos a utilizar para la voladura.

Tabla 3.13 Dimensiones de la malla

Dimensiones de Excavación	
B =	12
A =	7
f =	0,86

Fuente: (Mina de Hierro Pericos, 2015)

Tabla 3.14 Descripción de los Barrenos

No	Tipo de Barreno	Cantidad	Longitud de la Cuña	Longitud Total
1	Cuñas	16	2,11	33,76
2	Pateros	8	2,11	16,88
3	Ayudantes	46	2,11	97,06
4	Techeros	8	2,11	16,88
5	Laterales	12	2,11	25,32
	Totales	90	10,55	189,9

Fuente: (Mina de Hierro Pericos, 2015)

Tabla 3.15 Calculo producción por voladura

Cálculos	
A excavación(m ²)	72,24
Lp(m)	53,2
ma(m)	2,112
R= La/L	0,96
Lp/ma	25,19
Volumen m ³	152,57
Toneladas	366,17
Producción mes	8.788,08

Fuente: (Mina de Hierro Pericos, 2015)

Tabla 3.16 Consumo de explosivos por voladura

Consumo de Explosivo					
	Cuña	Pater o	Ayudante	Techero	Laterale s
Con explo X barreno(Kg)	0,896	0,896	0,896	0,896	0,896
Con explo X voladura(Kg)	14,332	7,166	41,205	7,166	10,749
Consumo Total	80,618				

Fuente: (Mina de Hierro Pericos, 2015)

Tabla 3.17 Índices por explosivos

Tabla de Índices			
B/m	Lp/ma	kg explo/ton	Kg explo/ma
2			
1,25	89,91	0,2202	38,171

Fuente: (Mina de Hierro Pericos, 2015)

Para los agentes de voladuras, serán dos los que se utilizarán durante la actividad: Indugel y Anfo. La primera, es un hidrogel, compuesto por una solución acuosa saturada de NA, con una sensibilidad al detonar, pero al roce y al impacto es baja. La solución acuosa que presenta este explosivo, se encuentra formado por pequeñas gotas de disolución de NH_4NO_3 o de $NaNO_3$ en agua, que están rodeadas de una fina película de 10-4mm de aceite mineral (fase continua).

Tabla 3.18 Características técnicas del INDUGEL PLUS PM

Físicas	
Densidad del encartuchado	1,17 ± 0,03 g/cm ³
Resistencia a la humedad	Excelente
Diámetro Crítico	29mm
Balística	
Velocidad de detonación (*)	4.500 ± 500 m/s
Potencia relativa en volumen RBS	1,25
(*) Medido al aire sin confinar	(Diámetro 32mm)

Fuente: (INDUMIL, 2012)

En cuanto al explosivo Anfo, es un explosivo de orden terciario, constituido por NAFOS, la cual es una mezcla de nitrato de amonio/fuelóleo y un combustible procedente del petróleo, que se obtiene desde gasolina hasta aceite de motor, estas mezclas son muy seguras, económicas y de factible adquisición.

TIPO DE INSUMO	DESCRIPCIÓN
Tabla 3.19 Características técnicas del ANFO	
Físicas	
Densidad	0,85 ± 0,05 g/cm ³
Resistencia a la humedad	Ninguna
Diámetro Crítico	75mm
Balística	
Velocidad de detonación (*)	3.000 ± 300 m/s
Potencia absoluta en volumen	757 cal/cm ³
ABS (Teórico)	
Potencia absoluta en peso AWS (Teórico)	890 cal/g
(*) Medido en tubo de PVC de 43” iniciado con multiplicador Pentofex de 337,5g	

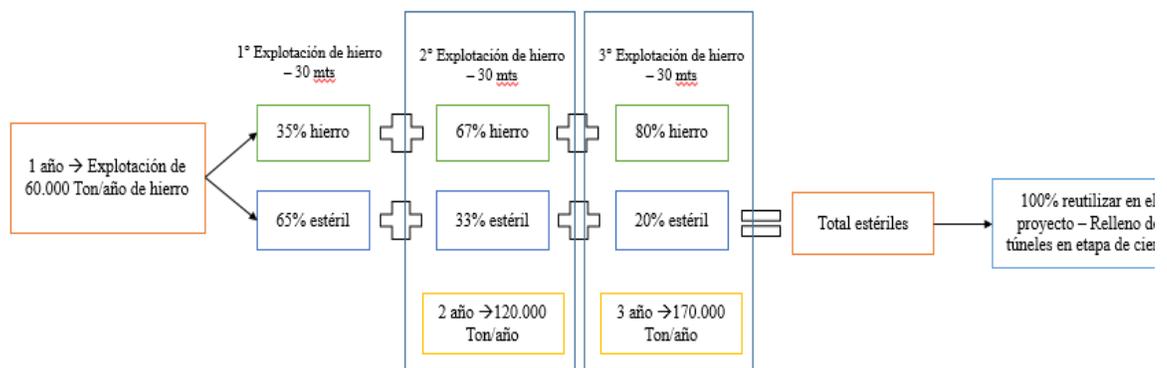
Fuente: (INDUMIL, 2012)

Material sobrante

La relación descapote-mineral en la primera etapa del proyecto (explotación de los primeros 30 mts) es de 35% mineral – 65% estéril, en la segunda etapa (explotación de los siguientes 30 m) la relación es 67% mineral – 33% descapote y en la última etapa (explotación de los siguientes 30 mst) la relación es de 80% mineral – 20% estéril, para esta última etapa se prevé tener mercado para la capa de shale blanco.

El material estéril anteriormente mencionado se reutilizará en un 100% dentro del proyecto en la etapa de cierre, en la actividad de relleno de túneles, para posteriormente el cierre definitivo de estos.

Figura 3.13 Balance del material sobrante



Fuente: Autores, (Mina de Hierro Pericos, 2015)

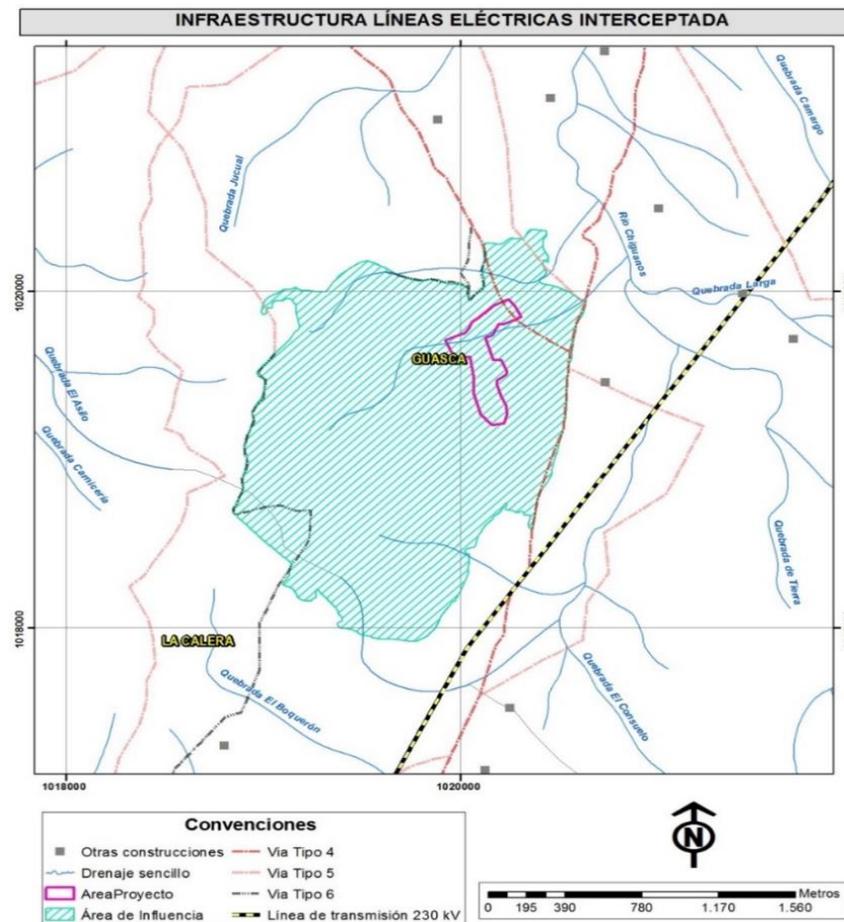
Fuente: Autores y (Mina de Hierro Pericos, 2015)

3.5. Infraestructura y Servicios Interceptados por el Proyecto

El proyecto no precisa realizar el traslado o reubicación de infraestructura existente, ya que el sitio donde se ha llevado a cabo el proceso de explotación superficial y subterránea desde un principio no ha tenido la presencia de algún tipo de infraestructura o redes de servicios que pudiesen afectarse por la ejecución de este.

La infraestructura que se encuentra aledaña al área de influencia del proyecto y como tal al área perteneciente al título minero, corresponde en primera instancia a la línea de Transmisión Nueva Esperanza, es una línea de 230 kV, operada por EPM (Empresas Públicas de Medellín E.S.P.), como se muestra en la Figura 3.14.

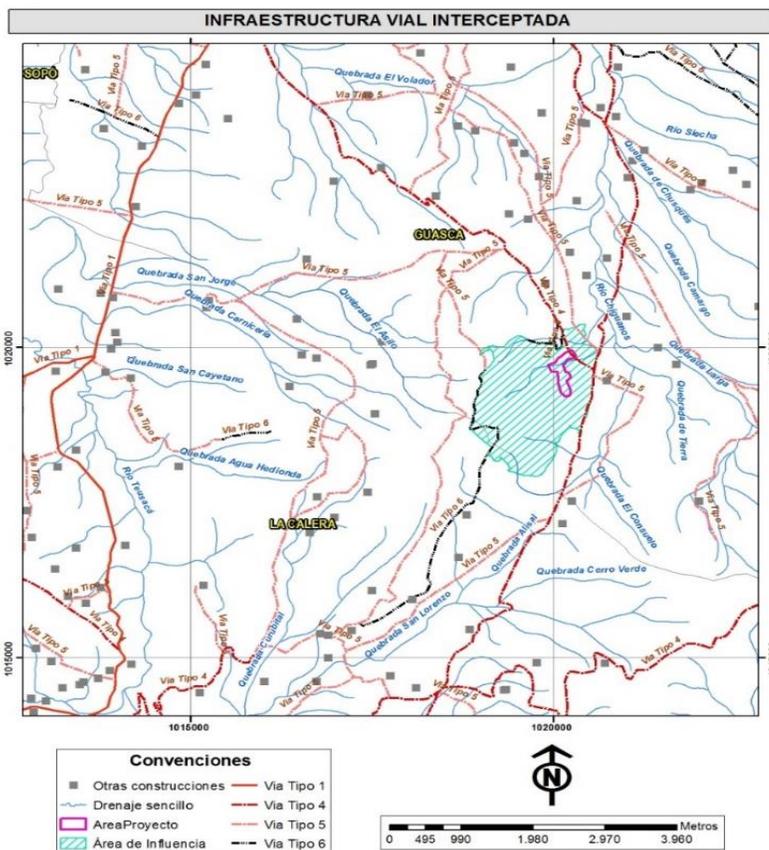
Figura 3.14 Infraestructura líneas eléctricas interceptada



Fuente: Autores

También se encuentran vías aledañas de tipo nacional y municipal, hacia el occidente del área del proyecto en línea recta aproximadamente a 8 kilómetros se encuentra la vía nacional considerada según la clasificación IGAC como una vía Tipo 1, pavimentada, transitable todo el año, es la carretera que conduce de Bogotá a Guasca y conecta los municipios de Briceño y Sopo. Adicionalmente a los alrededores del sector donde se ubica el proyecto se encuentran vías que conforman la red vial municipal, la vía más cercana al este de donde se localiza el proyecto corresponde a una vía tipo 5 según clasificación IGAC, la cual se caracteriza por no estar pavimentada y se limita su transitabilidad a épocas en tiempo seco. Mientras que la vía por donde se accede y conecta la cabecera municipal del municipio de Guasca con la Mina Pericos, la cual se localiza al oriente del área de estudio, es una vía Tipo 4 (clasificación IGAC), que, a pesar de ser una vía sin pavimentar, es transitable todo el año (Figura 3.15).

Figura 3.15 Infraestructura vial interceptada



Fuente: Autores

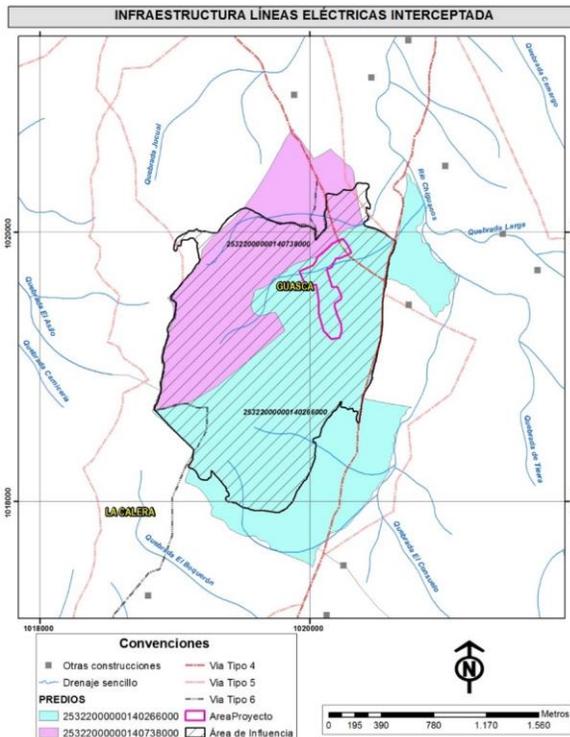
El área de influencia definida del proyecto se localiza sobre dos predios, en la Tabla 3.20 se relacionan los datos y características de estos. En la Figura 3.16 Predios interceptados se puede apreciar la ubicación geográfica de los predios.

Tabla 3.20 Características de los predios que conforman el área de influencia del proyecto

	Predio 1	Predio 2
Departamento	Cundinamarca – 25	Cundinamarca - 25
Municipio	Guasca – 322	Guasca - 322
Código Predial Nacional	253220000000000140266000000000	253220000000000140738000000000
Código Predial	25322000000140266000	25322000000140738000
Destino económico	Agropecuario	Agropecuario
Dirección	Pericos Morrocota Mataredonda	Lote 2 Pericos
Área de terreno	272 Ha, 1000 m2	12 Ha, 7807 m2
Área de Construcciones	463 m2	0 m2
No. de construcciones	1	0

Fuente: (IGAC, 2018)

Figura 3.16 Predios interceptados



Fuente: Autores

3.5.1. Manejo y Disposición de Sobrantes.

Los materiales provenientes de labores de extracción que no representan ningún beneficio económico serán utilizados como material de relleno de túneles en la etapa de cierre.

Dado que anteriormente se realizó explotación a cielo abierto en la mina, la estimación del volumen de material sobrante de la extracción subterránea se realizó a partir del porcentaje del material sobrante producto de la tercera fase de la explotación a cielo abierto que constaba en la extracción de mineral a 90 m de profundidad desde la cota de 3150 m s.n.m. Teniendo en cuenta que el punto inicial de apertura de las cámaras para la extracción subterránea corresponde a la profundidad de descapote de la tercera fase de la extracción a cielo abierto se considera que estos valores son aproximaciones reales del material sobrante de la actividad.

Se estima que la extracción durante el tiempo de la concesión minera producirá 35% de mineral de hierro y 65% de material sobrante, equivalente a cerca de 375.375 m³ anuales a partir del año 3 de explotación y hasta el cierre de la mina. Los materiales sobrantes suelen estar constituidos por limos orgánicos, arenas y arcillolitas que contienen 75% de sílice, 0,04% de fósforo, 0,1% de fósforo unido a hierro y el porcentaje restante corresponde a otros minerales como aluminio, calcio, magnesio, cinc, manganeso y titanio.

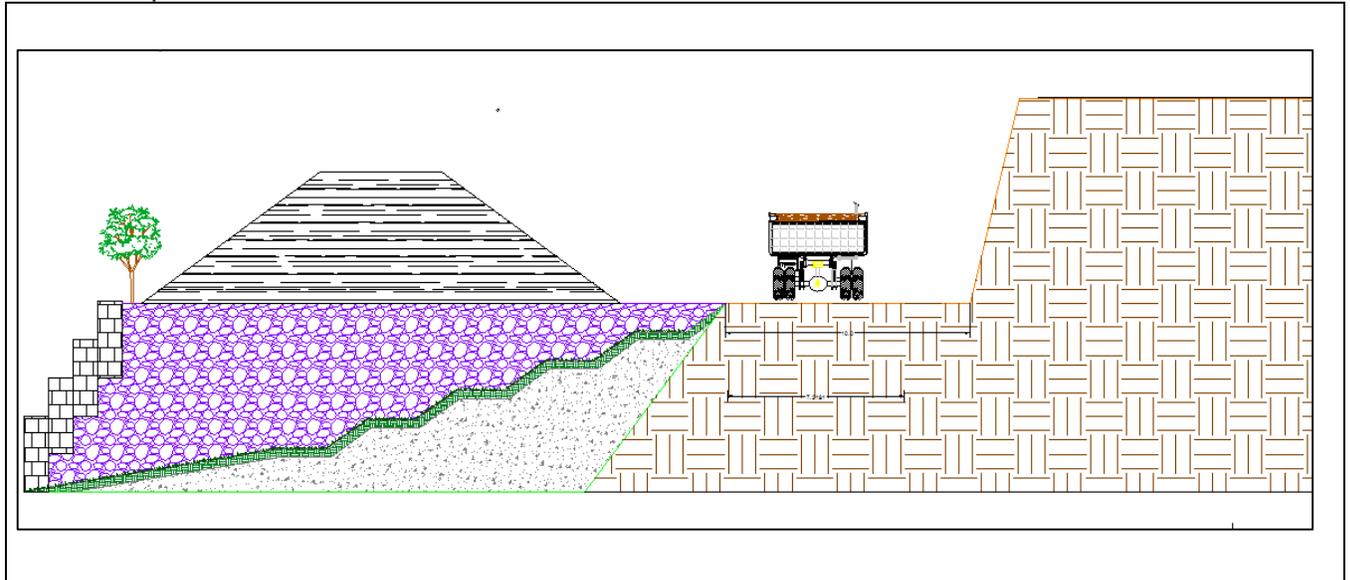
Para el manejo de materiales sobrantes o estériles se construirán centros de acopio temporales que consisten en un área dentro de la cual el mineral es sometido a almacenamiento, cargue y descargue de vehículos. Así, los materiales son depositados en dicho centro bajo condiciones adecuadas de estabilidad, seguridad e integración del entorno. Las adecuaciones del centro de acopio constaron de:

- Cerramiento perimetral del patio con polisombra
- Mantenimiento continuo de canales perimetrales para el manejo de aguas de escorrentía que serán tratadas antes de ser vertidas a un cuerpo de agua superficial o infiltradas al suelo
- Mantenimiento del sedimentador para el tratamiento de sólidos provenientes de las aguas de escorrentía que hayan tenido contacto con los materiales estériles
- Adecuación y mantenimiento de vías de acceso al centro de acopio

Los centros de acopio temporales se ubicarán en sitios de la mina que anteriormente fueron intervenidos con las actividades propias de la explotación del mineral de hierro. En la Figura 3.17 se muestra la estructura morfológica proyectada para el

establecimiento del centro de acopio temporal de material sobrante similar a la mencionada para el centro de acopio provisional del material de hierro.

Figura 3.17 Ubicación del centro de acopio temporal de material estéril en el área de operación de la mina



Fuente: (Mina de Hierro Pericos, 2015)

3.5.2. Residuos Peligrosos y No Peligrosos

Las actividades de explotación y transformación del mineral de hierro, trae consigo la generación de residuos sólidos de tipo doméstico e industrial, a los cuales se les debe dar un manejo ambientalmente seguro, en todas sus etapas como lo son generación, segregación en la fuente, almacenamiento temporal, recolección, transporte, tratamiento, aprovechamiento y disposición final, esto con el fin de no generar procesos de contaminación ambiental que degraden el entorno natural.

El manejo de los residuos sólidos debe ir enfocado a introducir los residuos generados nuevamente al ciclo económico y productivo en forma eficiente, por medio de la reutilización, el reciclaje, el compostaje o cualquier otra modalidad que conlleve beneficios sanitarios, ambientales, sociales y/o económicos.

Clasificación de los residuos

La ejecución de las diferentes actividades de explotación y transformación del hierro, generara residuos sólidos domésticos e industriales a los cuales se les debe hacer una adecuada recolección, manejo y disposición final. La etapa de explotación, es donde se genera la mayor cantidad de residuos. En la Tabla 3.21 se

presenta la clasificación de residuos sólidos que se generarán durante las actividades ejecutadas en el área de explotación de hierro.

Tabla 3.21 Descripción de los residuos sólidos generados

Clase de Residuo	Contenido Básico	Fuentes de Generación
No Peligrosos Reciclables	Está compuesto por papel, cartón, vidrio, plásticos, etc. Estos residuos serán almacenados temporalmente para posteriormente ser aprovechados o llevados al sitio de disposición final, según sea el caso.	Son generados por el consumo de alimentos por parte de los empleados de la mina.
No peligroso Biodegradables	Residuos de alimentos, restos vegetales como cáscaras, frutas, o materiales similares.	
Residuos de Construcción y Demolición - RCD	Residuos pétreos (concretos, cerámicos, ladrillos, arenas, bloques o fragmentos de roca, entre otros), residuos de carácter metálico (acero, hierro, cobre, aluminio, estaño y zinc), residuos de pedones residuos cespedones.	Son generados por la actividad misma de la explotación de la mina, de igual forma de la construcción o desmonte de vías o zonas de acopio, entre otros.
Peligrosos y Tóxicos	Aceites lubricantes usados, baterías usadas, chatarra metálica, tubos fluorescentes, filtros (aceite, agua, aire o combustible, fluidos), residuos aceitosos, explosivos. Serán manejados por una empresa externa.	Son generados durante actividades de mantenimiento preventivo de la maquinaria utilizada.

Fuente: (Mina de Hierro Pericos, 2015)

Estimativos de cantidad de residuos a generar

De acuerdo con registros de la industria minera, la generación de residuos sólidos domésticos (Reciclables y Biodegradables) es de aproximadamente 2 kg /persona - día, por lo que el volumen total generado dependerá de la etapa de ejecución del proyecto, teniendo en cuenta que en algunas oportunidades el número podrá variar cuando se realicen operaciones simultáneas.

En la Tabla 3.22 se relaciona el personal estimado para las etapas del proyecto y el volumen de residuos no peligrosos generado.

Tabla 3.22 Estimativo de producción de residuos solidos

Etapas del Proyecto	Número Estimado de Personas	(PPC) (Kg/personas-día)	Producción de Residuos (Kg/día)
Explotación	12	2	24
Desmantelamiento y abandono	9		18
MÁXIMO	21	2	42

Fuente: (Mina de Hierro Pericos, 2015)

En la Tabla 3.23 se relaciona el tipo de material y el volumen de residuos peligrosos generados. Este estará dado por cantidades de Kg/mes.

Tabla 3.23 Estimativo de producción de residuos peligrosos

Materiales	Kg/mes	Estado	Origen
Material contaminado con hidrocarburos u otros químicos	10	Sólido	Cambio de EPPs y material de labores de mantenimiento
Tubos fluorescentes	2	Sólido	Cambios de bombillos que ya no funcionan
Baterías plomo-ácido	10	Sólido	Cambio por vida útil en cargadores, bulldózer y jumbo
Aceite residual	120	Líquido	Cambio del aceite usado en el mantenimiento de la maquinaria
Chatarra común	27	Sólido	Viruta generada en las maquinas herramientas, colillas de los electrodos de soldadura, equipos antiguos, tubos galvanizados, entre otros

Fuente: (Mina de Hierro Pericos, 2015)

Gestión de Residuos Sólidos Convencionales

Con el fin de minimizar los impactos ambientales y sociales generados por la producción de residuos dentro del área de explotación minera, se ha propuesto una frecuencia de recolección, además de un almacenamiento temporal. El área de almacenamiento temporal (caseta de residuos) debe estar delimitado, evitando la entrada de personal no autorizado y/o fauna de la zona, estar cubierta para evitar la entrada de aguas lluvias, con una base en concreto, canales para recolectar posible lixiviación, de fácil limpieza, entre otras características, esto con el fin de evitar mayores impactos al ambiente, como lo es la proliferación de vectores y la contaminación del subsuelo por lixiviados.

Las áreas de almacenamiento de residuos se identificarán de acuerdo al tipo de residuos que contengan, realizando separaciones con base en las incompatibilidades físico - químicas que los mismos presenten.

Para una correcta gestión de los residuos sólidos se propone tener en cuenta las siguientes medidas:

- Realizar una inducción al personal sobre la gestión de los residuos
- Actualizar el inventario de residuos y la planificación de la gestión de los mismos
- Realizar una correcta segregación en la fuente
- Garantizar la disponibilidad de los recipientes de recolección adecuado a cada tipo de residuo.
- Realizar la recolección de los residuos con la frecuencia determinada
- Almacenar temporalmente los residuos que lo requieran
- El transporte de los residuos sólidos no peligrosos será realizado por vehículos adecuados para tal fin, que estén completamente cerrados o cubiertos para evitar la dispersión o pérdida de los residuos, de fácil limpieza y con un tanque o contenedor de los posibles lixiviados que puedan generarse
- Realizar el transporte de los residuos hasta los sitios de tratamiento y disposición final. La recolección de los residuos no peligrosos que van a ser dispuestos en el relleno sanitario estará a cargo de la empresa ECOSIECHA S.A. E.S.P, quien es la encargada de la administración y operación de los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo en el Municipio de Guasca
- La salida o entrega de los residuos sólidos a terceros deberá quedar debidamente consignada en un acta firmada por el Residente Ambiental o en su caso por el supervisor de la mina

Gestión de Residuos Peligrosos

Los residuos sólidos peligrosos son aquellos que no pueden ser almacenados, reciclados o enterrados, como los residuos infecciosos, aceitosos, explosivos, corrosivos y tóxicos.

Para el manejo de aceites, lubricantes, emulsiones y explosivos generados por la operación de la mina, se contará con un centro de acopio temporal el cual deberá estar acondicionado para tal fin, de manera segura, ambientalmente adecuada y que facilite el acceso del transportador. Así mismo este deberá tener en cuenta las siguientes características:

- Debe estar claramente identificado y señalizado
- Los pisos deben construirse en material sólido e impermeable, que evite la contaminación del suelo y de las fuentes de agua subterránea y que no presenten grietas u otros defectos que impidan la fácil limpieza de grasas, aceites o cualquier otra sustancia deslizante
- No debe poseer ninguna conexión con el sistema de desagüe
- Se debe garantizar una excelente ventilación, ya sea natural o forzada

Adicional a lo anterior se deberá contemplar lo siguiente para realizar un manejo ambientalmente seguro de los aceites y lubricantes usados:

- El aceite recolectado deberá almacenarse bajo cubierta, preferiblemente en el recipiente donde se recolectó durante la operación de cambio.
- El aceite lubricante usado no podrá regarse sobre las vías, sobre cuerpos de agua, redes de drenaje o alcantarillados públicos o privados
- El aprovisionamiento de combustibles se hará preferiblemente en sitios específicos acondicionados para este fin
- El área de almacenamiento de combustible debe ser completamente impermeabilizada (en concreto), cubierta y con diques de contención

Así mismo el titular minero tendrá en cuenta las especificaciones técnicas estipuladas en la guía ambiental de almacenamiento de residuos peligrosos Resolución 1023 de 2005 emitida por el Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial; así como lo establecido en el Decreto 4741 del 2005, en lo concerniente al aprovechamiento, valorización, tratamiento y/o disposición final de residuos peligrosos.

La empresa gestora encargada de los residuos peligrosos será TECNIAMSA S.A E.S.P. Empresa con Licencia Ambiental otorgada por la CAR de Cundinamarca, con resolución 0455 del 26 de marzo de 2013. Esta empresa tiene permitido tratar residuos como aceites, hidrocarburos, combustibles no explosivos, PCB, entre otros.

3.5.3. Producción y Costos Del Proyecto.

A continuación, se presentan los costos asociados a la producción y costos del proyecto.

Tabla 3.24 Costos estimados mano de obra directa

Descripción	Cantidad	Salario mensual	Subtotal	Parafiscales	Prest. Sociales	Salud	Pensión	Riesgos	Dotaciones
Gerente de Minas	1	\$4,500,000	\$4,500,000	\$405,000	\$937,125	\$360,000	\$551,250	\$313,200	\$36,375
Ingeniero de Minas	1	\$3,500,000	\$3,500,000	\$315,000	\$728,875	\$280,000	\$428,750	\$243,600	\$36,375
Técnico en Minas topógrafo batimetrías	1	\$1,800,000	\$1,800,000	\$162,000	\$374,850	\$144,000	\$220,500	\$125,280	\$36,375
Coordinador de salud ocupacional	1	\$2,000,000	\$2,000,000	\$180,000	\$416,500	\$160,000	\$245,000	\$139,200	\$36,375
Contador	1	\$2,000,000	\$2,000,000	\$180,000	\$416,500	\$160,000	\$245,000	\$139,200	\$36,375
Secretarias	1	\$650,000	\$650,000	\$58,500	\$135,363	\$52,000	\$79,625	\$45,240	\$36,375
Coordinador de mantenimiento mecánico	1	\$1,500,000	\$1,500,000	\$135,000	\$312,375	\$120,000	\$183,750	\$104,400	\$36,375
Personal servicios generales	1	\$600,000	\$600,000	\$54,000	\$124,950	\$48,000	\$73,500	\$41,760	\$36,375
Ingeniero ambiental	1	\$2,000,000	\$2,000,000	\$180,000	\$416,500	\$160,000	\$245,000	\$139,200	\$36,375
TOTAL			\$18,550,000	\$1,669,500	\$3,863,038	\$1,484,000	\$2,272,375	\$1,291,080	\$327,375

Fuente: Autores

Tabla 3.25 Costos estimados mano de obra indirecta

Descripción	Cantidad	Salario Mensual	Subtotal	Parafiscales	Prest. Sociales	Salud	Pensión	Riesgos	Dotación
Conductores	1	\$ 1,000,000	\$ 1,000,000	\$ 90,000	\$ 208,250	\$ 80,000	\$ 222,500	\$ 69,600	\$ 36,375
Cuadrilla mecánicos	4	\$ 1,000,000	\$ 4,000,000	\$ 360,000	\$ 833,000	\$ 320,000	\$ 890,000	\$ 278,400	\$ 145,500
Electricistas	4	\$ 1,000,000	\$ 4,000,000	\$ 360,000	\$ 833,000	\$ 320,000	\$ 890,000	\$ 278,400	\$ 145,500
Operario retroexcavadora	1	\$ 1,300,000	\$ 1,300,000	\$ 117,000	\$ 270,725	\$ 104,000	\$ 289,250	\$ 90,480	\$ 36,375
Operario Volqueta	2	\$ 1,000,000	\$ 2,000,000	\$ 180,000	\$ 416,500	\$ 160,000	\$ 445,000	\$ 139,200	\$ 72,750
Operario Cargador	2	\$ 1,500,000	\$ 3,000,000	\$ 270,000	\$ 624,750	\$ 240,000	\$ 667,500	\$ 208,800	\$ 72,750
Perforadores	9	\$ 1,500,000	\$ 13,500,000	\$ 1,215,000	\$ 2,811,375	\$ 1,080,000	\$ 3,003,750	\$ 939,600	\$ 327,375
Dinamiteros	6	\$ 1,500,000	\$ 9,000,000	\$ 810,000	\$ 1,874,250	\$ 720,000	\$ 2,002,500	\$ 626,400	\$ 218,250
Ayudantes bajo tierra	6	\$ 1,500,000	\$ 9,000,000	\$ 810,000	\$ 1,874,250	\$ 720,000	\$ 2,002,500	\$ 626,400	\$ 218,250
Malacateros	3	\$ 1,500,001	\$ 4,500,003	\$ 405,000	\$ 937,126	\$ 360,000	\$ 1,001,251	\$ 313,200	\$ 109,125
Cocheros	10	\$ 1,500,001	\$ 15,000,010	\$ 1,350,001	\$ 3,123,752	\$ 1,200,001	\$ 3,337,502	\$ 1,044,001	\$ 363,750
Seguridad privada	2	\$ 700,000	\$ 1,400,000	\$ 126,000	\$ 291,550	\$ 112,000	\$ 311,500	\$ 97,440	\$ 72,750
TOTAL	50		\$ 67,700,013	\$ 6,093,001	\$ 14,098,528	\$ 5,416,001	\$ 15,063,253	\$ 4,711,921	\$ 1,818,750

Fuente: Autores

Tabla 3.26 Costos de infraestructura y maquinaria y equipos

Concepto	Valor	Depreciación
Infraestructura	\$ 137,500,000	\$ 13,410,000
Maquinaria y equipo	\$ 2,186,170,120	\$ 236,113,578
Total	\$ 2,323,670,120	\$ 249,523,578

Fuente: Autores

Tabla 3.27 Inversión por herramientas de construcción

Concepto (construcción)	Cantidad	Vida Util (años)	Valor unitario	Valor Total	Valor de Salvamento	Valor depreciado
Cubil de sección (22KG/m de 6 m de largo)	1,000	10	\$ 40,000	\$ 40,000,000		
Polines de 15*15 (durmientes)	500	2	\$ 15,000	\$ 7,500,000		
Transporte de arcos de acero	1,478		\$ 80,000	\$ 118,240,000		
Ducto de plástico para ventilación polietileno de 16 in	1,000	5	\$ 30,000	\$ 30,000,000		
Cable eléctrico protegido	1,000	10	\$ 15,000	\$ 15,000,000		
Subtotal				\$ 210,740,000		
TOTAL				\$ 2,534,410,120	\$ 232,367,012	\$ 249,523,578

Fuente: Autores

Tabla 3.28 Maquinaria y equipo

Concepto (Maquinaria y Equipo)	Cantidad	Vida útil (años)	Valor Unitario	Valor Total	Valor de Salvamento	valor Depreciado
Malacates de superficie	1	5	\$ 25,000,000	\$ 25,000,000	\$ 2,500,000	\$ 4,500,000
malacates internos	6	5	\$ 4,500,000	\$ 27,000,000	\$ 2,700,000	\$ 4,860,000
Coches (2 T)	20	5	\$ 2,000,000	\$ 40,000,000	\$ 4,000,000	\$ 7,200,000
Riel de cuville	1,000	5	\$ 150,000	\$ 150,000,000	\$ 15,000,000	\$ 27,000,000
Cable de extracción de malacate	3	5	\$ 7,800,000	\$ 23,400,000	\$ 2,340,000	\$ 4,212,000
Electrobombas	5	5	\$ 1,500,000	\$ 7,500,000	\$ 750,000	\$ 1,350,000
Ventiladores (10Hp)	8	5	\$ 2,500,000	\$ 20,000,000	\$ 2,000,000	\$ 3,600,000
Lámparas	100	5	\$ 140,000	\$ 14,000,000	\$ 1,400,000	\$ 2,520,000
Multidetector	3	5	\$ 4,500,000	\$ 13,500,000	\$ 1,350,000	\$ 2,430,000
Tornamesas	6	5	\$ 600,000	\$ 3,600,000	\$ 360,000	\$ 648,000
Compresor (KEISER CSD 650)	1	10	\$ 70,000,000	\$ 70,000,000	\$ 7,000,000	\$ 6,300,000
Manguera de 3/4 para manguera aire ponaflex	1,000	2	\$ 11,020	\$ 11,020,000	\$ 1,102,000	\$ 4,959,000
Pera de lubricación	60	5	\$ 278,400	\$ 16,704,000	\$ 1,670,400	\$ 3,006,720
Acople de macho de 3/4 media vuelta	80	1	\$ 10,788	\$ 863,040	\$ 86,304	\$ 776,736
Acople de hembra de 3/4 media vuelta	80	1	\$ 10,788	\$ 863,040	\$ 86,304	\$ 776,736
Acople de espigo de 3/4 media vuelta	80	1	\$ 10,788	\$ 863,040	\$ 86,304	\$ 776,736
Abrazadera de 3/4 dos tornillos	80	1	\$ 14,500	\$ 1,160,000	\$ 116,000	\$ 1,044,000
Manguera de 1 in para el aire ponaflex	150	2	\$ 17,980	\$ 2,697,000	\$ 269,700	\$ 1,213,650
lampara de energia electrica	80	5	\$ 100,000	\$ 8,000,000	\$ 800,000	\$ 1,440,000
Ventilador principal axial	1	10	\$ 50,000,000	\$ 50,000,000	\$ 5,000,000	\$ 4,500,000
Volquetas doble troque	2	10	\$ 300,000,000	\$ 600,000,000	\$ 60,000,000	\$ 54,000,000
Cargador de Volquetas	1	10	\$ 200,000,000	\$ 200,000,000	\$ 20,000,000	\$ 18,000,000
Retroexcavadora	3	10	\$ 300,000,000	\$ 900,000,000	\$ 90,000,000	\$ 81,000,000
Subtotal				\$ 2,186,170,120	\$ 218,617,012	\$ 236,113,578

Fuente: Autores

Tabla 3.29 Costo de inversión

Concepto (Infraestructura)	Cantidad	Vida útil (años)	Valor Unitario	Valor Total	Valor de Salvamento	valor Depreciado
Construcción de campamentos	1	10	\$ 30,000,000	\$ 30,000,000	\$ 3,000,000	\$ 2,700,000
Construcción de la zona de acopio	1	10	\$ 8,000,000	\$ 8,000,000	\$ 800,000	\$ 720,000
Cuarto de malacate	1	10	\$ 5,000,000	\$ 5,000,000	\$ 500,000	\$ 450,000
Adecuación nivel patio	1	5	\$ 5,000,000	\$ 5,000,000	\$ 500,000	\$ 900,000
Cuarto de compresor	1	10	\$ 5,000,000	\$ 5,000,000	\$ 500,000	\$ 450,000
Cuarto de malacate	1	10	\$ 5,000,000	\$ 5,000,000	\$ 500,000	\$ 450,000
Bodega o Almacén	1	10	\$ 15,000,000	\$ 15,000,000	\$ 1,500,000	\$ 1,350,000
Transformador	1	10	\$ 37,500,000	\$ 37,500,000	\$ 3,750,000	\$ 3,375,000
Subestación (banco de condensador- medidor de semidirecta)	1	10	\$ 20,000,000	\$ 20,000,000	\$ 2,000,000	\$ 1,800,000
Zanjas perimetrales	1	5	\$ 2,000,000	\$ 2,000,000	\$ 200,000	\$ 360,000
Estructura de geomembrana	1	4	\$ 3,000,000	\$ 3,000,000	\$ 300,000	\$ 675,000
Barra viva	1	10	\$ 2,000,000	\$ 2,000,000	\$ 200,000	\$ 180,000
Subtotal				\$ 137,500,000	\$ 13,750,000	\$ 13,410,000

Fuente: Autores

Tabla 3.30 Costos por insumo

Concepto (Construcción)	Cantidad	Vida Útil (años)	Valor unitario	valor Total	Valor de Salvamento	Valor depreciado
Cubil de sección (22KG/m de 6 m de largo)	1,000	10	\$ 40,000	\$ 40,000,000		
Polines de 15*15 (durmientes)	500	2	\$ 15,000	\$ 7,500,000		
Transporte de arcos de acero	1,478		\$ 80,000	\$ 118,240,000		
Ducto de plástico para ventilación polietileno de 16 in	1,000	5	\$ 30,000	\$ 30,000,000		
Cable eléctrico protegido	1,000	10	\$ 15,000	\$ 15,000,000		
Subtotal				\$ 210,740,000		
TOTAL				\$ 2,534,410,120	\$ 232,367,012	\$ 249,523,578

Fuente: Autores

En las anteriores tablas, se presentan los costos asociados a producción y costos del proyecto. Los costos asociados a producción se obtienen teniendo en cuenta las variables: Mano de Obra Directa, Mano de obra Indirecta y Costos de Insumos por Voladura para el primer año de producción de la mina.

Tabla 3.31 Costos de producción – año 1

Costos de Producción (Año 1)	Valor
Costo de mano de obra directa	\$ 353,488,416
Costo de mano de obra indirecta	\$ 1,399,298,301
Costos de insumos por voladura	\$ 68,182,781
Total anual	\$ 1,820,969,498

Fuente: Autores

Adicionalmente, se presentan los costos del proyecto teniendo en cuenta: Infraestructura, maquinaria, inversión por herramientas, costos de inversión para la infraestructura y costos por insumos de construcción:

Tabla 3.32 Costos del proyecto

Costos del Proyecto	Valor
Costos de infraestructura, maquinaria y equipos	\$ 2,323,670,120
Inversión por herramientas de construcción	\$ 2,534,410,120
Maquinaria y Equipos	\$ 2,186,170,120
Costos de Inversión (Infraestructura)	\$ 137,500,000
Costos por insumos de construcción	\$ 2,534,410,120
Total	\$ 9,716,160,480

Fuente: Autores

- **La producción en toneladas/año y onzas/año.**

En la tabla que se encuentra a continuación están relacionados los años de producción de la mina versus las toneladas proyectadas para cada uno de ellos:

Tabla 3.33 Producción planteada para el proyecto (Ton/año)

Tiempo (año)	Cantidad (Ton)
Año 1	170000 Ton
Año 2	170000 Ton
Año 3	170000 Ton
Año 4	170000 Ton
Año 5	170000 Ton
Año 6	170000 Ton
Año 7	170000 Ton
Año 8	170000 Ton
Año 9	170000 Ton
Total	1,530,000 Ton

Fuente: Autores

En la tabla que se muestra a continuación, están relacionados los años de producción de la mina versus las onzas que se generarían en cada uno de ellos:

Tabla 3.34 Producción de la mina Vs oz

Tiempo (año)	Cantidad (oz)
Año 1	5.996.569.800 oz
Año 2	5.996.569.800 oz
Año 3	5.996.569.800 oz
Año 4	5.996.569.800 oz
Año 5	5.996.569.800 oz
Año 6	5.996.569.800 oz
Año 7	5.996.569.800 oz
Año 8	5.996.569.800 oz
Año 9	5.996.569.800 oz
Total	53,669,128,200 oz

Fuente: Autores

- **Relación de mineral/m³ de material removido.**

El método de explotación que se va a utilizar para la extracción del mineral lo constituye la explotación por cámaras o la explotación por pilares, donde se puede calcular la producción por cada una de las voladuras, a continuación, se presenta:

Tabla 3.35 Cálculo producción por voladura

Cálculos	
A excavación(m ²)	72,24
Lp(m)	53,2
ma(m)	2,112
R= La/L	0,96
Lp/ma	25,19
volumen m ³	152,57
toneladas	366,17
Producción mes	8.788,08

Fuente: Autores

- **Costos de extracción.**

Para generar los costos de extracción se utiliza la siguiente formula:

Costos de Extracción del Mineral = Costos de explotación + Costos de insumos por voladura + Mantenimiento de mina + Costos de mano de obra (Oriuhela, 2006).

Tabla 3.36 Costos de extracción

Tiempo (año)	Cantidad	No. Voladuras	Vr. Voladura	Cto. MOD+MOI	Cto. De extraccion
Año 1	17,000	46	\$ 68,182,781	\$ 1,752,786,717	1,820,969,498
Año 2	17,000	46	\$ 71,591,920	\$ 1,752,786,717	1,824,378,637
Año 3	17,000	46	\$ 71,591,920	\$ 1,752,786,717	1,824,378,637
Año 4	17,000	46	\$ 71,591,920	\$ 1,752,786,717	1,824,378,637
Año 5	17,000	46	\$ 71,591,920	\$ 1,752,786,717	1,824,378,637
Año 6	17,000	46	\$ 71,591,920	\$ 1,752,786,717	1,824,378,637
Año 7	17,000	46	\$ 71,591,920	\$ 1,752,786,717	1,824,378,637
Año 8	17,000	46	\$ 71,591,920	\$ 1,752,786,717	1,824,378,637
Año 9	17,000	46	\$ 71,591,920	\$ 1,752,786,717	1,824,378,637
Total	153,000	418	\$ 644,327,283	\$ 15,775,080,449	\$ 16,419,407,732

Fuente: Autores

- **Costos de beneficio.**

Para hallar el costo de beneficio se tienen en cuenta los costos que se presentan luego de la extracción del mineral de hierro junto el material inerte de la mina, pasando por el transporte que consiste en evacuar el mineral y material inerte por medio de vagonetas hasta el punto donde se cargan las volquetas. Posteriormente, es llevado a la trituradora donde se realiza una transformación física de la materia sin alterar su naturaleza, este proceso reduce materiales cuyos tamaños de entrada se encuentran entre 1 – 0,1 m. En la mina se realizará trituración primaria: reducción a material de tamaño original de 1 m – 10 cm y trituración secundaria: reducción a material de tamaño original de 10 cm – 1 cm. Por último, El material sobrante y el mineral de hierro serán almacenados temporalmente en centros de acopio de manera independiente al área de operación de la mina.

Tabla 3.37 Costos de beneficio

Tiempo (año)	Cantidad	Costo de Beneficio
Año 1	17,000	\$ 5,698,268,946
Año 2	17,000	\$ 5,983,182,393
Año 3	17,000	\$ 5,983,182,393
Año 4	17,000	\$ 5,983,182,393
Año 5	17,000	\$ 5,983,182,393
Año 6	17,000	\$ 5,983,182,393
Año 7	17,000	\$ 5,983,182,393
Año 8	17,000	\$ 5,983,182,393
Año 9	17,000	\$ 5,983,182,393
Total	153,000	\$ 53,563,728,088

Fuente: Autores

La anterior, tabla nos muestra como resultado el costo de beneficio para cada año teniendo en cuenta la cantidad (Toneladas) a extraer.

- **Costos de restauración por unidad de producción.**

Los costos de restauración se relacionan de acuerdo con el Programa de manejo de Flora y Fauna–Medio biótico, donde se prevé implementar medidas de manejo de vegetación con el fin de preservar la flora endémica y las coberturas seminaturales asentadas en el área del proyecto.

Por lo anterior, se tienen en cuenta los costos de mano de obra calificada, el costo de los individuos con los que se espera realizar la restauración de 85,25 ha, para lo cual se calcula un total de: 255,750 individuos, que serán distribuidos en las siguientes especies: Encenillo 63,938 individuos, Arrayan 25,575 individuos, Lupinos 102,300 individuos y Aliso 63,938 individuos.

Tabla 3.38 Costos de Restauración

Actividades	Mano de Obra	Cantidad	Tiempo (meses)	Salario Mensual	Salario Total	# de Individuos				Cto. especies			
						Encenillo	Arrayan	Lupinos	Aliso	Encenillo	Arrayan	Lupinos	Aliso
Acciones de restauración (revegetalización)	Jardinero	10	53	\$ 1.500.000	\$ 795.000.000	63.938	25.575	102.300	63.938	\$ 2.557.500.000	\$ 1.023.000.000	\$ 4.092.000.000	\$ 2.557.500.000
	Ingeniero forestal	1	53	\$ 6.532.600	\$ 346.227.800								
	Biólogo	1	53	\$ 6.532.600	\$ 346.227.800								
Total					\$ 1.487.455.600					\$ 2.557.500.000	\$ 1.023.000.000	\$ 4.092.000.000	\$ 2.557.500.000

Fuente: Autores

Por lo anterior, el costo total de restauración es: \$ 11,717,455,600

- **Costos de manejo y disposición de estériles.**

Los costos asociados a manejo y disposición de estériles para la etapa 3 de explotación de acuerdo con la Figura 3.12 Balance del material sobrante, no se generarán debido a que este material se reutilizará en un 100% dentro del proyecto en las actividades correspondientes a relleno de túneles y posteriormente en la fase de cierre el cierre definitivo del proyecto.

- **Costos previstos para el programa de cierre de mina**

Los costos previstos para el programa de cierre de la Mina de Hierro Pericos se hallan teniendo en cuenta las diferentes actividades, mano de obra calificada, maquinaria, materiales. Así como el plan de compensación establecido para el proyecto debido a la pérdida de biodiversidad en el área de influencia donde se plantea reforestar con individuos tales como: Encenillo, Arrayan, Lupino y Aliso, 11 ha que corresponden a las zonas afectadas por el proyecto.

Tabla 3.39 Costos previstos para el programa de cierre de min

Etapa	Actividades	Mano de Obra	Cantidad	Tiempo (meses)	Salario Mensual	Salario Total	Maquinaria	Consumo de combustible	Cto. flete / Material
Cierre, desmantelamiento y abandono	Cierre en operaciones de la mina subterránea	Obrero	3	4	\$ 2,541,900	\$ 30,502,800			
		Ingeniero de Minas	1		\$ 5,532,600	\$ 22,130,400			
		Ingeniero Civil	1		\$ 3,177,075	\$ 12,708,300			
	Relleno de zonas de explotación	Obrero	3	12	\$ 2,541,900	\$ 91,508,400	Volqueta	135,200	
		Operario Volqueta	1		\$ 1,706,725	\$ 20,480,700	Bulldozer Caterpillar	\$ 480,000	
		Operario Bulldozer	1		\$ 2,541,900	\$ 30,502,800			
		Ingeniero de Minas	1		\$ 5,532,600	\$ 66,391,200			
		Ingeniero Civil	1		\$ 3,177,075	\$ 38,124,900			
	Redefinir y estabilizar pendientes - Taludes	Obrero	3	14	\$ 2,541,900	\$ 106,759,800			
		Operario Volqueta	1		\$ 1,706,725	\$ 23,894,150	Volqueta	473,200	
		Operario Bulldozer	1		\$ 2,541,900	\$ 35,586,600	Bulldozer Caterpillar	\$ 560,000	
		Ingeniero de Minas	1		\$ 5,532,600	\$ 77,456,400			
		Ingeniero Civil	1		\$ 3,177,075	\$ 44,479,050			
	Desmante del campamento y desinstalación de infraestructura	Obrero	3	4	\$ 2,541,900	\$ 30,502,800			
		Operario Volqueta	1		\$ 1,706,725	\$ 6,826,900	Volqueta	135,200	
		Ingeniero de Minas	1		\$ 5,532,600	\$ 22,130,400			
		Ingeniero Civil	1		\$ 3,177,075	\$ 12,708,300			
	Cierre y recuperación de centros de acopio del material minero	Obrero	3	4	\$ 2,541,900	\$ 30,502,800			
		Operario Volqueta	1		\$ 1,706,725	\$ 6,826,900	Volqueta	135,200	
Ingeniero de Minas		1	\$ 5,532,600		\$ 22,130,400				
Ingeniero Civil		1	\$ 3,177,075		\$ 12,708,300				
Cierre y desmante de vías y caminos	Obrero	2	4	\$ 2,541,900	\$ 20,335,200				
	Operario Volqueta	1		\$ 1,706,725	\$ 6,826,900	Volqueta	135,200		
	Ingeniero de Minas	1		\$ 5,532,600	\$ 22,130,400				
	Ingeniero Civil	1		\$ 3,177,075	\$ 12,708,300				
Recuperación Paisajística (revegetalización y/o reforestar)	Jardinero	4	32	\$ 2,541,900	\$ 325,363,200	Vehículo de transporte de insumos y materiales		\$ 6,000,000	
	Ingeniero Forestal	1	36	\$ 6,532,600	\$ 101,666,400	Materiales (Palas, Abre Bocados, Rastrillo, Azadón, Cuerda y Dotación)		\$ 3,950,000	
Señalización de zonas de riesgo	Obrero	2	4	\$ 2,541,900	\$ 20,335,200				
	Ingeniero de Minas	1		\$ 5,532,600	\$ 22,130,400				
	Ingeniero Civil	1		\$ 3,177,075	\$ 12,708,300				
Mantenimiento de obras hidráulicas	Obrero	1	12	\$ 2,541,900	\$ 30,502,800				
	Ingeniero Civil	1		\$ 3,177,075	\$ 38,124,900				
Total			47	126	\$ 107,171,925	\$ 1,357,694,300		\$ 2,054,000	\$ 9,950,000

Etapa	Actividades	# de Especies				Cto. de Especies			
		Encenillo	Arrayan	Lupino	Aliso	Encenillo	Arrayan	Lupino	Aliso
Cierre, desmantelamiento y abandono	Recuperación Paisajística (revegetalización y/o reforestar)	990	330	990	990	\$ 19,800,000	\$ 6,600,000	\$ 19,800,000	\$ 19,800,000
Total						\$ 19,800,000	\$ 6,600,000	\$ 19,800,000	\$ 19,800,000

Fuente: Autores

Tabla 3.40 Costos totales previstos para el programa de cierre de mina

Cto. De Cierre, desmantelamiento y abandono	
Cto. Mano de Obra	\$ 1,357,694,300
Cto. Consumo de combustible (Maquinaria)	\$ 2,054,000
Cto. Fletes / Material	\$ 9,950,000
Cto. Especies para reforestar	\$ 66,000,000
Total	\$ 1,435,698,300

Fuente: Autores

- **Costos previstos para las actividades del pos cierre de la mina**

El costo correspondiente a las actividades de pos cierre de la mina se calcularon teniendo en cuenta las horas hombre de los profesionales que realizarían el monitoreo e informes de seguimiento durante los 4 años en los que está programada la etapa de pos cierre. Además, se tuvo en cuenta el costo del monitoreo a los cuerpos de agua que se encuentran en el área de influencia: Quebrada Curi y Boquerón.

Tabla 3.41 Costos previstos para las actividades del pos cierre de la mina

Etapa	Mantenimiento	Actividades	Mano de obra	Cto. Mano de Obra / # de Monitoreos	# de Monitoreos durante los 4 años	Cto. Monitoreos
Post-cierre	Físico	Monitoreo de taludes	Ingeniero civil	\$ 1,270,830	8	-
		Mantenimiento de taludes	Ingeniero civil	\$ 1,270,830	8	-
		Mantenimiento de obras hidráulicas	Ingeniero civil	\$ 1,270,830	8	-
	Hidrológico	Monitoreo a cuerpos de agua (Quebrada Curi / Quebrada Boqueron)	Se contratara a una empresa encargada para dichos monitoreos	-	16	\$ 43,200,000
	Biológico	Monitoreo de la revegetalización de la etapa de cierre	Ingeniero forestal	\$ 2,613,040	8	-
Total				\$ 6,425,530	48	\$ 43,200,000
						\$ 49,625,578

Fuente: Autores

3.5.4. Cronograma del Proyecto

A continuación, se presenta el cronograma de las actividades de: preparación, construcción y montaje (1 año), explotación (1-9 años), cierre, desmantelamiento y abandono (10-13 años) y postcierre (14-17 años).

Tabla 3.44 Cronograma de actividades, Cierre, desmantelamiento y abandono (10-13 años)

Etapa	Obras	Actividades	Años																							
			10						11						12						13					
			Bimestre						Bimestre						Bimestre						Bimestre					
			1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Cierre, desmantelamiento y Abandono	Cierre y restauración de excavaciones mineras	Reconfomación de túneles de explotación	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X		X					
	Desinstalación de infraestructura	Redefinición y estabilización en centros de acopio	X	X	X	X	X																			
		Desmante de obras de concreto				X	X	X	X	X	X															
		Cierre y desmante de vías					X	X										X	X	X	X					
	Recuperación Paisajística	Revegetalización				X	X	X				X	X	X				X	X	X	X	X	X	X	X	X
		Señalización de zonas de riesgo					X						X						X	X	X	X	X	X	X	

Fuente: Autores

Tabla 3.45 Cronograma de actividades, Postcierre (14 – 17 años)

		CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES POST-CIERRE															
Etapa	Actividades	Años															
		14				15				16				17			
		Semestral				Semestral				Semestral				semestral			
		6		12		6		12		6		12		6		12	
Post-cierre	Monitoreo y mantenimiento de taludes	X		X		X		X		X		X		X		X	
	Monitoreo a cuerpos de agua	X		X		X		X		X		X		X		X	
	Monitoreo de la revegetalización de la etapa de cierre	X		X		X		X		X		X		X		X	

Fuente: Autores

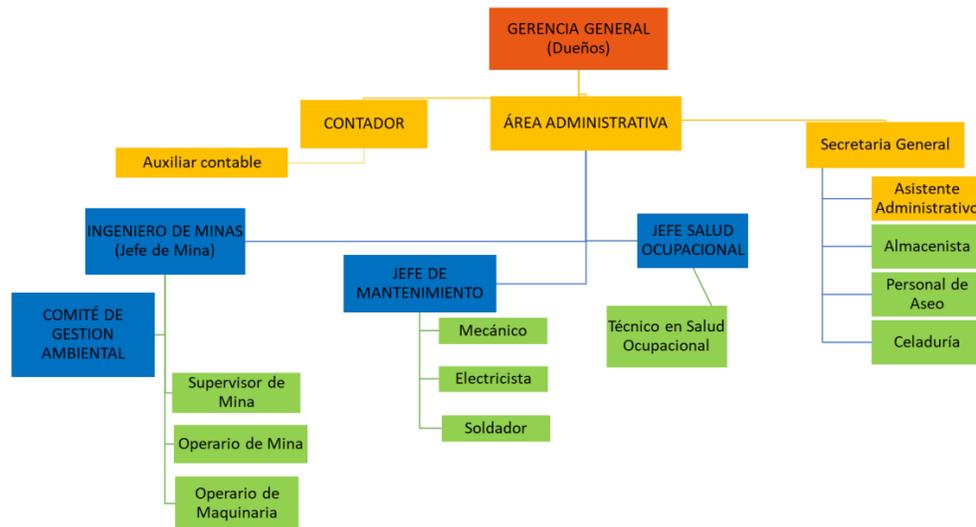
3.5.5. Organización del Proyecto

Esta estructura organizativa será implementada durante todas las etapas del proyecto: Construcción y Montaje, Arranque y almacenamiento, Beneficio y Transformación, Desmantelamiento y Abandono.

Durante las etapas de Construcción y Montaje, Arranque y almacenamiento, se implementarán las medidas encaminadas a prevenir impactos sobre los medios biofísicos y socioeconómicos, así mismo se realizará la socialización de las medidas de manejo planteadas en el PMA, con el personal directamente involucrado en la obra (obreros, maquinistas, ingenieros, entre otros) y con las comunidades y actores del área de influencia.

Durante las etapas de Beneficio y Transformación, Desmantelamiento y Abandono, además de seguir implementado medidas preventivas, también se implementarán todas aquellas que en el PMA se propone y que son fundamentales para mitigar, corregir y/o compensar los impactos que puedan tener lugar durante la explotación minera.

Figura 3.18 Organización del proyecto



Fuente: Autores, (Mina de Hierro Pericos, 2015) y (P.T.O - Mina Pericos, 2014)

3.6. BIBLIOGRAFÍA

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

INDUMIL. (2012). *Ficha Técnica Explosivos*. Bogotá D.C: Colombia.
Mina de Hierro Pericos. (2015). *Estudio de Impactos Ambientales - Explotación Subterránea de Hierro*. Guasca: Cundinamarca.

Minas Paz del Río. (2015). PTO - Mina el Uvo. Boyaca, Colombia.

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

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

