

Programa Nacional de Estructuración de Cadenas Productivas para el Sector Artesanal

**Estructuración de la Cadena Productiva Arcillas,
Producción y Comercialización Cerámica en el
Departamento del Huila**

PLAN MINERO PARA LA EXPLORACIONES DE ARCILLAS: CARACTERIZACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE LA MATERIA PRIMA PARA LA CERÁMICA ARTESANAL EN PITALITO - HUILA

**SERGIO LOZADA PADILLA
GEÓLOGO**

BOGOTÁ D.C., NOVIEMBRE DE 2003



Ministerio de Comercio, Industria y Turismo
artesanías de colombia s.a.



ÍNDICE DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	5
1.1	ANTECEDENTES	6
1.2	METODOLOGÍA	7
1.3	LOCALIZACIÓN	8
2	MARCO TEÓRICO	12
2.1	GEOLOGÍA DE ARCILLAS	12
3	MARCO GEOLÓGICO	17
3.1	GEOLOGÍA REGIONAL	17
3.2	GEOMORFOLOGÍA	17
3.3	ESTRATIGRAFÍA	18
3.4	GEOLOGÍA ESTRUCTURAL	19
3.5	DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA EN LA MINA SALESIANO	19
4	CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL ARCILLOSO	22
4.1	ANÁLISIS QUÍMICOS	25
4.2	ANÁLISIS FÍSICOS	28
4.3	MINERALOGÍA DE ARENAS	31
4.4	MINERALOGÍA DE ARCILLAS	32
4.5	OTROS ANÁLISIS	36
5	DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS ACTUALES	38
5.1	ESLABÓN DE LA MINERÍA	38
5.2	ESLABÓN DE LA PRODUCCIÓN	45
5.3	ESLABÓN DE LA COMERCIALIZACIÓN	48
6	PLAN DE SUMINISTRO DE MATERIAS PRIMAS	50
6.1	CÁLCULO DE RESERVAS	50
6.2	ALTERNATIVAS DE EXPLOTACIÓN MINERA	53
6.3	BENEFICIO Y TRANSFORMACIÓN	56
7	EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES	63
7.1	IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES EN LA EXPLOTACIÓN MINERA	63
7.2	VALORACIÓN DE LA MAGNITUD DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES	63
7.3	MANEJO DE IMPACTOS AMBIENTALES	68
7.4	SEGUIMIENTO, MONITOREO Y EVALUACIÓN	74
8	CONCLUSIONES	76
9	RECOMENDACIONES	78
10	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Cerámicas artesanales elaboradas en el municipio de Pitalito	6
Figura 2.	Triángulo de texturas para muestras sin contenido de grava	8
Figura 3.	Ubicación geográfica del municipio de Pitalito	9
Figura 4.	Vista del frente de explotación actual de la mina Salesiano	20
Figura 5.	Columna estratigráfica del depósito fluviolacustre en la mina Salesiano	21
Figura 6.	Extracción de arcilla en el chircal del barrio Bajo Solarte	23
Figura 7.	Afloramiento de niveles arcillosos en la mina de Yamboró	24
Figura 8.	Afloramiento de niveles arcillosos en la mina de Las Juntas	24
Figura 9.	Afloramiento de niveles arcillosos en la mina cerca al Batallón	25
Figura 10.	Granulometría de la arcilla de Salesiano	29
Figura 11.	Mineralogía de la fracción gruesa de la arcilla de Salesiano	32
Figura 12.	Difractograma por rayos X obtenido de la arcilla de Salesiano	33
Figura 13.	Mineralogía de la fracción arcilla por difracción de rayos X de la arcilla de Salesiano	34
Figura 14.	Panorámica de la mina de Salesiano	38
Figura 15.	Materia prima descargada junto a la vivienda del beneficiador Fidel Gómez	41
Figura 16.	Beneficio de la materia prima mediante el proceso de laminado	42
Figura 17.	Pesaje del barro por arrobas en los talleres de beneficio	42
Figura 18.	Almacenaje de barro	43
Figura 19.	Uso de la arcilla sin ningún tratamiento por parte de los artesanos en la técnica de prensado	46
Figura 20.	Moldes para vaciado de la arcilla como barbotina en la elaboración de "cascarones" de chivas	47
Figura 21.	Ejemplo de la geometría tabular del depósito en la mina Salesiano	51
Figura 22.	Maquinaria ideal para la explotación de arcillas en la mina Salesiano	54
Figura 23.	Minería de contorno en la mina Salesiano	55
Figura 24.	Revegetación en márgenes hídricas como franjas protectoras	68
Figura 25.	Ejemplo de adecuación de accesos	70
Figura 26.	Ejemplo de pantalla visual con vegetación	73

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Resultados del análisis de elementos y pérdidas por calcinación de diversos tipos de arcillas	14
Tabla 2.	Contenido de elementos mayores de varios tipos de productos fabricados con diversos tipos de arcilla	14
Tabla 3.	Principales minas de arcilla en el municipio de Pitalito	23
Tabla 4.	Resultado del análisis de elementos realizado a varios tipos de arcilla de Pitalito	26
Tabla 5.	CIC de algunos minerales arcillosos	27
Tabla 6.	Resultados del análisis de salinidad de la arcilla de Salesiano	27
Tabla 7.	Resultados del análisis de carbonatos y carbón orgánico de la arcilla de Salesiano	27
Tabla 8.	Resultados del análisis de granulometría de la arcilla de Salesiano	28
Tabla 9.	Límites de Atterberg de algunos minerales arcillosos	29
Tabla 10.	Resultados del análisis de densidad aparente, plasticidad y comportamiento térmico de la arcilla de Salesiano	30
Tabla 11.	Resultados del análisis de color de la arcilla de Salesiano	30
Tabla 12.	Mineralogía de la fracción gruesa de la arcilla de Salesiano	31
Tabla 13.	Resultados del análisis mineralógico de la fracción arcilla por difracción de rayos X de la arcilla de Salesiano	34
Tabla 14.	Resultados de análisis de plasticidad, granulometría, contracción, absorción, resistencia al corte y mineralogía de arcillas realizados a muestras de arcilla de Bajo Solarte, Yamboró y Salesiano	36
Tabla 15.	Ingresos, egresos y utilidades en el proceso de explotación actual de la mina Salesiano	40
Tabla 16.	Ingresos, egresos y utilidades en el proceso de beneficio de los tres principales distribuidores de arcilla	44
Tabla 17.	Ingresos, egresos y utilidades en la producción y comercialización de cerámica en un taller promedio	49
Tabla 18.	Características del depósito de arcilla en la mina Salesiano	52
Tabla 19.	Reservas, ritmo de explotación y vida del material arcilloso en la mina Salesiano	52
Tabla 20.	Costos inferidos de la extracción y transporte para el plan de suministro de materias primas	56
Tabla 21.	Costos, ventas y utilidades inferidas del beneficio de la arcilla por vía húmeda para el plan de suministro de materias primas	58
Tabla 22.	Costos, ventas y utilidades inferidas para el beneficio de la arcilla por vía seca para el plan de suministro de materias primas	59
Tabla 23.	Costos, ventas y utilidades inferidas del beneficio y tratamiento de la arcilla en la preparación de barbotina para el plan de suministro de materias primas	60
Tabla 24.	Componentes triaxiales de óxidos para muestras de arcilla en varias minas de Pitalito	61
Tabla 25.	Algunas fórmulas de pastas de baja temperatura	62
Tabla 26.	Algunas fórmulas de pastas de talco de alta temperatura	62
Tabla 27.	Matriz causa-efecto para las actividades, obras y trabajos de explotación	64
Tabla 28.	Parámetros de seguimiento y monitoreo como referente para el Estudio de Impacto Ambiental	75

ANEXOS

ANEXO 1. MAPA GEOLÓGICO DEL MUNICIPIO DE PITALITO, DEPARTAMENTO DEL HUILA.

ANEXO 2. PLANO DE LA MINA SALESIANO.

ANEXO 3. CENSO DE ARTESANOS DE LOS MUNICIPIOS DE PITALITO, SAN AGUSTÍN Y TIMANÁ (Instituto Huilense de Cultura, 1993).

1 INTRODUCCIÓN

Dentro del plan de acciones que adelanta Artesanías de Colombia S.A. a través de la Subgerencia de Desarrollo, en el marco del Programa Nacional de Conformación de Cadenas Productivas para el Sector Artesanal gracias al convenio FIDUIFI – Artesanías de Colombia S.A. - Fomipyme, se introducen una serie de acciones conducentes al desarrollo del sector artesanal para el departamento del Huila.

Con este propósito se presenta el informe sobre caracterización y aprovechamiento de la materia prima para cerámica artesanal en el municipio de Pitalito, departamento del Huila.

Dentro de los objetivos específicos se destacan el caracterizar física, química y mineralógicamente el material arcilloso de la minas de Pitalito, clasificándolo de acuerdo a su origen, propiedades y cualidades; el suministrar parámetros con los cuales se ideen procesos para la eliminación de defectos propios de la arcilla y de las cerámicas; el calcular el volumen del material arcilloso en el lote donde se efectúa la extracción con el fin de conocer las reservas explotables; el calcular la vida de las arcillas en el lote, teniendo en cuenta el ritmo de explotación del material; el realizar un plan de suministros de materias primas que incluya un posible método de explotación, con el fin de optimizar la extracción del material consumido por los artesanos, dentro de un marco de sostenibilidad; y por último, evaluar los impactos ambientales que se producen por las obras y trabajos de explotación, para así tomar medidas de manejo ambiental.

Se tomaron como base los informes titulados “Estudio preliminar de materias primas en la producción de cerámica para el municipio de Pitalito”, realizado en el primer semestre del año por el D.I. Diego Añez, “Diagnóstico de los artesanos del municipio de Pitalito”, realizado en el año 2001 por la Cámara de Comercio seccional Pitalito, y *“Caracterización de arcillas en el Valle de Laboyos, Pitalito”*, realizado en junio de 2003 por S.G.I. Ltda. y la Gobernación del Huila.

De acuerdo a estos estudios, es necesario cambiar el enfoque de la parte minera y de beneficio de materias primas en el sector artesanal del municipio de Pitalito, partiendo del hecho que los procesos de extracción, transporte, tratamiento y mejoramiento de la materia prima deben ser concebidos como el primer eslabón de la cadena productiva, y por ende el que rige los siguientes eslabones. Esto no quiere decir que los procesos actuales estén errados sino que deben ser en lo posible más eficientes, con el fin de elaborar un producto artesanal de mayor calidad que pueda asegurar de esta manera su comercialización.

Dentro de los objetivos propuestos por la Subgerencia de Desarrollo de Artesanías de Colombia S.A., para el desarrollo de un plan de suministro de materias primas se encaminan también una serie de acuerdos con entidades como la Cámara de Comercio Seccional Pitalito, propietarios de las minas de arcilla, beneficiadores, distribuidores y cooperativas artesanales de la región, con el fin de estructurar un plan de acción a corto, mediano y largo plazo, que garantice no solo la sostenibilidad del medio ambiente sino la permanencia y desarrollo del sector artesanal de producción de cerámica en el municipio de Pitalito.

1.1 ANTECEDENTES

En el municipio de Pitalito del departamento del Huila se encuentran minas activas de arcillas que se utilizan en la fabricación de ladrillos y elaboración de cerámica artesanal. La arcilla para cerámica se extrae esencialmente del lote El Recreo, ubicado a dos kilómetros del casco urbano del municipio.

La gran producción de cerámica artesanal (figura 1) se debe en gran medida a la existencia en abundancia de arcillas que se han encontrado en la región. Los depósitos de material arcilloso de Pitalito han sido descritos por el INGEOMINAS como un depósito fluviolacustre del Cuaternario; el valle aluvial está conformado por estratos de arcillas que suprayacen estratos arenosos y gravosos. Un aspecto importante en la elaboración de esta cerámica es que las materias primas son muy comunes y se encuentran, procesan y utilizan en la misma localidad. A pesar de lo anterior, y aunque por mucho tiempo los artesanos de Pitalito han estado usando el material arcilloso de su región, son muy pocos los que conocen sobre las pruebas técnicas que se le debe realizar a cada uno de los tipos de barro que ellos utilizan, para poder conocer las cualidades y alcances que puede tener el material.

En los últimos años ha aumentado la preocupación sobre un posible agotamiento de las reservas de la materia prima, pues no se conocen cifras sobre volumen de explotación y consumo, así como no se cuenta con planes de explotación y suministro de la materia prima.



Figura 1. Cerámicas artesanales elaboradas en el municipio de Pitalito.

1.2 METODOLOGÍA

1.2.1 Recopilación bibliográfica

Se realizó como primer paso una recopilación bibliográfica donde se consultaron escritos sobre geología y arcillas del área de estudio, así como principios teóricos sobre cerámica. Además se utilizaron las planchas del IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi) No. 388-II-D, 388-IV-A y 388-IV-B, además de las fotografías aéreas del IGAC No. 026, 027, 028 y 029 del vuelo C-2582.

1.2.2 Trabajo de campo

El trabajo de campo se ejecutó en dos periodos de la siguiente manera: seis días del 17 al 22 de septiembre y cuatro días del 11 al 14 de octubre del presente año, en los cuales se efectuaron las siguientes labores: reconocimiento geológico del área de estudio y observaciones generales de los lotes y terrenos donde se extraen las arcillas con la ayuda de herramientas como brújula, cinta métrica, martillo de alta dureza, cámara fotográfica, fotos aéreas y mapas de la zona en estudio; toma de muestras representativas del material arcilloso, registro del los procesos de minería y beneficio, entrevista a los propietarios de las minas, beneficiadores y algunos artesanos consumidores de la arcilla.

1.2.3 Análisis de laboratorio a las muestras de arcilla

La caracterización de la materia prima se realizó tomando una muestra representativa en el lugar de extracción actual y se llevó a cabo en los laboratorios de Minerales y Geomecánica del Ingeominas y en el Laboratorio de Suelos del IGAC. Las pruebas de tipo químico que se realizaron para la caracterización son: análisis químico elemental, mediante absorción atómica de llama; salinidad, por extracto de saturación. Las pruebas de tipo físico que se realizaron son: granulometría, por medio de pipetas, y textura según el triángulo de texturas de FOLK (figura 2); color, mediante comparación con la carta de colores Munsell; densidad aparente, mediante el método del terrón; plasticidad, mediante la técnica de los límites de Atterberg; humedad y pérdidas por calcinación, por el método gravimétrico. La mineralogía de la fracción arcilla se determinó mediante difracción de rayos X, la cual se realizó con un difractómetro Philips PW3020 con lámpara de cobre con el método del IGAC.

Se realizaron análisis químicos a muestras del suelo y el material de residuo donde se extrae la arcilla utilizando los siguientes métodos: pH: (H₂O) 1:1, carbón orgánico (C.O.): Walkley-Black, CIC y bases intercambiables: acetato de sodio normal y neutro. También se determinó la granulometría por el método de Bouyoucos y la textura según el triángulo de texturas propuesto por el USDA.

1.2.4 Evaluación de resultados y elaboración de informe final

Todos los resultados de las fases anteriores se condensaron en el presente informe. La información recolectada mediante entrevistas a los mineros, beneficiadores y algunos artesanos se analizó

arduamente para verificar la existencia de datos sobredimensionados; posteriormente se sintetizó logrando unas cifras promedio para los procesos realizados en los eslabones de minería y producción de cerámica en Pitalito.

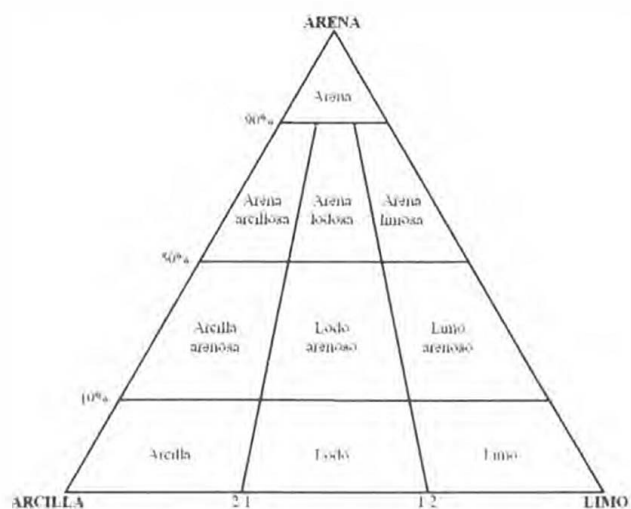


Figura 2. Triángulo de texturas para muestras sin contenido de grava (Modificado de FOLK, 1954).

1.3 LOCALIZACIÓN

La cabecera municipal de Pitalito está localizada en el departamento del Huila (figura 3), alrededor de las coordenadas $X = 696,000$ m N y $Y = 1'114,000$ m E, a 190 km de la ciudad de Neiva. Tiene 114 veredas en 8 inspecciones de policía: Bruselas, La Laguna, Criollo, Villas del Norte (Chillurco), La Esperanza (Palmarito), Riveras del Guarapas (Charguyaco), Guacacallo y Prados del Norte, con una superficie de 656 km². Limita por el norte con los municipios de Saladoblanco, Elías y Timaná; por el este con Acevedo; por el sur con Palestina y el departamento del Cauca, y por el oeste con San Agustín e Isnos.

La red vial principal de Pitalito es la carretera troncal Neiva-Pitalito-San Agustín, que lo une con la mayoría de las cabeceras municipales del departamento, con los departamentos del Tolima y Cundinamarca por el norte y con los departamentos de Cauca y Pasto por el sur.

1.3.1 Geografía

La mayor parte del territorio es montañoso, pero también tiene sectores planos, entre ellos los valles de los ríos Guachicos y Guarapas, y las tierras aledañas al río Magdalena. La formación orográfica más destacada está constituida por la serranía de La Ceja que se desprende de los picos de La Fragua y divide las cuencas de los ríos Guarapas y Suaza; se destacan además los filos de Chillurco

y Las Letras, el cerro del Limón y los altos de Ingali, Guache y Las Cruces. Sus tierras están comprendidas en los pisos térmicos templado y frío, con alturas entre 1,200 y 1,800 msnm.

1.3.2 Hidrografía

El Municipio de Pitalito presenta como recurso hídrico la cuenca del río Magdalena a la cual llegan las aguas de la subcuenca del río Guarapas. En esta subcuenca desembocan las quebradas Charguacayo, Aguacatala, Arroyuelos, Cálamo, Agua Dulce, La Yucala, Laureles, La Cuchilla, Montelion, Regueros, Guacandal, Macal, Las Pavas, Mortiñal y la subcuenca del río Guachicos.

En la subcuenca del río Guachicos desembocan las quebradas El Cedro, el Cedral, Bombonal, Palmito, La Guandinosa, La Burrera, La Criolla, La Chorrera y Agua Negra.

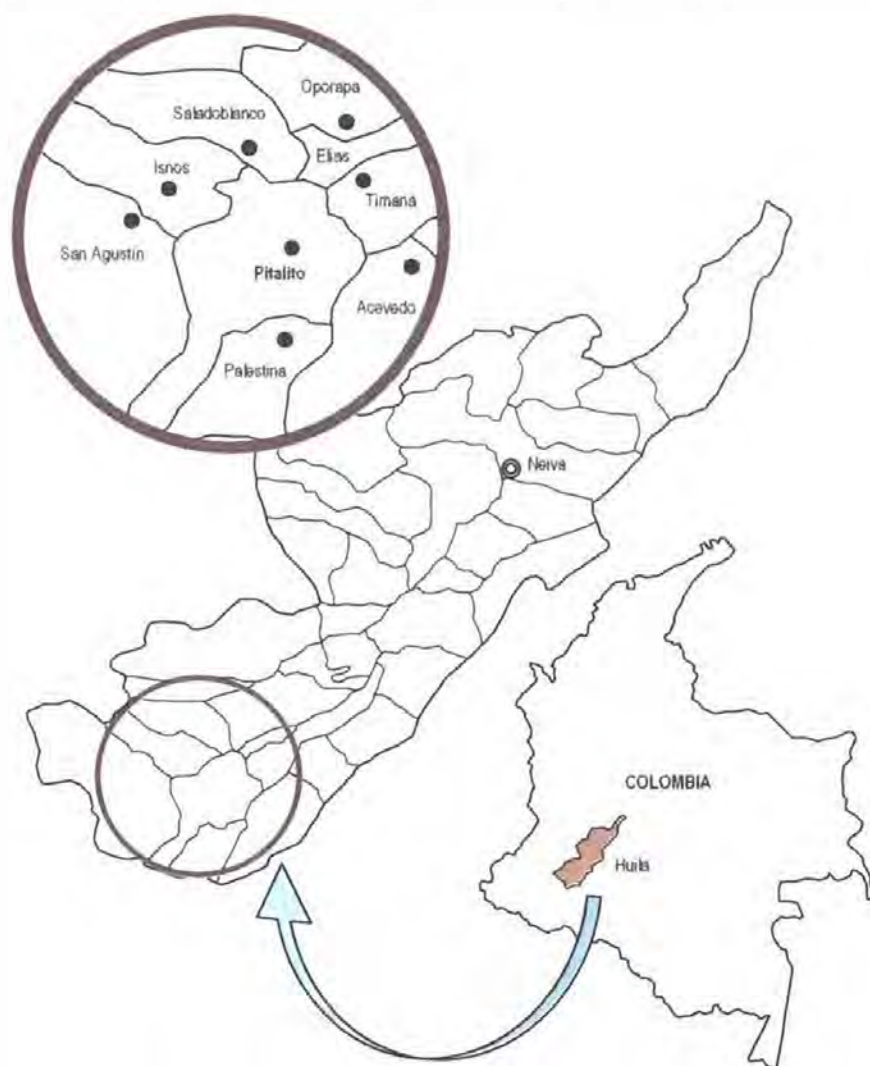


Figura 3. Ubicación geográfica del municipio de Pitalito.

1.3.3 Clima

Con base en datos obtenidos de la estación Pitalito del IDEAM localizada en la subcuenca del río Guarapas a 1320 msnm, se definió que la zona de estudio corresponde al Bosque húmedo Tropical.

La temperatura promedio anual es 21°C (18°-24°C); la altura del casco urbano es aproximadamente 1,300 msnm, la precipitación promedio es 1,280 mm/año, humedad relativa de 80%, brillo solar promedio de 1,200 horas anuales y evapotranspiración real de 800-1,000 mm/año.

1.3.4 Vegetación

En el piso térmico frío hay 218 km² de superficie con un relieve escarpado, de pendientes >50%, suelos superficiales, drenados y con fertilidad baja, localmente pedregosos y rocosos. En el piso térmico templado hay 448 km² de superficie con un relieve ondulado con pendientes hasta 12%, suelos superficiales a moderadamente profundos, bien drenados, fertilidad moderada a alta.

La cobertura vegetal principal es de pastos y el uso de la tierra es agrícola principalmente (subutilizado), con cultivos de plátano, caña, frijol, maíz, café, tomate y yuca. Los árboles presentes en la región son guadua, yarumo, cedro, cámbulo, caucho, lulo, ceibo, etc.

1.3.5 Suelos

Los suelos son superficiales a moderadamente profundos y ácidos, caracterizados por evolución avanzada presentando una fuerte alteración de los materiales y una formación de arcilla de tipo caolínico.

Se presenta erosión por la incidencia de factores geológicos naturales y por la acción antrópica. La disminución del caudal y contaminación se debe a la deforestación con quemas, sequías en estaciones prolongadas de verano, concesiones ilegales y actividades de sobrepastoreo, uso y manejo inadecuado de plaguicidas, residuos de construcción en lugares inadecuados, etc.

1.3.6 Economía

Las actividades económicas de mayor importancia son la agricultura, la ganadería, el comercio y la fabricación de ladrillos y artesanías. Los principales cultivos son café, plátano intercalado y frijol tradicional. Tiene registrados más de 60 establecimientos industriales y más de 500 comerciales. Sus principales productos artesanales son las cerámicas y los tejidos. Las actividades comerciales más destacadas en el municipio guardan relación con los productos de origen agropecuario y artesanal, constituyéndose en un centro de relevo secundario.

Pitalito es el centro de acopio más importante del sur del departamento y además desde el punto de vista turístico es paso obligado al parque arqueológico de San Agustín. Anualmente se celebra el Festival de la Guayaba y las ferias equina, artesanal y de muestra folclórica nacional.

1.3.7 Población

La población del municipio de Pitalito, según los datos del censo nacional realizado en el año 1993 era de 66,070 habitantes. La población de la cabecera municipal era de aproximadamente 65%. De acuerdo a proyecciones basadas en los datos de los censos de 1985 y 1993, para el año de 2003 se espera una población total aproximada de 91,200 habitantes.

Los siguientes datos se calcularon en base al dato de población proyectada antes mencionado. La población económicamente activa es del 73% y de esta está ocupada en algún oficio el 44%, es decir aproximadamente 29,320 personas. De las personas mayores a 12 años que viven en el casco urbano del municipio, activas económicamente y ocupadas en algún oficio, laboran en artesanías y manufacturas el 1.4%; de estas personas el 98% laboran en cerámica, es decir 1,280 personas aproximadamente.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 GEOLOGÍA DE ARCILLAS

2.1.1 Definición

Técnicamente la *US Bureau of Mines* considera a las arcillas como una mezcla de minerales arcillosos y cantidades menores de partículas no arcillosas. La *American Society for Testing and Materials* asume que la arcilla es un material plástico cuando está húmedo, rígido cuando se seca y vitrificado cuando es quemado a una temperatura suficientemente alta.

El valor y uso de las arcillas está determinado por el grado o cantidad de impurezas que contengan, las cuales afectan sus características y propiedades; por ejemplo, el cuarzo disminuye su plasticidad y aumenta su punto de fusión haciéndolas refractarias. La sílice coloidal, dentro de ciertos límites, aumenta su plasticidad. La alúmina le da propiedades refractarias mientras que el óxido de hierro le sirve de colorante.

2.1.2 Propiedades fisicoquímicas

Color. Las arcillas más comunes son blancas, grises, rojas, amarillas, negras y pardas. Algunas variedades presentan una tonalidad cuando están húmedas y otra diferente cuando son sometidas a secado.

Plasticidad. Permite que las arcillas, sin ningún tratamiento, sean moldeadas antes de someterlas a la acción del fuego.

Contracción. Al exponerse a la intemperie y secarse el agua contenida en las arcillas, éstas se contraen y resquebrajan formando grietas en el material.

Fluidez. Al empaparse completamente las arcillas pueden fluir, ya que el agua lubrica los planos de exfoliación de los cristales componentes.

Resistencia mecánica. Las arcillas ofrecen una resistencia que puede variar con relativa facilidad, desde muy baja en crudo hasta excepcionalmente alta, una vez procesadas y quemadas bajo determinadas condiciones.

Fusibilidad. Se inicia a los 900°C para las arcillas de bajo grado y llega a 1,400°C para las arcillas refractarias. Bajo estas condiciones el color sufre homogeneización, haciéndose más uniforme e incluso puede cambiar; la vitrificación se eleva, produciendo artículos de baja porosidad y capacidad de absorción; se tornan más resistentes a la acción de los ácidos y se convierten en aislantes eléctricos, térmicos y acústicos.

2.1.3 Clasificación según origen

La arcilla es el producto de la alteración mecánica y química de varios tipos de rocas; los productos de las reacciones de meteorización son una mezcla de partículas de diverso tamaño y diferentes propiedades químicas, físicas y mineralógicas. La fracción no plástica consta generalmente de fragmentos de roca, alterados o no alterados, cuarzo, mica, feldespato, óxidos de hierro, entre otros. Las arcillas se clasifican según su origen en:

Arcillas residuales. Son aquellas que ocurren en el mismo lugar en el cual fueron formadas a partir de la meteorización o intemperismo, especialmente de los feldespatos, de rocas ígneas u otras rocas con alto contenido de minerales feldespáticos. Estas arcillas por lo regular presentan abundante cantidad de impurezas. Las arcillas residuales también incluyen las arcillas con origen por pedogénesis, al formarse los suelos.

Arcillas sedimentarias (o transportadas). Como su nombre lo indica han sido removilizadas, usualmente a través de un medio acuoso, desde el sitio de formación hasta el lugar de acumulación. Durante el transporte se complementa la meteorización, se eliminan parte de los materiales no plásticos. De acuerdo al ambiente en donde se depositan las arcillas transportadas se habla de diferentes tipos de arcillas.

- **Arcillas marinas.** Se forman a partir de la depositación de materiales arcillosos transportados en suspensión por aguas tranquilas, a cierta distancia de la playa. Estos yacimientos pueden ser de gran extensión, considerable espesor y composición sensiblemente uniforme. Muchos de ellos se hallan ahora interestratificados como arcillolitas en secuencias arenosas y calcáreas de origen marino.
- **Arcillas lacustres.** Se forman en cuencas reducidas de lagos o lagunas y generalmente tienen alternancia con capas de material grueso. Son consideradas como de épocas recientes.
- **Arcillas de pantano.** Se encuentran normalmente infrayaciendo mantos de carbón; los depósitos tienen forma lenticular y son arcillas muy plásticas y relativamente puras.
- **Arcillas fluviales.** Se acumulan en las llanuras de inundación de los ríos durante las etapas de creciente. Los yacimientos tienen formas lenticulares y varían lateralmente hasta convertirse en arcillas arenosas y arenas. Los ríos también depositan arcillas en sus deltas.

2.1.4 Clasificación según propiedades y usos

La *US Bureau of Mines* clasifica las arcillas, de acuerdo a sus aplicaciones industriales, en seis grupos. En la tabla 1 se presenta una recopilación de resultados de análisis químico de elementos y pérdidas de calcinación para diversos tipos de arcillas.

Caolín. Es una arcilla blanca constituida sustancialmente por caolinita. Posee peso específico de 2.6 y punto de fusión de 1,785°C. Los minerales del grupo de la caolinita, principales constituyentes de la arcilla caolínica, son formados por la alteración de feldespatos, feldespatoides y otros silicatos; esta alteración puede ser de tipo hidrotermal o por meteorización; secundariamente los caolines se forman por sedimentación.

El caolín tiene innumerables aplicaciones industriales; especificaciones concretas se requieren para su uso en papel, pintura, caucho, plásticos y cerámicas. El caolín tiene buena cobertura o capacidad encubridora cuando es usado como pigmento y como relleno; además es blando y abrasivo, y tiene baja conductividad térmica y eléctrica.

Elemento (%)	Caolines	Arcillas grasas	Arcillas refractarias	Arcillas ricas en alúmina	Arcillas de gres	Bentonitas
SiO ₂	46.1 - 58.3	45.5 - 62.5	43.0 - 69.4	42.4 - 62.9	42.1 - 67.6	57.3 - 64.0
Al ₂ O ₃	29.3 - 39.3	27.5 - 37.4	18.5 - 38.6	33.9 - 52.5	22.2 - 39.5	19.6 - 22.7
Fe ₂ O ₃	0.1 - 0.9	0.6 - 2.6	1.2 - 4.8	1.2 - 2.8	1.4 - 2.6	3.5 - 4.7
MgO	0.0 - 0.1	0.0 - 1.4	0.0 - 1.4	0.0 - 0.8	0.0 - 0.5	2.3 - 4.1
CaO	0.1 - 0.5	0.1 - 1.1	0.0 - 1.0	0.0 - 0.5	0.0 - 0.8	0.5 - 2.3
Na ₂ O	0.3 - 1.3	0.2 - 1.5	0.0 - 0.7	0.1 - 0.4	0.1 - 1.2	0.7 - 2.6
K ₂ O		0.4 - 3.3	0.2 - 1.9	0.3 - 2.1	0.2 - 2.1	0.4 - 0.5
PPC*	10.6 - 13.6	7.3 - 16.5	9.4 - 14.5	12.3 - 14.4	4.6 - 14.9	5.2 - 8.3

* Pérdidas por calcinación

Tabla 1. Resultados del análisis de elementos y pérdidas por calcinación de diversos tipos de arcillas (recopilación de valores reportados en SINGER & SINGER, 1963).

Elemento (%)	Cerámica utilitaria	Baldosín esmaltado	Vajillería fina	Alfarería común	Ladrillos refractarios	Tubería de gres
SiO ₂	64.8	57.2	69.4	57.7-63.1	54.0-78.0	64.1-83.1
Al ₂ O ₃	22.3	11.4	20.1	27.1-21.6	17.2-39.1	9.1-20.5
TiO ₂	0.7	0.6	0.3	-	-	0.1-1.8
Fe ₂ O ₃	0.4	0.5	0.3	3.0-6.1	1.3-2.7	0.2-1.1
MgO	0.1	14.9	0.1	0.1-0.5	0.8-1.1	0-0.3
CaO	0.6	7.9	1.0	0.4-5.6	0.7-1.5	0.2-1.0
Na ₂ O	2.3	0.2	1.4	0.2-2.0	1.6-2.0	0.3-2.0
K ₂ O	1.9	0.2	1.5			0.9-1.8
PPC*	6.9	7.1	5.9	-	-	13.7

* Pérdidas por calcinación

Tabla 2. Contenido de elementos mayores de varios tipos de productos fabricados con diversos tipos de arcilla.

Arcillas grasas. Corresponden en parte a las arcillas plásticas (*ball-clay*). Son arcillas refractarias, de origen sedimentario, de buena calidad y muy plásticas; son relativamente abundantes y están constituidas por caolinita, con algo de mica, sericita y materia orgánica. Al quemarse da productos de colores claros. Las arcillas grasas se utilizan principalmente en cerámica y alfarería; además se agregan a otras arcillas para aumentar su plasticidad y cohesión.

Arcillas refractarias (*fire-clays*). Son un material detrítico plástico o endurecido, con bajo porcentaje de hierro, magnesio, calcio y álcalis, que resiste temperaturas de 1,500°C o mayores; de esta propiedad deriva su nombre. El origen sedimentario de las arcillas refractarias es común. Las arcillas refractarias son esencialmente de composición caolinítica, pero usualmente, contienen otros materiales como hidróxido de aluminio y oolitos silíceos. Los colores de quemado varían entre marrón claro y gris.

Las arcillas refractarias se utilizan en la elaboración de ladrillos y bloques, ladrillos aislantes, morteros refractarios, material pulverizado y crudo para agregados, etc. Las arcillas refractarias se adicionan también a las arcillas comunes, para aumentar el rango de vitrificación en la elaboración de ladrillos y tubería para pisos, muros y conductores de aguas. Algunas especies semirrefractarias se emplean en alfarería y cerámica.

Arcillas ricas en alúmina. Algunos autores las clasifican dentro de las arcillas refractarias. Los minerales de alúmina hidratada y gibsita aparecen con frecuencia junto con la caolinita y pueden emplearse para la fabricación de refractarios en la mezcla en que existen. Las mezclas que contienen gibsita se denominan arcillas bauxíticas cuando la proporción de gibsita es menor del 50% y bauxitas arcillosas si dicha proporción excede del 50%.

Arcillas de gres. Las arcillas de gres son refractarias o semirrefractarias pero contienen suficiente fundente para cocerse hasta una pasta densa a temperaturas relativamente bajas (aproximadamente 1,100°C). Son comparativamente plásticas sin sufrir demasiada contracción al aire y al fuego. Las arcillas de gres comprenden aquellas arcillas que se asemejan a las arcillas grasas en todos sus aspectos excepto que no dan un producto blanco por calcinación.

Bentonita. Consta de sílice coloidal y minerales arcillosos del grupo de la montmorillonita. El material es untuoso y de textura jabonosa al tacto; posee la particularidad de absorber grandes cantidades de agua, lo que es acompañado por un enorme incremento de volumen. El origen más común de las arcillas bentoníticas es la devitrificación y alteración química que acompaña al vidrio presente en tobas y cenizas volcánicas.

La bentonita sódica se emplea para acondicionar arenas de moldeo en fundiciones y para lodos de perforación; además se emplea para preparación de medicinas, cosméticos, insecticidas, en la eliminación del agua en la pulpa de la madera, en la industria del papel y en algunos concretos armados.

Arcilla blanqueadora (*fuller's earth*). Se consideran bajo esta denominación aquellas arcillas de grano muy fino que poseen una alta capacidad absorbente y que están constituidas principalmente por montmorillonita y paligorsquita. La impureza más común es sílice coloidal.

Las arcillas blanqueadoras se diferencian de las arcillas comunes en el alto contenido de agua y en la poca o nula plasticidad. Se forman probablemente como un depósito residual, por descomposición *in situ* de rocas ácidas como tobas y flujos volcánicos. Su color varía entre castaño claro y verde oscuro, pasando por tonos amarillos, blancos y verdes pálidos.

La bentonita cálcica, considerada como una arcilla blanqueadora, es usada también en lodos de perforación para sustituir a la sódica cuando la perforación atraviesa unidades geológicas ricas en agua salada.

Arcillas misceláneas. Constituyen el tipo más corriente de material arcilloso conocido en la industria y la naturaleza; pueden ser de cualquier color y contener grandes cantidades de impurezas. El mineral arcilloso predominante es la illita, pero también puede contener proporciones de caolinita, vermiculita y montmorillonita; usualmente son altas en álcalis, tierras alcalinas y minerales arcillosos, pero mucho más bajas en aluminio que las arcillas de alta calidad como caolines, arcillas refractarias y arcillas plásticas. La presencia de hierro le imparte un matiz rojizo a los productos después de quemado.

Su característica más importante es que son lo suficientemente plásticas como para permitir su fácil moldeo y vitrificación por debajo de los $1,100^{\circ}\text{C}$. Normalmente las arcillas misceláneas se utilizan en alfarería y cerámica, pinturas, como abrasivos, en la fabricación de ladrillos y tejas para construcción, en la industria del cemento y un sinnúmero de otras aplicaciones.

3 MARCO GEOLÓGICO

3.1 GEOLOGÍA REGIONAL

El valle o planicie aluvial de la región de Pitalito se formó a principios del Cuaternario por los depósitos del río Guarapas y su afluente Guáchicos, bajo condiciones de cabalgamiento y plegamiento (que dieron origen a la cordillera Oriental), fallamientos de bloques y fluctuación de la precipitación anual, de modo que variaba el nivel del antiguo lago del Valle de Laboyos y se depositaban diferentes materiales. La fluctuación del nivel del lago generó capas de arcillas lagunares intercaladas con arenas y arcillas aluviales en los periodos de colmatación. En las orillas del lago se iban formando pequeños deltas con el aporte de río y quebradas provenientes de los cerros, que desembocaban en el lago dejando materiales granulares gruesos y arenosos. Los sedimentos aluviales descansan sobre estratos espesos de arcillas, los cuales suprayacen estratos arenosos y gravosos. También hay abanicos al sur de Pitalito, conformados por depósitos relacionados con corrientes fluviales que le dan origen.

3.2 GEOMORFOLOGÍA

Existen dos tipos principales de geoformas, las de origen denudacional incluyen unidades cuya morfología actual depende principalmente de procesos externos degradacionales, determinados especialmente por el agua (escorrentía y erosión pluvial) y la gravedad, y las de origen depositacional, formadas por procesos de sedimentación y depositación de materiales.

3.2.1 Laderas de pendientes fuertes

De origen denudacional; son laderas alargadas, rectilíneas, bastante escarpadas, con pendientes de 45-60°, que han dado origen a depósitos coluviales. Está asociada a las capas de la Fm. Saldaña y de intrusivos del Jurásico. Presentan escasa vegetación.

3.2.2 Terraza de Pitalito

De origen depositacional; es una terraza fluviolacustre alargada y de gran extensión este-oeste y con una leve inclinación hacia el norte; presenta una morfología plana. Fue formada por sedimentos que corresponden a procesos fluviales y de inundación de los ríos Guarapas y Guachicos, con algunos aportes de las vertientes de la cordillera. Está disectada por ríos y quebradas, principalmente el río Guarapas.

3.2.3 Llanura de Inundación

De origen depositacional; se inundan periódicamente por los ríos Guarapas y Guachicos.

3.3 ESTRATIGRAFÍA

Las unidades geológicas aflorantes en la región del Valle de Laboyos son las siguientes, de la más antigua a la más reciente (anexo 1):

3.3.1 Fm. Saldaña

Aflora en las zonas adyacentes a la zona de estudio. Consta de una secuencia vulcano-sedimentaria formada por rocas volcánicas ácidas a intermedias, especialmente riolitas y riodacitas, ignimbritas y lavas dacíticas y andesíticas; presenta entre las sedimentarias aglomerados y areniscas tobáceas. Estas rocas generalmente están alteradas. La edad de esta formación se infiere como Triásico-Jurásico debido a su posición estratigráfica. Aflora alrededor del valle.

3.3.2 Rocas Intrusivas del Jurásico

Expuestas en un bloque levantado al norte de Pitalito; predominan las cuarzodioritas y las cuarzomonzonitas.

3.3.3 Terraza fluviolacustre

Sedimentos representados por arcillas, limos, arenas y gravas. Hacia el oeste de la cuenca de Pitalito hay alternancia de material grueso y transición gradual a un material más fino. Predominan los limos y arcillas encajonados en materiales de grano grueso, como arenas y conglomerados. Hacia el este se encuentran diques compuestos de arena gruesa a media y depresiones con material relativamente espesos de arcilla, con delgadas intercalaciones de arena. La materia orgánica es mayor.

3.3.4 Depósitos aluviales

Llanura de inundación y algunas barras laterales de los ríos Guarapas y Guáchicos; son compuestos por cantos de origen variado que no sobrepasan los 15 cm de diámetro, subredondeados y contenidos en una matriz arenosa-limosa.

3.3.5 Depósitos de abanicos recientes

Compuestos por conglomerados torrenciales, donde se encuentran bloques de hasta 30 cm de diámetro angulosos, embebidos en una matriz arcillo-arenosa. Se encuentran sobre el piedemonte, al norte y al sur del área de estudio.

3.4 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

La geología estructural en el departamento del Huila es el reflejo de movimientos compresionales, que ocasionaron fallamientos inversos, de alto ángulo, principalmente en las estribaciones de las cordilleras Central y Oriental.

La cuenca de Pitalito se encuentra situada a lo largo de la Falla Pitalito-Altamira. Es una falla de gran importancia regional, localizada aproximadamente a 5 km al norte del municipio; presenta orientación noroeste-sureste cambiando en algunos sectores a este-oeste. El desplazamiento vertical del sistema de fallas es de cerca de 1,200 m en la parte este del basamento, para luego disminuir a 400 m al oeste. La Falla Pitalito-Altamira pertenece al sistema de fallas Garzón-Suaza, localizado en el límite del valle del Magdalena con la cordillera Oriental.

La margen sur del Valle de Laboyos está determinada por la presencia de fallas normales escalonadas con dirección preferencial noroeste-sureste, que a su vez se encuentran cortadas por la Falla Guarapas, que controla el curso del río Guarapas a su entrada al valle.

La disposición de las fallas de la zona individualizan un bloque central que se encuentra hundido con respecto a los demás, formando una pequeña cuenca tectónica en la que se localiza el municipio de Pitalito. El espesor de sedimentos puede alcanzar los 1,200 metros. Esta disposición estructural, así como el peso de los sedimentos en la cuenca producen subsidencia o hundimiento lento de la misma. Tanto la subsidencia como la depositación de los sedimentos han sido rápidas, explicando el hecho de la relativa poca existencia de materia orgánica en esta cuenca.

3.5 DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA EN LA MINA SALESIANO

3.5.1 Estratigrafía

Con base en las características físicas de los diferentes estratos superficiales del relleno fluviolacustre, se logró dividir este depósito en cuatro unidades.

A. Capa vegetal. Suelo de color gris oscuro compuesto principalmente por arcilla y limos, textura franco arcillosa y con materia orgánica. Tiene un espesor promedio de 0.8 metros.

B. Limo gris. Sedimento aluvial. Capa cubierta por A, de color naranja por oxidación; hay raíces y fisuras; a veces no es fácil su identificación pues muestra variación en el color y la textura. Se compone de limos arenosos grises amarillentos, arenas limosas grises y limos grises arenosos poco oxidados; frecuentemente forman lentes entrelazados. Tiene un espesor de 1.2 metros.

C. Arcilla plástica. Sedimento lacustre, altamente plástico al tacto. Se compone de arcilla, arcilla limosa y limo arcilloso con algo de materia orgánica, color café oscuro y gris claro; a veces se encuentra algo oxidada por el contenido de minerales ferrosos. Tiene un espesor de 1.5 metros.



Figura 4. Vista del frente de explotación actual de la mina Salesiano.

D. Arcilla limosa. Sedimento lacustre. Arcilla limosa rojiza, oxidada y algo plástica.

En el barrio Bajo Solarte, otra localidad donde se extrae arcilla, se observaron que las capas presentan similares características físicas como color, textura, plasticidad y espesor; sin embargo en el lugar mencionado se observó que subyaciendo a la capa de arcilla plástica se encuentra una capa de arena de grano medio a fino de color gris rojizo, oxidada. Es posible que en la mina Salesiano se encuentre en profundidad una capa arenosa de estas características.

3.5.2 Características del yacimiento

Por medio de las observaciones realizadas en el terreno y con ayuda de las herramientas necesarias, se logró determinar las características geológicas del yacimiento de material arcilloso. No fue necesaria la excavación de apiques ya que el frente de explotación actual permite la observación detallada del nivel arcilloso de interés. También se efectuó un levantamiento topográfico preliminar representado en un plano (anexo 2).

En la mina Salesiano se identificó un solo nivel de material arcilloso apto para la fabricación de cerámicas artesanales; el material es una arcilla limosa de color gris por sectores rojizo que exhibe alta plasticidad en húmedo y es poco friable en seco; el color y la textura del material presentan leves variaciones laterales; indiscutiblemente estos sedimentos se depositaron en un lago en el Cuaternario, por lo que estas arcillas se clasifican según su origen como arcillas lacustres.

El nivel arcilloso de interés tiene un espesor promedio de un metro con variaciones que no sobrepasan los diez centímetros; el nivel no muestra buzamiento apreciable, es decir, es horizontal, por lo que se asimila a una forma tabular. Se asume que la distribución del nivel arcilloso abarca todo el predio, con base en el progreso de la explotación actual, la cual ya lleva por lo menos 10 años, y las manifestaciones del mismo nivel en localidades cercanas. La calidad del depósito según los mineros y beneficiadores es buena.

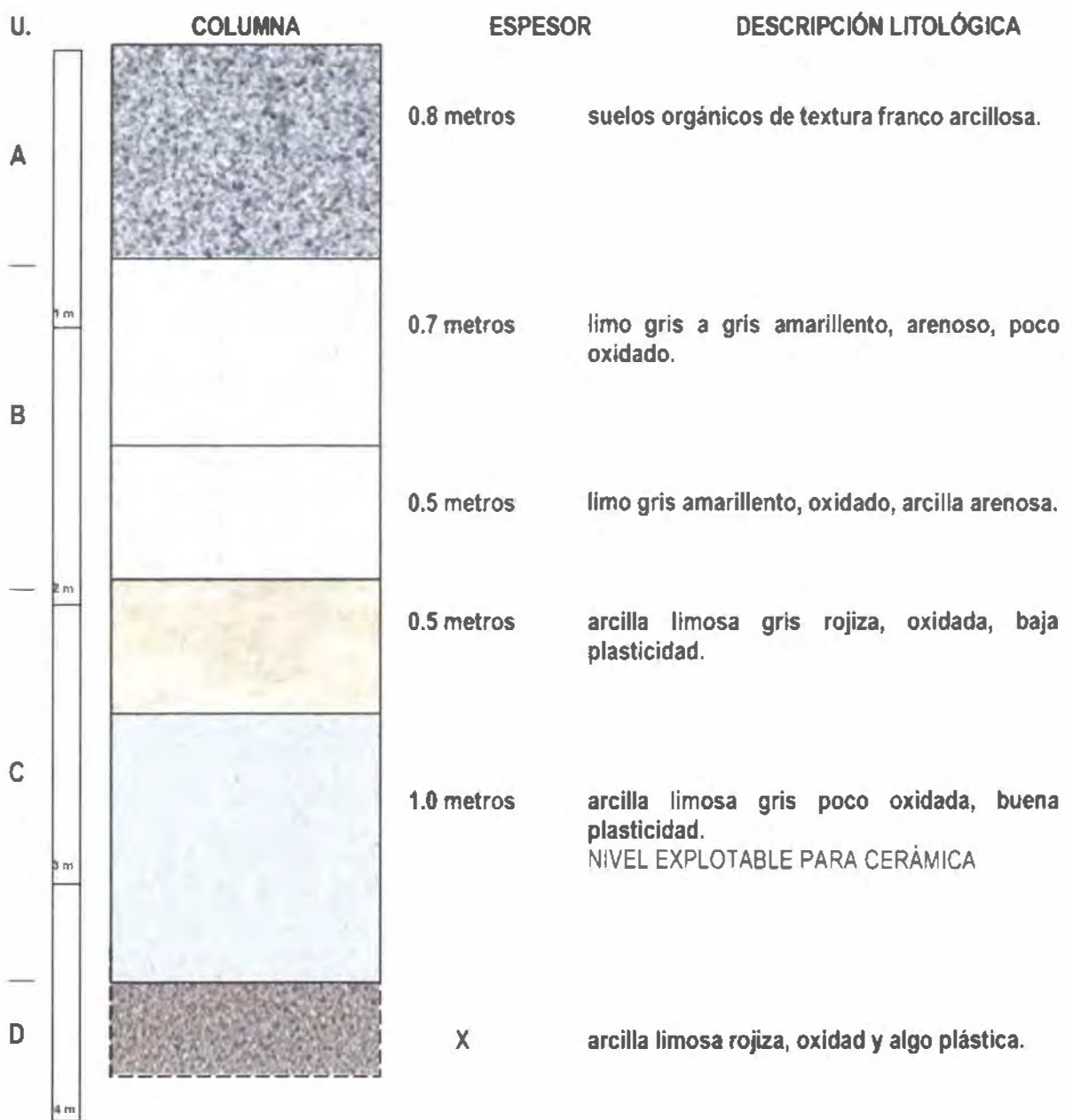


Figura 5. Columna estratigráfica del depósito fluviolacustre en la mina Salesiano (Escala 1:25).

4 CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL ARCILLOSO

Muchas de las propiedades de las arcillas dependen de la naturaleza y cantidad de los minerales presentes en ellos, lo cual releva la importancia de su identificación y estimación. Lo anterior pone de presente cómo los métodos de análisis deben ser capaces de detectar y estimar minerales cuya composición no es constante, que están generalmente mezclados con otros minerales y son de tamaños de partícula muy finos.

Lo anterior toma gran importancia al saber que en la región se extraen diferentes tipos de arcillas, donde cada una es utilizada en una industria específica, de acuerdo a sus propiedades y características.

En el departamento del Huila hay variadas localidades donde hay ocurrencias de arcillas, provenientes de rocas cretácicas equivalentes a la Fm. Guaduas y unidades terciarias (Gr. Gualanday, Fm. Honda, Fm. Gigante), las cuales son preferencialmente arcillas para ladrillería y alfarería. También arcillas caoliniticas en los municipios de Aipe, Campoalegre, Timaná, San Agustín y Garzón, derivadas de rocas intrusivas (Batolito de Ibagué) utilizables para porcelanas y cerámicas. En el caso de Pitalito, sus arcillas cuaternarias son únicas en el departamento debido a sus condiciones particulares de origen tales como roca fuente, procesos denudacionales y depositacionales, meteorización e intemperismo, etc. Esta suma de variables y de todos los intermediarios y mezclas posibles determina la génesis de un tipo de material geológico característico, sea utilizable o no con fines económicos.

La riqueza en volumen, variedad, color y calidad de la arcilla existente en Pitalito ha contribuido en gran medida a que el oficio de la cerámica llegue hasta la actualidad con una excelente producción artesanal. Allí se le ha dado uso a casi todo tipo de arcilla.

En las diferentes manifestaciones de arcillas se ha encontrado material arcilloso de color rojizo, gris, amarillento y crema. Estos colores están relacionados con la granulometría y el contenido mineralógico presente en cada material arcilloso. De esta manera encontramos básicamente tres tipos de arcillas.

- Plástica: utilizada en elaboración de miniaturas.
- Arenosa: utilizada en la elaboración de ladrillos y tejas.
- Blanda: utilizada como engobe.

Para elaborar piezas de cerámica grandes se le añade a la arcilla plástica arena de río.

Estas arcillas se hallan en toda la extensión del relleno fluvio-lacustre del Valle de Laboyos, sin embargo, la mayoría de los depósitos de arcilla tienen poco o ningún valor comercial. Solo en algunas partes son encontradas como un yacimiento y con las características necesarias para ser usadas en la industria. En estas ocurrencias se pueden ubicar las minas, donde se extrae el material arcilloso. Las minas visitadas están registradas en la siguiente tabla:

No.	Mina	Distancia a Pitalito	Características
1	Bajo Solarte	1 km	Capa de arcilla gris plástica de un metro aproximadamente, a una profundidad de 1.5 metros.
2	Salesiano	2 km	Capa de arcilla gris poco oxidada plástica utilizada para cerámica; también hay una capa de arcilla arenosa para fabricar ladrillos.
3	Yamboró	12 km	Capa de arcilla gris parda para fabricar ladrillos de un metro aproximadamente a un metro de profundidad. El área explotable es de 3,000m ² . El lote se encuentra adyacente a la quebrada Los Gullumbos.
4	El Maco	2 km	Tiene una capa de arcilla blanca de 0.4 metros y una capa subyacente de arcilla amarillenta de 0.6 metros de espesor.
5	Batallón	3 km	Se extrae arcilla para fabricar ladrillos.
6	La Honda	4 km	Mina de arcilla plástica, cerrada por la alcaldía.
7	Las Juntas	8 km	Lote con un área grande; el espesor de la capa de arcilla arenosa es de un metro, que a veces se adelgaza.
8	San Francisco	4 km	Se extrae arcilla limosa gris poco plástica para fabricar ladrillos.
9	Altos San Calixto	15 km	Capa de 0.3 metros de arcilla roja que sirve como engobe.

Tabla 3. Principales minas de arcilla en el municipio de Pitalito.

Se aclara que en todo el municipio de Pitalito hay más de 20 minas de material arcilloso establecidas, pero que no era relevante visitar pues la arcilla extraída en éstas se utiliza típicamente en la industria ladrillera.



Figura 6. Extracción de arcilla en el chircal del barrio Bajo Solarte.



Figura 7 Afloramiento de niveles arcillosos en la mina de Yamboró.



Figura 8 Afloramiento de niveles arcillosos en la mina de Las Juntas (via a San Agustín).



Figura 9 Afloramiento de niveles arcillosos en la mina cerca al Batallón.

Para el presente estudio solamente nos interesa caracterizar la arcilla extraída en la mina Salesiano, pues es ésta la utilizada actualmente por los beneficiadores para ser distribuida a los artesanos no solo de Pitalito, sino también de San Agustín, Timaná y Neiva. Sin embargo se realizó un análisis químico elemental a muestras de arcilla de las minas Bajo Solarte, Yamboró, El Maco, Las Juntas y Altos San Calixto, para hacer comparaciones entre ellas.

Para la caracterización del material arcilloso se realizaron diferentes pruebas químicas, físicas y mineralógicas: análisis de elementos y salinidad; granulometría, color, densidad aparente, plasticidad, comportamiento térmico; petrografía y mineralogía de arcillas por difracción de rayos X.

4.1 ANÁLISIS QUÍMICOS

4.1.1 Análisis de elementos

Este tipo de análisis sirve para determinar la cantidad total de los elementos mayores presentes en el material arcilloso, los cuales se expresaron como óxidos. Por ejemplo, el contenido de la alúmina (Al_2O_3) es importante puesto que aumenta la refractariedad y es un indicativo de la resistencia de la pasta; un porcentaje aceptable para obtener una buena resistencia es 20% aproximadamente. El contenido de hierro como Fe_2O_3 limita el grado de aplicación del material arcilloso en la producción

de artículos de tonalidad clara, y en particular, en la elaboración de porcelana, puesto que es un óxido que da coloración a la cerámica

Elemento (%)	Salesiano	Bajo Solarte	Yamboró	El Maco	Las Juntas	San Calixto
SiO ₂	63.2	70.0	66.8	60.6	75.8	72.3
Al ₂ O ₃	19.4	15.8	14.6	17.6	14.4	17.8
Fe ₂ O ₃	2.7	3.3	3.7	2.6	2.4	8.3
MgO	0.6	1.0	0.9	0.7	0.6	1.3
CaO	0.5	0.3	0.6	0.5	0.1	0
K ₂ O	2.5	0.1	0.1	0.1	0.1	0
Na ₂ O	0.7	0.1	0.5	0.3	0.6	0
PPC*	7.8	-	-	-	-	-

* Pérdidas por calcinación

Tabla 4. Resultado del análisis de elementos realizado a varios tipos de arcilla de Pitalito.

El contenido de SiO₂ es el más importante y se debe al contenido de cuarzo y silicatos principalmente. La menor cantidad de SiO₂ en la arcilla de Salesiano se debe a la menor cantidad de granos de cuarzo.

El segundo elemento en importancia es el Al₂O₃, y se encuentra en las muestras formando parte principalmente de feldspatos. La arcilla de Salesiano presenta el mejor porcentaje para que la pasta de moideo obtenga una buena resistencia.

El contenido de hierro total como Fe₂O₃ en las arcillas de Pitalito, aunque bajo, da coloración a la cerámica, por lo que después de la quema las cerámicas exhiben un color característico amarillo rojizo. En la muestra de la arcilla de San Calixto, por la gran cantidad de óxido de hierro el material arcilloso es de color rojizo intenso.

El contenido de CaO indica la presencia de plagioclasa, anfíboles y piroxenos, así como el de MgO evidencia la presencia de anfíboles, piroxenos y micas. Los valores indican bajo contenido de estos minerales. El Na₂O y el K₂O actúan como fundentes, siendo este valor mayor en la arcilla de Salesiano.

4.1.2 Análisis de salinidad, carbonatos y carbón orgánico

Cuando en una pasta se hallan disueltas sales solubles (cloruros, sulfatos, bicarbonatos, etc.) o cal libre, se pueden producir afloraciones de esas sustancias, que ascienden por atracción capilar durante el secado de la pieza y se depositan en la superficie, haciéndose visibles después de la cocción, al cristalizar en forma de manchones claros, blanquecinos o amarillentos, produciendo pinchados masivos; en algunos casos disminuyen la plasticidad de la pasta. El fenómeno de migración de sales al exterior se ve favorecido por un precalentamiento demasiado suave y que produzca condensación, por una velocidad de secado demasiado lenta y atmósfera del horno con

poca circulación del aire. Por esto es importante determinar las sales solubles en los materiales arcillosos.

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) es una de las propiedades características de los minerales arcillosos, ya que estos tienen capacidad de adsorber algunos cationes y mantenerlos o cambiarlos por otros mediante la acción de soluciones determinadas. En cuanto a las especies minerales, la siguiente tabla muestra las amplitudes de CIC determinadas para diferentes minerales arcillosos:

Mineral	CIC meq/100 g	Causa principal
Caolinita	3 - 15	cargas de arista
Halloisita (2H ₂ O)	5 - 10	cargas de arista
Halloisita (4H ₂ O)	40 - 50	cargas de arista
Illita	10 - 40	cargas de arista
Vermiculita	100 - 150	sustitución isomórfica
Montmorillonita	80 - 150	sustitución isomórfica
Clorita	10 - 40	cargas de arista
Sepiolita - Atapulgita	3 - 15	cargas de arista

Tabla 5. CIC de algunos minerales arcillosos (tomado de GRIM, 1968).

La determinación y cuantificación de la materia orgánica involucra la cuantificación del carbono. Los principales efectos del carbón orgánico sobre la arcilla son la reducción de la densidad aparente, el aumento de la capacidad de intercambio catiónico y la formación de residuos de carbón tras sufrir la pasta de moldeado una combustión incompleta.

Material arcilloso	Clase	CIC	Cationes meq/L				
			Ca	Mg	K	Na	Suma
Salesiano	N	16.0	0.31	0.19	0.09	2.70	3.3
	Pa	Ce	Aniones meq/L				
			Sulfatos	Cloruros	Carbonatos	Bicarbonatos	Suma
	47.0	0.41	2.40	0.76	0.0	0.27	3.4

CIC: capacidad de intercambio catiónico; Pa: porcentaje saturación de agua; Ce: conductividad eléctrica, milimhos/cm; N: normal.

Tabla 6. Resultados del análisis de salinidad de la arcilla de Salesiano.

Material arcilloso	CaCO ₃	MgCO ₃	FeCO ₃	C.O.
Salesiano	0.37	0.46	0.83	0.09

Tabla 7. Resultados del análisis de carbonatos y carbón orgánico de la arcilla de Salesiano.

Este material arcilloso es normal en cuanto a la salinidad, presentando bajos niveles de sales solubles; por esta razón la conductividad eléctrica de este material es baja. Con estos contenidos de sales solubles, los minerales arcillosos tienden a estabilizarse, pues no son afectados por sustancias dispersantes. Hay que tener cuidado con el agua que es agregada a la arcilla para formar el barro o pasta de moldeado puesto que en esta pueden estar contenidos las sales solubles.

Por tener un valor mayor pero cercano a 10 meq/100 g de CIC, este material arcilloso debe presentar minerales primarios meteorizables como minerales arcillosos de baja CIC, especialmente caolinita.

Los resultados del análisis de carbonatos demuestran que al presentar contenidos de carbonatos de calcio, magnesio y hierro es posible que se presenten eflorescencias y "caliches", partículas de carbonato bien cristalizado y de difícil molienda, las cuales producen el efecto de pinchado por descomposición, o si su tamaño de partícula es muy grueso, puede provocar en la superficie de la pasta cocida, la formación de cráteres caracterizados por un agujero oscuro rodeado por un lado blanco amarillento.

Los anteriores defectos serán más notorios en cerámica utilitaria, pues éstas requieren de la aplicación de un esmalte, el cual puede reaccionar químicamente con los carbonatos presentes.

Es positivo el contenido extremadamente bajo de carbón orgánico en el material arcilloso, ya que evita la aparición de un núcleo oscuro en el interior de la pasta y que además puede provocar hinchamiento de las piezas y deterioro de las características técnicas de los esmaltes.

4.2 ANÁLISIS FÍSICOS

4.2.1 Granulometría

Este análisis nos indica el porcentaje de partículas que componen los barro según su tamaño. De acuerdo al predominio de una u otra fracción (arena, limo y arcilla) el material arcilloso presentará características muy diferentes que influirán en su densidad, plasticidad, consistencia, etc.

Material arcilloso	Distribución de partículas (%)								Arena%	Limo%	Arcilla %
	Milímetros										
	2 - 1	1 - 0.5	0.5 - 0.25	0.25 - 0.1	0.1 - 0.05	0.05-0.02	0.02-0.002	<0.002			
Salesiano	0.00	0.03	0.05	4.7	2.2	9.31	49.6	34.1	7.0	58.9	34.1

Tabla 8. Resultados del análisis de granulometría de la arcilla de Salesiano.

Se observa que más de la mitad de las partículas que componen el material arcilloso son de tamaño limo, mientras que muy pocas partículas son de tamaño arena (figura 10). La textura del barro es lodo. De acuerdo a estos resultados, el 90% de las partículas son menores a 0.04 mm y 5% están entre 0.04 mm - 0.1 mm.

Las fracciones arena (tamaño de partículas entre 2 – 0.050 mm) y limo (tamaño entre 0.05 mm y 0.002 mm) corresponden básicamente a granos de roca y minerales la mayoría de las veces primarios, de composición muy variada. La fracción arcillosa está compuesta de minerales secundarios provenientes de la alteración de minerales primarios. El mayor contenido de limo, aunque no otorga al material mayor plasticidad, si le da estabilidad en los procesos de secado y horneado.

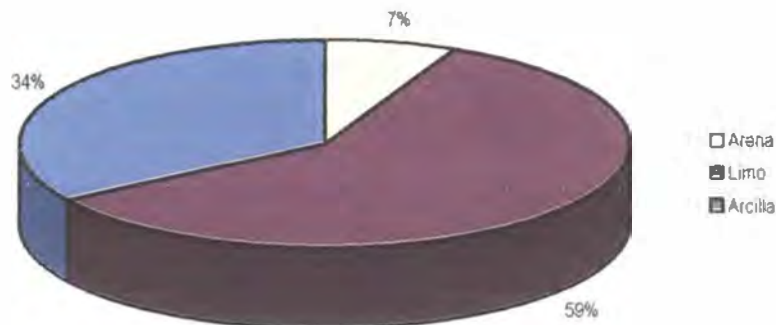


Figura 10. Granulometría de la arcilla de Salesiano.

4.2.2 Densidad aparente, plasticidad y comportamiento térmico

La densidad aparente de la arcilla es la relación entre la masa de los sólidos y el volumen total que éstos ocupan, incluyendo el espacio poroso existente entre las partículas sólidas. El valor de la densidad aparente sirve para calcular la masa de material arcilloso contenida en el suelo para una superficie y profundidad dadas.

La plasticidad del material arcilloso es su capacidad para ser moldeado por la aplicación de una fuerza, y conservar su nueva forma cuando cesa esta fuerza. El grado de plasticidad depende del contenido y tipo de arcilla, de las proporciones de arena y limo y del contenido de materia orgánica; el contenido de humedad es igualmente importante. Para evaluar la plasticidad del material arcilloso se usa la técnica de los límites de *Atterberg*. El límite líquido es el contenido de humedad en el cual el material arcilloso comienza a comportarse como un fluido y deja de comportarse como una masa sólida. El límite plástico es el contenido mínimo de humedad del material arcilloso para que éste pueda moldearse; debajo de este punto el material no puede deformarse sin que se desmorone. La diferencia en contenido de humedad entre estos dos límites se llama índice de plasticidad (tabla 9).

Mineral arcilloso	Ca ²⁺			Na ⁺		
	Límite líquido	Límite plástico	Índice plasticidad	Límite líquido	Límite plástico	Índice plasticidad
Montmorillonita	160	65	95	394	90	304
Illita	80	50	30	60	34	26
Caolinita	53	31	22	40	26	14
Halloisita	60	48	12	46	42	4

Tabla 9. Límites de Atterberg de algunos minerales arcillosos.

Basados en el comportamiento térmico del material arcilloso se encuentran análisis de interés para la caracterización tales como la contracción y color de quema.

Material arcilloso	Densidad aparente (g/cm ³)	Plasticidad			Agua de moldeo (%)	Contracción 20 a 105°C (%)	Contracción 20 a 1,000°C (%)
		Límite líquido	Límite plástico	Índice de plasticidad			
Salesiano	1.30	53	22	31	28.4	7.1	8.8

Tabla 10. Resultados del análisis de densidad aparente, plasticidad y comportamiento térmico de la arcilla de Salesiano.

El material arcillos de la mina Salesiano presenta una densidad aparente de 1.30 g/cm³. La densidad real se acerca a 2.6 g/cm³.

Según los resultados (tabla 10) y las tablas de clasificación del ICONTEC, la arcilla de Salesiano es un material finogranular inorgánico. Con base en los límites de Atterberg y la granulometría, se clasifica como *arcilla de alta plasticidad*. La pasta de moldeo con un índice de plasticidad de 31 es óptimo elaborar piezas miniaturas; para hacer piezas grandes, como cerámica utilitaria, es necesario adicionar un desgrasante (arena de grano fino). Con respecto a la relación entre el índice de plasticidad y el contenido de arcilla, este material arcilloso se considera *inactivo*, y se relaciona con presencia de caolinita.

El porcentaje de agua de moldeo en el material arcilloso permite darle moldeabilidad necesaria a la pasta. El valor obtenido de contracción en seco es algo mayor al promedio de la arcilla para loza común (6.6%); igualmente la contracción por cocción a 1,000°C es un poco mayor al promedio (8.3%). De acuerdo a las cifras de cerámicas quebradas luego del proceso de quemado, que sobrepasan el 5%, es conveniente añadirle a la arcilla cruda un poco de chamota, para hacer su textura más basta y reducir de esta manera su contracción.

4.2.3 Color

Con fines técnicos, el color del material arcilloso no puede ser evaluado con precisión por el simple uso de la percepción, ya que este proceso genera variaciones en la designación de color hecha por diferentes personas. Por lo tanto se hizo una comparación con la carta de colores *Munsell* de los colores en seco, en húmedo y de quema.

Material arcilloso	Color en seco		Color en húmedo		Color de quema	
	Clave	Nombre	Clave	Nombre	Clave	Nombre
Salesiano	2.5 Y 7/2	Gris claro	2.5 Y 7/3	Amarillo pálido	7.5 YR 8/6	Amarillo rojizo

Tabla 11. Resultados del análisis de color de la arcilla de Salesiano.

El color del material arcilloso es el resultado de sus componentes más abundantes. La arcilla de Salesiano presenta color gris pardusco por la abundancia de partículas arcillosas y limosas que les dan un color gris; la presencia de óxidos de hierro, así estén en bajas cantidades, le da un tono rojizo. El color de este material arcilloso después de la quema es amarillo rojizo, debido a la presencia de óxidos de hierro.

4.3 MINERALOGÍA DE ARENAS

El análisis mineralógico de arenas se realizó mediante la observación de las partículas con tamaño entre 0.005 a 0.250 mm de diámetro bajo microscopio petrográfico polarizante.

MINERAL	%
Feldespato plagioclasa	36
Fragmentos líticos	26
Cuarzo	23
Vidrio volcánico	4
Granos alterados	4
Opacos	3
Anfíboles	2
Piroxenos	1
Zircón	1

Tabla 12. Mineralogía de la fracción gruesa de la arcilla de Salesiano.

Feldespato plagioclasa. Se encuentran como granos con hábito tabular, en un alto porcentaje anubarrados por alteración química. Los menos alterados se encuentran limpios y con patina de vidrio volcánico.

Fragmentos líticos. Corresponden a granos de relieve bajo positivo, que de acuerdo a la textura del grano ensamblado son fragmentos de rocas sedimentarias clásticas de grano fino (areniscas de grano fino o limolitas).

Cuarzo. Se presenta en granos irregulares desde angulares a subredondeados, presentando inclusiones de microlitos opacos y están poco manchados por óxidos de hierro.

Granos alterados. Corresponden a partículas que por el alto grado de alteración química son difíciles de identificar.

Anfíboles. Se encuentra hornblenda verde, fresca, en cristales euhedrales con hábito prismático.

Piroxenos. Son del tipo hiperstena.

Vidrio volcánico. Se encuentra en pequeños fragmentos y también como cutícula vítrea en algunos minerales.

Opacos. Principalmente óxidos de hierro (hematita y goetita).

Un hecho sobresaliente que se desprende de la descripción petrográfica (tabla 11) es que la arcilla de Salesiano presentan alta cantidad de feldespato plagioclasa, mineral de fácil descomposición por intemperismo químico, que puede ceder compuestos para la formación de minerales arcillosos. Los fragmentos líticos sedimentarios provienen de las rocas en donde nacen las corrientes de agua que las erosionan, transportando este material. El cuarzo también alcanza altos porcentajes, siendo este

mineral muy estable a los procesos intempéricos químicos. Los anfíboles y piroxenos se encuentran en porcentajes muy bajos. Los opacos son principalmente óxidos y se encuentran en bajas cantidades.

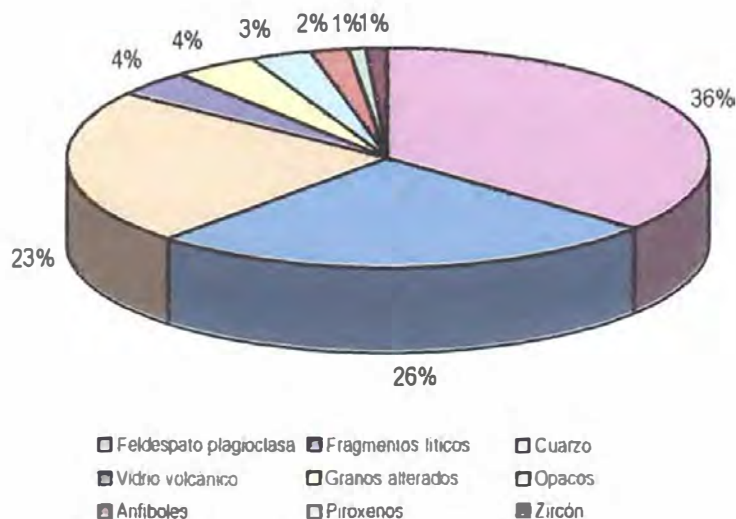


Figura 11. Mineralogía de la fracción gruesa de la arcilla de Salesiano.

4.4 MINERALOGÍA DE ARCILLAS

Los minerales arcillosos poseen unas propiedades químicas y físicas especiales que los hacen necesarios en el contenido de las arcillas para ser utilizadas en cerámica y alfarería. El método utilizado para obtener el contenido de minerales arcillosos fue la difracción de rayos X, la cual es una herramienta poderosa en el estudio mineralógico de cualquier roca o compuesto cristalino, haciéndose aún más imprescindible en la caracterización de arcillas.

Mediante la difracción de rayos X se produce un gráfico de intensidades de rayos X difractados vs ángulo de reflexión del haz de rayos difractados en grados 2θ o difractograma (figura 12), donde los espaciados constantes se observan como una distribución característica de máximos (picos) que permiten identificar cualitativamente el mineral; la intensidad de estos picos (eje y) es proporcional al número de planos que difractan los rayos incidentes, lo cual ocurre a ángulos precisos (eje x). Con esta información se procede a identificar el mineral, al cual pertenecen los picos de difracción investigados.

Caolinita. La caolinita presenta un pico diagnóstico alrededor de 7 \AA cuando está saturada con magnesio, potasio y etilen-glicol. El pico de segundo orden se encuentra a 3.56 \AA . Cuando se calienta a 550°C la caolinita pierde su cristalinidad, lo que hace que los picos desaparezcan. Debido a lo angosto y nítido de estos picos, la caolinita está bien cristalizada.

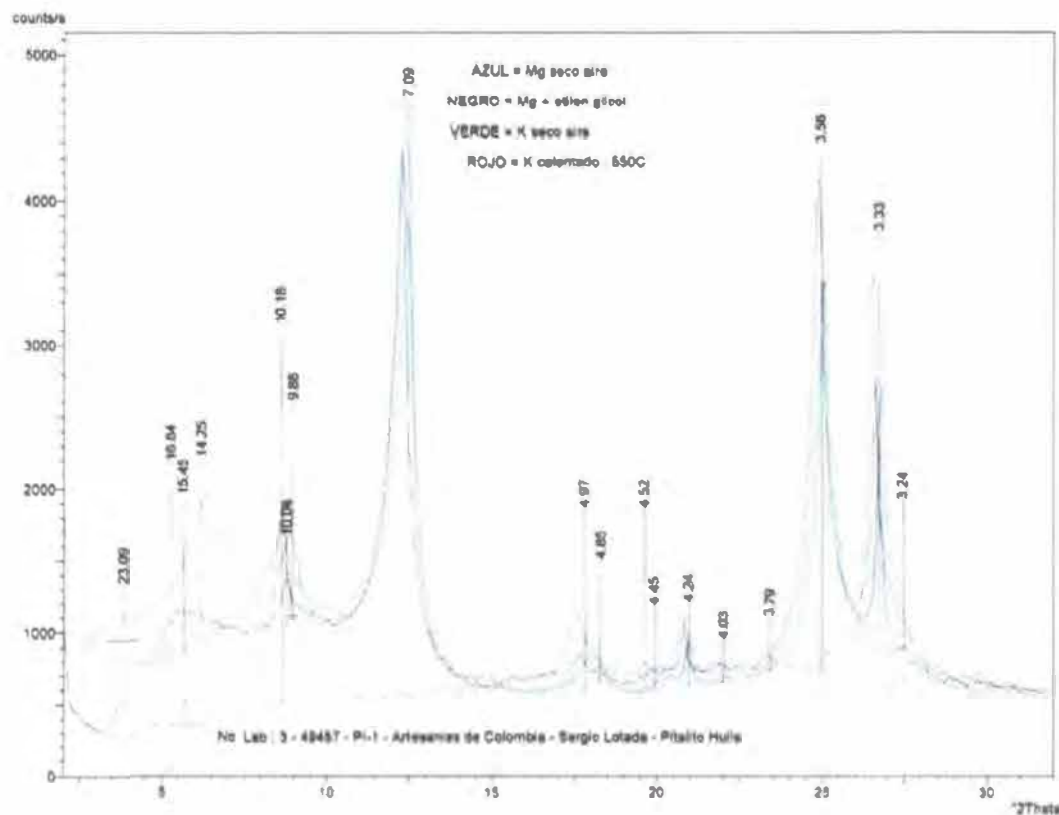


Figura 12. Difractograma por rayos X obtenido de la arcilla de Salesiano.

Illitas. El pico representativo de las illitas se produce a 10 Å al saturar con magnesio y etilen-glicol, y persiste al saturar con potasio y calentar a 550°C, diferenciándose así de la montmorillonita y la vermiculita; la intensidad del pico aumenta en los dos últimos tratamientos. El pico de segundo orden está a 4.9 Å.

Montmorillonita. Estos minerales arcillosos presentan un pico alrededor de 12 Å al saturar con magnesio, un pico entre 16-17 Å al saturar con etilen-glicol y un pico de 10 Å al calentar a 550°C.

Vermiculita. Bajo saturación con magnesio y glicerol, la vermiculita genera un pico a 14 Å. Se produce un pico de segundo orden a 7 Å de baja intensidad (se mezcla con el pico de la caolinita). Bajo saturación con potasio y calentando, las láminas se colapsan dando un pico a 10 Å. Los picos de segundo orden se encuentran a 4.8 y 3.6 Å.

Interestratificados. El abombamiento de la señal alrededor de 23 Å bajo saturación con magnesio, que tiende a desaparecer al calentar a 550°C y el alto background entre los picos de 10 y 14 Å indica la presencia de minerales arcillosos interestratificados que pueden ser de tipo illito-vermiculítico o illito-esmectítico.

Plagioclasas. Los picos de 3.3 y 3.2 Å indican la presencia de feldespatos plagioclasas.

Cuarzo. El cuarzo presenta picos diagnósticos a 4.25 y 3.33 Å con todos los tratamientos.

Analizando la intensidad y amplitud de los picos se procede a hacer una evaluación semicuantitativa de la concentración de una estructura específica, con la ayuda de picos patrones ya establecidos.

A continuación se presenta una gráfica de los valores obtenidos directamente de las intensidades de los picos obtenidos en los difractogramas.

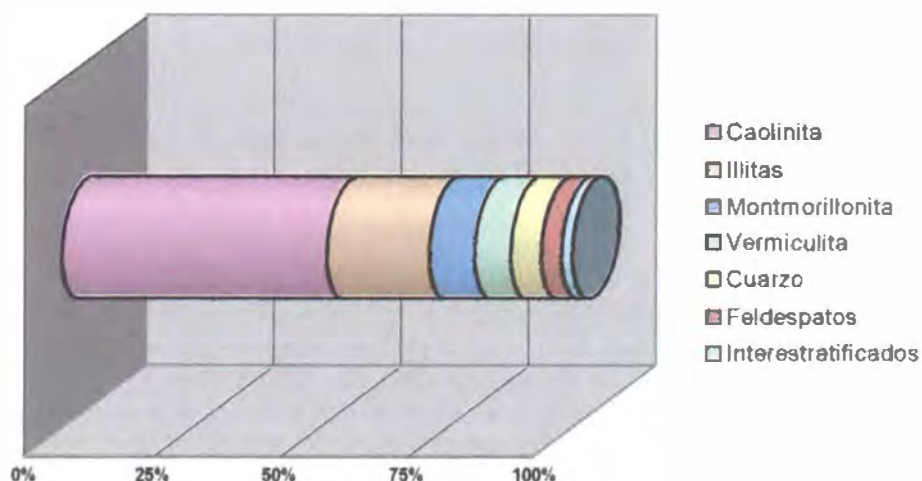


Figura 13. Mineralogía de la fracción arcilla por difracción de rayos X de la arcilla de Salesiano.

MINERAL	%
Caolinita	++++
Illitas	++
Montmorillonita	+
Vermiculita	+
Cuarzo	+
Feldespatos	tr
Interestratificados	tr

++++ Dominante (>50%) +++ Abundante (30-50%)
 ++ Común (15-30%) + Presente (5-15%) tr Trazas (<5%)

Tabla 13. Resultados del análisis mineralógico de la fracción arcilla por difracción de rayos X (% semicuantitativo) de la arcilla de Salesiano.

La *caolinita* es el mineral predominante (figura 13); aparece como producto residual de la alteración química intensa de los feldespatos y otros minerales de fácil descomposición; también se ha formado a partir de la montmorillonita. La *illita* es un mineral micáceo de grano muy fino, semejante a la biotita pero con menor contenido de potasio y más agua estructural. La formación de *vermiculita* se genera a partir de la transformación de micas. Los minerales *interestratificados* son estructuras arcillosas que resultan de un ordenamiento de illitas con vermiculitas y esmectitas que se origina en

los estados intermedios de la alteración. Esto podría indicar que algunas vermiculitas están transformándose en montmorillonita. Los feldespatos plagioclasa presentes en la fracción arcilla son minerales primarios que han sido alterados físicamente, disminuyendo el tamaño de sus partículas, más no químicamente, pues aún no se han transformado en minerales arcillosos. El cuarzo, al contrario de los feldespatos, es un mineral muy estable a los procesos intempéricos químicos.

Con base en la composición mineralógica de la fracción arcilla, estos materiales arcillosos fueron catalogados en la familia mineralógica caolínica. De acuerdo a los resultados de los análisis de elementos y mineralogía, la arcilla de Salesiano se acerca bastante al grupo de las arcillas grasas con características semirrefractarias; al añadirle aditivos puede usarse en la fabricación de cerámica utilitaria y ladrillos refractarios. De acuerdo a la clasificación realizada por ceramistas, esta arcilla se acerca al grupo de las *ballclay* o arcillas plásticas, las cuales son arcillas caolínicas altamente plásticas y fácilmente dispersables en agua; imparten a las pastas que con ellas se preparan alta plasticidad y resistencia mecánica. Su nombre se deriva de la palabra inglesa *ball* (bola) y se debe a la facilidad de hacer masas, de forma esférica, con ellas.

Algunas conclusiones que se obtienen de estos análisis de laboratorio son:

- La arcilla de Salesiano presenta el mejor porcentaje de alúmina para que la pasta de moldeo obtenga una buena resistencia, en comparación con las muestras de arcilla de Bajo Solarte, Yamboró, El Maco y Las Juntas.
- La arcilla de Salesiano presenta la mayor cantidad de óxidos que actúan como fundentes, especialmente de K_2O .
- Los contenidos de carbonatos en la arcilla de Salesiano pueden producir eflorescencias y "caliches", causando el efecto de pinchado o provocando cráteres en las cerámicas.
- La arcilla de Salesiano es un material finogranular inorgánico y se clasifica como arcilla de alta plasticidad.
- La mineralogía de la fracción arena de la arcilla de Salesiano está dominada por plagioclasas, fragmentos líticos sedimentarios y cuarzo, con presencia de vidrio volcánico, óxidos de hierro, anfíboles y piroxenos.
- Los minerales que componen la fracción arcilla de la arcilla de Salesiano son principalmente caolinita, seguida de illitas, montmorillonita y vermiculita. En menores cantidades se encuentran cuarzo, plagioclasas y minerales arcillosos interestratificados.
- Al agregarle aditivos a la arcilla de Salesiano, esta puede utilizarse en la fabricación de cerámica utilitaria y ladrillos refractarios.

4.5 OTROS ANÁLISIS

Otros análisis físicos de laboratorio de gran utilidad en la caracterización fueron realizados por S.G.I. Ltda. Se presentan a continuación los resultados de algunos análisis realizados a muestras de arcillas extraídas en las minas de Salesiano, Bajo Solarte y Yamboró del municipio de Pitalito.

% CONTRACCIÓN (EN VOLUMEN)						
Material arcilloso	Secado al aire	Cocción 800°C	Cocción 900°C	Cocción 1,000°C	Cocción 1,100°C	Cocción 1,200°C
Bajo Solarte	22	24.2	24.2	24.2	44.4	42.7
Yamboró	22.1	26.6	26.6	26.6	42.7	47.3
Salesiano	36.8	33.4	33.4	37.5	51.5	52.6
% CONTRACCIÓN (EN PESO)						
Bajo Solarte	24.3	30.6	33.0	33.9	34.1	32.2
Yamboró	26.3	33.5	33.7	33.0	33.0	33.9
Salesiano	31.6	41.2	40.9	40.8	41.2	41.1
DEFORMACIONES						
Bajo Solarte	Alabeo a 800-1,000°C, ampollado y alta deformación a 1,100°C y muy alta deformación a 1,200°C.					
Yamboró	Alabeo a 800-1,000°C, ampollado a 1,100°C, ampollado y alta deformación a 1,200°C.					
Salesiano	Alta deformación a 800-1,200°C, ampollado a 1,100°C.					
% CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE AGUA (EN PESO)						
Material arcilloso	Cocción 800°C	Cocción 900°C	Cocción 1,000°C	Cocción 1,100°C	Cocción 1,200°C	
Bajo Solarte	16.1	20.9	20.8	0.4	0.1	
Yamboró	18.8	18.3	19.4	0.3	0.3	
Salesiano	20.3	22.5	23.1	0.8	0.6	
RESISTENCIA AL CORTE POR FLEXIÓN (MR) EN kg/cm ²						
Material arcilloso	Cocción 800°C	Cocción 900°C	Cocción 1,000°C	Cocción 1,100°C	Cocción 1,200°C	
Bajo Solarte	62.7	36.7	44.87	161.9	184.5	
	Disminución progresiva del MR desde 800° hasta 900°C y aumento gradual desde 1,000° hasta 1,200°C.					
Yamboró	78.4	65.3	63.6	201.0	261.6	
	Disminución progresiva del MR desde 800° hasta 1,000°C y aumento gradual desde 1,100° hasta 1,200°C.					
Salesiano	34.7	54.8	61.7	155.1	145.6	
	Incremento progresivo del MR desde 800° hasta 1,100°C y disminución a 1,200°C.					
MINERALOGÍA DE ARCILLAS						
Bajo Solarte	Illitas, cristobalita, caolinita, montmorillonita, plagioclasas, cuarzo					
Yamboró	Plagioclasas, caolinita, ortoclasa, cuarzo.					
Salesiano	Illitas, cristobalita, caolinita, montmorillonita, plagioclasas, cuarzo					

Tabla 14. Resultados de análisis de plasticidad, granulometría, contracción, absorción, resistencia al corte y mineralogía de arcillas realizados a muestras de arcilla de Bajo Solarte, Yamboró y Salesiano.

Algunas conclusiones que se obtienen de estos análisis de laboratorio son:

- La arcilla de Salesiano presenta el mayor porcentaje de humedad natural, lo que se refleja en su mayor porcentaje de contracción en comparación con las muestras de Bajo Solarte y Yamboró.
- Las muestras de Bajo Solarte y Salesiano son arcillas inorgánicas de alta plasticidad; la muestra de Yamboró es arcilla inorgánica de mediana plasticidad.
- De los ensayos granulométricos y de índices de plasticidad, las fracciones más finas son material muy útil en la fabricación de cerámicas artesanales manuales y por vaciado de moldes. Las muestras de Bajo Solarte y Salesiano presentaron comportamientos altamente plásticos, y son arcillas que pueden ser utilizadas para la fabricación de cerámicas.
- En el proceso de vitrificado las muestras presentan buenas condiciones a partir de los 1,100°C en adelante, siendo la temperatura de 1,100°C el punto en el cual las muestras exhibieron la vitrificación e impermeabilización arrojando valores de 0.6% de absorción de agua, a pesar del ampollado y embombamiento de las probetas, deformaciones que podrían eliminarse agregando aditivos químicos en los procesos de mezcla y secado de las cerámicas.
- El porcentaje de absorción hasta los 1,000°C está muy cerca al porcentaje estándar establecido por las normas técnicas del ICONTEC.
- Todas las muestras cumplen con la norma de resistencia para ladrillos o unidades de mampostería o estructural, donde la resistencia mínima a la compresión o módulo de ruptura (MR) es de 100 kg/cm², solo por encima de los 1,000°C en su estado natural puro, sin embargo, la resistencia se puede aumentar involucrando arena fina.
- La mineralogía de arcillas es similar para las muestras de Salesiano y Bajo Solarte, pero difiere con la mineralogía de la muestra de Yamboró.

5 DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS ACTUALES

Se tratará de hacer una breve ilustración de cada uno de los procedimientos llevados a cabo en la elaboración de las cerámicas artesanales en la localidad de Pitalito. Se visitó la mina Salesiano, de propiedad del señor Luis Hermida, donde actualmente se extrae toda la arcilla utilizada por los beneficiadores y distribuidores de barro. También se visitaron los tres principales beneficiadores, los señores Jesús Barreto, Aldemar Torres y Marco Fidel Gómez. Se realizó entrevista a cinco artesanos ceramistas considerando que éstos son representativos del proceso productivo de los artesanos del municipio; ellos fueron Guillermo Quimbayo, Jesús Bravo, Jesús Bolaños, Fernando Velásquez y Aldemar Torres.

5.1 ESLABÓN DE LA MINERÍA

5.1.1 Extracción, carga y transporte de la arcilla

Actualmente la arcilla se saca de la mina ubicada en lote El Recreo (figura 14), ubicado en el sector conocido como Salesiano, vereda El Macal, aproximadamente a 2 km al sur de Pitalito, por la vía que conduce a San Adolfo. La extracción se hace por temporadas, aproximadamente una vez por semana, de acuerdo a lo pactado previamente con los beneficiadores. También se deja extraer arcilla a personas que van hasta el lote con una zorra o carreta, varias veces por mes. Según el dueño de la mina ésta se ha explotado por lo menos desde hace 10 años.



Figura 14. Panorámica de la mina Salesiano.

El proceso de extracción se realiza con pico y pala, herramientas que son suministradas por el dueño de la mina; generalmente son dos picos y dos palas, debido a que son dos personas las que realizan los trabajos de extracción. La extracción se efectúa sin ningún control desde el punto de vista técnico.

Primero se quita la cubierta vegetal de unos 60 cm de espesor, la cual es un residuo de la explotación, ya que no se le da ningún uso y que es dejada en el mismo lugar de extracción; cuando ya se ha descapotado el terreno se retira la capa de arena limosa suprayacente de 1.5 a 2 metros de espesor, la cual se utiliza en la fabricación de ladrillos; este proceso dura aproximadamente tres horas en un frente de explotación de 2 a 3 metros. Luego se procede a extraer la arcilla que sirve para cerámica, con una duración de 3 horas aproximadamente; este trabajo es arduo, especialmente si la arcilla está húmeda. La escogencia del material apto para ser utilizado en cerámica se hace empíricamente. A medida que se va arrancando el material se va depositando en la volqueta (de propiedad del dueño de la mina), que ingresa al lote por una entrada al sur del mismo y que se estaciona cerca al frente de explotación.

Aquí vale la pena anotar el impacto ambiental que surge con la extracción de la arcilla, pues se inician procesos erosivos de los suelos al destruir completamente la cobertura vegetal, tal como viene ocurriendo en los lugares donde se encuentran varias minas que explotan arcilla utilizada en la industria ladrillera. No existe reposición de la capa vegetal ni se establecen condiciones agrológicas para que la mina se pueda reponer con el tiempo mediante cultivos.

A pesar que una volqueta tiene la capacidad de transportar hasta 7 toneladas de material, ésta es cargada solamente con aproximadamente 5.2 toneladas. Una vez que se considera "llena" la volqueta, ésta se dirige hasta la casa del beneficiador que requiere la arcilla, en el casco urbano de Pitalito. Allí es descargada en el suelo, cerca a la casa del beneficiador; la materia prima es dejada a la intemperie, solamente cubierta con un plástico grande que abarca todo el cuerpo de arcilla.

5.1.2 Costos de extracción y transporte

Los costos en los que incurre el dueño de la mina para extraer el material son dos juegos de herramientas (pico y pala), los cuales cada uno tienen una vida de uso en las condiciones actuales para 40 extracciones. El juego de herramientas tiene un costo aproximado de \$17,000. El dueño de la mina paga generalmente \$15,000 a los dos obreros por la extracción de la arcilla para cerámica. Hay que recalcar que estas personas no son siempre las mismas, depende de la disponibilidad de los obreros que conoce el dueño de la mina. Para el transporte desde la mina hasta los barrios el dueño de la mina paga \$5,000 al chofer; además se debe tanquear la volqueta (de gasolina) con aproximadamente \$12,000 para la ida y vuelta. El valor de la volquetada de arcilla es de \$70,000.

En términos generales, en la mina Salesiano la actividad minera está activa, por medio de un sistema de explotación a cielo abierto con trabajo manual, y con un nivel de integración bajo, es decir, solo se llevan a cabo procesos extractivos, no beneficiadores ni transformadores, los cuales son los procesos que le dan valor agregado al material. La extracción promedio es de 26 toneladas al mes, por lo que el rango de explotación es uno (menos de 50,000 ton/año).

Además de la arcilla extraída en esta mina, existe una arcilla de color negro que se extrae del lecho del río Guarapas en el sector del Cachingo, la cual presenta una muy alta plasticidad que la hace adecuada para la fabricación de piezas utilizando tomo de levante. A este tipo de arcilla no se le hace ningún tipo de beneficio. A pesar de la calidad de este material arcilloso, la extracción en el lecho del río acarrea muchos inconvenientes técnicos; se debe evaluar el yacimiento para considerar la conveniencia de su explotación.

De acuerdo a los datos suministrados por el propietario de la mina, y su posterior análisis, se obtuvieron las siguientes cifras concluyentes:

- Una volquetada de arcilla es vendida a \$70,000, la cual contiene 4 m³ o 5.2 ton de material; mientras una "zorrada" de arcilla es vendida a \$5,000, la cual contiene 0.8 m³ o 1 ton de material. De acuerdo a lo anterior, el precio de una tonelada vendida en volqueta es de \$13,500 aproximadamente, o también \$168 por arroba; el precio de una tonelada vendida en "zorrada" es de \$5,000, o también \$62 por arroba.
- Los costos de operación para extraer y transportar una volquetada de arcilla son de \$33,000, que incluyen el jornal de los obreros, herramientas y transporte.

Extracción de material	Ingresos de venta	Costos de operación	Utilidad
270 ton/año en volquetadas	\$3'640,000/año	\$1'716,000/año	\$1'924,000/año
70 ton/año en zorradas	\$350,000/año	\$0	\$350,000/año
340 ton/año	\$3'990,000/año	\$1'716,000/año	\$2'274,000/año

Tabla 15. Ingresos, egresos y utilidades en el proceso de explotación actual de la mina Salesiano.

Por lo tanto el ingreso neto mensual del propietario de la mina por la extracción y venta de arcilla es de \$189,500.

5.1.3 Beneficio de la arcilla

Como ya se mencionó, la gran mayoría de los artesanos compran la materia prima para la elaboración de cerámica a tres beneficiadores y distribuidores de la misma; ellos son los señores Jesús Barreto del barrio El Jardín, Aldemar Torres del barrio La Virginia y Marco Fidel Gómez del barrio Libertador. Además de estas personas están los señores Luis Rodríguez y Aristides Arcos, quienes venden arcilla pero en muy poca cantidad, generalmente a sus familiares artesanos; estas ventas no son constantes. Solo una pequeña parte de los artesanos adquiere la arcilla directamente en la mina, es decir, la extrae personalmente.

Una vez es dejada la arcilla cerca a su vivienda por la volqueta (figura 15), el beneficiador la transporta al lugar de trabajo, ya sea en carretilla o en palas. Generalmente el proceso de beneficio de la arcilla interfiere de alguna manera en la vida cotidiana del beneficiador y su familia pues este proceso se hace en el interior de la vivienda. Solamente Aldemar Torres cuenta con un local adjunto en donde ejecuta el beneficio sin perjuicio de espacio y comodidad a su grupo familiar.



Figura 15. Materia prima descargada junto a la vivienda del beneficiador Fidel Gómez.

El beneficio del material arcilloso se realiza por vía húmeda e inicia con la laminación, en donde la arcilla es pasada de dos a tres veces por una cilindadora de panadería de dos caballos de fuerza, con el objeto de disminuir por aplastamiento el tamaño de las partículas del barro (figura 16); también este procedimiento permite extraer el aire que el barro pudiera tener en su interior. Generalmente antes de realizar el proceso de laminación se hidrata la arcilla con agua, aproximadamente un metro cúbico por volquetada de arcilla.

Dependiendo de la textura del material, se le hacen tres pasadas por la cilindadora, donde cada vez se van acercando los rodillos. En la primera pasada se desmenuzan los terrones presentes, ayudándose el operario con un palo (cuña de madera) para ayudar a pasar los terrones entre los rodillos; en la segunda pasada se homogeniza el material y se muele más finamente; en la tercera pasada se amasa el barro y se extrae el aire.

Posteriormente en el pesaje (figura 17), la arcilla húmeda es transportada directamente de la cilindadora a una báscula en donde se busca obtener una masa de barro que pese una arroba (12.5 kg); una vez que se obtiene el peso deseado se le da forma para ser empacada en bolsas de plástico. Ya embolsada es almacenada en un sitio exclusivo para ello (figura 18), a la espera de clientes o que el mismo beneficiador las venda a domicilio. Solamente Fidel Gómez no empaca la arcilla; el barro es depositado en una zorra y es vendido a domicilio; al momento de la venta, es pesado en una báscula que lleva en la zorra.



Figura 16. Beneficio de la materia prima mediante el proceso de laminado en el taller de beneficio de Aldemar Torres.



Figura 17. Pesaje del barro por arrobas en los talleres de beneficio.



Figura 18. Almacenaje de barro. Después de pesado por arrobas, el barro es empacado en bolsas y almacenado para su posterior distribución (taller de beneficio de Jesús Barreto).

5.1.4 Costos de beneficio

Los costos de producción son la arcilla, la cual les cuesta \$70,000 por volquetada. Además de la materia prima deben costear los operarios encargados del manejo de la cilindadora, pesaje y empaque del barro; generalmente son dos empleados. Mientras Jesús Barreto paga \$12,000 por día de trabajo, Aldemar Torres paga \$250 por arroba de barro embolsada. Fidel Gómez solo recibe ayuda de su hijo. Los operarios trabajan de lunes a viernes con una jornada diaria de ocho horas.

Los servicios que pagan son la energía eléctrica que usa la cilindadora (\$10,000-\$20,000 por mes) y el agua que es añadida a la arcilla (aproximadamente \$10,000 por mes). La maquinaria requiere de reparación constante, generalmente cuesta \$10,000 por mes. Hay que mencionar que ninguno de los tres beneficiadores lleva contabilidad de su negocio; escasamente guardan las facturas de los servicios y de reparaciones a la maquinaria.

El valor de venta del barro que es empacado es de \$1,000 por arroba, mientras que el no empacado es vendido a \$1,000 por 35 libras. Cada beneficiador tiene su nicho de mercado; los artesanos que viven cerca a ellos van hasta sus respectivas viviendas a comprar barro. Para clientes más lejanos hacen las ventas a domicilio, Jesús Barreto transporta la materia prima en un automóvil, Aldemar Torres en motocicleta y Fidel Gómez en zorra. Según los beneficiadores, la demanda de barro ha

estado estable en los últimos años, aclarando que siempre hay mayor venta en el segundo semestre del año.

El promedio de ventas de los beneficiadores va de 25-50 arrobas diarias en temporada baja y de 50-100 arrobas diarias en temporada alta. Aproximadamente el 5% de la arcilla vendida va a manos de artesanos de otras localidades como San Agustín, Timaná, Neiva, e incluso Bogotá.

Es notorio que no hay métodos estandarizados en el beneficio de la arcilla; el proceso se limita a un trabajo mecánico sobre el material sin conocer cuales son las características que deben cumplir las arcillas para obtener una mejor calidad de los productos.

Conforme al anterior diagnóstico, el beneficio del material por vía húmeda tiene la ventaja de que los procesos son pocos, por lo que los costos de producción y el tiempo requerido para llevar a cabo el beneficio son bajos en comparación con un beneficio por vía seca, en donde es necesario secar la arcilla, molerla, cernirla y tamizarla. Desafortunadamente un tratamiento por vía húmeda imposibilita la adición de insumos químicos para alterar las propiedades fisicoquímicas de la arcilla. La excusa de un beneficiador es que el tratamiento por vía seca resulta mucho más dispendioso y además se crea mucho polvo.

De acuerdo a los datos suministrados por los tres beneficiadores y distribuidores de barro, y su posterior análisis, se obtuvieron las siguientes cifras concluyentes:

- Los tres beneficiadores principales venden 312 toneladas de barro al año; de esta cantidad solo el 5% (16 toneladas) llega a manos de artesanos de San Agustín, Timaná, Neiva y Bogotá.

Beneficiador		Jesús Barreto	Aldemar Torres	M. Fidel Gómez
Compra de arcilla	Cantidad	120 ton/año	108 ton/año	84 ton/año
	Costo	\$1'620,000/año	\$1'458,000/año	\$777,000/año
Costos de operación	Empleados	\$4'320,000/año	\$3'930,000/año	\$2'160,000/año
	Servicios	\$150,000/año	\$210,000/año	\$150,000/año
	Maquinaria	\$200,000/año	\$100,000/año	\$50,000/año
	Empaques	\$307,200/año	\$276,500/año	\$0/año
	Total	\$4'977,200/año	\$4'516,500/año	\$2'360,000/año
COSTOS		\$6'597,200/año	\$5'974,500/año	\$3'137,000/año
Precio de venta		\$1,000/arroba	\$1,000/arroba	\$715/arroba
VENTAS		\$9'600,000/año	\$8'640,000/año	\$4'800,000/año
UTILIDAD		\$3'002,800/año	\$2'665,500/año	\$1'663,000/año

Tabla 16. Ingresos, egresos y utilidades en el proceso de beneficio de los tres principales distribuidores de arcilla.

Por lo tanto el ingreso neto mensual promedio de los tres beneficiadores y distribuidores de barro es de \$203,600.

5.2 ESLABÓN DE LA PRODUCCIÓN

En este eslabón es donde empiezan a participar los artesanos ceramistas del municipio. De acuerdo a proyecciones basadas en los datos del censo de artesanos del Huila realizado en 1993 (anexo 3), donde la población de artesanos ceramistas en el municipio era de 700 personas, en el presente año el número de artesanos debe estar cerca a 1,000 personas, que laboran en aproximadamente 300 talleres artesanales; el trabajo es desarrollado por los miembros de la familia, donde son los cónyuges, hijos y hermanos quienes apoyan el trabajo en mayor proporción. Es así que el 74% de los talleres tienen máximo 3 personas laborando, y el 26% tienen entre 4 y 6 personas que producen la cerámica; lo anterior depende también del número de pedidos de cerámica a elaborar. El trabajo es desarrollado en las casas de los artesanos en un 95%, el restante 5% tiene el taller en otro sitio distinto.

En lo referente a los años dedicados al oficio de la cerámica, un 41% de los artesanos ejecutan el trabajo desde hace más de 20 años, un 41% ha realizado esa labor en el rango entre 10 y 20 años y solo el 18% restante llevan trabajado entre 1 y 10 años.

La elaboración de cerámica es el medio de sustento del 80% en los talleres familiares, quienes ejecutan esta actividad de manera permanente; el 20% restante realizan actividades complementarias para obtener recursos, es decir trabajan la artesanía por temporadas feriales o de fin de año. Algunas de esas actividades son: construcción, agricultura, mecánica, bombero, etc.

5.2.1 Tratamiento de la arcilla

Todos los artesanos ceramistas consideran que la arcilla es suficiente en el medio, es económica y su calidad en términos generales es buena. El promedio de compra de arcilla por taller es de 7 arrobas mensuales. Los mayores proveedores son Jesús Barreto y Aldemar Torres. La mayoría de los artesanos trabajan de acuerdo a los pedidos y muy pocos trabajan de acuerdo a su capacidad de producción.

La arcilla es comprada lista para trabajarla prensada y en el torno (figura 19); para elaborar cerámica vaciada se trata la arcilla en los talleres, por lo que el tratamiento que se le hace a la arcilla depende de la técnica utilizada, aclarando que no hay procesos estandarizados que garanticen un manejo técnico eficiente.

Torneado y prensado: El barro se amasa para que quede una pasta homogénea antes de trabajarla en el torno o de introducirla en el molde.

Vaciado: Esta técnica exige la elaboración de barbotina, que consiste en agregar a la arcilla agua y/o silicato de sodio (de modo empírico) para que la pasta adquiera una fluidez tal que permita el vaciado. Después se pasa por una malla 60 y con la barbotina se llenan los moldes.

Posteriormente al tratamiento de la arcilla se procede a elaborar como tal las piezas. En el vaciado se agrega la barbotina a los moldes (figura 20); cuando están bien secos se destapan los moldes y

se retira el cascarón de la chiva, se pule y se deja a la sombra; cuando está bien seco se mete al horno. Después de quemada la pieza se decora con pintura y se le pegan con colbón las piezas más pequeñas. En el torneado, luego de elaborada la pieza, se mete al horno por 10 a 15 horas; luego de retirar la pieza se deja enfriar y se decora con pintura. En el prensado las piezas son aprisionadas en un molde mediante presión con las manos para copiar la figura del molde; luego se dejan secar. Posteriormente se meten al horno durante aproximadamente 6 horas; al retirar del fuego se dejan enfriar y se decoran con pintura.



Figura 19. Uso de la arcilla sin ningún tratamiento por parte de los artesanos en la técnica de prensado.

Luego de los procesos de elaboración de las piezas y de secado, continúa la quema o cocción, la cual se realiza en hornos de ladrillo que usan leña como combustible. Estos hornos son poco eficientes pues las temperaturas no sobrepasan los 900°C. Para alcanzar temperaturas alrededor de 1,100°C se requiere de un horno eléctrico o gas. La leña son palos y ramas de árboles, principalmente de guadua, además de tablas de madera. Generalmente los artesanos realizan una quema por semana.

Antes de introducir piezas al horno en "arrumes", de manera que se pueda aprovechar al máximo la capacidad del horno, éste debe precalentarse como mínimo por dos horas. El tiempo de quemado de una pieza es de 4 a 6 horas.

La quema es considerada el momento más crítico en la producción de la cerámica pues es en este proceso cuando más productos se les pierden. El promedio de piezas quebradas después de la quema es de 5% de las piezas elaboradas.



Figura 20. Moldes para vaciado de la arcilla como barbotina en la elaboración de "cascarones" de chivas.

La técnica del vidriado, como ya se había mencionado, es un proceso adicional que se realiza en la elaboración de cerámica utilitaria. Luego de tener quemadas las piezas, se les aplica esmalte cerámico, el cual consta generalmente de feldespato, sílice, carbonato de calcio, caolín y un fundente como el bórax. Una vez aplicado el esmalte las piezas son quemadas nuevamente a temperaturas que pueden alcanzar los 1,500°C.

En el proceso de segunda quema después del vidriado también se pierden piezas por roturas; el promedio de piezas quebradas después de esta quema es de 10%.

5.2.2 Costos de producción

Las herramientas utilizadas por los ceramistas son tomos, cuchillas, moldes, pinceles, aerógrafos, etc. Los insumos usados son silicato de sodio para la preparación de la barbotina y pinturas para decoración de las piezas.

El costo de una garrafa de silicato de sodio es de \$3,500 que dura de tres a seis meses. Un tarro de pintura cuesta \$6,000 y dura aproximadamente una semana. Una zorrada de leña para tres a cuatro quemas vale entre \$20,000 y \$25,000.

Solo un artesano (Guillermo Quimbayo) utiliza el vidriado para decorar las piezas de cerámica utilitaria que elabora (pocillos, tazas, platos, jarras, etc.). Para ello es necesario la compra de los siguientes insumos: caolín, feldespato, carbonato de calcio y esmaltes.

El costo de un bulto de caolín es de \$24,000 y el saco de feldespato cuesta \$27,000. Estos materiales se consumen en aproximadamente un mes; un kilo de esmaltes cuesta \$1,800. Estos insumos de origen industrial son comprados en la ciudad de Bogotá.

Es importante mencionar que el artesano que elabora cerámica utilitaria quiere dejar de producirla debido a los costos de los insumos requeridos y los procesos adicionales que se deben realizar. Precisamente es por esta razón que otros artesanos ceramistas no elaboran esta clase de cerámica.

En cuanto a la disposición de los talleres, en la mayoría predomina el desorden en la distribución de mesones, herramientas, materiales, productos en proceso y terminados.

5.3 ESLABÓN DE LA COMERCIALIZACIÓN

Es menester enunciar que un inconveniente en la comercialización de los productos cerámicos es la falta de mentalidad empresarial detectada en los artesanos, pues la mayoría aunque planean la producción que van realizar, de acuerdo al pedido, no llevan registro de los costos de la misma, no conocen los gastos y los ingresos; de igual manera no hay claridad de cual es el porcentaje de utilidad que deja los productos elaborados.

El promedio de piezas elaboradas por un taller es de 400 al mes, siendo la chiva el producto con más salida en el mercado local. La chiva más vendida tiene un precio promedio de \$4,500. La cerámica utilitaria no ha tenido buena venta debido a la competencia con otras regiones, ya que se eleva el costo de los insumos al traerlos desde Bogotá. Generalmente cada artesano consigue estos insumos por separado.

A pesar de que la chiva es el producto de más venta, hace falta desarrollo de nuevos productos que potencien la tradición y dominio técnico del artesano. También es notorio que por el alto desempleo, actualmente hay gente que se pone a trabajar en cerámica artesanal, pero no son constantes, generalmente se aburren.

En temporadas altas los talleres tienen que contratar personal adicional para dar cumplimiento a los pedidos, ya que las ventas están ligadas a las temporadas de Semana Santa, fiestas patronales, feria artesanal de noviembre y el fin de año. La gran mayoría de los artesanos venden más en el segundo semestre del año. De todas maneras, las ventas que realizan los artesanos son relativamente bajas, pues menos del 20% dicen tener ventas superiores a \$1'000,000 mensuales; la mayoría tiene ingresos entre \$300,00 y \$500,000 mensuales.

No todos los artesanos definen los precios de venta de la cerámica teniendo en cuenta el costo de lo invertido más la utilidad deseada, ya que bastantes no tiene idea de la cuantificación del costo y venden sus productos al precio que es comercializado en el mercado, es decir, al precio que ofrecen

los demás artesanos (competencia) o a los precios pagados por los intermediarios. Además, el precio de venta está directamente relacionado con la calidad del producto terminado, pues cuando esta es baja, de igual manera es el precio del producto.

De acuerdo a los datos suministrados por cinco artesanos ceramistas de Pitalito, y su posterior análisis, se obtuvieron las siguientes cifras concluyentes:

- Existen aproximadamente 300 talleres de cerámica artesanal en Pitalito que consumen barro extraído de la mina Salesiano; el ritmo de consumo es aproximadamente de 315 toneladas de barro al año. En promedio laboran entre tres y cuatro artesanos por taller.
- El consumo de barro por taller es de 6 a 8 arrobos mensuales, donde el mayor consumo se tiene en el segundo semestre del año, especialmente a fin de año.

		UN TALLER PROMEDIO
Compra de arcilla	Cantidad	1.05 ton/año
	Costo	\$84,000/año
Costo de operación	Empleados	\$11'952,000/año
	Insumos químicos	\$200,000/año
	Pinturas y esmaltes	\$1'000,000/año
	Leña	\$325,000/año
	Servicios	\$250,000/año
	Otros	\$200,000/año
	Total	\$13'927,000/año
COSTOS		\$14'011,000/año
VENTAS	Cantidad	5,000 piezas/año
	precio	\$22'500,000/año
UTILIDAD		\$8'489,000/año

Tabla 17. Ingresos, egresos y utilidades en la producción y comercialización de cerámica en un taller promedio.

Por lo tanto el ingreso neto mensual promedio de un taller artesanal es de \$707,400.

6 PLAN DE SUMINISTRO DE MATERIAS PRIMAS

De acuerdo a los antecedentes registrados en los procesos de extracción, beneficio y tratamiento del material arcilloso, es conveniente plantear una mejor manera de realizar estos procedimientos con el fin principal de mejorar la calidad de la materia prima suministrada a los artesanos, de modo que estos puedan obtener de manera rápida y confiable un barro con las características que sean requeridas de acuerdo al tipo de cerámica a elaborar. Además, de esta manera se le da mayor valor agregado al material, por lo cual los ingresos del propietario de la mina, mineros y beneficiadores se van a ver favorecidos.

El primer paso para llegar al plan de suministro de materias primas, luego de evaluar el procedimiento actual de extracción del material arcilloso, es recomendar una alternativa de explotación, la cual se logra después de determinar las características geológicas del yacimiento (Capítulo 3.5); posteriormente se deben evaluar las reservas explotables del yacimiento. Cuando ya se ha establecido un método viable y eficiente de extracción, se puede pensar en el beneficio y tratamiento del material. Por último se debe plantear un plan de manejo ambiental para el terreno afectado por la explotación.

6.1 CÁLCULO DE RESERVAS

La determinación o cálculo de reservas, después de la exploración del depósito, comienza con la conversión de éste en una figura geométrica sencilla que se ajuste al tamaño, forma y distribución de valores dentro del mismo. El cálculo de estas reservas no es más que un problema volumétrico. En un yacimiento de forma plana y de potencia variable se multiplica la superficie por el espesor promedio para obtener el volumen de arcilla; luego, multiplicando por la densidad aparente del material arcilloso *in situ*, se obtienen las reservas del material arcilloso.

$$\text{Reservas (ton)} = \text{espesor (m)} * \text{superficie (m}^2\text{)} * \text{densidad (ton/m}^3\text{)}$$

El ritmo de explotación, es decir, las toneladas métricas de material arcilloso consumidas por año, influye determinadamente en el estudio de viabilidad de la mina. Este ritmo vendrá marcado fundamentalmente por el mercado de las cerámicas, que señalará el consumo anual factible de la materia prima.

El concepto de vida de la explotación será el resultado de dividir las reservas por el ritmo de explotación.

$$\text{vida (años)} = \frac{\text{reservas (ton)}}{\text{ritmo (ton/año)}}$$

El ritmo de explotación actual se calculó con base en la información suministrada por los beneficiadores y algunos artesanos del municipio.

6.1.1 Determinación de espesor, área y volumen del depósito

El lote donde se extrae actualmente la arcilla para ser usada en cerámica se denomina "El Recreo" y está ubicado en la vereda El Macal del corregimiento Riveras del Guarapas, alrededor de las coordenadas E: 1'114,814 y N: 694,562 (anexo 2). Este lote es denominado por artesanos y beneficiadores como "Salesiano"; este nombre proviene de la ubicación contigua del Hogar Juvenil Campesino fundado hace años por hermanos de la comunidad salesiana. El actual uso del lote es exclusivamente la extracción de material arcilloso para cerámica y ladrillos; la porción que aún no ha sido explotada presenta vegetación arbórea y arbustiva, sin uso agropecuario regular.

El lote tiene un área aproximada de 4,500 m², casi media hectárea. La porción del lote que aún no se explota se encuentra hacia el norte del mismo y su área es de aproximadamente 1,750 m². El cálculo de estas áreas se hizo mediante cuadrícula con base en un plano a escala del lote, construido con la ayuda de brújula y cinta métrica.

Mediante las observaciones realizadas en el frente de explotación de la mina, el cual mide aproximadamente 13 metros de ancho por 3.5 metros de alto, se midió el espesor de la capa de arcilla utilizable en cerámica; los límites de la capa generalmente son nitidos y su topografía es plana. Se tomaron varios valores, los cuales dieron un promedio de un metro de espesor; solo en algunos sectores el espesor varía de manera poco notoria, por menos de 10 cm. Este espesor promedio se justifica con el espesor de la capa de arcilla observado en otras localidades, en las cuales el valor es siempre muy cercano a un metro, lo que da una garantía suficiente para suponer la continuidad del material, por lo menos en el área de este lote. La geometría del depósito se asimila a una forma tabular (figura 21).



Figura 21. Ejemplo de la geometría tabular del depósito en la mina Salesiano.

Con los valores de espesor del depósito de arcilla y del área por explotar se calculó el volumen, multiplicando estas cifras. Con el valor del volumen de los depósitos de material arcilloso se hallaron las reservas del material, al multiplicar el volumen por la densidad aparente del material, obtenida en laboratorio a partir de un terrón de arcilla extraído del frente de explotación actual. Estas reservas se denominan probables porque son calculadas a partir de mediciones de campo y de proyecciones de otros datos situados a distancias razonables; a estas reservas se les confiere un margen de error comprendido entre el 30 y el 40%. Se infiere que las reservas probables calculadas son también reservas explotables, ya que la disposición geométrica y la escasa profundidad en que se encuentra el yacimiento hace posible la recuperación total del material arcilloso.

CARACTERÍSTICAS DEL DEPÓSITO	MINA SALESIANO
Área total del lote	4,500 m ²
Área por explotar	1,750 m ²
Espesor promedio	1 m
Volumen esperado por explotar	1,750 m ³
Densidad aparente	1.3 ton/m ³
Reservas esperadas por explotar	2,275 ton
Reservas mínimas	1,592 ton
Reservas máximas	2,957 ton

Tabla 18. Características del depósito de arcilla en la mina Salesiano.

6.1.2 Ritmo de explotación y vida de las reservas

Según los datos proporcionados por el señor Luis Hermida, propietario del lote, se estableció que de esta mina se extraen anualmente 340 toneladas de material utilizable en cerámica, cifra cercana a la suministrada por los tres beneficiadores de arcilla en el municipio, la cual fue de 312 toneladas por año. Se aclara de todas maneras que existen otros dos beneficiadores pero sobretodo algunos artesanos que compran arcilla de esta mina de manera muy esporádica.

Con este ritmo de explotación actual, se logra calcular la vida, es decir, el tiempo de duración de las reservas probables. Para el cálculo de la vida se establece que la extracción de la materia prima se mantendrá constante en el tiempo.

CARACTERÍSTICAS DEL DEPÓSITO	Reservas por explotar	Ritmo de explotación	Vida de las reservas
MINA SALESIANO	2,275 ton	340 ton/año	6.7 años

Tabla 19. Reservas, ritmo de explotación y vida del material arcilloso en la mina Salesiano.

La vida estimada de las reservas probables de material arcilloso en la mina Salesiano es de 6 años y ocho meses. En base a los datos de la tabla 18, las reservas mínimas que se encontrarían en el yacimiento tendrían una vida de 4.7 años, mientras que las reservas máximas tendrían una vida de 8.7 años.

6.1.3 Otros recursos de materia prima

El relleno fluviolacustre del Valle de Laboyos es bastante heterogéneo en cuanto a colores, texturas y granulometría, debido a los cambios estratigráficos verticales y horizontales de las capas, a variaciones laterales de litología y a que muchas de las capas arcillosas están erosionadas. Es por esto que un cálculo de las reservas de arcilla a gran escala, es decir, que abarquen toda la zona del relleno es bastante difícil de lograr. Sin embargo, teniendo en cuenta la gran cantidad de minas y manifestaciones de arcilla en todo el municipio (tabla 3), existe la seguridad que el material arcilloso no va a agotarse. Una vez las reservas de la mina Salesiano sean explotadas en su totalidad, deberán trasladarse las labores mineras, previo estudio de factibilidad, a otro lote que contenga

arcilla con la calidad requerida para ser utilizada en cerámica. En este aspecto se puede recomendar el lote de la señora Gladys Cortés ubicado en el barrio Bajo Solarte, donde se encuentra un depósito con arcilla de similares características a la arcilla extraída en la mina actual.

6.2 ALTERNATIVAS DE EXPLOTACIÓN MINERA

Antes de definir las alternativas de explotación de la mina Salesiano, hay que recordar que la actividad minera del país está regulada por la Ley 685 de 2001 (Código de Minas). El contrato que celebra el estado y un particular para efectuar los estudios, trabajos y obras de exploración de minerales que pueden encontrarse en una zona determinada se denomina Concesión Minera. El Contrato de Concesión comprende las fases de exploración técnica, explotación económica, beneficio de minerales y el cierre o abandono de los trabajos u obras correspondientes.

Si se quiere explotar un mineral debe presentarse ante la autoridad minera, junto con la presentación de la propuesta de contrato de concesión, el Programa de Trabajos y Obras (viabilidad técnica y económica) y el Estudio de Impacto Ambiental del proyecto minero.

Hasta la fecha, el propietario de la mina manifestó no tener los permisos correspondientes ante las entidades mineras y ambientales.

6.2.1 Método de explotación

De acuerdo con los antecedentes mencionados anteriormente en el Capítulo 5, es necesario implementar en la mina Salesiano un método de explotación más adecuado y eficiente.

Las labores de extracción deben realizarse a cielo abierto mediante una excavación abierta al aire para extraer el material arcilloso del subsuelo, ya que el volumen de estéril (material suprayacente al nivel arcilloso) así lo permite. El método de explotación más conveniente es la minería de contomo, la cual consiste en excavar una trinchera abierta a lo largo de toda la longitud del afloramiento. El estéril removido debe depositarse lo más lejos posible del frente de extracción. Las ventajas de este método son que es económico y sencillo, ya que el yacimiento es pequeño, y que requiere de poco personal. Sería conveniente el empleo de un buldózer liviano (tipo D4 o D6) o una pala mecánica que retire y empuje el estéril; sin embargo, como las labores son de bajo rendimiento, puede continuarse con el trabajo manual para adelantar la explotación de la mina. Un buldózer de este tipo tiene una capacidad de 0.3 m³ por carga, por lo que para extraer las toneladas necesarias en un mes para todos los talleres, se requieren alrededor de 36 horas, por lo que el alquiler debe de ser de cinco días.

Para lograr un alto nivel de eficiencia en la explotación del material arcilloso, se recomienda que se conforme un grupo de personas para que se dedique a extraer el material arcilloso. El equipo mínimo de seguridad de este personal debe ser casco y botas de caucho. La extracción debería ser mensual (sin embargo, este período dependerá de la disponibilidad de la maquinaria), llevando un control donde se registren datos como la fecha de extracción, volumen y/o peso del material

extraído, costo de la extracción (alquiler del buldózer, jornales de obreros, etc.) y observaciones tales como consistencia del material, espesor de la capa o las que se consideren pertinentes.



Figura 22. Maquinaria ideal para la explotación de arcillas en la mina Salesiano.

En cuanto a la infraestructura física se requiere que la vía de acceso a la mina sea ampliada y adecuada para el tránsito de la maquinaria pesada que se necesita para la extracción del material arcilloso.

6.2.2 Actividades y operaciones de la explotación

Preparación. El primer procedimiento a realizar es el descubrimiento del yacimiento del material arcilloso, mediante la remoción de la capa vegetal. Debe realizarse con un buldózer que empuje la capa vegetal y la apile en un extremo de la zona en explotación.

Arranque. Consiste en la fragmentación del material a un tamaño tal para que pueda ser cargado y transportado. El arranque es la remoción del estéril y la extracción del material arcilloso. Esta operación puede realizarse con buldózer, o bien con pala neumática; otra persona se hará cargo de la supervisión de la extracción, la cual puede apoyar manualmente la extracción con ayuda de una pica. Se tendrá especial cuidado en no mezclar el material arcilloso con las arenas limosas suprayacentes, pues su adición podría modificar sustancialmente las propiedades fisicoquímicas de la arcilla; por esta razón es importante la selección manual del material arcilloso.

Cargue. Una vez realizado el arranque del material, se procede a la operación de cargue de la arcilla. El buldózer o pala mecánica arrancará y depositará el material en una volqueta.

Una vez cargada completamente, se transporta. El uso de la volqueta es recomendable debido a su gran capacidad de carga y maniobrabilidad al momento de descargar el material.

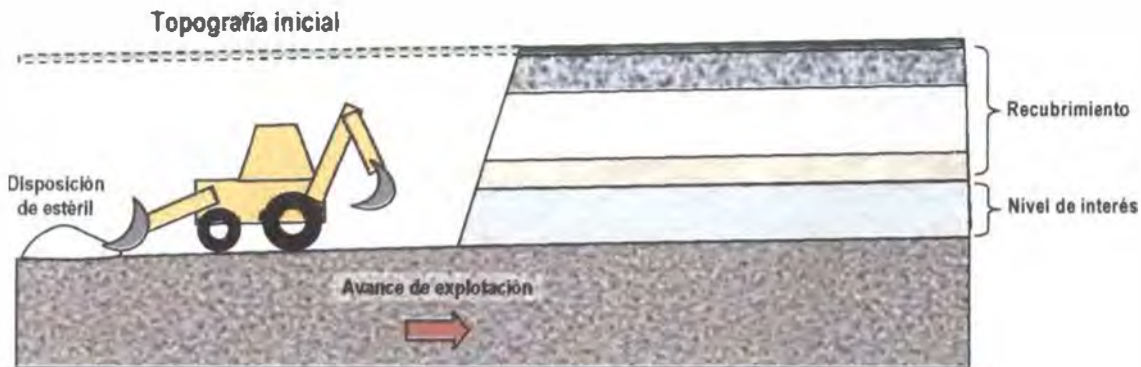


Figura 23. Minería de contorno en la mina Salesiano.

Transporte. Es el traslado del material arcilloso desde el frente de extracción hasta el sitio de acopio o lugar de beneficio. Se realizará mediante una volqueta autodescargante y se harán los desplazamientos que sean necesarios desde la mina al punto de almacenamiento, el cual estará adyacente al lugar de beneficio y tratamiento del material arcilloso

Acopio. Hace referencia al sitio de disposición del material extraído de la mina, con el fin de ser almacenado, para su posterior beneficio o uso. De acuerdo al volumen de extracción y el tiempo de almacenamiento, el centro de acopio debe tener un área amplia, de aproximadamente 1,000 m², con una zona cubierta de mínimo 200 m² donde se descargue la materia prima protegida de la contaminación por aguas superficiales y de la lluvia. El material será descargado por la volqueta y se almacenará en pilas o arumes.

Disposición de estériles en escombreras. Es la disposición técnica, final o temporal, del material que no presenta ningún valor económico y que acompaña a la arcilla; en nuestro caso es la cobertura vegetal. Este material debe depositarse en una escombrera en condiciones de estabilidad e integración al entorno. Se debe ubicar la zona de escombrera de acuerdo al volumen de material y en donde no dificulte los presentes y futuros trabajos de extracción ni las vías de acceso al frente del trabajo. En el lote existe el espacio suficiente para la ubicación de la escombrera.

6.2.3 Cierre de la mina

El plan de cierre de la mina debe tomar en consideración las condiciones del área antes de la explotación, durante el desarrollo de la actividad y el uso posterior del suelo. Las actividades de cierre de la mina se tendrán en cuenta desde el planeamiento minero y durante la ejecución del proceso minero.

Cierre de operaciones. En cuanto a los aspectos físicos se debe controlar la erosión y definir superficies estables. Las medidas de control son la redefinición y estabilización de pendientes,

reorestación y adecuación de zanjas o desagües. En cuanto al uso del territorio se debe recuperar para uso alternativo, mediante el relleno de hundimientos y redefinición de pendientes. El suelo puede ararse y destinarse para cultivos.

6.2.4 Costos de explotación

Los costos requeridos en una extracción adecuada y eficiente, realizada en cinco días al mes son los siguientes:

COSTOS	Cantidad	Precio unitario	Precio Total
Bulldózer (días)	5	\$ 500,000	\$ 2'500,000
Jornales	5	\$ 12,000	\$ 60,000
Viajes volqueta	6	\$ 17,000	\$ 102,000
Uniformes	2	\$ 8,000	\$ 16,000
Herramientas	2	\$ 3,000	\$ 6,000
COSTOS TOTALES			\$2'684,000

Tabla 20. Costos inferidos de la extracción y transporte para el plan de suministro de materias primas.

Los viajes en volqueta, para las 29 toneladas extraídas mensualmente, hasta el sitio de acopio serán pagados al propietario de la mina; se le comprará la arcilla a \$ 7,000/ton. De esta manera, los ingresos mensuales para el propietario de la mina serán de \$ 305,000 mensuales, aumentando sus ingresos en 61%. Así mismo el precio de la arcilla en el sitio de acopio se duplica, aumentando a \$1,244/arroba, sin beneficio ni tratamiento.

6.3 BENEFICIO Y TRANSFORMACIÓN

El beneficio de los minerales consiste en el proceso de separación, molienda, trituración, mezcla y homogenización, lavado, concentración y otras operaciones similares a que se somete el mineral extraído para su posterior transformación y utilización.

Se entiende por transformación la modificación mecánica o química del mineral extraído y beneficiado, a través de un proceso industrial después del cual resulta un producto diferente y no identificable con el mineral en su estado natural.

De acuerdo con estas definiciones, los procesos de homogenización, laminado y amasado efectuados a la arcilla hacen parte de su beneficio, mientras que la elaboración de barbotina y de pastas con agregación de insumos químicos hace parte de su transformación.

6.3.1 Procesos de beneficio por vía húmeda

Los procesos de beneficio tienen como objetivo llegar a una pasta homogénea, maleable y plástica. En una arcilla sin beneficio se producirán tensiones por diferentes encogimientos que originarán

grietas y deformaciones en el producto. Lo mismo sucede con la humedad, si su distribución es dispareja, la pieza se agrietará al secarse. En ocasiones la pasta puede desplomarse o no conservar la forma; esto debido a que la distribución de tamaño de partículas no es la adecuada para lograr una unión apropiada entre ellas que le otorgue más firmeza a la pasta.

Homogenización. El primer proceso de beneficio es la homogenización de la materia prima y sirve para compensar las variaciones de granulometría y de composición química. Se realiza eliminando los cuerpos extraños con los que está mezclado el barro; para ello se desmenuza la arcilla en partículas de tamaño conveniente. Este proceso debe realizarse luego del descargue del material arcilloso en el centro de acopio con ayuda de herramientas manuales (palas).

Hidratación y mezcla. Mediante este proceso se le agrega agua a la arcilla para ablandarla. La arcilla homogenizada se mezcla con agua en un tanque con un mecanismo rotatorio de espas, que al cabo de varias horas disuelve en el agua las partículas de arcilla más finas, mientras que las más gruesas quedan sedimentadas en el fondo del recipiente. La suspensión de arcilla se hace pasar por un tamiz de malla 100. Por último la arcilla, todavía en suspensión, se introduce en una prensa filtro, consistente en una serie de sacos de lona que se comprimen mecánicamente para extraer el agua, tras lo cual el material queda en las bolsas en forma de tortas moldeables.

Amasado y corte. Es necesario para que el material arcilloso húmedo sea moldeable y plástico; que todas las partículas sólidas o líquidas que la conforman estén uniformemente distribuidas. Este proceso también disminuye el tamaño de las partículas del material. Puede usarse la maquinaria actual (cilindradoras) pero se recomienda una amasadora o extrusora. Esta maquinaria consta de tres secciones: la primera incluye una tolva que desemboca en una cámara de mezclado donde la arcilla se desmenuza en fragmentos. La segunda es una cámara de vacío donde se elimina todo el aire de la arcilla. La tercera y última sección es un conducto que se adelgaza hacia la salida a través del cual la arcilla pasa comprimida formando una masa homogénea que sale de la máquina en una extrusión continua. Ésta se puede cortar en trozos de longitud conveniente y embalsarse en bolsas de plástico para facilitar su transporte y posterior distribución.

Añejamiento. Adicionalmente a los procesos de beneficio anteriormente descritos, puede incluirse el almacenamiento de la pasta para lograr su maduración o añejamiento. Durante este periodo se permite que nuevamente tengan lugar reacciones arcilla-agua, además de una serie de cambios debidos a la acción bacteriológica, lo cual contribuye a desarrollar más la plasticidad de la pasta almacenada. Aunque en la industria se utilizan periodos de tiempo largos, se ha demostrado que en la mayoría de los casos la mayoría de las ventajas alcanzadas en la maduración se obtienen en las primeras 24 horas. Es conveniente almacenar las pastas en recipientes tapados herméticamente.

Luego del anterior proceso la arcilla queda lista para ser trabajada por los artesanos con las técnicas de torneado y prensado. La arcilla destinada a la manufactura de piezas de grandes dimensiones debe contener un elevado porcentaje de materiales gruesos, como arena o chamota, con el objeto de que pueda evaporarse más fácilmente el agua durante el proceso de formación y secado de la pieza. Este material puede ser arena de río lavada y cernida por un tamiz (malla 40), agregando aproximadamente una taza (250 cm³) de arena por arroba de arcilla.

6.3.2 Costos del beneficio por vía húmeda

Los costos requeridos para un proceso de beneficio adecuado y eficiente en el centro de acopio para las 29 toneladas extraídas mensualmente son los siguientes:

COSTOS	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Operarios	6	\$ 330,000	\$ 1'980,000
Uniformes	6	\$ 5,000	\$ 30,000
Herramientas	2	\$ 3,000	\$ 6,000
Tanque de hidratación	1	\$ 10,000	\$ 10,000
Tamiz	1	\$ 5,000	\$ 5,000
Prensa filtro	1	\$ 5,000	\$ 5,000
Extrusora	1	\$ 200,000	\$ 200,000
Tanques herméticos	2	\$ 10,000	\$ 20,000
Mantenimiento maquinaria		\$ 50,000	\$ 50,000
Servicios		\$ 70,000	\$ 70,000
Empaques	2,320	\$ 32	\$ 74,240
Costo arcilla	29	\$ 7,000	\$ 203,000
Costo explotación			\$ 2'684,000
COSTO TOTAL			\$ 5'337,240
VENTAS (arrobas)	2,320	\$ 3000	\$ 6'960,000
UTILIDAD			\$ 1'622,760

Tabla 21. Costos, ventas y utilidades inferidas del beneficio de la arcilla por vía húmeda para el plan de suministro de materias primas.

Hay que mencionar que estos costos son inferidos, por lo que estas cifras deben tomarse con cuidado. Los costos de la maquinaria están dados como alquiler mensual. Los operarios del beneficio serán los mismos beneficiadores actuales, solo que mediante el plan de suministro de arcillas recibirán un sueldo fijo, en un trabajo de ocho horas diarias; sus ingresos aumentarán cerca del 60%. El precio de venta de la arroba de arcilla necesariamente subiría de precio, para costear su proceso de beneficio; el precio de la arroba lista para trabajar sería de \$ 3,000.

6.3.3 Procesos de beneficio por vía seca

Homogenización. Es igual al primer proceso de beneficio por vía húmeda.

Hidratación y mezcla. Igual al segundo proceso de beneficio por vía húmeda.

Secado. Es el proceso de transferencia de calor al material para evaporar la humedad. Puede realizarse en un secadero que estará adyacente al sitio de descargue. El secado se hará bajo un techo con tejas plásticas que dejen pasar la luz y el calor del sol.

Trituración. Mediante trabajo manual con palas se introduce la arcilla seca en un molino, donde quede reducida a pequeñas partículas. El molino más apropiado es el de bolas, para reducir el

tamaño de partículas aplicando esfuerzos de impacto y corte. Luego, se cieme el material en un tamiz (malla 100) de tal manera que las partículas que no pasen sean devueltas al molino.

Luego del anterior proceso la arcilla queda seca y en polvo, que en cualquier caso es más fácil de manipular, adecuada para mezclado con materiales químicos para la preparación de pastas especiales. Debe ser almacenada en sacos de lona o fibra plástica.

6.3.4 Costos del beneficio por vía seca

Los costos requeridos para un proceso de beneficio adecuado y eficiente en el centro de acopio para las 29 toneladas extraídas mensualmente son los siguientes:

COSTOS	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Operarios	6	\$ 330,000	\$ 1'980,000
Uniformes	6	\$ 5,000	\$ 30,000
Herramientas	2	\$ 3,000	\$ 6,000
Tanque de hidratación	1	\$ 10,000	\$ 10,000
Tamiz	2	\$ 5,000	\$ 10,000
Prensa filtro	1	\$ 5,000	\$ 5,000
Molino de bolas	1	\$ 100,000	\$ 100,000
Mantenimiento maquinaria		\$ 50,000	\$ 50,000
Servicios		\$ 70,000	\$ 70,000
Empaques	928	\$ 400	\$ 371,200
Costo arcilla	29	\$ 7,000	\$ 203,000
Costo explotación			\$ 2'684,000
COSTO TOTAL			\$ 5'519,200
VENTAS (arrobos)	2,320	\$ 3000	\$ 6'960,000
UTILIDAD			\$ 1'440,800

Tabla 22. Costos, ventas y utilidades inferidas para el beneficio de la arcilla por vía seca para el plan de suministro de materias primas.

6.3.5 Procesos de tratamiento para elaboración de barbotina

El objetivo de elaborar la barbotina para vaciado en el centro de acopio de materias primas es proporcionar a los artesanos una barbotina más uniforme en cuanto a su comportamiento durante el vaciado, lo que permitiría una mejor estandarización de los métodos de fabricación de las piezas cerámicas. Este proceso se hace mediante la defloculación, que consiste en añadir un electrolito a la arcilla con el fin de incrementar la fluidez de la suspensión. Las barbotinas defloculadas alcanzan la fluidez adecuada con la cuarta parte de su peso en agua. La defloculación tiene por objeto conseguir una barbotina con un bajo índice de encogimiento y que, al mismo tiempo, no moje en exceso los moldes.

En primer lugar se mide la cantidad de agua que va a necesitarse, según el peso de la arcilla seca, y se le añade el electrolito; a continuación se vierte esta solución en un recipiente de plástico y

Posteriormente se agrega la arcilla. Para esto es necesario contar con una mezcladora, dotada de unas aspas que giren con relativa lentitud. Tras algunas horas de funcionamiento, el agua y la arcilla contenidas en el recipiente formarán una mezcla homogénea. Para formar la barbotina debe añadirse a la arcilla el defloculante (silicato de sodio alcalino, o una mezcla 50/50 de este silicato y carbonato de sodio), entre 0.3 y 0.5% del peso en seco de la arcilla. Por ejemplo, a 25 kilos de arcilla seca, se le deben agregar 2,400 mililitros de agua y entre 30 a 45 mililitros de defloculante. La escasez de defloculante es la causa de que una barbotina requiera una cantidad excesiva de agua para fluir, y el exceso de defloculante provoca que la barbotina no fluya por haberse gelado.

Se debe tener cuidado cuando aparezcan burbujas en la barbotina; esto se debe cuando ha penetrado aire en la mezcla; si la cantidad de burbujas es grande debe adicionarse algún antiespumante. Si lo que aparece son grumos es porque la pasta no se ha desleído perfectamente o se le ha introducido en trozos muy gruesos en los tanques mezcladores. Los grumos se evitan añadiendo la arcilla sobre la solución en la preparación de la barbotina y luego tamizando la colada por un tamiz (malla 100 o 120). Cuando se haya obtenido una barbotina para vaciado de buena calidad, hay que extremar las precauciones para conservarla en buenas condiciones. Debe dejarse reposar por lo menos durante 48 horas antes de usarse.

Posterior a su preparación, la barbotina será almacenada en recipientes de plástico retornables, lista para su uso.

6.3.6 Costos del tratamiento para elaboración de barbotina

Los costos requeridos para un proceso de beneficio adecuado y eficiente en el centro de acopio para las 29 toneladas extraídas mensualmente son los siguientes:

COSTOS	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Beneficio vía seca			\$ 5'519,200
Defloculante	20	\$ 3,500	\$ 70,000
Mezcladora	1	\$ 100,000	\$ 100,000
Tamiz	1	\$ 5,000	\$ 5,000
Recipientes	300	\$ 700	\$ 210,000
COSTO TOTAL			\$ 5'904,200
VENTAS (caneca 5 galones)	1,200	\$ 6,000	\$ 7'200,000
UTILIDAD			\$ 1'295,800

Tabla 23. Costos, ventas y utilidades inferidas del beneficio y tratamiento de la arcilla en la preparación de barbotina para el plan de suministro de materias primas.

Los costos de la maquinaria están dados como alquiler mensual. Se prevé que cada taller consuma 4 canecas de barbotina al mes; cada caneca de cinco galones sería vendida a \$ 6,000. De esta manera los artesanos no incurrir en gastos de producción como el costo del agua y defloculantes; además disponen de más tiempo libre para dedicarle a cada pieza cerámica elaborada, lo que aumentará la calidad de la misma, y por ende, el precio de venta.

6.3.7 Procesos de tratamiento para formulación de pastas

Bajo las condiciones actuales de producción de cerámica en el municipio de Pitalito no es necesaria una nueva formulación de pastas, pero si en un futuro se piensa que se pueden innovar los productos cerámicos en usos como cerámica utilitaria, es preciso realizar formulación de pastas.

En la práctica no es fácil proponer composiciones de pastas a partir de productos naturales debido a la inmensa variabilidad existente en la naturaleza. Sin embargo se trata de exponer algunos criterios y formas de cálculo para preparar pastas.

Tradicionalmente la composición de las pastas triaxiales se puede expresar como una receta que relaciona la proporción de materiales principales en la mezcla total. En la práctica esta receta puede fallar porque las materias primas, a medida que se va avanzando en el frente de explotación, pueden cambiar en cuanto a su composición particular.

Otro procedimiento es el de recalcular la mezcla de acuerdo al contenido de minerales principales en las materias primas, los cuales son cuarzo, feldespato y arcilla, para obtener la proporción real de estos tres componentes. Así se pueden comparar significativamente las pastas.

Con los datos de los análisis de granulometría y de mineralogía de arenas y arcillas (tablas 8, 12 y 13) y luego de recalcular la mezcla, se obtuvo la proporción de la arcilla de la mina Salesiano: Cuarzo 40%, Feldespato 30% y Arcilla 30%.

Posteriormente se intentó normalizar las formulaciones basándose en un análisis químico completo de las materias primas expresando sus valores en términos de óxidos como porcentaje en peso. Así los tres componentes serían:

- La alúmina y óxidos semejantes como R_2O_3 : Al_2O_3 , Fe_2O_3 .
- Los óxidos fundentes como R_2O : Na_2O , K_2O , CaO , MgO .
- Los óxidos no plásticos como RO_2 : SiO_2 , TiO_2 .

De acuerdo a los datos del análisis químico de elementos (tabla 4) y luego de recalcular, se obtuvo la proporción de óxidos de arcillas de algunas minas de Pitalito y Timaná:

Óxidos (% en masa)	Salesiano	Bajo Solarte	Yaboró	El Maco	Las Juntas	San Calixto
Alúmina y semejantes	25	21	21	24	18	25
Fundentes	5	2	2	2	1	1
No plásticos	70	77	77	74	81	74

Tabla 24. Componentes triaxiales de óxidos para algunas muestras de arcilla en varias minas de Pitalito.

Al profundizar en el estudio de las reacciones que se suceden en el proceso cerámico, se estableció que el grado de las transformaciones depende no solamente de la composición química sino de la composición mineralógica de las materias primas, su granulometría, área superficial, método de

molienda y moldeo y procesos de secado y cocción. Así que en la actualidad es necesario tener en cuenta todas las variables incluidas en el proceso.

Pastas de baja temperatura. A continuación se presentan unas fórmulas prácticas para componer pastas de baja temperatura (1,000°–1,080°C) para moldeo manual que se pueden probar y adaptar según el comportamiento de cada material. Los materiales deben pesarse en seco.

Material	Porcentaje (%)			
	Arcilla	65	65	64
Caolín	4	5	6	7
Cuarzo	16	13	12	10
Feldespatos	3	4	3	8
Carbonato de calcio	12	13	15	12

Tabla 25. Algunas fórmulas de pastas de baja temperatura.

El caolín puede eliminarse si se desea reemplazándolo por arcilla. Todos los materiales incluidos en las fórmulas anteriores son insolubles en agua, de manera que si se hubieran mojado durante el almacenamiento pueden volver a usarse, pero antes de pesarse deben estar secos. Como la arcilla de Salesiano es impura, por contener porcentajes de fundentes naturalmente mezclados, tales como la cal o el hierro, no se añadirá cal porque su temperatura de fusión resultará demasiado baja, si no que se añadirá cierto porcentaje de cuarzo, o caolín o chamota a fin de elevar su refractariedad. Es preciso efectuar pruebas de horno.

Pastas de talco. Utilizando talco industrial como antiplástico (y a la vez poderoso fundente) se obtienen buenas pastas (pueden hornearse entre 1,000°-1,500°C), resistentes a las variaciones de temperatura del horno. Permiten una buena adaptación de los esmaltes y dan buena vitrificación y sonoridad a las pastas. El talco no debe contener óxido de hierro ni calcio.

Material	Porcentaje (%)			
	Arcilla	60	50	55
Caolín		10	5	
Talco	25	25	40	20
Feldespatos				5
Chamota mediana	15	15		15

Tabla 26. Algunas fórmulas de pastas de talco de alta temperatura.

La primera fórmula es ideal para los hornos artesanales a leña; así no se agrietan ni explotan las piezas. Las tres últimas fórmulas sirven para preparar "pastas térmicas", o sea para productos que resistan las variaciones térmicas del horno casero (cocina) e incluso de la llama.

Una vez dosificados y medidos los componentes determinados para la elaboración de la pasta, éstos deben incorporarse. El mezclado requiere que los materiales estén secos, aunque pueden contener cierto grado de humedad; es necesario contar con una báscula pues de ella depende la exactitud en peso de las diferentes mezclas que se deben hacer para el tipo de pieza que se va a elaborar. La mezcla debe hacerse en cilindros giratorios o en una mezcladora.

7. EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

De acuerdo a la Ley 685 del 2001, todos los proyectos de explotación minera requieren de Licencia Ambiental, la cual se otorgará de manera global. Para el trámite de la licencia ambiental es necesaria la aprobación previa de un Estudio de Impacto Ambiental, que incluya medidas para prevenir, mitigar, corregir o compensar los impactos ambientales ocasionados por las obras y trabajos de explotación. De acuerdo con el artículo 52, numeral 2º, de la Ley 99 de 1993 en concordancia con el artículo 8 del Decreto 1728 de 2002, en este caso la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM) es la autoridad competente para otorgar la licencia para la ejecución de este proyecto minero.

Entre los impactos más notorios se encuentran la remoción y pérdida del suelo, la generación de estériles y escombros, la remoción y pérdida de cobertura vegetal (y por ende el desplazamiento de comunidades faunísticas), los cambios en el uso del suelo y la modificación del paisaje. Estos impactos ambientales se presentan por la alteración, tanto positiva como negativa, de los componentes bióticos, abióticos y sociales del medio.

Para la evaluación de impactos ambientales se hace, en primer lugar, una correlación de las actividades realizadas para montaje, explotación y desmantelamiento del proyecto minero con cada uno de los impactos potenciales. Luego se procede a la valoración de los impactos, de acuerdo a criterios cualitativos, para establecer una magnitud; finalmente se hace referencia a las medidas de manejo ambiental de acuerdo con la relación específica de las actividades generadoras del impacto o los impactos.

7.1 IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES EN LA EXPLOTACIÓN MINERA

El método empleado para la identificación de los impactos ambientales es la matriz Causa-Efecto (figura 23), en la que se relacionan las actividades generadoras de impacto, con los factores ambientales susceptibles de afectación.

7.2 VALORACIÓN DE LA MAGNITUD DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

Para complementar la evaluación de los impactos ambientales, se determinó la magnitud del impacto generado, partiendo de la matriz de causa y efecto. La magnitud de los impactos depende de varios factores como localización, tamaño del área, métodos de explotación minera, cantidad de trabajadores, cercanía a vías de acceso, relieve del lugar, suelo, cercanía a asentamientos humanos y presencia de cuerpos de agua.

IMPACTOS POTENCIALES		ACTIVIDADES	ACTIVIDADES Y TRABAJOS DE EXPLOTACIÓN							
			Construcción y montaje		Arranque		Transporte y almacenamiento de materiales		Cierre	
			Construcción de patios de acopio	Adecuación de vías	Remoción de estériles	Extracción del mineral	Cargue	Transporte	Patios de acopio	Disposición de escombros
COMPONENTE AMBIENTAL	Abiótico	Afectación de la dinámica de aguas superficiales								
		Generación de ruidos								
		Remoción en masa y pérdida del suelo								
		Activación de procesos erosivos								
		Hundimiento del terreno								
	Biótico	Remoción y pérdida de cobertura vegetal								
		Afectación de comunidades faunísticas								
	Social	Generación de expectativas								
		Generación de empleo								
		Cambio en el uso del suelo								
Modificación del paisaje										
		Afectación de la infraestructura pública y privada								

Tabla 27. Matriz causa-efecto para las actividades, obras y trabajos de explotación.

7.2.1 Relación de actividades, impactos y medidas de manejo

Se presenta una correlación entre las actividades que generan los impactos, los impactos mismos y las medidas de manejo. Estas medidas serán la base para la gestión ambiental que se debe realizar posteriormente.

Impactos en el componente aire (ruido)			
Actividades que generan impacto	Impactos	Atributo cualitativo	Valoración
<ul style="list-style-type: none"> • Construcción y montaje • Remoción de estériles • Extracción del material • Cargue • Transporte • Patios de acopio • Disposición de escombros 	Incremento en los niveles de ruido.	Intensidad	Media
		Duración	Temporal
		Recuperación	Recuperable
		Ocurrencia	Segura
		Extensión	Puntual
		Periodicidad	Discontinua
		Manifestación	Inmediata
		Carácter	Negativo
Medidas de manejo	Manejo del ruido		

Impactos en el componente agua

Actividades que generan impacto	Impactos	Atributo cualitativo	Valoración
<ul style="list-style-type: none"> • Patios de acopio • Construcción y adecuación de vías • Remoción de estériles • Extracción del material • Frentes mineros 	Afectación de la dinámica de cuerpos de agua superficiales.	Intensidad	Baja
		Duración	Temporal
		Recuperación	Reversible
		Ocurrencia	Segura
		Extensión	Parcial
		Periodicidad	Continua
		Manifestación	Latente
Carácter	Negativo		
Medidas de manejo	Manejo de aguas lluvias Manejo de cuerpos de agua Manejo de estériles y escombros Manejo de vías		

Impactos en el componente suelo

Actividades que generan impacto	Impactos	Atributo cualitativo	Valoración
<ul style="list-style-type: none"> • Construcción y montaje • Remoción de estériles • Extracción del material • Disposición de escombros 	Remoción en masa y pérdida del suelo.	Intensidad	Alta
		Duración	Permanente
		Recuperación	Reversible
		Ocurrencia	Segura
		Extensión	Parcial
		Periodicidad	Continua
		Manifestación	Inmediata
Carácter	Negativo		
Medidas de manejo	Manejo de cuerpos de agua Manejo del suelo Control de erosión Manejo de estériles y escombros Manejo de fauna y flora Plan de recuperación		

Impactos en el componente suelo (activación de erosión)

Actividades que generan impacto	Impactos	Atributo cualitativo	Valoración
<ul style="list-style-type: none"> • Construcción y montaje • Remoción de estériles • Extracción del material 	Activación de procesos erosivos.	Intensidad	Media
		Duración	Permanente
		Recuperación	Recuperable
		Ocurrencia	Probable
		Extensión	Puntual
		Periodicidad	Irregular
		Manifestación	Latente
Carácter	Negativo		
Medidas de manejo	Control de erosión Plan de recuperación		

Impactos en el componente flora

Actividades que generan impacto	Impactos	Atributo cualitativo	Valoración
<ul style="list-style-type: none"> • Construcción y montaje • Remoción de estériles • Extracción del material • Disposición de escombros 	Remoción y pérdida de cobertura vegetal.	Intensidad	Alta
		Duración	Pertinaz
		Recuperación	Reversible
		Ocurrencia	Segura
		Extensión	Parcial
		Periodicidad	Discontinua
		Manifestación	Inmediata
	Carácter	Negativo	
Medidas de manejo	Manejo de vías Manejo de fauna y flora Educación ambiental Plan de recuperación		

Impactos en el componente fauna

Actividades que generan impacto	Impactos	Atributo cualitativo	Valoración
<ul style="list-style-type: none"> • Construcción y montaje • Remoción de estériles • Extracción del material • Disposición de escombros 	Afectación de comunidades faunísticas.	Intensidad	Media
		Duración	Pertinaz
		Recuperación	Reversible
		Ocurrencia	Probable
		Extensión	Parcial
		Periodicidad	Discontinua
		Manifestación	Latente
	Carácter	Negativo	
Medidas de manejo	Manejo de vías Manejo de fauna y flora Educación ambiental Plan de recuperación		

Impactos en el componente social (generación de expectativas)

Actividades que generan impacto	Impactos	Atributo cualitativo	Valoración
<ul style="list-style-type: none"> • Construcción y montaje • Extracción del material • Transporte • Cierre y abandono • Patios de acopio • Disposición de escombros 	Generación de expectativas. Generación de empleo.	Intensidad	Media
		Duración	Permanente
		Recuperación	Reversible
		Ocurrencia	Segura
		Extensión	Extrema
		Periodicidad	Continua
		Manifestación	Inmediata
	Carácter	Positivo/ Negativo	
Medidas de manejo	Plan de gestión social Educación ambiental Fortalecimiento institucional Contratación de mano de obra		

Impactos en el componente social (afectación de la infraestructura pública y privada)

Actividades que generan impacto	Impactos	Atributo cualitativo	Valoración
<ul style="list-style-type: none"> • Construcción y montaje • Remoción de estériles • Extracción del material • Transporte • Patios de acopio 	Afectación de la infraestructura pública y privada.	Intensidad	Baja
		Duración	Temporal
		Recuperación	Irreversible
		Ocurrencia	Poco probable
		Extensión	Parcial
		Periodicidad	Irregular
		Manifestación	Latente
Carácter	Negativo		
Medidas de manejo	Manejo del ruido Manejo de vías Plan de gestión social Educación ambiental Fortalecimiento institucional		

Impactos en el componente social (cambios en el uso del suelo)

Actividades que generan impacto	Impactos	Atributo cualitativo	Valoración
<ul style="list-style-type: none"> • Construcción y montaje • Remoción de estériles • Extracción del material • Patios de acopio • Disposición de escombros 	Cambios de uso en el suelo.	Intensidad	Baja
		Duración	Fugaz
		Recuperación	Reversible
		Ocurrencia	Poco probable
		Extensión	Parcial
		Periodicidad	Irregular
		Manifestación	Inmediata
Carácter	Negativo		
Medidas de manejo	Plan de gestión social Manejo paisajístico Plan de recuperación		

Impactos en el componente social (modificación del paisaje)

Actividades que generan impacto	Impactos	Atributo cualitativo	Valoración
<ul style="list-style-type: none"> • Construcción y montaje • Remoción de estériles • Extracción del material • Patios de acopio • Disposición de escombros 	Modificación del paisaje.	Intensidad	Media
		Duración	Permanente
		Recuperación	Reversible
		Ocurrencia	Segura
		Extensión	Parcial
		Periodicidad	Continua
		Manifestación	Inmediata
Carácter	Negativo		
Medidas de manejo	Manejo paisajístico Plan de recuperación		

7.3 MANEJO DE IMPACTOS AMBIENTALES

7.3.1 Manejo de aguas lluvias

Las aguas lluvias se deben manejar prioritariamente a través del control y conducción en lugares críticos, mediante la construcción de obras de drenaje como cunetas. Para garantizar el correcto manejo de aguas lluvias se construirá un canal interceptor sobre el perímetro de la instalación.

7.3.2 Manejo de cuerpos de agua

La mayoría de las actividades del proyecto minero tienen efectos negativos sobre la cantidad y calidad de los cuerpos de aguas superficiales. Para el desarrollo de un sistema de manejo se tomarán las siguientes medidas:

El diseño de los sistemas de drenaje tendrá en cuenta la permeabilidad natural del terreno, la tendencia general del drenaje natural, la topografía, la intensidad y la frecuencia de la precipitación pluvial, las áreas de afluencia y los tiempos de concentración.

Disponer el material estéril producto de las excavaciones y/o cortes en los alrededores del sitio en forma tal que no interrumpa los drenajes naturales.



Figura 24. Revegetación en márgenes hídricos como franjas protectoras.

7.3.3 Manejo del ruido

Existen tres maneras diferentes de reducir el ruido: disminuir la fuerza de la fuente con el rediseño o reemplazo, modificar la ruta de propagación con el uso de pantallas, encerramiento, etc., y proteger o aislar al receptor. El método más efectivo y utilizado para control técnico del ruido es la reducción de la fuerza de la fuente.

- El manejo del ruido en la minería se debe realizar con arborización.

7.3.4 Manejo del suelo

Es necesario conservar la cobertura vegetal de desmonte para que aporte la materia orgánica a la capa superficial del suelo. Puede ser conveniente el aporte de materia orgánica a capas menos orgánicas que quedan expuestas luego de la explotación minera, ya que allí existe material estéril para el crecimiento vegetal. Se deben generar las condiciones para que el suelo inicial sea conservado de una manera adecuada en pilas que permitan su protección contra la erosión y su posterior reutilización. Algunas recomendaciones para el manejo del suelo son:

- Se deben definir los sitios de apilamiento de los suelos con suficiente anticipación a la remoción de los mismos. En lo posible deberán ubicarse circundando la explotación, en sitios que no vayan a ser minados.
- Para el almacenamiento de suelos se deben establecer pilas con formas apropiadas y ajustadas al espacio disponible, teniendo presente no acumular demasiado suelo en un mismo sitio, ya que con alturas excesivas en el suelo más interior se inhibe la capacidad de intercambio gaseoso y la posibilidad de conservar la microfauna.
- Remover el suelo del área que se va a descapotar para minería evitando su contaminación y trasladarlo posteriormente al sitio de apilamiento en donde deberá controlarse el paso excesivo de los camiones, con el fin de evitar la compactación de los suelos y así preservar su estructura.
- Para hacer conservación y manejo del suelo en pila de forma económica, se recomienda la aireación periódica por volcamiento, cuando no se haya revegetado su superficie, o la implantación directa de una cobertura de herbáceas resebrada para su protección que evita la migración y pérdida de material por acción de la lluvia y el viento.
- Los suelos en el lote de la mina son fuertemente ácidos; pueden ser neutralizados con adición de cal.

7.3.5 Control de la erosión

Para evitar la erosión se debe minimizar el contacto directo del agua con el suelo descubierto, mediante la implementación de medidas de carácter constructivo y biótico.

En el talud se deben definir las cunetas y las vías de drenaje. De lo contrario la escorrentía abrirá sus propias vías para proseguir su camino hacia sitios más inferiores, acarreado saturación del terreno y abriendo posibles boquetes.

Las especies vegetales que se planten deben seguir el patrón de bosques de la zona, o ser sugeridas por la autoridad ambiental o por guías técnicas de bosques a nivel regional. En todo caso se deben evitar plantaciones monoespecíficas (una o pocas especies), y prevenir las combinaciones de especies que estén en correspondencia con las condiciones edáficas y climáticas.

7.3.6 Manejo de estériles y escombros

Los estériles generados en la actividad minera deben disponerse en sitios especiales, debidamente protegidos de la dispersión y el arrastre; su ubicación debe estar definida desde la planeación. Además deberán evaluarse las alteraciones que puedan producirse sobre el medio natural por los cambios en el régimen de escorrentía superficial, la pérdida del suelo, las alteraciones geomorfológicas, la eliminación de hábitats animales, la aceleración y el aumento de los procesos erosivos, una vez se hayan restaurado los terrenos. Para el manejo de escombros se tendrán en cuenta las siguientes medidas:

- El tamaño y forma de las escombreras estará determinado por el volumen de estéril que se removerá para la extracción del material.
- Los botaderos de estériles deben ubicarse lejos de toda fuente o cuerpo de agua.
- Se recomienda evitar la acumulación vertical de escombros.
- El dimensionamiento físico de los botaderos debe proveer la suficiente capacidad para manejar el total de estériles producidos, permitiendo el adecuado drenaje de las aguas de escorrentía.

7.3.7 Manejo de vías

- Asegurar que los accesos existentes utilizados permanezcan en buenas o iguales condiciones a las preexistentes, realizando las adecuaciones necesarias a los accesos existentes para evitar su deterioro.
- Deben implementarse drenajes y otras obras propias de la contención de la erosión y desestabilización de taludes. En terrenos con pendiente se deben adecuar barreras vivas y obras de contención.

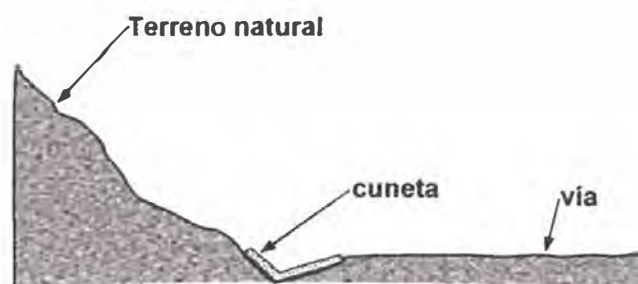


Figura 25. Ejemplo de adecuación de accesos.

7.3.8 Manejo de Fauna y Flora

La explotación minera ocasiona fuertes impactos ambientales sobre las comunidades de fauna y flora. Las formas más comunes de manejo ambiental inician con el diseño de un plan de conservación de las mismas.

- Separación de la capa orgánica y conservación para uso posterior.
- El manejo del componente biótico para los sitios degradados por la explotación minera, inicia con la recuperación del suelo, a partir del aporte de materia orgánica y del manejo de su humedad correspondiente. Estas medidas son básicas para que el suelo recupere su estructura y función como sustrato de la vegetación.
- La reforestación es una medida de recuperación de la cubierta vegetal, que debe realizarse bajo la asesoría de expertos.
- De acuerdo a las características y condiciones del suelo en el lote de la mina como pH fuertemente ácido, textura arcillosa, alto nivel de fósforo disponible, bajo nivel de materia orgánica, moderada capacidad de intercambio catiónico, alta saturación de bases, altos niveles de hierro y con limitantes para ciertos cultivos moderadamente tolerantes, una vez recuperado el suelo se pueden sembrar pastos, con fertilización nitrogenada.
- Si se piensa sembrar especies forestales, como guadua, al inicio del periodo de lluvias antes del trasplante y al momento de abrir los hoyos, se aplica cal dolomita mezclada con suelo en el fondo del hueco; al momento del trasplante se deben llenar los hoyos hasta la mitad con una mezcla de suelo y abono orgánico (compost o gallinaza); se trasplanta el árbol y se llenan los hoyos con una mezcla de suelo y el fertilizante (bórax: 25 gramos/planta; sulfato de zinc: 2.5 gramos por planta). Cuatro a cinco meses después del trasplante, se escarifica el suelo alrededor del árbol y se aplica el fertilizante tapado con el suelo de la escarificación.
- Si se piensa sembrar especies arbóreas de fruto, como cacao, al inicio del periodo de lluvias un mes antes del trasplante y en el momento de abrir los hoyos, se aplica el material de encalado mezclado con suelo en el fondo del hueco; se aplica en el fondo del hoyo de 5 a 10 kilos por árbol de abono orgánico bien descompuesto (compost o gallinaza) mezclados con el suelo y el fertilizante (bórax: 25 gramos/planta; sulfato de zinc: 2.5 gramos/planta). Un mes después de aplicado el fertilizante se hace una escarificación alrededor del árbol y se aplica el fertilizante cubriéndolo con los residuos de la escarificación.
- El proceso de recuperación de la cubierta vegetal lleva tiempo y presupuesto. Se debe hacer mantenimiento de las especies como podas y sanidad vegetal, si es necesario, durante el tiempo que requiera para su autosostenimiento.

7.3.9 Plan de gestión social

Se fundamenta en el compromiso constitucional de informar a las comunidades localizadas en el área de influencia directa del proyecto, sobre la naturaleza del mismo, los impactos ambientales identificados y las medidas previstas.

- Para el desarrollo del programa es necesario tener en cuenta el reconocimiento de la diversidad social y cultural de las comunidades.
- En la planeación específica para las actividades relacionadas con la explotación, se deben realizar reuniones con la comunidad en las que se expongan algunos detalles pertinentes y de interés comunitario, las características de las obras, las posibles afectaciones en el predio y las posibilidades reales de empleo local.

7.3.10 Educación ambiental

La educación ambiental es la base de una buena gestión ambiental, ya que facilita la planeación y ejecución del manejo ambiental y posibilita la disminución de los efectos negativos que pueda generar el proyecto minero.

La participación del personal vinculado al proyecto dentro de los programas de educación ambiental tiene varios objetivos, entre los cuales está la promoción del respeto por los recursos naturales renovables de influencia del proyecto minero. Algunos de los temas sugeridos para realizar el programa de educación ambiental minero son:

- Concientización ambiental del propietario de la mina, mineros, beneficiadores, distribuidores y artesanos relacionados directa o indirectamente con el proyecto.
- Normatividad legal regional y nacional sobre la protección ambiental, entidades encargadas de su regulación.
- Importancia de los recursos naturales renovables sobre el paisaje regional y sus funciones ecológicas de beneficio humano directo e indirecto.
- Importancia de una buena gestión y desempeño minero.
- Importancia del cumplimiento ambiental.
- Es importante para la eficiencia del programa de educación ambiental efectuar un seguimiento a su calidad y resultados.

7.3.11 Fortalecimiento institucional

Es muy importante para el proyecto minero mantener una buena imagen que le permita mejorar la coordinación con las autoridades municipales, departamentales, ambientales, mineras y las demás que se encuentren presentes en el área de influencia del proyecto. El fortalecimiento institucional de la empresa minera debe estar contemplado durante toda su vida útil. Las medidas recomendadas para el fortalecimiento institucional contemplan:

- Armonizar las relaciones internas, al igual que las externas con la Alcaldía, Gobernación del Huila, Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena, Cámara de Comercio seccional Pitalito y otras entidades del sector público de interés, buscando mecanismos de concertación entre estas y la comunidad, de tal forma que se aclaren participaciones económicas, responsabilidades, deberes y derechos.
- Determinar la organización que será reconocida como único interlocutor válido.
- Selección de los proyectos o actividades en los cuales participará la empresa.

7.3.12 Contratación de mano de obra

En el desarrollo de las actividades de explotación y de beneficio y tratamiento se requiere contratar personal de apoyo. Esta situación puede ser positiva, si es vista como generación de empleo y de

mayores ingresos para la zona; pero también puede ser negativa, porque puede generar problemas de inequidad. Se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Determinación de las necesidades de mano de obra, con base en los requerimientos de cada actividad propia de la explotación minera, beneficio, transformación y distribución.
- Incentivar los grupos asociativos que puedan servir de contratistas a la empresa.
- Debe establecerse claramente el perfil de las personas que se requieren para el proyecto y hacer una selección objetiva de los solicitantes.

7.3.13 Manejo paisajístico

La explotación minera ocasiona efectos sobre el escenario paisajístico, ya que el contraste entre los elementos de la explotación, los huecos y el entorno genera un impacto visual. Para el manejo del paisaje se tendrán en cuenta los siguientes criterios:

- Localización de las instalaciones: Se debe buscar siempre armonizar el área de trabajo con el medio circundante, de tal forma que el observador ajeno a los proyectos mineros no tenga un impacto visual negativo, o que por el contrario su impresión sea mínima.
- Localización de escombreras: Se deben ubicar de tal forma que las estructuras armonicen con el paisaje.
- Mantenimiento: Se deben establecer pantallas visuales de vegetación.
- Cuando se dispone de materiales estériles de la propia explotación, es posible efectuar un relleno parcial de los frentes para conseguir un perfil de terreno suave y extender sobre ellos la capa de tierra vegetal.

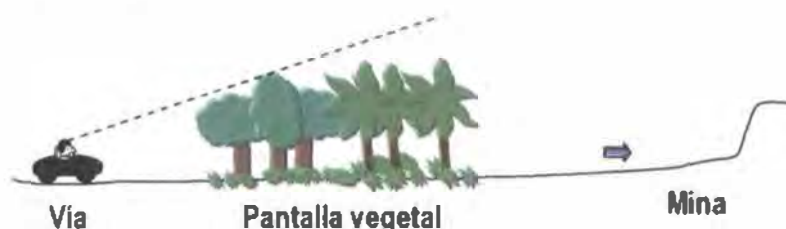


Figura 26. Ejemplo de pantalla visual con vegetación.

7.3.14 Plan de recuperación

La rehabilitación de los terrenos afectados por la actividad minera, constituye una actividad de gran importancia por cuanto permite el aprovechamiento posterior de las áreas afectadas por las labores extractivas. Una de las formas de recuperación más utilizadas, para los suelos degradados, es la revegetación posterior a un perfilamiento topográfico, la cual permite recobrar la productividad biológica del suelo, la protección de los recursos hídricos, la minimización de la erosión y el acondicionamiento paisajístico de lugar.

La recomposición de los terrenos no debe dejarse para una etapa final, 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 áreas ya explotadas. Así, los suelos recuperados constituyen el soporte de especies de flora que van a contribuir a la fijación de los mismos y, conjuntamente con la revegetación de taludes con especies nativas adaptadas al lugar, el laboreo de suelos y el manejo controlado de 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. Una secuencia de pasos de recuperación puede ser la siguiente:

- Incorporación de los materiales procedentes de las escombreras dentro de los huecos, zanjas y frentes de explotación.
- La recuperación del terreno alterado por la explotación minera.
- La revegetación general de la zona para su integración en el entorno.

7.4 SEGUIMIENTO, MONITOREO Y EVALUACIÓN

El monitoreo ambiental se hace después de que se han establecido las medidas de manejo ambiental par el proyecto minero. Es un procedimiento válido para verificar la eficacia de la ejecución de dichas medidas. Para realizar el monitoreo se seleccionan indicadores específicos, por medio de los cuales se pueden identificar los cambios que está generando el proyecto. Los datos obtenidos en el monitoreo permiten reevaluar acciones con el fin de corregir, minimizar o mitigar las posibles afectaciones.

El principal objetivo del monitoreo es realizar mediciones sistemáticas y hacerle seguimiento a cada uno de los componentes en los cuales sus actividades produzcan impactos y frente a los cuales se implementan medidas de manejo. Seguidamente se deben confrontar los datos del monitoreo con los criterios de calidad establecidos por la normatividad ambiental, o por los estándares de calidad que hayan sido adoptados, con el fin de establecer la eficiencia y eficacia de las medidas de control y de manejo implementados. Esta evaluación debe consignarse en informes. Este seguimiento se realiza durante las etapas de desarrollo, extracción y cierre (recuperación) de las explotaciones.

Para el monitoreo ambiental se sugiere tener en cuenta los siguientes aspectos: sitios de muestreo, parámetros de medición, frecuencia de muestreo, tipo de muestras, equipo de muestreo, muestreo, aseguramiento de calidad de las muestras, registro en informe de resultados.

7.4.1 Especificaciones del programa de monitoreo

En el Estudio de Impacto Ambiental del proyecto se definen los parámetros a medir, los sitios de muestreo, los métodos de medición y la frecuencia del monitoreo. La siguiente tabla presenta los parámetros que conforman el programa para el desarrollo de esta actividad:

RECURSO	COMPONENTE	PARÁMETRO	SITIOS DE MUESTREO	FRECUENCIA
SUELO	Suelos	Características químicas y biológicas.	En las pilas el suelo.	Semestral, una vez alcanzada su capacidad de diseño.
	Estériles	Características químicas y físicas.	En los depósitos de material.	De acuerdo con el modelo geológico y el plan minero de corto plazo.
	Escombreras	Procesos erosivos.	Escombreras.	De acuerdo con la capacidad de diseño y el desarrollo de la escombrera.
VEGETACIÓN	Deforestación	Inventario forestal	En las áreas que van a ser descapotadas.	Antes de iniciarse cualquier descapote.
	Reforestación	Producción de plántulas y superficie plantada	Áreas a reforestar.	De acuerdo con el calendario de siembra y período de estabilización.
PAISAJE	Manejo integral del paisaje	Descapote, deforestación	Áreas intervenidas para operaciones mineras.	De acuerdo con el desarrollo del plan minero.
SOCIAL	Gestión comunitaria	Actividades de apoyo a comunidades y proyectos interinstitucionales.	Comunidades ubicadas en el área de influencia del proyecto minero, municipios y entidades regionales.	De acuerdo con la dinámica del plan de gestión social.

Tabla 28. Parámetros de seguimiento y monitoreo como referente para el Estudio de Impacto Ambiental.

8 CONCLUSIONES

- El valle de la región de Pitalito se formó a principios del Cuaternario bajo condiciones de fallamiento y plegamiento, dando origen a un lago alimentado por diversas corrientes fluviales, principalmente los ríos Guarapas y Guachicos. En este valle fueron acumulándose sedimentos, y con la fluctuación del nivel del lago se generaron capas de arcillas intercaladas con arenas y limos.
- La arcilla de la mina Salesiano es una arcilla altamente plástica al tacto. Se compone de arcilla, arcilla limosa y limo arcilloso con algo de materia orgánica, color café oscuro y gris claro. La textura es lodo y es un material finogranular inorgánico que se clasifica como arcilla de alta plasticidad.
- La arcilla de la mina Salesiano presenta el mejor porcentaje de alúmina para que la pasta de moldeo obtenga una buena resistencia, en comparación con las muestras de arcilla de otras minas; también presenta la mayor cantidad de óxidos que actúan como fundentes, especialmente de K_2O .
- La mineralogía de la fracción arena de la arcilla de Salesiano está dominada por plagioclasas, fragmentos líticos sedimentarios y cuarzo. La mineralogía de la fracción arcilla es principalmente caolinita, seguida de illitas, montmorillonita y vermiculita.
- La arcilla de la mina Salesiano se clasifica según su origen como arcilla sedimentaria lacustre; según sus propiedades y contenido de óxidos se acerca al grupo de las arcillas grasas, con algunas características semirrefractarias; según la mineralogía de la fracción arcilla se clasifica como arcilla caolinítica, y según la clasificación de ceramistas se acerca al grupo de las arcillas plásticas.
- La extracción se efectúa sin ningún control desde el punto de vista técnico. Tampoco existe reposición de la capa vegetal ni se establecen condiciones agrológicas para que la mina se pueda reponer con el tiempo mediante cultivos.
- No hay métodos estandarizados en el beneficio de la arcilla; el proceso se limita a un trabajo mecánico sobre el material sin conocer cuales son las características que deben cumplir las arcillas para obtener una mejor calidad de los productos.
- Los tres beneficiadores principales venden 312 ton/año de barro; de esta cantidad el 5% llega a manos de artesanos de San Agustín, Timaná, Neiva y Bogotá. El ingreso neto mensual promedio de los tres beneficiadores y distribuidores de barro es de aproximadamente \$204,000.

- Hay falta de mentalidad empresarial en los artesanos, pues la mayoría aunque planean la producción que van realizar, de acuerdo al pedido, no llevan registro de los costos de la misma, no conocen los gastos y los ingresos; de igual manera no hay claridad de cual es el porcentaje de utilidad que deja los productos elaborados.
- No todos los artesanos definen los precios de venta de la cerámica teniendo en cuenta el costo de lo invertido más la utilidad deseada; bastantes no tiene idea de la cuantificación del costo y venden sus productos al precio que es comercializado en el mercado, es decir, al precio que ofrecen los demás artesanos (competencia) o a los precios pagados por los intermediarios.
- Existen aproximadamente 300 talleres de cerámica artesanal en Pitalito, que consumen 315 ton/año de barro; en promedio en un taller laboran entre tres y cuatro artesanos, con un consumo de 6 a 8 arrobos mensuales. El ingreso neto mensual promedio de un taller artesanal es de aproximadamente \$707,000.
- Las reservas probables esperadas de material arcilloso en la mina Salesiano son de 2,275 ton. El ritmo de explotación aproximado es de 340 ton/año. La vida de estas reservas es de seis años y ocho meses.
- Las labores de extracción deben realizarse a cielo abierto con un método de explotación de contorno. Sería conveniente el empleo de un buldózer liviano o una pala mecánica. El centro de acopio de arcillas debe tener un área amplia con una zona cubierta donde se descargue la materia prima protegida de la contaminación por aguas superficiales y de la lluvia. En esta misma área se deberán realizar los procesos de beneficio y tratamiento de arcillas.
- De implementarse el Plan de suministro de arcillas, como el expuesto en este documento, en el cual se establezcan los parámetros para llevar a cabo de manera eficiente los procesos de explotación, beneficio y tratamiento de la materia prima, necesariamente el precio de ésta aumentará, debido al mayor costo de la mano de obra y equipos requeridos. Sin embargo, los artesanos necesariamente deben disminuir sus costos de producción. Debido a la mejor calidad lograda en la arcilla, pasta o barbotina procesada en un centro único de acopio y distribución de materias primas, los precios de venta de las cerámicas elaboradas con ellas deben aumentar, elevando a su vez las utilidades de los artesanos.
- Los impactos ambientales más notorios en la explotación minera se encuentran la remoción y pérdida del suelo, la generación de estériles y escombros, la remoción y pérdida de cobertura vegetal, los cambios en el uso del suelo y la modificación del paisaje.

9 RECOMENDACIONES

- Continuar el estudio de estos materiales arcillosos con técnicas y herramientas adicionales como la microscopía electrónica, análisis térmico y termogravimétrico, entre otras, para complementar la información publicada en el presente documento.
- Se deben ubicar lotes que estén en venta y que no estén alejados del casco urbano del municipio, para realizar en ellos una prospección detallada y un cálculo de reservas del material arcilloso, con el fin de reemplazar en un futuro los lotes en donde actualmente se extraen los barro liso y arenoso. El lote de la señora Gladys Cortés, ubicado en el barrio Bajo Solarte, presenta una capa de arcilla que contiene barro de muy buena calidad, el cual cumple las especificaciones requeridas para la elaboración de cerámica artesanal.
- Organizar y poner en funcionamiento en el municipio de Pitalito el Centro Único de Acopio y Distribución de Arcillas, de acuerdo al plan de suministro de materias primas enunciado. Para esto se debe conformar un grupo de personas que se dedique a la extracción, transporte, beneficio, tratamiento y posible distribución del material arcilloso. El propietario de la mina y los beneficiadores actuales deben ser participantes activos en el proceso de consolidación del proyecto.
- Poner en práctica las diferentes medidas preventivas, mitigadoras, correctivas y de control para el manejo de los impactos ambientales generados por la explotación de arcillas.

10 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMPIAN, S. (1980): *Clays*. En *Mineral facts and problems*. US Bureau of Mines, Dep. of the Interior, Washington. pp 183-187.

BERNAL, I. & PLAZAS, J. (1993): *Pastas cerámicas*. Convenio SENA-UN, Publicaciones SENA, Bogotá. pp 20, 28-37.

BUENO, L. & PLAZAS, J. (1993): *Industria cerámica. Moldeo*. Convenio SENA-UN, Publicaciones SENA, Bogotá. pp 11-12.

DANE (1993): *XVI Censo nacional de población y V de vivienda. Huila*. República de Colombia, DANE, Bogotá.

FOLK, R. (1954): *The distinction between grain size and mineral composition in sedimentary rock nomenclature*. *Journal Geology*, v. 62. pp 345-351.

GARAVITO, N. (1979): *Propiedades químicas de los suelos*. Subdirección Agrológica, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Bogotá. pp 321.

GRIM, R. (1968): *Clay mineralogy*. Second edition, McGraw Hill, New York. pp 596

HAMILTON, D. (2000): *Pottery and ceramics*. The Thames and Hudson Ltd., Los Angeles. pp 21-25, 59.

ICONTEC (2000): *Clasificación de suelos para propósitos de ingeniería (sistema de clasificación unificada de suelos)*. ICONTEC, Bogotá. pp 18-21.

IGAC (1976): *Plancha topográfica 388-II-D escala 1:25,000*. Subdirección Cartográfica, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Bogotá.

IGAC (1990): *Plancha topográfica 388-IV-B escala 1:25,000*. Subdirección Cartográfica, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Bogotá.

IGAC (1993): *Plancha topográfica 388-IV-A escala 1:25,000*. Subdirección Cartográfica, Instituto geográfico Agustín Codazzi, Bogotá.

IGAC (1996): *Fotografías aéreas 026, 027, 028 y 029 del vuelo C-2582 sobre 37435 a escala aproximada 1:41,600*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Bogotá.

INGEOMINAS (2000): *Inventario minero nacional. Departamento del Huila. Información secundaria*. Subdirección de Minería, Ingeominas, Bogotá.

INGEOMINAS (2001): *Mapa. Geología del Departamento del Huila, Escala 1:300,000*. Ingeominas, Bogotá.

IHC (1993): *Censo de artesanos del departamento del Huila*. Instituto Huilense de Cultura, Neiva.

- MALAGÓN, D. (1975): *Mineralogía de suelos. Sus relaciones con génesis, fertilidad y clasificación de suelos*. Subdirección Agrológica, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Bogotá.
- MALAGÓN, D. et al (1995): *Suelos de Colombia. Origen, evolución, clasificación, distribución y uso*. Subdirección Agrológica, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Bogotá.
- MARTÍNEZ, J. (1989): *Contribución al estudio de materiales arcillosos utilizados en la alfarería de la región de Ráquira, Boyacá* (trabajo de grado). Universidad Nacional, Departamento de Química, Bogotá. pp 109-116.
- MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA & MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE (2003): *Guía Minero Ambiental. Tomo 1: Exploración. Tomo 2: Explotación. Tomo 3: Beneficio y Transformación*. Bogotá.
- MOTTA, B. et al (1990): *Métodos analíticos del laboratorio de suelos*. Subdirección Agrológica, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Bogotá.
- NARRO, E. (1994): *Física de suelos: con enfoque agrícola*. Editorial Trillas, México D.F. pp 23-27, 33-35.
- NÚÑEZ, A. (1987): *Arcillas*. En *Recursos minerales de Colombia, Tomo II: Minerales preciosos, rocas y minerales no metálicos, recursos energéticos*. Publicaciones Geológicas Especiales del Ingeominas, n. 1, Bogotá. pp 637-659.
- ORCHE, E. (1999): *Manual de evaluación de yacimientos minerales*. ETSI Minas-UPM, Madrid. pp 68-75, 188-189.
- ORTEGA, D. (1994): *Consideraciones generales para interpretar análisis químicos de suelos*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Bogotá.
- REPÚBLICA DE COLOMBIA – GOBIERNO NACIONAL (2001): *Código de Minas. Ley 685 de agosto 15 de 2001*. Edición UPME, Bogotá.
- S.G.I. LTDA. (2003): *Caracterización de arcillas en el Valle de Laboyos, Pitalito (Huila)*. Gobernación del Huila, Neiva.
- SINGER, F. & SINGER, S. (1963): *Industrial ceramic*. Chapman & Hall Ltd., Londres. pp 48-68.
- SOIL SURVEY STAFF (1992): *Keys to soil taxonomy. 5th Ed. SMSS Technical monograph No. 19*. Pocahontas Press Inc., Blackburg, Virginia. pp 79, 556.