

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO BOLÍVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA**



**ESTIMACIÓN DE LAS RESERVAS Y CALIDAD DEL MINERAL
BAUXÍTICO EN AREAS MARGINALES Y FUERA DE LA
CONCESIÓN ADYACENTES AL YACIMIENTO PRINCIPAL
DEL CERRO PÁEZ DE LOS PIJIGUAOS, MUNICIPIO
GENERAL MANUEL CEDEÑO, ESTADO BOLÍVAR.**

**TRABAJO FINAL DE
GRADO PRESENTADO
POR EL BACHILLER
LUIS JIMÉNEZ. PARA
OPTAR AL TÍTULO DE
GEÓLOGO**

CIUDAD BOLÍVAR, JUNIO DE 2012

HOJA DE APROBACION

Este trabajo de grado, intitulado “**Estimación de las reservas y calidad del mineral bauxítico en áreas marginales y fuera de la concesión adyacentes al yacimiento principal del cerro Páez de los Pijiguaos, municipio general Manuel Cedeño, estado Bolívar**”, presentado por el (los) bachiller (es) **Luis Jiménez**, ha sido aprobado de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente, por el jurado integrado por los profesores:

Nombres:

Firmas:

Profesor Jesús Álvarez

(Asesor)

Profesora Gisela Silva

Profesor Jesús Fernández

Profesora Rosario Rivadulla
Jefe del Departamento de Geología

Ciudad Bolívar; Junio de 2012

DEDICATORIA

A Dios todopoderoso por haberme iluminado el camino y ayudarme en todo momento, para culminar esta bella etapa de mi vida.

A mi patrona Santa Rosalía de Palermo por darme la espiritualidad, fortaleza, confianza, salud y la paciencia para poder lograr mis metas.

A mis padres Yamira Jiménez y Geraldo Mejías con todo mi amor y cariño, por ser el ejemplo a seguir, estar conmigo en cada uno de mis pasos bien sea grandes o pequeños, lo que soy se los debo a ustedes, de corazón gracias por confiar en mí.

A mi familia por apoyarme y formar parte de este gran logro, los quiero. Mis amigos, que siempre me dieron fuerza y valor para seguir luchando por mis sueños hasta alcanzarlos.

A mis compañeros tesisistas que siempre nos apoyamos en los momentos malos y buenos, estando fuera de casa, con el objetivo de alcanzar la meta más anhelada de graduarnos.

Luis Jiménez

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primeramente a Dios por estar siempre a mi lado y guiarme por el camino del bien.

A mis padres Yamira Jiménez y Geraldo Mejías por apoyarme de todas las maneras posibles, por estar muy pendientes de mí en cada paso que doy en mi vida y por la educación que me dieron y el amor incondicional que he recibido de ustedes. De verdad muchas gracias. ¡Los Amo!

A mis abuelos Corina Jiménez y Eladio Gómez que lamentablemente ya no están en este mundo, pero sé que se sienten muy orgulloso de mí en donde quieran que se encuentren.

A mis hermanos(as) Yarismarys, Yaritza, Yarianny, Yarisbeth, Luis Ernesto y Luis Edgardo por sus consejos y apoyo incondicional que me brindaron. A ti Marítza mi amor por el apoyo incondicional prestado. Gracias a ustedes.

A todos mis tíos, en especial a mi tía Doraida y a mi tío Efrén por los consejos que me dieron y por su apoyo incondicional que me brindaron durante mi estadía en ciudad bolívar.

A todo el resto de mi familia que de alguna u otra manera me brindaron su apoyo en algún momento de mi vida.

A un amigo muy especial que cada vez que hablábamos me aconsejaba y me ha dado su apoyo incondicional de una forma u otra. De verdad muy agradecido José Bastida.

A todos mis compañeros de clases por tantas experiencias compartidas, por ayudarme en mi formación y recorrer esta hermosa etapa juntos.

A la empresa C.V.G Bauxilum por brindarme la oportunidad de realizar mi trabajo de grado en sus instalaciones. A mis tutores industriales los ingenieros Luis Guzmán, Carlos Villegas y Orlando Rodríguez por orientarme en la ejecución de mi trabajo de grado y también a todo el personal que labora en la superintendencia de geología y planificación de mina por toda la colaboración prestada. A la universidad de oriente por formarme tanto en el ámbito profesional como en la vida. A mi tutor académico el geólogo Jesús Álvarez por orientarme en mi trabajo.

Luis Jiménez

RESUMEN

La serranía de Los Pijiguaos está ubicada en el Municipio General Manuel Cedeño, en la parte suroeste del estado Bolívar, específicamente en la Troncal 12 Los Pijiguaos – Puerto Ayacucho. La investigación consistió en realizar una estimación de las reservas y calidad del mineral bauxítico en áreas marginales y fuera de concesión conectadas al yacimiento del Cerro Páez de Los Pijiguaos. Esta mina de bauxita se ubica geológicamente dentro de la provincia geológica de Cuchivero, forma parte del Escudo Precámbrico de Guayana, específicamente del Grupo Suapure, caracterizada por rocas graníticas y volcánicas, donde el granito Rapakivi de Parguaza representa la roca madre del yacimiento de bauxita. La metodología utilizada consistió primeramente en una recopilación bibliográfica la cual se basó en la búsqueda de trabajos anteriormente realizados relacionados con el tema, incluyendo informes acerca de la producción de la empresa, mapas del yacimiento e información de la geología del mismo, posteriormente se cuantificaron las reservas totales del yacimiento, luego se procedió a seleccionar y determinar las áreas mineralizadas que posiblemente pueden ser económicamente aprovechable en el sector industrial. Seguidamente se evaluaron el porcentaje del conglomerado mineral de las áreas seleccionadas mediante una corrida del programa Minero Minesight utilizado por C.V.G Bauxilum y secciones verticales a las áreas marginales que han sido caracterizadas pocamente, y así analizar y comparar los valores de los parámetros químicos de las nuevas áreas seleccionadas con los distintos bloques y sectores del yacimiento, lo cual arrojó como resultado valores más o menos similares a los del yacimiento ya evaluado. Posteriormente se tuvo como resultado un incremento de las reservas de 117.251.222 toneladas dentro de la concesión y 196.649.850 toneladas fuera del límite de la concesión, donde finalmente se determinó la vida útil del yacimiento mediante un cálculo lineal, donde se determino que el depósito mineral obtiene una vida útil de 52 años de producción suministrando los valores óptimos dentro de las especificaciones de calidad del mineral exigida por el cliente.

CONTENIDO

| | Página |
|--|--------|
| <u>DEDICATORIA</u> | iii |
| <u>AGRADECIMIENTOS</u> | iv |
| <u>RESUMEN</u> | vi |
| <u>CONTENIDO</u> | vii |
| <u>LISTA DE FIGURAS</u> | xi |
| <u>LISTA DE TABLAS</u> | xii |
| <u>LISTA DE ANEXOS</u> | xiii |
| <u>INTRODUCCIÓN</u> | 1 |
| <u>CAPÍTULO I</u> | 3 |
| <u>SITUACIÓN A INVESTIGAR</u> | 3 |
| <u>1.1 Planteamiento del problema</u> | 3 |
| <u>1.2 Objetivos de la investigación</u> | 4 |
| 1.2.1 Objetivo general..... | 4 |
| 1.2.2 Objetivos específicos | 4 |
| <u>1.3 Justificación</u> | 4 |
| <u>1.4 Alcance de la investigación</u> | 5 |
| <u>1.5 Limitaciones de la investigación</u> | 5 |
| <u>CAPITULO II</u> | 6 |
| <u>GENERALIDADES</u> | 6 |
| <u>2.1 Ubicación geográfica</u> | 6 |
| <u>2.2 Acceso al área</u> | 6 |
| <u>2.3 Características físicas y naturales</u> | 8 |
| 2.3.1 Geomorfología | 8 |
| 2.3.2 Clima..... | 9 |
| 2.3.3 Vegetación | 10 |
| 2.3.4 Hidrografía | 10 |
| 2.3.5 Suelos | 10 |
| 2.3.6 Centros poblados..... | 11 |
| <u>2.4 Geología general</u> | 11 |
| <u>2.5 Geología regional</u> | 12 |

| | |
|--|----|
| 2.5.1 Provincia de Imataca..... | 13 |
| 2.5.2 Provincia de Pastora..... | 13 |
| 2.5.3 Provincia Cuchivero – Amazonas..... | 14 |
| 2.5.4 Provincia Geológica de Roraima | 15 |
| 2.6 Geología local..... | 16 |
| 2.6.1 División del Supergrupo Cedeño | 18 |
| 2.6.2 Grupo Suapure | 19 |

CAPÍTULO III 21

MARCO TEÓRICO 21

| | |
|--|----|
| 3.1 Antecedentes..... | 21 |
| 3.2 Bauxita..... | 22 |
| 3.2.1 Origen de la bauxita | 24 |
| 3.2.2 Proceso de formación de la bauxita | 26 |
| 3.2.2.1 Proceso de caolinización | 26 |
| 3.2.2.2 Proceso de bauxitización..... | 26 |
| 3.2.3 Composición mineralógica de la bauxita..... | 27 |
| 3.2.3.1 Gibbsita | 27 |
| 3.2.3.2 Caolinita | 28 |
| 3.2.3.3 Sílice (Q)..... | 28 |
| 3.2.3.4 Sílice (R) | 28 |
| 3.2.3.5 Hematites (Fe ₂ O ₃) | 28 |
| 3.2.3.6 Anastasa | 29 |
| 3.2.4 Clasificación de la bauxita | 29 |
| 3.2.4.1 Según su textura | 29 |
| 3.2.4.2 Según su génesis..... | 30 |
| 3.2.5 Propiedades físicas de la bauxita | 30 |
| 3.2.6 Utilidad de la Bauxita | 31 |
| 3.2.7 Características generales de la Bauxita de Los Pijiguaos | 31 |
| 3.2.8 El yacimiento de bauxita de Los Pijiguaos | 34 |
| 3.2.8.1 Zona de acumulación | 35 |
| 3.2.8.2 Zona de lavado | 35 |
| 3.2.8.3 Zona de roca..... | 36 |
| 3.2.9 Parámetros de calidad de la bauxita requeridos por Bauxilum Planta | 36 |
| 3.3 Recurso mineral..... | 37 |
| 3.3.1 Recurso mineral inferido..... | 37 |
| 3.3.2 Recurso mineral indicado..... | 38 |
| 3.3.3 Recurso mineral medido | 38 |
| 3.4 Reserva mineral..... | 38 |
| 3.4.1 Reserva probable..... | 39 |
| 3.4.2 Reserva probada | 39 |
| 3.5 Evaluación de reservas | 40 |

| | |
|---|-----------|
| 3.6 Ley de corte | 40 |
| 3.7 Métodos de evaluación de reservas | 40 |
| 3.7.1 Métodos clásicos | 41 |
| 3.7.2 Métodos estadísticos | 41 |
| 3.7.3 Métodos geoestadísticos | 42 |
| 3.8 Geoestadística | 42 |
| 3.9 Software Minero MINESIGHT/MEDSYSTEM | 42 |
| 3.9.1 Operaciones con datos de sondeos | 43 |
| 3.9.2 Operaciones con datos digitalizados (VBM) | 43 |
| 3.9.3 Operaciones con compuestos | 44 |
| 3.9.4 Operaciones de modelamiento | 44 |
| 3.9.5 Inicialización del proyecto | 45 |
| 3.10 Sondeos geoeploratorios | 47 |
| 3.11 Áreas marginales | 47 |
| <u>CAPÍTULO IV</u> | 48 |
| <u>METODOLOGÍA DE TRABAJO</u> | 48 |
| 4.1 Tipo de investigación | 48 |
| 4.1.1 Investigación exploratoria | 48 |
| 4.1.2 Investigación Comparativa | 48 |
| 4.1.3 Investigación Analítica | 49 |
| 4.2 Diseño de la investigación | 49 |
| 4.2.1 Investigación documental | 50 |
| 4.2.2 Investigación de campo | 50 |
| 4.3 Flujoograma de la metodología | 50 |
| 4.3.2 Recopilación de información | 52 |
| 4.3.3 Selección y determinación de áreas dentro y fuera de la concesión adyacentes al yacimiento actual | 52 |
| 4.3.4 Cuantificación de las reservas de las áreas seleccionadas, utilizando el programa minero MineSight | 54 |
| 4.3.5 Estimación de las reservas de las áreas seleccionadas tanto dentro como fuera de la concesión | 54 |
| 4.3.6 Estimación de la calidad del mineral en las áreas seleccionadas mediante correlación geoestadística y secciones verticales | 55 |
| 4.3.7 Análisis de resultados | 55 |
| 4.3.8 Conclusiones, recomendaciones e informe final | 55 |
| <u>CAPÍTULO V</u> | 56 |
| <u>ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</u> | 56 |
| 5.1 Interpretación de la geomorfología y vegetación a través de sensores remotos | 56 |
| 5.2 Cuantificación de las reservas de las nuevas áreas seleccionadas mediante el programa minero MineSight | 58 |

| | |
|---|-----------|
| <u>5.3 Estimación de la calidad del mineral mediante secciones verticales</u> | 66 |
| <u>5.4 Cuantificación total de las reservas del yacimiento incluyendo la concesión actual, las concesiones lotes 1 y 2 y las nuevas áreas seleccionadas</u> | 66 |
| <u>5.5 Análisis de la vida útil del yacimiento</u> | 67 |
| <u>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</u> | 69 |
| <u>Conclusiones</u> | 69 |
| <u>Recomendaciones</u> | 70 |
| <u>REFERENCIAS</u> | 72 |
| <u>ANEXOS</u> | 76 |

LISTA DE FIGURAS

| | Página |
|--|--------|
| <u>2.1 Vista de la ubicación del yacimiento bauxítico (Google Earth, 1972).</u> | 7 |
| <u>2.2 Carretera asfaltada y engransonada (.CVG Bauxilum C.A, 2005)</u> | 8 |
| <u>2.3 Mapa geológico generalizado del Escudo de Guayana (Sider, G. y Mendoza, V.1995).</u> | 12 |
| <u>2.4 División del Supergrupo Cedeño (Mendoza 1974).</u> | 18 |
| <u>3.1 Forma generalizada de un yacimiento de bauxita tipo plataforma y tipo talud (Valentón, 1972).</u> | 25 |
| <u>3.2 Sección típica de la bauxita de Los Pijiguaos. (C.V.G BAUXILUM, 1998).</u> | 32 |
| <u>3.3 Concesiones del yacimiento de bauxita de Los Pijiguaos.(C.V.G BAUXILUM, 1998).</u> | 34 |
| <u>3.4 Perfil laterítico del yacimiento de bauxita de Los Pijiguaos. (Mariño y Nandi, 1998).</u> | 36 |
| <u>3.5 Modelos Geológicos en 3D elaborado en MINESIGHT (Sala técnica C.V.G. BAUXILUM-MINA, 1998)</u> | 46 |
| <u>4.2 Imagen en Global Mapper de las nuevas áreas seleccionadas.</u> | 53 |
| <u>5.1 Sistema de drenaje.</u> | 56 |
| <u>5.2 Fotografía de la vegetación tomada en el área de estudio durante una salida de campo.</u> | 57 |
| <u>5.3 Concesión Lote 1 y Lote 2.</u> | 63 |
| <u>5.4 Concesión Total de los Lotes 1 y 2.</u> | 64 |
| <u>5.5 Reservas y calidad de las nuevas áreas seleccionadas.</u> | 66 |

LISTA DE TABLAS

| | Página |
|---|--------|
| <u>2.1</u> <u>Coordenadas UTM REGVEN del área de estudio.</u> | 6 |
| <u>3.1</u> <u>Propiedades físicas de la bauxita. (Suptcia. Geología y planificación mina, C.V.G BAUXILUM-MINA, 1998).</u> | 30 |
| <u>3.2</u> <u>Especificaciones de la bauxita para (C.V.G Bauxilum- Planta, 1998).</u> | 37 |
| <u>5.1</u> <u>Reservas de las nuevas áreas seleccionadas dentro del Lote 1.</u> | 58 |
| <u>5.2</u> <u>Resultados obtenidos con la ley de corte 44/20 y rango de 200 metros.</u> | 58 |
| <u>5.3</u> <u>Reservas de las áreas seleccionadas dentro del Lote 2.</u> | 59 |
| <u>5.4</u> <u>Resultados obtenidos con la ley de corte 44/20 y rango de 200 metros.</u> | 60 |
| <u>5.5</u> <u>Reservas de las áreas seleccionadas fuera del Lote 1.</u> | 60 |
| <u>5.6</u> <u>Resultados obtenidos con la ley de corte 44/20 y rango de 275 metros.</u> | 61 |
| <u>5.7</u> <u>Reservas de las áreas seleccionadas fuera del Lote 2.</u> | 61 |
| <u>5.8</u> <u>Resultados obtenidos con la ley de corte 44/20 y rango de 275 metros.</u> | 62 |
| <u>5.9</u> <u>Reservas totales del yacimiento.</u> | 67 |

LISTA DE ANEXOS

- 1 SECCION VERTICAL LOTE 1 PARTE SUR
- 2 SECCION VERTICAL LOTE 2 PARTE SUR

INTRODUCCIÓN

La empresa Bauxilum de la corporación Venezolana de Guayana (C.V.G), es la empresa resultante en marzo de 1994, de la fusión entre Bauxiven (fundada en 1979) e InterAlúmina (fundada en 1977), la cual es la en cargada del estudio, exploración, explotación, trituración, transporte del mineral y rehabilitación ambiental del yacimiento de bauxita en el Cerro Páez de los Pijiguaos, ubicado en el Municipio General Manuel Cedeño, estado Bolívar.

La extracción del mineral se realiza mediante el método de explotación en tiras (Stripping Mine), ya que esta técnica se adapta a las condiciones propias del yacimiento que se presenta en capas casi horizontales, mediante el empleo de técnicas y métodos convencionales eficaces para minería a cielo abierto, sin el uso de voladuras, dado que el mineral por sus características no lo requiere, esto es llevado a cabo a través de Bauxilum Mina, ubicado en la zona de los Pijiguaos, para su posterior transformación en alúmina calcinada de grado metalúrgico, mediante Bauxilum- planta en puerto Ordaz, estado bolívar.

La superintendencia de Geología y Planificación de Minas, es la que se encarga de establecer la programación o planificación de los bloques y/o sectores a explotar, de acuerdo a la información obtenida en los sondeos geoexploratorios, utilizando el software geológico-minero Minesight/Medsistem, desarrollado por la empresa Mintec Inc., con el cual se realizan los planes de minas, tanto a largo, como a mediano y corto plazo.

La mina de los Pijiguaos al inicio de las explotaciones contaba con unas reservas probadas de 160.000.000 toneladas, las cuales presentaban en cuanto a calidad, las siguientes características: alúmina (Al_2O_3)= 49.1%; sílice reactiva

(SiO₂(R))= 1.2%; sílice de cuarzo (SiO₂(Cz))= 7.5 (%). Actualmente la mina presenta reservas por el orden de las 80.000.000 toneladas y los siguientes ponderados en los parámetros químicos Al₂O₃= 48.1%; SiO₂(R)= 1.2%; cuarzo SiO₂(Cz)= 7.6%; Fe₂O₃= 14.1%. Siendo que el promedio anual de alúmina y sílice reactiva en el depósito mineral se encuentra por debajo del mínimo en el rango establecido.

Este proyecto tiene como finalidad la estimación de las reservas y calidad del mineral bauxítico en áreas marginales y fuera de concesión adyacentes al yacimiento del Cerro Páez de Los Pijiguaos.

Con este estudio se dará a conocer las características de las siguientes áreas seleccionadas e identificar si es susceptible a una explotación futura en base a la composición química.

El estudio se estructura en cinco (5) capítulos; en el primero se plantean el problema, los objetivos, las justificaciones y limitaciones de la investigación. En el segundo las generalidades del área de estudio, en el tercero titulado marco teórico, los antecedentes. El capítulo cuatro trata sobre la metodología empleada, el capítulo cinco sobre el análisis e interpretación de los datos obtenidos en este estudio y por último conclusiones, recomendaciones y referencias.

CAPÍTULO I

SITUACIÓN A INVESTIGAR

1.1 Planteamiento del problema

Durante 21 años C.V.G Bauxilum ha llevado a cabo la explotación del mineral de bauxita en la mina ubicada en el Cerro Páez del Municipio General Manuel Cedeño. Al inicio de las operaciones la mina contaba con unas reservas probadas por el orden de 160.000.000 ton. Según los planes de explotación de la empresa en el año 2011 las reservas han disminuido un 50% contando en la actualidad con solo 80.000.000 ton.

Las reservas actuales solo garantizan 13 años de vida de producción según la capacidad instalada de la mina la cual es de 5.500.000 ton/anales y dichas reservas se encuentran en promedio a 6 Km de la unidad del triturador, lo que impacta negativamente en la productividad dado el incremento en los ciclos de acarreo. La calidad del mineral también se ha visto afectada como consecuencia de la explotación de los principales bloques portadores de alúmina y sílice reactiva dentro del conglomerado mineral.

La presente investigación tiene como objetivo seleccionar mediante salidas de campo las áreas dentro y fuera de los límites de concesión adyacentes al yacimiento de la mina para determinar sus reservas y mediante secciones verticales y correlación geoestadística con las zonas adyacentes ya caracterizadas determinar los porcentajes de los parámetros químicos del mineral presente en estas zonas.

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo general

Estimar las reservas y la calidad del mineral bauxítico en áreas marginales y fuera de concesión adyacentes al yacimiento principal del Cerro Páez de los Pijiguaos, Municipio General Manuel Cedeño, Estado Bolívar.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Seleccionar las áreas fuera de concesión y áreas marginales con características geomorfológicas a la mina actual que suponen la presencia de mineral económicamente aprovechable.
2. Cuantificar las reservas mediante el programa minero MineSight de las áreas mencionadas anteriormente.
3. Estimar la calidad del mineral presente mediante correlación geoestadística y secciones verticales con las áreas adyacentes ya caracterizadas utilizando el programa minero MineSight.
4. Estimar con las nuevas reservas la vida útil del yacimiento y la calidad del mineral.

1.3 Justificación

En vista de que las reservas actuales solo garantizan 13 años de producción según la capacidad instalada de la mina la cual es de 5.500.000 ton/anuales, la Superintendencia de Geología y Planificación de Mina, concentra acciones para

desarrollar nuevas áreas de explotación que le permitan extender la vida útil del yacimiento y así ubicar nuevas zonas que se encuentren en las adyacencias del yacimiento e incrementar las reservas actuales y así continuar cumpliendo con los requerimientos de calidad establecidos para la bauxita de los pijiguaos.

Por esta razón la presente investigación tiene como finalidad generar la información base que le permita a la Superintendencia de Geología y Planificación de Mina desarrollar alternativas que logren un incremento de las reservas actuales en el depósito mineral.

1.4 Alcance de la investigación

Esta investigación tiene como alcance estimar las reservas de mineral y su calidad, en nuevas áreas adyacentes al yacimiento actual, las cuales se encuentran dentro y fuera de la concesión. Estas áreas serán seleccionadas mediante salidas de campo hasta las zonas del yacimiento de Los Pijiguaos, y estas reservas serán incorporadas a las actuales con la finalidad de incrementar la vida útil del yacimiento.

1.5 Limitaciones de la investigación

Este proyecto se ve limitado por el difícil acceso a las áreas marginales y las que están fuera del límite de la concesión.

Desde julio del año 2010 no se han contratado nuevo personal para el área de perforación, lo que dificulta la realización de un estudio geológico más detallado de las áreas seleccionadas.

CAPITULO II

GENERALIDADES

2.1 Ubicación geográfica

El yacimiento de bauxita de Los Pijiguaos está localizado en Venezuela en el extremo norte de la Serranía montañosa de Los Pijiguaos en el Cerro Páez, situada en el Municipio General Manuel Cedeño del estado Bolívar. Este se halla en un punto intermedio entre las poblaciones de Caicara del Orinoco y Puerto Ayacucho en el estado Amazonas, y a las distancias de 500 Km de la ciudad de Caracas y 520 Km al Suroeste de Ciudad Guayana, enmarcado entre los ríos Suapure y Parguaza, a una distancia de 35 Km del río Orinoco. Este yacimiento cubre aproximadamente una extensión de 16 Km² con unas dimensiones de 8 Km de largo por 2 Km de ancho, presentando elevaciones máximas de 680 m.s.n.m (Tabla 2.1)

Tabla 2.1 Coordenadas UTM REGVEN del área de estudio.

| COORDENADAS UTM | |
|------------------------|-----------|
| ESTE | NORTE |
| 756960.01 | 712258.89 |
| 745844.74 | 723272.23 |

2.2 Acceso al área

El acceso es por vía terrestre, a través de carreteras asfaltadas que parten desde Ciudad Bolívar (492km), Caicara del Orinoco (162km) y Puerto Ayacucho, estado Amazonas (171km). Para el acceso por vía aérea la empresa dispone de una pista de aterrizaje de 1650 metros de longitud. Por vía fluvial se tiene acceso a lo largo del

río Orinoco, por el muelle de El Jobal y luego, por la carretera que comunica hasta el campamento de CVG Bauxilum.

Desde el centro poblado del campamento de CVG Bauxilum hasta el yacimiento, el acceso se hace de igual manera, por una carretera con una longitud aproximada de 28 Km, de los cuales 16 Km se encuentran asfaltados y 12 Km son de caminos de tierra (engrasonados) ya que forman parte de los bloques del yacimiento (CVG Bauxilum C.A, 2005) (Figuras 2.1 y 2.2).



Figura. 2.1 Vista de la ubicación del yacimiento bauxítico (Google Earth, 1972).



Figura 2.2 Carretera asfaltada y engransonada (.CVG Bauxilum C.A, 2005)

2.3 Características físicas y naturales

Las características físicas y naturales del yacimiento de Los Pijiguaos son las siguientes:

2.3.1 Geomorfología

El Cerro Páez de Los Pijiguaos está ubicado en los topes de una altiplanicie disectada, a una altura de 600 a 700 m.s.n.m. Esta altiplanicie, denominada serranía Los Pijiguaos, presenta un drenaje dendrítico que está controlado por el patrón de fracturamiento y cizallamiento local y regional. Dentro de la altiplanicie existen unidades o dominios geomorfológicos bien definidos, áreas de pendientes intermedias, tope planos de plateaus y valles en “V”. Toda esta configuración geomorfológica está asociada a un ciclo de erosión joven, probablemente relacionado a una tectónica vertical de bloques. La presencia de las terrazas escalonadas en los valles sugieren el registro de intervalos de tranquilidad y pulsos tectónicos sufridos por la región. Los cursos de agua drenan hacia el Suapure al Este y el Villacoa hacia el Oeste. (C.V.G TECMIN, C.A, 1992).

El yacimiento de Los Pijiguaos presenta fisiográficamente cambios de nivel muy bruscos con laderas muy pronunciadas casi verticales, las cuales llegan a sobre pasar los cientos de metros de altitud originándose perfiles bastante accidentados, lo cual ocasionan problemas en el acarreo de mineral debido al elevado ángulo de inclinación que presentan las pendientes, dificultando la labor de planificación de la vialidad en la zona de aprovechamiento del yacimiento, ocasionado por los cambios de pendiente que se presentan con relativa frecuencia. A la vez se encuentran partes llanas con presencia de cavidades verticales (ensenadas) generalmente alargadas, las cuales pueden haberse producido por la lixiviación o disolución de la sílice y otros elementos solubles que van percolándose a través de las fracturas y grietas de la corteza del mismo. Cabe destacar que el pronunciamiento de estas ensenadas se observa con facilidad en los bordes del yacimiento. (C.V.G. TECMIN, C.A, 1992).

2.3.2 Clima

La zona posee un clima predominante de tipo subtropical húmedo, dividido en una estación lluviosa larga que se extiende desde el mes de Mayo hasta Octubre, otra estación lluviosa corta de Noviembre a Diciembre y una estación seca desde el mes de enero hasta Abril.

La precipitación media anual oscila entre 1.000mm y 1.800mm anuales. La temperatura promedio es de 30,5°C, con temperaturas máximas de hasta 36°C y mínimas de 25°C durante el día y 16 a 18°C durante la noche. La humedad relativa promedio anual es de 13%.(C.V.G. TECMIN, C.A, 1992).

2.3.3 Vegetación

La vegetación del cerro Páez y sus alrededores se puede describir de la siguiente manera según un estudio realizado por Huber, O. y Guanchez, F., (1988): Bosques húmedos siempre verdes, bosques secos caducifolios, bosques esclerófilos, bosques de galería, morichales, arbustales esclerófilos, sabanas arboladas, sabanas arbustivas, sabanas abiertas.

2.3.4 Hidrografía

La región se encuentra en la cuenca del río Suapure cuya extensión es de 869.000 Ha y la subcuenca del río Caripo. Dentro de los bloques el drenaje puede dividirse en dos: los que drenan al Suapure (Trapichote y Pijiguaos) y el que drena al Orinoco. Esto nos lleva a establecer parámetros de importancia para las condiciones hidrográficas del yacimiento de Los Pijiguaos, de lo anterior se desprende que el sistema hidrográfico está dirigido al río Orinoco, en cuyas márgenes se encuentran áreas muy importantes desde el punto de vista forestal, ecológico, cultural y científico. (C.V.G. TECMIN, C.A., 1992).

2.3.5 Suelos

Los suelos que se han desarrollado en esta zona, son producto de la desintegración, meteorización y erosión de las rocas graníticas que constituyen el basamento ígneo predominante en el área de estudio, originando suelos muy evolucionados y esqueléticos pertenecientes al orden de los ultisoles, que se hacen más evolucionados hacia los topes de los interfluvios, son bien drenados y se encuentran asociados con afloramientos y bloques rocosos y sustentan una vegetación boscosa de altura baja a media y cobertura media.

El contenido de carbono orgánico es bajo, reacción fuerte a extremadamente ácida. La capacidad de retención de humedad es muy baja en los primeros estratos del suelo y moderada en profundidad, permeabilidad muy rápida y el drenaje es muy bueno (Alusuisse, (1980). y C.V.G. TECMIN, C.A., 1980).

2.3.6 Centros poblados

La población del área y sus alrededores es muy escasa, y está constituida por comunidades criollas e indígenas. Las mayores concentraciones poblacionales se ubican en el caserío Los Pijiguaos, El Guarrey, Morichalito, Trapichote y Guayabal, localizados en las adyacencias del campamento, en un radio no mayor de 8 Km del mismo. Otras concentraciones de interés se ubican en los caseríos El Potrero, Capachal y El Jobal en las proximidades de las vías férreas que conducen al puerto El Jobal. Para alojar el personal que opera, mantiene y administra la mina y sus operaciones, la empresa cuenta con un campamento en la comunidad de Trapichote, cercano al yacimiento de bauxita de Los Pijiguaos.

2.4 Geología general

Dentro del continente Sudamericano las rocas de edad precámbrica se encuentran principalmente en los Escudos de Guayana y Brasil, los cuales están separados por la Cuenca del río Amazonas, a través de una geofractura que se proyecta a mas de 70 Km de la corteza terrestre, la edad geológica es de aproximadamente 3.400 millones de años (Mendoza, 1972).

En geología los escudos son macizos, formados de las rocas más antiguas de la tierra, estos se caracterizan por ser muy estables y por lo tanto no están sujetos a movimientos bruscos, se les conoce como “Tierras Positivas”, ya que a través del tiempo han contribuido a proporcionar sedimentos arenosos, que en grandes

cantidades han sido depositados en las partes más bajas, y cuya deposición de sedimentos casi horizontales, por lo menos coronan, entre otras, las superficies de las formaciones que hoy conocemos como formación mesa, mesa de Guanipa, ubicadas en el Estado Anzoátegui; entre otros. (Mendoza, V., 1972).

2.5 Geología regional

El Escudo de Guayana tiene forma oval y su expresión septentrional se encuentra en Venezuela al sur del río Orinoco, mientras que su parte meridional se encuentra en Colombia, Brasil, Guyana, Surinam y Guyana Francesa (Figura 2.3).

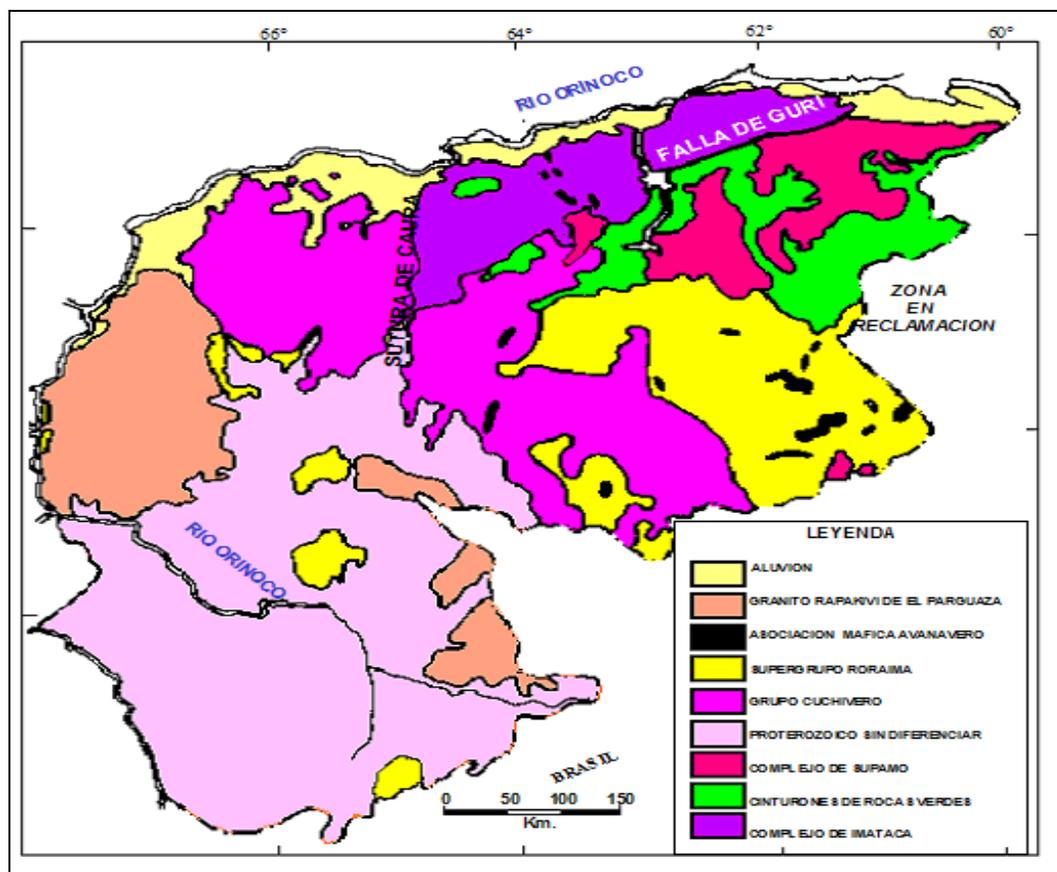


Figura 2.3 Mapa geológico generalizado del Escudo de Guayana (Sider, G. y Mendoza, V.1995).

La Serranía de Los Pijiguaos forma parte del Escudo de Guayana, el cual en función de sus características petrológicas y tectónicas, ha sido dividido en Venezuela en cuatro provincias geológicas: Imataca, Pastora, Cuchivero y Roraima. El yacimiento bauxítico de los Pijiguaos se ubica al sur de la Provincia geológica de Cuchivero (Menéndez, 1968).

2.5.1 Provincia de Imataca

Según el Léxico Estratigráfico de Venezuela (1970), la Provincia de Imataca está situada en el extremo norte de la Guayana venezolana y ocupa una faja angosta entre el río Caura al Oeste y al este el estado Delta Amacuro. En general se considera que la provincia está representada en la actualidad por un conjunto de metasedimentos y gneises graníticos plegados en forma compleja, e intrusiones de granitos posteriores. Las edades más antiguas detectadas en las rocas de esta provincia alcanzan valores entre 3.500 y 3.600 millones de años, que pueden corresponder a la edad del protolito, es decir, a las rocas originales previas al metamorfismo.

Se considera a las rocas de la Provincia de Imataca como un conjunto original de rocas silíceas de composición calco – alcalina, con algunos episodios máficos y asociaciones menores de sedimentarias e itabiritas o formaciones de hierro. Otras rocas como granulitas máficas y anfibolitas presentan asociaciones de tipo toleítico. Los cuerpos graníticos más jóvenes comprenden edades entre 1.500 y 2.000 millones de años (Hurley et al, 1968).

2.5.2 Provincia de Pastora

Según el Léxico Estratigráfico de Venezuela (1970) establece que la Provincia de Pastora se encuentra al sur de Imataca, separada de esta en su parte oriental por la

falla de Guri y en la parte occidental por la falla de Santa Bárbara. Al sur está limitada por la Provincia de Roraima (Menéndez, 1968).

Menéndez (1968), indica que al norte del paralelo 6° la Provincia de Pastora se caracteriza litológicamente por una secuencia de rocas volcánicas ácidas y básicas, además de rocas sedimentarias asociadas que han sufrido un metamorfismo de bajo grado, el cual alcanza localmente las facies de la anfibolita.

La Provincia de Pastora comprende rocas cuyas edades se estiman entre 2.000 y 2.700 millones de años. Dentro de éstas se encuentran diques de gabros o diabasas intrusivos a varios niveles.

2.5.3 Provincia Cuchivero – Amazonas

Durante el Paleoproterozoico tardío a Mesoproterozoico rocas intrusivas a volcánicas félsicas calcoalcalinas y rocas sedimentarias intrusionaron y se depositaron, respectivamente, sobre un basamento de cinturones de rocas verdes, (CRV) granitos sódicos asociados, en las partes Sur, centro y occidente; y probablemente del Complejo de Imataca, en la parte Norte-Noreste del Escudo de Guayana en Venezuela, después de la orogénesis Transamazónica.

Esta provincia incluye rocas volcánicas riolíticas y asociadas, comagmaticas con granitos calcoalcalinos del Grupo Cuchivero; areniscas, conglomerados, limolitas, tobas y lutitas del Grupo Roraima; sills, diques, apófisis, stocks de rocas diabásicas-gabronoríticas cuarcíferas de la Asociación Avanavero y el Granito Rapakivi de El Parguaza, así como intrusiones de Carbonatita de Cerro Impacto, lámprofiros y kimberlitas eclogíticas de Guaniamo. Esta provincia parece extenderse

hacia el Sur-Sureste en el Estado Amazonas, formando gran parte de las rocas del no diferenciado Proterozoico según Sidder y Mendoza (1.995).

Mendoza (1.974) en el área del río Suapure definió la sección más completa de la provincia Cuchivero con el nombre de Supergrupo Cedeño (SC) formado por el Grupo Cuchivero (Formación Caicara, Granito de Santa Rosalía, Granito de San Pedro y Granito de Guaniamito), metabasitas y el Grupo Suapure (Granito de Pijiguaos y Granito Rapakivi de El Parguaza). Discordantemente sobre el Supergrupo Cedeño yacen rocas sedimentarias del Grupo Roraima.

2.5.4 Provincia Geológica de Roraima

Está situada al extremo suroriental de la Guayana venezolana. Es la provincia geológica más joven del escudo, con una edad entre 1.500 y 1.700 millones de años. Se utilizó el nombre “capas de Roraima” para designar una secuencia de sedimentos que afloran en el cerro Roraima, en la región limítrofe entre Venezuela, Guyana y Brasil. El grupo Roraima cubre un área de afloramientos de aproximadamente 450.000km². Las litologías y caracteres sedimentarios corresponden a ambientes sedimentarios deltáicos, con una dirección de transporte de sedimentos desde el Sur y Este para la Formación Uairén. Los sedimentos de la Formación Uaimapué fueron transportados desde el Sur y el Oeste y los de la Formación Mataui provienen del Norte.

En los tepuyes de Cerro Mocho y el pañuelo del área del río Suapure, afloran espesas secciones del Grupo Roraima con espesores de hasta de 200 metros, donde se observan en la parte superior ortocuarcitas subhorizontales con estratificación cruzada buzando 15° SE, aparentemente discordante sobre el Granito de Santa Rosalía de edad 1.875 millones de años y sobre el Granito del Parguaza cuya edad

Rb/Sr en roca total es de 1.531 ± 39 millones de años (Léxico Estratigráfico de Venezuela, 1970).

2.6 Geología local

La Dirección de Geología del Ministerio de Energía y Minas, a principio de la década de los setenta, realizó una serie de exploraciones geológicas en la región Suroccidental del municipio Cedeño en el estado Bolívar, durante las cuales se localizó un importante yacimiento de mineral de bauxita, el cual se encuentra ubicado en la región de Los Pijiguaos a 150 Km al Sur de Caicara y a 35 Km al Este del río Orinoco, asociados genéticamente al Granito de El Parguaza (Mendoza, 2000).

El Léxico Estratigráfico de Venezuela (PDVSA-INTEVEP 1.999) señala que la serranía de Los Pijiguaos forma parte del Escudo Precámbrico de Guayana, este se encuentra en la región suroeste de la provincia de Cuchivero y pertenece a la zona del Súper grupo Cedeño. Mendoza (1974) introdujo el nombre de Supergrupo Cedeño para definir una unidad litoestratigráfica volcánico - plutónica ácida que incluye los grupos Cuchivero y Suapure, los cuales están separados entre sí por metabasitas.

Ésta zona se caracteriza por formaciones graníticas y volcánicas, en la cual el batolito de Parguaza se introdujo hace unos 1500 millones de años. Este batolito es un Granito del Tipo Rapakivi y constituye la roca madre de Los Pijiguaos (Mendoza, 2000).

El posible desarrollo de bauxita en la meseta de la serranía Los Pijiguaos fue mencionado en primer lugar por el Doctor Schwark, A., (1970) citado en Alusuisse, (1980) y C.V.G., (1980). Algunos años después, en Julio de 1976, se descubrieron

los depósitos de bauxita. En ese mismo año comenzaron los estudios y se reveló la existencia de un amplio depósito de bauxita.

La bauxita se desarrolló en una serie de mesetas a un nivel de 600 m.s.n.m; y se encuentra formada por extensas capas de un espesor promedio de 7,6 metros y recubrimiento de materia orgánica no mayor de 0,5 metros. Su génesis data probablemente de principios de la era terciaria (Alusuisse, (1980) y C.V.G., 1980).

La capa de bauxita en sí puede ser subdividida en unidades litológica distintas, cuya continuidad lateral es restringida. Una característica notable de la bauxita es su alto contenido en cuarzo libre. Están bien desarrolladas las tendencias comunes, tales como la lixiviación de alcalies, alcalies de tierra y sílices el enriquecimiento en Al_2O_3 , TiO_2 y Fe_2O_3 . Los elementos en trazas Zr, Ga, Nb y Th se han enriquecido en la bauxita, mientras que la concentración de W y Mn disminuyó durante el proceso de alteración (Alusuisse, (1980) y C.V.G., 1980).

El área estudiada está ubicada en la parte Oeste de la provincia geológica de Cuchivero, que se caracteriza por grandes intrusiones graníticas (Granito de Santa Rosalía y de San Pedro) en rocas volcánicas riolíticas (Formación Caicara).

El granito Rapakivi de Parguaza intrusión en las formaciones anteriores y se extiende cientos de kilómetros desde el río Suapure hasta el río Ventuarí (Mendoza 1972). Siendo éste un granito biotítico de grano grueso a muy grueso, masivo, con textura Rapakivi, rico en feldespato potásico y hornblenda. Petrográficamente es una roca holofanelocristalina sub-idiomórfica granular de grano muy grueso, inequigranular, maciza con textura Rapakivi. Desde el punto de vista geoquímico, se caracteriza por contenidos altos de FeO, TiO_2 , K_2O , CaO, Rb, Sr, Zr, Ni y Co y valores bajos a moderados de Na_2O , MgO y K/Rb, y su importancia económica radica en el hecho de que constituye la roca madre del yacimiento de bauxita de Los

Pijiguaos (Menéndez, 1985), siendo además muy probable la existencia de depósitos similares en otras áreas donde aflora la unidad. Es también fuente probable de estaño, tantalita - columbita, niobio, molibdeno, circonio, torio y uranio.

2.6.1 División del Supergrupo Cedeño

El Supergrupo se extiende en dirección Este - Oeste desde las inmediaciones del río Caura hasta Puerto Páez y en dirección Norte - Sur desde el río Orinoco hasta el río Ventuarí, es decir, aflora en casi todo el municipio General Manuel Cedeño, estado Bolívar y parte Norte - Central del estado Amazonas, según Mendoza (1974) puede alcanzar una extensión mayor de 1.000.000 de km².

Mendoza (1974), estableció el esquema estratigráfico para explicar el contexto geológico de la región (Figura 2.4).

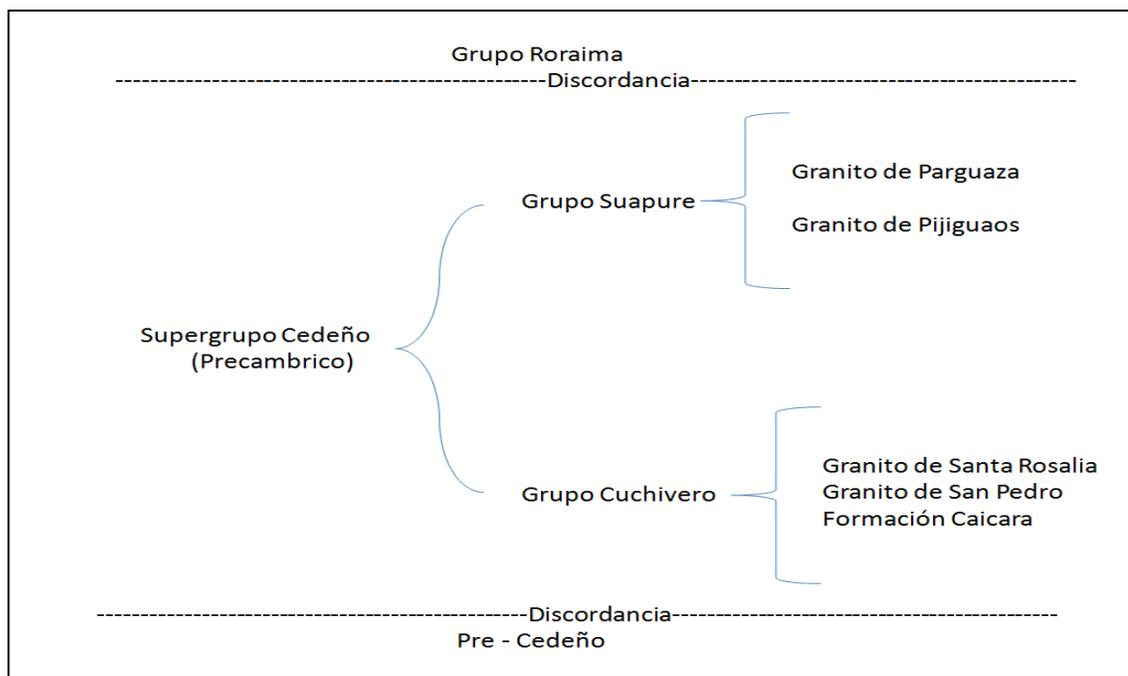


Figura 2.4 División del Supergrupo Cedeño (Mendoza 1974).

2.6.2 Grupo Suapure

Según Mendoza, V., (1974) en González de Juana, (1980) propone este nombre para incluir rocas ígneas ácidas que afloran desde los Pijiguaos hasta puerto Páez, en dirección Este- Oeste y desde los pijiguaos hasta el río Ventuari, en sentido Norte – Sur, cubriendo un área de alrededor de 3000 Km². Dentro del término incluye dos tipos de Granitos: uno de grano fino, masivo, de color rosado, denominado granito Los Pijiguaos y otro de textura Rapakivi que ocupa el 90% del área total.

Este mismo autor observa un contacto de falla en el área de temblador, o intrusivo en el área de los Pijiguaos, entre los granitos y las rocas volcánicas - plutónicas del Grupo Cuchivero.

1. Granito de Parguaza: Mc Candless, G., (1966) en González de Juana, (1980), denominó Granito Rapakivi del Parguaza a un extenso batolito que ocupa unos 30000 Km², en el noreste de Guayana. Aflora desde Puerto Páez hasta los Pijiguaos, localizándose los mejores afloramientos en el salto Maracas del río Parguaza, en las montañas del Tigre y los domos de Pijiguaos. Mendoza, V., (1974) en González de Juana, (1980) lo considera intrusivo en las rocas riolíticas y graníticas del Grupo Cuchivero, cuya edad aproximada es de 1900 ma.

El granito Rapakivi de Parguaza contiene, en la zona de los Pijiguaos, abundancia de xenolitos de litología variable, como cuarzo- latitas, microgramitos y metabasitas, localmente desarrolla una estrecha zona de contacto hacia el granito de Santa Rosalía, con un buen desarrollo de biotitas y cristales de hasta 5 cm., de diámetro de feldspatos alcalinos, con textura Rapakivi. En el tepuy del pañuelo, el Grupo Roraima se presenta discordante sobre el granito Rapakivi del Parguaza.

El granito Rapakivi del Parguaza está constituido por cuarzo (20%), feldespato potásico (40%), oligoclasa (25%), biotita (7%) y hornblenda (8%), ambas ferríferas, y cantidades menores de clinopiroxenos, fluorita, apatito y ópalos.

2. Granito de Pijiguaos: Mendoza, V., (1974) en González de Juana, (1980) lo define como una roca leucocrática de tinte rosado, masiva de grano fino, equigranular, que aflora en la parte inferior de los domos de Pijiguaos, en el pueblo del mismo nombre. Se observan buenos afloramientos en las quebradas El Paují, El Callao y Caña Brava, en el área del río Suapure, estado Bolívar. Estudios de imágenes de radar muestran que ese granito parece representar en la región del río Ventuari, una facies del granito Rapakivi, que ha sido considerado por Mendoza, V., (1974) en González de Juana, (1980) incluyendo los afloramientos de granito de grano fino dentro del granito del Parguaza, sin llegar a diferenciarlos.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes

CVG Ferrominera Orinoco, C.A, (1986), realizó el estudio geoestadístico del yacimiento de bauxita de Los Pijiguaos, sobre la base de los datos aportados por los sondeos geoexploratorios, cuya información está contenida en los anexos # 1 al # 9 del volumen I del informe de Alusuisse “Field-work and Evaluation of Ore Reserves”. Este trabajo aporta principios metodológicos en cuanto a estudios geoestadístico se refiere.

C.V.G Tecmin, C.A, (1992), realizó estudios en el palmar el cual sugieren que las bauxitas son de bajo grado y muy similares a las de la bauxita de Pijiguaos donde se hicieron la toma de muestras en 3 calicatas a los cuales se les hizo estudios químicos para determinar los porcentajes de mineral presente, además de la fotointerpretación se planifico un programa geoexploratorio teniendo una relación con este trabajo de grado ya que aquí se realizaron análisis químicos a los sondeos de las áreas marginales para obtener los porcentajes de los parámetros químicos y también se realizó un análisis de fotointerpretación al yacimiento.

Agreda y Herrera, (2010), llevaron a cabo la actualización de las reservas geológicas mediante estimación geoestadística a los bloques 7 y 10 del yacimiento de bauxita de cerro Páez, ubicado en Los Pijiguaos, municipio General Manuel Cedeño, estado Bolívar. Para la estimación geoestadística de este trabajo se utilizó el software minesight el cual es el mismo que se utilizó en la presente investigación.

Skart, (2011), llevo a cabo la realizacion de la corrida del programa minero minesight utilizando rango de 200 y 275 metros a las áreas marginales en el trabajo de grado titulado evaluación en función de aumentar la sílice reactiva en la concesión del bloque 1 al 10 ubicado en los pijiguaos municipio General Manuel Cedeño, estado Bolívar. Para este trabajo además de que se utilizó el software minesight también se utilizó los mismos rangos de alcance.

3.2 Bauxita

El término bauxita fue usado por primera vez por Berthier (1812), para identificar a un grupo de sedimentos ricos en alúmina de la región de Lex Baux, Francia (1892); extendiéndose el término a producto de alteración del basalto en Alemania. El concepto se ha generalizado en productos ricos en alúmina, pobres en sílice y elementos alcalinos-terreos. Esta última tendencia liga a la bauxita a procesos de meteorización y más específicamente a los procesos de laterización que ocurren en climas tropicales húmedos.

La bauxita es un mineral que se forma de la descomposición de casi cualquier tipo de roca, por efecto de agentes meteorológicos a través de millones de años; bajo condiciones favorables de temperaturas, pluviosidad y descomposición, suceden reacciones químicas que disuelven y lavan ciertos elementos dejando como residuos una concentración de óxidos hidratados de aluminio. Esto se refiere a una mezcla de minerales formados mediante la meteorización de las rocas que contienen aluminio.

Las rocas madres pueden ser ígneas o sedimentarias, son frecuentemente: Nephelina ($3 \text{ NaO} \cdot \text{K}_2\text{O} \cdot 9 \text{ SiO}_2$), serpentina, granito, diorita y caliza conteniendo minerales arcillosos. Cuando estas rocas son sometidas a la acción de las lluvias y al tiempo, ellas tienden a perder los constituyentes, tales como: silicio, magnesio, óxido de hierro y óxido de titanio. En consecuencia, se forman arcillas que contienen entre

35-60% de óxido de aluminio (Al_2O_3) combinado y lateritas, que consiste substancialmente en óxido de aluminio hidratado y óxido de hierro hidratado (Turpial, J. 1985).

De acuerdo a su composición química, las lateritas son conocidas como ferruginosas alumínicas o bauxitas.

Se sabe que las bauxitas tienen su génesis en la hidrólisis de silicatos, con disolución de la sílice, el álcalis y alcalinotérreos, para dar lugar a una concentración de hidróxidos de hierro y aluminio, siendo la proporción de contenido de Fe en la roca formada, la que da origen a un potencial redox, que produce la bauxitización, asociada con una diagénesis, tardía de tipo reductor.

La clasificación más útil para este tipo de yacimientos, se basa en el lugar, posición y morfología de los mismos, son las siguientes:

- a. Bolsadas bauxíticas en rocas carbonatadas.
- b. Depósitos residuales de manto, sobre sienitas y coluviales bauxíticas.
- c. Depósitos residuales. Mantos sobre sienitas nefelínicas.
- d. Depósitos de bolsada sobre carbonatos no plegados.
- e. Depósitos sobre rocas basálticas.
- f. Depósitos sobre arenas caolínicas.

Se siguen diversos criterios para la prospección de este tipo de yacimiento. Uno de ellos se aplica en la búsqueda de lateritas bauxíticas, en la cual el cambio de vegetación y coloración del suelo, indica su presencia. En las bauxitas kársticas, la presencia de rellenos kársticos, hundimientos estructurales, y sedimentos en karst con una morfología especial denotan su presencia.

Además los estudios paleoclimáticos nos pueden indicar la posible presencia de estos yacimientos, siguiendo también paleolatitudes y tectónica. También la prospección geofísica es útil y el mejor método para ello es el magnético.

3.2.1 Origen de la bauxita

La bauxita es de origen súpergénico, corrientemente se origina en condiciones tropicales o subtropicales por una meteorización prolongada de rocas alumínicas. Pueden derivarse también por meteorización de calizas que contienen arcillas. Aparecen como derivado directo de la roca original por transporte y depósitos subsiguientes en una formación sedimentaria. También en ciertos depósitos conocidos como lateritas, formando principalmente por hidróxido alumínico y óxidos de hierro formados en los suelos residuales (Turpial, J. 1985).

Con relación a como se forma una bauxita, el problema de su génesis es básicamente el establecimiento de condiciones determinantes para que ocurran los mecanismos de separación de las especies químicas de aluminio (Al), hierro (Fe) y sílice (Si), tres elementos relativamente insolubles en el ambiente superficial de la corteza terrestre. El proceso geológico de mayor influencia en la génesis de las bauxitas, es el levantamiento tectónico del tipo epirogénico y las subsecuentes variaciones en el nivel de las aguas freáticas, de manera de restablecer las variables principales desde el punto de vista de la meteorización química (Figura. 3.1).

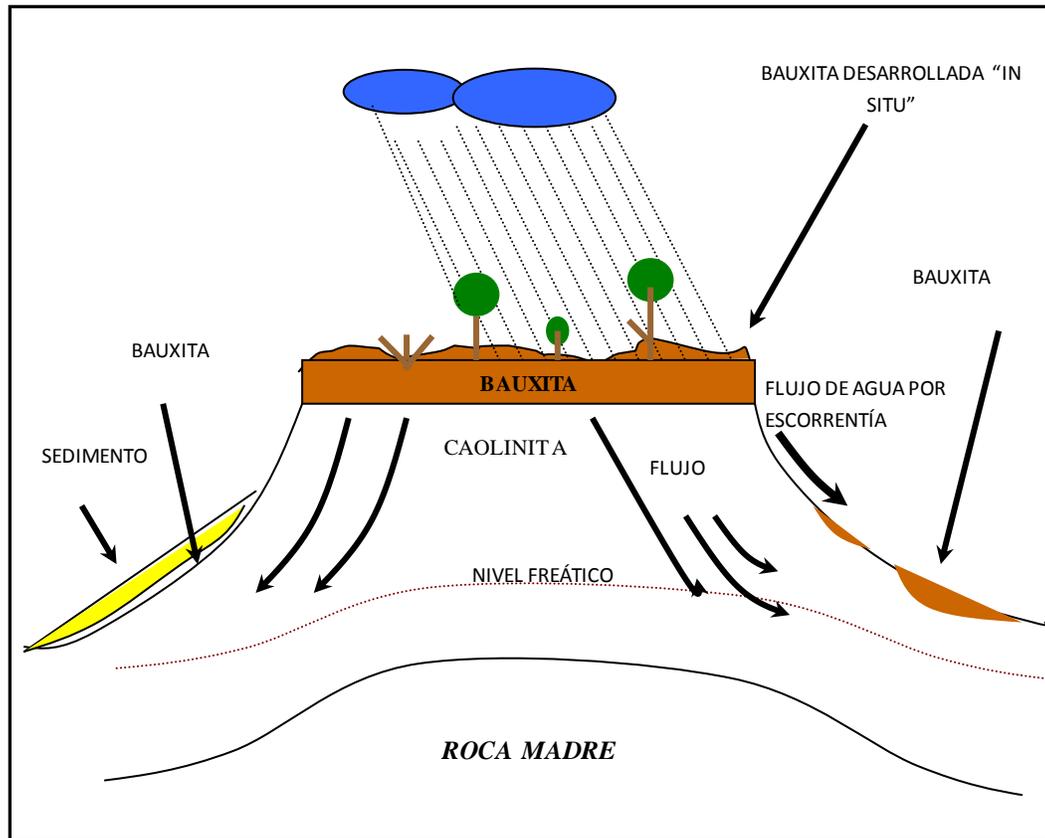


Figura 3.1 Forma generalizada de un yacimiento de bauxita tipo plataforma y tipo talud (Valentón, 1972).

El proceso de bauxilixiviación puede fácilmente resumirse en dos etapas fundamentales:

1. El Granito Rapakivi es meteorizado, perdiendo sus constituyentes menos estables o muy móviles como los álcalis.
2. Proceso de laterización donde el silicio se empobrece hacia el tope del perfil, mientras que el aluminio y el hierro se enriquecen en la parte superior del mismo, gracias al proceso de lixiviación de la sílice durante el proceso de meteorización del material "in situ" esta formación de lateritas además se considera controlada por los factores cinéticos termodinámicos.

3.2.2 Proceso de formación de la bauxita

El proceso de formación comprende dos etapas, un proceso de caolinización y el proceso final de bauxitización:

3.2.2.1 Proceso de caolinización

En la etapa final, la roca madre (Granito), bajo condiciones climáticas propias de las zonas templadas es meteorizada, perdiendo sus constituyentes menos estables o muy móviles como los álcalis, formando un material producto de la concentración de las sustancias menos solubles formadas principalmente por caolinitas y cuarzo. Cuando el material alcanza esta composición, el proceso de meteorización se detiene, ya que los productos descritos, son insolubles.

El aluminio (Al) y el hierro (Fe) se enriquecen en forma relativa debido a la lixiviación de la sílice (Si), gracias a un proceso de meteorización in situ. Dicho proceso está controlado principalmente por la hidrólisis del feldespato potásico. El aluminio (Al) es fijado por la estructura de la caolinita y el hierro (Fe) procedente de la hidrólisis de la biotita (como Fe^{+2}) precipita como óxido hidratado (Fe^{+3}), gracias a la presencia de oxígeno disuelto en las aguas que se infiltran en el perfil, mientras que el Si es en parte fijado por la caolinita y el resto migrará con las soluciones del perfil.

3.2.2.2 Proceso de bauxitización

Posteriormente, bajo ciertas condiciones especiales el proceso continúa llevando a las sustancias insolubles a un grado superior de alteración.

Los silicatos se descomponen, la sílice se disuelve y se pierde junto con el resto de los componentes solubles permaneciendo así, un compuesto de hidróxido de

aluminio y óxido de hierro, manganeso, titanio y otros elementos, junto con algunos silicatos hidratados, por encima del nivel freático y las condiciones del pH dada. En esta etapa el Si se empobrece en una mayor proporción y el hierro (Fe) tiende a separarse del aluminio (Al). (Lo Mónaco Salvador, 1985).

Para que la lixiviación de la sílice (Si) sea efectiva, se requiere un gran aporte de agua junto con un gran drenaje eficiente, con una alta porosidad y permeabilidad de los productos de meteorización que conforman este horizonte. Estas condiciones de gran aporte y libre circulación de agua, constituyen un sistema abierto, donde el abundante flujo de agua hace inestable la caolinita, la cual se destruye, de esta manera, el aluminio (Al) mediante este proceso se enriquece con gibbsita, mientras que la sílice es removida hacia la parte inferior o fuera de este (Lo Mónaco, S., 1985).

3.2.3 Composición mineralógica de la bauxita

La composición mineralógica de la bauxita de Los Pijiguaos es la siguiente: Gibbsita (75%), Caolinita (2%), Cuarzo (12%), Hematita (0.5%), Materia Orgánica (0.25%) y Anastasa (0.25%). (C.V.G. Bauxilum-Mina, 1980).

3.2.3.1 Gibbsita

Mineral de la clase de los óxidos e hidróxidos, de fórmula $\text{Al}(\text{OH})_3$, con impurezas de Fe, Si y Ga, que cristaliza en el sistema monoclinico. Es incoloro o tiene color blanco, generalmente forma agregados radiales, estalactíticos, globulosos o terrosos (Lye, K.1980).

3.2.3.2 Caolinita

Mineral de la clase de los silicatos, subclase de los filosilicatos y grupo de la serpentina-caolinita, de fórmula $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5 (\text{OH})_4$, que cristaliza en el sistema triclinico. Presenta color blanco con diferentes tonalidades debidas a impurezas, en presencia de agua se vuelve plástico (Lye, K. 1980).

3.2.3.3 Silice (Q)

Es un mineral de anhídrido silícico extraordinariamente abundante en la corteza terrestre, en la que entra a formar parte de un gran número de rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias. Los cristales de cuarzo tienen simetría del sistema trigonal, seis caras y son alargados (Lye, K. 1980).

3.2.3.4 Sílice (R)

Es una designación petrográfica de mezclas de Caolinita, Dickita, Nacrita y silicatos de alúmina gelatinosos puros e hidratados. Presenta un aspecto terroso, tacto árido y casi siempre susceptible de plasticidad cuando se le añade agua. Forma parte de la familia de las arcillas y está asociado a los mismos procesos de formación es decir al meteorizarse los Feldespatos, las Micas y otros alumosilicatos (Turpial, J. 1985).

3.2.3.5 Hematites (Fe_2O_3)

El hierro forma alrededor del 70% del peso de la hematites. Pertenece al sistema trigonal y se presenta en masas mamillonares. Es un mineral opaco, de color gris metálico a negro y rojizo que se presenta en masas compactas y terrosas. Es un mineral frágil y sin exfoliación. Se encuentra en rocas ígneas y metamórficas y en

filones hidrotermales. También aparece en algunas rocas sedimentarias. (Lye, K. 1980).

3.2.3.6 Anastasa

Mineral de la clase de los óxidos e hidróxidos, de fórmula TiO_2 , que puede contener hierro y que cristaliza en el sistema tetragonal; es polimorfo del rutilo y de la brookita. Presenta color pardo, gris o azul. Mayoritariamente, es un producto de alteración de otros minerales de titanio. (Lye, K. 1980).

3.2.4 Clasificación de la bauxita

La clasificación de la bauxita puede ser según su textura y su génesis. (Mariño y Nandi, 1998).

3.2.4.1 Según su textura

- **Pisolítica:** incluye toda la serie de pisolitas sueltas, las cuales son concreciones muy redondeadas de 0,5 en diámetro promedio y pisolitas cementadas dentro de una matriz criptocristalina con alto grado de disseminación.

- **Esponjosa:** es un material muy duro y altamente poroso de predominante composición gibbsítica. Sus colores intensos o marrón indican la presencia de óxidos de hierro, hematinas. El cuarzo está presente en forma de cristales transparentes implantados de más de 0,1 de diámetro.

- **Celular:** es reconocido por su duro esqueleto, presentando espaciamento lenticular, el cual está compuesto de óxido de hierro, aluminio y cuarzos, mientras

que los espacios abiertos están llenos de óxidos de aluminio. Esta textura se presenta de modo esporádico.

3.2.4.2 Según su génesis

- Bauxitas autóctonas: conocidas también como primarias. Permanecen en su lugar de origen casi correspondiente a su roca madre de la que derivan por alteración edafológica, bajo un manto vegetal en países tropicales (evolución de tipo laterítico) y algunas veces sobre un sustrato calcáreo.

- Bauxitas alóctonas: denominadas también secundarias o resedimentadas. Ocurren en capas estratificadas relacionadas con otros niveles continentales (lacustre) o marino detríticos o calcáreos.

3.2.5 Propiedades físicas de la bauxita

De acuerdo a las condiciones físicas de la bauxita se establecieron ciertos parámetros para la formación y recuperación de las pilas a manera de que Mina suministre un mineral apto a Planta que soporte su capacidad instalada (Tabla 3.1.).

Tabla 3.1 Propiedades físicas de la bauxita. (Suptcia. Geología y planificación mina, C.V.G BAUXILUM-MINA, 1998).

| Propiedades Físicas de La Bauxita | |
|--|---|
| Sistema | Rómbico |
| Hábito | agregados criptocristalinos a escamosos finos |
| Dureza | 3,5 - 4. |
| Densidad | 3,1 |

Continuación de la tabla 3.1 Propiedades físicas de la bauxita. (Suptcia. Geología y planificación mina, C.V.G BAUXILUM-MINA, 1998).

| | |
|--------|--|
| Color | Blanco, amarillento, incoloro; en los agregados <u>Pisolíticas</u> exhibe tonalidades rosa a rojo. |
| Raya | Blanca a roja |
| Brillo | Mate. |

3.2.6 Utilidad de la Bauxita

La bauxita es la materia prima de la cual se extrae la alúmina (óxido de aluminio), esta es la materia prima en el proceso de obtención de aluminio primario. Para obtener una tonelada de aluminio se debe llevar a cabo el proceso de transformación, que contempla la proporción siguiente: de cinco toneladas de bauxita y más de 50Kg. de soda cáustica se obtienen dos toneladas de alúmina, a esta se le suma media tonelada de carbón y 13800 Kwh. de energía eléctrica para obtener dicha tonelada de aluminio. (C.V.G. Bauxilum-Planta, 1998).

3.2.7 Características generales de la Bauxita de Los Pijiguaos

La bauxita del yacimiento de Los Pijiguaos, es de origen laterítico y se estima que se formó durante el Terciario. Este se presenta en forma de manto sobre los topes de los planos de Plateaus y mesetas a una altura que varía entre los 620 y 690m.s.n.m. separadas cada uno por valles profundos. El yacimiento presenta forma irregular pero continua. Puede considerarse en general una formación primaria de una bauxita autóctona mostrando texturas formadas exclusivamente durante la neomineralización. El perfil desde la superficie hasta la roca madre muestra claramente las distintas zonas de bauxita hasta las zonas arcillosas infrayacentes reflejando mineralogías

específicas. Los espesores de la bauxita varían entre 3 y 18 metros, siendo el promedio de 7 metros los mayores espesores, generalmente se localizan hacia el noreste del yacimiento. Los límites de la mineralización están definidos por características geomorfológicas locales. La bauxita se encuentra con pendientes variables entre 0° y 10°. En las áreas con pendientes superiores a los 15°, los procesos erosivos destruyen o eliminan los elementos y costra bauxititas.

La bauxita se presenta en superficies como una costra o coraza, sin embargo eventualmente está cubierta por un suelo rico en materia orgánica que excepcionalmente puede alcanzar 1 metro de espesor.

Por procesos de lixiviación a partir del Granito Rapakivi de El Parguaza en climas tropicales lluviosos, en el planalto de El Parguaza, a nivel de planación de Imataca, Nuria, Cerro Bolívar (600-700m.s.n.m) se produjo en el nivel de Pijiguaos un desarrollo de lateritas alumínicas, cuyo perfil de unos 5 a 10 metros de espesor (7,6 promedio para las menas) muestra de tope a base 4 categorías (Figura 3.2).

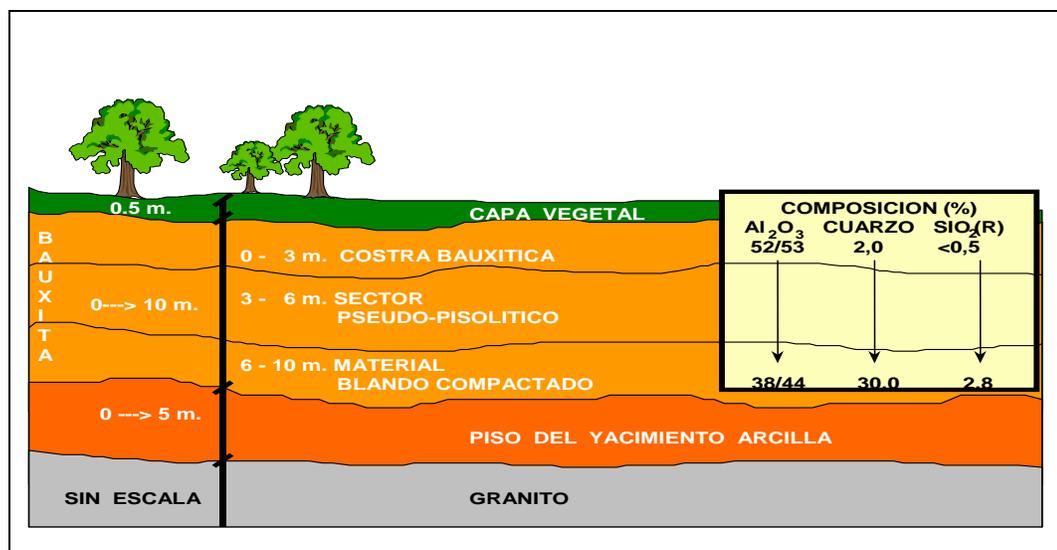


Figura 3.2 Sección típica de la bauxita de Los Pijiguaos. (C.V.G BAUXILUM, 1998).

- a. Costras: mayor de 50% de Al_2O_3 y bajas en SiO_2 , con 1 a 3 m de espesor.
- b. Bauxitas Pisolíticas o Pseudopisolíticas: mayor de 47% de Al_2O_3 y moderadas en SiO_2 , con 1 a 4 metros de espesor.
- c. A veces una duricostra intercalada delgada y bauxita terrosa con baja alúmina y alta sílice (entre 10% y 20% de sílice).
- d. Bauxita Caolinítica: de 1 a 4 metros de espesor con alta sílice ($> 22\%$) y baja alúmina ($<44\%$).

La bauxita de tipo gibbsita (óxido de aluminio trihidratado $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) tiene las siguientes características:

- a. Densidad in situ humedad: $1,864 \text{ t/m}^3$.
- b. Humedad Promedio: 11%
- c. Ángulo de reposo del material: 34°
- d. Espesor Promedio del horizonte de la bauxita en la meseta de los Pijiguaos: 7,00 metros; con la ley de corte mínima de 44/20.
- e. Densidad in situ seca: $1,625 \text{ t/m}^3$.
- f. Otras características: abrasiva, se hace pegajosa al aumentar la humedad (13-15%), no fluye libremente, etc.

3.2.8 El yacimiento de bauxita de Los Pijiguaos

El yacimiento de bauxita está conformado por las altiplanicies que coronan la Serranía de los Pijiguaos (figura 3.3), en altitudes comprendidas entre 600 y 700 metros sobre el nivel del mar. La bauxita se encuentra formando extensas capas de un espesor promedio de 7,6 metros y recubrimiento de materia orgánica no mayor de 0,5 metros. La roca madre de esta bauxita es el granito rapakivi del río Parguaza. La bauxita se originó tras un proceso de laterización intenso en dicho granito, el cual se extiende aproximadamente por 10.000km². (C.V.G BAUXILUM, 1998).

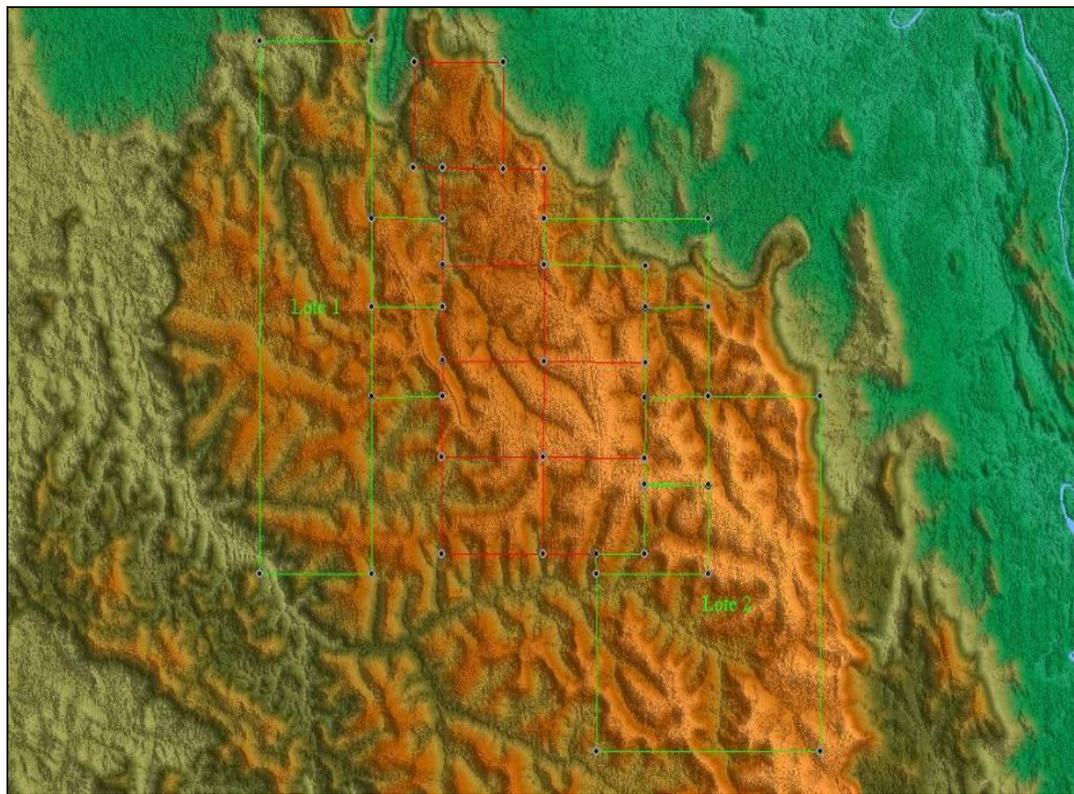


Figura 3.3 Concesiones del yacimiento de bauxita de Los Pijiguaos. (C.V.G BAUXILUM, 1998).

a. Perfil Laterítico del Yacimiento de Bauxita de Los Pijiguaos

El perfil laterítico consiste de tres zonas bien diferenciadas (Figuras 3.4), que se presentan a continuación en orden descendente:

1. Zona de Acumulación

2. Zona de Lavado

3. Zona de Roca

3.2.8.1 Zona de acumulación

En esta zona se encuentra una capa orgánica de 30 a 50 centímetros de espesor e inmediatamente por debajo de esta, aparece primeramente la bauxita como una costra dura rica en alúmina, de 2 a 3 centímetros de espesor, seguido de una zona pseudo-pisolítica de 3 a 5 metros de espesor, donde ocasionalmente aparecen capas duras ricas en gibbsita y bolsones de material arcilloso.

3.2.8.2 Zona de lavado

Esta zona se caracteriza por la presencia de una zona moteada, rica en sílice reactivo y cuarzo, presentando una textura pseudo- Rapakivi infrayacente se encuentra una zona saprolítica donde el grado de meteorización varía en concordancia con la profundidad, hasta encontrar el granito fresco.

3.2.8.3 Zona de roca

Esta zona se encuentra en la base de la columna, y representa el granito Rapakivi fresco o roca madre (Figura 3.4).

| ZONAS | SUBZONAS (ESESOR) | CAPA (ESESOR) | PROFUNDIDAD (m) | PERFIL | DESCRIPCION |
|---------------------|-------------------|---|-----------------|--|---|
| ZONA DE ACUMULACION | SUELO (0-0.3) | ALUVIAL | 0 | | SUELO CONGUJARROS DE LATERITA |
| | | LATERITA BAUXITICA (MENA PRINCIPAL DE ESPESOR PROMEDIO (7,6 m)) | 1 | | COSTRAS DURA RICA EN ALUMINA Y BAJA EN CUARZO Y SILICE REACTIVO |
| | LATERITA (2-12 m) | CAPA DURA (0.5 m) | 2 | | BAUXITA PSEUDOSOLITICA RICA EN CUARZO DISEMINADO, CON CAPAS DURAS OCASIONALES RICA EN GIBBSITA Y CAPA SURVE DE CAOLINITA EN LA PARTE INFERIOR |
| | | CAPA RICA EN MAT. ARCILLOSO (0-0.8 m) | 3 | | |
| | | | 4 | | |
| | | | 5 | | |
| | | | 6 | | |
| ZONA DELAVADO | SAPROLITO | CAPA MOTEADA | 7 | | |
| | | | 8 | | |
| | ROCA SAPROLITICA | SAPROLITO | 9 | MATERIAL ARCILLOSO RICO EN CUARZO ("TIGRITO") | |
| | | | 10 | | |
| | | | 11 | GRANITO METEORIZADO RICO EN CUARZO Y CAOLINITA | |
| | | | 12 | GRANITO METEORIZADO Y FRACTURADO | |
| | 13 | | | | |
| | 14 | | | | |
| ZONA DE ROCA | ROCA FRESCA | ROCA MADRE* | 15 | | |
| | | | 16 | | |
| | | | 17 | | |
| | | | 18 | | GRANITO FRESCO |
| | | | 19 | | |
| | | | 20 | | |

Figura 3.4 Perfil laterítico del yacimiento de bauxita de Los Pijiguaos. (Mariño y Nandi, 1998).

3.2.9 Parámetros de calidad de la bauxita requeridos por Bauxilum Planta

De acuerdo a las condiciones físicas de la bauxita se establecieron ciertos parámetros para la formación de bauxita en alúmina calcinada de grado metalúrgica a manera de que Mina suministre un mineral apto a Planta que soporte su capacidad instalada. (Tabla 3.2).

Tabla 3.2 Especificaciones de la bauxita para (C.V.G Bauxilum- Planta, 1998).

| Parámetro Químico | Mínimo (%) | Típico (%) | Máximo (%) |
|--|-------------------|-------------------|-------------------|
| Alúmina total (Al_2O_3) _T | 49,00 | ---- | ---- |
| Alúmina disponible(Al_2O_3) _D | 45,50 | 46.5 | ---- |
| Sílice reactiva (SiO_2) _R | 1,30 | 1,40 | 1,50 |
| Sílice cuarzo (SiO_2) _Q | 1,50 | 1,40 | 9,00 |
| Hierro (Fe_2O_3) | 11,60 | 12,60 | 13,80 |
| Titanio (TiO_2) | 1,20 | 1,25 | 1,30 |
| Humedad | ---- | ---- | 13,00 |

3.3 Recurso mineral

Un recurso mineral es una concentración u ocurrencia de material de interés económico intrínseco en o sobre la corteza de la Tierra en forma y cantidad en que haya probabilidades razonables de una eventual extracción económica. La ubicación, cantidad, ley, características geológicas y continuidad de un recurso mineral son conocidas, estimadas o interpretadas a partir de evidencia y conocimientos específicos geológicos. Los recursos minerales se subdividen, en orden de confianza geológica ascendente, en categorías de inferidos, indicados y medidos (Ortiz, 2001).

3.3.1 Recurso mineral inferido

Es aquella parte de un recurso mineral por la cual se puede estimar el tonelaje, ley y contenido de mineral con un bajo nivel de confianza. Se infiere a partir de evidencia geológica y se asume pero no se certifica la continuidad geológica ni de la ley. Se basa en información inferida mediante técnicas apropiadas de localizaciones

como ser afloramientos, zanjas, rajos, laboreos y sondajes que pueden ser limitados o de calidad y confiabilidad incierta (Ortiz, 2001).

3.3.2 Recurso mineral indicado

Es aquella parte de un recurso mineral para el cual puede estimarse con un nivel razonable de confianza el tonelaje, densidad, forma, características físicas, ley y contenido mineral. Se basa en información sobre exploración, muestreo y pruebas reunidas mediante técnicas apropiadas en ubicaciones como ser: afloramientos, zanjas, rajos, túneles, laboreos y sondajes (Ortiz, 2001).

3.3.3 Recurso mineral medido

Es aquella parte de un recurso mineral para el cual puede estimarse con un alto nivel de confianza el tonelaje, su densidad, forma, características físicas, ley y contenido de mineral. Se basa en exploración detallada y confiable, información sobre muestreo y pruebas obtenidas mediante técnicas apropiadas de lugares como ser afloramientos, zanjas, rajos, túneles, laboreos y sondajes. Las ubicaciones están espaciadas con suficiente cercanía para confirmar continuidad geológica y/o de ley (Ortiz, 2001).

3.4 Reserva mineral

Es la parte económicamente explotable de un recurso mineral medido o indicado. Incluye dilución de materiales y tolerancias por pérdidas que se puedan producir cuando se extraiga el material. Se han realizado las evaluaciones apropiadas, que pueden incluir estudios de factibilidad e incluyen la consideración y modificación por factores razonablemente asumidos de extracción, metalúrgicos, económicos, de mercados, legales, ambientales, sociales y gubernamentales. Estas evaluaciones

demuestran en la fecha en que se reporta que podría justificarse razonablemente la extracción. Las reservas de mena se subdividen en orden creciente de confianza en reservas probables y reservas probadas (Ortiz, 2001).

3.4.1 Reserva probable

Es la parte económicamente explotable de un recurso mineral indicado y en algunas circunstancias recurso mineral medido. Incluye los materiales de dilución y tolerancias por pérdidas que puedan producirse cuando se explota el material. Se han realizado evaluaciones apropiadas, que pueden incluir estudios de factibilidad, e incluyen la consideración de y modificación por factores razonablemente asumidos de minería, metalúrgicos, económicos, de mercadeo, legales, medioambientales, sociales y gubernamentales. Estas evaluaciones demuestran a la fecha en que se presenta el informe, que la extracción podría justificarse razonablemente (Ortiz, 2001).

3.4.2 Reserva probada

Es la parte económicamente explotable de un recurso mineral medido. Incluye los materiales de dilución y tolerancias por pérdidas que se pueden producir cuando se explota el material. Se han realizado evaluaciones apropiadas que pueden incluir estudios de factibilidad, e incluyen consideración de y modificación por factores fehacientemente asumidos de minería, metalúrgicos, económicos, de mercados, legales, ambientales, sociales y gubernamentales. Estas evaluaciones demuestran, a la fecha en que se publica el informe, que la extracción podría justificarse razonablemente (Ortiz, 2001).

3.5 Evaluación de reservas

La estimación, evaluación o cálculo de reservas, es el procedimiento que se realiza para determinar la cantidad y calidad de un depósito mineral. Este cálculo debe efectuarse al inicio y durante el transcurso de la explotación de cualquier depósito mineral.

La evaluación de las reservas del yacimiento de bauxita de Los Pijiguaos viene dada por los resultados de los análisis químicos de alúmina (Al_2O_3), sílice total ($\text{SiO}_{2(\text{T})}$), sílice reactivo ($\text{SiO}_{2(\text{R})}$), hierro (Fe_2O_3) y titanio (TiO_2), para cada metro vertical de los sondeos en cada bloque con una malla de perforación 25x25. Los resultados de los ensayos son computados mediante métodos geoestadísticos de interpolación (Método de Bloques) utilizando como función de extensión la distancia ponderada, resultando una ley de corte, la cual es mayor o igual a un 44% de alúmina y menor o igual a un 20% de sílice (Ortiz, 2001).

3.6 Ley de corte

Corresponde a la ley más baja que puede tener un cuerpo mineralizado para ser extraído con beneficio económico. Todo el material que tiene un contenido de cobre sobre la ley de corte se clasifica como mineral y es enviado a la planta para ser procesado, en tanto que el resto, que tiene un contenido de cobre más bajo, se considera estéril o lastre y debe ser enviado a botaderos (Ortiz, 2001).

3.7 Métodos de evaluación de reservas

El análisis del conjunto de datos espaciales, ha sido llevado a cabo usando una amplia variedad de técnicas, algunas con una base teórica, otras puramente justificadas sobre terrenos empíricos, y algunos con justificación no aparente.

El cálculo de reservas de mineral puede realizarse a partir de los principales métodos; como lo son los métodos clásicos, métodos estadísticos y los métodos geoestadísticos (Chacón, 1997).

3.7.1 Métodos clásicos

Los métodos clásicos, tradicionalmente llamados convencionales, utilizan diferentes principios y métodos para el cálculo de reservas; dentro de los principios se encuentran la regla de los cambios graduales, la regla de los puntos cercanos y la regla de generalización; y entre los métodos se tienen el método de triangulación, el método poligonal, el método de las secciones, el método de los bloques.

3.7.2 Métodos estadísticos

En el caso de estos métodos se aplica la estadística al cálculo de reservas y las técnicas disponibles, que permiten computar con un intervalo de confianza el tenor y volumen aproximado del mineral mediante el cálculo de distribución, probabilidades y correlación fuerte asociado al tenor del mineral.

Dentro de las técnicas utilizadas para el cálculo de reservas por los métodos estadísticos se tienen las siguientes: distribución normal y normal logarítmica; análisis de superficies dirigida; técnica de la media rodante; curva de tenor-tonelaje y curva de tonelaje; análisis discriminante; distribución discreta; y modelos multicomponentes de depósitos de mineral.

Los métodos estadísticos, se apoyan esencialmente sobre la estadística clásica de variables independientes. Su principal defecto, es que se apoya sobre hipótesis muy restrictivas para rendir cuenta de la complejidad de los fenómenos (Córdova, 2001).

3.7.3 Métodos geoestadísticos

Se diferencian de los estadísticos, debido a que toman en cuenta la importancia de la distribución y ubicación espacial de las muestras, así como también la relación geométrica entre ellas y por consiguiente, su zona de influencia. La determinación de este hecho es posible mediante la utilización de una herramienta matemático-estructural denominada: variograma (Chacón, 1997).

3.8 Geoestadística

El término geoestadística fue inventado por el profesor George Matheron en su trabajo de 1960 interesado en los problemas de estimación de reservas minerales; definiéndolo como la aplicación del formalismo de las funciones aleatorias al reconocimiento y estimación de los fenómenos naturales. Dichos fenómenos se caracterizan por la distribución espacial de una o más variables, denominándolas como variables regionalizadas (Matheron, 1969).

La geoestadística como método de estimación de reservas se distingue de otros métodos porque toma en cuenta la posición de las muestras y estima la relación en función de la distancia de separación (Villanueva, 2002).

3.9 Software Minero MINESIGHT/MEDSYSTEM

Para la evaluación y diseño del yacimiento se cuenta con un sistema computacional denominado MINESIGHT/MEDSYSTEM, el cual es un software que fue especialmente creado para explotación minera tanto a cielo abierto como subterránea, que ofrece una variedad de programas que contienen herramientas para uso de la explotación y estudios de factibilidad, ofreciendo facilidades para tratar con eficacia las labores de geología, campo y oficina (Mintec, Inc. 1997).

El software Medsystem (Mineral Evaluation and Desing System), es un sistema de programas de computadora, creado en lenguaje Fortran desarrollado por la empresa Mintec, Inc. (Mineral Tecnology), ubicada en Tucson-Arizona, U.S.A., con la finalidad de evaluar depósitos minerales y propiedades operativas para asistir a los profesionales de la minería, en la preparación de estimaciones de reservas y planes mineros (exploración, evaluación minera, diseño de mina, proyectos de producción, etc.). Este se ha diseñado para tomar datos no elaborados de origen estándar (sondeos, muestreos subterráneos, conos para voladuras, etc.) y extender esta información hasta el punto de derivarse un programa de producción. Los datos y las operaciones sobre los mismos pueden ser clasificados en los siguientes grupos litológicos:

3.9.1 Operaciones con datos de sondeos

Una variedad de datos de sondaje pueden ser almacenados en Minesight®, incluyendo ensayos, litología y códigos geológicos, parámetros de calidad para el hierro, información de collar (coordenadas y orientación de la perforación) y datos del fondo del sondeo. Revisiones de valores y consistencia de los datos pueden llevarse a cabo antes de que sean cargados a Minesight® (Mintec, Inc. 1997).

Después de haberse almacenado en el sistema los datos se pueden listar, actualizar, analizar geoestadísticamente y estadísticamente; y ser dibujados en planos o secciones litológicas de Minesight® (Mintec, Inc. 1997).

3.9.2 Operaciones con datos digitalizados (VBM)

Los datos digitalizados son integrales a la evaluación de un proyecto de muchas maneras. Se usan para definir información geológica en sección o en plano, para definir contornos topográficos, información estructural, diseños de mina y otra

información que pueda ser importante para evaluar el cuerpo mineral (Mintec, Inc. 1997).

Los datos digitalizados se usan o se derivan prácticamente en cada fase de un proyecto, desde los datos de sondaje hasta la programación de producción (Mintec, Inc. 1997).

3.9.3 Operaciones con compuestos

Los compuestos son agrupaciones de muestras de longitud definida por el usuario que contienen información de litología y de grados químicos representativos de un conjunto de muestras. El software minero Minesight® puede considerar compuestos tanto verticales como horizontales y pueden ser formados de distintas longitudes según las necesidades del usuario y las características particulares de cada depósito mineral (Mintec, Inc. 1997).

Los compuestos son calculados por bancos (para la mayoría de las minas de metales básicos) o por mantos (en caso de minas de carbón y bauxita), para mostrar el valor a base minera. Los datos compuestos pueden ser generados en Minesight® o fuera del sistema y cargados. Dichos datos compuestos pueden ser listados, actualizados, analizados geoestadísticamente y estadísticamente, y ploteados en planos o secciones. Estos datos se pasan a la próxima fase de Minesight® que consiste en el modelamiento del cuerpo mineral. (Mintec, Inc. 1997).

3.9.4 Operaciones de modelamiento

Dentro de Minesight®, los yacimientos pueden ser representados por uno o dos tipos de modelo computacional. Un modelo 3D de bloques se usa generalmente para modelar yacimientos de metal básico tal como el Hierro, Cobre u otros yacimientos

metálicos. Un modelo de manto cuadrulado (GSM) se usa para yacimientos en capas, tales como los de carbón y bauxita. (Mintec, Inc. 1997).

El principal objetivo de la modelización computarizada de yacimientos consiste en la interpretación geológica detallada y minuciosa de los mismos, en un arreglo tridimensional conformado por columnas e hileras, además de niveles o bancos de explotación representados por bloques o unidades volumétricas de material, resultado de la interpolación previo de los parámetros químicos presentes e involucrados en dicho yacimiento.

En un modelo 3D de bloques el yacimiento también se divide verticalmente en bancos, mientras que en un modelo GSM, las dimensiones verticales son en función del grosor de intercalaciones y de mantos. Para cada bloque en el modelo pueden almacenarse una variedad de artículos. Típicamente, un modelo 3D contendrá artículos de ley, códigos geológicos y porcentajes topográficos. Para un modelo GSM, se requiere la evaluación del estrato superior y del grosor del manto y otros artículos, tales como parámetros de calidad, fondo de mantos, grietas, etc., todos ellos pueden ser almacenados (Mintec, Inc. 1997).

3.9.5 Inicialización del proyecto

En rasgos generales, para la inicialización de un proyecto de mina, el software permite al usuario seguir una serie de procedimientos que involucran la utilización de una estructura de archivos de programas, cada uno de estos archivos almacena una porción específica de datos necesarios para el desarrollo del proyecto de mina. Cada archivo de datos ha sido designado con un número de referencia, el cual es usado en el programa de corrida de los archivos. Una vez que el modelo se haya construido, este se puede actualizar, resumir estadísticamente, plotear y contornear en planos o secciones (Mintec, Inc. 1997).

Además de la elaboración de los planes de producción a corto (diario, semanal, mensual o por pilas), mediano (entre 1-5 años) y largo plazo (5-15 años) en las diferentes áreas de los bloques el software permite la realización de otros planos de apoyo, tales como: El Plano de superficie de Piso Operativo, Plano de Superficie Original, Plano de Modelo de Yacimiento, Plano de curvas Isogradas.

Mediante el software se tiene control de los Cortes de Excavación en las áreas en explotación mediante los levantamientos topográficos en campo de los pisos operativos, los costos para generar la superficie del piso excavado cuya diferencia de nivel con respecto a la superficie Original resulta el corte de excavación efectuado y nos permite calcular los remanentes del mineral cuando la excavación se efectúa por encima de la Ley de Corte. Con esta información obtenida se actualizan las secciones geológicas y levantamiento de los avances del frente de excavación, para comparar la información geológica de los planos con lo ejecutado en el terreno (Figura 3.5).

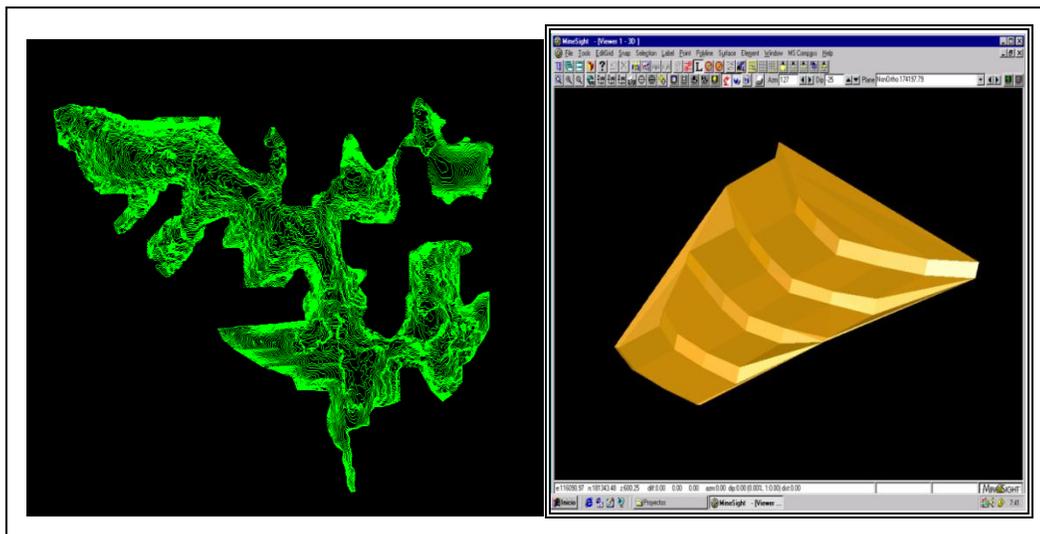


Figura 3.5 Modelos Geológicos en 3D elaborado en MINESIGHT (Sala técnica C.V.G. BAUXILUM-MINA, 1998)

3.10 Sondeos geoexploratorios

Los sondeos son perforaciones que proporcionan información sobre la mena en el subsuelo (espesor, grado químico, textura, cálculo y cantidades aproximadas). Se realizan utilizando taladros de circulación reversa, taladros de percusión (CDH) y Diamond Drill Hole (DDH) de rotación a diamantes (Chmait, 2005).

3.11 Áreas marginales

Son áreas adyacentes a la mina de difícil acceso, por lo que han sido geoexploradas parcialmente y se tiene poca información de las características geoquímicas del mineral presente en el lugar. En la empresa C.V.G Bauxilum por lo general se refiere a bloques que han sido poco caracterizados geoquímicamente (Ortiz, 2001).

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE TRABAJO

4.1 Tipo de investigación

Según Canales, E. (1.996) el nivel de investigación se refiere al grado de profundidad con que se aborda un objeto o fenómeno. En esta investigación se indicará si se trata de una investigación exploratoria, comparativa y analítica.

4.1.1 Investigación exploratoria

Según Canales, E. (1.996) la investigación exploratoria es aquella que se efectúa sobre un tema u objeto poco conocido o estudiado, por lo que sus resultados constituyen una visión aproximada de dicho objeto. Es útil desarrollar este tipo de investigación porque, al contar con sus resultados, se simplifica abrir líneas de investigación y proceder a su consecuente comprobación.

Es una investigación exploratoria porque se identificaran las características actuales del yacimiento mineral y a partir de esta se caracterizaran zonas potenciales de mineral bauxítico que presente dentro de su composición química valores dosificables del conglomerado mineral de las nuevas áreas seleccionadas.

4.1.2 Investigación Comparativa

Según Canales, E. (1.996) la investigación comparativa es aquella cuyo propósito consiste en precisar diferencias y semejanzas que existen entre dos o más grupos con respecto a un mismo evento. Los estudios de la psicología diferencial, la

educación comparada, la sexología comparada, son ejemplos de investigaciones comparativas.

Es una investigación comparativa porque se identificarán las características actuales del yacimiento mineral con las características que presenten las nuevas áreas seleccionadas y a partir de esta se caracterizaran si pueden ser zonas adecuadas para ser utilizadas en la relación de posibles mezclas futuras.

4.1.3 Investigación Analítica

Según Canales, E. (1.996) la investigación analítica es un procedimiento más complejo con respecto a investigación descriptiva, que consiste fundamentalmente en establecer la comparación de variables entre grupos de estudio y el control sin aplicar o manipular las variables, estudiando estas según se dan naturalmente en los grupos.

También es una investigación analítica debido a que de la información aportada de las características actuales del depósito mineral se desarrollaran criterios de análisis que permitan identificar la zona en estudio, y poder concluir si en definitiva se puede llegar a actualizar las reservas probables de bauxita de dicha zona y su posible potencial.

4.2 Diseño de la investigación

Según Castañeda, J. (1.995 y 1.996) el diseño de investigación es la estrategia que adopta el investigador para responder al problema planteado.

4.2.1 Investigación documental

Según Castañeda, J. (1.995) es aquella que se basa en la obtención y análisis de datos provenientes de materiales impresos u otros tipos de documentos.

La investigación documental está basada en la recopilación e interpretación de material bibliográfico, información técnica de trabajos e informes realizados en la empresa, tales como: información de los sondeos, mapas de avance de explotación, mapas topográficos, secciones geológicas, al igual que de la informática que será la que arroje los resultados finales de la investigación.

4.2.2 Investigación de campo

Según Castañeda, J. (1.996) este tipo de investigación consiste en la recolección de datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar variable alguna. Como es compatible desarrollar este tipo de investigación junto a la investigación de carácter documental, se recomienda que primero se consulten las fuentes de la de carácter documental, a fin de evitar una duplicidad de trabajos.

La investigación de campo está basada en salidas de campo para reconocimiento, observación, y ubicación geográfica de las nuevas áreas seleccionadas, observándose directamente las zonas mineralizadas.

4.3 Flujoograma de la metodología

En el siguiente flujoograma se representa en forma general la metodología aplicada, señalando las etapas desarrolladas en el proyecto de investigación. (Figura 4.1).

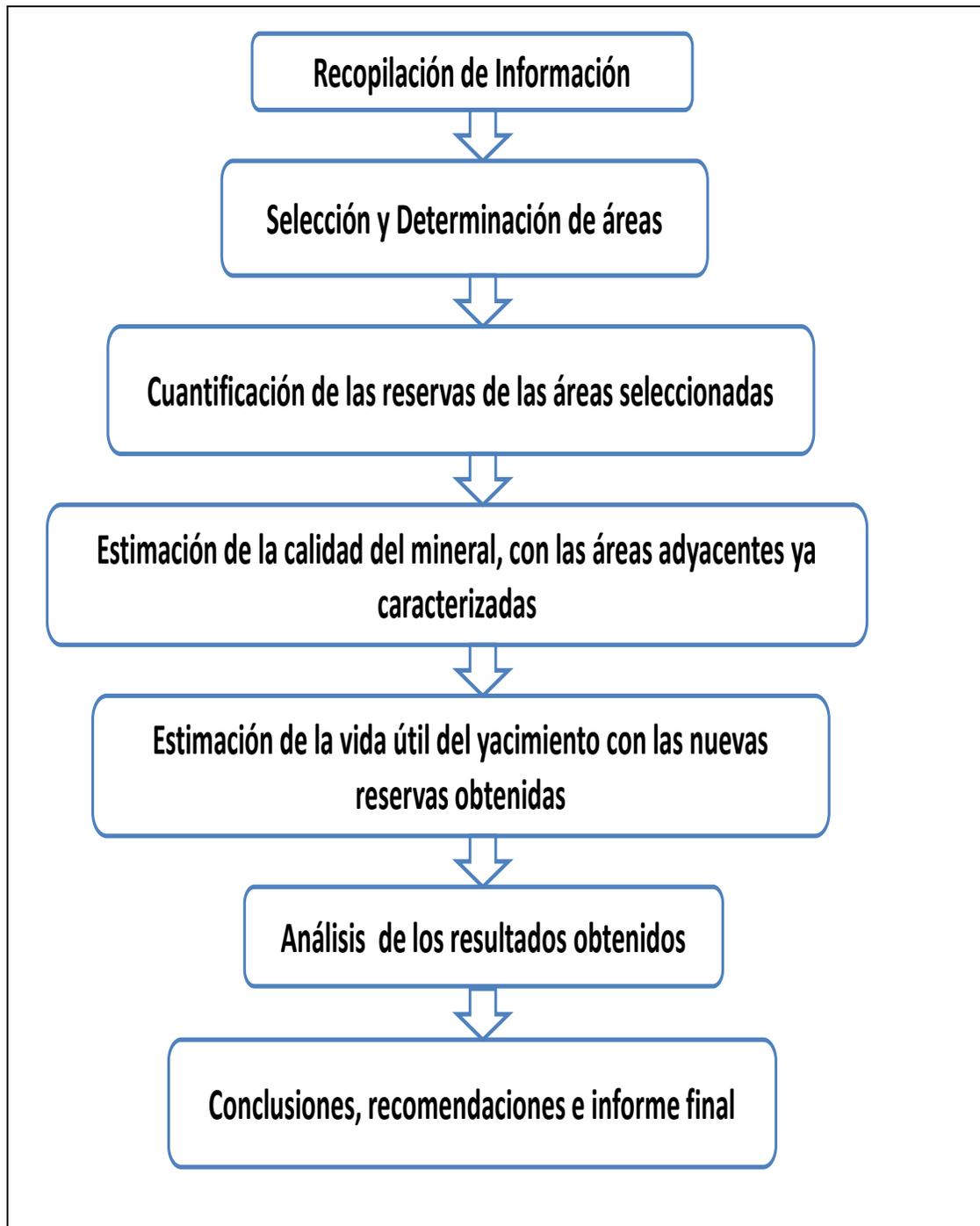


Figura 4.1 Flujograma de la metodología.

4.3.2 Recopilación de información

Una vez seleccionadas las áreas de interés para el trabajo, se recopiló información bibliográfica sobre superficies de planación y aquellos sectores que se encuentran sobre los 500 y 600 msnm, cuyas características tienden a presentar formas de relieve con topes planos (plateau) en gran parte de su extensión, con pendientes muy suaves que hacen prevalecer los procesos de meteorización, sobre la acción erosiva.

Todo esto se basó en la búsqueda de trabajos anteriormente realizados relacionado con el tema, incluyendo informes acerca de la producción de la empresa, mapas del yacimiento e información de la geología del mismo que proporcionan las herramientas necesarias para desarrollar el tema.

4.3.3 Selección y determinación de áreas dentro y fuera de la concesión adyacentes al yacimiento actual

La selección de las áreas se realizó en zonas que se encuentran adyacentes al yacimiento de la mina, las cuales están dentro y fuera de la parcela del límite de la concesión, pero que la ley de minas no otorgó el permiso para ser incluidas en la concesión del yacimiento de los pijiguaos. Mediante salidas de campo se pudo observar, reconocer y ubicar la zona de estudio con presencia de mineral económicamente aprovechable.

Cabe mencionar que las áreas que están dentro de la concesión son consideradas como marginales ya que son áreas con poca caracterización química y por lo tanto no están incluidas en el plan de explotación de la empresa. Las áreas que se encuentran fuera de la concesión se analizaron químicamente mediante una corrida

del programa minero Minesight a un rango de 275 metros con las zonas adyacentes ya caracterizadas (Figura 4.2).

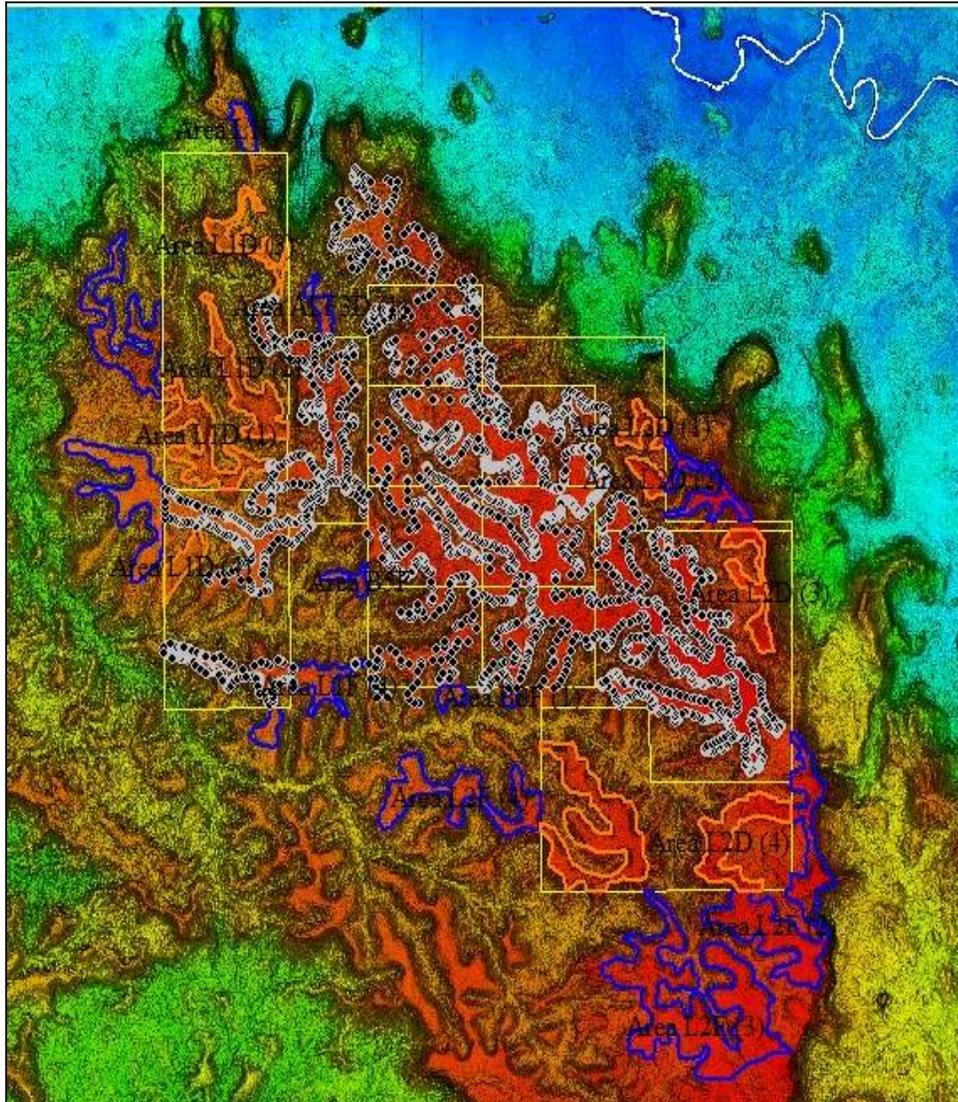


Figura 4.2 Imagen en Global Mapper de las nuevas áreas seleccionadas.

4.3.4 Cuantificación de las reservas de las áreas seleccionadas, utilizando el programa minero MineSight

La cuantificación de las reservas totales se determinó en función de conocer los recursos indicados (mallado de perforación 100x100) con que se cuenta actualmente en el yacimiento, esto se llevo a cabo por medio del software geológico-minero Minesight, el cual esta diseñado para tomar datos no elaborados de origen estándar, en este caso los sondeos geoexploratorios ya realizados, los cuales arrojaron un valor aproximado tanto de los componentes químicos (Al_2O_3 , $SiO_{2(Q)}$, $SiO_{2(R)}$, Fe_2O_3) como de las reservas o toneladas totales del mineral bauxítico en el yacimiento, a partir de allí se cuantifico las reservas de las áreas seleccionadas elaborando una nueva tabla que reflejó todas las áreas que contenían valores del conglomerado mineral de las reservas obtenidas.

4.3.5 Estimación de las reservas de las áreas seleccionadas tanto dentro como fuera de la concesión

Para estimar las reservas de bauxita, de las áreas seleccionadas, se adoptaron los parámetros característicos utilizados por la empresa C.V.G Bauxilum, Operadora de Bauxita, en el yacimiento de bauxita de Los Pijiguaos, cuya ley de corte es 44/20 que generalmente se cumple a una profundidad de 7.6 metros de profundidad, y una densidad del material de 1.625 ton/m³ para los Pijiguaos y nuevas concesiones.

Asumiendo dichas características, se calcularon los recursos, multiplicando la superficie por la profundidad asumida (7 metros), para obtener un volumen de material en m³, finalmente este volumen es transformado en toneladas, multiplicándolo por la densidad del material, que se estima en 1.625 Ton/m³,

4.3.6 Estimación de la calidad del mineral en las áreas seleccionadas mediante correlación geoestadística y secciones verticales

Para estimar la calidad del mineral de las nuevas áreas seleccionadas se realizaron secciones verticales a las áreas marginales ya que cuentan con pocos sondeos geoexploratorios y a partir de allí se realizaron las secciones verticales con el programa minero Minesight. Mientras que para las áreas que se encuentran fuera de la concesión se hizo una corrida del programa minero Minesight a un rango de 275 metros con las áreas adyacentes ya caracterizadas.

4.3.7 Análisis de resultados

En el análisis de resultados se conocerán las reservas totales con que se cuenta actualmente en la mina y a través de estos resultados obtenidos conocer la vida útil del yacimiento de bauxita, mediante la elaboración de un cálculo lineal, dividiendo el valor de la cuantificación de las reservas totales del yacimiento con un promedio de las toneladas de producción anuales tomadas del plan de explotación, con la finalidad de expresar en años la vida útil del yacimiento de acuerdo a las especificaciones químicas promedio requerida por Bauxilum-planta.

4.3.8 Conclusiones, recomendaciones e informe final

De acuerdo a los resultados obtenidos, se establecieron una serie de conclusiones y recomendaciones que permitan alargar o incrementar el suministro eficiente de material, para lograr un aprovechamiento óptimo del mineral bauxítico así como asegurar su calidad.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

La integración de toda esta información, procesada mediante herramientas de procesamiento digital, ejecutadas de forma sistemática, contenidas en los sistemas de procesamiento de Global Mapper, Autocad y Google Earth, y aplicando fotointerpretación, reveló diferentes características tanto geomorfológicas como de vegetación del área de estudio, de ello se expresa lo siguiente:

5.1 Interpretación de la geomorfología y vegetación a través de sensores remotos

En cuanto a la geomorfología se determinó a través de las imágenes satelitales que el área de estudio se encuentra enmarcada por un drenaje de tipo dendrítico, el cual presenta una topografía plana cuyas pendientes son suaves a intermedias, constituidas por rocas graníticas (Figura 5.1).

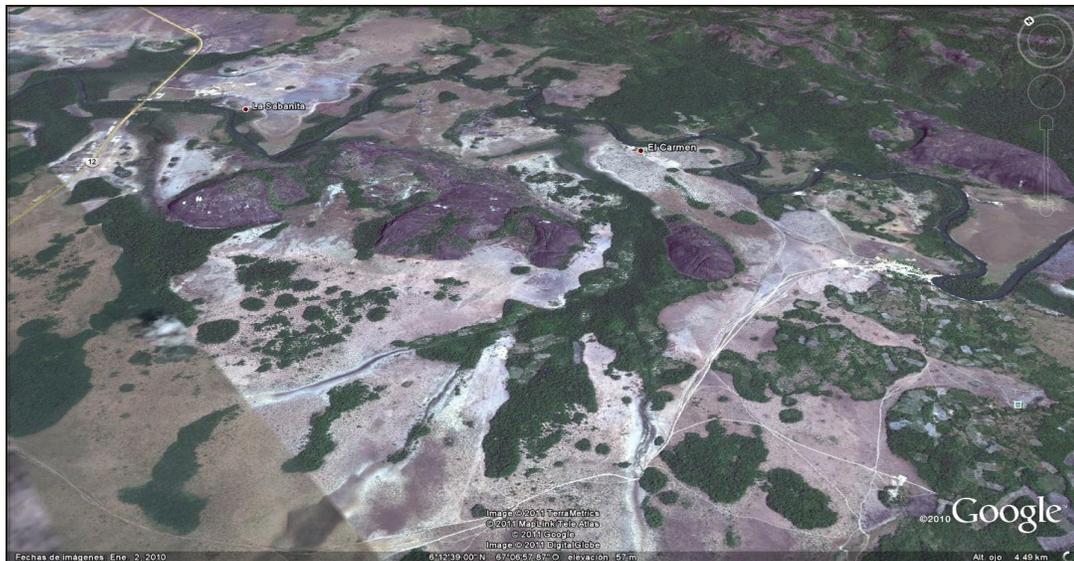


Figura 5.1 Sistema de drenaje.

En cuanto a la vegetación se determinó que el área representa un patrón geomorfológico característico de superficies lateríticas, específicamente bauxíticas, dado la naturaleza geológica del basamento.

Representada por un Plateau de altura media, es decir, de unos 600 msnm a 800 msnm, con una topografía escarpada, generándose relieves de lomas, las cuales poseen un desnivel promedio de ± 80 metros. asociados a afloramientos rocosos en forma de grandes bloques redondeados que permiten el establecimiento de un bosque medio a alto con una cobertura vegetal de media a densa, la cual siempre crece sobre las áreas de pendientes intermedias entre plateaus y valles, y eventualmente sobre los topos de los plateaus mineralizados (Figura 5.2).

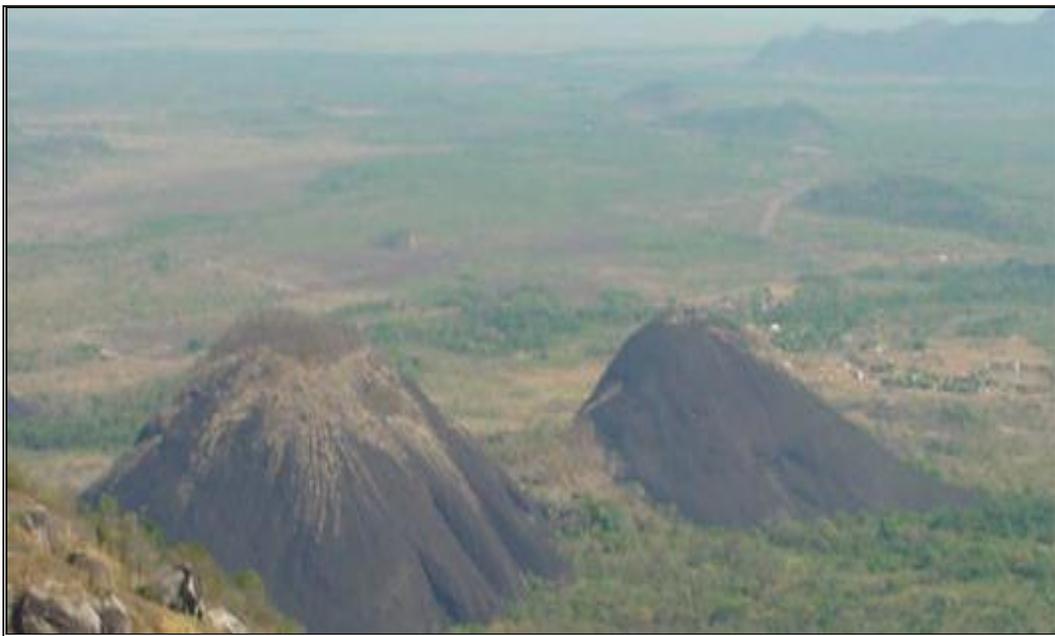


Figura 5.2 Fotografía de la vegetación tomada en el área de estudio durante una salida de campo.

5.2 Cuantificación de las reservas de las nuevas áreas seleccionadas mediante el programa minero MineSight

Con las nuevas áreas seleccionadas se cuantificó unos recursos inferidos de 48.451.811 toneladas que se encuentran dentro del límite de la concesión, de las cuales 32.044.500 toneladas están conectadas al yacimiento y 16.407.300 toneladas no están conectadas (Tabla 5.1).

Tabla 5.1 Reservas de las nuevas áreas seleccionadas dentro del Lote 1.

| Número | Área(m ²) | Densidad | Reservas (t) |
|--------------|-----------------------|----------|--------------|
| L1D (1) | 156.29 | 1.625 | 17.777.987 |
| L1D (2) | 144.24 | 1.625 | 16.407.300 |
| L1D (3) | 73.13 | 1.625 | 8.318.537 |
| L1D (4) | 52.29 | 1.625 | 5.947.987 |
| TOTAL | 425.95 | 1.625 | 48.451.811 |

Se observó que las distintas áreas seleccionadas presentan una mínima variación en cuanto a la calidad del conglomerado mineral. Vale mencionar que estas áreas fueron evaluadas muy poco ya que son zonas de difícil acceso y por lo tanto no han sido evaluadas con un mallado de perforación uniforme (Tabla 5.2).

Tabla 5.2 Resultados obtenidos con la ley de corte 44/20 y rango de 200 metros.

| Recursos | Rango (m) | Al ₂ O ₃ (T) (%) | SiO ₂ (Cz) (%) | SiO ₂ (R) (%) | Fe ₂ O ₃ (%) | Espesor (m) |
|----------|-----------|--|---------------------------|--------------------------|------------------------------------|-------------|
| L1D (1) | 200 | 48.6 | 7.7 | 2.6 | 12.9 | 5.9 |
| L1D (2) | 200 | 50.7 | 7.2 | 1.0 | 12.8 | 6.3 |

Continuación de la tabla 5.2 Resultados obtenidos con la ley de corte 44/20 y rango de 200 metros.

| | | | | | | |
|--------------|-----|------|-----|-----|------|-----|
| L1D (3) | 200 | 49.8 | 6.9 | 2.2 | 10.0 | 7.0 |
| L1D (4) | 200 | 46.6 | 6.6 | 1.3 | 13.9 | 6.4 |
| TOTAL | 200 | 48.9 | 7.1 | 1.7 | 12.4 | 6.4 |

Se obtuvieron unas reservas inferidas de 68.799.411 toneladas que se encuentran dentro del límite de la concesión y las cuales a su vez no se encuentran conectadas al yacimiento (Tabla 5.3).

Tabla 5.3 Reservas de las áreas seleccionadas dentro del Lote 2.

| Número | Área (m ²) | Densidad | Reservas (t) |
|--------------|------------------------|----------|--------------|
| L2D (1) | 38.91 | 1.625 | 4.426.012 |
| L2D (2) | 35.49 | 1.625 | 4.027.887 |
| L2D (3) | 89.38 | 1.625 | 10.166.975 |
| L2D (4) | 150.91 | 1.625 | 17.166.012 |
| L2D (5) | 290.22 | 1.625 | 33.012.525 |
| TOTAL | 604.91 | 1.625 | 68.799.411 |

Se observó que las distintas áreas seleccionadas presentan una mayor variación en cuanto a la calidad del conglomerado mineral. Al igual que las áreas seleccionadas de la tabla 5.3 estas áreas no cuentan con un mallado de perforación uniforme (Tabla 5.4).

Tabla 5.4 Resultados obtenidos con la ley de corte 44/20 y rango de 200 metros.

| Recursos | Rango (m) | Al₂O₃(T) (%) | SiO₂(Cz) (%) | SiO₂(R) (%) | Fe₂O₃ (%) | Espesor (m) |
|-----------------|------------------|---|--------------------------------|-------------------------------|--|--------------------|
| L2D (1) | 200 | 48.3 | 7.8 | 1.0 | 13.2 | 7.0 |
| L2D (2) | 200 | 48.0 | 6.9 | 2.7 | 12.5 | 6.7 |
| L2D (3) | 200 | 50.4 | 7.8 | 0.8 | 12.9 | 6.3 |
| L2D (4) | 200 | 45.6 | 7.7 | 1.3 | 13.2 | 5.8 |
| L2D (5) | 200 | 47.1 | 10.7 | 1.6 | 12.3 | 7.3 |
| TOTAL | 200 | 47.8 | 8.1 | 1.4 | 12.8 | 6.6 |

Se tiene unos recursos inferidos de 60.273.848 toneladas que se encuentran fuera del límite de la concesión, de las cuales 56.321.036 toneladas están conectadas al yacimiento y 3.952.812 no están conectadas (Tabla 5.5).

Tabla 5.5 Reservas de las áreas seleccionadas fuera del Lote 1.

| Número | Area (m²) | Densidad | Reservas (t) |
|---------------|-----------------------------|-----------------|---------------------|
| L1F (1) | 189.67 | 1.625 | 21.574.962 |
| L1F (2) | 202.51 | 1.625 | 23.035.512 |
| L1F (3) | 34.75 | 1.625 | 3.952.812 |
| L1F (4) | 71.55 | 1.625 | 8.138.812 |
| L1F (5) | 31.40 | 1.625 | 3.571.750 |
| TOTAL | 529.88 | 1.625 | 60.273.848 |

Se observó que las distintas áreas seleccionadas presentan una mínima variación en cuanto a la calidad del conglomerado mineral. Vale mencionar que estas áreas se encuentran fuera de la concesión y fueron evaluadas con una corrida del programa minero Minesight a un rango de 275 metros. En comparación con las áreas que se

encuentran dentro de la concesión del lote 1 se observó que a pesar de que se usó un rango más grande no hubo variación en ninguno de los valores obtenidos (parámetros químicos y espesor). Ocurrió un incremento en cuanto a las toneladas de 11.822.037 toneladas en comparación con las áreas seleccionadas dentro de la concesión, las cuales se encuentran adyacentes al lote 1 (Tabla 5.6).

Tabla 5.6 Resultados obtenidos con la ley de corte 44/20 y rango de 275 metros.

| Recursos | Rango (m) | Al₂O₃(T) (%) | SiO₂(Cz) (%) | SiO₂(R) (%) | Fe₂O₃ (%) | Espesor (m) |
|-----------------|------------------|---|--------------------------------|-------------------------------|--|--------------------|
| L1F (1) | 275 | 48.6 | 7.7 | 2.6 | 12.9 | 5.9 |
| L1F (2) | 275 | 50.7 | 7.2 | 1.0 | 12.8 | 6.3 |
| L1F (3) | 275 | 49.8 | 6.9 | 2.2 | 10.0 | 7.0 |
| L1F (4) | 275 | 46.6 | 6.6 | 1.3 | 13.9 | 6.4 |
| L1F (5) | 275 | 48.9 | 7.1 | 1.7 | 12.4 | 6.4 |
| TOTAL | 275 | 48.9 | 7.1 | 1.7 | 12.4 | 6.4 |

Se tienen unos recursos inferidos de 136.376.012 toneladas que se encuentran fuera del límite de la concesión y las cuales a su vez no se encuentran conectadas al yacimiento (Tabla 5.7).

Tabla 5.7 Reservas de las áreas seleccionadas fuera del Lote 2.

| Número | Área (m²) | Densidad | Reservas (t) |
|---------------|-----------------------------|-----------------|---------------------|
| L2F (1) | 77.14 | 1.625 | 8.774.675 |
| L2F (2) | 352.68 | 1.625 | 40.117.350 |
| L2F (3) | 569.72 | 1.625 | 64.805.650 |
| L2F (4) | 199.37 | 1.625 | 22.678.337 |
| TOTAL | 1198.91 | 1.625 | 136.376.012 |

Se observó que las distintas áreas seleccionadas presentan una mayor variación en cuanto a la calidad del conglomerado mineral. Al igual que las áreas de la tabla 5.6 se encuentran fuera de la concesión y también fueron evaluadas con una corrida del programa minero Minesight a un rango de 275 metros. En comparación con las áreas que se encuentran dentro de la concesión del lote 2 se observó que a pesar de que se usó un rango más grande no hubo variación en ninguno de los valores obtenidos (parámetros químicos y espesor). Ocurrió un incremento en cuanto a las toneladas de 67.423.399 toneladas en comparación con las áreas seleccionadas dentro de la concesión, las cuales se encuentran adyacentes al lote 2 (Tabla 5.8).

Tabla 5.8 Resultados obtenidos con la ley de corte 44/20 y rango de 275 metros.

| Recursos | Rango (m) | Al₂O₃(T) (%) | SiO₂(Cz) (%) | SiO₂(R) (%) | Fe₂O₃ (%) | Espesor (m) |
|-----------------|------------------|---|--------------------------------|-------------------------------|--|--------------------|
| L2F (1) | 275 | 48.3 | 7.8 | 1.0 | 13.2 | 7.0 |
| L2F (2) | 275 | 48.0 | 6.9 | 2.7 | 12.5 | 6.7 |
| L2F (3) | 275 | 50.4 | 7.8 | 0.8 | 12.9 | 6.3 |
| L2F (4) | 275 | 45.6 | 7.7 | 1.3 | 13.2 | 5.8 |
| TOTAL | 275 | 48.0 | 7.5 | 1.4 | 12.9 | 6.4 |

Ahora al realizar un análisis comparativo de las tablas evaluadas se apreció lo siguiente:

En cuanto a la calidad del conglomerado mineral se observó que las áreas seleccionadas de la tabla 5.2 presentan una mejor calidad en el parámetro alúmina, sílice de cuarzo, sílice reactiva y el hierro con respecto a las áreas seleccionadas de la tabla 5.4. Esto se puede observar en la figura (5.3) que comprueba que el lote 1 presenta una mejor calidad de mineral que el lote 2. Las áreas seleccionadas en la tabla 5.2 se encuentran dentro del lote 1, mientras que las áreas seleccionadas en la tabla 5.4 se encuentran dentro del lote 2.

En cuanto a las toneladas tenemos que la tabla 5.4 presenta un mayor porcentaje debido a que allí las áreas seleccionadas tienen una mayor extensión que dan como resultado total de 68.799.411 toneladas mientras que la tabla 5.2 tiene un resultado total de 48.451.811 toneladas, lo cual da una diferencia de 20.347.600 toneladas. Esto también se puede observar en la figura mencionada anteriormente (5.3), ya que el lote 2 presenta un mayor porcentaje de tonelada que el lote 1.

En las concesiones lotes 1 y 2 se observó en cuanto a la calidad del mineral un mayor porcentaje de alúmina de 0.6% del lote 1 con respecto a la alúmina del lote 2, también se muestra un incremento en la sílice de cuarzo de 0.2% del lote 1 con respecto a la sílice de cuarzo del lote 2, en la sílice reactiva del lote 1 tenemos una disminución de 0.5% con respecto a la sílice reactiva del lote 2, mientras que el hierro del lote 1 también tiene una disminución de 1% con respecto al hierro del lote 2. Con esta grafica se evidencia que el lote 1 presenta una mejor calidad de mineral con respecto al lote 2. En cuanto a las toneladas totales en los denominados lotes 1 y 2 se tiene unas reservas indicadas de 64.000.000 toneladas que se encuentran en el lote 1 y 70.000.000 toneladas que se encuentran en el lote 2 (Figura 5.3).

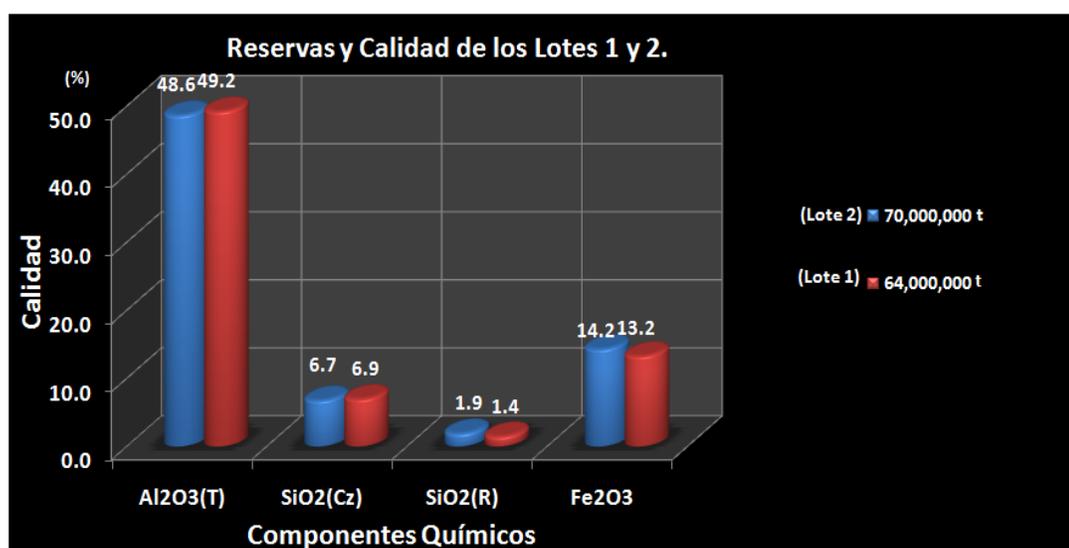


Figura 5.3 Concesión Lote 1 y Lote 2.

Se muestra un resultado promedio de los lotes 1 y 2 que en cuanto a la calidad del mineral se observa un porcentaje de alúmina de 48.9%, de sílice de cuarzo de 6.8%, de sílice reactiva de 1.6% y del hierro de 13.7%. Lo que evidencia que los 2 lotes presentan valores óptimos en el conglomerado mineral para ser incluidos en los planes futuros de la empresa y en cuanto a las toneladas totales se tiene unas reservas indicadas de 134.000.000 toneladas (Figura 5.4).

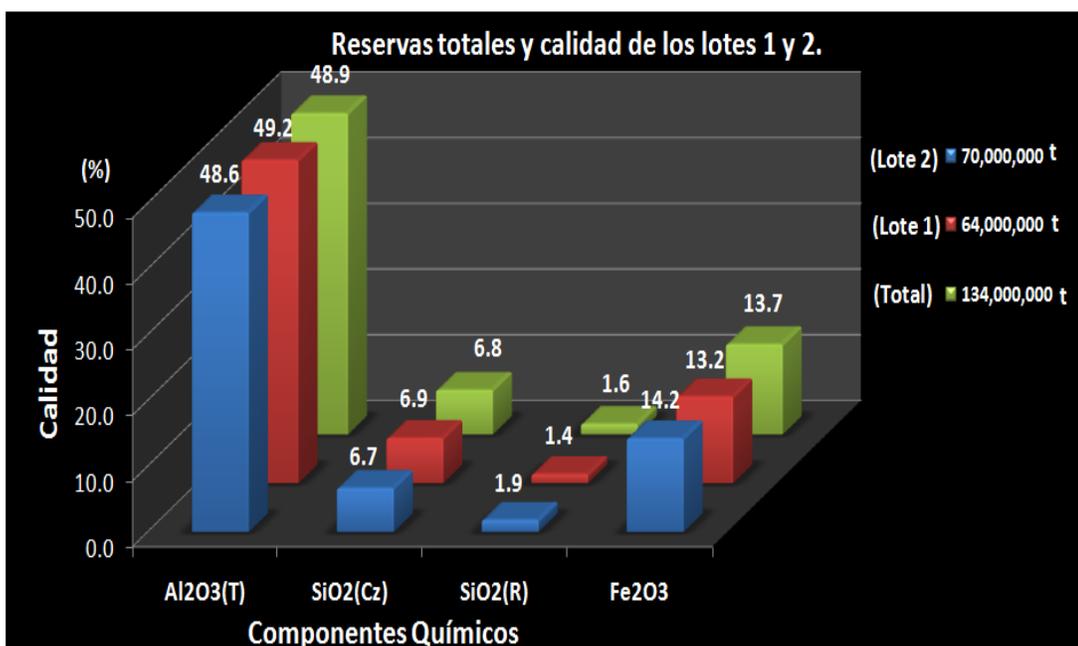


Figura 5.4 Concesión Total de los Lotes 1 y 2.

Se obtuvo un resultado total de unas reservas inferidas de 312.000.000 toneladas. Vale mencionar que estas áreas fueron seleccionadas mediante salidas de campo, las cuales se encuentran dentro y fuera del límite de la concesión del yacimiento y dando como resultado 116.000.000 toneladas dentro de la concesión y 196.000.000 toneladas fuera de la concesión y mediante una corrida del programa minero Minesight, utilizando un rango de 200 metros para las áreas que se encuentran dentro de la concesión y 275 metros para las que se encuentran fuera de la concesión

se infirieron unos valores óptimos del conglomerado mineral que dan indicios que pueden ser áreas mineralizadas de buena calidad para ser usadas en el proceso de mezclas en los planes futuros de la empresa, dando como resultado lo siguiente:

Dentro del lote 1 se obtuvieron unas reservas totales de 48.451.811 toneladas y en cuanto a la calidad arrojó 48.9% de alúmina, 7.1% de cuarzo, 1.7% de sílice reactiva y 12.4% de hierro. Fuera del lote 1 se obtuvieron unas reservas totales de 60.273.848 toneladas y vale mencionar que en cuanto a la calidad no hubo variación en los parámetros aunque se haya utilizado un rango mayor en la corrida del programa.

Dentro del lote 2 se obtuvieron unas reservas totales de 68.799.411 toneladas y en cuanto a la calidad arrojó 47.8% de alúmina, 8.1% de cuarzo, 1.4% de sílice reactiva y 12.8% de hierro. Fuera del lote 2 se obtuvieron unas reservas totales de 136.376.012 toneladas y en cuanto a la calidad hubo un aumento de 0.2% en comparación con la alúmina de las áreas seleccionadas dentro del lote 2, una disminución de 0.6% en comparación con el cuarzo de las áreas seleccionadas dentro del lote 2, en el parámetro de sílice reactiva no hubo ninguna variación y en el parámetro hierro hubo un aumento de 0.1% en comparación con las áreas seleccionadas dentro del lote 2. Haciendo un análisis general de todas las áreas seleccionadas se puede decir que pueden ser zonas de muy buena calidad para ser incluidas en los planes futuros de la empresa (Figura 5.5).

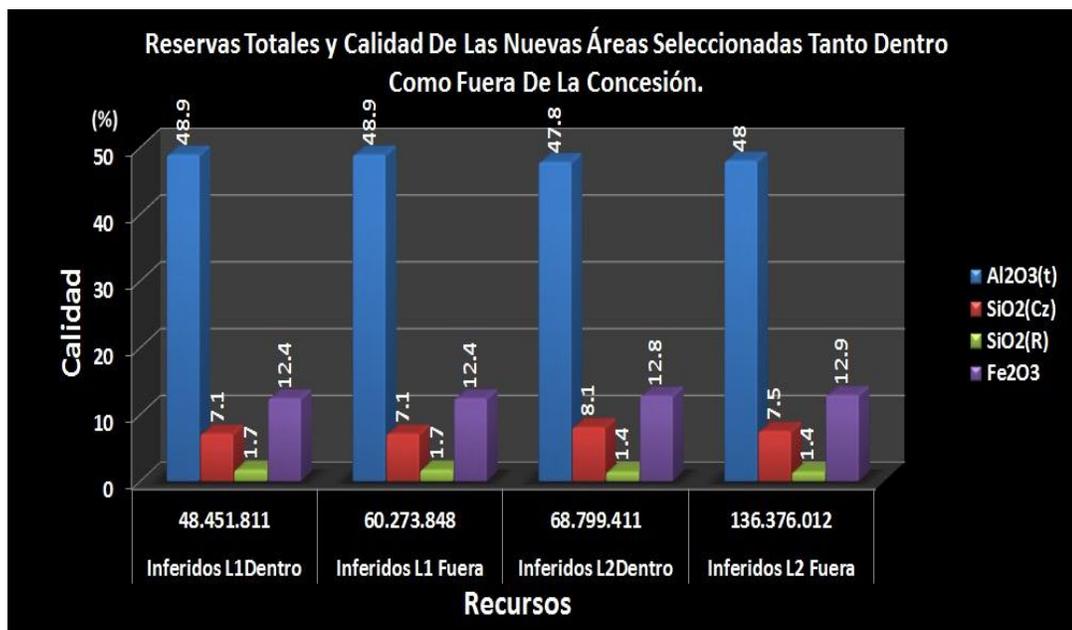


Figura 5.5 Reservas y calidad de las nuevas áreas seleccionadas.

5.3 Estimación de la calidad del mineral mediante secciones verticales

Para la estimación de la calidad del mineral se realizaron secciones verticales a los sondeos de las perforaciones que se hicieron en el lote 1 y 2. Estas secciones se hicieron utilizando el programa minero Minesight y autocad (Anexos 1 y 2).

5.4 Cuantificación total de las reservas del yacimiento incluyendo la concesión actual, las concesiones lotes 1 y 2 y las nuevas áreas seleccionadas

El cálculo previamente hecho de las reservas actuales del yacimiento Los Pijiguaos (30 de octubre 2011) se realizó una nueva tabla para el cálculo de las reservas ahora incluyendo las nuevas áreas seleccionadas, obteniendo lo siguiente:

Tabla 5.9 Reservas totales del yacimiento.

| Recursos | Reservas (t) | Al₂O₃(T) (%) | SiO₂(Cz) (%) | SiO₂(R) (%) | Fe₂O₃ (%) | Espesor (m) | Area (m²) |
|---------------------------|---------------------|---|--------------------------------|-------------------------------|--|--------------------|-----------------------------|
| Concesión actual. | 78.963.000 | 48.1 | 7.6 | 1.2 | 14.1 | 6.8 | 7.315.110 |
| Indicados L2 | 70.000.000 | 48.6 | 6.7 | 1.9 | 14.2 | 7.2 | 5.831.544 |
| Indicados L1 | 64.000.000 | 49.2 | 6.9 | 1.4 | 13.2 | 7.9 | 5.458.627 |
| Inferidos L1Dentro | 48.451.811 | 48.9 | 7.1 | 1.7 | 12.4 | 6.4 | 4.425.956 |
| Inferidos L1 Fuera | 60.273.848 | 48.9 | 7.1 | 1.7 | 12.4 | 6.4 | 5.229.885 |
| Inferidos L2Dentro | 68.799.411 | 47.8 | 8.1 | 1.4 | 12.8 | 6.6 | 5.604.912 |
| Inferidos L2 Fuera | 136.376.012 | 48.0 | 7.5 | 1.4 | 12.9 | 6.4 | 11.198.912 |
| TOTAL | 525.000.000 | 48.5 | 7.2 | 1.5 | 13.1 | 6.8 | 43.608.040 |

Cabe destacar que para realizar esta cuantificación final, se incluyeron las reservas totales de la concesión actual, la de las concesiones lotes 1 y 2 y las reservas totales de las nuevas áreas seleccionadas.

Con las reservas calculadas de las nuevas áreas seleccionadas se produce un incremento en las reservas de 313.901.082 toneladas, en comparación con las 78.963.000 toneladas que cuenta actualmente el yacimiento del cerro Páez Los Pijiguaos.

5.5 Análisis de la vida útil del yacimiento

Tomando en cuenta una producción anual de 6.000.000 toneladas y los recursos medidos totales de 525.000.000 toneladas, obtenidas mediante la inclusión de las nuevas áreas tanto las que se encuentran dentro y fuera de la concesión en la cuantificación total de las reservas de todo el yacimiento, mediante un cálculo lineal

dividiendo los recursos medidos totales entre la producción anual, el depósito mineral obtiene una vida útil de 87 años de producción, suministrando los valores dentro de las especificaciones de calidad siguiente: **Al₂O₃(t) : 48.5%** ; **SiO₂(Cz) : 7.2%** ; **SiO₂(R) : 1.5%** y **Fe₂O₃ :13.1%**

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. Por medio de los sensores remotos y fotointerpretación se seleccionaron las áreas fuera de concesión y áreas marginales que presentaban drenajes dendríticos y bosques de medio a alto, características geomorfológicas actuales del yacimiento principal.
2. Con la inclusión de las nuevas áreas seleccionadas la concesión lote 1 cuenta con unos recursos de 108.725.659 toneladas, pero dentro y fuera del límite de la concesión. De las cuales 48.451.811 toneladas están dentro de la concesión y 60.273.848 toneladas están fuera de la concesión.
3. Con la inclusión de las nuevas áreas seleccionadas la concesión lote 2 cuenta con unos recursos de 205.175.423 toneladas, tanto dentro como fuera del límite de la concesión. De las cuales 136.376.012 toneladas están fuera de la concesión y 68.799.411 toneladas están dentro de la concesión.
4. Dentro del lote 1 se estimó que hay 32.044.500 toneladas conectadas al yacimiento que se está explotando actualmente y fuera hay 56.321.036 toneladas conectadas. Las áreas que fueron seleccionadas en el lote 2, tanto las que están dentro como fuera no se encuentran conectadas al yacimiento.
5. Para estimar la calidad del mineral se utilizaron rangos de 200 metros para las áreas que están dentro de la concesión y 275 metros para las que están fuera de la concesión. A pesar de que se utilizaron distintos rangos entre las áreas que están dentro y fuera de la concesión lote 1 y lote 2 no ocurrió variación en la

calidad de los parámetros químicos ni en el espesor, pero si hubo un incremento en las toneladas de 11.822.037 toneladas en el lote 1 y de 67.676.601 toneladas en el lote 2.

6. Por medio de la realización de las secciones verticales en el lote 1 se observó que hay zonas claramente mineralizadas que presentan muy buena calidad en el conglomerado mineral, las cuales se encuentran a una cota topográfica mayor o igual a 500 msnm. En donde la pendiente es suave a intermedia.
7. También por medio de las secciones verticales se observó que a mayor profundidad la alúmina disminuye y la sílice reactiva aumenta, lo cual quiere decir que son inversamente proporcional.
8. Las reservas calculadas para todas las áreas del lote 1 son de 108.725.659 toneladas, con un promedio de 48,9% de Al_2O_3 , 7,1% de $SiO_2 Q$, 1,7% de $SiO_2 R$ y 12,4% de Fe_2O_3 ; y para todas las áreas del lote 2 son de 205.725.659 toneladas, con un promedio de 47,8% de Al_2O_3 , 8,1% de $SiO_2 Q$, 1,4% de $SiO_2 R$ y 12,8% de Fe_2O_3 .
9. Esto en base a una ley de corte de 44/20. Haciéndose un cálculo lineal y a partir de las reservas totales de las áreas seleccionadas del yacimiento que son 313.901.082 toneladas y una producción de 6.000.000 toneladas al año la mina tiene una vida útil de 52 años de producción suministrando los valores óptimos dentro de las especificaciones de calidad del mineral exigida por el cliente.

Recomendaciones

1. Reconocimiento y evaluación en el terreno de las áreas seleccionadas, por medio de un estudio geológico a pequeña escala, muestreos y análisis químicos-

mineralógicos con los cuales se definirá la potencia del mineral. De igual manera para dar continuidad a trabajos preliminares como este y que permitirá la consolidación de dicha investigación.

2. Realizar perforaciones en las áreas que se encuentran dentro de los lotes 1 y 2 con un mallado de perforación uniforme, ya que son zonas claramente mineralizadas para obtener más información de ellas y poder incluirlas en el plan de explotación del yacimiento a futuro.
3. Solicitarle a la ley de minas la ampliación del límite de la concesión de los lotes 1 y 2 para explorar las áreas seleccionadas ya que son zonas claramente mineralizadas y algunas de ellas se encuentran conectadas al yacimiento que están explotando actualmente.
4. Tomar en cuenta lo aplicado en este trabajo de investigación para ajustarlo a los planes futuros de explotación de la empresa.

REFERENCIAS

Agreda y herrera. (2010). **ACTUALIZACIÓN DE LAS RESERVAS GEOLÓGICAS MEDIANTE ESTIMACIÓN GEOESTADÍSTICA A LOS BLOQUES 7 Y 10 DEL YACIMIENTO DE BAUXITA DE CERRO PÁEZ, UBICADO EN LOS PIJIGUAOS, MUNICIPIO GENERAL MANUEL CEDEÑO, ESTADO BOLÍVAR.** Tesis de Grado. Escuela de Ciencias de la Tierra. Universidad de Oriente. Núcleo Bolívar.

Alusuisse, (1980) y C.V.G. (1980). **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE LA BAUXITA DE LOS PIJIGUAOS.** Volumen I. Los Pijiguaos-Venezuela. pp 1-150.

Canales, E. (1996). **METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION.** México: Uteha/Noriega.

Castañeda, J. (1995). **METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION.** México: McGraw-Hill.

Castañeda, J. (1996). **METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION II.** México: McGraw-Hill.

Chacón, Edgard. (1997). **TÉCNICAS DE OPERACIONES DE MINERÍA DE SUPERFICIE.** Tomo I. Escuela de Ciencias de la Tierra. Universidad de Oriente. Núcleo Bolívar. pp 1-50.

Chmait, Zaher. (2005). **EVALUACIÓN DE LAS RESERVAS GEOLÓGICAS DEL YACIMIENTO C3 DEL CERRO BOLÍVAR CON LA UTILIZACIÓN DEL SOFTWARE MEDSYSTEM.** Tesis de Grado. Escuela de Ciencias de la Tierra. Universidad de Oriente. Núcleo Bolívar. pp 47-94.

Córdova, Mayra. (2002). **CÁLCULO DE RESERVAS GEOLÓGICAS PARA LOS GRUPOS LITOLÓGICOS DE COSTRAS Y FINOS A PARTIR DE LAS PERFORACIONES PARA VOLADURA DE LAS MINAS LAS PAILAS, SAN ISIDRO Y LOS BARRANCOS. CVG FERROMINERA ORINOCO C.A. CIUDAD PIAR. ESTADO BOLÍVAR.** Trabajo de grado. Escuela de Ciencias de la Tierra. Universidad de Oriente. Núcleo Bolívar. pp 3-70.

Corporación Venezolana de Guayana (CVG) TECMIN, C.A. (1992). **“ESTUDIOS SOBRE BAUXITAS EN VENEZUELA (GUAYANA, EDO. BOLIVAR). CARTOGRAFIA Y EVALUACION PRELIMINAR DE DEPOSITOS DE BAUXITA. CLIMA, GEOLOGIA, GEOMORFOLOGIA, SUELOS Y VEGETACION”**. Tomo 1, proyecto inventario de los recursos naturales región Guayana. p.199. Ciudad Bolívar.

CVG Bauxilum, C.A. (2012). **EMPRESA TUTELADA DE LA CORPORACIÓN VENEZOLANA DE GUAYANA**. Estado Bolívar-Venezuela. 25 de Noviembre de 2011, [<http://www.bauxilum.com.ve>].

CVG Ferrominera del Orinoco, C.A. (1986). **ESTUDIO GEOESTADÍSTICO DEL YACIMIENTO DE BAUXITA DE LOS PIJIGUAOS**. Informe final. Ciudad Piar Venezuela.

González De Juana. (1980). **GEOLOGÍA DE VENEZUELA Y SUS CUENCAS PETROLIFERAS**. Tomo I. Ediciones Foninves. Caracas – Venezuela.

Huber, O. y Guanchez, F., (1988). **FLORA Y VEGETACION DEL ÁREA DE LOS PIJIGUAOS, DISTR. CEDEÑO, ESTADO BOLÍVAR**. Convenio Marnr-Bauxiven, mimeografiado. 57 pp. Anexo + mapa 1:250.000.

Hurley, et al. (1968). **PREGRESS REPORT ON RB-SR AGE IN DATING NORTHERN GUAYANA SHIELD**. En: Congreso Latinoamericano 2. Caracas. MEM Pub. Esp. 7. p 3035-3044.

Lye, K. (1980). **LOS MINERALES Y LAS ROCAS**. 2da. Edición. pp 63,64-94.

Lo Monaco, Salvador y López Carlos. (1985). **CARACTERIZACION GEOQUIMICA DE PERFILES DE METEORIZACION LATERITICOS PERTENECIENTES AL YACIMIENTO DE BAUXITA DE LOS PIJIGUAOS**. Edo Bolívar. III Congreso Geológico Venezolano. Caracas. pp 10.

Matheron, Georges. (1969). **CURSO DE GEOESTADÍSTICA**. Los Cuadernos del Centro de Morfología Matemática de Fontainebleau. Fascículo 2. p 78.

Mc Candless, G., 1966, **GEOLOGIA GENERAL PARTE SEPTENTRIONAL DEL ESCUDO DE GUAYANA**: Boletín de Geología, v. 8, no. 15, p. 140-153.

Mariño, N. y Nandi. (1998). **INFORME INTERNO, CVG BAUXIVÉN**. Los Pijiguaos. Estado Bolívar-Venezuela. p 46.

Mendoza, V. (1972). **GEOLOGÍA DEL ÁREA DEL RÍO SUAPURE, PARTE NOROCCIDENTAL DEL ESCUDO DE GUAYANA, ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA**. Conf. Geol. Interguayanas IX, Ciudad Guayana, Mayo 1972, Memoria, Bol. Geol., Caracas.

Mendoza, Vicente. (1974). **GEOLOGÍA DEL ÁREA DEL RÍO SUAPURE**. Conf. Geol. Interguayanas IX, Ciudad Guayana, Mayo 1972, Memoria, Bol. Geol., Caracas, Publ. Esp. 6.

Mendoza, Vicente. (1975). **ESTUDIOS GEOQUÍMICOS DEL NO TECTONIZADO GRANITO RPAKIVI DEL PARGUAZA, NOROESTE GUAYANA VENEZOLANA**. Conf. Geol. Interguayanas X, Belem, Pará, Brasil, Noviembre 1975.

Mendoza, Vicente. (2.000). **EVOLUCIÓN GEOTECTÓNICA Y RECURSOS MINERALES DEL ESCUDO DE GUAYANA EN VENEZUELA (Y SU RELACIÓN CON EL ESCUDO SUDAMERICANO)**, patrocinado por HECLA. Ciudad Bolívar – Venezuela.

Mendoza, Vicente. (2.005). **GEOLOGÍA DE VENEZUELA** (Tomo I: Escudo de Guayana), UDO, Escuela de Ciencias de la Tierra., Ciudad Bolívar – Venezuela.

Menéndez, A. (1968). **REVISIÓN DE LA ESTRATIGRAFÍA DE LA PROVINCIA DE PASTORA, SEGÚN EL ESTUDIO DE LA REGIÓN DE GUASIPATI**. Guayana Venezolana, Bol. Geol., pp 309-338

Mintec, Inc. (1997). **MINESIGHT MANUAL DE ENTRENAMIENTO GENERAL (PROYECTO MÉTRICO DE MUESTRAS)**. pp 4-20.

Ortiz, J. (2001). **CÓDIGO DE AUSTRALASIA PARA INFORMAR SOBRE RECURSOS MINERALES Y RESERVAS DE MENA (CÓDIGO JORC)**. Preparado por el Comité Conjunto de Reservas de Mena de “The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Australian Institute of Geoscientists, and The Minerals Council of Australia (JORC)”. Facultad de ciencias físicas y matemáticas. Universidad de Chile. pp 1-20.

Petróleos de Venezuela (PDVSA) (1.999). **LÉXICO ESTRATIGRÁFICO DE VENEZUELA** .Disponible en: [<http://www.pdvsa.com/lexico/museo/minerales/caolin.htm>]

Petróleos de Venezuela (PDVSA) - Intevep (1.999). **LÉXICO ESTRATIGRÁFICO DE VENEZUELA**. Documento patrocinado por Petróleos de Venezuela y editado por el comité interperfil de estratigrafía y Nomenclatura. 15 de octubre 2.010. Disponible en: [<http://PDVSA.com/lexico/museo/Rocas/r-glosario.htm>]

Sidder y Mendoza. (1995). **MINERAL DEPOSITS OF DE GUAYANA SHIELDS**. En U.S Geol. Bull N 2124 A, pp 01-020

Skart, C. (2011). **EVALUACIÓN EN FUNCIÓN DE AUMENTAR LA SÍLICE REACTIVA EN LA CONCESIÓN DEL BLOQUE 1 AL 10 UBICADO EN LOS PIJIGUAOS MUNICIPIO GENERAL MANUEL CEDEÑO, ESTADO BOLÍVAR**. Tesis de Grado. Escuela de Ciencias de la Tierra. Universidad de Oriente. Núcleo Bolívar.

Turpial, J. (1985). **LA BAUXITA**. [Trabajo en Línea]. Disponible en: [www.monografias.com/procesorbayer]. Consultado el 20 de Noviembre de 2011.

Villanueva, Alex. (2002). **INTRODUCCIÓN A LA GEOESTADÍSTICA MINERA**. Curso-Universidad Central de Venezuela. pp 5-30.

ANEXOS

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 1/5

| | |
|------------------|--|
| Título | Estimación de las reservas y calidad del mineral bauxítico en áreas marginales y fuera de concesión adyacentes al yacimiento principal del Cerro Páez de Los Pijiguaos, Municipio General Manuel Cedeño, Estado Bolívar. |
| Subtítulo | |

Autor(es)

| Apellidos y Nombres | Código CVLAC / e-mail | |
|----------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| Jiménez, Luis E. | CVLAC | 17.792.894 |
| | e-mail | Luisjimenez2611@hotmail.com |
| | e-mail | Luisjimenez2611@gmail.com |
| | CVLAC | |
| | e-mail | |
| | e-mail | |
| | CVLAC | |
| | e-mail | |
| | e-mail | |
| | CVLAC | |
| | e-mail | |
| | e-mail | |

Palabras o frases claves:

| |
|--------------------------|
| Recopilación |
| Selección de áreas |
| Sondeos de perforaciones |
| Análisis |
| Resultados |
| Estimación |
| Empresa C.V.G. BAUXILUM |
| |

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 2/5

Líneas y sublíneas de investigación:

| Área | Subárea |
|--------------------------|----------------|
| Departamento de Geología | Geología |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |

Resumen (abstract):

La serranía de Los Pijiguaos está ubicada en el Municipio General Manuel Cedeño, en la parte suroeste del estado Bolívar, específicamente en la Troncal 12 Los Pijiguaos – Puerto Ayacucho. La investigación consistió en realizar una estimación de las reservas y calidad del mineral bauxítico en áreas marginales y fuera de

concesión adyacentes al yacimiento principal del Cerro Páez de Los Pijiguaos. La metodología utilizada consistió primeramente en una recopilación bibliográfica la cual se basó en la búsqueda de trabajos anteriormente realizados relacionados con el tema, incluyendo informes acerca de la producción de la empresa, mapas del yacimiento e información de la geología del mismo, posteriormente se cuantificaron las reservas totales del yacimiento, luego se procedió a seleccionar y determinar las áreas mineralizadas. Seguidamente se evaluaron el porcentaje del conglomerado mineral de las áreas seleccionadas mediante una corrida del programa Minero Minesight utilizado por C.V.G Bauxilum y secciones verticales, y así analizar y comparar los valores de los parámetros químicos de las nuevas áreas seleccionadas con los distintos bloques y sectores del yacimiento, lo cual arrojó como resultado valores más o menos similares a los del yacimiento ya evaluado. Posteriormente se tuvo como resultado un incremento de las reservas de 117.251.222 toneladas dentro de la concesión y 196.649.850 toneladas fuera del límite de la concesión, donde finalmente se determinó la vida útil del yacimiento mediante un cálculo lineal, donde se determinó que el depósito mineral obtiene una vida útil de 52 años de producción suministrando los valores óptimos dentro de las especificaciones de calidad del mineral exigida por el cliente.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 3/5

Contribuidores:

| Apellidos y Nombres | ROL / Código CVLAC / e-mail | |
|----------------------------|------------------------------------|--|
| Álvarez, Jesús | ROL | CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input checked="" type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/> |
| | CVLAC | 15.971.275 |
| | e-mail | Jesusmanuelalvarez@gmail.com |
| | e-mail | |
| Silva, Gisela | ROL | CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/> |
| | CVLAC | 12.598.208 |
| | e-mail | giselasilva@cantv.com |
| | e-mail | gsilva@udo.edu.ve |
| Fernández, Jesús | ROL | CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/> |
| | CVLAC | 5.554.647 |
| | e-mail | Jesusfernandez30@hotmail.com |
| | e-mail | |
| | ROL | CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/> |
| | CVLAC | |
| | e-mail | |
| | e-mail | |

Fecha de discusión y aprobación:

| Año | Mes | Día |
|------------|------------|------------|
| 2012 | 06 | 28 |

Lenguaje: spa

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 4/5

Archivo(s):

| Nombre de archivo | Tipo MIME |
|---|--------------------------|
| Tesis-(Estimación de reservas).doc | Aplication/msword |
| | |
| | |
| | |
| | |

Caracteres permitidos en los nombres de los archivos: **A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 _ - .**

Alcance:

Espacial: _____ (Opcional)

Temporal: _____ (Opcional)

Título o Grado asociado con el trabajo:

Geólogo

Nivel Asociado con el Trabajo: Pregrado

Área de Estudio: Departamento de Geología

Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado: Universidad de Oriente



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CU N° 0975

Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano
Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ
Vicerrector Académico
Universidad de Oriente
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda **"SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC N° 696/2009"**.

Leído el oficio SIBI - 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.

Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,

Juan A. Bolanos Cuvale

JUAN A. BOLANOS CUVALE
Secretario

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
SISTEMA DE BIBLIOTECA

RECIBIDO POR *Martínez*

FECHA 5/8/09 HORA 5:30

C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Teleinformática, Coordinación General de Postgrado.

JABC/YGC/maruja

Apartado Correos 094 / Telfs: 4008042 - 4008044 / 8008045 Telefax: 4008043 / Cumaná - Venezuela

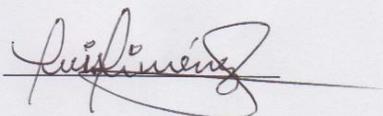
Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 5/5

Derechos:

De acuerdo al artículo 44 del reglamento de trabajos de grado

**“Los Trabajos de grado son exclusiva propiedad de la
Universidad de Oriente y solo podrán ser utilizadas a otros
fines con el consentimiento del consejo de núcleo respectivo,
quien lo participara al Consejo Universitario”**

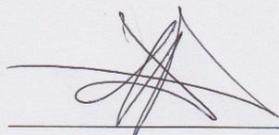
Condiciones bajo las cuales los autores aceptan que el trabajo sea distribuido. La idea es dar la máxima distribución posible a las ideas contenidas en el trabajo, salvaguardando al mismo tiempo los derechos de propiedad intelectual de los realizadores del trabajo, y los beneficios para los autores y/o la Universidad de Oriente que pudieran derivarse de patentes comerciales o industriales.



AUTOR 1



AUTOR 2



TUTOR