

**PROGRAMA DE TRABAJOS Y OBRAS PARA LA CANTERA DE ARCILLA  
BERAK UBICADA EN VILLANUEVA, LA GUAJIRA.**

JONNY STEYVER ARROYO QUIROGA

YOSELIN MEJÍA OLIVELLA

**FUNDACIÓN UNIVERSITARIA DEL ÁREA ANDINA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA DE MINAS  
VALLEDUPAR, CESAR  
2018**

**PROGRAMA DE TRABAJOS Y OBRAS PARA LA CANTERA DE ARCILLA  
BERAK UBICADA EN VILLANUEVA, LA GUAJIRA.**

**JONNY STEYVER ARROYO QUIROGA  
YOSELIN MEJÍA OLIVELLA**

**MONOGRAFÍA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO DE MINAS**

**Asesor Temático  
LUIS CARLOS ARAUJO MEDINA ING. MINAS**

**Asesor Metodológico  
DANIEL ANDRÉS COTES GARCÍA ING. MINAS**

**FUNDACIÓN UNIVERSITARIA DEL ÁREA ANDINA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA DE MINAS  
VALLEDUPAR, CESAR  
2018**

Nota de aceptación

---

---

---

---

---

Firma del presidente del jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

Valledupar, Junio de 2018.

## DEDICATORIA

Dedico este proyecto de grado realizado con el mayor de los esfuerzos, empeño y dedicación:

**A Dios:** *Por darme la fuerza y la sabiduría necesaria durante todo proceso universitario y en el desarrollo del proyecto.* **A mis padres:** *Jonny Enrique Arroyo Rangel y Elenit Quiroga Amaya, por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor y ejemplo de perseverancia y constancia, por el valor mostrado para salir adelante. Gracias a su esfuerzo pudieron darme los estudios universitarios, sin su ayuda este logro no hubiera sido posible.* **A mis hermanos:** *Daniel Josué Arroyo Quiroga y Keyla Jhoenit Arroyo Quiroga por su apoyo, colaboración, motivación y aliento en los momentos más difíciles de mi carrera.* **A mi esposa:** *Keren Carolina Ramírez Romero, por su ayuda incondicional durante el proceso de formación y su apoyo incondicional en el tiempo de realización de este proyecto.* **A mi abuela:** *Aminta Amaya Cáceres, por apoyarme siempre con su amor incondicional.* **A mi tía:** *Laudith Quiroga Amaya y su familia, por abrir las puertas de su casa para mi estadía en esta ciudad (Valledupar) y su apoyo incondicional en los momentos más difíciles y las crisis durante el proceso de formación.* **A mi tía:** *Claudia Yovanna Martínez, por ese apoyo incondicional y su ayuda económica.* **A la Ingeniera:** *Viviana Andrea Giraldo Cuadros, Por su apoyo incondicional durante el proceso de formación y la realización de este proyecto.* **A mis amistades:** *Quienes siempre estuvieron a mi lado en el transcurso de mi proceso de aprendizaje universitario, ofreciéndome apoyo y dándome motivación en cada momento.*

*Finalmente, a los maestros, aquellos que marcaron cada etapa de nuestro camino universitario, y que me ayudaron en asesorías y dudas presentadas en la elaboración de la tesis.*

**JONNY STEYVER ARROYO QUIROGA**

## DEDICATORIA

*Dedico este proyecto de grado con mucho esfuerzo y perseverancia, primeramente, a Dios, nuestro padre celestial quien me lleno de su infinito amor, sabiduría, fortaleza y entendimiento para poder culminar este proceso en mi formación universitaria. **A mis padres** Humberto Alonso Mejía Montesino y Beatriz María Olivella Maestre por su apoyo moral, ético y económico en todo momento, por motivarme a cumplir cada objetivo propuesto en este proceso, pues ellos son el principal cimiento para la construcción de mi vida profesional, impulsaron en mi la base de responsabilidad y deseos de superación, En ellos tengo el espejo en el cual me quiero reflejar por sus virtudes infinitas y su gran corazón que me llevan admirarlos cada día más. **A mis hermanos** Keily Paola, Keren Beatriz y Humberto Alonso por su apoyo incondicional y moral, por su compañía a pesar de la distancia, siempre alentándome y dándome fuerzas para seguir y culminar mi formación universitaria. **A mis pastores** Aracelis Morales y Guillermo Gonzales, por ser mis mentores espirituales y me apoyaron para no desistir en ningún momento durante la realización de este proyecto y mi formación académica. **A mis amigos** por sus consejos y su compañía durante toda la fase de este proyecto, y todos aquellos que aportaron con un granito de arena para poder finalizar este proceso, Especialmente a mi amigo Joab Monsalve Carmona, quien me apporto mucho en la realización, me apoyo y me ayudo fuertemente en las fases exploratorias del proyecto y a Dulce Medina quien me aconsejó, me motivo y siempre estuvo alimentándome a pesar de estar a km de distancia. **A mis profesores** quienes me apoyaron temáticamente, por regalarnos un poco de su tiempo, sus comentarios, consejos e ideas brindadas, en los momentos de las dudas y las incertidumbres a la hora de realizar el proyecto.*

**YOSELIN MEJIA OLIVELLA**

## AGRADECIMIENTOS

Los autores de este proyecto expresan sus más sinceros agradecimientos a:

**FUNDACION UNIVERSITARIA DEL AREA ANDINA:** En especial a los docentes de la facultad de ingeniería de minas, quienes nos formaron con valores y no enseñaron de corazón.

**JOAB DE JESUS MONSALVE CARMONA:** Por prestarnos las instalaciones y darnos acceso a la mina para la realización de este proyecto.

**LUIS CARLOS ARAUJO MEDINA:** Ingeniero de minas y asesor temático del proyecto, por su valiosa colaboración, orientación y apoyo durante la realización de este proyecto.

**DANIEL ANDRÉS COTES GARCÍA:** Ingeniero de minas y asesor metodológico del proyecto, por su valiosa colaboración, orientación y apoyo durante la realización de este proyecto.

**VIVIANA ANDREA GIRALDO CUADROS:** Ingeniera de minas, por su ayuda y orientación durante proceso de realización de este proyecto.

**YOLANDA JIMÉNEZ FUENTES:** Por su ayuda en el proceso de muestreo y clasificación de los suelos.

A todos los que contribuyeron para la realización de este proyecto les expresamos nuestros más sinceros agradecimientos.

## CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	16
DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	19
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	23
JUSTIFICACIÓN.....	24
1. OBJETIVOS .....	25
1.1. Objetivo General.....	25
1.2. Objetivos Específicos .....	25
2. MARCO TEÓRICO .....	26
2.1. Antecedentes.....	26
2.2. Marco Normativo .....	28
2.3. Marco Conceptual.....	35
3. METODOLOGÍA.....	37
4. GENERALIDADES .....	40
4.1. Localización Geográfica Y Vías De Acceso .....	40
4.2. Contacto Con La Comunidad Y Enfoque Social.....	42
4.3. Base Topográfica Del Área.....	43
4.4. Aspectos Biofísicos (Corporación Autónoma Regional de la Guajira, 2011)	44
4.4.1. Geomorfología .....	44
4.4.2. Vegetación .....	45
4.4.3. Clima.....	46
4.4.4. Precipitación.....	46
4.4.5. Temperatura.....	47
4.4.6. Evapotranspiración.....	47
4.4.7. Uso del suelo .....	48
4.4.8. Hidrografía (CORPOGUAJIRA, 2010) .....	49
4.4.9. Fauna (CORPOGUAJIRA, 2010) .....	50
5. FASE I: EXPLORACIÓN GEOLÓGICA DE LA SUPERFICIE .....	51

5.1.	Cartografía Geológica.....	51
5.1.1.	Geología Regional (Mercado, 2003).....	51
5.1.2.	Geología Local.....	58
5.1.3.	Geología del depósito de Interés.....	58
5.2.	Geofísica Y Geoquímica.....	59
6.	FASE II: EXPLORACIÓN GEOLÓGICA DEL SUBSUELO.....	60
6.1.	Frentes De Explotación Actuales.....	60
6.2.	Muestreo.....	60
6.2.1.	Apiques.....	62
6.2.2.	Muestras.....	63
6.2.3.	Columna Estratigráfica.....	64
6.3.	Análisis De Los Resultados De Los Muestreos.....	65
6.3.1.	Análisis granulométrico por tamizado.....	65
6.3.2.	Límites de atterberg.....	70
6.3.3.	Análisis de densidad.....	74
6.3.4.	Análisis de absorción natural de la arcilla.....	74
6.3.5.	Contenido de humedad natural.....	74
6.3.6.	Análisis mineralógico por el método de difracción de rayos X.....	75
6.4.	Estudio Geotécnico.....	78
6.5.	Estudio Hidrológicos E Hidrogeológicos.....	79
7.	FASE III: EVALUACIÓN, MODELO GEOLÓGICO Y CÁLCULO DE RESERVAS 80	
7.1.	Modelo Geológico Para El Depósito De Arcilla.....	80
7.1.1.	Construcción del modelo geológico y estructural.....	82
7.2.	Calculo De Reservas Para El Depósito De Arcilla.....	84
7.3.	Área De Interés Minero.....	86
8.	FASE IV: PROGRAMA DE TRABAJO Y OBRAS.....	87
8.1.	Descripción Del Producto.....	87
8.2.	Análisis De Mercado.....	88
8.3.	Análisis De Cliente.....	89

8.4.	Análisis De Competencia .....	90
8.5.	Análisis De Proveedores.....	90
8.6.	Canales De Comercialización .....	91
8.7.	Análisis De Precios .....	91
8.8.	Diseño Y Planeamiento Minero.....	92
8.8.1.	Situación actual de la mina.....	92
8.8.2.	Análisis Comparativo de Métodos de Explotación Aplicables. ....	97
8.8.3.	Selección y propuesta del método y sector de explotación.....	102
8.8.4.	Producción proyectada.....	110
8.8.5.	Producción y vida útil del proyecto minero .....	110
8.8.6.	Calculo de rendimiento hombre.....	111
8.8.7.	Personal requerido, ciclo de trabajo y organización del proyecto ....	111
8.8.8.	Infraestructura, instalaciones y adecuaciones .....	112
8.9.	Beneficio De Los Materiales Explotados .....	113
8.9.1.	Proceso productivo recomendado .....	113
8.9.2.	Evaluación Del Proceso Productivo.....	122
8.10.	Evaluación Financiera Del Proyecto .....	123
8.10.1.	Métodos de estimación .....	123
8.10.2.	Inversión fija del proyecto.....	124
8.10.3.	Resumen de costos anuales y proyección de la vida útil del proyecto 128	
8.10.4.	Ingresos y proyección de la producción .....	129
8.10.5.	Utilidad.....	130
8.10.6.	Rentabilidad.....	131
9.	PLAN DE CIERRE Y ABANDONO .....	132
9.1.	Marco Legal Para El Cierre De La Mina.....	134
9.1.1.	Legislación minera .....	134
9.1.2.	Legislación ambiental.....	134
9.2.	Identificación De Los Criterios Ambientales, Aspectos Técnicos Y Medidas Mínimas A Considerar En El Cierre Y Abandono (Florez, 2015) .....	135

9.3. Planeación Y Manejo De La Mina Berak.....	136
9.3.1. Conservación de la diversidad biológica y manejo de las coberturas vegetales removidas.....	137
9.3.2. Adecuación de tierras.....	138
9.3.3. Revegetalización o diversificación vegetal .....	139
CONCLUSIÓN.....	140
BIBLIOGRAFÍA.....	142

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de localización al área de interés. Realizado por los autores del proyecto.....	41
Figura 2: Mapa de localización al área de interés. Tomado de: Google Earth. ....	41
Figura 3: Mapa de accesibilidad al área de interés (Línea roja corresponde a la ruta de acceso hasta la cantera BERAK). Tomado de: Google Earth. ....	42
Figura 4: Mapa topográfico del área de interés. Realizado por los autores del proyecto.....	43
Figura 5: Geomorfología de un área de la zona.....	44
Figura 6: Mapa de Naturaleza y los rasgos geográficos del departamento de la guajira. Tomado de: SINIC.gov.co. ....	45
Figura 7: Mapa geológico regional. Fuente servicio geológico colombiano plancha 27 y 28.....	51
Figura 8: Mapa geológico del área de interés. Realizado por los autores del proyecto.....	59
Figura 9: Localización de los apiques. Realizado por los autores del proyecto. ....	61
Figura 10: Apique en el área de estudio vista superior. Fuente autor. ....	62
Figura 11: Apique en el área de estudio vista superior. Fuente autor. ....	62
Figura 12: Muestras para análisis químico. Fuente autor.....	63
Figura 13: Muestras M1, M2, M3 para análisis granulométrico. Fuente autor. ....	63
Figura 14: Columna estratigráfica. Realizados por autores del proyecto.....	64
Figura 15: Sistema de Clasificación Unificada de Suelos (U.S.C.S). ....	69
Figura 16: Clasificación de la arcilla de acuerdo a su composición. (Caracterización de las arcillas para fabricación de ladrillos artesanales pág. 22).....	77
Figura 17: Características Hidrogeológicas del Área Minera.....	79
Figura 18: Perspectiva 3D del área de reserva. Tomado de: Google Earth .....	82
Figura 19: Modelo Digital del Terreno de la Mina Berak, en su estado original. ....	83
Figura 20: Modelo Digital del Terreno de la Mina Berak, después de la explotación. ....	83
Figura 21: Modelo de bloques de la Mina Berak sin intervención.....	85
Figura 22: Modelo de bloques de la Mina Berak al final de la explotación. ....	85
Figura 23: Dimensiones y nomenclatura de las caras y aristas del ladrillo. ....	88

Figura 24: Horno de la cantera Berak. ....	93
Figura 25: Área de secado.....	93
Figura 26: Un Área de secado. ....	94
Figura 27: Frente de explotación. ....	95
Figura 28: Trabajador en frente de explotación.....	95
Figura 29: Herramientas principales. ....	96
Figura 30: Tipos de yacimientos y métodos de explotación aplicados. Tomado de: Métodos de Minería a Cielo Abierto, Universidad Politécnica de Madrid, J Herrera, 2006. ....	99
Figura 31: Método de Explotación por Terrazas. ....	100
Figura 32: Método de Explotación por Canteras. ....	101
Figura 33: Sectores de explotación propuestos en el área de legalización minera. .....	102
Figura 34: Sentido de arranque y avance propuestos en el área de legalización minera. ....	103
Figura 35: Diseño conceptual de la explotación de la cantera. ....	104
Figura 36: División de los frentes de explotación en bloques. ....	106
Figura 37: Modelo de carreta para el transporte de los ladrillos. ....	109
Figura 38: Plan de recuperación paisajística y forestal. ....	136
Figura 39: Estanques piscícolas en áreas imposibles de sembrar. Tomado de: Producción Piscícola, 2014.....	139

## LISTA DE GRÁFICOS

Grafico 1: Valores históricos de precipitación. ....	46
Grafico 2: Valores históricos de temperatura. ....	47
Grafico 3: Curva granulométrica muestra M1.....	66
Grafico 4: Curva granulométrica muestra M2.....	67
Grafico 5: Curva granulométrica muestra M3.....	68
Grafico 6: Curva de flujo muestra M1.....	71
Grafico 7: Curva de flujo muestra M2.....	72
Grafico 8: Curva de flujo muestra M3.....	73
Grafico 9: Canal de distribución de la Mina Berak .....	91
Grafico 10: Organigrama general del proyecto minero.....	112
Grafico 11: Proceso de producción del ladrillo artesanal. Tomado de: Cuernavaca Mor, 2012 .....	114
Grafico 12: Avance y sentido de arranque de los frentes de explotación. ....	115

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Identificación y localización del área de Estudio.....	40
Tabla 2: Valores históricos de precipitación. ....	46
Tabla 3: Valores históricos de temperatura.....	47
Tabla 4: Coordenadas área de concesión. ....	58
Tabla 5: Coordenadas de apiques. ....	61
Tabla 6: Granulometría Muestra M1. ....	66
Tabla 7: Granulometría muestra M2. ....	67
Tabla 8: Análisis granulométrico muestra M3. ....	68
Tabla 9: Resultados Granulométrico de las muestras.....	69
Tabla 10: Análisis Límites de Atterberg muestra M1. ....	71
Tabla 11: Análisis límites de Atterberg muestra M2. ....	72
Tabla 12: Análisis limite Atterberg muestra M3. ....	73
Tabla 13: Análisis de densidad de las muestras. ....	74
Tabla 14: Análisis de absorción de las muestras. ....	74
Tabla 15: Contenido de humedad natural de las muestras. ....	74
Tabla 16: Resultado del análisis mineralógico (Thorez).....	75
Tabla 17: Resultado del análisis mineralógico (polvo total).....	76
Tabla 18: Resistencia a la comprensión simple vs densidad seca.....	78
Tabla 19: Rango del comportamiento de la arcilla en la comprensión simple. ....	78
Tabla 20: Coordenadas del área de interés. ....	92
Tabla 21: Coordenadas del área de interés. ....	97
Tabla 22: Estimado anual de extracción del mineral.....	107
Tabla 23: Personal requerido para el proyecto minero.....	111
Tabla 24: Inversión de herramientas requeridas para la explotación. ....	124
Tabla 25: Estimación mano de obra directa. ....	125
Tabla 26: Inversión por dotación de equipos de seguridad anual. ....	125
Tabla 27: Inversión en instalación e infraestructura. ....	126
Tabla 28: Inversión en manejo ambiental. ....	126

Tabla 29: Costos por pago de regalías. ....	127
Tabla 30: Resumen y proyección de los costos para 30 años. ....	128
Tabla 31: Producción e ingreso mensual y anual.....	129
Tabla 32: Ingresos y proyección de la producción de ladrillo estimada para 30 años. .....	129
Tabla 33: Resumen de ingresos, egresos y utilidad.....	130

## INTRODUCCIÓN

La minería es una de las actividades más antiguas e importante de la humanidad. Desde el principio de la Edad de Piedra, hace 2,5 millones de años o más, viene siendo la principal fuente de materiales para la fabricación de herramientas (Avisora, 2001).

Hoy en día, es el sinónimo del crecimiento económico y el desarrollo social de un país.

En el transcurso del tiempo el tema de la minería ha tomado un auge no solo por su aportación a la economía, sino también, por la necesidad y la contribución de no afectar al medio ambiente y a la sociedad, es por esto que se han tomado medidas y que se ha estudiado la manera de extraer minerales mitigando los efectos negativos que interviene en el ecosistema.

Se conoce que las operaciones mineras afectan la dinámica y la economía de los territorios en donde se desarrollan. Esto pone a un país como Colombia, rico en biodiversidad y recursos hídricos, en una encrucijada: o se protege el medio ambiente para preservar los recursos naturales prohibiendo la actividad minera o se permite y fomenta la minería a costa de este (Murillo, 2017). Sin embargo, se puede permitir que se haga minería bien hecha bajo las condiciones y leyes ambientales del país.

En Colombia se puede aprovechar los recursos mineros para impulsar el crecimiento económico, tratando de impactar en menor grado los ecosistemas y compensando el uso de la tierra de manera integral, desde la exploración hasta el cierre de la mina.

Así se ha mejorado en cierta forma las condiciones que radicaban en el conflicto de la minería con lo ambiental, que, aunque no desaparezca un 100% si mitiga la relación del daño con el medio ambiente, porque es posible realizar una minería responsable, con tecnologías más eficientes, con licenciamientos ambientales al día, restauración de hábitats, conservación de los animales y proyectos sociales que ayuden a la comunidad.

Colombia es uno de los países con más biodiversidad en el mundo y alberga a más del 10% de las especies de plantas y animales mundiales. Pero hoy día, el 40% del territorio colombiano está concesionado o solicitado por empresas multinacionales para realizar proyectos de extracción de minerales e hidrocarburos, lo cual refleja la intención del Gobierno colombiano de convertir el país en una potencia minera (Vicente, y otros, 2011).

Con el objetivo de estimular el desarrollo del sector minero el Gobierno ha promovido cambios normativos que han abierto camino para la intensificación de la explotación minera ya que declaró la minería como una actividad de utilidad pública

y de interés social, lo que permite la expropiación unilateral de bienes. También declaró la lucha contra la minería ilegal y concedió títulos mineros en zonas protegidas como páramos, resguardos indígenas y territorios colectivos afrodescendientes.

Es en este apartado en donde radica el principal problema de la minería, la ilegalidad.

La minería ilegal es el mayor enemigo del medio ambiente y la amenaza más relevante del ecosistema del país. La extracción de minerales sin ningún límite, sin ninguna autorización, y sin tener medidas lo convierte en una plaga que se ha expandido silenciosamente y que causa daños masivos en ocasiones irreparables.

Se ha convertido en un negocio rentable incluso mejor que el tráfico de estupefacientes, por eso es muy importante batallar contra la minería ilegal que afecta directamente al país, a la sociedad y a los recursos naturales.

Durante los últimos años, en Colombia se ha notado un crecimiento llamado el cáncer a la minería ilegal, que literalmente está consumiendo la tierra y los ríos de al menos nueve departamentos de Colombia, los efectos negativos de esta actividad se ven reflejados hasta los rincones del país, causando daños a todo lo que está en su paso incluyendo a quienes lo habitan, por tal motivo, con el fin de mitigar gran parte de la problemática expuesta, se lleva a cabo un estudio de programas de trabajos y obras a una cantera a cielo abierto de extracción de arcilla, ubicada en el municipio de Villanueva, La Guajira.

En el año 2000 se estimaba que el 36% de las explotaciones mineras en el país, se desarrollaban en el ámbito de la informalidad e ilegalidad. Es por eso, que en el año 2001 el Congreso de la Republica de Colombia aprobó la Ley 685 “tiene como objetivos de interés público fomentar la exploración técnica y la explotación de los recursos mineros de propiedad estatal y privada; estimular estas actividades en orden a satisfacer los requerimientos de la demanda interna y externa de los mismos y a que su aprovechamiento se realice en forma armónica con los principios y normas de explotación racional de los recursos naturales no renovables y del ambiente, dentro de un concepto integral de desarrollo sostenible y del fortalecimiento económico y social del país.” (Minambiente, 2001)

El Programa de Trabajos y Obras (PTO) “debe suministrar la base técnica, logística, económica y comercial para tomar la decisión de invertir o no en un proyecto minero” (Congreso de la republica, 2010). El artículo 78 de la Ley 685 de 2001 “establece los requerimientos para cualquier concesión minera durante el periodo de explotación, que son necesarios para determinar la existencia y ubicación del mineral o minerales encontrados, la geometría del depósito, la cantidad y calidad

económicamente explotables, la viabilidad técnica para extraerlos, así como el impacto sobre el medio ambiente y el entorno social que puedan causar estos trabajos en la zona. De esta manera los estudios de Trabajos y Obras están direccionados a suministrar técnicamente la ubicación, y cálculo de reservas, las características del yacimiento, a través de estudios geológicos, así como un plan minero de explotación detallado, especificado los medios y métodos a utilizarse, la escala y duración de la producción esperada, y una descripción de las características físicas y químicas del mineral a extraer”.

De acuerdo con los términos de referencia para el Programa de Trabajo y Obras (PTO) fue necesario hacer su desarrollo en 4 fases principales, las cuales son:

FASE I. Exploración Geológica de Superficie.

FASE II. Exploración Geológica del Subsuelo.

FASE III. Evaluación y Modelo Geológico.

FASE IV. Programa de Trabajos y Obras.

Para dar cumplimiento a las normas mencionadas anteriormente, es necesario realizar actividades encaminadas al reconocimiento de los materiales extraídos por la Mina Berak y el tipo de mineral que se está llevando a cabo.

## DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Una de las principales amenazas a nivel mundial del medio ambiente, es la minería ilegal, ya que con su actuación desenfrenada genera impactos negativos que se deben mitigar o evitar para preservar los recursos naturales. La minería ilegal no se somete a las reglas establecidas por el estado y constituye un inmenso porcentaje el cual consta del 60% al 70% de las explotaciones que se realizan.

Esta amenaza afecta directamente a todos los países y cada día crece de una manera devastadora y acelerada, ya que genera daños irreparables y se les ha dificultado implementar políticas de monitoreo y cumplimiento de leyes que permitan incorporar pequeños mineros informales dentro de un sistema legal. La minería ilegal, además de ser perjudicial se ha convertido en el enemigo más importante del estado, constituye un recto quebrantamiento de la ley y afecta no solo lo económico, sino también lo social y ambiental.

Con el tiempo ha tomado fuerza y se ha expandido por América, privándose de poder establecer, con anterioridad al inicio de su ejecución, una serie de medidas que mitiguen y corrijan los impactos generados, en razón a la intervención de las autoridades ambientales.

El Código de Minas de 2001 anunció la penalización e inhabilitación del minero que no se legalizara y dio un plazo de 3 años contados a partir del 1 de enero de 2002 para solicitar el título (Vicente, y otros, 2011). Aún con el anuncio del código de minas, la minería ilegal seguía lucrándose y expandiéndose por esto se vio la necesidad de catalogar dicha minería (ilegal) como un delito, que merecía seguimiento para su posible judicialización, ya que se desarrolla sin respeto a la normatividad y afecta nuestro medio ambiente.

En el Código Penal se tipificó como un delito la explotación ilegal de yacimiento minero (Codigo Penal, 2018) en donde se indica que todo aquel que explore, explote o extraiga un yacimiento mineral sin permiso de autoridad competente o que incumpla la normatividad existente, causando daños ambientales será delito y por tanto merecedor de un juicio.

El Gobierno ha ofrecido en los últimos quince años tres oportunidades de legalización de las actividades mineras que han resultado en un gran fracaso, los mineros tradicionales de hecho han visto truncada su aspiración de legalizar sus actividades, debido a la difícil situación de orden público de las zonas mineras, que incluso ha generado hasta al desplazamiento forzado de los mineros locales (Suárez & Defensoria del Pueblo, 2010).

La realidad social de las personas que ejercen esta actividad con cierto tiempo como medio de subsistencia no han logrado regularizar o legalizar sus actividades debido a las dificultades en el cumplimiento de los requisitos exigidos por las autoridades mineras y ambientales para tal fin, aunado a los obstáculos tecnológicos, educativos y de distancias geográficas que deben suplir estas comunidades para tener acceso a la información (Suárez & Defensoría del Pueblo, 2010).

Este tipo de minería en Colombia involucra un grupo heterogéneo de comunidades que van desde campesinos, indígenas, afrocolombianos, colonos y empresarios informales, hasta grupos al margen de la ley. En muchos casos, los mineros tienen el título legal, y en otros trabajan la tierra informalmente y son considerados ocupantes ilegales.

Los mineros ilegales, buscan el enriquecimiento rápido preferentemente sin control estatal (Suárez & Defensoría del Pueblo, 2010). A pesar de los esfuerzos de asistencia técnica y de desarrollo normativo de llamamiento a la legalidad realizados por el estado, estos no han fructificado. Legalizar una actividad minera, para los pequeños mineros puede ser un proceso tedioso y de alto costo en tiempo y dinero. Muchos de los pequeños mineros no alcanzaron a legalizarse por motivos económicos o por falta de información ya que, por lo general, la minería informal se practica en las zonas remotas de la geografía colombiana (Vicente, y otros, 2011).

Como consecuencia de esta actividad se ha producido distintos desastres ambientales, como lo es la destrucción de la corteza terrestre, la contaminación de las aguas, la afección a la flora, fauna, y los efectos negativos en la salud humana (Asociación Geoinnova, 2017), en reducción el mal uso y desenfrenado que se les da a los recursos naturales.

Finalmente, Muchos de los productos que ingresan de manera informal, pueden ser desviados por canales ilícitos y con frecuencia son vendidos de contrabando, también pueden ser usados para el lavado de dinero, los traficantes de drogas ya que a menudo compran oro a los mineros informales, o lo explotan directamente, y luego declaran el metal como parte del producto de una mina formal.

Otro de los usos que se da a estos productos es el de financiar las actividades de grupos rebeldes o al margen de la ley, utilizando como fuente de financiación la extorción a los mineros ilegales y tradicionales, en los sitios de explotación minera, a través de la solicitud de pagos mensuales, bien sea exigiendo una parte de la producción bruta de la mina o una cuota (Suárez & Defensoría del Pueblo, 2010), lo que nos afirma que la minería ilegal es hoy en día más que un problema económico y ambiental, es un problema social que hay que erradicar.

En Colombia se ha venido trabajando para erradicar la actividad criminal que por años ha saqueado las finanzas y destruyendo zonas extensas del país, actividad que el año pasado movió unos \$7 billones, una cifra muy superior a los \$2 billones que obtuvo el narcotráfico (Sáenz & Rubiano, 2017).

De hecho, el Plan Nacional de Desarrollo, legaliza la persecución con fuerza pública, el decomiso de herramientas y producción, el cierre de las minas y la penalización con cárcel del que realice extracción ilícita de minerales. En los cuatro primeros meses de 2011, el Gobierno cerró 191 minas y detuvo a 600 personas (Vicente, y otros, 2011). Pero aun así la minería ilegal sigue haciendo daño y esto no ha permitido que disminuya, sino que cada vez más aumenta su actividad peligrosa.

La explotación ilícita de yacimientos mineros se presenta en 25 departamentos, ya sea por explotación de oro, carbón o materiales de construcción. Antioquia, Cauca, Chocó, Nariño y el sur de Bolívar son los que sufren la mayor afectación ambiental y social, así como el involucramiento de grupos armados organizados y grupos de delincuencia organizada (Sáenz & Rubiano, 2017).

Hace cinco años, el presidente Juan Manuel Santos decidió crear una unidad de la Policía de Carabineros que se dedicará exclusivamente a luchar contra la minería ilegal, sin embargo, sigue presente la destrucción del medio ambiente, y miles de hectáreas de selva, contaminaciones de ríos y la financiación de grupos al margen de la ley, esto dio lugar a crear también la Brigada contra la Minería Ilegal del Ejército, para que, en conjunto con la Unidad Nacional Contra la Minería Ilegal de la Policía, ataque el fenómeno, que se calcula se ha expandido a 289 municipios del territorio nacional y su producción representa el 80 % del oro que exporta el país (Rubiano, 2017).

Mientras se ejecuta esta nueva estrategia, la minería ilegal sigue comiéndose las orillas de los ríos y perjudicando el ecosistema. El departamento de La Guajira, es muy conocido por su gran campo minero, siendo la minería su principal actividad económica, cuenta con una de las minas de carbón a cielo abierto más grande del mundo y sin embargo se observa cómo es afectada por la minería ilegal, aunque pareciera en menor medida, pero lo cierto es que en La Guajira se hace notar la minería ilegal, y prueba de ello son las continuas labores de registro y control militar aérea que realizan las tropas de la Décima Brigada Blindada en La Guajira y la Unidad Operativa Menor, la cual están comprometidas con los habitantes de la región, fortaleciendo día a día la seguridad y propiciando golpes a las actividades delictivas de los grupos ilegales que delinquen en esta zona del país (Martínez Hernández, 2016).

En Villanueva, La Guajira también se presenta la práctica de la minería informal, es un caso muy común entre las poblaciones, por el momento no existe ninguna cantera formalizada, una de las causas es la falta de información, ya que son legislaciones que se desconocen y que las entidades estatales aún no han monitoreado ni ha brindado seguimiento o al menos la ayuda de capacitarlos con la propuesta debida, por lo general son personas de bajos recursos y baja escolaridad que se han dedicado a la minería ilegal para su sustento diario y con el avance de las estrategias del gobierno para combatir la minería ilegal, se hace indispensable comenzar los trámite para la legalización de las canteras, es muy importante para las personas, la comunidad y el medio ambiente poder realizar una minería bien hecha, con sostenibilidad, con capacitación y conocimiento para así, mitigar y evitar, seguir contribuyendo con la minería ilegal, que es perjudicial no solo para el medio ambiente sino también para la sociedad y las futuras generaciones.

Es inevitable que una explotación minera cause un impacto ambiental en su entorno físico, pero con el Programa de Trabajos y Obras se adoptan medidas de control, mitigación y prevención, para poder contrarrestar tales efectos.

¿Cuáles son los elementos que se deben tener en cuenta para que el programa de trabajo y obras sea óptimo para la legalización de la mina Berak?

## JUSTIFICACIÓN

En este proyecto de investigación se realizó el estudio del programa de trabajos y obras para la cantera Berak, ubicada en Villanueva la Guajira, con el fin de comenzar y adelantar los trámites necesarios para el proceso de su formalización y legalización, y así poder cumplir con las exigencias ambientales, las administrativas, las técnicas y sociales, orientadas por las entidades estatales.

Este proyecto es importante porque así podemos contribuir a que la minería ilegal disminuya, ya que es uno de los principales problemas que afecta directamente a la economía y al ecosistema del país que va destruyendo el medioambiente poniendo en riesgo los recursos naturales y acelerando la destrucción del planeta.

Con la culminación de este proyecto se cumplirá uno de los requisitos amparados por la Agencia Nacional de Minería, para llevar a cabo la legalidad de la cantera Berak de arcilla, de igual manera podemos aportar para el crecimiento económico y social del país, y su desarrollo sostenible, así como también la concientización a otras canteras informales a que tomen la iniciativa de comenzar los trámites para su legalización, en donde nos contribuye a poder realizar una minería responsable, bien hecha, para mitigar la grave crisis que enfrenta el país por los efectos devastadores de la minería ilegal, siguiendo los lineamientos de una minería legal consciente de los impactos ambientales que ocasiona la actividad, para lo cual, además de cumplir con las obligaciones legales y contractuales surgidas con la ocasión de un contrato de concesión minera o título minero, adelanta programas de prevención y mitigación, rehabilitación y compensación que exigen las autoridades ambientales competentes.

Finalmente, todo este proceso llevara a la cantera Berak de arcilla a ser legal, a estar bajo la legislación minera y a cumplir con las normativas de las entidades competentes, a no quebrantar la ley y posterior como beneficio a no tener riesgos y temor a futuro de ser prohibida su actividad y especialmente garantiza para sus productos más seguridad y confianza a la hora de competir en el mercado.

## 1. OBJETIVOS

### 1.1. Objetivo General

Formular el programa de trabajos y obras para la cantera de arcilla Berak, ubicada en Villanueva Guajira.

### 1.2. Objetivos Específicos

- Determinar las condiciones actuales en el área de estudio mediante observaciones directas en campo.
- Analizar las características y calidad del mineral a través de las muestras analizados en laboratorio.
- Determinar la viabilidad de la cantera Berak a través de estudios geológicos.
- Estimar el cálculo de reservas en la cantera de arcilla Berak.
- Diseñar el modelo geológico de la cantera Berak.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

Cendales, Sánchez y Villamil (2011) realizaron el estudio del programa de trabajos y obras para la explotación correspondiente al contrato de concesión No. HKU-08051, el cual comprendía la información de la descripción general del área, las características geológicas y estructurales, el cálculo de reservas, el planeamiento minero, la infraestructura requerida, la evaluación económica y el plan de abandono, como resultado de los trabajos de exploración adelantados en el área del Contrato, el cual fue solicitado por Liliana Patricia Chitiva para la exploración y explotación de minerales de oro y sus concentrados. localizado en el municipio de Ataco, departamento del Tolima.

La metodología empleada en la realización del estudio se basó a lo estipulado en los Términos de Referencia creados y adoptados por el Ministerio de Minas y Energía para este tipo de proyectos.

Este proyecto nos ayudó mucho con la estructura y el cuerpo de nuestra investigación, básicamente es muy similar y nos aportó mucho en la realización.

Fontalvo y Gutiérrez (2014) realizaron un proyecto de investigación que consistió en el diseño de un horno para cocción de ladrillos refractarios en una empresa del sector ladrillero, con el fin de mejorar la capacidad productiva y la calidad del producto final, disminuir la contaminación ambiental y que sea fácil de operar.

La investigación de este trabajo de grado es de tipo descriptiva aplicada. Requiere que los investigadores profundicen en los conceptos relacionados con diseño de hornos para que puedan desarrollar una propuesta con buenas bases de ingeniería. Este proyecto implicó la definición de la configuración geométrica y física del horno, incluyendo materiales a utilizar para su construcción, también los procesos de transferencia de calor, termodinámica y combustión, que definen la eficiencia energética esperada del sistema.

Buitrago y Meza (2015) En esta investigación realizaron un plan de negocio para la elaboración y fabricación de ladrillos tipo refractorios, con el fin de evaluar la factibilidad de inversión mediante el desarrollo de diferentes estudios: como estudio de mercado en donde se analizó componentes básicos de oferta, demanda, el precio y la comercialización; estudio técnico el cual les permitió determinar la localización más adecuada para llevar a cabo la instalación de la planta de producción, costos unitarios, el margen de contribución, y finalmente la capacidad diseñada, instalada y utilizada del proyecto. También analizaron el impacto

ambiental, social, político, legal y económico que se generan al poner en marcha la propuesta.

Finalmente determinaron la factibilidad financiera, mediante el análisis de indicadores de rentabilidad, conocieron las inversiones a realizar, los ingresos y egresos proyectados a 10 años y se identificaron los pasos y requerimientos que se necesitaban para registrar la compañía en la cámara de comercio para su funcionamiento.

Quiñonez Rodríguez (2014) realizó la modificación programa de trabajo y obras (PTO) del contrato de concesión jbk-16101. Consistió en la Modificación del Programa de Trabajos y Obras; para la explotación de materiales de construcción existentes dentro del Contrato de Concesión No. JBK-1610 presentado a la Agencia Nacional de Minería Regional Ibagué por el señor Anunciación Trujillo Andrade identificado con la cédula de ciudadanía N 2 4.895.027 de Tesalia Huila como titular.

La modificación del Plan de Trabajos y Obras, pretendió responder a las necesidades del titular en cuanto a satisfacer la demanda de materiales de construcción por medio de la puesta en marcha de una explotación técnica y racional del mineral, la cual este en concordancia con el medio ambiente, desarrollando medidas de manejo, control, y compensación del medio en las áreas intervenidas de tal forma que se pueda compensar y mitigar adecuadamente los efectos ocasionados, permitiendo así adelantar un desarrollo sostenible con el fin de lograr el máximo aprovechamiento del recurso, involucrando un manejo ambiental apropiado.

En la elaboración del documento se contempla una serie de elementos necesarios para el desarrollo del proyecto que van desde el aprovechamiento racional de los recursos existentes mediante la inclusión en el planeamiento minero de la explotación de gravas y arenas de cantera, hasta la construcción, instalación y montajes mineros necesarios para la extracción y beneficio de los minerales, así como las medidas y programas de seguridad; su correspondiente estudio de factibilidad económica, apoyados en los estudios de exploración geológica y estudios de impacto ambiental.

La modificación del Programa de Trabajos y Obras se encuentra ligado al Esquema de Ordenamiento Territorial del Municipio de Tesalia. y de acuerdo a lo estipulado por la autoridad minera, siguiendo los términos de referencia, las guías minero ambiental y el marco normativo vigente.

## 2.2. Marco Normativo

### Código minero ley 185 del 2001

- **Artículo 30 Procedencia lícita.** Toda persona que a cualquier título suministre minerales explotados en el país para ser utilizados en obras, industrias y servicios, deberá acreditar la procedencia lícita de dichos minerales con la identificación de la mina de donde provengan, mediante certificación de origen expedida por el beneficiario del título minero o constancia expedida por la respectiva Alcaldía para las labores de barequeo de que trata el artículo 155 del presente Código. Este requisito deberá señalarse expresamente en el contrato u orden de trabajo o de suministro que se expida al proveedor.
- **Artículo 45 Definición.** El contrato de concesión minera es el que se celebra entre el Estado y un particular para efectuar, por cuenta y riesgo de este, los estudios, trabajos y obras de exploración de minerales de propiedad estatal que puedan encontrarse dentro de una zona determinada y para explotarlos en los términos y condiciones establecidos en este Código. Este contrato es distinto al de obra pública y al de concesión de servicio público. El contrato de concesión comprende dentro de su objeto las fases de exploración técnica, explotación económica, beneficio de los minerales por cuenta y riesgo del concesionario y el cierre o abandono de los trabajos y obras correspondientes.
- **Artículo 47 Los trabajos y obras.** Los estudios, trabajos y obras a que por virtud de la concesión queda comprometido el concesionario por causa del contrato, son los que expresamente se enumeran en este Código. No habrá lugar a modificarlos ni adicionarlos, ni a agregar otros por disposición de las autoridades. Los reglamentos, resoluciones, circulares, documentos e instructivos que le señalen o exijan trabajos, estudios y obras de carácter minero, distintas, adicionales o complementarias que hagan más gravosas sus obligaciones, carecerán de obligatoriedad alguna y los funcionarios que los ordenen se harán acreedores a sanción disciplinaria y serán responsables civilmente con su propio pecunio de los perjuicios que por este motivo irroguen a los interesados.
- **Artículo 48 Permisos adicionales.** El concesionario de minas para proyectar, preparar y ejecutar sus estudios, trabajos y obras, no requerirá licencias, permisos o autorizaciones distintas de las relacionadas en este Código o en las disposiciones legales a que éste haga remisión expresa, sin perjuicio de la competencia de la autoridad ambiental.
- **Artículo 78 Trabajos de exploración.** Los estudios, trabajos y obras a que está obligado el concesionario durante el período de exploración por métodos

de subsuelo, son los necesarios para establecer y determinar la existencia y ubicación del mineral o minerales contratados, la geometría del depósito o depósitos dentro del área de la concesión, en cantidad y calidad económicamente explotables, la viabilidad técnica de extraerlos y el impacto que sobre el medio ambiente y el entorno social puedan causar estos trabajos y obras.

- **Artículo 79 Técnicas y especificaciones aplicables.** Los estudios, trabajos y obras propios de la exploración se ejecutarán con estricta aplicación de los criterios y reglas de orden técnico, propios de las ciencias y prácticas de la geología y la ingeniería de minas, así como con las normas y guías adoptadas por el Gobierno.
- **Artículo 80 Objeto de los trabajos.** Los estudios, trabajos y obras de exploración, estarán dirigidos a establecer y calcular técnicamente las reservas del mineral o minerales, la ubicación y características de los depósitos o yacimientos, la elaboración detallada del plan minero por ejecutarse, los medios y métodos de explotación, y la escala y duración factibles de la producción esperada.
- **Artículo 81 Términos de referencia y guías.** Con la presentación de la propuesta de concesión, el interesado se obliga a adelantar la exploración de acuerdo con los términos de referencia y guías mineras que para el efecto elaborará la autoridad minera.
- **Artículo 82 Delimitación y devolución de áreas.** Al finalizar el período de exploración se deberá presentar la delimitación definitiva de la zona del área contratada que va a quedar vinculada a los trabajos y obras de explotación, más las obras estrictamente necesarias para el beneficio, transporte interno, servicios de apoyo y obras de carácter ambiental para lo cual se deberán tener en cuenta los valores, ubicación y cálculo de las reservas existentes al igual que la producción esperada indicados en el Plan de Trabajos y Obras de explotación elaborado de acuerdo con el artículo 84 de este Código. Con oportunidad de esta delimitación, el concesionario estará obligado a devolver, en lotes contiguos o discontinuos, las partes del área que no serán ocupadas por los trabajos y obras mencionados. El área retenida deberá estar constituida por una extensión continua. En todo caso, no se permitirá retener áreas en el contrato de concesión que no sean económicamente explotables. El interesado, por razones de seguridad, podrá establecer una franja de terreno circundante de los lugares en los que se desarrollen los trabajos y de las zonas ocupadas por las instalaciones y obras.
- **Artículo 83 Zonas de exploración adicional.** El concesionario, para los efectos de la devolución de zonas, podrá pedir que por un plazo prudencial que no puede pasar de dos (2) años, se lo autorice para retener, con base en el contrato, zonas continuas del área contratada con el objeto de proseguir

en ellas labores de exploración técnica las cuales deberán estar incluidas en la Licencia Ambiental. Estas zonas, en caso de resolver el concesionario posteriormente ponerlas en explotación, deberá incorporarlas al Programa de Trabajos y Obras y pedir la modificación de la respectiva Licencia Ambiental si a ello hubiere lugar.

- **Artículo 84 Programa de trabajos y obras.** Como resultado de los estudios y trabajos de exploración, el concesionario, antes del vencimiento definitivo de este período, presentará para la aprobación de la autoridad concedente o el auditor, el Programa de Trabajos y Obras de Explotación que se anexará al contrato como parte de las obligaciones. Este programa deberá contener los siguientes elementos y documentos:
  - Delimitación definitiva del área de explotación.
  - Mapa topográfico de dicha área.
  - Detallada información cartográfica del área y, si se tratare de minería marina especificaciones batimétricas.
  - Ubicación, cálculo y características de las reservas que habrán de ser explotadas en desarrollo del proyecto.
  - Descripción y localización de las instalaciones y obras de minería, depósito de minerales, beneficio y transporte y, si es del caso, de transformación.
  - Plan Minero de Explotación, que incluirá la indicación de las guías técnicas que serán utilizadas.
  - Plan de Obras de Recuperación geomorfológica paisajística y forestal del sistema alterado.
  - Escala y duración de la producción esperada. Características físicas y químicas de los minerales por explotarse.
  - Descripción y localización de las obras e instalaciones necesarias para el ejercicio de las servidumbres inherentes a las operaciones mineras.
  - Plan de cierre de la explotación y abandono de los montajes y de la infraestructura.
- **Artículo 85 Estudio de Impacto Ambiental.** Simultáneamente con el Programa de Trabajos y Obras deberá presentarse el estudio que demuestre la factibilidad ambiental de dicho programa. Sin la aprobación expresa de este estudio y la expedición de la Licencia Ambiental correspondiente no habrá lugar a la iniciación de los trabajos y obras de explotación minera. Las obras de recuperación geomorfológica, paisajística y forestal del ecosistema alterado serán ejecutadas por profesionales afines a cada una de estas labores. Dicha licencia con las restricciones y condicionamientos que imponga al concesionario, formarán parte de sus obligaciones contractuales.

- **Artículo 86 Correcciones.** Si la autoridad concedente encontrare deficiencias u omisiones de fondo en el Programa de Trabajo y Obras o la autoridad ambiental en el Estudio de Impacto Ambiental, que no pudiere corregirse o adicionarse de oficio, se ordenarán hacerlo al concesionario. Las observaciones y correcciones deberán puntualizarse en forma completa y por una sola vez. No habrá lugar a pedir correcciones o adiciones de simple forma o que no incidan en el lleno de los requisitos y elementos sustanciales del Programa de Trabajo y Obras y del Estudio de Impacto Ambiental o que no impidan establecer y valorar sus componentes.
- **Artículo 89 Características.** Las construcciones, instalaciones y montajes mineros deberán tener las características, dimensiones y calidades señaladas en el Programa de Trabajos y Obras aprobado. Sin embargo, el concesionario podrá, durante su ejecución, hacer los cambios y adiciones que sean necesarios. Las autoridades minera y ambiental deberán ser informadas previamente de tales cambios y adiciones.
- **Artículo 94 Explotación anticipada.** Si el concesionario optare por iniciar una explotación anticipada utilizando obras, instalaciones y equipos provisionales, o las partes disponibles de las obras e instalaciones definitivas, deberá presentar un Programa de Trabajos y Obras anticipado, una descripción abreviada de los montajes que vaya a utilizar y dar aviso de la iniciación de dicha explotación. Todo, sin perjuicio de tener oportunamente establecidas las obras e instalaciones definitivas.
- **Artículo 99 Manejo adecuado de los recursos.** El concesionario está obligado a poner en práctica las reglas, métodos y procedimientos técnicos propios de la explotación minera, que eviten daños a los materiales explotados o removidos o que deterioren o esterilicen las reservas.
- **Artículo 159 Exploración y explotación ilícita.** La exploración y explotación ilícita de yacimientos mineros, constitutivo del delito contemplado en el artículo 244 del Código Penal, se configura cuando se realicen trabajos de exploración, de extracción o captación de minerales de propiedad nacional o de propiedad privada, sin el correspondiente título minero vigente o sin la autorización del titular de dicha propiedad.
- **Artículo 160 Aprovechamiento ilícito.** El aprovechamiento ilícito de recursos mineros consiste en el beneficio, comercio o adquisición, a cualquier título, de minerales extraídos de áreas no amparadas por un título minero. En estos casos el agente será penalizado de conformidad con lo establecido en el artículo 244 del Código Penal, exceptuando lo previsto en este Código para la minería de barequeo.
- **Artículo 161 Decomiso.** Los alcaldes efectuarán el decomiso provisional de los minerales que se transporten o comercien y que no se hallen amparados por factura o constancia de las minas de donde provengan. Si se comprobare

la procedencia ilícita de los minerales se pondrán además a disposición de la autoridad penal que conozca de los hechos. Lo dispuesto en este artículo no se aplicará a la minería de barequeo.

- **Artículo 162 No expedición de títulos.** La autoridad judicial que hubiere impuesto sanción a una persona por los delitos de aprovechamiento ilícito y exploración o explotación ilícita de yacimientos mineros, comunicará la sentencia en firme a la autoridad minera nacional para los efectos del artículo siguiente.
- **Artículo 163 Inhabilidad especial.** Quien haya sido condenado por aprovechamiento ilícito o por exploración o explotación ilícita de recursos minerales quedará inhabilitado para obtener concesiones mineras por un término de cinco (5) años. Esta pena accesoria será impuesta por el juez en la sentencia.
- **Artículo 165 Legalización.** Los explotadores de minas de propiedad estatal sin título inscrito en el Registro Minero Nacional, deberán solicitar, en el término improrrogable, de tres (3) años contados a partir del primero (1º) de enero de 2002, que la mina o minas correspondientes les sean otorgadas en concesión llenando para el efecto todos los requisitos de fondo y de forma y siempre que el área solicitada se hallare libre para contratar. Formulada la solicitud y mientras ésta no sea resuelta por la autoridad minera, no habrá lugar a proceder, respecto de los interesados, mediante las medidas previstas en los artículos 161 y 306, ni a proseguirles las acciones penales señaladas en los artículos 159 y 160 de este Código. Los procesos de legalización de que trata este artículo, se efectuarán de manera gratuita por parte de la autoridad minera. Adicionalmente, esta última destinará los recursos necesarios para la realización de éstos, en los términos del artículo 58 de la Ley 141 de 1994. Los títulos mineros otorgados o suscritos, pendientes de inscripción en el Registro Minero Nacional, con anterioridad a la vigencia de este Código, serán inscritos en el mismo y para su ejecución deberán cumplir con las condiciones y obligaciones ambientales pertinentes. Tampoco habrá lugar a suspender la explotación sin título, ni a iniciar acción penal, en los casos de los trabajos de extracción que se realicen en las zonas objeto de los Proyectos Mineros Especiales y los Desarrollos Comunitarios adelantados conforme a los artículos 248 y 249, mientras estén pendientes los contratos especiales de concesión objeto de dichos proyectos y desarrollos
- **Artículo 194 Sostenibilidad.** El deber de manejar adecuadamente los recursos naturales renovables y la integridad y disfrute del ambiente, es compatible y concurrente con la necesidad de fomentar y desarrollar racionalmente el aprovechamiento de los recursos mineros como componentes básicos de la economía nacional y el bienestar social. Este

principio deberá inspirar la adopción y aplicación de las normas, medidas y decisiones que regulan la interacción de los dos campos de actividad, igualmente definidos por la ley como de utilidad pública e interés social.

- **Artículo 195 Inclusión de la Gestión Ambiental.** Para todas las obras y trabajos de minería adelantados por contrato de concesión o por un título de propiedad privada del subsuelo, se incluirán en su estudio, diseño, preparación y ejecución, la gestión ambiental y sus costos, como elementos imprescindibles para ser aprobados y autorizados. En ningún caso la autoridad ambiental podrá otorgar permisos, concesiones, autorizaciones o licencias de orden ambiental, para obras y trabajos no amparados por un título minero.
- **Artículo 204 Estudio de Impacto Ambiental.** Con el Programa de Obras y Trabajos Mineros que resultare de la exploración, el interesado presentará, el Estudio de Impacto Ambiental de su proyecto minero. Este estudio contendrá los elementos, informaciones, datos y recomendaciones que se requieran para describir y caracterizar el medio físico, social y económico del lugar o región de las obras y trabajos de explotación; los impactos de dichas obras y trabajos con su correspondiente evaluación; los planes de prevención, mitigación, corrección y compensación de esos impactos; las medidas específicas que se aplicarán para el abandono y cierre de los frentes de trabajo y su plan de manejo; las inversiones necesarias y los sistemas de seguimiento de las mencionadas medidas. El Estudio se ajustará a los términos de referencia y guías ambientales previamente adoptadas por la autoridad ambiental en concordancia con el artículo 199 del presente Código.
- **Artículo 206 Requisito ambiental.** Para las obras y trabajos de la explotación temprana, el interesado deberá obtener Licencia Ambiental, que posteriormente podrá ser modificada para amparar los trabajos definitivos de explotación con el lleno de los requisitos legales.
- **Artículo 278 Adopción de términos de referencia y guías.** La autoridad minera adoptará términos de referencia normalizados, aplicables en la elaboración, presentación y aprobación de los estudios mineros, guías técnicas para adelantar los trabajos y obras en los proyectos mineros y procedimientos de seguimiento y evaluación para el ejercicio de la fiscalización, teniendo en cuenta lo previsto en el artículo 60 de este Código. Tales términos, guías y procedimientos tendrán como objeto facilitar y agilizar las actuaciones de las autoridades y de los particulares. La no sujeción a ellos en cuestiones simplemente formales no dará lugar al rechazo o dilación de la correspondiente solicitud, estudio o decisión.
- **Artículo 306 Minería sin título.** Los alcaldes procederán a suspender, en cualquier tiempo, de oficio o por aviso o queja de cualquier persona, la explotación de minerales sin título inscrito en el Registro Minero Nacional.

Esta suspensión será indefinida y no se revocará sino cuando los explotadores presenten dicho título. La omisión por el alcalde de esta medida, después de recibido el aviso o queja, lo hará acreedor a sanción disciplinaria por falta grave.

- **Artículo 331 Daños en los recursos naturales.** El que con incumplimiento de la normatividad existente destruya, inutilice, haga desaparecer o de cualquier otro modo dañe los recursos naturales a que se refiere este título, causándoles una grave afectación o a los que estén asociados con éstos o se afecten áreas especialmente protegidas incurrirá en prisión de dos (2) a seis (6) años y multa de cien (100) a diez mil (10.000) salarios mínimos legales mensuales vigentes.
- **Artículo 338 Explotación ilícita de yacimiento minero y otros materiales.** (Penas aumentadas por el artículo 14 de la ley 890 de 2004) El que sin permiso de autoridad competente o con incumplimiento de la normatividad existente explote, explore o extraiga yacimiento minero, o explote arena, material pétreo o de arrastre de los cauces y orillas de los ríos por medios capaces de causar graves daños a los recursos naturales o al medio ambiente, incurrirá en prisión de treinta y dos (32) a ciento cuarenta y cuatro (144) meses y multa de ciento treinta y tres punto treinta y tres (133.33) a cincuenta mil (50.000) salarios mínimos legales mensuales vigentes.

**Código penal capítulo único.** delitos contra los recursos naturales y medio ambiente

**Artículo 12 de la Ley 1382 de 2010** establece la legalización de la minería tradicional para los explotadores, grupos y asociaciones que exploten minas de propiedad estatal sin título inscrito en el Registro Minero Nacional.

**Artículo 1 del Decreto número 1970 de 2012** estableció que la Autoridad Minera será la encargada de adelantar todo el trámite de legalización de la actividad minera ejecutada por aquellos explotadores, grupos y asociaciones, que acrediten ser mineros tradicionales y que exploten minas de propiedad estatal sin título minero inscrito en el Registro Minero Nacional.

**Decreto-ley 4134 del 2011**, el Gobierno Nacional creó la Agencia Nacional de Minería, como una agencia estatal de naturaleza especial, del sector descentralizado de la Rama Ejecutiva del Orden Nacional, con personería jurídica, patrimonio propio y autonomía administrativa, técnica y financiera, adscrita al Ministerio de Minas y Energía, cuyo objeto es administrar integralmente los recursos minerales de propiedad del Estado.

**Artículo 15 del Decreto número 4134 de 2011** establece como una función a cargo de la Vicepresidencia de Contratación y Titulación de la Agencia Nacional de Minería, la de controlar el proceso de titulación y de otorgamiento de concesiones mineras.

**Artículo 16 del Decreto número 1970 de 2012** señala que en caso que en el informe técnico de la visita realizada por la Autoridad Minera competente y en el acta de mediación, cuando a ello haya lugar, se estime viable continuar con el proceso de legalización, se comunicará dicha situación al interesado, quien debe presentar el Programa de Trabajo y Obras (PTO) y el Plan de Manejo Ambiental (PMA), a las Autoridades competentes, de acuerdo a los términos de referencia establecidos por dichas entidades.

**Artículo 17 del Decreto número 1970 de 2012** dispone que para los Programas de Trabajos y Obras que deben presentar los interesados en la solicitud de legalización de minería tradicional, la Autoridad Minera competente debe elaborar en un plazo máximo de tres (3) meses contados a partir del día siguiente a la fecha de publicación del presente decreto, unos términos de referencia adaptados a las condiciones socioeconómicas, técnicas y ambientales de la actividad minera objeto de legalización, para la presentación de los mismos.

### **2.3. Marco Conceptual**

**Programa de trabajos y obras (PTO):** Son estudios para establecer y determinar la existencia y ubicación del mineral o minerales contratados, la geometría del depósito o depósitos dentro del área de la concesión, en cantidad y calidad económicamente explotables, la viabilidad técnica de extraerlos y el impacto que sobre el medio ambiente y el entorno social puedan causar estos trabajos y obras. están dirigidos a establecer y calcular técnicamente las reservas de los materiales o minerales, la ubicación y características de los depósitos o yacimientos (Exploración Geológica); la elaboración detallada del plan minero por ejecutarse, al cual se le adiciona el programa mínimo exploratorio los medios y métodos de explotación, y la escala y duración factibles de la producción esperada (Estudios de Factibilidad del Proyecto) (AGENCIA NACIONAL DE MINERIA, 2016).

**Términos de Referencia:** tienen como objetivo definir en el ámbito general los requerimientos, elementos y condiciones de los estudios, trabajos y obras de la industria minera en sus fases de exploración técnica, construcción y montaje, explotación, beneficio, transformación y transporte de los recursos minerales que se encuentren en el suelo o el subsuelo de propiedad estatal y asegurar que su aprovechamiento comercial e industrial se realice en forma armónica con los

principios y normas de explotación racional de los recursos naturales no renovables y del ambiente, dentro de un concepto integral de desarrollo sostenible y del fortalecimiento económico y social del país (AGENCIA NACIONAL DE MINERIA, 2016).

**Objeto de la exploración y explotación minera:** Es adelantar estudios geológicos – mineros suficientes y desarrollar proyectos mineros económicamente viables y ambientalmente sostenibles, que contribuyan al desarrollo del país (AGENCIA NACIONAL DE MINERÍA, 2013).

**Reservas explotables:** Son aquellas reservas disponibles básicas que un estudio de factibilidad define como extraíbles económicamente (AGENCIA NACIONAL DE MINERÍA, 2013).

**Cantera:** se entiende por cantera el sistema de explotación a cielo abierto para extraer de él rocas o minerales no disgregados, utilizados como material de construcción (Glosario Minería, 2013).

**Arcilla:** La palabra arcilla se emplea para hacer referencia a rocas sedimentarias y, en general, a un material terroso de grano fino que se hace plástico al ser mezclado con una cantidad limitada de agua. Las arcillas son siempre de grano muy fino, el límite superior en el tamaño de los granos corresponde, por lo general, a un diámetro de 0,004 mm (Glosario Minería, 2013).

**Autoridad minera:** Es el Ministerio de Minas y Energía o, en su defecto, la autoridad nacional, que de conformidad con la organización de la administración pública y la distribución de funciones entre los entes que la integran (MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, 2012).

### 3. METODOLOGÍA

Esta investigación se basa en la elaboración del programa de trabajos y obras para la cantera Berak en Villanueva La Guajira, el tipo de investigación es cuantitativa ya que es una forma estructurada de recopilar y analizar datos obtenidos de distintas fuentes, implica el uso de herramientas informáticas, estadísticas, y matemáticas para obtener resultados y es concluyente en su propósito porque trata de cuantificar el problema y entender qué tan generalizado está mediante la búsqueda de resultados proyectables a una población mayor.

Este proyecto es de tipo cuantitativo, ya que la zona de interés que vamos a examinar no ha sido estudiada y no contiene ningún tipo de datos de investigación, nos centramos en los aspectos observables susceptibles de cuantificación, y utilizamos la estadística para el análisis de los datos. La Población es Villanueva La Guajira y la muestra es la cantera de arcilla Berak.

En este estudio se realizará el programa de trabajos y obras, lo cual están basados en los términos de referencia adoptados por las autoridades mineras. Se ha dividido el avance de la investigación en 4 fases y para llevar a cabo el desarrollo de estas fases es necesario realizar una serie de actividades que permitan establecer el modelo del yacimiento y el respectivo cálculo de reservas que son índice en el PTO, las fases a seguir se encuentran como punto obligatorio en los términos de referencia dado por (AGENCIA NACIONAL DE MINERIA, 2016), las cuales son:

#### **FASE I. Exploración Geológica de superficie**

Esta Fase comprende todas las actividades exploratorias de superficie que se hayan adelantado o se tengan que adelantar en superficie, con miras a caracterizar la sustancia mineral que se presenta en el área y establecer zonas potenciales desde el punto de vista geológico - minero. No obstante, el carácter obligatorio de las actividades aquí propuestas, dependerán del tipo de yacimiento, del material o productos objeto de la contratación y de la magnitud del proyecto.

Se recopiló la información bibliográfica necesaria para obtener un marco general y geológico del área de estudio, lo cual permitió conocer de forma global los diferentes aspectos topográficos, geomorfológicos, estructuras geológicas y litológicas, A través de Planos topográficos y plancha geológica No 28, la Memoria explicativa de la geología de la Guajira, Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), Servicio geológico Colombia (SGC).

## **FASE II. Exploración Geológica del Subsuelo**

El estudio de la geología del subsuelo consistió en reconocer el tipo de depósito presente en el área de estudio. El material a explotar en el área minera pertenece a materiales de construcción de las formaciones geológicas de Abanicos y Terrazas Aluviales, específicamente arcilla.

En esta Fase se permitió delimitar el depósito potencialmente económico, con estimativos más específicos de tamaño y contenido mineral entre otros; estos aspectos accedieron a definir posteriormente el verdadero potencial geológico-minero del yacimiento.

El área de concesión tiene un frente de explotación activo, se realizaron 3 apiques y se tomaron 3 muestras del suelo con un peso de 3 kilogramos, a una profundidad de 3 metros con dimensiones de 1 metro de largo por 1 metro de ancho a una distancia considerable, esto se hizo con el fin de verificar la existencia del material a explotar, siendo la primera fase de explotación del proyecto minero.

Las muestras fueron llevadas a laboratorio, donde se les realizó el análisis de las propiedades físico – mecánicas como Densidad, Humedad, análisis de absorción, granulometría por tamizado, análisis mineralógico por el método difracción de rayos X, Límites de Atterberg y resistencia lo cual nos brindó información para obtener algunos datos de ensayo de Plasticidad, Composición química de la arcilla y Granulometría.

Obtuvimos información de los estudios hidrogeológicos e hidrológicos

## **FASE III. Evaluación y Modelo Geológico.**

Con base en los resultados obtenidos en la Fase I y en la Fase II, se realizó una evaluación e interpretación de toda la información geológica, dentro del marco de una conceptualización geológico y minera del yacimiento. Se estableció el modelo geológico y se formuló el cálculo de las reservas.

Los resultados obtenidos en esta Fase nos permitieron definir el verdadero potencial del yacimiento y a su vez planear y diseñar el Programa de Trabajos y Obras (P T O), se elaboró los mapas, planos, perfiles, necesarios para la evaluación geológica, cálculo y categorización de las reservas y preparación del modelo geológico del depósito, siguiendo las normas y procedimientos establecidos en las Guías Mineras.

#### **FASE IV. Programa de Trabajos y Obras.**

En esta fase se presenta el Programa de Trabajos y Obras de la Mina Berak el cual suministrará la base técnica, logística, económica y comercial para tomar la decisión de invertir y desarrollar un proyecto minero. Para ello es necesario realizar un estudio de mercado, y hacer una evaluación financiera del proyecto con el que se determinara la factibilidad del mismo.

## 4. GENERALIDADES

### 4.1. Localización Geográfica Y Vías De Acceso

El Departamento de La Guajira está ubicado en el extremo norte de Colombia, entre los 12°25' y los 10°24' de latitud norte, y entre los 73°40' y los 71°06' de longitud oeste. Cerca de la mitad corresponde a la península de La Guajira, bañada al oeste y norte por el mar Caribe y al este por las aguas del Golfo de Venezuela. Su superficie es de 20.848 km<sup>2</sup>, lo que representa el 1,82 % del área total del país. Política y administrativamente se divide en 15 municipios y la capital departamental es Riohacha. Limita al occidente y sur con los departamentos del Magdalena y Cesar, respectivamente, y al oriente, con la República Bolivariana de Venezuela. La Guajira es un departamento que presenta desde extensas llanuras, hasta zonas de altas montañas, y se divide fisiográficamente en cuatro regiones: Alta Guajira, Media Guajira, Sierra Nevada de Santa Marta y serranía de Perijá.

El área de estudio se encuentra ubicada al norte del municipio Villanueva, departamento de la guajira (Figura 1.) que geográficamente limita con los municipios de El Molino al Norte, Urumita al Sur, San Juan del Cesar y el Departamento del Cesar al occidente y con la República de Venezuela al oriente.

El área de interés (Mina Berak) es de 6.12 Hectáreas y está limitada por las siguientes coordenadas:

PUNTO	COORDENADA NORTE	COORDENADA OESTE
P1	10° 37' 16.02"	72° 58' 35.68"
P2	10° 37' 23.47"	72° 58' 33.60"
P3	10° 37' 20.07"	72° 58' 24.84"
P4	10° 37' 13.21"	72° 58' 28.88"

Tabla 1: Identificación y localización del área de Estudio.

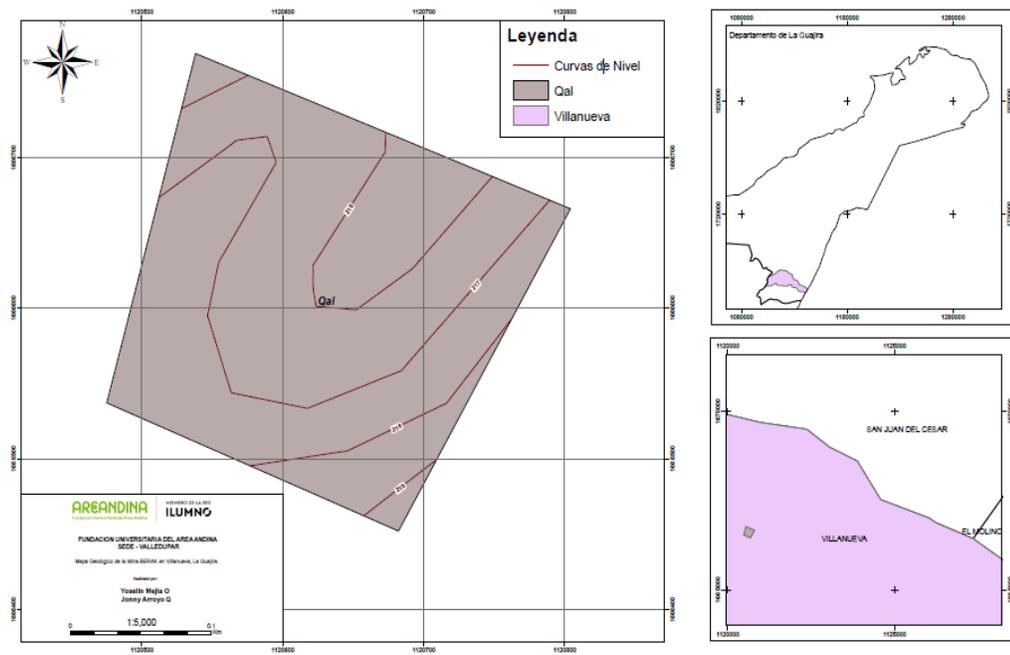


Figura 1: Mapa de localización al área de interés. Realizado por los autores del proyecto.



Figura 2: Mapa de localización al área de interés. Tomado de: Google Earth.

Sobre la vía que comunica a Valledupar Cesar con Villanueva La Guajira a través de la ruta nacional 49 se desprende una carretera transitable conocida como la variante, que comunica a Villanueva con San Juan del Cesar, a 3.37 km podemos encontrar un camino que nos permite acceder a la cantera y partiendo de este punto se encuentra la entrada principal de la cantera Berak. (Figura 2.).



Figura 3: Mapa de accesibilidad al área de interés (Línea roja corresponde a la ruta de acceso hasta la cantera BERAK). Tomado de: Google Earth.

#### 4.2. Contacto Con La Comunidad Y Enfoque Social

A medida que se avanza en el proyecto y aun en la primera fase del proyecto, uno de los objetivos principales es socializar el proyecto ante la comunidad, es por esto que el contacto y el enfoque son primordial.

Nuestra área de interés está ubicada en la zona rural de Villanueva, contamos con una vía de acceso en buen estado, alrededor contamos con dueños de predios vecinos a los cuales, nos acercamos y hablamos con cada uno de ellos para indicarles sobre la actividad minera que estamos realizando y a su vez para los análisis y estudios que íbamos a realizar.

También le expusimos que nuestro principal objetivo es revisar el estado de la cantera para apoyar en el estudio del programa y obra con el fin de formalizar y legalizar la cantera, y por ese motivo íbamos estar realizando estudios en la zona, les indicamos que queremos crecer como empresa, generar empleo y así aportar beneficios a nuestra localidad.

### 4.3. Base Topográfica Del Área

La base topográfica está representada por la Plancha del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (I.G.A.C) N° 28-I-C, Escala 1:25.000, a partir de la cual se levantaron planos a escala 1:2.500 donde se actualizó y georreferenció la infraestructura superficial (Vías, Carreteras, Viviendas Rurales, etc.), los Accidentes Geográficos principales (Ríos, Quebradas, Topografía, etc.), las labores y trabajos exploratorios realizados, así como los trabajos y diseños mineros actuales (Frentes de Explotación, Labores de Desarrollo y Preparación, etc.). La plancha se encontró en la página oficial del IGAC, y se bajó a escala 1:2000 con información del ASTER GDEM v2 Worldwide Elevation, tomado desde el software Global Mapper, la cual cuenta con celdas de 1 metro de resolución

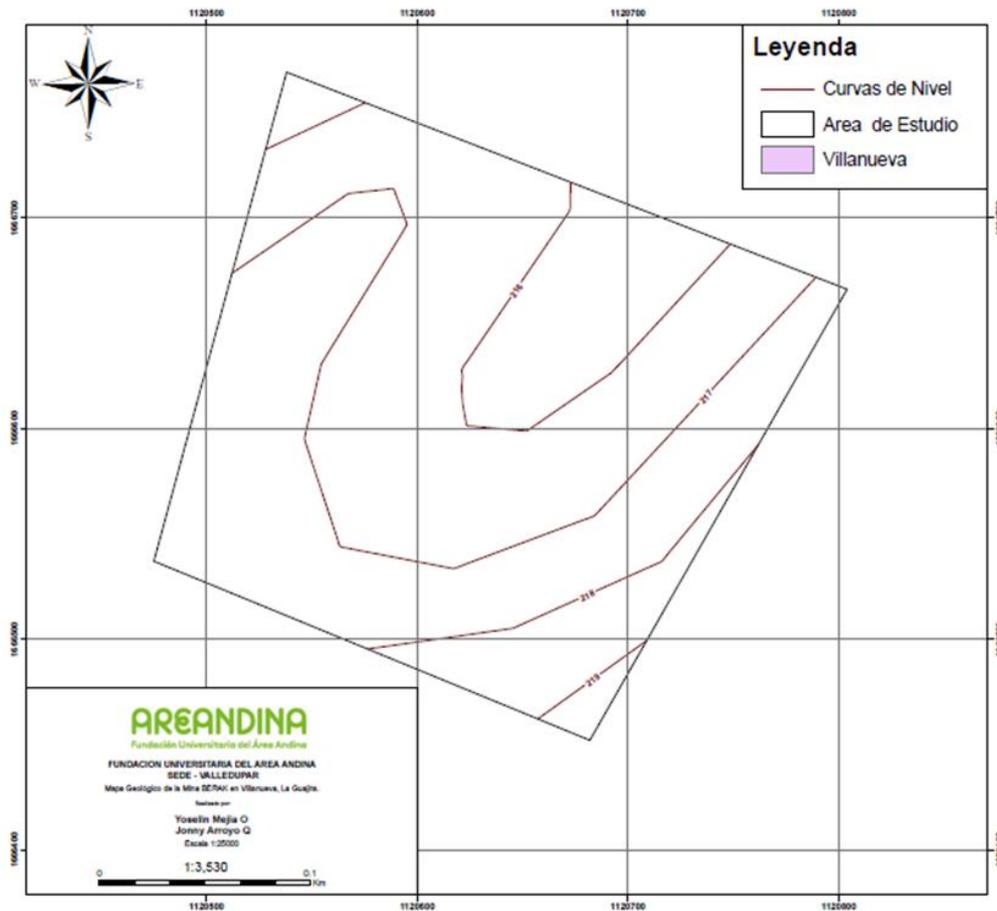


Figura 4: Mapa topográfico del área de interés. Realizado por los autores del proyecto.

#### 4.4. Aspectos Biofísicos (Corporación Autónoma Regional de la Guajira, 2011)

##### 4.4.1. Geomorfología

Corresponden a unidades geomorfológicas que no tienen distinción litológica con los conos aluviales, compuestos de depósitos de grava, el área de estudio está dominado por un ámbito denudacional que corresponde a erosión por procesos de meteorización fluvial y pluvial.



*Figura 5: Geomorfología de un área de la zona.*

El Departamento de La Guajira está ubicado en el extremo norte de Colombia, entre los 12°25' y los 10°24' de latitud norte, y entre los 73°40' y los 71°06' de longitud oeste. Cerca de la mitad corresponde a la península de La Guajira, bañada al oeste y norte por el mar Caribe y al este por las aguas del Golfo de Venezuela. Su superficie es de 20.848 km<sup>2</sup>, lo que representa el 1,82 % del área total del país. Política y administrativamente se divide en 15 municipios y la capital departamental es Riohacha. Limita al occidente y sur con los departamentos del Magdalena y Cesar, respectivamente, y al oriente, con la República Bolivariana de Venezuela. La Guajira es un departamento que presenta desde extensas llanuras, hasta zonas de altas montañas, y se divide fisiográficamente en cuatro regiones (Figura 6): Alta Guajira, Media Guajira, Sierra Nevada de Santa Marta, serranía de Perijá y planicie aluvial.

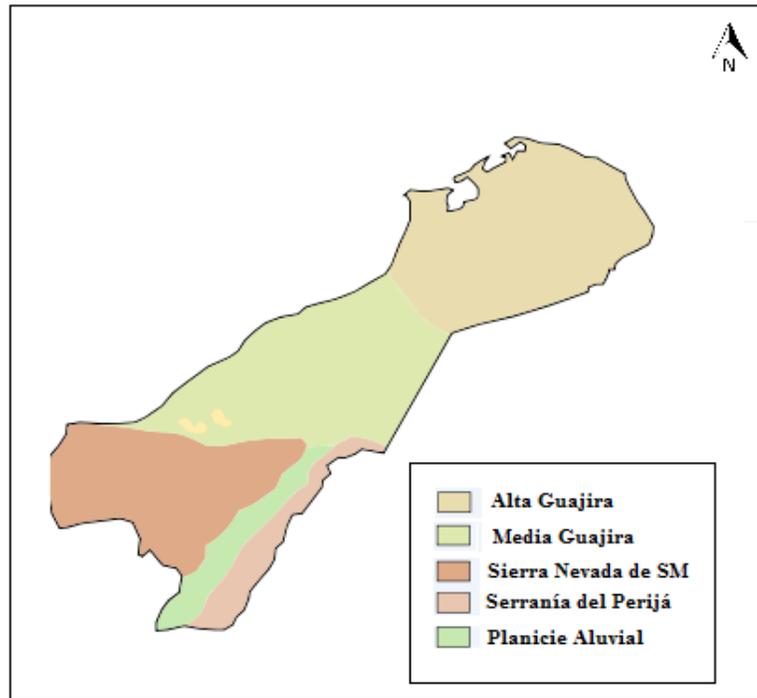


Figura 6: Mapa de Naturaleza y los rasgos geográficos del departamento de la Guajira. Tomado de: SINIC.gov.co.

#### 4.4.2. Vegetación

La Guajira es la zona de menor cobertura boscosa de Colombia. En la Sierra Nevada de Santa Marta se encuentra la única zona de La Guajira cubierta de bosques, protegida parcialmente por el Parque Nacional Natural del mismo nombre. Hay sectores de bosques xerofíticos, utilizados para el pastado del ganado, leña y carbón vegetal. Los ecosistemas no boscosos son terrestres y acuáticos. Los terrestres están representados por los páramos, las zonas semiáridas y áridas, y las sabanas. Los acuáticos corresponden a humedales de agua salada, constituidos por arrecifes coralinos, praderas marinas, costas marinas, estuarios, manglares, lagunas y pantanos salobres, y humedales de agua dulce conformados por ríos y arroyos permanentes, cascadas, planicies de inundación de los ríos, lagunas y ciénagas temporales y estacionales.

Además del Parque Nacional Natural de la Sierra Nevada de Santa Marta, en el Departamento de La Guajira se encuentra el Parque Nacional Natural Macuira, el Santuario de Fauna y Flora Los Flamencos y el área protegida de Musishi.

### 4.4.3. Clima

La Guajira tiene una variedad de climas de acuerdo con su orografía. El 94% del territorio es cálido y seco al nivel del mar y en las zonas bajas, con temperaturas anuales promedio de 29°C; 3% es de clima medio y subhúmedo; 2% es de clima frío y húmedo, y 1% con temperaturas bajo cero en el área nival de la Sierra Nevada de Santa Marta.

En el departamento predominan los vientos alisios, con un régimen estacional que coincide con los períodos de invierno y verano. Las precipitaciones varían desde valores promedios menores de 500 mm al año en la Alta Guajira, hasta valores que sobrepasan los 2.000 mm en la Sierra Nevada de Santa Marta, por lo que, consecuentemente, hay desde cursos de agua intermitentes o efímeros en la zona norte que fluyen sólo en las épocas de lluvia, hasta cursos permanentes en el sector sur.

### 4.4.4. Precipitación

Por lo anterior se puede decir que la precipitación juega un papel fundamental ya que hace referencia al agua procedente de la atmosfera y es una de las principales causas por las que se detienen las obras mineras a cielo abierto. A continuación, se muestran los valores históricos de precipitación:

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Precipitación mm	7	18	28	102	155	109	74	113	151	184	90	27

Tabla 2: Valores históricos de precipitación.

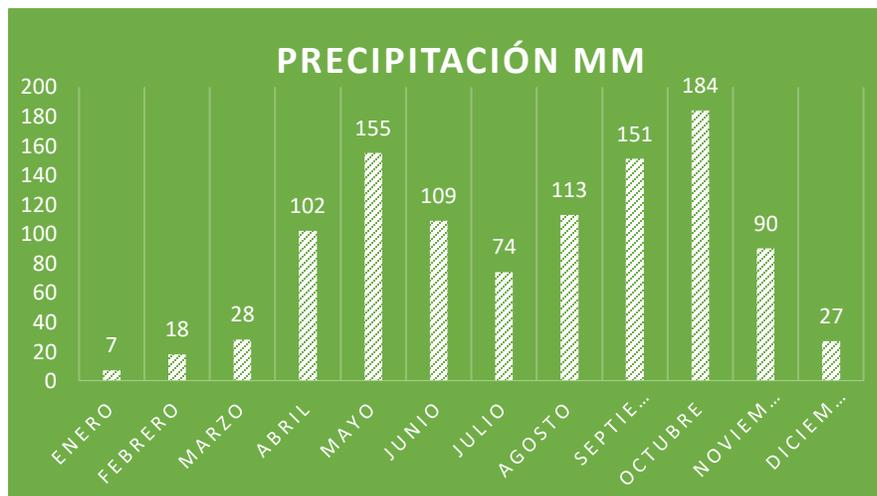


Gráfico 1: Valores históricos de precipitación.

#### 4.4.5. Temperatura

La temperatura es un factor importante que influye en los procesos formadores del paisaje, marcan las actividades económicas de una región, también es el encargado del ciclo anual de la producción agrícola y las costumbres culturales de los pueblos.

A continuación, se muestran los valores históricos de temperatura:

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temp. Mínima	20,7	20,9	21,7	22,1	22,2	22,3	22	22,2	21,9	21,8	21,8	20,9
Temp. Media	26,7	27	27,8	27,8	27,5	27,5	27,9	27,9	27,1	26,5	26,6	26,3
Temp. Max	32,7	32,2	33,9	33,5	32,8	32,8	33,8	33,6	32,4	31,3	31,5	31,8

Tabla 3: Valores históricos de temperatura.

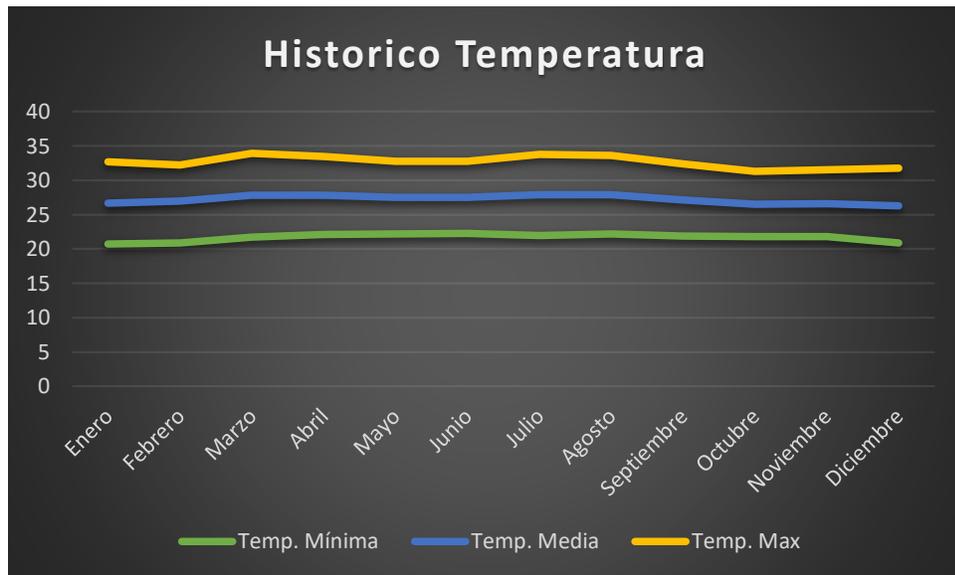


Grafico 2: Valores históricos de temperatura.

#### 4.4.6. Evapotranspiración

La evapotranspiración real (ETR) es la que se da en las condiciones reales del medio, considerando fluctuaciones que expresan niveles variables en la humedad del suelo y con una cubierta vegetal incompleta.

La fórmula empírica para el cálculo de la ETR por el método Turc en la ecuación (1) es:

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0,9 + \frac{P^2}{L^2}}} \quad (1)$$

Donde:

ETR= Evapotranspiración real en mm/año

P= Precipitación de la zona mm/año

L= Constante en función de variable t, que corresponde a la temperatura anual medida del aire en °C ( $L=300 + 25t + 0,05t^2$ )

t= Temperatura promedio en °C

Variables:

P= 1058

t = 24,89

L=  $300 + 25(24,8) + 0,05(24,8)^2$

L= 950,75

$$ETR = \frac{1058}{\sqrt{0,9 + \frac{87,66^2}{950,75^2}}}$$

ETR= 1.109,99mm/año

La evapotranspiración real para la zona de estudio por el método de Turc es igual a 1.109,99mm/año, estos valores son tomados de la memoria histórica y los valores históricos de precipitación.

#### 4.4.7. Uso del suelo

Según el informe que dio a conocer el IGAD (2014) sobre el uso del suelo en “El departamento de la Guajira se demuestra que, a pesar de ser reconocido como una región dedicada a la explotación del carbón y la producción de sal, el 70 % de los suelos aún no ha sufrido afectación en su oferta ambiental por lo que presenta un uso adecuado” (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2007).

Sin embargo, Juan Antonio Nieto Escalante, director del IGAC, manifestó que “no se podían dormir en los laureles, ya que más del 20 por ciento que abarca 555.366 hectáreas de los suelos de La Guajira sí tienen conflictos de uso, cifra que si no se controla podría incrementarse y afectar los recursos naturales del departamento” (Nieto Escalante, 20110).

El suelo además de minería también es usado en las actividades económicas como la ganadería y la agricultura que tiene variedad de productos entre ellos están el ajonjolí, arroz, sorgo, yuca, caña de azúcar entre otras.

#### **4.4.8. Hidrografía (CORPOGUAJIRA, 2010)**

La hidrografía del departamento se describe a partir de las principales cuencas en que se divide su territorio:

- Cuencas Cesar - Ranchería. Son las dos corrientes más importantes del departamento, tanto por su longitud y caudal como por la importancia económica de sus valles. Nacen en la Sierra Nevada de Santa Marta y corren en direcciones opuestas, el río Cesar a desembocar en la ciénaga de Zapatoza al sudoeste, y el río Ranchería a desembocar al Mar Caribe, al noroeste.

En general se cuenta con una amplia red hidrográfica constituida, principalmente, por afluentes de los ríos Cesar y Ranchería provenientes tanto de la Sierra Nevada de Santa Marta como de la serranía de Perijá (IGAC, 1980).

Entre los principales afluentes del río Cesar, provenientes de la Sierra Nevada de Santa Marta, se tienen las quebradas Piedras, Azules, Caracolí, Sierrita y Talanquera, además de los arroyos Las Palomas, Corral Falso y Tío Pacho, entre la Sierrita y San Juan del Cesar. Así mismo, el río San Francisco con sus afluentes principales los arroyos Cardón, Tigre, Los Hoyos, Los Caballos, Magueyes y Carrizal.

Como afluentes provenientes de la serranía del Perijá se tienen los arroyos Pozón, La Palma y La Vieja, además de los ríos Villanueva y sus tributarios Potrerito y Magueyes.

Entre los principales afluentes del río Ranchería se tienen las quebradas Totumito, Rincón de la Cuesta y el arroyo La Quebrada. Aguas abajo se tiene el río Palomino y sus afluentes el Mapurito y los arroyos Hatillo y Ovejero.

Otros afluentes del Ranchería son los arroyos Miliciano, Aguanueva, Cerrejón, Galluso y Luis. Así mismo, entre Caracolí y Chorrera se encuentran las quebradas Jaquita, Grande, Babilonia, Oropeles, La Mona y Marmoleja, como los arroyos Palmarito y Los Brasilitos.

En las proximidades de Barrancas se encuentran los arroyos Montaña, Arenosa, Prieto y Masato y al norte del mismo poblado: Pozo Hondo, Iguaraín, Los Lazos, Aguas Blancas y La Trampa, entre muchos más. De acuerdo con el IGAC, 1988, en jurisdicción del municipio de Riohacha, parte occidental, y en límites con el departamento del Magdalena, se encuentra el río Palomino con sus afluentes las quebradas Salve y Mamaíce y los ríos Mamarongo y Los Cuices.

- Cuenca del Mar Caribe. Comprende dos sectores, el nororiental que drena una extensa zona de la Media y Alta Guajira con arroyos como Parashi, Jepepa, Toray y Jorotuy, entre otros, y el sector suroccidental que drena principalmente las tierras de la vertiente nororiental a la Sierra Nevada de Santa Marta con corrientes de la importancia del río Tapias, Jerez, Cañas, Ancho, Palomino, y otras menores como San Salvador, Negro, Maluisa y Camarones o Tomarrazón. Los dos sectores los separa la cuenca del río Ranchería. (Ver mapa de cuencas hidrográficas)
- Cuenca del Lago de Maracaibo. Recoge el resto de las aguas de la Media y Alta Guajira, y el sector más nororiental de las Serranías del Perijá, Cocinas, Jarara y Macuira. La corriente más importante es el río Charapilla, que nace en Colombia y desemboca en el Lago de Maracaibo en Venezuela.

#### **4.4.9. Fauna (CORPOGUAJIRA, 2010)**

Este es uno de los recursos más intervenidos por la acción antrópica a través de la caza, la tala, las quemas y la introducción de algunas especies que han propiciado cambios ecológicos importantes.

Los principales animales que sufren presión por caza son el conejo, el venado y la iguana, y como caso muy particular la tortuga de mar en sus diferentes especies. Con menos intensidad el tigrillo, la perdiz, guacharacas y palomas. Algunas otras especies se han visto afectadas por procesos de captura como el turpial y los flamencos rosados.

Es abundante la presencia de aves con especies como el periquito cardonero, periquito, lora cara sucia, el azulejo, el cardenal guajiro, el carpinterito, el hormiguero, el guerrerito, el toche, el sirirí, el jacamar, los barranquillos, entre otros. En zonas de bosque ecuatorial se encuentran especies de primates como el mono aullador, como también osos hormigueros y ardillas. En el departamento de La Guajira hay evidencia de la presencia de varias especies de murciélagos, más de 24 especies de rapaces y búhos, más de 37 especies de reptiles y por lo menos 8 especies de anfibios.

## 5. FASE I: EXPLORACIÓN GEOLÓGICA DE LA SUPERFICIE

Esta Fase comprende todas las actividades exploratorias de superficie (cartográficas, geomorfológicas, geofísicas, etc.) que se han adelantado con miras a caracterizar el mineral de arcilla, que se presenta en el área objeto de estudio y a establecer zonas potenciales desde el punto de vista geológico - minero.

### 5.1. Cartografía Geológica

#### 5.1.1. Geología Regional (Mercado, 2003)

Las rocas que afloran en el Departamento de La Guajira fueron reconocidas y estudiadas por diferentes autores que individualizaron un número de unidades en las cuatro áreas correspondientes a las zonas geográficas del territorio: Alta Guajira, Media Guajira, Sierra Nevada de Santa Marta y Serranía de Perijá.

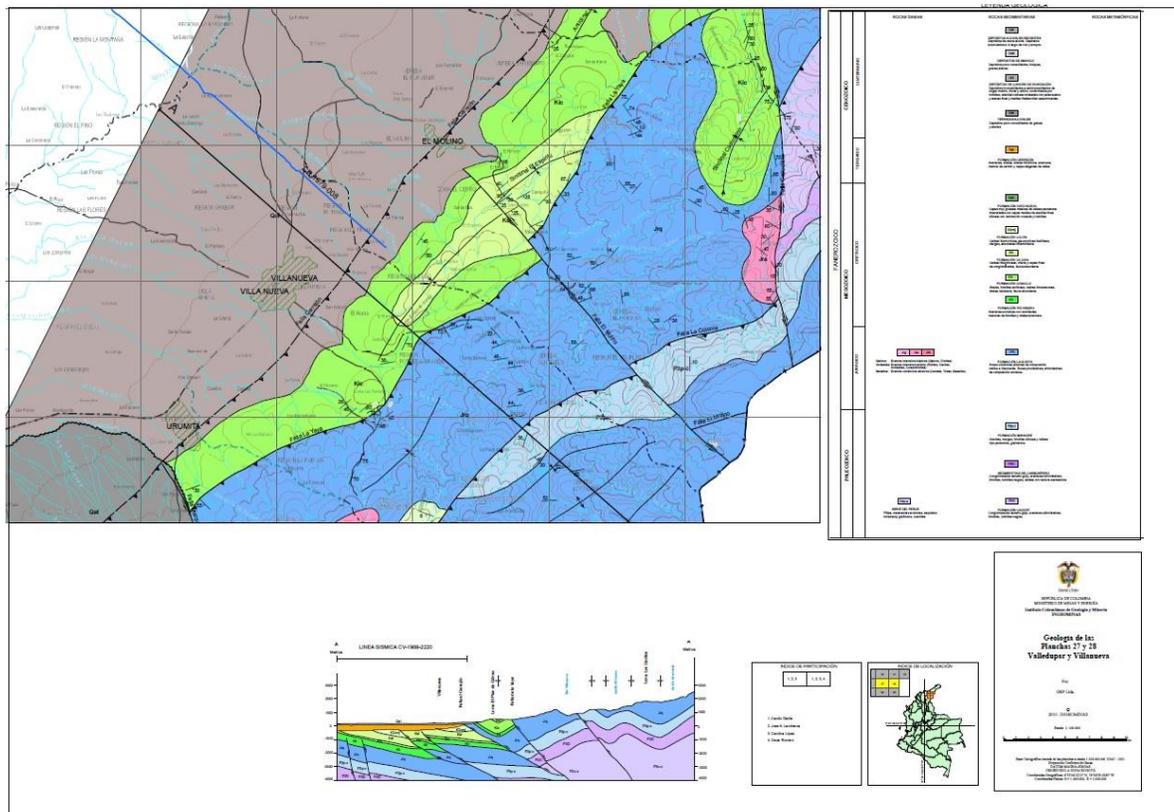


Figura 7: Mapa geológico regional. Fuente servicio geológico colombiano plancha 27 y 28.

#### **5.1.1.1. Alta Guajira**

En esta región afloran rocas metamórficas, ígneas y sedimentarias, y depósitos sedimentarios de edades que van desde precámbricas a recientes.

##### *5.1.1.1.1. Rocas metamórficas*

Las rocas metamórficas que afloran en la Alta Guajira se agrupan en unidades precámbricas, afectadas por metamorfismo regional con facies, esquistos verdes y anfíbolita, y unidades predevónicas que, sin duda, se consideran tentativamente precámbricas.

Entre Las unidades asignadas al Precámbrico se pueden asignar el Grupo Macuira, el Grupo Bahía Honda, formación Jarara, formación Etpana, formación Ipanaruhu y formación Carpintero. También aflora una unidad de rocas metamórficas llamadas las metasedimentitas tentativamente asignadas al paleozoico, las cuales podrían ser cretácicas.

##### *5.1.1.1.2. Rocas ígneas*

Las rocas ígneas intrusivas que afloran en la alta guajira son de probable edad precámbrica y existe una unidad de posible edad cretácica. Los cuerpos intrusivos son Granodiorita de Siapana, Cuarzodiorita de Parashi, Leucogranito de Jojoncito, Granitos leucocráticos y Diorita de maruayan.

Las rocas ígneas extrusivas son asignadas tentativamente al mesozoico. Podemos encontrar la riodacita en el cerro de la Teta.

##### *5.1.1.1.3. Rocas sedimentarias*

Las rocas sedimentarias que afloran en la Alta Guajira abarcan desde el Triásico al Reciente. Afloran rocas asignadas al lapso Triásico – Jurásico correspondientes a las formaciones La Quinta y Uipana. Las unidades jurásicas conforman el Grupo Cosinas que Incluye las formaciones Cheterló, Cajú, Chinapa (Pachepa) y Jipi. Las unidades clásticas del Cretácico Inferior se conocen con las denominaciones de Capas rojas de Ipapure, Formación Río Negro, Formación Palanz y Formación Poschachi.

Hacia fines del Cretácico temprano se produce ingresión marina, y se depositan secuencias calcáreas representadas por las rocas del Grupo Yuruma, Constituido por las formaciones Moina y Yuruma Superior. También encontramos el grupo cogollo que corresponde las formaciones Apon y Maraca.

Las unidades asignadas al Cretácico Superior son las formaciones La Luna, Parúinkrein y Guaralamai. En el cenozoico encontramos unidades de sedimentitas marinas, la Formación Macarao y la Formación Nazareth, Formación Siamaná, Formación Uitpa, Formación Jimol, y Formación Castilletes.

Los sedimentos depositados durante el Cuaternario podemos encontrar terrazas aluviales, testigos de los leves sollevamientos recientes, Arenas eólicas. Depósitos costeros de playón, barra, pantanos, ciénagas y Depósitos de cauce aluvial.

#### **5.1.1.2. Media Guajira**

En la Media Guajira sólo afloran rocas sedimentarias cenozoicas y sedimentos recientes.

##### *5.1.1.2.1. Rocas sedimentarias*

Las rocas sedimentarias que afloran en la Media Guajira abarcan desde fines del Neógeno al Reciente. Se pueden encontrar formación Mongui.

El Cuaternario se clasifican según el tipo producido por los agentes activos en diferentes ambientes hay terrazas aluviales, testigos de los leves sollevamientos recientes. Arenas eólicas, Depósitos costeros de playón, barra, pantanos y ciénagas. También Depósitos de cauce aluvial.

#### **5.1.1.3. Región de la Sierra Nevada de Santa Marta**

En esta región afloran rocas metamórficas, ígneas y sedimentarias de edades desde precámbricas a recientes.

##### *5.1.1.3.1. Rocas metamórficas*

Las rocas metamórficas que afloran en la Sierra Nevada de Santa Marta se agrupan en unidades Precámbricas, afectadas por metamorfismo regional, facies, esquistos verdes, anfíbolita y granulita. En la Sierra Nevada de Santa Marta afloran tres unidades que se asignan al Precámbrico: Granulitas de Los Mangos, Neis de Los Muchachitos y Neis de Buritaca.

##### *5.1.1.3.2. Rocas ígneas*

Las rocas ígneas intrusivas en la Sierra Nevada de Santa Marta son de probable edad precámbrica. Los intrusivos más antiguos del área corresponden a diferentes cuerpos que afloran en la Sierra Nevada de Santa Marta y en la Alta Guajira. Estos

cuerpos tienen características petrográficas similares entre si podemos encontrar a las Granitoides.

Rocas ígneas extrusivas son asignadas tentativamente al Mesozoico y afloran al norte y este de la Sierra Nevada de Santa Marta se encuentran Volcanitas ácidas, Ignimbrita de Los Clavos, Riodacita de Los Tábanos, Riolita de Golero.

#### *5.1.1.3.3. Rocas sedimentarias*

Las rocas sedimentarias que afloran en la región de la Sierra Nevada de Santa Marta abarcan desde el Pérmico al Reciente, y cubren prácticamente toda la escala geológica desde el Pérmico. En las unidades del mesozoico podemos encontrar Formación Corual, formación guatapuri, grupo cogollo. Cretácico Superior se asigna las formaciones La Luna y Colón que afloran en el pie Nororiental de la sierra.

El cenozoico está representado por secuencias marinas, la formación hato nuevo, sedimentitas en la cuenca de los ríos ranchería-cesar. Los sedimentos depositados durante el Cuaternario se clasifican según el tipo producido por los agentes activos en diferentes ambientes. En las zonas planas, deprimidas, hay terrazas aluviales, testigos de los leves solevamientos recientes, que suelen gradar a conos aluviales o llanuras aluviales.

#### **5.1.1.4. Región de la Serranía del Perijá**

En esta región afloran rocas metamórficas y sedimentarias desde paleozoicas, las cuales incluso podrían posiblemente ser precámbricas.

##### *5.1.1.4.1. Rocas metamórficas*

En la serranía de Perijá aflora una unidad de rocas metamórficas, las Metasedimentitas de Manaure, consideradas del Cámbrico – Ordovícico que, sin embargo, podrían ser precámbricas.

##### *5.1.1.4.2. Rocas sedimentarias*

Las rocas sedimentarias en paleozoicas que afloran en la región de la serranía de Perijá abarcan desde el Devónico al Reciente. En Los sistemas Devónico y Carbonífero se encuentran las formaciones Caño Grande, Caño Indio y Río Palmar. Podemos encontrar Las sedimentitas pérmicas que están conformadas por la Formación Palmarito que aflora en la serranía de Perijá.

Del mesozoico encontramos formaciones como la quinta, grupo cogollo, formación apón, formación maraca, formación luna, formación colon. Cenozoico secuencias marinas, formación Hato Nuevo, sedimentitas en la cuenca río Ranchería Cesar.

Durante el Cuaternario los sedimentos depositados se clasifican según el tipo producido por los agentes activos en diferentes ambientes. En las zonas planas, deprimidas, hay terrazas aluviales, testigos de los leves sollevamientos recientes, que suelen gradar a conos aluviales o llanuras aluviales.

#### **5.1.1.5. Estructuras Regionales**

Las estructuras geológicas presentes en el Departamento de La Guajira son consecuencia de varios episodios tectónicos, ocurridos en diferentes tiempos de la historia geológica de esta zona del territorio colombiano. Las estructuras corresponden a foliación y lineamientos en rocas metamórficas precámbricas.

Se produjeron sucesivas transgresiones y regresiones marinas desde el Paleozoico tardío hasta el Eoceno. Desde el Eoceno y con mayor intensidad desde el Mioceno, la zona se vio sometida a esfuerzos compresivos por la convergencia de las placas del Caribe, Nazca y de Suramérica.

En La Guajira se pueden reconocer cuatro bloques tectónicos limitados por megafallas:

- La Alta Guajira, cuyo límite sur es la Falla Cuisa.
- La Media Guajira, localizada entre la Falla Cuisa y la Falla Oca.
- La Sierra Nevada de Santa Marta, en el triángulo formado por las fallas Oca al norte, Santa Marta – Bucaramanga al occidente y Cerrejón al oriente.
- La serranía de Perijá, desde la Falla Cerrejón al oriente hasta el Golfo de Maracaibo en territorio venezolano.

##### *5.1.1.5.1. Estructura en la Alta y Media Guajira.*

En la Alta y Media Guajira, las estructuras geológicas más destacadas corresponden a fallas inversas y normales ENE-WSW, pliegues y fallas ENE-WSW a E-W, fallas transcurrentes E-W, y lineamientos NW-SE.

- a. Fallas inversas y normales ENEWSW: Hay una serie de fallas de dirección ENE-WSW, inversas y tentativamente normales, de diferente ángulo de buzamiento al NW, pero en general de relativo bajo ángulo, algunas de las cuales no son mapeables a la escala de trabajo, ni han sido tratadas con

alguna denominación. Las fallas principales ponen en contacto las rocas precámbricas entre sí, y éstas con las unidades más jóvenes.

Entre ellas se destacan las fallas Ororio, litujuru, Kasipoch, Santa Ana y Alas; la Falla Uraichipa es la única de buzamiento al SE. Algunas de las fallas normales podrían ser inversas o corresponder a simples contactos entre unidades, como las fallas Yaúrama y Simarúa.

#### *5.1.1.5.2. Estructuras en la Cuenca o Cubeta de La Guajira*

Las estructuras en las unidades mesozoicas en la zona de Cosinas corresponden a fallas y pliegues ENE-WSW a E-W que controlan la denominada Cuenca o Cubeta de La Guajira.

Entre las fallas se distinguen las de Puralopo, Cosinas, Ararieru y Murelu. Se presentan una serie de sinclinales y anticlinales, entre los cuales el principal es un anticlinal volcado hacia el norte, cuyo núcleo son secuencias del Jurásico Medio, y compromete hasta secuencias de la parte baja del Cretácico superior.

- a. Fallas transcurrentes: Las fallas del Sistema Macuira y la Falla Cuisa, así como posiblemente las fallas Nazareth y Narap, son fallas transcurrentes lateral derechas de alto ángulo, a lo largo de las cuales se produce el desplazamiento de la Alta Guajira hacia el oriente. Estas fallas cortan todas las estructuras más antiguas. Irving (1971) sugiere que otra falla similar se encuentra mar afuera al norte de Punta Gallinas.

La Falla Cuisa, que se extiende hasta Venezuela, al sur de la península de Paraguaná, habría sufrido un desplazamiento dextral lateral de hasta 25 km (Álvarez, 1967), así como movimiento vertical que se manifiesta con el bloque sur más hundido.

La Falla Oca limita la Media Guajira por el sur, con los terrenos de la Sierra Nevada de Santa Marta y la serranía de Perijá. Además de desplazar los dos bloques en forma lateral derecha desde el Oligoceno unos 50 km (Kellogg, 1981), tiene una componente vertical de varios miles de metros, si se considera que en la cuenca de la Media Guajira al norte de la Falla Oca se han depositado desde el Oligoceno mínimo unos 2.000 m de sedimentos (Tschanz et al., 1969), y que la sierra se ha elevado por sobre los 5.700 msnm.

- b. Lineamientos: Hay estructuras de alto ángulo NW-SE, que limitan las sierras y controlan el curso de los cauces, que corresponden a lineamientos a lo largo de los cuales no es fácil determinar que haya algún desplazamiento.

La hipotética Falla Huimatirra pertenece a este grupo de estructuras y marca el límite noreste recto de la serranía de La Macuira. Tanto la serranía de La Macuira, como la de Jarara, están basculadas levemente hacia el noreste a lo largo de los lineamientos. Esto se evidencia no sólo por conos aluviales recientes, sino además por la posición más elevada de las terrazas de edad oligocena en adelante, situadas también en el lado suroccidental de ambas serranías.

#### *5.1.1.5.3. Estructuras de la Sierra Nevada de Santa Marta*

La Sierra Nevada de Santa Marta está limitada por el norte y el occidente por las fallas Oca y Santa Marta - Bucaramanga, se ha desplazado lateralmente, y verticalmente varios miles de metros. Se calcula más de 7.000 m a lo largo de la Falla Oca, y 5.700m de altura de la sierra.

Complementariamente, una serie de fallas NE-SW a ENE-WSW han contribuido al levantamiento de la sierra, han elevado escamas de basamento hacia la altura por compresión.

Por el oriente, se encuentra la cuenca de los ríos Ranchería y Cesar, que geológicamente corresponde a secuencias desde cretácicas a eocenas, plegadas por compresión, con posterioridad al Eoceno, en una serie de anticlinales y sinclinales de ejes de rumbo aproximado NE-SW.

#### *5.1.1.5.4. Estructuras de la Serranía de Perijá*

La serranía de Perijá es un accidente geográfico que se ha venido elevando desde el Mioceno tardío al Reciente, durante la Orogenia Andina.

La compresión, por la convergencia de las placas Caribe, Nazca y suramericana, ha producido fallamientos inversos de muy bajo ángulo, debido a la distancia a la cual se encuentra la zona de la serranía. La Falla Cerrejón es la principal falla de este tipo en territorio guajiro.

En el pie occidental de la serranía se exponen rocas del basamento, que sobrescurren incluso a rocas eocenas. En la cuenca de los ríos Ranchería y Cesar,

las secuencias de la cobertura mesozoica y paleógena están plegadas contra el bloque de la Sierra Nevada de Santa Marta.

### 5.1.2. Geología Local

Villanueva está ubicada al sur del departamento de La Guajira. Limita con los municipios de El Molino por el Norte, Urumita al Sur, San Juan del Cesar y el Departamento del Cesar al occidente y con la República de Venezuela al oriente.

El área municipal de Villanueva cuenta con tres pisos térmicos; La cabecera municipal y un porcentaje de tierras están en una parte plana y baja, faldas empinadas de montaña y clima medio, hacia la Serranía del Perijá, tierras altas de montañas escarpadas y abruptas en las tierras frías; Páramos en el Cerro Pintao, límites con Venezuela.

Villanueva La Guajira se encuentra dentro de la división de la Serranía del Perijá, en la que afloran rocas metamórficas y sedimentarias desde paleozoicas, las cuales incluso podrían posiblemente ser precámbricas. La unidad litológica presente en esta zona corresponde a depósitos de llanura aluvial (Qal) (Figura 8.), se reconoce una llanura amplia de 200 a 100 m.s.n.m. Son sedimentos semi-consolidados de tipo arcilloso arenoso a arcilloso de origen fundamentalmente aluvial y en parte eólico. La edad según Tschanz et al., (1969) es “Pleistoceno- Holoceno.”

### 5.1.3. Geología del depósito de Interés

El área de concesión (Mina Berak), se encuentra ubicada en este municipio (Villanueva, Guajira). Al área es de 6.12 Hectáreas y está limitada por las siguientes coordenadas:

PUNTO	COORDENADA NORTE	COORDENADA OESTE
P1	10° 37' 16.02"	72° 58' 35.68"
P2	10° 37' 23.47"	72° 58' 33.60"
P3	10° 37' 20.07"	72° 58' 24.84"
P4	10° 37' 13.21"	72° 58' 28.88"

Tabla 4: Coordenadas área de concesión.

La unidad litológica reconocida e identificada en el área de estudio durante la fase de exploración en campo corresponde a depósitos de llanura aluvial (Qal) (Figura 8.), se reconoce una llanura amplia de 200 a 100 m.s.n.m. Son sedimentos semi-consolidados de tipo arcilloso arenoso a arcilloso de origen fundamentalmente aluvial y en parte eólico. La edad según Tschanz et al., (1969) es “Pleistoceno-Holoceno.”

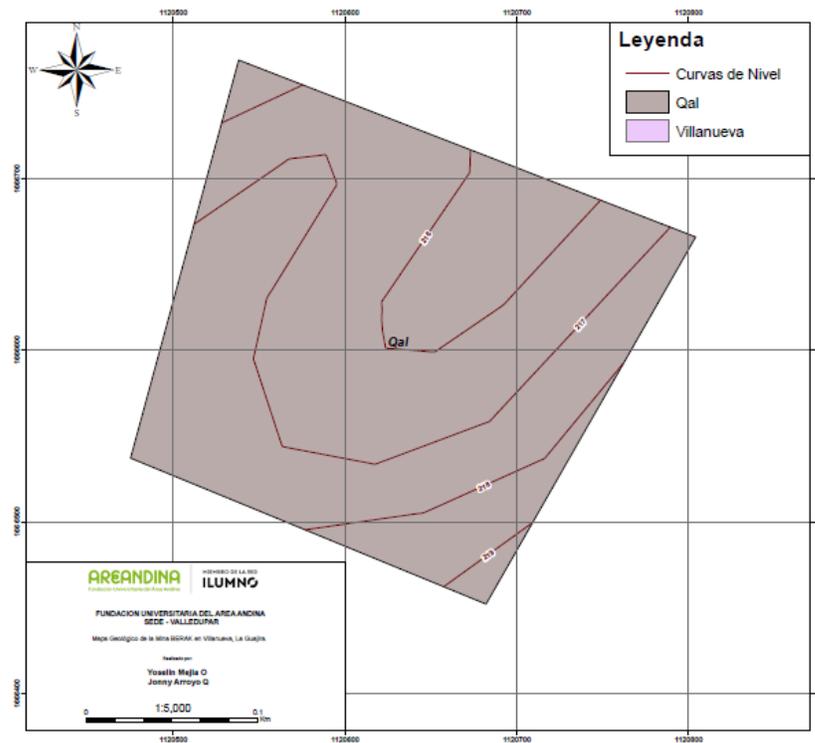


Figura 8: Mapa geológico del área de interés. Realizado por los autores del proyecto.

## 5.2. Geofísica Y Geoquímica

Debido a que se trata de un depósito que está aflorando completamente en superficie en toda el área minera y que las labores de explotación han expuesto el material en profundidad, no es relevante realizar un estudio geofísico y/o geoquímico, teniendo en cuenta a su vez que, solo se profundizarán 2 metros en el subsuelo.

## 6. FASE II: EXPLORACIÓN GEOLÓGICA DEL SUBSUELO

El estudio de la geología subsuperficial permite reconocer el tipo de depósito presente en el área de estudio. El material a explotar en el área minera pertenece a Materiales de Construcción de las formaciones geológicas de Abanicos y Terrazas Aluviales, específicamente arcilla.

En esta Fase y a partir de los resultados obtenidos en la Fase de Geología de Superficie y cuya interpretación permitió identificar las diferentes zonas y niveles anómalos, así como las evidencias claras de la mineralización en el área, se pretende delimitar el depósito potencialmente económico, con estimativos más específicos de tamaño y contenido mineral entre otros; estos aspectos permitirán definir posteriormente el verdadero potencial geológico-minero del yacimiento

### 6.1. Frentes De Explotación Actuales

Los frentes de explotación actuales son los frentes de explotación de donde se está obteniendo la producción de Materiales de Construcción.

### 6.2. Muestreo

El muestreo incluye la toma del material que forma el suelo de modo tal que tenga en cuenta la variabilidad del mismo, el manejo, transporte y tratamiento de la muestra y, por último, la toma de fracciones para las determinaciones analíticas concretas.

El área de concesión tiene un frente de explotación activo, se tomaron 3 muestras del suelo (Tabla 5.) con un peso de 3 kilogramos, a una profundidad de 3 metros con dimensiones de 1 metro de largo por 1 metro de ancho a una distancia considerable, lo cual se encontraron con la misma secuencia estratigráfica conformada por arcilla que la cubre una capa de 5 cm de material de erosión, compuesta por grava de grano medio en una matriz arenosa de grano fino.

Las muestras fueron llevadas a laboratorio, a continuación, se denotan la ubicación de las muestras tomadas (Figura 9).

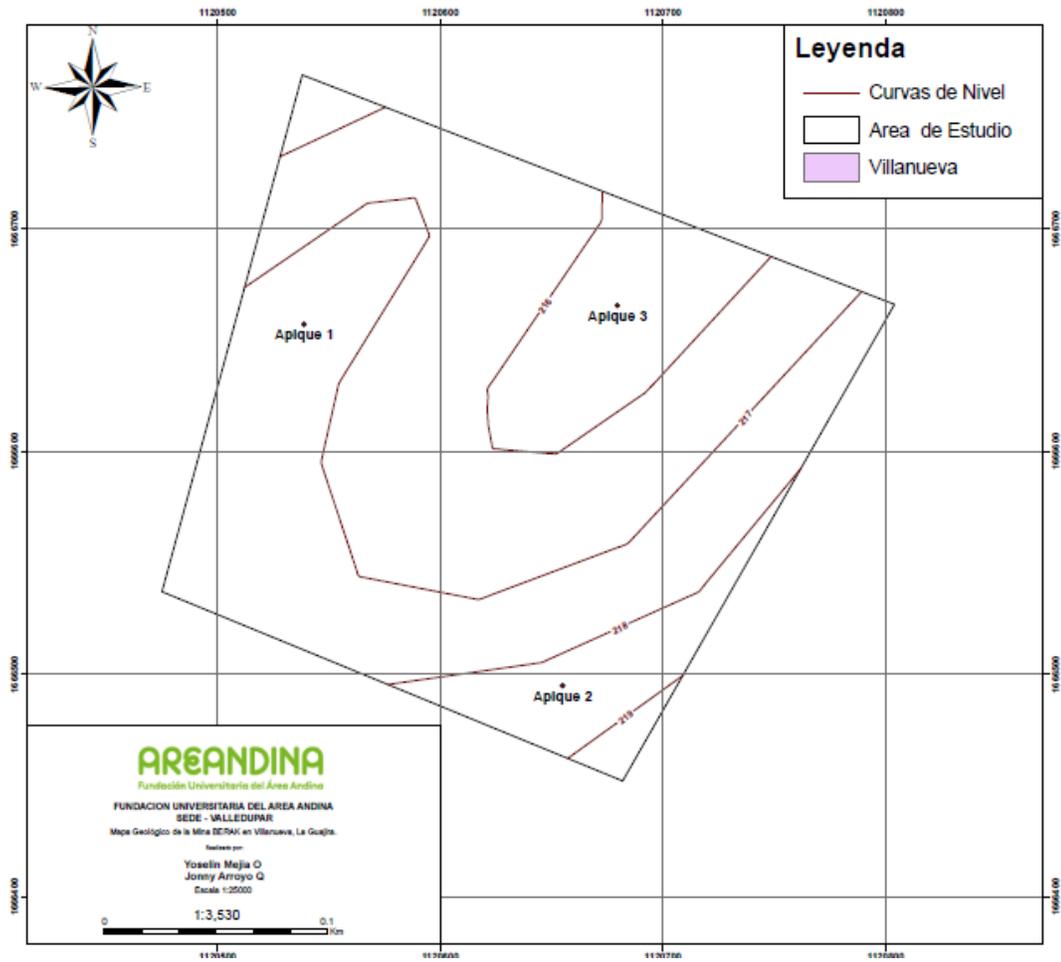


Figura 9: Localización de los apiques. Realizado por los autores del proyecto.

Muestra	Coordenadas	
	X	Y
<b>Muestra 1 (M1)</b>	1120685	1666659
<b>Muestra 2 (M2)</b>	1120538	1666656
<b>Muestra 3 (M3)</b>	1120667	1666487

Tabla 5: Coordenadas de apiques.

### 6.2.1. Apiques



Figura 10: Apique en el área de estudio vista superior. Fuente autor.

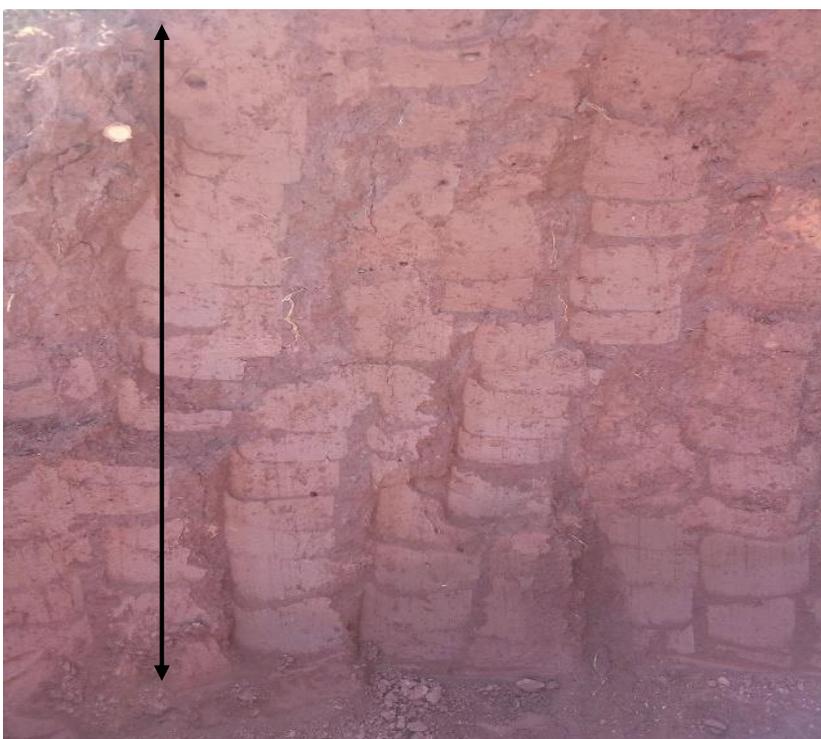


Figura 11: Apique en el área de estudio vista superior. Fuente autor.

## 6.2.2. Muestras



Figura 13: Muestras M1, M2, M3 para análisis granulométrico. Fuente autor.



Figura 12: Muestras para análisis químico. Fuente autor.

A las muestras antes mostradas se les realizó propiedades físico – mecánicas:

- Densidad
- Humedad
- Límites de Atterberg
- Resistencia

Basados en la información anterior y estudios especializados podemos obtener algunos datos de ensayo como lo son:

- Plasticidad
- Composición química de la arcilla
- Granulometría

### 6.2.3. Columna Estratigráfica

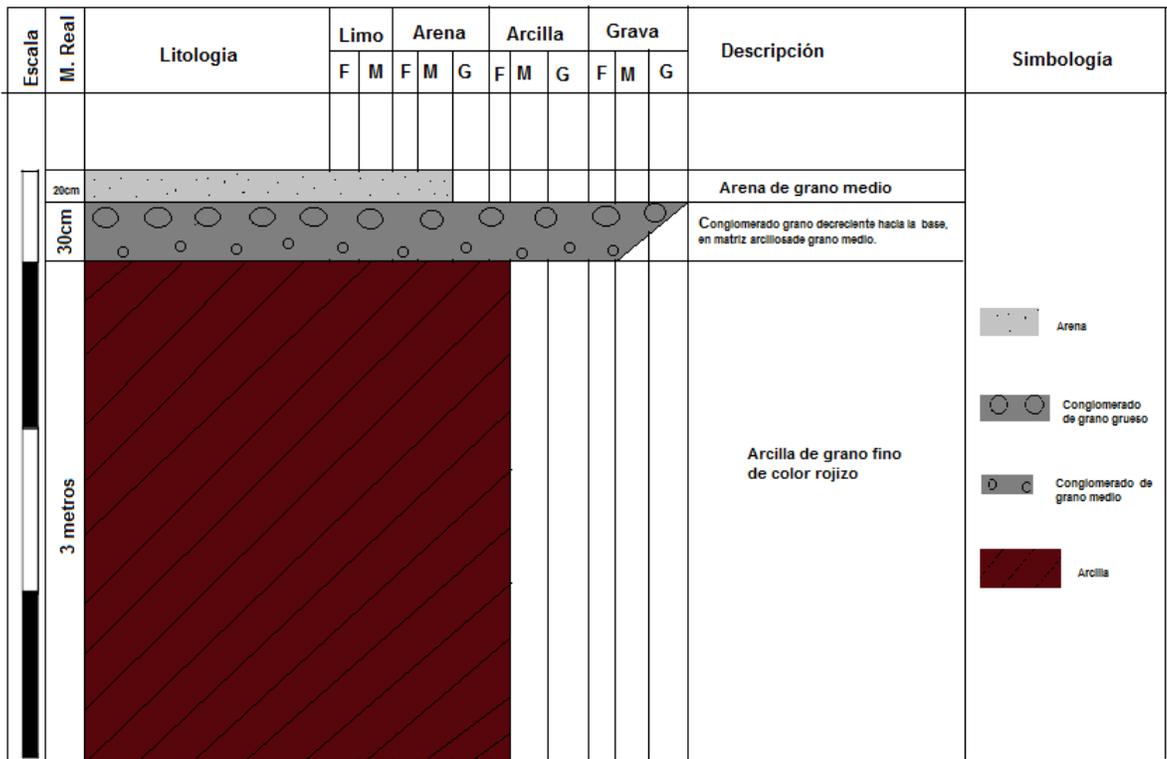


Figura 14: Columna estratigráfica. Realizados por autores del proyecto.

### **6.3. Análisis De Los Resultados De Los Muestreos**

De las muestras tomadas, se realizaron una serie de análisis como los son el análisis granulométrico por tamizado, límites de atterberg, análisis de densidad, análisis de absorción, análisis del contenido de humedad natural y análisis mineralógico por el método de difracción de rayos X, arrojando los siguientes resultados:

#### **6.3.1. Análisis granulométrico por tamizado**

Su finalidad es obtener la distribución por tamaño de las partículas presentes en una muestra de suelo. Así es posible también su clasificación mediante sistemas como AASHTO o USCS. El ensayo es importante, ya que gran parte de los criterios de aceptación de suelos para ser utilizados en bases o sub-bases de carreteras, presas de tierra o diques, drenajes, etc., depende de este análisis.

Para suelos con tamaño de partículas mayor a 0,074 mm. Se utiliza el método de análisis mecánico mediante tamices de abertura y numeración indicada en la tabla Para suelos de tamaño inferior, se utiliza el método del hidrómetro, basado en la ley de Stokes.

Para la elaboración de este ensayo, se utilizó una serie de tamices calibrados bajo las normas internacionales y ubicadas en un orden descendente. Luego de obtener cada uno de los pesos retenidos como un porcentaje del peso total de la muestra, se ingresaron los datos al clasificador de suelos el cual arrojó los valores correspondientes al Coeficiente de Curvatura y al Coeficiente de Uniformidad, y con ellos, su correspondiente caracterización granulométrica.

PESOS INICIAL		1,779.5	FINAL		247.2
TAMIZ		PESO. RET INDI	% RET. INDIV.	% PASA	
Pulg	mm				
3"	76.20	0.0	0.0	100.0	
2-1/2"	63.50	0.0	0.0	100.0	
2"	50.80	0.0	0.0	100.0	
1-1/2"	38.10	0.0	0.0	100.0	
1"	25.40	0.0	0.0	100.0	
3/4"	19.05	0.0	0.0	100.0	
1/2"	12.70	0.0	0.0	100.0	
3/8"	9.52	0.0	0.0	100.0	
N°4	4.76	2.4	0.1	99.9	
N°10	2.000	10.1	0.6	99.3	
N°20	0.850	0.0	0.0	99.3	
N°40	0.425	51.0	2.9	96.4	
N°100	0.150	105.7	5.9	90.5	
N°200	0.075	78.0	4.4	86.1	
Pasan			86.1		
Totales =		<b>1779.5</b>	100.0		

Tabla 6: Granulometría Muestra M1.

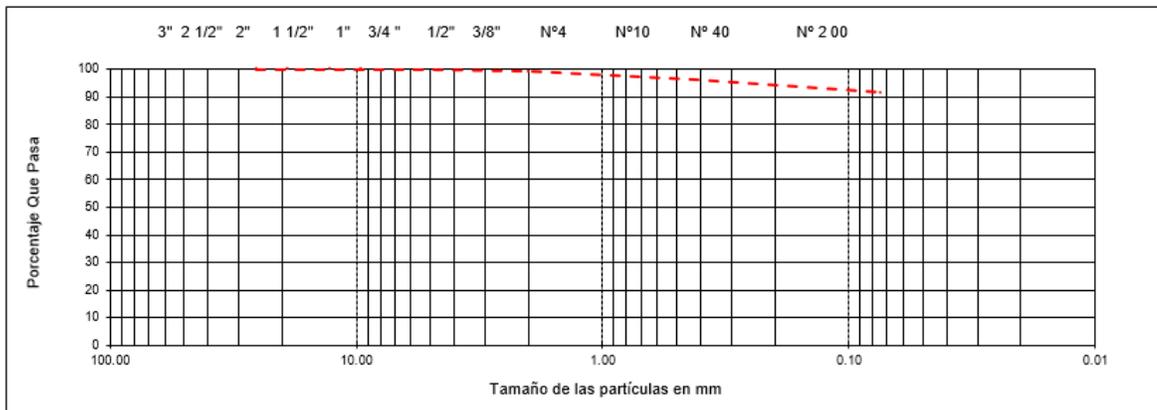


Grafico 3: Curva granulométrica muestra M1.

PESOS		INICIAL	1,131.6	FINAL	332.9
TAMIZ		PESO. RET INDI	% RET. INDIV.	% QUE PASA	
Pulg	mm				
3"	76.20	0.0	0.0	100.0	
2-1/2"	63.50	0.0	0.0	100.0	
2"	50.80	0.0	0.0	100.0	
1-1/2"	38.10	0.0	0.0	100.0	
1	25.40	0.0	0.0	100.0	
3/4"	19.05	0.0	0.0	100.0	
1/2"	12.70	0.0	0.0	100.0	
3/8"	9.52	0.0	0.0	100.0	
N°4	4.76	2.3	0.2	99.8	
N°10	2.000	14.7	1.3	98.5	
N°20	0.850	0.0	0.0	98.5	
N°40	0.425	67.0	5.9	92.6	
N°100	0.150	145.0	12.8	79.8	
N°200	0.075	103.9	9.2	70.6	
Pasan			798.7	70.6	
Totales =			<b>1131.6</b>	100.0	

Tabla 7: Granulometría muestra M2.

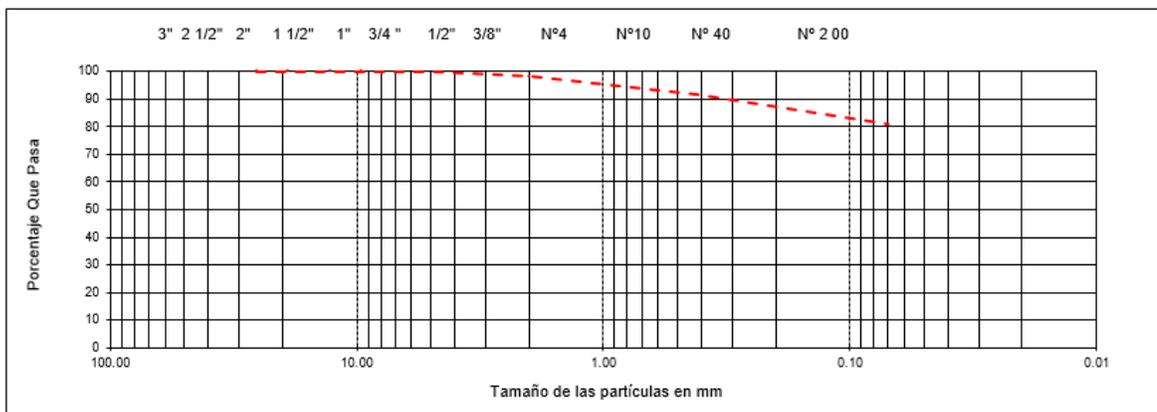


Grafico 4: Curva granulométrica muestra M2.

PESOS		INICIAL	1,222.0	FINAL	303.9	
TAMIZ		Pulg	mm	PESO. RET INDI	% RET. INDIV.	% QUE PASA
3"	76.20					
2-1/2"	63.50	0.0	0.0	100.0		
2"	50.80	0.0	0.0	100.0		
1-1/2"	38.10	0.0	0.0	100.0		
1	25.40	0.0	0.0	100.0		
3/4"	19.05	0.0	0.0	100.0		
1/2"	12.70	0.0	0.0	100.0		
3/8"	9.52	0.0	0.0	100.0		
N°4	4.76	2.3	0.2	99.8		
N°10	2.000	15.3	1.3	98.6		
N°20	0.850	0.0	0.0	98.6		
N°40	0.425	70.2	5.7	92.8		
N°100	0.150	126.4	10.3	82.5		
N°200	0.075	89.7	7.3	75.1		
Pasan			918.1	75.1		
Totales =			<b>1222.0</b>	100.0		

Tabla 8: Análisis granulométrico muestra M3.

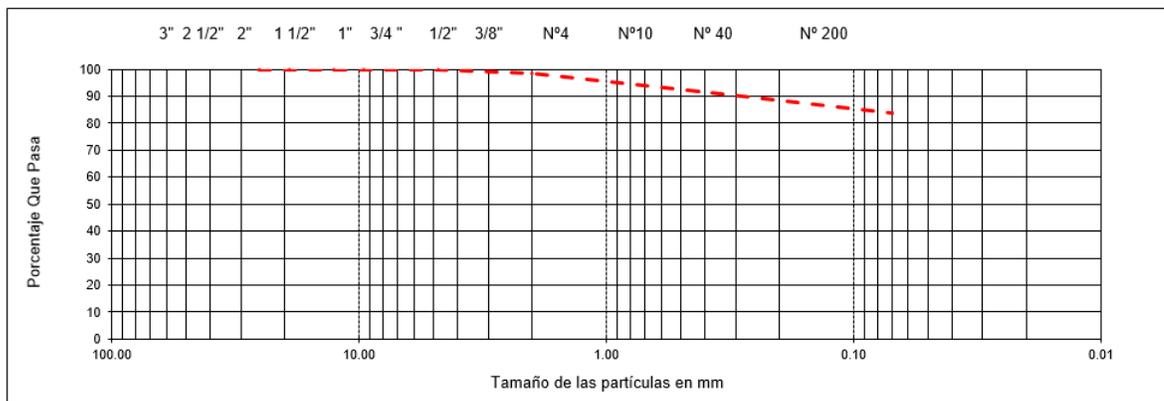


Gráfico 5: Curva granulométrica muestra M3.

Con base a lo anterior se determinó que las muestras tienen las siguientes granulometrías:

	Grava (%)	Arena (%)	Finos (%)
<b>M1</b>	0,1%	13,8%	86,1%
<b>M2</b>	0,2%	29,2%	70,6%
<b>M3</b>	0.2%	24.7%	75.1%

Tabla 9: Resultados Granulométrico de las muestras.

La granulometría es la medición de los granos de una formación sedimentaria y el cálculo de la abundancia de los correspondientes a cada uno de los tamaños previstos por una escala granulométrica. El método de determinación granulométrico más sencillo es hacer pasar las partículas por una serie de mallas de distintos anchos de entramado (a modo de coladores) que actúen como filtros de los granos que se llama comúnmente columna de tamices.

De acuerdo al sistema de clasificación unificada de suelos (U.S.C.S) los materiales encontrados en estas muestras pertenecen a la clasificación C.L (Arcilla inorgánica de baja compresibilidad) y M.L (Limo inorgánico de baja compresibilidad), con esto podemos determinar que nuestro suelo es apto para la explotación y fabricación de ladrillos.

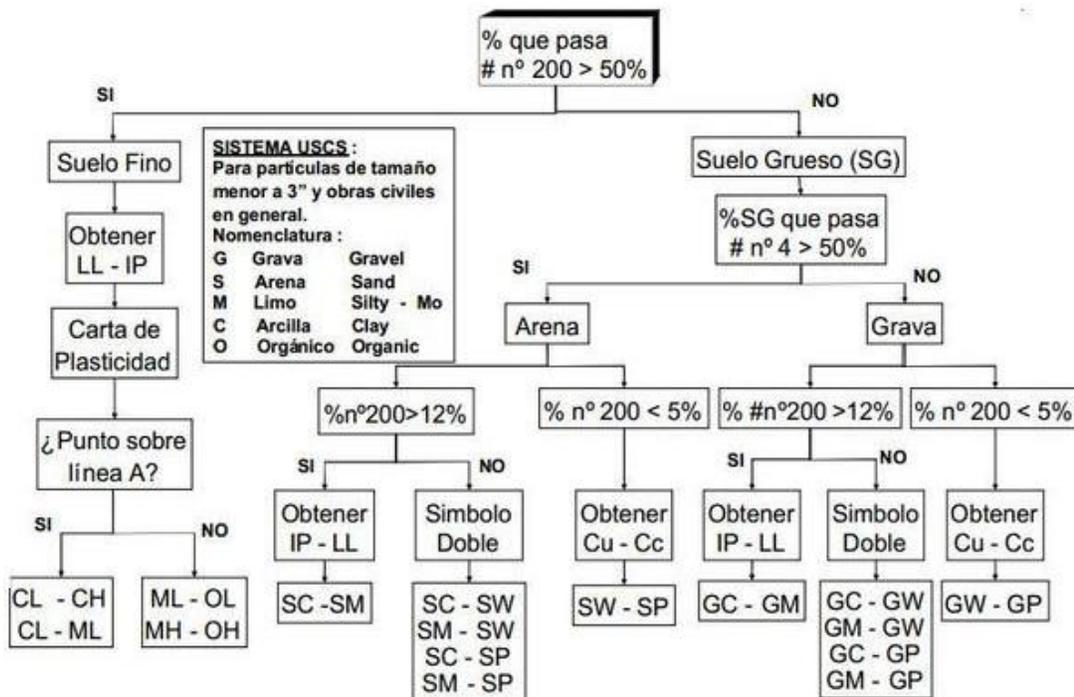


Figura 15: Sistema de Clasificación Unificada de Suelos (U.S.C.S).

### 6.3.2. Límites de atterberg

Para determinar los límites líquidos y plásticos, así como la humedad se tomaron en cuenta los parámetros que se muestran a continuación y sus resultados.

*Humedad Natural (W)*: Es la propiedad que relaciona la masa de agua que contiene una muestra de roca o suelo, con la masa o parte sólida de estos materiales.

$$W = (P_w / P_s) \times 100$$

Donde:

W= Contenido de agua, en %

P<sub>w</sub>= Peso de la Muestra Húmeda, en g

P<sub>s</sub>= Peso de la Muestra Seca, en g

El método usado para medir estos límites se conoce como método de Atterberg y los contenidos de agua o humedad con los cuales se producen los cambios de estados, se denominan límites de Atterberg. Ellos marcan una separación arbitraria, pero suficiente en la práctica, entre los cuatro estados mencionados anteriormente (Escuela de Ingeniería en Construcción).

Este tipo de resultados se da según el contenido de humedad (agua), en forma decreciente (desde un estado saturado 100% hasta un estado seco 0%), un suelo susceptible de ser plástico o que poseen algo de cohesión, según su naturaleza y cantidad de agua, pueden presentar propiedades que lo incluyan en el estado sólido, semi-sólido, plástico o semi-líquido. El contenido de agua o humedad límite al que se produce el cambio de estado varía de un suelo a otro.

Los contenidos de humedad y los puntos de transición de un estado a otro se denominan **Límite líquido**, **Límite plástico** y **Límite de contracción**

Por lo general los límites se utilizan directamente en las especificaciones para controlar los suelos a utilizar en terraplenes y en métodos semiempíricos de proyecto.

$$\text{Índice de plasticidad (IP)} = \text{Límite líquido} - \text{Límite plástico}$$

LIMITE LIQUIDO - LL			
Determinación N°	1	2	3
Número de Golpes	15	25	35
Recipiente N°	1	2	3
P <sub>1</sub>	23.90	28.80	31.80
P <sub>2</sub>	22.90	27.20	29.60
P <sub>3</sub>	19.80	19.80	19.10
P <sub>w</sub>	1.00	1.60	2.20
P <sub>s</sub>	3.10	7.40	10.50
W%	32.26	21.62	20.95
LIMITE PLASTICO - LP			Humedad Natural
Recipiente N°	1	2	3
P <sub>1</sub>	25.30	19.20	22.04
P <sub>2</sub>	25.20	19.10	21.90
P <sub>3</sub>	24.40	18.20	20.10
P <sub>w</sub>	0.10	0.10	0.14
P <sub>s</sub>	0.80	0.90	1.80
W%	12.50	11.11	7.78

Tabla 10: Análisis Límites de Atterberg muestra M1.

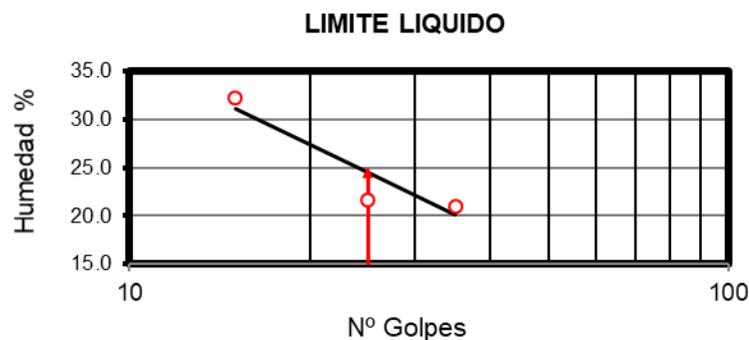


Gráfico 6: Curva de flujo muestra M1.

Para la muestra M1 dio como resultado un índice medianamente plástico con un rango de 9, un límite líquido del 24.47% y un límite plástico del 11.81%, pertenece al grupo CL según la clasificación U.S.C.S y en la clasificación AASHTO pertenece al grupo A-6 que son suelos limo arcillosos plásticos e incluye 86.1% de suelos finos, 13.8% de arenas y 0.1% de gravas.

LIMITE LIQUIDO - LL			
Determinación N°	1	2	3
Número de Golpes	15	27	32
Recipiente N°	1	2	3
P <sub>1</sub>	24.80	27.70	30.20
P <sub>2</sub>	23.30	26.00	29.50
P <sub>3</sub>	20.20	19.50	19.80
P <sub>w</sub>	1.50	1.70	0.70
P <sub>s</sub>	3.10	6.50	9.70
W%	48.39	26.15	7.22
LIMITE PLASTICO - LP			Humedad Natural
Recipiente N°	1	2	3
P <sub>1</sub>	23.80	18.80	21.70
P <sub>2</sub>	23.60	18.50	21.60
P <sub>3</sub>	21.20	17.50	20.40
P <sub>w</sub>	0.20	0.30	0.10
P <sub>s</sub>	2.40	1.00	1.20
W%	8.33	30.00	8.33

Tabla 11: Análisis límites de Atterberg muestra M2.

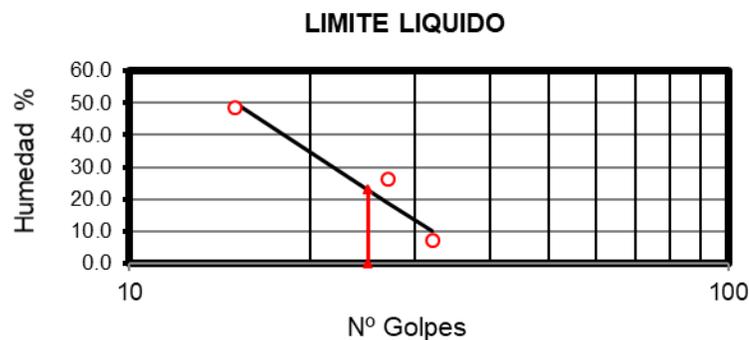


Gráfico 7: Curva de flujo muestra M2.

Para la muestra M2 dio como resultado un índice de baja plasticidad con un rango de 7, un límite líquido del 23.03% y un límite plástico del 19.17%, pertenece al grupo ML según la clasificación U.S.C.S y en la clasificación AASHTO pertenece al grupo A-4 que son suelos limosos inorgánicos e incluye 70.6% de suelos finos, 29.2% de arenas y 0.2% de gravas.

LIMITE LIQUIDO - LL			
Determinación N°	1	2	3
Número de Golpes	15	22	30
Recipiente N°	1	2	3
P <sub>1</sub>	27.30	29.60	32.50
P <sub>2</sub>	26.40	28.30	31.00
P <sub>3</sub>	22.60	24.50	28.20
P <sub>w</sub>	0.90	1.30	1.50
P <sub>s</sub>	3.80	3.80	2.80
W%	23.68	34.21	53.57
LIMITE PLASTICO - LP			Humedad Natural
Recipiente N°	1	2	3
P <sub>1</sub>	21.80	20.80	20.92
P <sub>2</sub>	21.60	20.60	20.80
P <sub>3</sub>	19.80	18.61	19.54
P <sub>w</sub>	0.20	0.20	0.12
P <sub>s</sub>	1.80	1.99	1.26
W%	11.11	10.05	9.52

Tabla 12: Análisis límite Atterberg muestra M3.

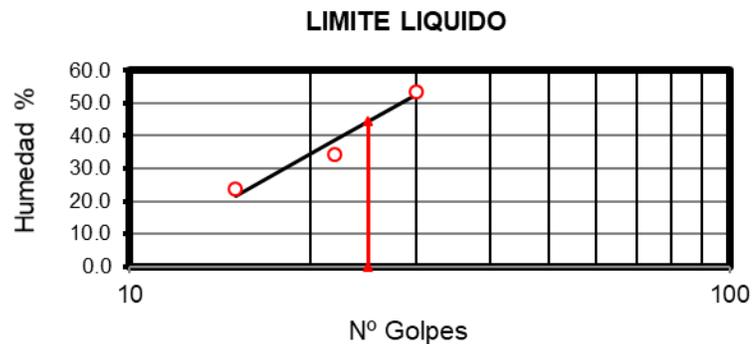


Gráfico 8: Curva de flujo muestra M3.

Para la muestra M3 dio como resultado un índice altamente plástico con un rango de 17, un límite líquido del 44.29% y un límite plástico del 10.58%, pertenece al grupo CL según la clasificación U.S.C.S y en la clasificación AASHTO pertenece al grupo A-7-6 que son suelos arcillosos plásticos e incluye 75.1% de suelos finos arcillosos, 24.7% de arenas y 0.2% de gravas.

### 6.3.3. Análisis de densidad

La determinación de la densidad suelta de los materiales se lleva a cabo mediante un procedimiento de medición directa de pesos y volúmenes en el caso de materiales finos y de arrastre.

Referencia		M1	M2	M3
<b>Peso Frasco</b>	gr	69	69	69
<b>Volumen Frasco</b>	cm <sup>3</sup>	150	150	150
<b>Peso Frasco + Material</b>	Gr	218,6	236,4	224,3
<b>Peso Material</b>	Gr	149,6	167,4	155,3
<b>Consistencia</b>		Suelta	Suelta	suelta
<b>Densidad Seca</b>	gr/cm <sup>3</sup>	1	1,12	1,03

Tabla 13: Análisis de densidad de las muestras.

### 6.3.4. Análisis de absorción natural de la arcilla

La absorción natural de los materiales cohesivos, tales como limos o arcillas determinan que tanta cantidad de agua pueden estos contener, además de presentar el grado de expansión volumétrica que dichos materiales pueden experimentar en su interacción con el agua. Este ensayo se realiza saturando el material evaluado y su respectivo peso en estado seco y saturado.

Absorción (%)	
<b>M1</b>	47
<b>M2</b>	42
<b>M3</b>	45

Tabla 14: Análisis de absorción de las muestras.

### 6.3.5. Contenido de humedad natural

El contenido de humedad natural para las muestras analizadas se determina mediante el método de secado al horno.

Humedad (%)	
<b>M1</b>	15
<b>M2</b>	16
<b>M3</b>	15

Tabla 15: Contenido de humedad natural de las muestras.

### 6.3.6. Análisis mineralógico por el método de difracción de rayos X

Uno de los principales estudios en el que se verifica la veracidad de los resultados y determina qué tipo de mineral contiene el suelo es por medio del **análisis mineralógico por el método de difracción de rayos X**, este análisis fue realizado por el laboratorio nacional de suelos **Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC)** Bogotá, dando como resultado lo siguiente:

Muestra	Minerales	Composición	Abundancia
<b>M1</b>	Montmorillonita (Esmectitas)	$(\text{Na,Ca})_{0,3}(\text{Al,Mg})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}_1$	+
	Micas	$\text{AC}_{2-3}\text{T}_4\text{O}_{10}\text{X}_2$	+
	Caolinita	$\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$	Tr
	Lepidocrocita	$\text{Fe}^{3+}\text{O}(\text{OH})$	Tr
	Cristobalita	$\text{SiO}_2$	Tr
	Cuarzo	$\text{SiO}_2$	++++
	Feldespatos	$(\text{K,Na,Ca,Ba,NH}_4)(\text{Si,Al})_4\text{O}_8$	++
	Calcita	$\text{CaCO}_3$	Tr
	Hematita	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	Tr
Dolomita	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$	-	
<b>M2</b>	Montmorillonita (Esmectitas)	$(\text{Na,Ca})_{0,3}(\text{Al,Mg})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}_1$	Tr
	Micas	$\text{AC}_{2-3}\text{T}_4\text{O}_{10}\text{X}_2$	+
	Caolinita	$\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$	Tr
	Lepidocrocita	$\text{Fe}^{3+}\text{O}(\text{OH})$	Tr
	Cristobalita	$\text{SiO}_2$	Tr
	Cuarzo	$\text{SiO}_2$	++++
	Feldespatos	$(\text{K,Na,Ca,Ba,NH}_4)(\text{Si,Al})_4\text{O}_8$	++
	Calcita	$\text{CaCO}_3$	-
	Hematita	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	Tr
Dolomita	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$	Tr	
<b>CONVENCIONES</b> ++++ <b>DOMINANTE (&gt;50%)</b> +++ <b>ABUNDANTE (30-50%)</b> ++ <b>COMÚN (15-30%)</b> + <b>PRESENTE (5-15%)</b> tr <b>TRAZAS (&lt;5%)</b>			

Tabla 16: Resultado del análisis mineralógico (Thorez).

Muestra	Minerales	Composición	Abundancia
M1	Cloritas	$(Mg,Fe)_3(Si,Al)_4O_{10}(OH)_2 \cdot (Mg,Fe)_3(OH)_6$	Tr
	Micas	$AC_{2-3}T_4O_{10}X_2$	Tr
	Lepidocrocita	$Fe^{3+}O(OH)$	Tr
	Cristobalita	$SiO_2$	Tr
	Cuarzo	$SiO_2$	++++
	Feldespatos	$(K,Na,Ca,Ba,NH_4)(Si,Al)_4O_8$	+
	Dolomita	$CaMg(CO_3)_2$	Tr
	Hematita	$Fe_2O_3$	Tr
	Yeso	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	-
M2	Cloritas	$(Mg,Fe)_3(Si,Al)_4O_{10}(OH)_2 \cdot (Mg,Fe)_3(OH)_6$	Tr
	Micas	$AC_{2-3}T_4O_{10}X_2$	Tr
	Lepidocrocita	$Fe^{3+}O(OH)$	Tr
	Cristobalita	$SiO_2$	Tr
	Cuarzo	$SiO_2$	++++
	Feldespatos	$(K,Na,Ca,Ba,NH_4)(Si,Al)_4O_8$	+
	Dolomita	$CaMg(CO_3)_2$	Tr
	Hematita	$Fe_2O_3$	Tr
	Yeso	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	Tr
<b>CONVENCIONES</b> <b>++++ DOMINANTE (&gt;50%)</b> <b>+++ ABUNDANTE (30-50%)</b> <b>++ COMÚN (15-30%)</b> <b>+ PRESENTE (5-15%)</b> <b>tr TRAZAS (&lt;5%)</b>			

Tabla 17: Resultado del análisis mineralógico (polvo total).

Comparando los resultados de los análisis mineralógicos de Thorez y Polvo Total, predominan el Cuarzo y el Feldespato, seguido de Montmorillonita (Esmectitas) y Micas; la proporción de minerales arcillosos para esta formación son *esmeclita* > *illita* (micas) > *caolinita* > *clorita*.

El contenido de hierro en el análisis mineralógico se encuentra en una proporción baja, esto puede compararse con el color de quema que es Amarillo Rojizo, si el contenido estuviera en una proporción mayor el color podría tornarse Rojo.

Las muestras de arcilla M1 y M2 se clasifican de teniendo en cuenta la siguiente Figura:

MINERALOGÍA DE LAS ARCILLAS				Origen
Grupo	Cristalinos	Caolín	Caolinita Dickita Nacrita Anauxita Halloysita Endelita	Hidrotermal- meteorización Meteorización Hidrotermal Meteorización Hidrotermal- meteorización Meteorización
		Montmorillonita	Montmorillonita Nontronita Saponita Beidelita Hectorita	Meteorización Hidrotermal Hidrotermal Hidrotermal Meteorización
		Illita o Hidromicas	Illita	Meteorización
		Attapulgita Sepiolita	Attapulgita Sepiolita	Meteorización Meteorización
	Amorfos	Alófana	Alófana	Meteorización

Figura 16: Clasificación de la arcilla de acuerdo a su composición. (Caracterización de las arcillas para fabricación de ladrillos artesanales pág. 22).

Los resultados de las muestras M1 y M2 determino que pertenecen al grupo de la Montmorillonita, los minerales que pertenecen a este grupo se han formado por descomposición superficial de rocas por los agentes atmosféricos, procesos hidrotermales a baja temperatura, alteración de cenizas volcánicas en capas estratificadas, por la acción de aguas de origen desconocido en fracturas y vetas (Zea Osorio, 2005).

La Montmorillonita es un Mineral del grupo de los Silicatos, subgrupo filosilicatos y dentro de ellos pertenece a las Arcillas. Se caracteriza por una composición química inconstante. Es soluble en ácidos y se expande al contacto con agua.

## 6.4. Estudio Geotécnico

Es el conjunto de actividades que permiten obtener la información geológica y geotécnica del terreno, comprendiendo el conocimiento y estudio del origen geológico, la exploración, los ensayos de campo y laboratorio para cuantificar las características físicas mecánicas del subsuelo.

Con este ensayo se determina principalmente la variación en la resistencia a la compresión simple o inconfineda de un material cohesivo en función de su densidad seca, este método de ensayo es aplicable solo a materiales cohesivos que no expulsan agua durante la etapa de carga del ensayo y que mantienen su resistencia intrínseca después de remover las presiones de confinamiento, como las arcillas o los suelos cementados.

Referencia	M1		M2	
	M1	M2	M1	M2
Densidad Humedad (gr/cm <sup>3</sup> )	1,47	1,97	1,38	1,80
Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1,27	1,71	1,19	1,55
Resistencia a la compresión simple (Kg/cm <sup>2</sup> )	1	2,75	1	3

Tabla 18: Resistencia a la compresión simple vs densidad seca.

De acuerdo con estos resultados se puede determinar el comportamiento tomando como referencia la siguiente tabla:

Consistencia	Resistencia a la compresión simple (Kg/cm <sup>2</sup> )
Muy Blanda	<0,25
Blanda	0,25 – 0,50
Mediana	0,50 – 1,00
Compacta	1,00 – 2,00
Muy Compacta	2,00 – 4,00
Dura	>4

Tabla 19: Rango del comportamiento de la arcilla en la compresión simple.

Con este cuadro se determina que la arcilla se comporta dentro del rango de compresión simple como suelo, la densidad húmeda aumenta de acuerdo al porcentaje de humedad que contenga la muestra. Comparando los resultados con la tabla anterior se puede decir que los taludes y/o excavaciones no deben superar los 4 m de altura ya que pueden presentarse inestabilidades en el terreno.



## 7. FASE III: EVALUACIÓN, MODELO GEOLÓGICO Y CÁLCULO DE RESERVAS

Tomando como base la información recolectada en la Fase I (Exploración Geológica de Superficie) y la Fase II (Exploración Geológica del Subsuelo) el material de interés corresponde a un depósito de arcilla cuya historia y origen comprende desde la era cenozoica y en el periodo cuaternario, esto nos indica que es un material que podemos encontrar desde la superficie y en diferentes calidades.

Según el modelo geológico del departamento de la Guajira, Villanueva se encuentra en un depósito de llanura aluvial, depósitos semiconsolidados a no consolidados de origen aluvial, también conocido como Q2II.

### 7.1. Modelo Geológico Para El Depósito De Arcilla

Como se mencionó anteriormente, el depósito de arcilla pertenece a la formación geológica Q2II, el cual es un depósito de llanura aluvial y/o depósitos semiconsolidados a no consolidados de origen aluvial, este proceso geomorfológico y climático se da principalmente por el transporte de sedimentos por la acción del viento, del agua y la meteorización, es por esto que en la región se puede encontrar afloramientos de rocas sedimentarias y otros como la arcilla.

En la región que se encuentra la Mina Berak, se formó en la edad cenozoica y en el periodo cuaternario, los sedimentos depositados durante el Cuaternario se clasifican según el tipo producido por los agentes activos en diferentes ambientes. En las zonas planas, deprimidas, hay terrazas aluviales, testigos de los leves levantamientos recientes, que suelen gradar a conos aluviales o llanuras aluviales (Mercado, 2003).

El área de explotación minera se caracteriza por tener cotas de la 216 a la 228, encontrando un solo depósito el cual es de arcilla, este depósito se encuentra en toda el área muestreada el cual corresponde al 100% de la totalidad del sector a explotar. La arcilla es un compuesto de los elementos Silicio (Si) y Aluminio (Al) con agua químicamente combinada. Puesto que el silicio y el aluminio se encuentran generalmente en combinación con el oxígeno, como óxidos, se les llama Sílice ( $\text{SiO}_2$ ) y Alúmina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). Por lo general la arcilla pura no se usa para la manufactura de utensilios, se combina con otros materiales cerámicos para darles las cualidades necesarias para ciertos productos.

La mayor parte de los materiales arcillosos se encuentran en sedimentos, si bien, normalmente, no se han formado ahí. El origen de los mismos hay que buscarlo en los procesos de meteorización que ocurren en los suelos, donde los minerales

constitutivos de la roca original son destruidos por un conjunto de agentes climáticos y biológicos que van a favorecer el fenómeno de hidrólisis de los minerales primarios y la neo formación de otros filosilicatos en equilibrio con las condiciones ambientales.

El tipo y cantidad de cada uno de los minerales neoformados depende de la naturaleza de la roca madre y de las condiciones climáticas del lugar. En otras ocasiones, y a pequeña escala, se pueden producir neoformaciones de filosilicatos por alteración hidrotermal de rocas. En cualquiera de los casos, cuando se produce la erosión hídrica todo el conjunto de materiales procedentes de suelos o de alteraciones son transportados por los ríos a las cuencas sedimentarias. Si las condiciones geológicas del área fuente restringen la erosión de partículas groseras (períodos de biostasia) los sedimentos resultantes en las cuencas de sedimentación serán fundamentalmente arcillosos.

Por el contrario, cuando exista una etapa de pérdida de la cobertura vegetal (reexistasia) la erosión arrastrará materiales más groseros, que antes habían sido retenidos por el sistema radicular de las plantas y árboles. En este caso, se formarán sedimentos más arenosos.

Puesto que la mayoría de los depósitos arcillosos son de carácter sedimentario, la disposición de las partículas minerales en el sedimento vendrá determinada por las condiciones de temperatura y salinidad del agua en el momento del depósito. Los depósitos formados sobre aguas dulces presentan la peculiaridad de mantener sus partículas dispersas durante el período sedimentario, dando lugar a la aparición de depósitos densos en donde las láminas de los minerales mantienen una estructura paralela en relación con los planos de estratificación.

Por el contrario, en un medio marino, las partículas de arcilla coagulan originando un depósito con una disposición espacial más abierta. Los sedimentos arcillosos producto del primer tipo se caracterizan por ser más difíciles de transformar en materia plástica, necesitando para ello, una mayor preparación mecánica, mientras que las segundas son más fáciles de humectar.

### 7.1.1. Construcción del modelo geológico y estructural

Esta fase se basa en la interpretación, análisis y descripción de la información secundaria, así como los planos geológicos existentes, también la verificación y levantamiento de campo, evaluación de los resultados obtenidos del muestreo y análisis de calidad del material (arcilla) y de las Fases I y II vistas previamente. Como resultado a lo anterior se obtiene la distribución espacial, geometría del depósito y la cantidad de material a explotar.

Para el cálculo de reservas probadas, el modelo geológico y estructural se utilizó como herramienta de apoyo el software llamado Surpac desarrollada por GEOVIA. *“GEOVIA Surpac™ es el software de planificación de extracción y geología más popular del mundo. Este software proporciona eficiencia y precisión mediante potentes gráficos 3D fáciles de usar y la automatización del flujo de trabajo, que se puede adaptar a los procesos y flujos de datos específicos de la empresa. Surpac aborda todos los requisitos de geólogos, investigadores e ingenieros de minas en el sector de recursos y posee suficiente flexibilidad para adaptarse a cualquier mercancía, yacimiento mineral o método de explotación minera.”(GEOVIA Surpac™)*

Es necesario recalcar que para el correcto modelamiento es importante alimentar la base de datos del software con la información necesaria para un excelente modelado y así obtener la mayor precisión a la hora de obtener los cálculos. Como se mencionó con anterioridad con este software modelamos en 3D la Mina Berak pudiendo hacer los cálculos de Reservas Probadas y Reservas No Explotables, con estas dos cifras se obtiene las Reservas Explotables.



Figura 18: Perspectiva 3D del área de reserva. Tomado de: Google Earth

La Figura 19 nos muestra el modelo digital del terreno de la Mina Berak en un estado original antes de iniciar las operaciones de minería, y la Figura 20 nos muestra el modelo digital del terreno de la Mina Berak después de explotada; es importante recalcar que el estado de los DTM es ligeramente plano a ondulado ya que así es el terreno.

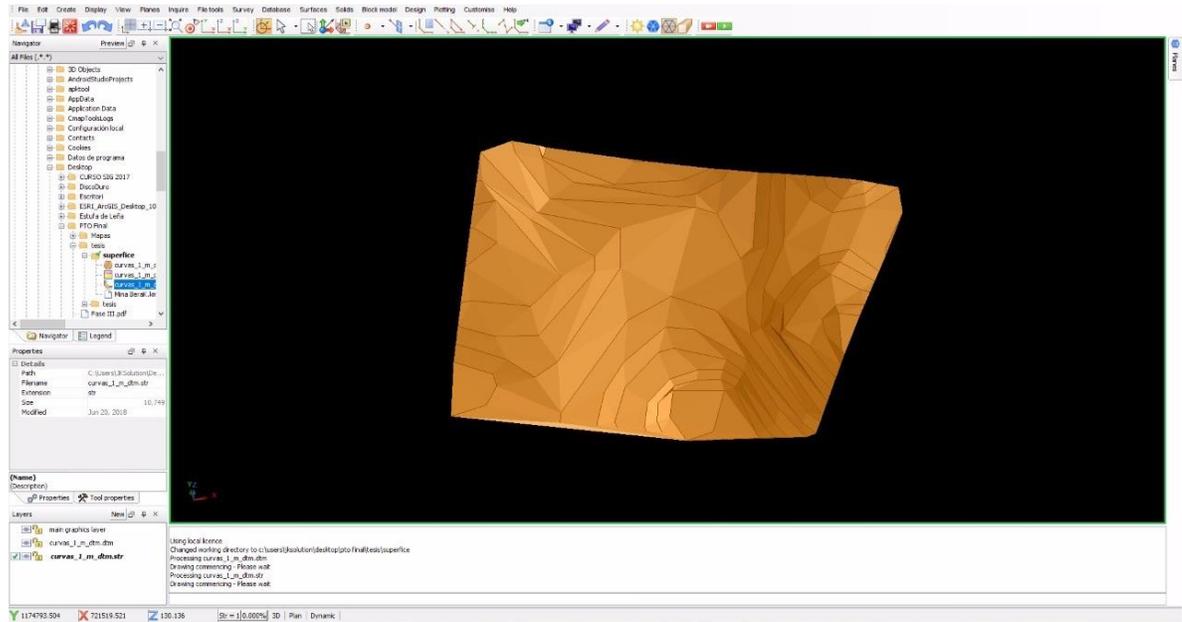


Figura 19: Modelo Digital del Terreno de la Mina Berak, en su estado original.

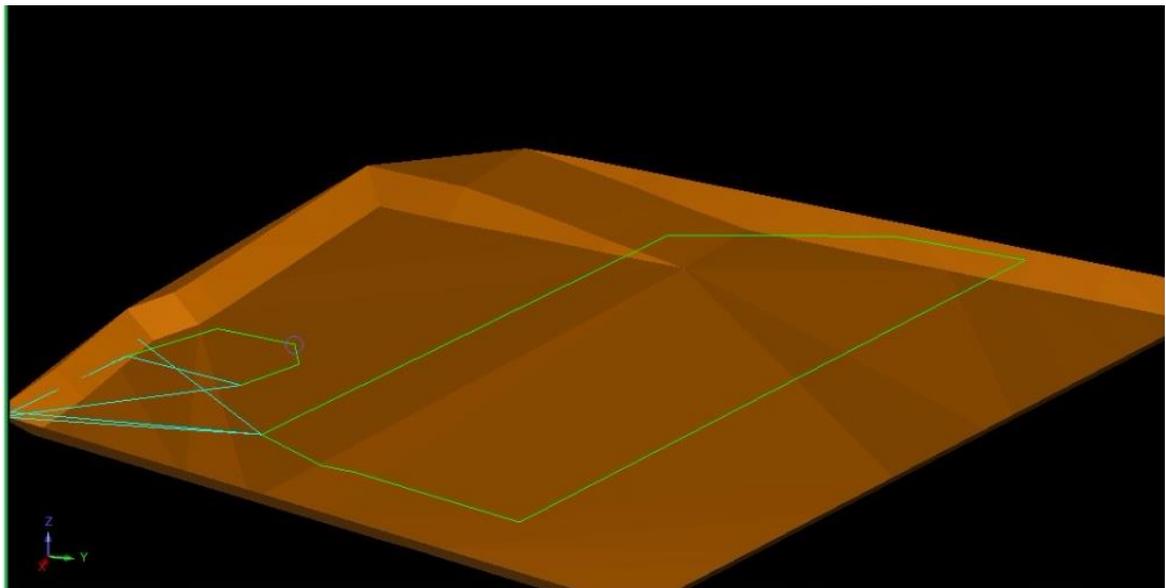


Figura 20: Modelo Digital del Terreno de la Mina Berak, después de la explotación.

## 7.2. Cálculo De Reservas Para El Depósito De Arcilla

Existen dos grupos de métodos más usados para la estimación de reservas los cuales son:

- Geométricos o Clásicos
- Geoestadísticos

El cálculo de reservas consiste en determinar la cantidad de material o mineral existente en un depósito, esta labor se realiza durante toda la vida del proyecto minero, desde el descubrimiento del material hasta el cierre y abandono de la mina. Esta es una actividad que no se puede reemplazar y necesita mucha responsabilidad ya que de un confiable cálculo de reservas se puede establecer parámetros esenciales para la vida útil de la mina.

En la actualidad el método más exacto y recomendado de los dos mencionados anteriormente es el Geoestadístico ya que este ofrece información más completa, para ello es necesario tener conocimiento Geoestadístico y manejo de software adecuado, en este proyecto se ha usado el software llamado Surpac, el cual nos calcula la reserva del depósito de arcilla.

Para la construcción del modelo de bloques se utilizó la herramienta Block Model, esta herramienta es útil a la hora de cálculos de reservas ya que nos arroja el volumen de los bloques calculados, para el cálculo de estos bloques se realizaron de 0.3m de ancho x 0.3m de largo x 0.3m de profundidad, se realizó con valores pequeños para una mayor exactitud.

Calculamos primero el modelo de bloques de la Mina Berak en su estado original a 3 metros de profundidad, dado que es el nivel más bajo en el que se tomaron las muestras y se verificó la existencia de la arcilla, este cálculo nos da como resultado el volumen en metros cúbicos banco, el cual pertenece al cálculo de reservas probadas ver (Figura 21).

En la Figura 22 se puede observar el modelo de bloques de la Mina Berak en su etapa final de explotación, esto corresponde al material no explotado.

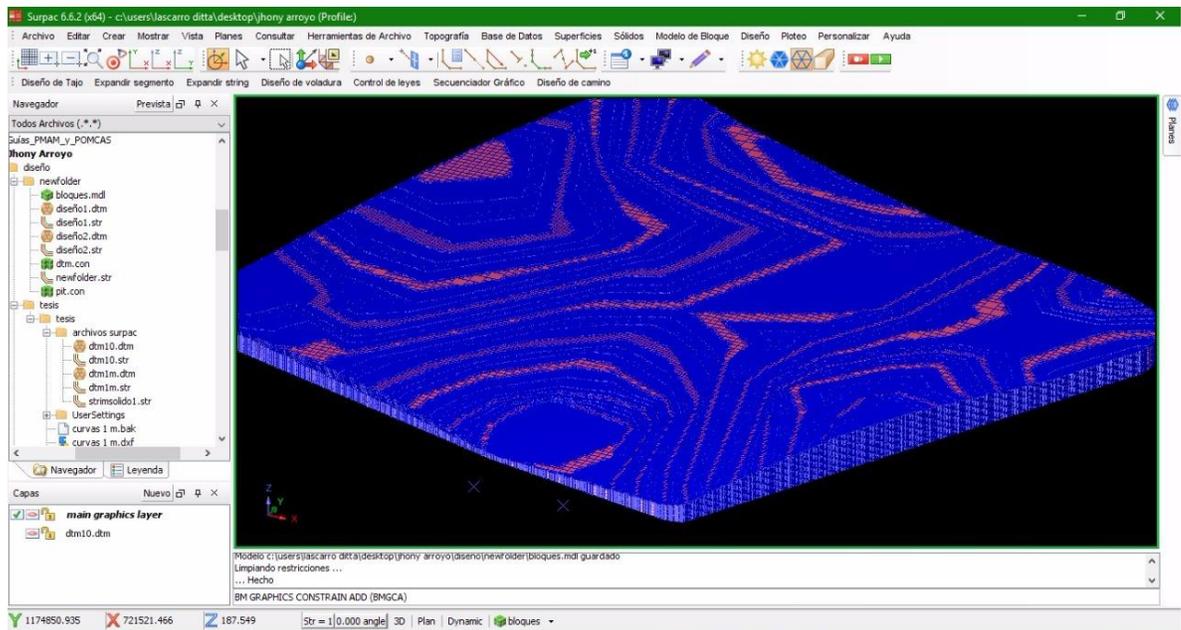


Figura 21: Modelo de bloques de la Mina Berak sin intervención.

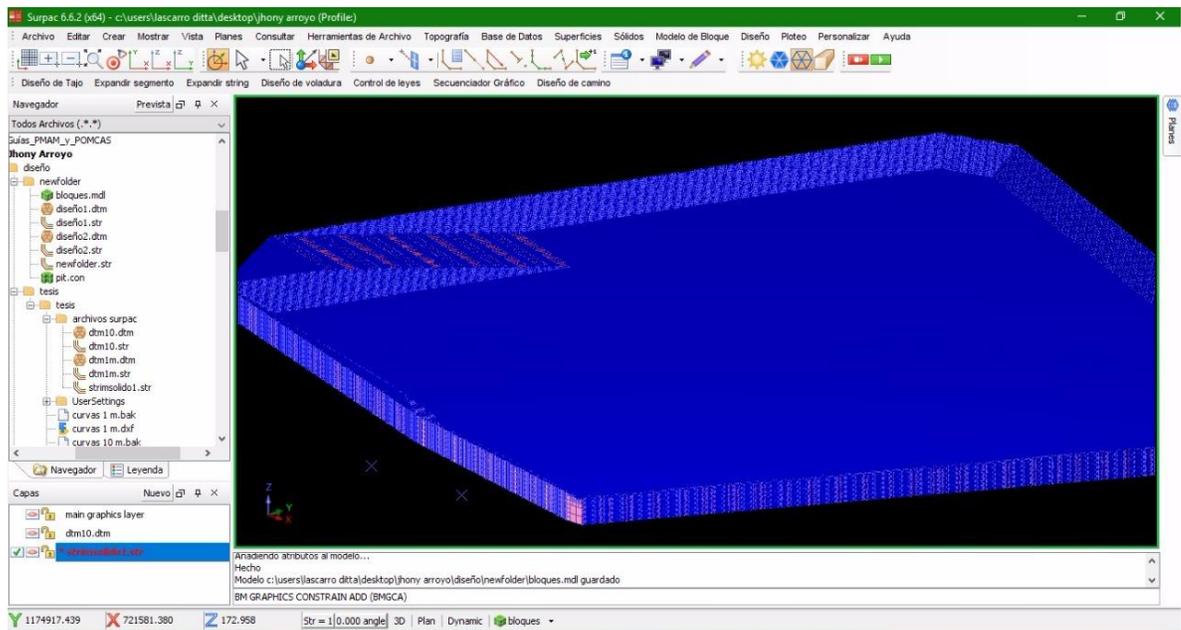


Figura 22: Modelo de bloques de la Mina Berak al final de la explotación.

De los dos modelos de bloques obtenidos se puede hacer el cálculo de reservas explotables, ya que la Figura 21 arroja un resultado de **493.989 Metros Cubicos Banco (BCM)** el cual pertenece a todo el material encontrado en la mina a una profundidad de 3mts y la Figura 22 arroja como resultado **97.148 BCM** esto es el material no explotable dejando un talud de seguridad.

Tendiendo el volumen de reserva mineral medida al interior del área minera y la reserva minera que queda sin explotar por el diseño minero, se procede al cálculo de las reservas mineras explotables, este cálculo se da restando la reserva minera no explotable a la totalidad de las reservas medidas quedando así:

Reserva Minera Explotable = Reserva Medida – Reserva No Explotable

Reserva Minera Explotable = 493.989 – 97.148

**Reserva Minera Explotable = 396.841 BCM**

Este valor lo dividimos en 30 (cantidad de años que durará la explotación minera) y así obtendremos la Reserva Minera Explotable Anual.

Reserva Minera Explotable Anual = 396.841/30

**Reserva Minera Explotable Anual = 13.228 BCM**

### **7.3. Área De Interés Minero**

Con base a las fases de exploración y análisis previos, se puede establecer que el área de concesión delimitada, cumple con los requerimientos necesarios para la explotación de la arcilla. La Mina Berak cuenta con 6.12 Hectáreas de terreno, el cual se demarcaron al inicio del proyecto, con toda esta información se puede decir que las 6.12 Hectáreas de la Mina Berak puede ser explotada y no hay áreas restantes para devolución.

## 8. FASE IV: PROGRAMA DE TRABAJO Y OBRAS

En esta fase se presenta el Programa de Trabajos y Obras de la Mina Berak el cual suministrará la base técnica, logística, económica y comercial para tomar la decisión de invertir y desarrollar un proyecto minero.

Para este estudio de mercado se utilizó una metodología cuantitativa mediante entrevistas, con esto se pretende conocer el mercado, para evaluar y definir a quien estará dirigido el producto final (Ladrillo), su oferta, demanda y usos. Es importante mencionar que no realizamos los análisis de mercadeo, cliente, competencia, proveedores etc. A la arcilla como tal ya que, aunque la empresa explota arcilla después de hacer su beneficio da como resultado el material a vender o producto final que en este caso es el ladrillo.

Con lo anterior presentamos el análisis de mercados, el planeamiento y diseño de las explotaciones de la arcilla, beneficio y transformación, la evaluación financiera del proyecto y la promoción del producto final que es el ladrillo.

### 8.1. Descripción Del Producto

El ladrillo es un material de tipo cerámico o barro cocido, el cual previamente fue amasado con agua conformando así una pasta, que luego de ser moldeada, fue horneada a una temperatura que osciló entre los 900°C y los 1000°C. Si se llega a una temperatura de unos 1200°C, se provoca en la pieza un principio de vitrificación, que la convierte en un material carente de poros y resistente a las heladas, ideal para ser usado en obras de ladrillo a la vista. Por otro lado, también gana una elevada resistencia a la compresión, por lo que son aptos para ser usados en la conformación de elementos sometidos a fuertes solicitaciones (Apuntes Ingeniería Civil, 2017).

Los ladrillos fabricados en la Mina Berak son totalmente artesanales y actualmente este ladrillo tiene las dimensiones 30cm Soga x 20cm Tizón x 10cm Grueso Ver (Figura 23), este ladrillo es comúnmente llamado Ladrillo Macizo, Tolete o Bocado, esto se debe a su dureza y su densidad; es el más comercial en la región ya que se requiere 15 ladrillos apilados de canto con una junta de 1.5cm para cubrir 1m<sup>2</sup>.

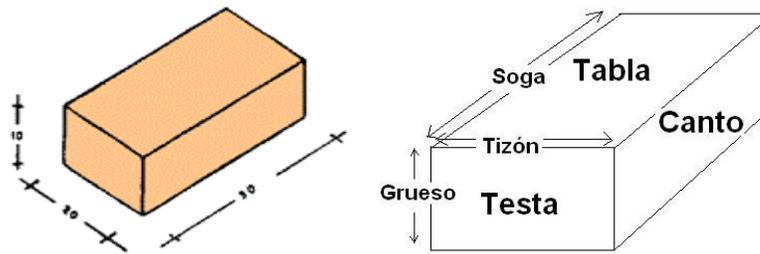


Figura 23: Dimensiones y nomenclatura de las caras y aristas del ladrillo.

El precio de estos materiales es negociable dependiendo de la cantidad, de las condiciones de entrega, de la calidad y cumplimiento de especificaciones que posea el material.

## 8.2. Análisis De Mercado

El objetivo de esta fase es suministrar la base técnica, logística, económica y comercial para tomar la decisión de invertir y desarrollar el proyecto minero presente en esta monografía; es necesario recalcar lo fundamental de esta fase ya que es lo que da el inicio a los trabajos y obras de explotación el cual debe contar con un estudio de dicho programa y la expedición de una licencia ambiental.

El uso de arcilla como material de construcción es muy antiguo, su utilidad a medida que pasa el tiempo se va fortaleciendo y hoy en día muchas de las obras se han realizado por medio del ladrillo, convirtiendo así en un elemento básico para la sociedad. En Colombia se producen 376.947 toneladas mensuales de ladrillo, es decir 4.523.367 al año, según estudio por Anfalit a la firma Camargo y Asociados Ingenieros Constructores.

La investigación refleja que las ventas totales de la industria ladrillera nacional se estiman en \$31.643 millones mensuales, que representan 52.9% de las ventas potenciales de la industria ladrillera. El estudio revela también que el país cuenta con un total de 1.924 unidades productivas, de las cuales sólo 88%, es decir 1.694 se encuentran en operación; 2% (34) están liquidadas y 10.2% (96) están cerradas temporalmente.

Lo anterior es una muestra de la amplia capacidad instalada que tiene Colombia para producir ladrillo de muy alta calidad. Sin embargo, se está utilizando sólo 53.4% de esta capacidad, lo cual indica que es vital realizar acciones, de diversa índole, que permitan dinamizar la industria y jalonar nuevos negocios (Construdata, 2012).

### 8.3. Análisis De Cliente

La Mina Berak tiene como posibles clientes los siguientes:

**Ferreterías de Villanueva la Guajira:** Las ferreterías son establecimientos comerciales lo cual se dedican a la venta de útiles para la construcción y las necesidades del hogar.

**Empresas constructoras:** Son aquellas empresas que tienen los siguientes objetivos:

- Preparación de obras, demolición y movimiento de tierras, perforaciones y sondeos.
- La construcción general de inmuebles.
- Construcción general de edificios y obras singulares de ingeniería civil, construcciones de cubiertas y de estructuras de cerramiento,
- Construcciones de autopistas, carreteras, campos de aterrizaje, vías férreas
- Otras construcciones especializadas

**Centros de compra mayorista:** Se designa centro mayorista al comercio que vende al por mayor. El mayorista es uno de los componentes de la llamada cadena de distribución, en este caso, la empresa no tomará contacto con el usuario final o consumidor final, sino que le delegará esta tarea a un especialista. El mayorista es de alguna manera el intermediario entre el que fabrica un producto y el consumidor final de ese producto.

**Personas intermediarias:** Son personas que compran el material o el producto para luego revenderlo, en Villanueva encontramos 4 clientes intermediarios, en Valledupar no tenemos conocimiento aun con este tipo de clientes.

**Personas naturales:** Son aquellas que compran directamente para construir sus obras o construir en su propiedad que no van directamente a una constructora, sino que contratan a los albañiles que conocen, en este caso estas personas compran directamente el producto a las empresas de producción sin necesidad de ir a ferreterías. Este cliente puede variar su participación ya que sería en promedio una vez en unos años que comprarían para construir.

#### **8.4. Análisis De Competencia**

Actualmente el pueblo de Villanueva La Guajira no cuenta con canteras legales ni en trámites de legalidad, por lo tanto, todas las canteras existentes son minas ilegales.

Existe alrededor de 6 ladrilleras activas que producen otros tipos de productos diferentes a los ofrecidos por la Mina Berak, estos productos aunque sean ladrillos las dimensiones son diferentes, estas ladrilleras no tienen nombres propios en sí, sino que son llamadas por el nombre de sus respectivos dueños, así mismo pensando en expandir el producto ofrecido por la Mina Berak de manera nacional encontramos que en los pueblos cercanos no existe una cantera que tenga un contrato de concesión o que se encuentre en proceso de obtenerla. En Urumita encontramos 3 ladrilleras, en el Molino 2 ladrilleras y en San Juan 3 ladrilleras, pero estas ladrilleras tienen variedades de productos como el bloque, un material hecho por cemento y también ladrillos de otras dimensiones conocidos como el bocadillo y ladrillo bloque.

Podemos analizar que, aunque la competencia es muy amplia el producto como el ladrillo es un material muy importante que ha trascendido y siempre ha tenido popularidad en el ámbito de materiales de construcción ya que genera mucha demanda todo el tiempo y siempre el hombre ha tratado de mejorar la sociedad a través constantes construcciones y edificaciones que nos permite mejorar nuestro diario vivir.

#### **8.5. Análisis De Proveedores**

No contamos con proveedores fijos, ya que en nuestra zona hay variedades de proveedores que satisfacen nuestras necesidades. Para la fabricación de ladrillo contamos con el suelo que es rico en arcilla y es apto para su realización, para el agua contamos con una fuente propia, a través de una manguera que posteriormente llena un pozo de agua, y para la arena, como hemos mencionado antes los proveedores de esta materia prima dependerán de sus disponibilidades, pero como variedad, nunca ha sido un problema para llevar a cabo nuestra producción. Para La combustión utilizamos leña que es traída de fincas que se encuentran cercanas a la zona, esto es un problema en el tipo de minería actual.

Cabe resaltar que, si queremos contar con proveedores que estén aptos en su totalidad con respecto a legalidad para poder contribuir con la buena minería y con el buen desarrollo del país, la minería bien hecha demanda mejoras en los procesos operativos y de transformación.

## 8.6. Canales De Comercialización

Para la distribución y comercialización del producto final que ofrece la Mina Berak desde el centro de producción hasta el consumidor final, el canal de distribución que contempla es de dos tipos:

**Canal directo:** el producto llega al consumidor final de una forma directa, sin la necesidad de intermediarios, para lograr este objetivo es necesario un sistema de punto de fábrica, lo que indica que el producto final se venderá en el mismo lugar de producción.

**Comercializadoras o ferreterías:** el producto llega al consumidor final a través de intermediarios ya sean comercializadoras o ferreterías de la zona.



Grafico 9: Canal de distribución de la Mina Berak

## 8.7. Análisis De Precios

El precio en Colombia se encuentra bajo el determinante del mercado y la calidad del mineral, y está regulado por la Unidad de Planeación Minero Energética (U.P.M.E.). Según la Resolución N°. 151 del 23 de Marzo de 2018, “*Por la cual se determinan los precios base de liquidación de regalías de los minerales no metálicos para la anualidad 2018-2019*”, se establece el precio para las arcillas comunes el cual es de \$16.692.58 pesos/tonelada.

Ahora para determinar el indicativo del precio de cada unidad se tomó encuentra el precio fijado por el gremio de la zona, con el fin de manejar unos precios

competitivos y que el cliente final esté dispuesto a pagar, todo esto se logró a través del estudio de mercadeo y el análisis del mismo.

Se investigó y se determinó que de las 6 minas ubicadas en la zona una de ellas vende el mismo tipo de producto y se pudo obtener que el precio es de \$900 y \$1.300 pesos/unidad en boca mina. Con el fin de mantener el rango más bajo fijado se optó por vender el producto entre \$700 y \$1.000 pesos/unidad en boca mina. Para el presente año la venta de ladrillo en bocamina será de \$800 pesos/unidad. La cantidad de unidades a vender y el precio estimado se detalla en la Pag 129.

## 8.8. Diseño Y Planeamiento Minero

Esta etapa debe estar presente durante la vida de la mina y tiene como finalidad buscar el aprovechamiento racional del yacimiento o deposito permitiendo así la máxima recuperación de reservas de tal forma que el proyecto sea técnico, económico, social, ambientalmente sostenible, viable y sostenible en el tiempo.

### 8.8.1. Situación actual de la mina

El área de explotación de la Mina Berak se encuentra ubicada en el municipio de Villanueva, La Guajira. Cuenta con un área de 6,12 Hectáreas y está limitada por las siguientes coordenadas:

PUNTO	COORDENADA NORTE	COORDENADA OESTE
P1	10° 37' 16.02"	72° 58' 35.68"
P2	10° 37' 23.47"	72° 58' 33.60"
P3	10° 37' 20.07"	72° 58' 24.84"
P4	10° 37' 13.21"	72° 58' 28.88"

Tabla 20: Coordenadas del área de interés.

El sistema de explotación actual es a cielo abierto, el método empleado es el de banco único con una altura comprendida entre los 1,97mt y 2,50mt.

### **8.8.1.1. Instalaciones en superficie**

La mina en la actualidad cuenta con 3 Horno artesanal simple (Pamperos), patio de secado provisional, zona de cargue y zona de explotación.



*Figura 24: Horno de la cantera Berak.*



*Figura 25: Área de secado.*



*Figura 26: Un Área de secado.*

#### **8.8.1.2. Descapote**

Los trabajos de descapote se realiza manualmente, normalmente tiene un espesor entre 0 y 15 cm en el área de explotación actual.

#### **8.8.1.3. Frentes de explotación**

La explotación se realiza en forma manual, al ser una mina a pequeña escala y artesanal cuenta con un solo frente de explotación, a medida que el frente de explotación avanza este es utilizado como patio de mezcla, y en algunos casos como maduración de la arcilla, en el frente trabaja alrededor de 5 personas.



*Figura 27: Frente de explotación.*



*Figura 28: Trabajador en frente de explotación*

#### **8.8.1.4. Herramientas existentes**

Debido a la explotación que se realiza es de forma manual y completamente artesanal, solo se cuenta con las siguientes herramientas:

- Palas
- Azadones
- Carretillas
- Picos
- Molde de madera (gavera).



*Figura 29: Herramientas principales.*

### 8.8.1.5. Producción

El proceso de fabricación del ladrillo se divide en varias etapas las cuales son:

1. El material arcilloso es extraído en forma manual (pico, pala y carretillas) de los tajos.
2. La preparación y forma del material se realiza en forma rustica y manual en donde el mineral arcilloso adquiere la contextura necesaria para el moldeo.
3. En el moldeo de los ladrillos se utilizan armazones de madera (gavera).
4. El secado de ladrillos se realiza a la intemperie con un tiempo promedio de 1 a 2 días.
5. El acarreo de los ladrillos se realiza por medio de carretillas hasta el horno, estas tienen una capacidad de 40 ladrillos.
6. La etapa de cocción se lleva a cabo en un tiempo aproximado de 44 horas.

En la actualidad se tiene una producción aproximadamente de 130.000 ladrillos mensuales, aunque en periodo de invierno la producción disminuye. La combustión de esta se realiza utilizando leña que es traída de fincas que se encuentran cercanas a la zona, requiriendo para cada quema 6 camionadas de leña.

### 8.8.2. Análisis Comparativo de Métodos de Explotación Aplicables.

De acuerdo con los resultados obtenidos en campo el área seleccionada tiene una extensión de 6.12 Hectáreas aproximada y está demarcado por el polígono cuyas coordenadas son:

PUNTO	COORDENADA NORTE	COORDENADA OESTE
P1	10° 37' 16.02"	72° 58' 35.68"
P2	10° 37' 23.47"	72° 58' 33.60"
P3	10° 37' 20.07"	72° 58' 24.84"
P4	10° 37' 13.21"	72° 58' 28.88"

Tabla 21: Coordenadas del área de interés.

Dentro del sector seleccionado también se proyecta la ubicación de la infraestructura del beneficio de la arcilla, patio de labores, área de secado, zona de acopio y todo lo requerido en la misma.

### **8.8.2.1. Sistema y métodos de explotación (u-cursos)**

Una primera clasificación de los métodos se refiere a si la explotación se realiza siempre expuesta a la superficie o si se desarrolla a través de labores subterráneas. Así, debemos primero separar:

- Métodos de explotación a cielo abierto
- Métodos de explotación subterránea

Entre los métodos de explotación de superficie, se pueden identificar los siguientes:

- Cielo abierto, rajo abierto o tajo abierto (llamado Open Pit en inglés). Es el método que más se ve en Chile, particularmente en la explotación de yacimientos de metales básicos y preciosos.
- Cantera (llamado Quarry en inglés). Este nombre se da a la explotación de mineral que puede utilizarse directamente en aplicaciones industriales, como es el caso de la sílice, caliza y piedra de construcción.
- Lavaderos o placeres. Corresponde a la explotación de depósitos de arena en antiguos lechos de ríos o playas, con el fin de recuperar oro, piedras preciosas u otros elementos químicos valiosos.
- Otros. Existen otros métodos poco convencionales para la extracción de algunos elementos de interés, como por ejemplo la disolución, que corresponde a la extracción de azufre o sales solubles mediante la incorporación de un solvente y posterior extracción del soluto de la solución recuperada, y la minería costa afuera, para la extracción de nódulos de manganeso presentes en el fondo del océano.

En cuanto a los métodos de explotación subterráneos, se distinguen según el tratamiento que hagan de la cavidad que deja la extracción de mineral. Sin embargo, en la práctica, la explotación requiere variar y combinar los métodos dado que los depósitos raramente se ajustan exactamente a las características ideales de aplicación de alguno de los métodos.

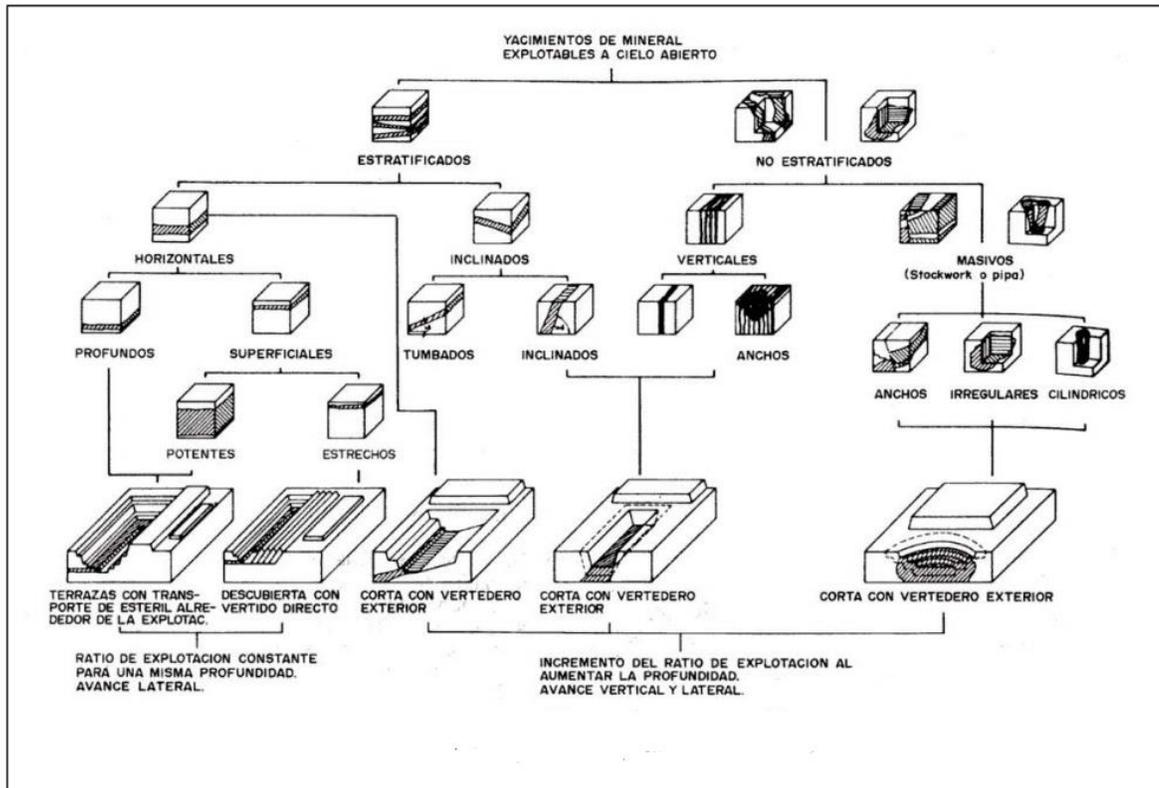


Figura 30: Tipos de yacimientos y métodos de explotación aplicados. Tomado de: *Métodos de Minería a Cielo Abierto*, Universidad Politécnica de Madrid, J Herrera, 2006.

Según lo visto en la Figura 30, se pueden aplicar los siguientes métodos:

- Terrazas con transporte alrededor de la explotación.
- Canteras con banqueo único o de varios niveles.

Ahora se presenta una descripción de los dos métodos principales para la extracción del mineral con sus ventajas y desventajas con el fin de hacer el respectivo análisis comparativo y seleccionar el método que más se ajuste al tipo de mina y mineral.

### 8.8.2.1.1. Terrazas (Herrera Herbert, 2006)

Este método se basa en una minería de banqueo con avance unidireccional. Se aplica en yacimientos relativamente horizontales, de uno o varios niveles mineralizados y con recubrimientos potentes, pero que permiten depositar el estéril en el hueco creado, transportándolo alrededor de la explotación.

Las profundidades que se alcanzan son importantes, existiendo casi exclusivamente una limitación de tipo económico en la determinación de cuál es el último nivel mineralizado que se explotará. Al igual que sucede con los métodos de descubierta y tal como se ha indicado, se efectúa un autor-relleno del hueco creado, por lo que, desde el punto de vista de la restauración de los terrenos, las posibilidades de actuación son grandes.

Los equipos y sistemas mineros que se utilizan son muy variados, desde los totalmente discontinuos con equipos convencionales de carga y transporte, hasta los continuos, con transporte con cintas y trituración dentro de las propias explotaciones, que poseen un alto grado de electrificación.

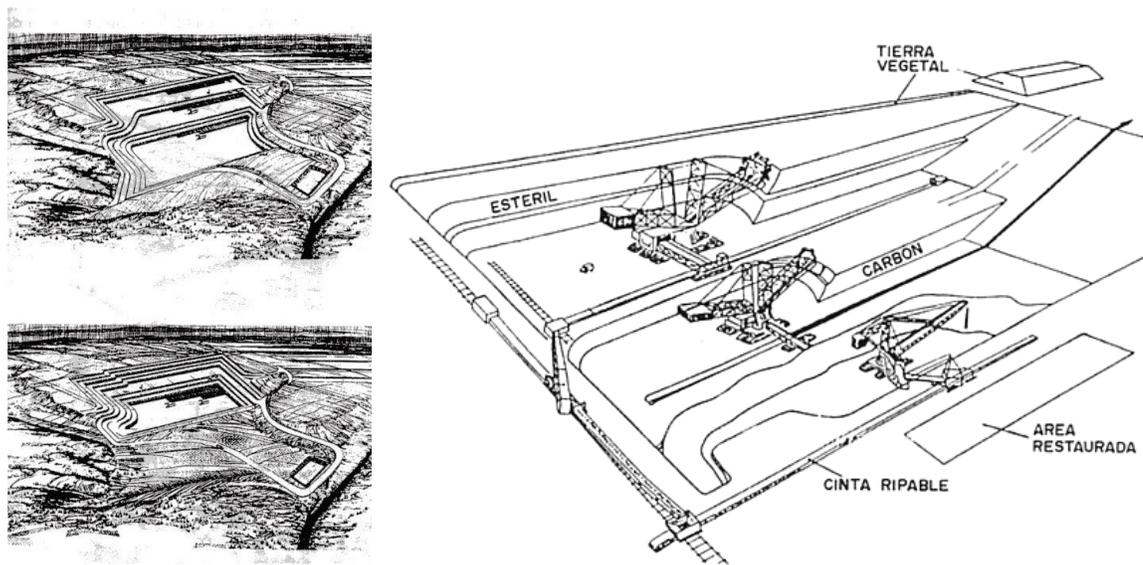


Figura 31: Método de Explotación por Terrazas.

#### 8.8.2.1.2. Canteras (Herrera Herbert, 2006)

Canteras es el término genérico que se utiliza para referirse a las explotaciones de rocas industriales, ornamentales y de materiales de construcción. Constituyen, con mucho, el sector más importante en cuanto a número, ya que desde muy antiguo se han venido explotando para la extracción y abastecimiento de materias primas con uso final en la construcción y en obras de infraestructura.

Antiguamente, debido al valor relativamente pequeño que tenían los materiales extraídos, las canteras se situaban muy cercanas a los centros de consumo y poseían unas dimensiones generalmente reducidas.

En líneas generales, el método de explotación aplicado suele ser el de banqueo, con uno o varios niveles, situándose un gran número de canteras a media ladera.

Las canteras pueden subdividirse en dos grupos:

- El primero, donde se desea obtener un todo-uno fragmentado apto para alimentar a las plantas de tratamiento y obtener un producto destinado a la construcción en forma de áridos, a la fabricación de cementos, a la fabricación de productos industriales, etc. En este tipo de explotación se dan canteras donde la extracción no es cuidadosa y se dan grandes alturas de banco.
- El segundo, dedicado a la explotación cuidadosa de grandes bloques paralelepípedicos, que posteriormente se cortan y elaboran. Estas explotaciones se caracterizan por el gran número de bancos que se abren para arrancar los bloques y la maquinaria especial con la que se obtienen planos de corte limpios.

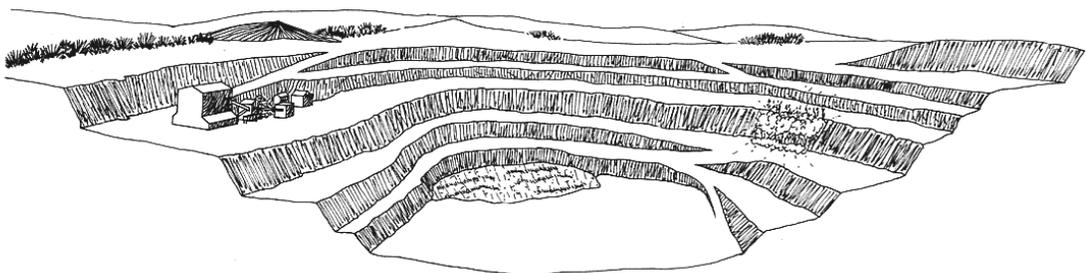


Figura 32: Método de Explotación por Canteras.

### 8.8.3. Selección y propuesta del método y sector de explotación

De acuerdo con los resultados obtenidos en las fases anteriores, sumado el estudio de mercado, a continuación, se define y proponen los sectores de explotación y su secuencia óptima para una excelente extracción del mineral, sabiendo que la minería es artesanal.

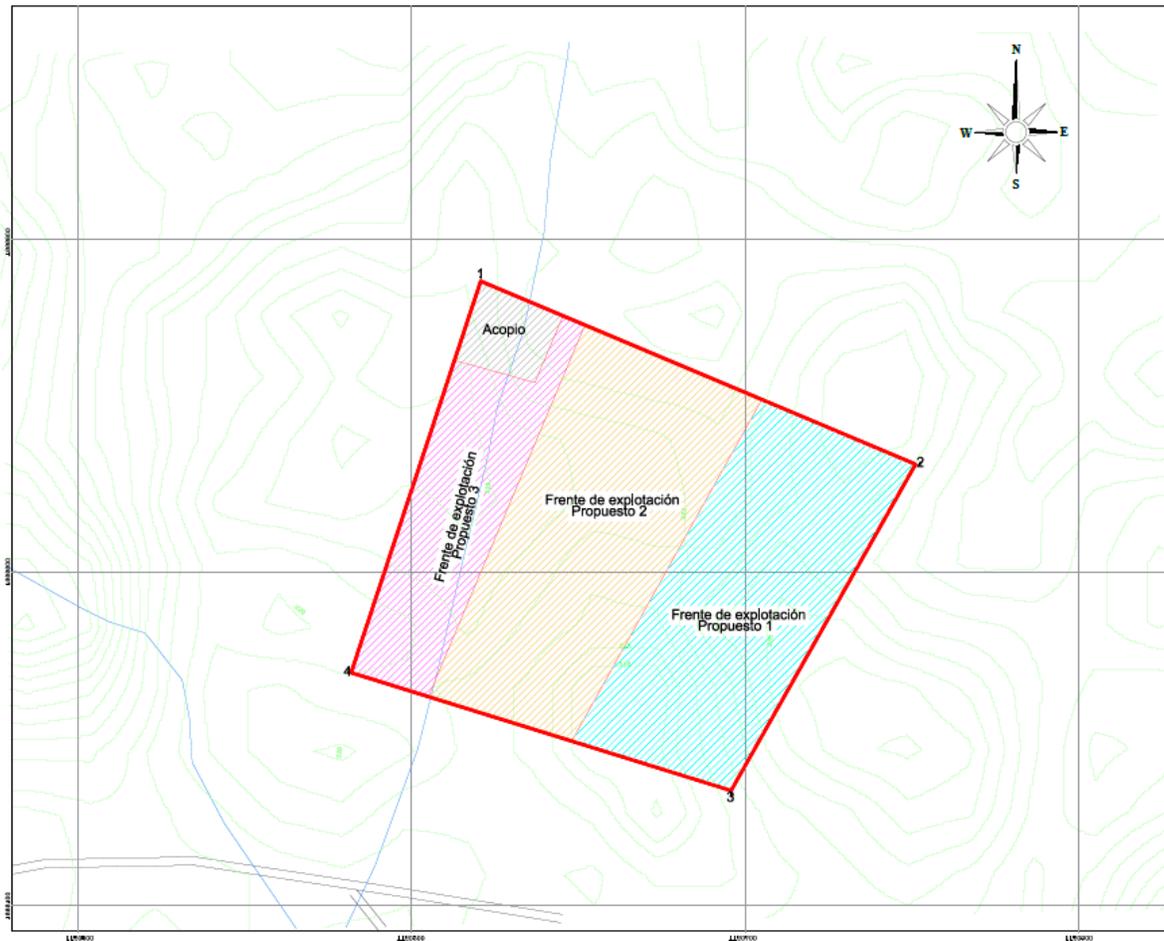


Figura 33: Sectores de explotación propuestos en el área de legalización minera.

Por ser un área de no más de 7 hectáreas se proponen 3 frentes de explotación trabajados por el método de cantera usando la explotación por banco único ya que este banco se puede descender hasta los 3mts. Al ser una mina artesanal la profundidad máxima a llegar es de 2mts ya que es lo permitido legalmente por la estatura promedio de trabajadores.

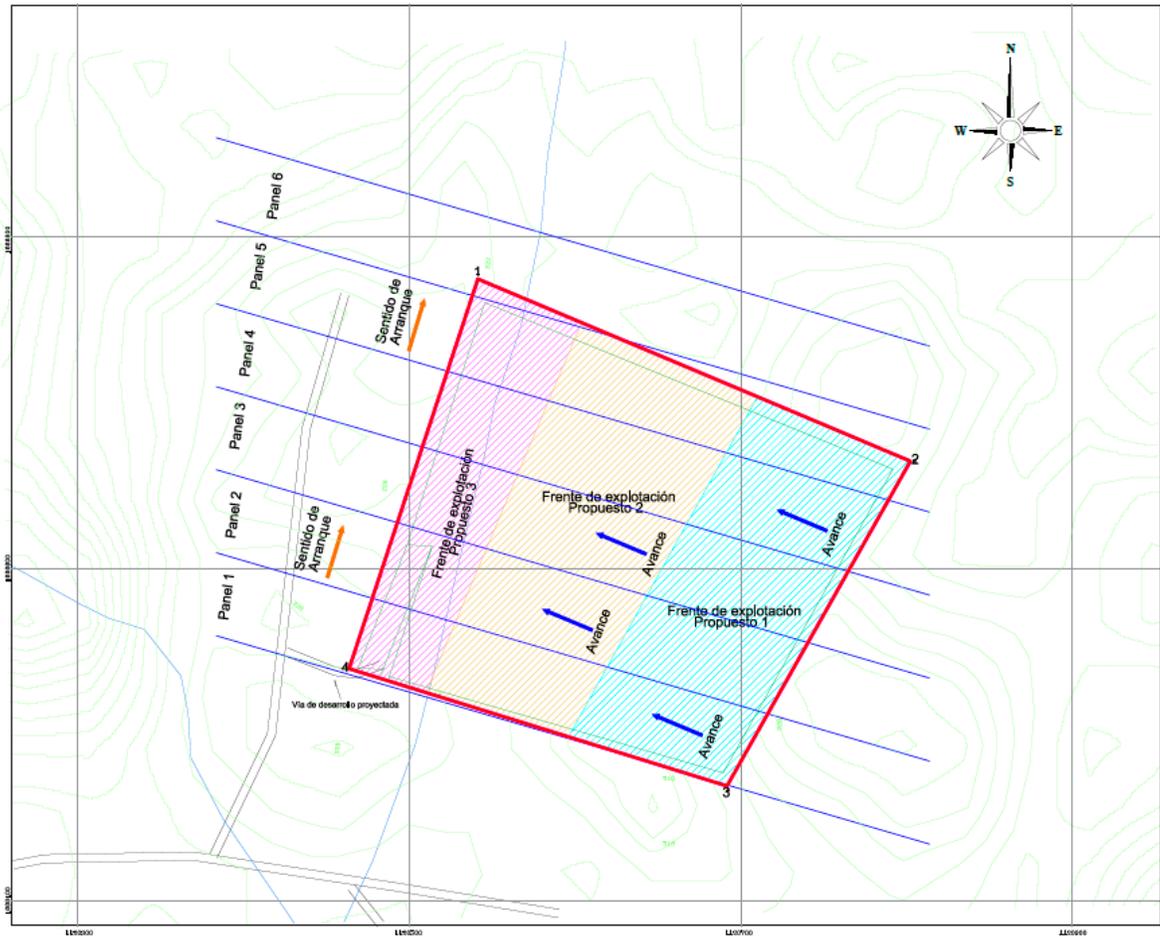


Figura 34: Sentido de arranque y avance propuestos en el área de legalización minera.

Ventajas del sistema de explotación a cielo abierto (cantera) con el método de explotación banco único:

- Mayor rendimiento en el cargue y transporte del material.
- Mayor control del personal que se interfiere directamente en la mina.

Desventajas del sistema de explotación a cielo abierto (cantera) con el método de explotación banco único:

- Dificultad en el manejo paisajístico y en la etapa final se presentan grandes inversiones en el acondicionamiento de la capa vegetal.
- Se maneja taludes sobredimensionados para este tipo de material poniendo en peligro la infraestructura de la mina.

Por las características que representa el yacimiento tales como espesor del mineral, espesor del suelo y la forma en la que se encuentra el mineral (Horizontal), se inclina por un sistema de explotación a cielo abierto (Cantera) y se empleará el método de banco único descendente.

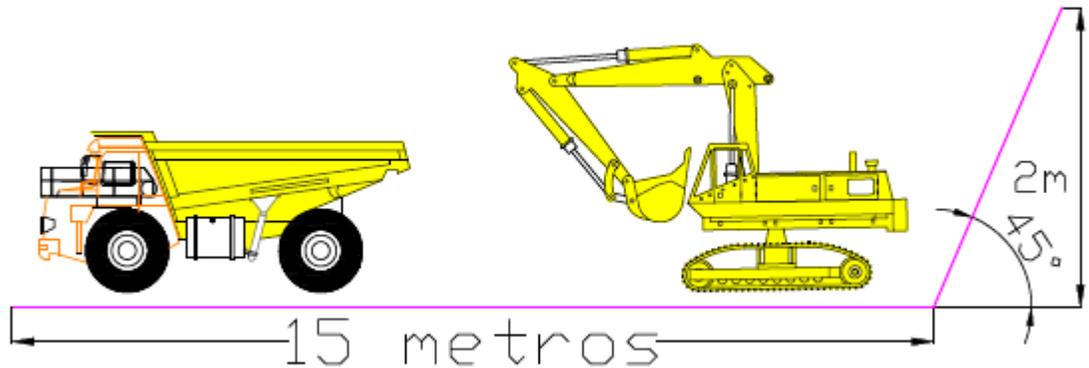


Figura 35: Diseño conceptual de la explotación de la cantera.

### 8.8.3.1. Actividades y operaciones de explotación

Las actividades y operación de explotación que se requiere son las siguientes:

#### 8.8.3.1.1. Desarrollo y preparación

Ante la necesidad de la generación de empleo se propone arreglar la vía de acceso en el frente de explotación con pendientes que no superen el 3% para que no ofrezca mayor resistencia a la circulación de las carretillas, el ancho será de cinco metros a fin de que puedan circular vehículos cuando sea necesario ya que se encuentra algo deteriorada y estrecha.

Tenemos que la máxima profundidad del frente de explotación tiene medidas sus reservas de unos 3mt y que posee 100mt de ancho por 100mt de lado, al trazar la vía paralela o a lo largo de los lados tendríamos:

- Profundidad máxima: 3mt.
- Longitud lado: 100mt.
- Pendiente= profundidad (m)/ longitud lado (m) = 3%

Es necesario aclarar que esta se reducirá la profundidad de los tajos a una profundidad máxima de 2mts. La construcción de las vías, se realizará con una moto niveladora y estará apoyada por el obrero de labores auxiliares. En esta fase también es importante recalcar la construcción de las rampas de acceso usando la motoniveladora.

#### *8.8.3.1.2. Desmonte y descapote*

La capa vegetal o biológica es la que se encuentra en la parte superior del suelo, compuesta de desechos vegetales y microorganismos benéficos que en su actividad permiten la aireación del suelo. En el área el espesor de la capa orgánica e inorgánica a remover varía entre (0-15) centímetros. Teniendo en cuenta el área a intervenir es necesario remover un volumen de material estéril de aproximadamente 9.150m<sup>3</sup>. Esta se ejecutará por medio del arrendamiento de un buldócer quien lo ejecutará una vez al mes.

#### *8.8.3.1.3. Arranque y cargue del mineral*

El arranque es la operación de extracción de mineral y estéril, del área de explotación. Este depende de factores como el tipo de material, disposición del mismo y la topografía del terreno, entre otras. Al realizar el arranque en forma manual se genera mayor mano de obra; para esta operación se emplea picos, palas, azadones y éste se realiza en la capa de la arcilla dejando un talud de 45 grados.

La preparación de la explotación consiste en dividir el frente de explotación en bloques Ver (Figura 36) , conociendo que la potencia promedio de la arcilla es de 2mt. Para la elaboración de un ladrillo Tipo bocadillo de dimensiones aproximadas de 30 x 20 x 10cm, se requiere de unos 5Kgs de arcilla (densidad 1,6 ton/m<sup>3</sup>), es decir 0,008 m<sup>3</sup> de arcilla.

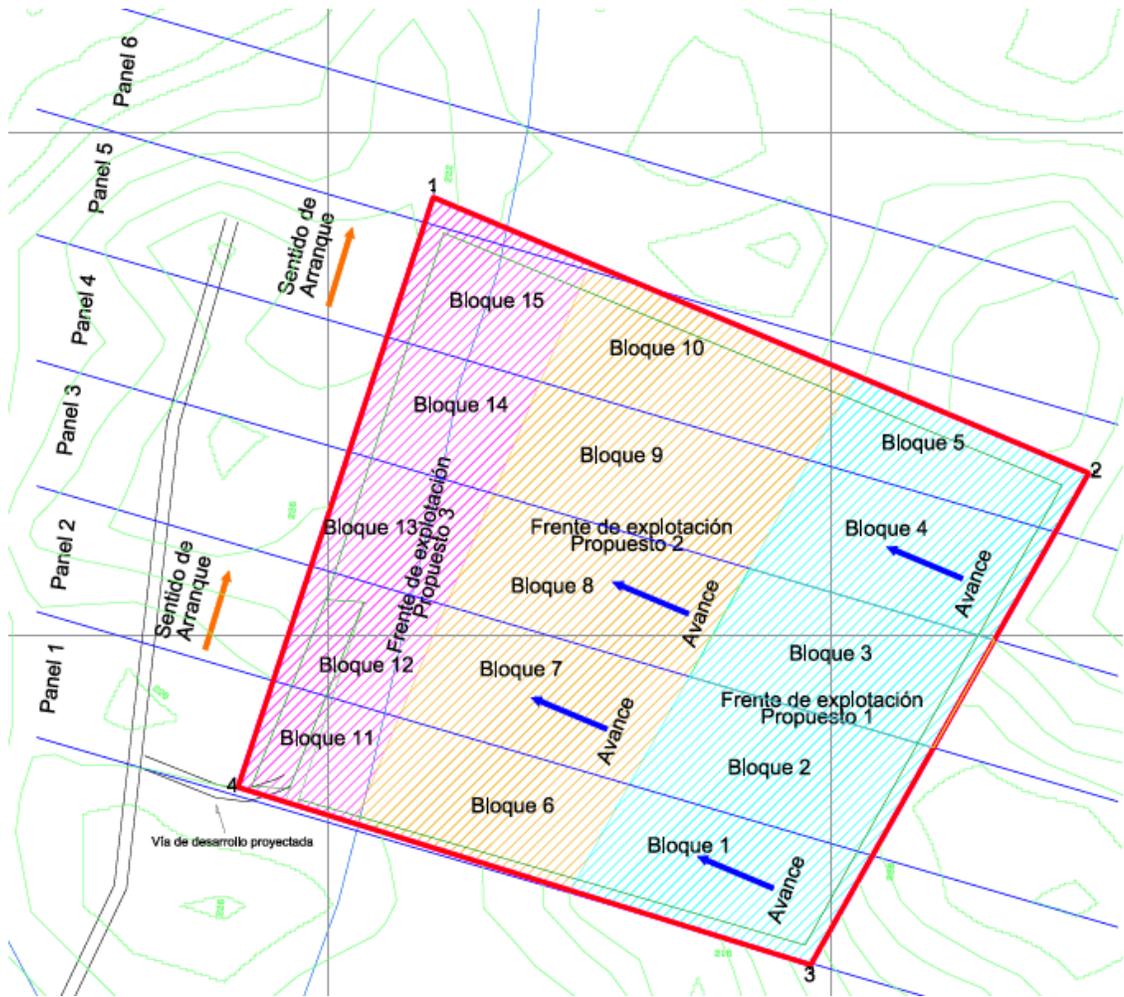


Figura 36: División de los frentes de explotación en bloques.

Las reservas medidas explotables in situ ascienden a  $396.846\text{m}^3$  de arcilla para la producción (Calculo De Reservas Para El Depósito De Arcilla, Pag.84), es decir, alrededor de 49'605.750 de unidades de ladrillos, que al ritmo de producción anual según datos obtenidos en el diagnóstico es de 1'656.000 unidades, indican una vida útil para este de 30 años aproximadamente ya que se extraerían  $46\text{m}^3/\text{día} \times 8.640 \text{ días} = 397.440$ , con un rango de error del 1%. Para llevar a cabo la extracción de forma pareja se tiene el siguiente estimado:

Año	Arcilla M <sup>3</sup>
1	13.248
2	13.248
3	13.248
4	13.248
5	13.248
6	13.248
7	13.248
8	13.248
9	13.248
10	13.248
11	13.248
12	13.248
13	13.248
14	13.248
15	13.248
16	13.248
17	13.248
18	13.248
19	13.248
20	13.248
21	13.248
22	13.248
23	13.248
24	13.248
25	13.248
26	13.248
27	13.248
28	13.248
29	13.248
30	12.294
<b>Total</b>	<b>396.486</b>

Tabla 22: Estimado anual de extracción del mineral.

#### 8.8.3.1.4. Acopio

Al ser minería artesanal el mismo sitio de extracción del mineral sirve como acopio y área de beneficio, eso ayuda a reducir costos operacionales.

#### 8.8.3.1.5. Transporte

Un proceso clave para el desarrollo de la mina y todo el proceso productivo es la etapa del transporte, actualmente al ser todo artesanal los operarios usan un mecanismo para movilizar los ladrillos el cual consiste en carretillas de una rueda, los operarios acomodan las piezas en el vagón levantan la carga y empujan el carro hasta el lugar indicado para la descarga, donde deben acomodar las piezas (ladrillos húmedos).

Este proceso al ser de forma manual pone en riesgo constante a los operarios provocando una serie de efectos posteriores al trabajo pesado, es por esto que la mejor propuesta para este proceso se asocia con la implementación de un nuevo diseño en los carros transportadores; la nueva forma de transportar las piezas tendrá un nuevo diseño, el cual consiste en una plataforma con mango dispuesto con cuatro ruedas, el cual permitan la movilización dadas sus condiciones de diseño físico y el material utilizado que recubre la ruada (goma maciza).

El diseño de este carro plano se compone de una plataforma en acero con medidas de 100cm por 150cm y un espesor de 4mm, tiene una altura de baranda aproximadamente 110cm, 4 ruedas de 13 pulgada y ruedas de goma maciza de 13 pulgadas con tornamesa ver (Figura 37), el tamaño y movilidad de las ruedas garantiza el transporte efectivo en los patios.

Para lograr las mejoras asociadas con tiempo y condiciones ergonómicas del operario, la propuesta para el transporte supone que la movilización de alrededor de 100 piezas de tolete macizo en cada viaje, aguantando un peso aproximado de 450 Kg; de esta forma el operario solo deberá empujar el carro sin necesidad de levantar la carga, debe tenerse en cuenta que la capacidad máxima que puede soportar el carro es de 500 Kg, permitiendo suponer que la carga propuesta se podrá manejar en el terreno.

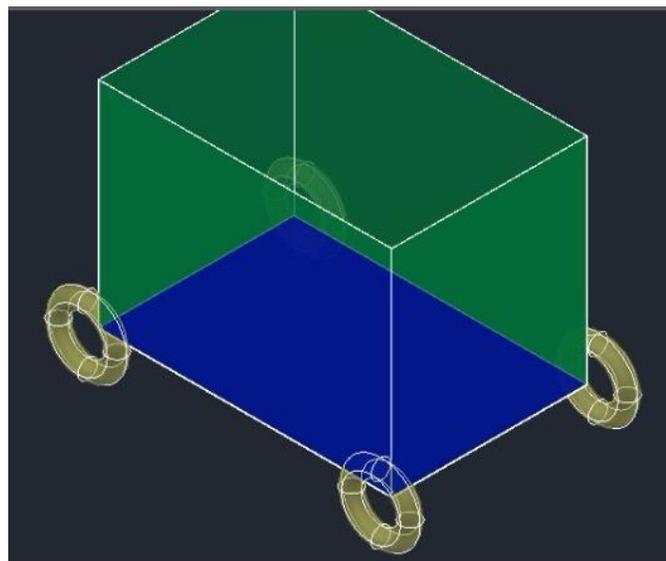
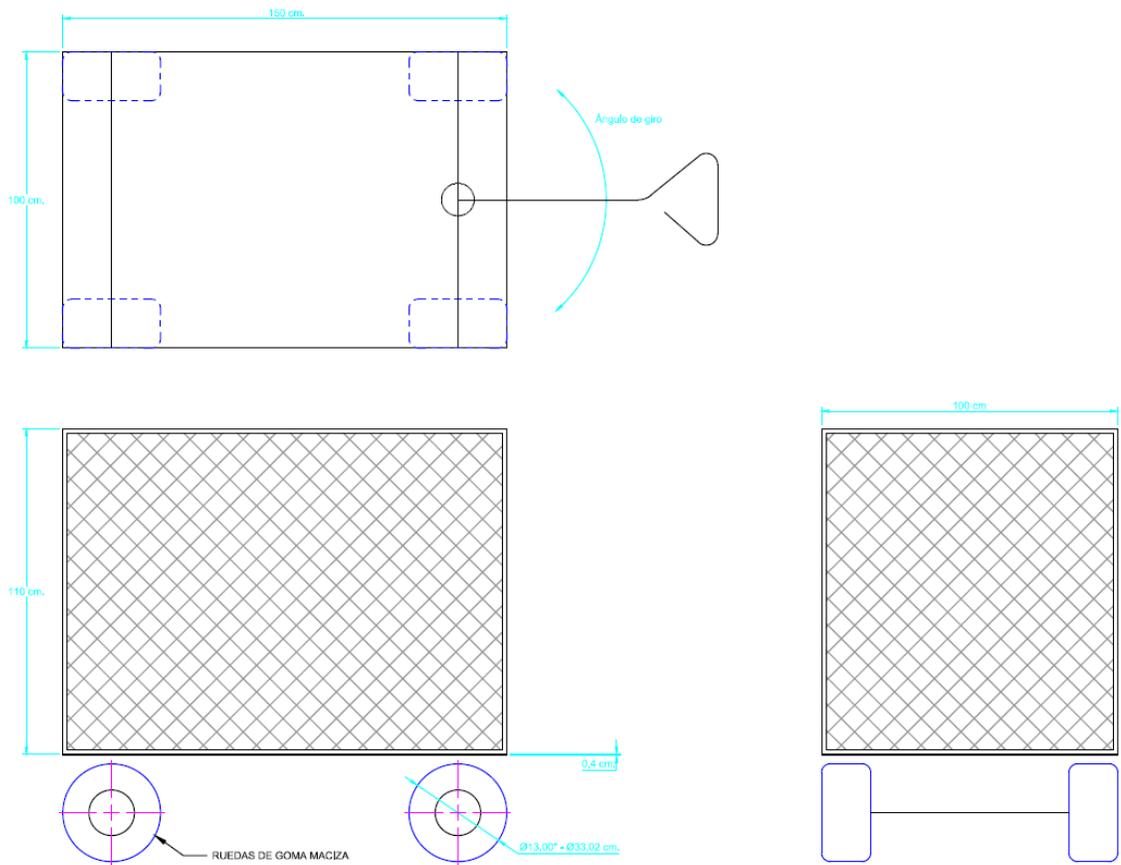


Figura 37: Modelo de carreta para el transporte de los ladrillos.

#### 8.8.4. Producción proyectada

La producción anual que se espera obtener del sector de explotación corresponde a una cantidad estimada de 13.248m<sup>3</sup>/año esto nos estima una producción de aproximadamente 1'656.000 ladrillos/año, con estas cifras se pueden hacer balances de ganancias entre otros.

#### 8.8.5. Producción y vida útil del proyecto minero

Según el método de extracción, el esquema y cálculos de diseño minero para el depósito de arcilla y teniendo en cuenta que se proyectará su explotación por 30 años (duración estimada por la agencia nacional de minería), en las zonas de explotación de la cantera se trabajará 12 meses del año x 24 días al mes x 8 horas al día (1 turno de trabajo), esto representa 228 días de trabajo al año.

Teniendo en cuenta los datos anteriores y la información de la cantidad de material existente en la zona, se puede calcular la vida útil del proyecto y la producción anual de la misma así:

$$VUP = \frac{RE}{(PPT \times DHTA)}$$

- VUP= Vida Útil del Proyecto
- RE= Reservas Explotables
- PPT= Producción Promedio Turno (m<sup>3</sup>/día)
- DHTA= Días Hábiles de Trabajo por Año (día/año)

$$RE = 396.846 \text{ m}^3$$

$$PPT = 46 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$DHTA = 228 \text{ día/año}$$

$$VUP = \frac{396.846 \text{ m}^3}{(46 \text{ m}^3/\text{día} \times 228 \text{ día/año})}$$

$$VUP = \frac{396.846 \text{ m}^3}{(13.248 \text{ m}^3/\text{año})}$$

**Vida Útil del Proyecto = 29.9 → 30 Años**

### 8.8.6. Calculo de rendimiento hombre

Para la producción de 1 ladrillo es necesario la extracción de 0,008 m<sup>3</sup> de arcilla, al día se extraerá 46m<sup>3</sup> de arcilla esto nos indica una producción de 5.750 unidades/día. En esta operación se estima un rendimiento por hombre turno de 4,18m<sup>3</sup> lo que requiere 11 trabajadores para esta labor si se tiene en cuenta el volumen de arcilla a remover es 1.104m<sup>3</sup> mensuales y 13.248m<sup>3</sup>/año.

### 8.8.7. Personal requerido, ciclo de trabajo y organización del proyecto

Una de las partes vitales de toda actividad minera y de las empresas es el recurso humano, en este caso es importante detallar la cantidad de trabajadores que requiere la actividad minera, con el fin de tener un estricto control y una mayor organización a la hora de asignar labores que se llevaran a cabo durante el desarrollo de la explotación.

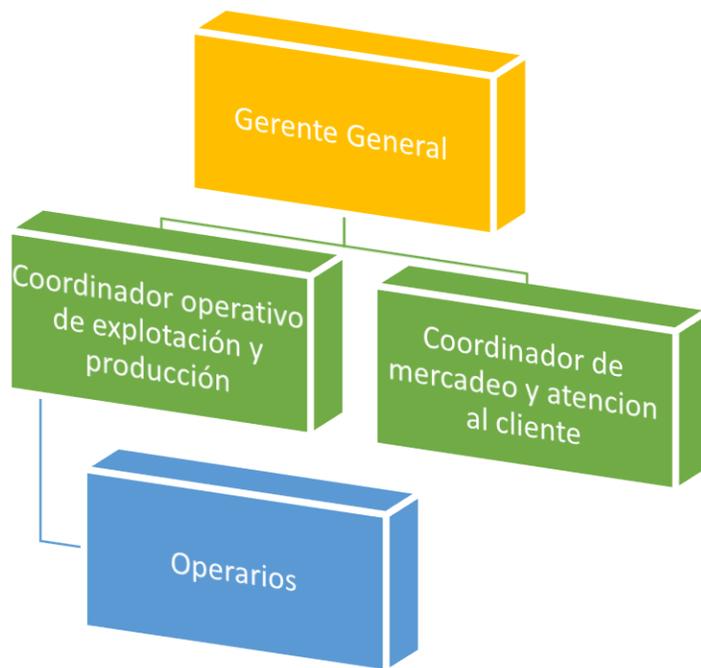
Es importante tener en todo proyecto minero ya sea tecnificado o artesanal, la mano de obra calificada que en esta propuesta será conformada por dos Ingenieros en Minas y un Ingeniero Ambiental, quienes serán contratados por prestación de servicios profesionales, esto con el fin de dar cumplimiento a lo establecido en este programa de trabajos y obras. La mano de obra indirecta y no calificada estará conformada por los operadores de la maquinaria el cual se contrata por arrendamiento, celadores, ayudantes de maquinaria y oficios varios.

En la selección del personal que trabajará de forma directa e indirecta se tendrá prioridad con el personal que se encuentra en la zona minera, en este caso personal de Villanueva, Guajira.

CANTIDAD	CARGO	FUNCIONES
1	Gerente – Titular de la explotación	Dirigir a todo el personal para que cumplan las funciones, ofrecer y comercializar los productos realizados en la mina.
1	Supervisor / Coordinador de Operaciones	Control y supervisión de las labores.
1	Oficios Varios	Presenta varias funciones dentro de la mina, sirviendo de apoyo a las actividades que se realicen.
11	Operarios	Picar, Transportar, Moldear, Cortar y Hornear.
<b>Total: 14 Trabajadores de forma directa</b>		

Tabla 23: Personal requerido para el proyecto minero.

Los Ciclos de Trabajo se refieren a la actividad y la cantidad de hombres-turno que se requieren en el proyecto. Las labores mineras se desarrollarán de Lunes a Sábado en un turno de trabajo, dividido en dos jornadas: de 7 a.m. a 12 p.m. y de 2 p.m. a 5 p.m; todo dependiendo de la eficiencia en las labores de arranque y cargue, y de las condiciones climáticas, esto indica que se trabajará 24 turnos al mes y con base a eso es que se realizan los cálculos finales. La actividad de la organización del personal y definición de funciones se puede reflejar en un organigrama general con la siguiente estructura, teniendo en cuenta que el presente organigrama hace referencia a la operación minera como tal. La gerencia de la mina puede ser asumida por la titular de la explotación; aunque necesitaría del asesor operativo.



*Grafico 10: Organigrama general del proyecto minero.*

#### **8.8.8. Infraestructura, instalaciones y adecuaciones**

Para el desarrollo del proyecto en general se contará con lo necesario para un óptimo funcionamiento del proyecto. Se pretende adquirir una oficina de tipo contenedor, un contenedor bodega, y dos baños portátiles, esta infraestructura será alimentada por energía solar con esto se ahorra costos energéticos y se contribuye con el medio ambiente.

Las instalaciones necesarias para el desarrollo del proyecto con su ubicación y dimensión se describen a continuación.

### **Programada**

Se proyecta la construcción e instalación de:

- Dada la pequeña extensión de terreno disponible, se tiene un área aproximada de 50m<sup>2</sup> aptas y dispuestas para la instalación de la oficina, los baños y la bodega.
- Construcción pilas de secado.
- Una poza séptica.
- Pozo de agua.
- Tanque de agua potable.
- Transformador de energía.
- Vías de acceso a los panales de explotación.
- Hornos de Cocción.

### **Maquinaria y equipos**

- Paneles solares.
- Equipos de protección personal.
- Equipos cómputo para la oficina.

### **Obras de apoyo minero.**

Para el control de aguas escorrentía se diseñaron un canal perimetral.

## **8.9. Beneficio De Los Materiales Explotados**

En la Mina Berak el material es procesado en un sitio ubicado a pocos metros del frente de explotación donde es acumulado el material extraído para moldeado de los ladrillos y su posterior quema en los hornos y es efectuado por pequeños mineros con una baja tecnificación.

### **8.9.1. Proceso productivo recomendado**

En la planificación del método de explotación se toman datos referentes a: geología, topografía, mano de obra, herramientas, producción explotable, relación de descapote, método de explotación, secuencia de explotación las cuales están compuesta por las labores de desarrollo. Preparación y explotación.

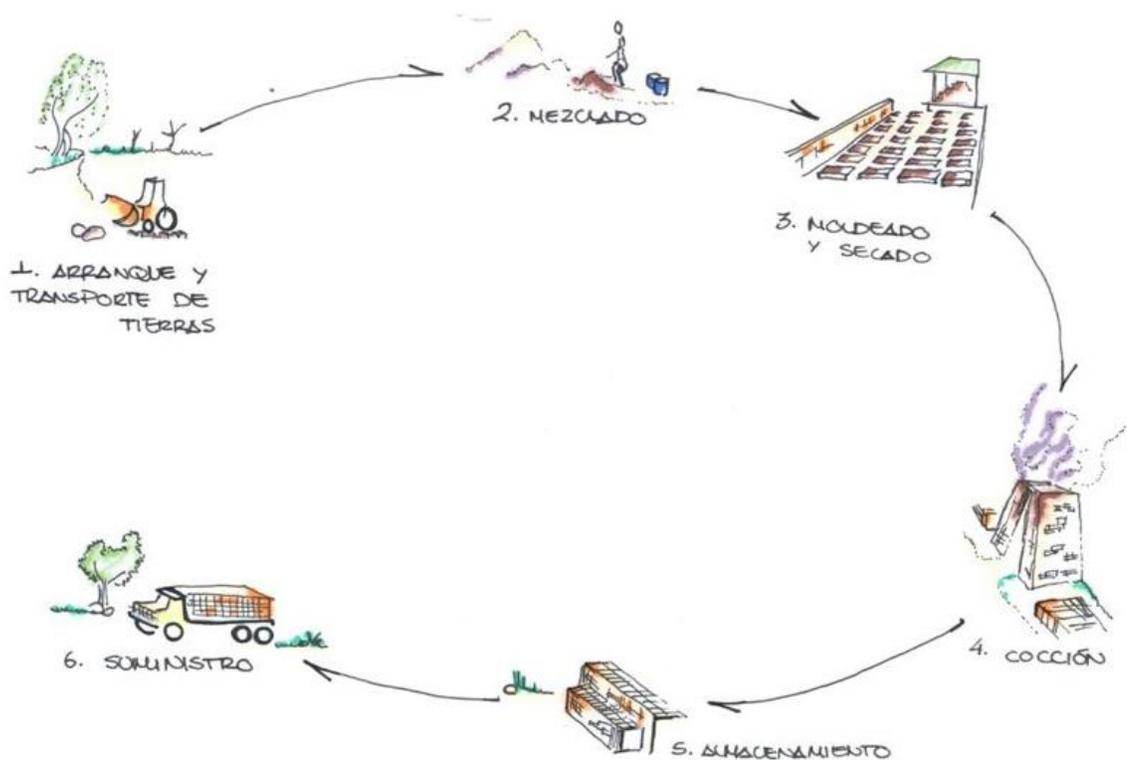


Grafico 11: Proceso de producción del ladrillo artesanal. Tomado de: Cuernavaca Mor, 2012

### 8.9.1.1. Arranque y transporte del mineral

El yacimiento de arcilla se encuentra en una zona de pendiente casi horizontal con espesores que van desde 1,95 hasta 3,20mt que es la profundidad máxima en el área de explotación. El método a utilizar es el de Banco Único realizando el arranque en forma descendente hasta llegar a la profundidad máxima de 2 metros. En la actualidad es el método que se emplea para la extracción de la arcilla

Ventajas del método de Banco único:

- Disminución en los costos de personal y equipos de trabajo por su menor cantidad.
- Se obtiene planos de corte limpios.
- Recomendable para bajas producciones.

Desventajas:

- Menor rendimiento en las operaciones de cargue.

La extracción de la arcilla será a cielo abierto, los frentes tendrán las siguientes características:

- Área máxima del frente de explotación 50 m<sup>2</sup> por panel.
- Profundidad máxima 2 metros.
- Angulo de trabajo 90 grados.
- Angulo de talud final 45 grados.
- Pendiente máxima vías de acceso a los frentes de trabajos 5%

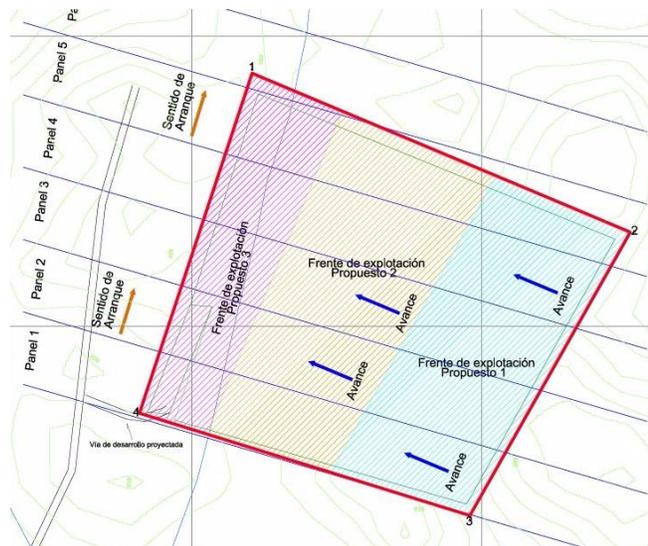


Grafico 12: Avance y sentido de arranque de los frentes de explotación.

### 8.9.1.2. Mezclado

Esta etapa se divide en dos:

#### 8.9.1.2.1. Maduración

La maduración tiene por objeto mejorar las condiciones de trabajo de la arcilla, y asegurar el suministro de materias primas con la humedad requerida. En el área de estudio este proceso no se lleva a cabo, esto disminuye la plasticidad se debe disponer del volumen necesario para dos meses de producción a almacenarlo en un lugar cercano al molino.

Además, para incrementar la plasticidad del material se requiere que este sea acumulado a la intemperie por varios días o meses.

#### *8.9.1.2.2. Preparación de la arcilla*

La preparación del mineral tiene por objeto reducir el tamaño de partículas agregar el agua necesaria para el molde, mezclar y homogenizar el material arcilloso. La preparación del material arcilloso húmedo se hace manualmente, buscando triturarla, mezclarla y homogenizarla, para formar una pasta dúctil y de menor plasticidad que no genere pérdidas de producción, el transporte de la mezcla húmeda a los moldes se realiza manualmente. La preparación del material arcilloso puede mezclarse por vía húmeda (la más utilizada en alfarería) en donde la arcilla que sale del yacimiento es sometida a una reducción de tamaño para posteriormente humectarlo hasta formar una pasta homogénea, para posteriormente formar una pasta dura dúctil para el molde.

El equipo utilizado es generalmente un molino de martillo donde se produce aradla de baja granulometría lo cual se pasa por una serie de Cribas posteriormente ser almacenado en silos.

En condiciones normales en explotaciones más semi-industriales que se dan en otras regiones del país, el material arcilloso húmedo generalmente es alimentado a un mezclador similar a un tornillo sin fin y cuya parte inferior se encuentra un rebosadero por donde sale la arcilla triturada mezclada y homogenizada lista para el moldeo.

En el caso de la Mina Berak todo este proceso se hace de forma manual, la mezcla se hace con pala y la homogenización se hace con el pisado de la misma hasta que no haya grumos en la pasta.

#### **8.9.1.3. Moldeo, corte y secado**

##### *8.9.1.3.1. Moldeado*

El moldeo puede ser mecanizado o artesanal. En las ladrilleras mecanizadas el material arcilloso es suministrado a un desintegrador de rodillos acanalados que giran concéntricamente y alimenta a una extrusora sin vacío (Galleteras) de donde salen piezas moldeadas al cortador manual.

En la mina Berak se efectúa en gabereras (molde de madera) en donde se introduce el material arcilloso hasta que rebose el molde, para posteriormente distribuirla y compactarla con las manos hasta que todos los huecos de la gaberera queden llenos.

La necesidad primordial en la ladrillera, es contar con una maquina extrusora con cámara de vacío, que permita extraer el aire de la masa de arcilla y al mismo tiempo compactarla para obtener un producto más homogéneo y resistente. Es importante

resaltar también, que una maquina con vacío permite mejorar la calidad de sus productos, y así convertirse en una empresa competitiva sin necesidad de tener tecnología de punta.

#### *8.9.1.3.2. Corte*

Por ser un método totalmente artesanal y manual, no es necesario hacer corte ya que el molde es hecho a medida.

#### *8.9.1.3.3. Secado*

Una vez se ha concluido el moldeo los ladrillos se dejan secar al aire por dos días. Cuando se ha concluido esta fase el ladrillo se coloca de canto con propósito de acelerar la etapa de secado natural, el cual se realiza al aire libre, en donde el tiempo de secado depende de condiciones atmosféricas como energía solar, régimen de vientos, temperatura etc.

Si se desea incrementar la producción se deben utilizar galpones cubiertos con láminas o plástico. Los secadores artificiales más comunes son los tipos túnel con recuperación de calor del horno en donde el, aire caliente es almacenado en contra corriente al flujo del material, a secar el cual transporta en vagones móviles a través de la cámara.

Las pilas tendrán aproximadamente 1,50 metros de alto por 1,50 metros de ancho, en donde se acomodan aproximadamente 10 filas de ladrillos organizados uno sobre otro, y 6 columnas sobre el ancho de la pila. Para que el aire pase a través de cada ladrillo, la distancia que se debe dejar entre ellos debe ser de 5 a 7 cm aproximadamente.

#### **8.9.1.4. Proceso de Cocción**

Para el proceso de cocción de ladrillos existen gran variedad de hornos, que de acuerdo con su tecnología le proporcionan al ladrillo diferentes propiedades físicas como: calor, dureza, resistencia y tamaño. Así mismo, según su nivel tecnológico, se emplea diferentes fuentes de energía de acuerdo con la temperatura necesaria para desarrollar la quema en el proceso de la cocción.

Los ladrillos al ser sometidos al proceso de cocción pasan por complejas reacciones regidas por sus composiciones químicas y mineralógicas. El agua combinada, la arcilla se descompone entre 600- 700 C y finalmente entre 800 y 1000 C ocurre la cristalización de nuevos compuestos y se realiza propiamente la cochura.

Los hornos pueden clasificarse en dos grandes grupos: Hornos intermitente o discontinuo y hornos continuo.

Dentro de los hornos intermitentes se encuentra los hornos de fuego dormido, árabe o pampa, colmena, semicontinuo y baúl. Entre los hornos continuo se encuentra el Hoffman, el túnel, el de rollizos, y el zigzag.

A continuación, se describen las clases de hornos, mostrando las ventajas y desventajas que presentan y resaltando las eficiencias térmicas para cada uno de los hornos. Se debe tener en cuenta que una mayor eficiencia térmica corresponde a un menor valor de Kcal/Kg. (kilocalorías consumidas por kilogramo de material cocido), es decir, que, un horno presenta mayor eficiencia térmica si las Kilocalorías emitidas durante la combustión del Carbón son más aprovechadas cada kilogramo de ladrillo cocido; por el contrario, un número mayor de eficiencia térmica determina que se necesita más cantidad de kilocalorías carbón para coser la misma cantidad de ladrillo.

**Horno de Fuego Dormido** (EELA Colombia, 2011). Es un horno artesanal en donde una bóveda semicircular es generada para el cargue del horno. Los ladrillos crudos se endagan a través del horno formando capas mixtas Se deben dejar espacios entre las capas horizontales, estos espacios son llenados con carbón para suplir parte de los requerimientos térmicos del horno y cuando la quema está avanzada sirve como ducto de ventilación. Una vez se ha terminado el encañado endagado (ubicación de los ladrillos dentro del horno), el tiempo de cocción es de 12 a 15 días, para una producción de 7.000 a 17.000 ladrillos.

El horno de fuego dormido es un horno intermitente, sin techo, de baja producción, alto consumo de carbón, baja eficiencia de combustión y por consiguiente a nivel de contaminación. Los ladrillos producidos en estos hornos no son de calidad homogénea, ya que la temperatura en la parte inferior y el tiempo al que expuestos los ladrillos a esas temperaturas es mayor que en la parte superior del horno. Por lo tanto, los ladrillos del fondo del horno pueden quedar requemados, mientras que los de la parte alta no alcanzan temperaturas óptimas.

**Horno Árabe** (EELA Colombia, 2011). Es un horno intermitente, de forma rectangular y sin techo. El cargue del carbón se realiza a través de 8 o 10 hornillas distribuidas simétricamente en las paredes laterales del horno. Son de rápida cocción y gran consumo de combustible, en donde un calentamiento uniforme se consigue con un buen manejo del horno y con un buen endagado en donde se asegure la estabilidad de la carga y una distribución uniforme de calor.

La contaminación es muy alta debido a los altos requerimientos energéticos y a la poca eficiencia de combustión, la cual puede ser disminuida con un suministro adicional de aire en las diferentes parrillas del horno. Por otra parte, para obtener una adecuada calidad de las piezas formadas se puede regular el enfriamiento del horno (tenacidad y resistencia).

En la construcción de estos hornos se utiliza mano de obra poco calificada, toletes, mezcla de arcilla, agua y melaza. El cargue y descargue del horno se realiza por dos puertas colocadas en las paredes transversales del horno. La capacidad de estos hornos es de 15.000 a 25.000 ladrillos.

**Hornos Tipo Baúl** (EELA Colombia, 2011). Es un horno intermitente de llama invertida de forma rectangular, su forma geométrica es similar a la del horno árabe, exceptuando que es un horno con techo y en donde los gases de combustión son atraídos hacia el piso por unos ductos para posteriormente descargarlos por la chimenea. La emisión del material particulado y agentes contaminantes es significativamente inferior a la del horno árabe y adicionalmente en éste horno se puede producir material vitrificado.

**Horno de Llama Invertida** (EELA Colombia, 2011). Son hornos intermitentes redondos, con chimenea, una puerta de cargue y 3-5 quemadores distribuidos simétricamente en el contorno del horno. Son estructuras en donde se puede regular el tiro y endague, para la obtención de un producto homogéneo y de alta calidad. El carbón puede ser alimentado manualmente (parrilla) o mecánicamente mediante el empleo de stocker (dosificador de carbón y aire). La llama producida encima del quemador asciende a través de las paredes del horno hasta el techo donde es atraída hacia los ductos por efecto del tiro, para ser evacuados finalmente por la chimenea. Este sistema de quema asegura una cocción homogénea del total de la carga del horno.

Estos hornos se emplean en la producción de una diversa gama de productos, que van desde los ladrillos tolete, pasando por tabletas vitrificadas, enchapes, etc. y tuberías de gres de diferentes diámetros. Consume un promedio de 15 a 30 toneladas por hornada, dependiendo de la capacidad del horno.

Se denomina vitrificación al proceso cerámico por el cual los silicoaluminosos (por temperatura y adición de fundente) conforman una capa vítrea resultante de un proceso de sinterización superficial para así generar productos cerámicos impermeables, brillantes y agradables al tacto y a la vista. La capa vítrea se forma debido a que la estructura cristalina del  $\text{SiO}_4$ , tiende a estar presente en el estado líquida, en el cual una polimerización temporal da lugar a grupos irregulares que la hacen muy viscosa, al enfriarse estos no se reagrupan en la estructura cristalina

original, si no que permanecen como polímeros irregulares. Muchos óxidos son formadores de Vidrios los más comunes son el Borax ( $B_2O_3$ ) y el  $SiO_2$ .

En el proceso de vitrificación debe haber una buena adaptación de la pasta cerámica, se espera que se forme la máxima de vidrio líquido a la temperatura deseada con viscosidad moderada, tensión superficial baja, el coeficiente de expansión y al modelo de Young deben guardar relaciones para obtener máxima resistencia. El proceso de vitrificación puede lograrse simplemente adicionando Sal y Borax al horno cuando éste ha dado punto ( $1050\text{ }^\circ\text{C}$ )

**Hornos Hoffman** (EELA Colombia, 2011). El horno tipo Hoffman es continuo y de alta producción, en donde no se puede producir material vitrificado, pues obstruiría los ductos internos del horno. Existen dos categorías. la primera está constituida por hornos de una sola bóveda de cañón y la segunda por diversas cámaras transversales, de las cuales existen algunas modificaciones Introducidas al diseño original como son el zigzag, cámaras paralelas, etc.

El horno Hoffman tiene dos galerías largas con bóvedas de cañón conectadas en sus extremas por un pasa-fuegos, en donde el fuego se mueve en dirección opuesta a las manecillas del reloj y su regulación se realiza mediante un sistema de válvulas, Cada galería está formada por varias cámaras, está provista de una puerta para el cargue y descargue del material. Para mantener la circulación horizontal de los gases es necesario dejar  $1/3$  de la sección transversal.

El horno Hoffman es continuo, de alta producción y baja contaminación. La alta eficiencia térmica del horno es debida a que el calor almacenado en la mampostería y el que se desprende durante la etapa de la refrigeración es utilizado en el secado de piezas que se encuentran en zonas posteriores a la zona de fuego. El combustible más utilizado es el carbón cuya alimentación (manual o neumática) se realiza por la parte superior del horno, y a través de pequeñas toberas incrustadas en el techo.

La curva típica de cocción es uniforme, el material que se encuentra en la parte inferior del horno tiene una temperatura máxima de  $9000\text{C}$ , la temperatura los diferentes puntos de la estructura es muy semejante Su operación se divide en:

Cargue del material seco en una cámara anterior a la zona de fuego.

Pre calentamiento de la cámara se realiza a partir de los gases de combustión de la zona de fuego.

La quema se realiza mediante la combustión del carbón alimentado por medios neumáticos (carbojet) en la parte superior de la cámara.

Para evitar problemas de roturas el enfriamiento del horno debe ser inicialmente lento, hasta 5730C y posteriormente rápido. El aire de enfriamiento se utiliza para el precalentamiento de las cámaras en donde se instalará la zona de fuego del horno o para el secado artificial de piezas crudas.

Debido a las condiciones futuras esperadas, tales como producción integrada con mínimo impacto ambiental, mejora de la calidad del producto, aumento gradual de la producción con respuesta inmediata a los picos dB temporada (fin de año), economía en el cambio de tecnología de beneficio, etc.; se recomienda la instalación de un Horno Tipo Hoffman, el cual por sus características cumple con los requisitos del proyecto.

**Horno Túnel** (EELA Colombia, 2011). Es en la actualidad el mejor horno de cocción de ladrillos, rendimiento térmico es excelente y a partir del calor residual se puede secar carga completa del horno.

#### **8.9.1.5. Evaluación Técnica.**

La arcilla es un producto químicamente inorgánico no metálico, el cual presenta características plásticas moldeables cuando se encuentra finamente pulverizado y húmedo, rígido cuando se seca y vitrifica cuando se quema a temperaturas altas en condiciones adecuadas.

Hay hornos que tienen un menor aprovechamiento térmico porque su combustión es incompleta, esta deficiencia térmica debe suplirla el operario del horno con un aumento de consumo de leña lo cual a su vez incrementará los costos de producción y la emisión de agentes contaminantes.

Cuando toda la leña ha sido consumida, por consiguiente, empieza el proceso de enfriamiento del horno. En este momento los ladrillos de la parte superior presentan una temperatura mayor, con respecto a de la parte inferior del horno, ya que estos últimos han recibido el aire frío que entra por tiro natural la base del horno.

Desde este punto de vista los hornos pampas funcionan de manera intermitente con un frente de combustión móvil, así como con un bajo aprovechamiento térmico.

La mayor ineficiencia térmica del horno de fuego dormido se debe a la combustión incompleta, la cual ocasiona pérdidas del 39.56% del calor suministrado.

Para reducir esta ineficiencia se requiere suministrar aire en exceso, el suficiente para garantizar una combustión completa, en donde el principal gas proveniente de esta reacción exotérmica sea el CO<sub>2</sub>. Técnicamente el horno tipo fuego dormido al igual que el tipo pampa, no permite suministrar aire en exceso, ya que funciona como una columna empacada donde el aire de combustión entra por tiro natural.

El calor contenido en los gases húmedos se pierde, al salir directamente a la atmósfera sin ser recuperado. Este calor se puede aprovechar en hornos de diseño más eficiente, en el secado del ladrillo y/o en el precalentamiento de otro horno. Igualmente, el calor sensible del ladrillo cocido, podría ser utilizado en el precalentamiento del aire de combustión o del aire para el secado.

La relación con el combustible a utilizar y el más conveniente para la industria ladrillera es el carbón, por ser este un energético barato, seguro y de gran abundancia. En el Departamento de la Guajira y el Cesar existen grandes reservas de carbón, con calidades que pueden ser utilizados por el sector ladrillero para la fabricación de sus productos.

El carbón como la mayoría de los combustibles genera contaminación cuando es mal utilizado, sin embargo, cuando se controle trabajando parámetros operacionales como granulometría, con equipos pacificadores de transporte neumáticos o mecánicos (carbojet o stockers) y con diseños de hornos más eficientes, los niveles de contaminación emitidos por sus chimeneas son mínimos.

### **8.9.2. Evaluación Del Proceso Productivo**

El sistema de producción de ladrillo en la Mina Berak, en hornos tipo pamperos, es un proceso anti-técnico por su ineficiencia térmica, por la generación de agentes contaminantes y por baja producción. Por lo tanto, se recomienda el cambio a los hornos tipo baúl, que permita aumentar la eficiencia de combustión, disminuir el nivel de contaminación, aumentar la producción, disminuir pérdida de calor y optimizar térmicamente el proceso utilizando el calor de los gases de combustión.

La disminución de los niveles de contaminación y la eficiencia térmica, de los hornos artesanales actuales, solo pueden ser corregidas mediante la construcción de hornos más eficientes y por la adopción de adecuados parámetros operacionales.

El proceso productivo en su etapa de moldeo con características artesanales requiere de la implementación de cierta tecnología, que se ajuste a los volúmenes de producción que generaría la nueva propuesta, de lo contrario se convertiría en un cuello de botella.

## **8.10. Evaluación Financiera Del Proyecto**

La estimación de la inversión del proyecto minero se hizo de acuerdo a estándares ampliamente aceptados y empleados para la realización de estudios de pre-factibilidad ya que es el aspecto más importante a tener en cuenta, antes de tomar la decisión de invertir, y de esta dependerá el éxito o no del proyecto.

La viabilidad económica del proyecto minero, se debe calcular involucrando todas las inversiones realizadas por la empresa, los costos operativos de la mina, las inversiones a realizar con la ejecución del proyecto y con los índices de ingresos por concepto de ventas. Es necesario resaltar que el análisis económico y financiero realizado obedece a un periodo de tiempo de treinta (30) años, una vez haya finalizado el proceso de legalización minera y a partir de la fecha de inscripción en el registro minero nacional.

### **8.10.1. Métodos de estimación**

Para estimar la inversión es necesario seguir una estructura de costos el cual hemos decididos hacerlo de la siguiente forma:

#### **Costos directos**

Estos costos directos se dividen en función del tipo de inversión y se encuentra descrita en los puntos

- Equipos: el costo directo del equipamiento mayor corresponda a cotizaciones de proveedores. La información de los equipos restantes corresponde a valores factorizados que provienen de bases de datos.
- Construcción: Corresponden a valores factorizados de contratos para proyectos similares.

## Costos indirectos

Estos costos no son parte de los estudios de pre-factibilidad de la mina ni de la planta de procesamiento, pero estos son empleados en la estimación mediante la aplicación de un coeficiente.

### 8.10.2. Inversión fija del proyecto

La inversión total de la mina puede variar durante el tiempo de la misma, pero se realizó un estimado de lo que se requiere al iniciar. La depreciación representa la evaluación de las inversiones a través de la vida útil de los ítems analizados (Teniendo en cuenta el deterioro de la maquinaria, equipos, herramientas e instalaciones durante la vida útil de los mismos). La cuota de salvamento es aquel valor del activo que no depreciamos, de modo que, al terminar la vida útil del activo, nos queda ese valor residual sin depreciar.

El método utilizado para el cálculo de la depreciación fue el de línea recta, representado por la ecuación:

$$D = (C_i - V_s) / V_u$$

D: Depreciación (bien sea en años o meses).

C<sub>i</sub>: Costo inicial en pesos (maquinaria e instalaciones en general).

V<sub>s</sub>: Valor de salvamento en pesos (10% del costo inicial).

V<sub>u</sub>: Vida útil (años), (maquinaria, herramientas, equipos e instalaciones generales)

#### 8.10.2.1. Herramientas para la explotación

La inversión de equipos y herramientas de trabajo solo se aplica para los escenarios propios de la mina, para la maquinaria externa o de terceros serán mantenidos por la empresa que provea dicho servicio por lo que no se producen inversiones propias del proyecto, esta inversión está estimada en **\$1'463.715COP/Año**.

Equipo	Cantidad	Vida Útil (Años)	Valor Unitario	Total	Valor Salvamento	Depreciación Anual
Pala	11	2	40.900	449.900	44.990	202.455
Pica	11	2	32.900	361.900	36.190	162.855
Azadón	11	2	55.900	614.900	61.490	276.705
Carretilla	11	2	99.000	1'089.000	108.900	490.050
Barras	11	2	67.000	737.000	73.700	331.650
<b>Total</b>			<b>295.700</b>	<b>3'252.700</b>	<b>325.270</b>	<b>1'463.715</b>

Tabla 24: Inversión de herramientas requeridas para la explotación.

### 8.10.2.2. Mano de obra

Son todos aquellos montos que se cancelan al personal que participa, ya sea de forma directa o indirecta, en el desarrollo y aplicación del proyecto. Es necesario resaltar que el cuadro de costos por mano de obra involucra auxilios de transporte, aporte a EPS, aporte a pensiones, A.R.L. y demás aportes de Ley. Esta inversión está estimada en **\$208'170.000COP/Año**.

Cargo	Cantidad de personal	Remuneración Mensual Unitario	Prestación de Servicios Unitario Mensual	Total Remuneración + Prestación de Servicios Mensual
Gerente – Titular de la explotación	1	1'500.000	427.500	1'927.500
Supervisor / Coordinador de Operaciones	1	1'200.000	342.000	1'542.000
Oficios Varios	1	900.000	256.500	1'156.500
Operarios	11	900.000	256.500	12'721.500
<b>Total</b>	<b>14</b>	<b>4'500.000</b>	<b>1'282.500</b>	<b>17'347.500</b>

Tabla 25: Estimación mano de obra directa.

### 8.10.2.3. Dotación del personal

Involucra el monto cancelado por concepto de compra de dotaciones como botas, guantes, overoles y mascarillas a todo el personal que laborara en el área minera. Cabe resaltar que anualmente se entregara una dotación a los trabajadores y/o empleados, esta inversión está estimada en **\$2'745.000COP/Año**.

Concepto	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total Anual
Botas de seguridad	15	50.000	750.000
Guantes	15	10.000	150.000
Mascarilla para polvo	3.000	300	900.000
Cascos	15	30.000	450.000
Protector de oídos	15	15.000	225.000
<b>Total</b>		<b>105.300</b>	<b>2'745.000</b>

Tabla 26: Inversión por dotación de equipos de seguridad anual.

#### 8.10.2.4. Señalización

Involucra el monto cancelado por concepto de avisos y señales dentro y fuera del área de explotación, esta inversión está estimada en **\$1'500.000COP/Año** y está comprendida por señales de tránsito, carteles gráficos, tabletas informativas, etc.

#### 8.10.2.5. Instalación, infraestructura y adecuación

Involucra toda la instalación e infraestructura para el buen funcionamiento de la Mina Berak, en ella se incluyen oficinas, baños etc. Esta inversión está estimada en **\$97'320.000COP**.

Concepto	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
Contenedor Oficina	1	18'000.000	18'000.000
Contenedor Bodega para Herramientas	1	8'000.000	8'000.000
Contenedor Baños completos	1	20'000.000	20'000.000
Patio de almacenaje	1	30'000.000	30'000.000
Equipo de computación	2	2'450.000	4'900.000
Escritorio	3	640.000	1'920.000
Silla escritorio ergonómica	3	450.000	1'350.000
Silla clientes	6	150.000	900.000
Archivador	3	850.000	2'250.000
Otros	1	10'000.000	10'000.000
<b>Total</b>		<b>90'440.000</b>	<b>97'320.000</b>

Tabla 27: Inversión en instalación e infraestructura.

#### 8.10.2.6. Manejo ambiental

Involucra los costos generados por la implementación de las medidas de manejo ambiental, esta inversión está estimada en **\$50'000.000COP/Año**.

Concepto	Cantidad	Total Anual
Plan de gestión social	1	10'000.000
Plan de manejo biofísico	1	20'000.000
Plan de monitoreo y seguimiento	1	10'000.000
Plan de reforestación	1	10'000.000
<b>Total</b>		<b>50'000.000</b>

Tabla 28: Inversión en manejo ambiental.

### 8.10.2.7. Pago de regalías

En el cumplimiento de la ley 141 de 1994 (ley de regalías), el monto a cancelar por concepto de la explotación de recursos naturales no renovables de propiedad del estado, el cual se debe hacer un pago de **\$542.509COP/Trimestre** o **\$2'170.035COP/Año**. Se obtiene a través de la siguiente ecuación:

$$V = C * P * R.$$

**V:** Valor de la Regalía a Pagar.

**C:** Cantidad del mineral explotado. Producción estimada para el primer año de producción para los sectores propuestos al interior del área de legalización minera.

- Arcilla: **13.000m<sup>3</sup>**

**P:** Precio base del mineral, fijado por el ministerio de Minas y Energía para la liquidación de regalías, según el artículo 16 ley 756/02 y resolución N° 151 del 23 de Marzo de 2018.

Arcillas Comunes: Precio en boca de mina de \$16.692,58COP/m<sup>3</sup>

**R:** Porcentaje de regalía, fijado para el respectivo mineral por la ley 756 de 2002 (para Arcillas R = 1%).

Mineral	C (m <sup>3</sup> )	P (\$)	R (%)	Valor a pagar (\$)	
				Anual	Trimestral
Arcilla	13.000	16.692,58	1	2'170.035	542.509
<b>Total</b>				<b>2'170.035</b>	<b>542.509</b>

Tabla 29: Costos por pago de regalías.

### 8.10.3. Resumen de costos anuales y proyección de la vida útil del proyecto

El incremento porcentual de los costos en el lapso de tiempo analizado (30 años) corresponde a la DTF proyectada por el gobierno para el mes Junio del 2018 del 4,56%.

Descripción Costos e Inversión	Proyección para 30 años									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Inversión Inicial - Instalación e Infraestructura	97'320.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Herramientas y equipos	1'463.715	1'530.460	1'600.249	1'673.221	1'749.520	1'829.298	1'912.714	1'999.933	2'091.130	2'186.486
Mano de obra	208'170.000	217'662.552	227'587.964	237'965.976	248'817.224	260'163.289	272'026.735	284'431.155	297'401.215	310'962.711
Dotación personal	2'745.000	2'870.172	3'001.052	3'137.900	3'280.988	3'430.601	3'587.037	3'750.605	3'921.633	4'100.459
Señalización	1'500.000	1'568.400	1'639.919	1'714.699	1'792.890	1'874.645	1'960.129	2'049.511	2'142.969	2'240.688
Manejo ambiental	50'000.000	52'280.000	54'663.968	57'156.645	59'762.988	62'488.180	65'337.641	68'317.038	71'432.295	74'689.607
Regalias	2'170.035	2'268.989	2'372.454	2'480.638	2'593.756	2'712.031	2'835.699	2'965.007	3'100.212	3'241.581
<b>Total</b>	<b>363'368.750</b>	<b>278'180.573</b>	<b>290'865.607</b>	<b>304'129.079</b>	<b>317'997.365</b>	<b>332'498.045</b>	<b>347'659.955</b>	<b>363'513.249</b>	<b>380'089.454</b>	<b>397'421.533</b>

Descripción Costos e Inversión	Proyección para 30 años									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Inversión Inicial - Instalación e Infraestructura	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Herramientas y equipos	2'286.190	2'390.440	2'499.444	2'613.419	2'732.591	2'857.197	2'987.485	3'123.714	3'266.156	3'415.092
Mano de obra	325'142.610	339'969.113	355'471.705	371'681.215	388'629.878	406'351.400	424'881.024	444'255.599	464'513.654	485'695.477
Dotación personal	4'287.440	4'482.948	4'687.370	4'901.114	5'124.605	5'358.287	5'602.625	5'858.105	6'125.234	6'404.545
Señalización	2'342.864	2'449.698	2'561.404	2'678.204	2'800.331	2'928.026	3'061.544	3'201.150	3'347.122	3'499.751
Manejo ambiental	78'095.453	81'656.606	85'380.147	89'273.482	93'344.353	97'600.855	102'051.454	106'705.000	111'570.748	116'658.375
Regalias	3'389.397	3'543.954	3'705.558	3'874.532	4'051.210	4'235.945	4'429.105	4'631.072	4'842.249	5'063.055
<b>Total</b>	<b>415'543.955</b>	<b>434'492.759</b>	<b>454'305.629</b>	<b>475'021.965</b>	<b>496'682.967</b>	<b>519'331.710</b>	<b>543'013.236</b>	<b>567'774.640</b>	<b>593'665.163</b>	<b>620'736.295</b>

Descripción Costos e Inversión	Proyección para 30 años									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Inversión Inicial - Instalación e Infraestructura	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Herramientas y equipos	3'570.820	3'733.650	3'903.904	4'081.922	4'268.058	4'462.681	4'666.180	4'878.958	5'101.438	5'334.064
Mano de obra	507'843.191	531'000.840	555'214.478	580'532.259	607'004.530	634'683.936	663'625.524	693'886.848	725'528.088	758'612.169
Dotación personal	6'696.592	7'001.957	7'321.246	7'655.095	8'004.167	8'369.157	8'750.791	9'149.827	9'567.059	10'003.317
Señalización	3'659.340	3'826.206	4'000.681	4'183.112	4'373.862	4'573.310	4'781.853	4'999.905	5'227.901	5'466.293
Manejo ambiental	121'977.997	127'540.193	133'356.026	139'437.061	145'795.391	152'443.661	159'395.091	166'663.508	174'263.364	182'209.773
Regalias	5'293.930	5'535.334	5'787.745	6'051.666	6'327.622	6'616.162	6'917.859	7'233.313	7'563.152	7'908.032
<b>Total</b>	<b>649'041.870</b>	<b>678'638.179</b>	<b>709'584.080</b>	<b>741'941.114</b>	<b>775'773.629</b>	<b>811'148.907</b>	<b>848'137.297</b>	<b>886'812.357</b>	<b>927'251.001</b>	<b>969'533.647</b>

Tabla 30: Resumen y proyección de los costos para 30 años.

#### 8.10.4. Ingresos y proyección de la producción

Este ítem es de suma importancia ya que podremos hacer una proyección y así saber lo estimado, el incremento porcentual de los precios de venta en boca de mina en el lapso de tiempo analizado (30 años) y por ende en los ingresos de la mina, corresponden a la DTF actual proyectada por el banco de la república para el año 2018 del 4,56%. Cabe resaltar que para los cálculos se mantendrá un volumen de producción anual constante durante la etapa de explotación, y el valor que se extraerá es el del ladrillo ya que es el producto final que saldrá al mercado.

	Arcilla	Ladrillo
<b>Cantidad/Mes</b>	1.104m <sup>3</sup>	138.000
<b>Ingreso/Mes</b>	-	\$ 110'400.000
<b>Cantidad/Año</b>	13.248m <sup>3</sup>	1.656.000
<b>Ingreso/Año</b>	-	\$ 1.324'800.000

Tabla 31: Producción e ingreso mensual y anual.

Ingresos anuales de la producción de ladrillo				
1	2	3	4	5
\$ 1.324'800.000	\$ 1.385'210.880	\$ 1.448'376.496	\$ 1.514'422.464	\$ 1.583'480.129

Ingresos anuales de la producción de ladrillo				
6	7	8	9	10
\$ 1.655'686.823	\$ 1.731'186.142	\$ 1.810'128.230	\$ 1.892'670.077	\$ 1.978'975.833

Ingresos anuales de la producción de ladrillo				
11	12	13	14	15
\$ 2.069'217.131	\$ 2.163'573.432	\$ 2.262'232.380	\$ 2.365'390.177	\$ 2.473'251.969

Ingresos anuales de la producción de ladrillo				
16	17	18	19	20
\$ 2.586'032.259	\$ 2.703'955.330	\$ 2.827'255.693	\$ 2.956'178.552	\$ 3.090'980.294

Ingresos anuales de la producción de ladrillo				
21	22	23	24	25
\$ 3.231'928.996	\$ 3.379'304.958	\$ 3.533'401.264	\$ 3.694'524.361	\$ 3.862'994.672

Ingresos anuales de la producción de ladrillo				
26	27	28	29	30
\$ 4.039'147.229	\$ 4.223'332.343	\$ 4.415'916.298	\$ 4.617'282.081	\$ 4.827'830.144

Tabla 32: Ingresos y proyección de la producción de ladrillo estimada para 30 años.

### 8.10.5. Utilidad

La utilidad es la medida de satisfacción por la cual los individuos valoran la elección de determinados bienes o servicios en términos económicos. La utilidad se da como resultado de restar el egreso a los ingresos, es por eso que en el Cuadro 31 se muestra el resumen de ingresos, egresos y utilidad.

Año	Ingreso Anual	Egreso Anual	Utilidad Anual
1	1.324'800.000	363'368.750	961'431.250
2	1.385'210.880	278'180.573	1.107'030.307
3	1.448'376.496	290'865.607	1.157'510.889
4	1.514'422.464	304'129.079	1.210'293.386
5	1.583'480.129	317'997.365	1.265'482.764
6	1.655'686.823	332'498.045	1.323'188.778
7	1.731'186.142	347'659.955	1.383'526.186
8	1.810'128.230	363'513.249	1.446'614.980
9	1.892'670.077	380'089.454	1.512'580.623
10	1.978'975.833	397'421.533	1.581'554.300
11	2.069'217.131	415'543.955	1.653'673.176
12	2.163'573.432	434'492.759	1.729'080.673
13	2.262'232.380	454'305.629	1.807'926.751
14	2.365'390.177	475'021.965	1.890'368.211
15	2.473'251.969	496'682.967	1.976'569.002
16	2.586'032.259	519'331.710	2.066'700.548
17	2.703'955.330	543'013.236	2.160'942.093
18	2.827'255.693	567'774.640	2.259'481.053
19	2.956'178.552	593'665.163	2.362'513.389
20	3.090'980.294	620'736.295	2.470'243.999
21	3.231'928.996	649'041.870	2.582'887.126
22	3.379'304.958	678'638.179	2.700'666.778
23	3.533'401.264	709'584.080	2.823'817.184
24	3.694'524.361	741'941.114	2.952'583.247
25	3.862'994.672	775'773.629	3.087'221.043
26	4.039'147.229	811'148.907	3.227'998.323
27	4.223'332.343	848'137.297	3.375'195.046
28	4.415'916.298	886'812.357	3.529'103.940
29	4.617'282.081	927'251.001	3.690'031.080
30	4.827'830.144	969'533.647	3.858'296.497
<b>Total</b>	<b>85.648'666.633</b>	<b>16.494'154.010</b>	<b>65.154'512.623</b>

Tabla 33: Resumen de ingresos, egresos y utilidad.

### 8.10.6. Rentabilidad

Básicamente son los beneficios que se han obtenido o se pueden obtener de una intervención, la rentabilidad es establecida por la siguiente función:

$$R = \left[ \frac{\sum \text{Ingresos}}{\sum \text{Egresos}} - 1 \right] * 100$$

$$R = \left[ \frac{85.648'666.633}{16.494'154.010} - 1 \right] * 100$$

$$R = 395\%$$

Como se puede observar el proyecto presenta un excelente porcentaje de rentabilidad 395%, el cual concluye que es un proyecto viable y muy atractivo económicamente.

## 9. PLAN DE CIERRE Y ABANDONO

El cierre y abandono de una mina contempla todas aquellas medidas de mitigación, compensación y corrección del área de extracción del material de interés, ya que estas medidas permiten el aprovechamiento posterior de las áreas afectadas.

*“De acuerdo al Artículo 2.2.2.3.9.2. Decreto 1076 de 2015, De la fase de desmantelamiento y abandono, “Cuando un proyecto, obra o actividad requiera o deba iniciar su fase de desmantelamiento y abandono, el titular deberá presentar a la autoridad ambiental competente, por lo menos con tres (3) meses de anticipación, un estudio que contenga como mínimo:*

*El titular minero deberá presentar un Plan de Cierre Minero que contemple la totalidad del área titulada y todas las medidas y actividades necesarias para lograr el cierre, desmantelamiento, recuperación, restauración y rehabilitación adecuada de su operación, cuya ejecución debe realizarse durante la vigencia del contrato y durante la etapa contractual de la explotación. Debe contener unos objetivos ajustados a las características específicas del proyecto minero y demás requisitos formales que en cada caso correspondan.*

*El Plan de Cierre debe incluir acciones para la etapa de exploración que incluya las medidas de manejo, prevención, mitigación y compensación, desde los medios abiótico, biótico y socioeconómico que se deben implementar una vez terminada la fase de exploración y cuando el proyecto no resulte en viabilidad técnica y económica para la fase de explotación.*

*En la fase de exploración el titular minero en el marco del artículo 272 de la Ley 685 debe precisar como realizará el Plan de Cierre desmantelamiento, recuperación, restauración o recuperación de la fase exploratoria.*

*En el caso de que el proyecto minero no continúe a la siguiente fase, el titular debe recuperar, restaurar o reparar las áreas intervenidas con base en la guía minera ambiental aprobada por el Ministerio de Minas y Energía y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible para las labores de exploración, para su respectiva fiscalización y seguimiento ambiental. Esto de acuerdo a que las guías minero ambientales fueron adoptadas de manera concertada por los ministerios de Minas y Ambiente a través de la resolución No. 18-0861 de 2002 de conformidad con el artículo 278 de la Ley 685 de 2001.” (AGENCIA NACIONAL DE MINERIA, 2016)*

La Ficha técnica N° CME 07-25 “Plan de Recuperación” del Ministerio de Minas y Energía - Ministerio del Medio Ambiente menciona que en el territorio nacional una de las formas de recuperación más utilizadas, para los suelos degradados, es la revegetación o reforestación posterior a un perfilamiento topográfico, la cual permite recobrar la productividad biológica del suelo, la protección de los recursos hidráulicos, la minimización de la erosión y el condicionamiento paisajístico del lugar.

La recomposición de los terrenos y medidas de mitigación generalmente no se realizan en la etapa de cierre y abandono, sino que se debe considerar como un proceso simultáneo con el aprovechamiento del recurso. A medida que avanzan las labores mineras, el material de cobertura se va incorporando, en forma secuencial, en las escombreras y en las áreas ya explotadas, ya que los suelos recuperados constituirán el soporte de especies de flora que van a contribuir a la fijación del mismos, así como el manejo controlado de los drenajes naturales, conforman un paquete de acciones cuya finalidad fundamental es el combate de los procesos erosivos, tanto en las áreas afectadas como en las vecinas.

Las actividades mineras de extracción a cielo abierto requieren recuperaciones más complejas, debido al nivel de remoción de la cobertura vegetal y al impacto paisajístico generado, por tal motivo es primordial tener claro que el proceso de cierre, abandono y recuperación se debe iniciar desde las fases tempranas de la planeación minera con un diseño simultáneo, con la finalidad de buscar un equilibrio en la medida de alteración del medio biofísico y extracción del material, esto se prevea un manejo ambiental adecuado de tal forma que no altere negativamente el medio biofísico, el medio socioeconómico, los aspectos culturales etc.

Por ultimo en la etapa de cierre y abandono se debe evaluar el estado de las tierras, ya que las explotaciones mineras imponen cambios drásticos en los patrones de uso de la misma, lo cual obliga a la implementación de procesos planificados para la adopción de nuevos tipos de utilización que armonicen con la oferta socio ambiental y cultural de las áreas en donde se emplazan los proyectos mineros, conservando los recursos para el usufructo de generaciones futuras. En áreas intervenidas, será importante examinar qué tipos de usos de la tierra pueden ser prometedores como complemento del proceso de recuperación propuesto como por ejemplo uso urbano, industrial, deportivo, recreación, agrícola, forestal, implementación de vegetación original, etc.

## **9.1. Marco Legal Para El Cierre De La Mina**

El plan de cierre está concebido desde el planeamiento minero, contempla el marco normativo colombiano (ambiental, minero y de ordenamiento territorial)

### **9.1.1. Legislación minera**

**Ley 685 de 2001:** contempla el cierre como una actividad planificada, que debe empezar a ejecutarse en cumplimiento de la concesión minera y que está supervisada no solo por la autoridad ambiental sino también por la minera (Artículo 84. Programa de Trabajos y Obras), igualmente indica que las actividades del cierre se constituyen en obligaciones contractuales amparadas en la póliza minero ambiental (Artículo 45: Objeto del contrato y Artículo 280).

La presente ley también establece la Reversión gratuita en favor del Estado (Art 113), estipulada para inmuebles e instalaciones fijas y permanentes, bienes de transporte y embarque de los minerales que se encuentren incorporados a los yacimientos y accesos, y que no puedan retirarse sin detrimento.

La reversión gratuita se da sólo en los casos en que las características y dimensiones de los mencionados bienes, a juicio de la autoridad minera, los hagan aptos como infraestructura destinada a un servicio público de transporte o embarque, o para el uso de la comunidad.

### **9.1.2. Legislación ambiental**

**Ley 99 de 1993, Art. 60:** Establece para la explotación minera a cielo abierto la obligación de realizar “restauración o la sustitución morfológica y ambiental de todo el suelo intervenido con la explotación, por cuenta del concesionario o beneficiario del título minero, quien la garantizará con una póliza de cumplimiento o con garantía bancaria. El Gobierno reglamentará el procedimiento para extender la póliza de cumplimiento o la garantía bancaria.”.

**Decreto 2820 de 2010, Art 40:** Define para los proyectos el plan de desmantelamiento y abandono; el cual incluirá las medidas de manejo del área, las actividades de restauración final y demás acciones pendientes.

## **9.2. Identificación De Los Criterios Ambientales, Aspectos Técnicos Y Medidas Mínimas A Considerar En El Cierre Y Abandono (Florez, 2015)**

Antes de definir o estimar las medidas que son apropiadas a considerar en la ejecución del cierre de la mina, es importante considerar los siguientes componentes ambientales, que como mínimo y dependiendo del tipo de actividad y lugar de emplazamiento, deben ser considerados en la elaboración del Plan de Cierre del proyecto Minero:

**Calidad del Aire.** Particularmente cuando existan poblaciones y/o comunidades en el área de influencia directa del proyecto minero se tomarán las acciones necesarias para evitar el deterioro de la calidad del aire, realizando, entre otras, las acciones para estabilizar el material particulado que pueda propagarse por efecto de la acción Eólica. Para efectos de lo anterior, se tendrá como referencia la Resolución 610 de 2010.

**Calidad de las Aguas.** Evitar que el cierre genere efectos significativos adversos en la calidad de las aguas superficiales o subterráneas, de acuerdo con la legislación vigente u otra de referencia, presentando los estudios y antecedentes que demuestren que no se afectarán dichos recursos. Asimismo, en caso que en la operación del proyecto se hayan presentado procesos de contaminación de cursos de agua, se propondrán las medidas y/o acciones tendientes a evitar contaminar este componente. Para efectos de lo anterior, se tendrá como referencia la Ley 99 de 1993 y el Decreto Ley 2811 de 1974.

**Calidad del Suelo.** Se tomarán medidas para evitar contaminación del suelo por polvos, sustancias líquidas, residuos peligrosos, u otras que provengan de la etapa de operación y cierre. Propiciar que la etapa de cierre se desarrolle y planifique junto con la operación, de tal manera de acumular el suelo vegetal que haya sido extraído durante la etapa de construcción y utilizarlo en recuperar áreas perturbadas.

**Calidad de los Hábitats, Flora y Fauna.** Cuando la fragilidad y calidad de los hábitats existentes lo ameriten, se propiciarán acciones de compensación que permitan la recuperación natural de dichos hábitats. Cuando sea posible y/o necesaria la plantación de vegetación o arborización y ésta sea propuesta como una medida de mitigación, las especies elegidas deben ser auto sustentables, pues deben sobrevivir por sí solas con posterioridad al cierre. Las especies que se usarán deberán, de preferencia, corresponder a especies autóctonas, tal que no requieran de cuidados posteriores del cierre y que no afecten el paisaje de la zona.

**Paisaje y Morfología.** En consideración a la relevancia paisajística y turística del área de influencia y a la línea de base del proyecto, se propondrán, si corresponde, medidas de mitigación o restauración de la zona de cierre. Asimismo, cuando se introduzcan medidas para recuperar áreas perturbadas, y/o dismantelar instalaciones, se considerará una configuración del terreno que las haga armónicas con el paisaje y la morfología del entorno.

**Recursos Culturales y Arqueológicos.** Se dará cuenta del estado en que se encuentran los recursos arqueológicos, monumentos, sitios de valor antropológico e histórico, pertenecientes al patrimonio cultural, existentes en el área de influencia del proyecto. A partir de esto, se procurará verificar que dichos recursos se han mantenido, en cantidad y calidad, en el tiempo.

**Medio Ambiente Humano.** Se evaluará desde la perspectiva ambiental, la afectación del cierre sobre el medio ambiente humano, según lo establecido en la legislación vigente. Asimismo, se dará cuenta si como parte del plan de cierre se contempla dar un uso alternativo futuro al área del proyecto, tales como cultivos, ecoturismo, paisaje, industria, u otro, el cual se documentará adecuada y oportunamente.

### 9.3. Planeación Y Manejo De La Mina Berak



Figura 38: Plan de recuperación paisajística y forestal.

En el área de la Mina Berak se proponen un tipo de uso forestal dadas sus condiciones iniciales, en las que la Ficha técnica N° CME 07-25 "Plan de

Recuperación” del Ministerio de Minas y Energía - Ministerio del Medio Ambiente, propone cuatro requerimientos fundamentales para este uso, que son: **Primero**, que no es necesario precisar suelos de gran fertilidad; **Segundo**, limitar las pendientes de los taludes o perfilase de la topografía con ángulos no mayores al 70%; **Tercero**, las superficies deben tener una extensión > 0,25 ha; **Cuarto**, los espesores del suelo y subsuelo para su implantación deben ir acorde a las distintas especies.

En algunos casos el terreno no cuenta con dichos requerimientos para un uso forestal, por lo cual la ficha técnica recomienda algunas soluciones, las cuales son: Añadir abono o materia orgánica al suelo, añadir elementos finos, modificar pendiente si es necesario, y establecimiento de la cobertura vegetal.

Para dar cumplimiento a las normas establecidas y a todo lo mencionado anteriormente se procede a la realización del plan y manejo que se dará en el área a intervenir de la siguiente forma:

### **9.3.1. Conservación de la diversidad biológica y manejo de las coberturas vegetales removidas**

Este proceso debe estar vigente desde el primer momento en el que se inicia la actividad de limpieza y descapote (deforestación), a partir se deben tomar medidas para ayudar a la planificación de las áreas deforestadas y dar inicio al proceso de rehabilitación de tierras. Una de las actividades a desarrollar en esta etapa se pueden dividir en dos las cuales son: Antes de remover la vegetación y durante la remoción de la vegetación.

#### **Antes de remover la vegetación (Florez, 2015)**

- Tramitar y obtener de manera oportuna los permisos de aprovechamiento forestal de las áreas a intervenir, de acuerdo con los requerimientos de la autoridad ambiental competente.
- Realizar anualmente la caracterización ambiental de las áreas a intervenir por las operaciones de minería.

### **Durante la remoción de la vegetación (Florez, 2015)**

- Demarcar y señalizar los límites de las áreas a intervenir. Inducir la migración de fauna y adelantar acciones de rescate y relocalización de ejemplares capturados, según lo establecido en el programa de manejo de fauna.
- Extraer oportunamente los materiales vegetales aprovechables, siguiendo los planes de corte y aprovechamiento forestal.
- Desmontar de manera mecanizada la vegetación residual en pie, acordonando los materiales leñosos para su posterior uso.
- Remover y transportar el material vegetal fino resultante de la deforestación, conjuntamente con el suelo y disponerlo en los bancos de preservación.

#### **9.3.2. Adecuación de tierras**

Esta etapa es un manejo post-minero en el cual se da inicio al proceso de rehabilitación de las tierras intervenidas, es de aquí donde parte para una excelente reforestación y/o manejo del terreno, así:

**Reconfiguración del terreno:** La reconfiguración consistirá en la homogenización de los terrenos o áreas liberadas para facilitar en ellos la ejecución de las demás operaciones. No es necesario la reconfiguración de los taludes ni la eliminación de la rampa ya que puede servir para posteriores usos.

**Procesamiento de ladrillos dañados:** Se procederá a eliminar todo material restante de la producción y quema de ladrillos, ya sea triturándolos o creando una capa sólida de los mismos en la que se puede realizar materas y otros con el fin de embellecer la zona afectada.

**Obras complementarias:** Es necesario la creación de drenajes, para minimizar la cantidad de agua almacenada en la zona afectada, aunque se piensa crear unos estanques para la producción piscícola, los cuales se pueden emplear eficientemente en aquellos sitios que no son aptos para la agricultura, se permite hacer un buen aprovechamiento del agua y la tierra que posee en la finca, además es una buena forma de solucionar los problemas de alimentación y generación de empleo.

Para esto es necesario la creación de diques el cual es un terraplén compacto para retener el agua, su altura es igual a la profundidad del agua más una porción de borde libre para evitar el desbordamiento. A la parte superior del dique se le denomina Corona y el Talud es la parte lateral o parte inclinada de los estanques. Un ejemplo de estos estanques Ver (Figura 39).



*Figura 39: Estanques piscícolas en áreas imposibles de sembrar. Tomado de: Producción Piscícola, 2014.*

### **9.3.3. Revegetalización o diversificación vegetal**

Dado que el 80% del terreno a intervenir no contiene árboles ornamentales ni frutales, se considera la siembra de pasto y árboles que vallan acorde al nuevo ecosistema y que no afecten el cultivo de peces mencionado anteriormente. Para esto es necesario hacer rellenos con tierra fértil y el uso de fertilizantes ya sea químicos, o naturales. Luego de un tiempo es necesario hacer resiembras para que todo lo que se ha propuesto se pueda llevar a cabo y se pueda ver el área diferente.

Cabe recordar que todo este proceso se iniciará a partir del primer momento en el que se inicie la extracción del mineral, y después de finalizar la etapa de explotación se tendrá tres (3) años para realizar lo faltante y poder llevar a cabo el plan de cierre y abandono.

## CONCLUSIÓN

Este PTO se realizó para la cantera Berak de arcilla, ubicada en Villanueva Guajira, con el cual permite comenzar y adelantar los trámites necesarios para el proceso de su formalización y legalización, y dar inicio al cumplimiento legal que exigen las entidades estatales. La realización del programa de trabajos y obras, fue basado en los términos de referencia, adoptados por la Agencia Nacional de Minería.

La cantera Berak actualmente posee un frente de explotación activo y los resultados de laboratorio de las muestras obtenidas, permitieron identificar que el suelo es apto para la explotación y fabricación del ladrillo, mediante el sistema de clasificación unificada de suelos (U.S.C.S), los materiales encontrados pertenecen a la clasificación C.L (Arcilla inorgánica de baja compresibilidad) y M.L (Limo inorgánico de baja compresibilidad); en la en la clasificación AASHTO pertenece al grupo A-6 que son suelos limo arcillosos plásticos, A-4 que son suelos limosos inorgánicos, A-7-6 que son suelos arcillosos plásticos.

Con el análisis mineralógico por el método de difracción de rayos X, se pudo comprobar que la arcilla de la cantera Berak, pertenecen al grupo de las arcillas Montmorillonita, donde su formación fue producto de la descomposición superficial de rocas, la cual jugaron un papel muy importante por los agentes atmosféricos, procesos hidrotermales a baja temperatura, alteración de cenizas volcánicas en capas estratificadas, por la acción de fluidos de origen desconocido en fracturas y vetas.

Mediante el estudio Geotécnico la arcilla de la mina Berak se comporta dentro del rango de compresión simple como suelo, la densidad húmeda aumenta de acuerdo al porcentaje de humedad que contenga la muestra. También se determinó que los taludes y/o excavaciones no deben superar los 4 m de altura ya que pueden presentarse inestabilidades en el terreno.

En la Mina Berak los ladrillos fabricados son totalmente artesanales y actualmente este ladrillo tiene las dimensiones 30cm Soga x 20cm Tizón x 10cm Grueso, este ladrillo es comúnmente llamado Ladrillo Macizo, Tolete o Bocado, es el más comercial en la región.

A través del software Surpac, desarrollado por GEOVIA, se modeló en 3D la Mina Berak, y así se pudo estimar el cálculo de las reservas explotables mediante las reservas probadas y reservas no explotables. Para el cálculo de reservas se utilizó el método geoestadístico ya que este permitió obtener una información más completa.

Con el estudio de mercado, se determinó que la cantera Berak, tiene clientes en Villanueva Guajira, como lo son las ferreterías, constructoras, personas intermediarias o personas naturales y en cuanto a su competencia se determinó que no hay canteras legales, ni en proceso de traspases de legalización; en cuanto a su precio se calculó que el ladrillo se venderá a \$700 y \$1000 pesos/unidad en boca mina.

Para la etapa de programa de trabajos y obras, la cantera Berak al contar con un área de menos de 7 hectáreas, se propuso seleccionar 3 frentes de explotación trabajados por el método de cantera, el cual se usará la explotación por medio de banco único ya que este banco permitirá descender hasta los 3mts, al ser una mina artesanal la profundidad máxima que debe llegar es de 2mts, que es lo permitido legalmente por la estatura promedio de trabajadores. Por medio del cálculo de reserva se estimó que Las reservas medidas explotables in situ ascienden alrededor de 49'605.750 de unidades de ladrillos, y la producción anual, es de 1'656.000 unidades, lo que nos permitió obtener una vida útil de 30 años aproximadamente.

Según el método de extracción, el esquema y cálculos de diseño minero para el depósito de arcilla y teniendo en cuenta que se proyectará su explotación por 30 años en las zonas de explotación de la cantera se trabajará 12 meses del año x 24 días al mes x 8 horas al día (1 turno de trabajo), esto representa 228 días de trabajo al año.

En total la mina Berak contara con su totalidad de 14 trabajadores de forma directa como lo son 1 gerente, 1 supervisor, 1 operador oficio carios y 11 operarios. Para el desarrollo del proyecto en general se contará con lo necesario para un óptimo funcionamiento del proyecto. En donde se requerirá una oficina de tipo contenedor, un contenedor bodega, y dos baños portátiles, esta infraestructura será alimentada por energía solar, con esto se ahorrará costos energéticos y se contribuirá con el medio ambiente.

Se recomendará el cambio de los hornos actuales al tipo baúl, lo cual permitirá aumentar la eficiencia de combustión, disminuirá el nivel de contaminación, aumentara la producción, disminuirá perdida de calor y optimizara térmicamente el proceso utilizando el calor de los gases de combustión.

Finalmente se proyectó el plan de cierre y abandono el cual se ejecutará al finalizar la explotación en la cantera Berak, todo esto es con el fin de llevar acabo las normas establecidas por las entidades mineras. Con este proyecto la mina Berak, podrá iniciar su proceso de legalización, ya que cuenta con lo mínimo establecido el cual es el programa de trabajos y obras, también cuenta con indicativos económicos y tiempo de vida en el que se explotará el mineral.

## BIBLIOGRAFÍA

Ades, D. (2003). *Determining Country Risk Premiums for Emerging Market Countries*. The Fetcher School.

AGENCIA NACIONAL DE MINERIA. (2016). *TÉRMINOS DE REFERENCIA: TRABAJOS DE EXPLORACIÓN, PROGRAMA MINIMO EXPLORATORIO Y PROGRAMA DE TRABAJOS Y OBRAS (PTO) PARA MATERIALES Y MINERALES DISTINTOS DEL ESPACIO Y FONDO MARINO*. Retrieved 02 2017

ALARCÓN MARÍN, S. I., & BURGOS PANQUEVA, F. P. (2015). *PLAN DE MANEJO AMBIENTAL PARA LA LADRILLERA EL SANTUARIO*. BOGOTÁ D.C.

Apuntes Ingeniería Civil. (2017). *Mampostería De Ladrillos Comunes*.

ARIAS R, A. F., CORTES, Y. M., MORENO , M. A., SALAZAR, O. M., & JIMÉNEZ, M. F. (2007). *PROSPECTIVIDAD DE LA CUENCA PROSPECTIVIDAD DE LA CUENCA CESAR RANCHERÍA*. CESAR: ANH - UIS.

Asociación Geoinnova. (2017). *Minería y medio ambiente*.

AUTORIDAD NACIONAL DE LICENCIAS AMBIENTALES. (2016). *TÉRMINOS DE REFERENCIA PARA LA ELABORACIÓN DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – EIA PROYECTOS DE EXPLOTACIÓN MINERA*. BOGOTÁ D.C.

Avisora. (2001). *¿Qué es la minería?*

Buitrago Caicedo, M., & Meza Yesquen, E. J. (2015). *Plan de negocios para la creacion de una ladrillera tipo refractarios en el municipio de San Andres de Tumaco para el año 2015*. San Juan de Pasto.

C. V., L. M., & C. O. (2012). *GEOLOGÍA ESTRUCTURAL Y ESTRATIGRAFÍA DEL ÁREA MAJAYURA (GUAJIRA)*. Retrieved 03 2017

CLIMATE-DATA.ORG. (n.d.). *CLIMATE-DATA.ORG*. Retrieved from <https://es.climate-data.org/>

Codigo Penal. (2018). *Artículo 338. Explotacion ilicita de yacimiento minero y otros materiales*.

- Congreso de la republica. (2010). *Ley 1382 de 2010*. Bogotá.
- Construdata. (2012). *Diagnostico de ladrillera del país*.
- CORNARE. (2015). *Estudio de Impacto Ambiental - Plan de Cierre Minero*.
- CORPOGUAJIRA. (2010). *Plan De Gestión Ambiental Regional*. Retrieved from CORPOGUAJIRA.GOV.CO:  
[http://www.corpoguajira.gov.co/web/attachments\\_Joom/article/57/PGAR.pdf](http://www.corpoguajira.gov.co/web/attachments_Joom/article/57/PGAR.pdf)
- Corporación Autónoma Regional de la Guajira. (2011). *Atlas Ambiental del Departamento de la Guajira*.
- CORTÉS ARIAS, S. M. (2016). *ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA CREACIÓN DE UNA LADRILLERA EN EL MUNICIPIO DE BARRANCAS, LA GUAJIRA. OCAÑA*.
- EELA Colombia. (2011). *CARACTERIZACIÓN DE LOS HORNOS USADOS EN LA INDUSTRIA LADRILLERA*.
- Escuela de Ingeniería en Construcción. (n.d.). *DETERMINACION DE LOS LIMITES DE ATTERBERG*. Retrieved from [http://icc.ucv.cl/geotecnia/03\\_docencia/02\\_laboratorio/manual\\_laboratorio/limites.pdf](http://icc.ucv.cl/geotecnia/03_docencia/02_laboratorio/manual_laboratorio/limites.pdf)
- Florez, Y. (2015). *Programa de trabajo y obras*.
- García González, M., Cruz Guevara, L., Mier Umaña, R., Vasquez Pinto, M., Jiménez Jácome, M., & Moreno Castellanos, M. (2008). *EVOLUCIÓN TÉRMICA DE LA SUBCUENCA DE LA BAJA GUAJIRA*. Bucaramanga : UIS-ANH.
- GUERRA ESCOBAR, E., & BARROS MONGE, J. C. (2011). *EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO MINERO SAN ANTONIO ÓXIDOS*. Santiago de Chile.
- Héctor Hernando Torres Rojas . (2012). *ESTÁNDARES DE CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA DIGITAL PARA PLANCHAS A ESCALA 1:100.000 Y MAPAS DEPARTAMENTALES. version 2* . Bogotá: Servicio Geológico Colombiano .
- Herrera Herbert, J. (2006). *Métodos de Minería a Cielo Abierto*.

- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2007). *Informe de Gestion*.
- LTDA, S. M.–S. (2014). *PROGRAMA DE TRABAJOS Y OBRAS P.T.O. MANAURE - GUAJIRA: Agencia Nacional de Minería* .
- Martínez Hernández, S. (2016). *Líos por explotación ilegal de las salinas marítimas en La Guajira*. EL ESPECTADOR.
- Mercado, M. (2003). *Mapa geológico del departamento de La Guajira. Compilación : Memoria explicativa. Escala 1:250.000*. Bogotá, D.C.
- Minambiente. (2001). *Ley 685 de 2001*. Bogotá.
- MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. (2003). *MEMORIA EXPLICATIVA GEOLOGIA GUAJIRA*. BOGOTÁ: INGEOMINAS.
- Ministerio de Minas y Energía. (2012). *ABC Minero*. Bogotá.
- Murillo, L. G. (2017). *Es hora de hacer minería sostenible*. Semana.
- Nieto Escalante, J. A. (2011). *Uso del suelo del departamento la Guajira*.
- Rodríguez , G., & Londoño , A. C. (2002). *MAPA GEOLÓGICO DEL DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA*. Medellín : INGEOMINAS .
- Roldán Vásquez, J. C. (2013). *Análisis de variables para evaluación financiera de proyectos de minería de ORO en Colombia con especial énfasis en el RIESGO PAÍS – Caso Mineros S.A.*
- Rubiano, M. P. (2017). *Corrupción: la aliada de la minería ilegal*. EL ESPECTADOR.
- Sáenz, J., & Rubiano, M. P. (2017). *Minería ilegal, ¿con los días contados?* EL ESPECTADOR.
- Suárez, L. G., & Defensoría del Pueblo. (2010). *MINERÍA DE HECHO EN COLOMBIA*. Bogotá.
- u-cursos. (n.d.). *MÉTODOS DE EXPLOTACIÓN – SELECCIÓN DE MÉTODO* . Retrieved from <https://www.u-cursos.cl/>
- Vicente, A., Martin, N., Slee, D. J., Birss, M., Lefebvre, S., & Bauer, B. (2011). *Minería en Colombia ¿a qué precio?* *PBI Colombia*.

Zea Osorio, N. L. (2005). *Caracterización de las arcillas para la fabricación de ladrillos artesanales*. Guatemala. Retrieved from [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_2549\\_C.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2549_C.pdf)

Zetter Echánove, I., Partida Padilla, P. R., Camacho Zepeda, D. A., Núñez Alarcón, G., Moreno Aldrete, C., Macías Calleja, C. E., . . . Palomar Villalvazo, J. J. (n.d.). *Proyecto Ladrillera*.