

**HISTORIA, RECURSOS MINERALES Y MÉTODOS DE  
EXPLOTACIÓN EN LA MINA DE BAUXITA DE LOS PIJIGUAOS,  
MUNICIPIO CEDEÑO, ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA  
PROPUESTAS PARA EL INCREMENTO DE LA PRODUCCIÓN,  
A CORTO PLAZO. GESTIÓN AMBIENTAL**

Ing. Geólogo Noel Mariño  
Especialista en Tecnología Minera  
Correo-e personal: [nmarinop@gmail.com](mailto:nmarinop@gmail.com) y [bxmarino@cantv.net](mailto:bxmarino@cantv.net)  
[www.linkedin.com/pub/noel-mariño-pardo/12/234/472](http://www.linkedin.com/pub/noel-mariño-pardo/12/234/472)  
Twitter: [@noelsantiago](https://twitter.com/noelsantiago)

**Trabajo presentado ante la Ilustre Academia  
Nacional de la Ingeniería y el Hábitat, por el  
Ing. Geólogo Noel Santiago Mariño Pardo,  
como requisito parcial para optar a su  
incorporación como Miembro  
Correspondiente por el estado Bolívar.**

**Abril 2016**

<u>ÍNDICE:</u>	<u>Pág.</u>
<b>DEDICATORIA</b>	5
<b>RESUMEN</b>	7
<b>ABSTRACT</b>	8
<b>OBJETIVO</b>	9
<b>INTRODUCCIÓN</b>	10
Síntesis de la exploración de la bauxita en la Guayana venezolana	10
<b>DESCRIPCIÓN DEL YACIMIENTO DE BAUXITA DE LOS PIJIGUAOS</b>	19
Génesis del depósito de bauxita de Los Pijiguaos	19
Recursos minerales de bauxita en Guayana	24
Aplicación del Código JORC a los datos geológicos	28
Recursos inferidos en el CRBMC	29
Recursos medidos en el yacimiento de Los Pijiguaos y su potencial minero	32
<b>FACTORES OPERATIVOS</b>	38
Calidad de la bauxita	38
Formación de pilas de bauxita	40
Operaciones mineras	44
<b>PROPUESTAS DE MEJORAMIENTO</b>	50
Métodos de explotación en frentes alternos de producción	50
Propuestas para incrementar la producción y análisis de escenarios	52
Interpretación	60
Escenarios propuestos para una producción compensada	61
<b>GESTIÓN AMBIENTAL:</b>	62
<b>UN LOGRO VERDE CON RESPONSABILIDAD SOCIAL</b>	62
Proyecto de rehabilitación de las zonas explotadas	62
Buenas prácticas mineras	66
Epílogo de la gestión ecológica	69
<b>SINTESIS DE CONCEPTOS</b>	70
<b>PROPUESTAS</b>	71
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	72
<b>REFERENCIAS</b>	73
<b>CORRESPONDENCIAS</b>	79

## ÍNDICE DE FIGURAS:

	Pág.
<b>Figura 1.</b> La primera calicata en el yacimiento Los Pijiguaos.	13
<b>Figura 2.</b> El campamento Trapichote en 1978.	14
<b>Figura 3.</b> Primer lingote de aluminio realizado con bauxita de Los Pijiguaos.	15
<b>Figura 4.</b> Logo de CVG Bauxilum, luego de fusión Bauxiven e Interalúmina	18
<b>Figura 5.</b> La “nueva” plaza Bolívar del campamento de CVG Bauxilum	18
<b>Figura 6.</b> Distribución generalizada de las diferentes ocurrencias de las menas.	19
<b>Figura 7.</b> Operaciones de deforestación para inicio operaciones mineras.	21
<b>Figura 8.</b> Perfil idealizado de las lateritas alumínicas de Los Pijiguaos.	22
<b>Figura 9.</b> Diagrama simplificado del perfil de un frente minero.	23
<b>Figura 10.</b> Afloramiento de un frente típico.	24
<b>Figura 11.</b> Ubicación relativa del yacimiento de bauxita de Los Pijiguaos.	25
<b>Figura 12.</b> Ubicación geográfica del potencial minero en bauxita región Guayana	26
<b>Figura 13.</b> Recursos de bauxita con “Gran Potencial”.	27
<b>Figura 14.</b> Mapa de localización de áreas con bauxita semejante a Los Pijiguaos.	30
<b>Figura 15.</b> Ortoimagen de los recursos de bauxita de Los Pijiguaos.	36
<b>Figura 16.</b> Croquis del yacimiento de bauxita Los Pijiguaos.	37
<b>Figura 17.</b> Formación de pilas por método <i>chevron</i> en Pie de Cerro.	41
<b>Figura 18.</b> Flujograma de los procesos de explotación de CVG Bauxilum.	42
<b>Figura 19.</b> Escarificador o “ <i>ripper</i> ” montado sobre un tractor.	44
<b>Figura 20.</b> Operación recomendada: uso de pala hidráulica.	45
<b>Figura 21.</b> Método de explotación por terrazas - <i>open cut</i> -	46
<b>Figura 22.</b> Frentes de explotación bajo el método por terrazas.	47
<b>Figura 23.</b> Carga de camión de 100 t con cargador frontal.	48
<b>Figura 24.</b> Acarreo en camiones de 100 t, en condiciones de niebla.	49
<b>Figura 25.</b> Flujograma del proceso productivo simplificado mina.	50
<b>Figura 26.</b> Visión panorámica de la correa de bajada o DHC.	53
<b>Figura 27.</b> Locomotora de 2400 HP.	55
<b>Figura 28.</b> Volcador de vagones rotatorio en la zona de apilamiento de El Jobal.	55
<b>Figura 29.</b> Muelle de El Jobal.	56
<b>Figura 30.</b> Zona de descarga de los camiones de 100 toneladas.	57
<b>Figura 31.</b> Operación con el triturador portátil.	59
<b>Figura 32.</b> Diversas pilas de bauxita, en el patio de emergencia en “La Báscula”.	60
<b>Figura 33.</b> Protección de taludes, en vías de tránsito de fuerte pendiente.	64
<b>Figura 34.</b> Protección con vetiver, en taludes críticos.	64
<b>Figura 35.</b> Protección de diques con vetiver en lagunas de sedimentación.	65
<b>Figura 36.</b> Filtro de racimos de vetiver para atrapar los sedimentos.	65
<b>Figura 37.</b> Cárcava “Chorro de Agua”, antes y después.	66
<b>Figura 38.</b> Cestería y bolsos finos, hechos con fibra de vetiver.	67
<b>Figura 39.</b> Preparación de las muestras de artesanía con vetiver.	68
<b>Figura 40.</b> Retrato de Armando Schwarck Anglade	81
<b>Figura 41.</b> Aeropuerto Armando Schwarck en Los Pijiguaos.	82
<b>Figura 42.</b> Clara Anglade de Schwarck y su familia en Los Pijiguaos, 1991.	83
<b>Figura 43.</b> Flujograma del Proceso Bayer en la planta de CVG Bauxilum.	86
<b>Figura 44.</b> Plano “Prospección de bauxita áreas adyacentes Los Pijiguaos. Fase 1”.	90
<b>Figura 45.</b> Ubicación relativa del depósito de bauxita de El Palmar.	92

<b>Figura 46.</b> Líneas de contorno de la zona mineralizada con bauxita en El Palmar.	95
<b>Figura 47.</b> Diagrama simplicado de los procesos CVG Bauxilum Los Pijiguaos.	101
<b>Figura 48.</b> Imagen 3D del trazado Correa de Bajada (DHC).	103
<b>Figura 49.</b> Comparación entre una correa de cables y una correa de rodillos.	104
<b>Figura 50:</b> Corte esquemático de la correa de bajada, donde se muestran sus partes.	105

#### **INDICE DE TABLAS:**

**Pág.**

<b>Tabla 1.</b> Recursos minerales inferidos del CRBMC.	32
<b>Tabla 2.</b> Bauxita triturada entre los años 2010 a 2015.	34
<b>Tabla 3.</b> Recursos medidos, indicados e inferidos del yacimiento Los Pijiguaos.	35
<b>Tabla 4.</b> Gestión anual de las operaciones de la mina 1987 – 2015.	51
<b>Tabla 5.</b> Equivalencias entre plano fig. 41 y áreas evaluadas en el presente ensayo.	89
<b>Tabla 6.</b> Resultados químicos muestras de 3 calicatas yacimiento El Palmar.	93

#### **ÍNDICE DE APÉNDICES:**

**Pág.**

<b>APÉNDICE 1.</b> Semblanza de Armando Schwarck Anglade	80
--	----

#### **INDICE DE ANEXOS:**

**Pág.**

<b>ANEXO 1.</b> Proceso Bayer – Breve descripción.	84
<b>ANEXO 2.</b> Plano “Prospección de bauxita áreas adyacentes Los Pijiguaos. Fase 1”	88
<b>ANEXO 3.</b> Descripción yacimiento El Palmar, municipio Padre Chien.	91
<b>ANEXO 4.</b> Gráficos gestión bauxita 1987 – 2015.	98
<b>ANEXO 5.</b> Proceso Productivo CVG Bauxilum. Video (solo CD)	100
<b>ANEXO 6.</b> Cartografía 3D DHC. Características correa de cable. Video (solo CD)	102

## **DEDICATORIA:**

Gracias a Dios y a mi familia, Karl, Mayra y Federik; Christian y Sebastián, pero mi amor especial es con Marlene, que con su motivación, apoyo y sacrificio, me ayudaron a concluir el presente ensayo.

A todos los trabajadores pioneros de CVG Bauxiven, que logramos edificar una ciudad, con la ayuda del Todopoderoso, con “*la sabana por delante, la selva a sus espaldas y con el glorioso Orinoco, como arteria comunicante*”, donde se aglutinaron todas las regiones del país, formando un crisol de identidades, bajo el glorioso título “*Tierra de Encuentros*” en el “*corazón del aluminio*”. A todos ellos, en el recuerdo, mi abrazo fraternal...

---

---

*“Si no se cultiva, entonces hay que extraerlo de una mina...”*

FALUDI (2007)

## RESUMEN

El presente ensayo introduce al lector con pocos conocimientos en geología económica, sobre los antecedentes históricos de la exploración de la bauxita en la Guayana venezolana, así como el concepto y génesis de este agregado de minerales. Se describe la enorme cantidad de recursos minerales de bauxita en Guayana, con énfasis en la mina de CVG Bauxilum de Los Pijiguaos y su "*cuadrilátero de reservas de bauxita del municipio Cedeño*". Así mismo, se diserta sobre los recursos minerales calculados en el yacimiento de bauxita de Los Pijiguaos y su potencial minero con su tenor. Pese a la escasa documentación disponible en el país, otro de los puntos tratados en este trabajo, se refiere a los métodos de explotación en la mina de bauxita, en operaciones a cielo abierto y sin voladura, que dependerán de la localización del frente de extracción en el yacimiento, a objeto de formar “pilas de mineral” por el método longitudinal, a dos aguas (*chevron*), en los patios de homogeneización y por el método de pilas cónicas (*shell cone*) en los patios de apilamiento. Este proceso tiene como objeto primordial, garantizar el requerimiento de calidad de la Planta de Alúmina de CVG Bauxilum en Puerto Ordaz. Se exponen escenarios alternos de extracción, con propuestas, para incrementar la producción. Se describen los equipos utilizados para optimizar la producción y, a la vez, control de humedad, en una zona geográfica de gran pluviosidad, que puede alcanzar hasta los 3.500 mm al año. Se describen los éxitos alcanzados en el proyecto de rehabilitación de las zonas explotadas, como parte de la gestión ambiental y las buenas prácticas en minería.

**Palabras claves:** Bauxita Los Pijiguaos, recursos, reservas, métodos de explotación, propuestas, gestión ambiental.

## ABSTRACT

This paper is intended to introduce the reader with a little knowledge in geology, on the historical background of exploration of bauxite in the Venezuelan Guayana and the genesis of these minerals. The huge mineral resources of bauxite in Guayana are described, with emphasis on mine CVG Bauxilum Los Pijiguaos and “*quadrangle of bauxite reserves of Cedeño*”. Potential resources were measured at the site of Los Pijiguaos bauxite and its quality is interpreted also. Besides, there is few documentation available in the country about the methods of exploitation in bauxite mine and is written about it. It is an open pit operations without blasting. The variation in quality is very strong vertically at the mine so, in order to formed piles of ore, conventional chevron method and cone shell is used at homogenization and stock pile areas. The main purpose of this process is guarantee quality requirement of CVG Bauxilum Alumina Plant at Puerto Ordaz. Extraction alternative scenarios are presented with proposals to increase production in the next few years. Equipment used to optimize production and, at the same time, humidity controls on high rainfall season, which can reach up to 3,500 mm per year are described. Successes in the rehabilitation project as part of environmental management and good practice in mining are described.

**Keywords:** Los Pijiguaos bauxite, resources, reserves, mining methods, proposals, environmental management.

## **OBJETIVO**

El presente ensayo tiene dos objetivos medulares: cumplir con el requisito parcial para optar a la incorporación como Miembro Correspondiente por el estado Bolívar, ante la Ilustre Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat, así como dejar un legado a las nuevas generaciones de geocientíficos y dar a conocer las experiencias del equipo que comenzó y consolidó las operaciones tanto geológicas como mineras, en el yacimiento de bauxita de Los Pijiguaos, municipio Cedeño del estado Bolívar. Se ha querido potenciar el escrito con otros autores relacionados con el tema y del área, a fin de informar a la colectividad venezolana, la gestión productiva y ambiental de esos primeros “bauxiteros”, que con su esfuerzo y dedicación, lograron mejorar año tras año, los resultados operativos de la mina en esa apartada región del sur del país. Así mismo, luego del declive de la última década, analizar y recomendar propuestas para elevar la producción en el corto plazo, a fin de reimpulsar las operaciones y fortalecer el “corazón” del sector aluminio venezolano. En esa primera etapa se hizo historia, porque no se tenía experiencia sobre la minería de bauxita en el país. Esta es la contribución al país minero y a Guayana.

## INTRODUCCIÓN

### Síntesis de la exploración de la bauxita en la Guayana venezolana, con énfasis en Los Pijiguaos:

Las campañas de exploración comenzaron hacia la década de los años 40, específicamente en 1944, en plena II Guerra Mundial, cuando el estado venezolano propició la búsqueda sistemática de bauxita en la Región Guayana, único sitio de Venezuela que, por sus condiciones geológicas y de alta pluviosidad, podían permitir la formación de depósitos rentables de este mineral, principal mena para la creación de una industria del aluminio nacional, MARIÑO (2010b).

En mayo de 1951, se descubrió el primer yacimiento de bauxita de relativa importancia: el cerro El Chorro, a 5 km al noreste de Upata, municipio Piar. “*La zona bauxítica aparentemente está asociada con rocas gabroides del Grupo Imataca en contacto con cuarcitas ferruginosas muy alteradas*”, (PERFETTI *et al.*, 1951). La bauxita presente es de alta calidad, con alto contenido de alúmina, y pobres en sílice y oxi-hidróxidos de hierro, LO MÓNACO S y LOPEZ C (2010), sin embargo, las reservas eran muy limitadas, solo de 1.259.250 toneladas, (PERFETTI *et al.*, *op. cit.*) y fueron agotados hacia finales de la década de los 90 del siglo pasado, por una explotación privada para la producción de sulfato de aluminio.

Sin embargo, DE LEÓN (1980) considera que “*es a partir del año 1954, a poco tiempo de creada la Comisión de Estudios de Electrificación del Caroní, como apéndice de la Dirección de Industrias del Ministerio de Fomento, cuando se logra interesar al Ministerio de Minas e Hidrocarburos en la búsqueda de bauxita en la Guayana venezolana*”.

Lamentablemente, como todo proyecto de exploración geológica, hubo muchas decepciones y fracasos hasta que en 1970, el geólogo Armando Schwarck Anglade (1918-1978) — ver APÉNDICE 1 para semblanza —, junto a su colega Bernard Manistre, de la Kenting Earth Sciences Ltd., “*en el curso de un trabajo regional realizado por Aeromapas Saravenca para CODESUR<sup>1</sup> — Comisión para el Desarrollo del Sur — localizó una extensa coraza laterítica entre los ríos Suapure y Parguaza, en el tope de la Serranía de Los Pijiguaos, en el Distrito Cedeño (actual municipio Cedeño) del estado Bolívar. Esta costra o coraza acusa gran espesor y*

*extensión, y ha sido reconocida por otros geólogos del Ministerio de Minas e Hidrocarburos, (MENDOZA, 1972)", SCHWARCK, (1974).*

En su propuesta, Schwarck como Asesor en Geología y Minas de la Corporación Venezolana de Guayana (CVG), informa que “*la Dirección de Geología, del Ministerio de Minas e Hidrocarburos ha preparado un programa de reconocimiento preliminar de la región por los geólogos Vicente Mendoza y Ramón Sifontes*”. Sin embargo enfatiza: “*La Dirección de Geología carece de presupuesto y ha solicitado la ayuda de CVG*”. Afortunadamente, las Fuerzas Armadas Venezolanas habían ofrecido colaborar con el programa y facilitaron un helicóptero que, como dato curioso, el presupuesto estimado para combustible, lanchas y viáticos se calculó en Bs 11.920,00 [de los “viejos”]. Además, en el mismo memorándum, el geólogo Schwarck insistió: “*esta zona, que en el programa de exploración de bauxita se cita como de segunda prioridad, merece ser sometida a un estudio preliminar en virtud del potencial que ofrece*” y finaliza con la siguiente propuesta: “*Considero que es conveniente para CVG contribuir con esta iniciativa, que ayudará a despejar la incógnita sobre el potencial de esta región, en cuanto a posible fuente de materia prima para alúmina*”, SCHWARCK (*op. cit.*). Lamentablemente, para ese año 1974, “*la exploración [...] no pudo alcanzar a cubrir Los Pijiguaos, por falta de fondos e inadecuación del equipo y medios de transporte*”, DE LEÓN (1980). En efecto, “*por diversas razones, principalmente las de índole económica y porque nadie creía realmente que en Venezuela pudiera existir la bauxita necesaria para producir aluminio, esta evaluación (geológica) no pudo realizarse de inmediato*”, ARÉVALO (1979a).

---

**<sup>1</sup>CODESUR** fue un programa realizado por el Ministerio de Obras Públicas durante el primer gobierno del presidente Rafael Caldera. Sus objetivos principales eran:

1) Reafirmar la soberanía nacional en la región sur del país, constituida por el entonces Territorio Federal Amazonas y el Distrito Cedeño del Estado Bolívar, abarcando unos 240.000 km<sup>2</sup>, equivalentes a la cuarta parte del territorio nacional.

2) Inventariar sus recursos naturales y

3) Realizar un plan de desarrollo integral para el mejoramiento de la vida de sus pobladores, realizando proyectos y obras, preservando siempre sus condiciones ambientales.

Como un logro de significativa importancia, se destaca que “*este programa contrató un estudio aerofotográfico por el sistema de radar lateral, que permitió precisar los límites físicos entre Venezuela y Brasil y así comprobar, que la superficie del país era 4.440 km<sup>2</sup> mayor que lo supuesto anteriormente y así se estableció oficialmente en 916.490 km<sup>2</sup> y no 912.050 km<sup>2</sup>.*” CURIEL (2016).

Así comienza la historia de la búsqueda de la “*Tierra de Encuentros*”, como se le conoce entre los pioneros de la minería de bauxita, pero sin embargo, habría que esperar unos cuantos años más para comenzar los trabajos de exploración en Los Pijiguaos, porque todavía existía la convicción que el hallazgo inicial de Schwarck no era importante, aunado a que el sur del actual municipio Cedeño era un lugar alejado de todo centro urbano y no existían vías adecuadas de comunicación terrestre, constituido por grandes extensiones de terrenos inundables, lo que obligaba a los habitantes locales a vivir de manera aislada los ocho meses del periodo de lluvias. MARIÑO (2010b).

Es necesario mencionar que para el 17 de mayo de 1972, el presidente de la República Rafael Caldera, a través del Decreto 984, “*establece en forma clara y precisa la responsabilidad de la Corporación Venezolana de Guayana (CVG) en el campo de la búsqueda de la bauxita*”, ARÉVALO (1989). De ahí que, como parte de esa dinámica exploratoria, “*en junio de 1974 se crea la Comisión Coordinadora de los Programas de Exploración para Bauxita en la Región 8<sup>2</sup>, y adicionalmente, se crea la Subgerencia de Estudios Geológicos, adscrita a la Secretaría de Presidencia de CVG. Se designa al geólogo Schwarck como Asesor en Geología y Minas de la presidencia de CVG, quien tiene la responsabilidad de preparar y coordinar este programa de exploración*”, AREVALO (1989). Sin embargo, a pesar de la clara responsabilidad asignada y de los intentos del Grupo de Trabajo Coordinador, a saber: Dirección de Geología del Ministerio de Minas e Hidrocarburos (MMH), Unidad Geológica de CODESUR y CVG, no pudo efectuarse otra campaña de prospección y “*se convino que CVG centrara su búsqueda en el Delta, región bajo su jurisdicción y que Los Pijiguaos, tendría segunda prioridad, bajo la dirección del MMH*”. DE LEÓN (1980).

En consecuencia, previo al año 1976, todas las labores de prospección geológica para localizar depósitos de bauxita en la Guayana venezolana “*se habían orientado hacia el sur y sureste del estado Bolívar, específicamente hacia el Caroní, el Delta del Orinoco, la altiplanicie de Nuria y la Gran Sabana*”, ARÉVALO (1979a).

---

<sup>2</sup>**Región 8 (Guayana)**, para aquel momento político: el estado Bolívar sin el Distrito Cedeño más todo el Territorio Federal Delta Amacuro. La **Región 6** comprendía el Territorio Federal Amazonas, el Distrito Cedeño del estado Bolívar y gran parte de Apure, es decir, el área asignada a CODESUR, de acuerdo al Decreto N° 72, del 11 de junio de 1969. Adaptado de BORGUCCI (2013).

Pero es solo dos años después, cuando en los otros lugares de Guayana, donde podían encontrarse depósitos de bauxita no cubrieron las expectativas para una operación rentable a gran escala y, con la presión institucional de la planta de alúmina (futura Interalúmina) en proyecto y Alcasa en operación desde 1967, fue cuando las miradas se volcaron hacia Los Pijiguaos. De esta forma, el 07 de julio de 1976, los geólogos Gregor de Ratmiroff (1935-2015), Vicente Mendoza y Félix Schmid (Swiss Aluminium, Ltd) sobrevolaron el área de Los Pijiguaos y descendieron en un lugar donde pudieron tomar 6 muestras del mineral, en un radio aproximado de 50 metros, ARÉVALO (1979a). Inmediatamente ese mismo año, dirigidos por Gregor de Ratmiroff, “comenzaron las investigaciones detalladas, por medio de seis calicatas (Figura 1) situadas a trechos distanciados regularmente entre si, a una profundidad de 10 metros, que revelaron por primera vez, la existencia de grandes reservas de bauxita”, (ALUSUISSE, 1980). Como secuela de esta primera etapa de prospección preliminar, que se le denominó **Fase I**, el 10 de octubre de 1976, Félix Schmid presentó un informe sobre los resultados de los análisis, muy halagadores, recibidos desde el Centro de Investigación Swiss Aluminium, Ltd desde Neuhausen, Suiza: reflejaban un contenido de más del 50% de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , AREVALO (1989).



**Figura 1.** Al principio, hubo necesidad de hacer descender en rapel a tres trabajadores oriundos de la zona, desde el helicóptero, para abrir el helipuerto. La primera calicata en el yacimiento de Los Pijiguaos, atravesó un espesor de 16 metros de bauxita. Los cúmulos de bauxita, alrededor del foso, con señalamiento en estacas, indican un metro lineal de la calicata, usada para la toma de muestra secuencial. Foto archivo CVG Bauxiven, año 1976.

En la primera mitad de 1977, “comienza una campaña más detallada que se denominó **Fase II**, que consistió en perforaciones (139) y más excavaciones de calicatas<sup>3</sup> (20), con 1500 muestras. Su objetivo fue determinar, en una primera aproximación, las extensiones vertical y lateral del depósito de bauxita”, (ALUSUISSE, 1980). Como todos los resultados de esta fase fueron de nuevo muy positivos, “el 19 de agosto de 1977, en acto realizado en un humilde campamento a orillas de la quebrada Trapichote (Figura 2), en Los Pijiguaos, con la asistencia del Ministro de Energía y Minas, Valentín Hernández, el Director de Geología Dr. Alirio Bellizia, Gregor de Ratmiroff, Alberto Sarmentero, Felix Schmid, Eduardo Villanueva, Alfredo Menéndez y otras personalidades, el Presidente de la CVG, Argenis Gamboa, hacia el anuncio del descubrimiento del extraordinario yacimiento de bauxita de Los Pijiguaos”, ARÉVALO (1979a).



**Figura 2.** El primer campamento se funda a orillas del río Suapure, en octubre de 1977 y se le nombró San Pedro. Luego se traslada a Trapichote, por las facilidades que presentaba para la logística de las campañas exploratorias. En primer plano (parte inferior de la figura), el campamento Trapichote, a orillas de la quebrada del mismo nombre, con los primeros 10 tráileres para alojar a los “pioneros” de la exploración y al fondo, el denominado “campamento norte”, primeras instalaciones del lugar y hoy día, rehabilitado, es la sede del 533 Batallón de Infantería de Selva “Tte. Fernando José Cabrera Landaeta”. Foto archivo CVG Bauxiven, año 1978.

Para finales del año 1977, se definen las “funciones directoras indelegables, con relación a la ejecución, coordinación, administración y control de la CVG, en aspectos tales como hidroelectricidad, el transporte fluvial y la navegación del río Orinoco, el plan de establecimiento portuario y todas las cuestiones pertinentes a los planes de desarrollo y aprovechamiento regional del Distrito Cedeño” (hoy, municipio Cedeño), DE LEÓN (1977).

---

<sup>3</sup>Excavaciones de profundidad pequeña a mediana realizadas manualmente, normalmente con pala y pico, en áreas remotas, que permiten la inspección directa del suelo que se desea estudiar y, por lo tanto, es un método de exploración sencilla que suministra información confiable de primera mano. Adaptado de CALICATA (s.f.)

De igual forma, en 1977, se conformaron los contratos a celebrar con las firmas Swiss Aluminium Ltd., con sede en Suiza y con Alusuisse Servicios S.A., para llevar a cabo la evaluación del yacimiento de bauxita de Los Pijiguao, bajo la tutela de CVG. DE LEÓN (1977).

Ya cubierta la parte legal, a principios de abril de 1978, comienzan los trabajos de exploración y evaluación de la última etapa o **Fase III**, por medio de sondeos, en una malla de 100 x 100 metros (m), a través de la empresa Geovenex (Venezolana de Exploraciones Geológicas y Geofísicas, C.A.), del geólogo Alfredo Menéndez y bajo la responsabilidad de Gregor De Ratmiroff, en la Subgerencia de Estudios Geológicos de CVG, que se completó en trece meses. A partir de los resultados de los análisis de las 1000 toneladas de muestras recolectadas en los 1799 sondeos de la Fase III, con sus 20.851 m lineales de perforación, permitió dos años después, en 1980, garantizar recursos minerales de bauxita en el orden de 164 millones de toneladas, en nueve bloques mineros, con un promedio de alúmina (es decir mena) de 49,5%, índice muy satisfactorio para una explotación rentable y sustentable. Todas esas muestras de bauxita fueron enviadas al laboratorio de Alusuisse en Neuhausen, Suiza, para su análisis, donde se logró elaborar un lingote de aluminio en su planta piloto, que cumplió con los estándares de calidad exigidos para la prueba de diseño (Figura 3). (ALUSUISSE, 1980).



**Figura 3.** Primer lingote de aluminio realizado con la bauxita de Los Pijiguao, en la planta piloto de Neuhausen, Suiza, en septiembre de 1979, (ALUSUISSE, 1980). Actualmente, este lingote se encuentra en la oficina de la Gerencia General Operaciones Bauxita de CVG Bauxilum, en Los Pijiguao. Foto autor: Noel Mariño, año 2006.

Con estos resultados iniciales muy favorables y con todas las miradas del sector aluminio internacional puestas sobre el descubrimiento de Los Pijiguaos, el 20 de febrero de 1979 se crea la empresa CVG Bauxita Venezolana C. A. o mejor conocida como Bauxiven, que tendría como principal objetivo el desarrollo, administración, explotación, industrialización y comercialización de la bauxita de Los Pijiguaos, en forma racional, eficiente y rentable. “*Se destaca la transcendencia del hecho, ya que fue la única empresa de la CVG planificada y activada en su totalidad por personal técnico venezolano*”. MANARA *et al.* (2007). Su primer presidente fue el mismo presidente de la CVG, Ing. Argenis Gamboa. En este orden de ideas, “*el 22 de noviembre de 1979, el presidente de la CVG, a través de la comunicación PRE-744, crea el Comité Especial para la Definición del Transporte de la Bauxita, cuyas premisas fueron: una primera etapa, entre la mina y un puerto sobre el río Orinoco y una segunda etapa, entre dicho puerto y el terminal de Interalúmina en Ciudad Guayana*”, AREVALO (1979b).

Por el resto del año 1979 y a lo largo del quinquenio 1979-1984, aunque se logró concluir el Plan Maestro del Proyecto de Los Pijiguaos, se presentaron muchos obstáculos políticos, el entusiasmo disminuyó y se adoptó el lema “*máximo esfuerzo, mínima inversión*”, hasta que a principios de 1984, el Ing. Héctor Soucy asumió la presidencia de CVG Bauxiven y de nuevo, el reto de crear un polo de desarrollo en el Distrito Cedeño resurgió. Este nuevo arranque incluía una vía de comunicación asfaltada de 330 km entre Caicara y Puerto Ayacucho, con sus 26 puentes, hospitales, tanto en Los Pijiguaos como en Caicara, guarderías, preescolar, primaria y bachillerato para los hijos del personal de Bauxiven, viviendas cómodas debidamente equipadas y hasta un centro comercial, a fin de coadyuvar a explotar sustentablemente el yacimiento de bauxita y “*aprovechar el río Orinoco como vía de comunicación, entre el futuro muelle de El Jobal hasta Matanzas*”, (MANARA *et al.*, *op. cit.*). Además, se logró el financiamiento requerido por 3.500 millones de bolívares a través del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y del Eximbank de Japón.

El tiempo sigue transcurriendo y en 1985, la empresa CVG Ferrominera Orinoco (FMO), con la intervención de sus equipos de geólogos e ingenieros de minas, diseñan y establecen el plan inicial de explotación para la empresa CVG Bauxiven, como un aporte técnico entre empresas del mismo grupo CVG, (MARIÑO, 2010b).

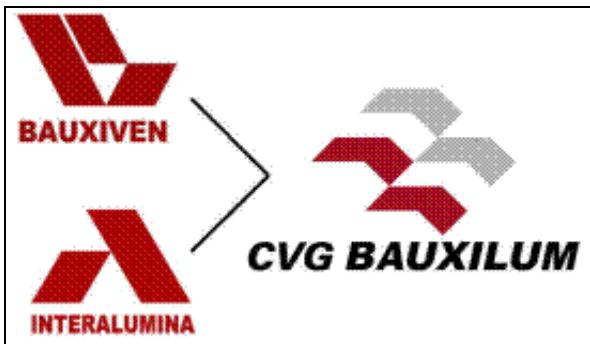
A partir de 1986, el apoyo de técnico de FMO se diversificó y aumentó, lo que permitió el inicio de las operaciones de la mina para el 27 de mayo de 1987, a través de la campaña llamada “explotación temprana”, que facilitó a los futuros técnicos familiarizarse con los nuevos equipos y las técnicas de extracción, tipo “*stripping mine*” o explotación por tiras, conocer la geología y comportamiento del yacimiento de Los Pijiguaos y generar recursos financieros a la naciente empresa CVG Bauxiven. El traslado de la bauxita, en esa primera etapa, fue por medio de camiones de tolva larga, desde el tope de la serranía hasta la zona del muelle, a través de 80 km de carretera engranzonada, MARIÑO (2010b). El punto culminante de esta etapa ocurrió el 01/12/1986, cuando en un acto emotivo, el Ministro de Estado y presidente de CVG, Ing. Leopoldo Sucre, junto al presidente de CVG Bauxiven, Ing. Héctor Soucy y su tren gerencial, despacharon las primeras 600 toneladas de bauxita en la gabarra autopropulsada María Eugenia, desde el muelle provisional de El Jobal (el viejo muelle Imcoven I) con destino a Interalúmina. Fue un cambio de paradigma y el inicio de la “integración vertical de la industria del aluminio”.

Para mejorar la eficiencia del transporte “provisional”, se continuó en 1989 con el proyecto del sistema de transporte ferroviario, desde el área de almacenamiento temporal conocido como “La Báscula” —adyacente al cruce de la vía férrea y la carretera nacional— hasta el patio previo al futuro muelle de El Jobal, con una extensión de 54 km, por medio de vagones de volteo lateral de 60 toneladas, cedidos temporalmente por FMO, MARIÑO (*op. cit.*).

Las operaciones de la “explotación temprana” finalizan en el mes de octubre del año 1992, cuando comenzó la transición hacia los equipos definitivos del proyecto minero, como punto culminante del Plan Maestro de Desarrollo de Los Pijiguaos. Estos equipos permitieron incrementar los niveles de eficiencia de las operaciones y así comienza, con paso firme, la aventura de la bauxita en la Guayana venezolana, MARIÑO (*op. cit.*).

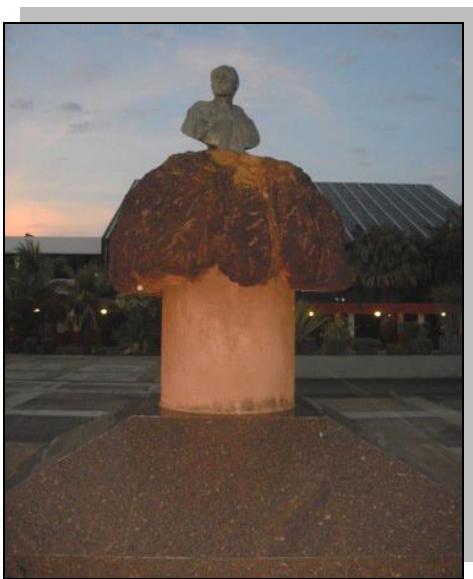
Otro hito de importancia ocurrió el 24 de marzo de 1994, cuando se fusionaron CVG Bauxiven y CVG Interalúmina, para dar paso a la empresa que conocemos hoy día: CVG Bauxilum, (Figura 4), donde la Corporación Venezolana de Guayana (CVG) tiene el 99 por ciento del capital accionario, mientras que el uno por ciento restante pertenece a la empresa Alusuisse. La planta de alúmina tiene como objetivo transformar la bauxita a través del Proceso Bayer (**ANEXO 1**), en

alúmina de grado metalúrgico y su capacidad instalada actualmente es de 2 millones de toneladas al año. MARIÑO (2010b).



**Figura 4.** Logo de CVG Bauxilum, empresa resultante de la fusión de las empresas CVG Bauxiven (productora de bauxita) y CVG Interálumina (productora de alúmina), a fin de consolidar la integración vertical de la industria del aluminio venezolana. Diseño: CVG Bauxilum.

La nueva visión de los *bauxiteros*, se puede internalizar en las palabras del Ing. Francisco Mazzei, en ocasión del acto del traslado e instalación del busto del Libertador en la nueva plaza Bolívar (Figura 5) del campamento de CVG Bauxilum en Los Pijiguaos, el 22 de julio de 1994, donde reflexiona: “sembrar el petróleo, pidió Arturo Uslar Pietri en la década de los 30 [...] Hoy podemos prometernos sembrar el hierro y la bauxita, para transformar los recursos perecederos que nos brinda prodigiosamente la naturaleza, en obra digna y culta hecha por ciudadanos de excelente formación”. MAZZEI (1994).



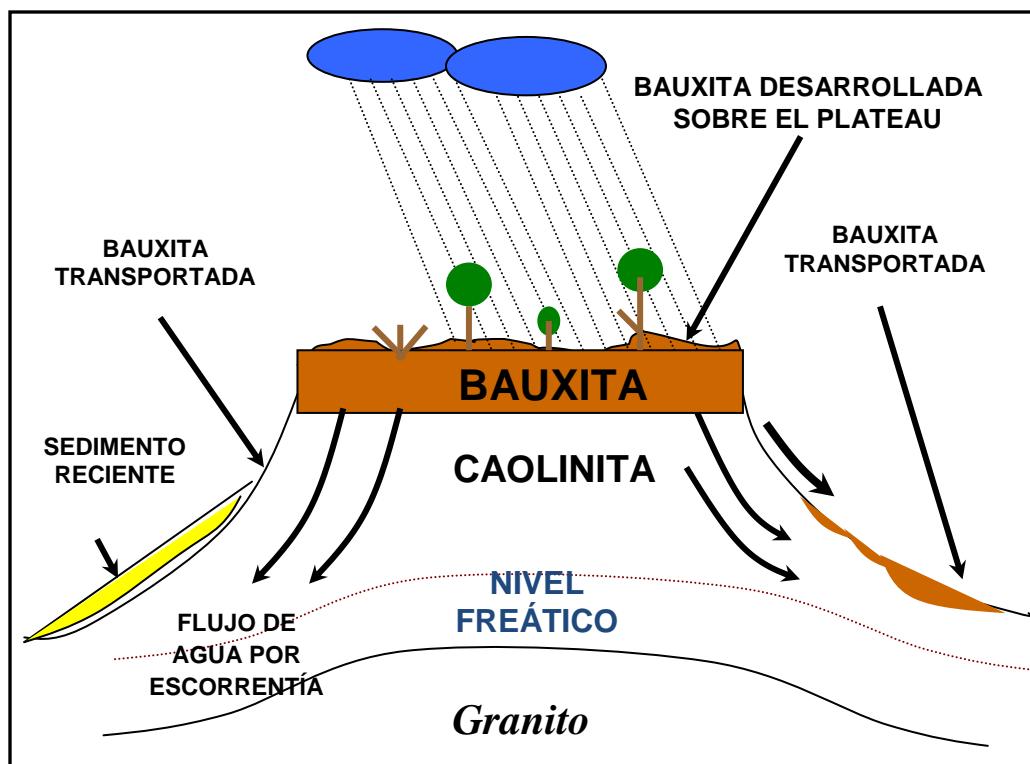
**Figura 5.** La “nueva” plaza Bolívar del campamento de CVG Bauxilum en Los Pijiguaos. El diseño es del trabajador Francisco Hernández “Jauregui”, donde el busto del Libertador — el original de la plaza del campamento Trapichote de los años 70— descansa sobre una costra tallada de bauxita, que es soportado por un pedestal cilíndrico de concreto, revestido de bauxita y una base pulida de granito Rojo Guayana, de las canteras de la Provincia Geológica de Imataca. Foto autor: CVG Bauxilum.

Con el pensamiento de uno de los pioneros de la bauxita, se potencia la misión de los *bauxiteros*: “Este proyecto fue la transformación de un sueño en realidad — escribió Juan V. Arévalo — el triunfo de la constancia sobre la indiferencia [...] el anhelo progresista y la dedicación de un grupo de venezolanos que se empeñaron con fe en una idea”, PIJIGUAOS, 1991.

## DESCRIPCIÓN DEL YACIMIENTO DE BAUXITA DE LOS PIJIGUAOS

### Génesis del depósito de bauxita de Los Pijiguaos:

La bauxita, es definida como una mezcla de minerales formados mediante la meteorización de las rocas que contienen aluminio, MARIÑO (2010a). De acuerdo a MENDOZA (2012), en zonas tropicales, donde las temperaturas son altas y las lluvias abundantes ( $>2.000$  mm/año e incluso hasta  $3.500$  mm/año) y existe la ocurrencia de yacimientos tipo *plateau*, el agua fácilmente percola y llega a hidrolizar las rocas ricas en sílice, separando esta sílice de los cationes metálicos (Figura 6).



**Figura 6.** Distribución generalizada de las diferentes ocurrencias de las menas y su origen, en un yacimiento de bauxita tipo plateau o meseta, de gran importancia económica y tipo talud, de bajo interés económico, generalmente cubiertos por sedimentos jóvenes. Modificado de VALENTON (1972).

Dichos cationes son fundamentalmente Fe y Al que, al hidrolizarse de las rocas, han quedado en forma de óxidos e hidróxidos:  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  y  $\text{Al}(\text{OH})_3$ . Adicionalmente, GRANDE S (com. per., 10/01/2016) explica que “para la formación de un depósito laterítico no es suficiente que haya

*una alta precipitación, mucho más importante es un régimen monzónico, es decir la alternancia entre períodos secos y lluviosos, como los que caracterizan a la zona intertropical. Durante la sequía el nivel freático baja varios metros, produciéndose la precipitación de los hidróxidos. Durante las lluvias se produce la lixiviación del feldespato que libera aluminio y lo mantiene en solución cuando el nivel freático está alto. Luego dicho aluminio es precipitado en la siguiente época seca, y así poco a poco se va enriqueciendo el perfil de suelo en gibsita, u otros hidróxidos de Al<sup>+</sup>. La sílice formada es lavada por el agua de lluvia, pero los hidróxidos se cementan entre ellos, formando agregados terrosos que se denominan lateritas, si la composición es principalmente hidróxidos de hierro y bauxitas, cuando están formados fundamentalmente por hidróxidos de aluminio, MENDOZA (2012).*

Además, MENDOZA (*op. cit.*) indica que la región de Guayana ha sido modificada geomorfológicamente desde el Cretácico Tardío al Paleoceno Temprano. Durante este tiempo, la región ha cambiado de clima húmedo a tropical – lluvioso, con cortos períodos secos. Estos eventos promovieron la alteración del Granito Rapakivi de El Parguaza, por procesos de lixiviación, originando perfiles de caolinización (caolinita:  $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ ), duricostras [SIC] (costra laterítica dura, que se genera por meteorización química del suelo, en zonas tropicales) y una amplia variedad de suelos.

De esta manera, se desarrollan las lateríticas alumínicas trihidratadas de Los Pijiguaos, donde predomina el mineral gibsita —  $\text{Al}(\text{OH})_3$  — en un paisaje en forma de “plateau” o meseta, con altura promedio entre 600 y 700 metros de altura sobre el nivel medio del mar y con presencia de valles incisivos y cortados (Figura 7), MENDOZA (*op. cit.*).

En síntesis, el depósito de bauxita de Los Pijiguaos se encuentra ubicado en la Provincia Geológica de Cuchivero, MENENDEZ (1968) y puede ser vista como una bauxita autóctona, con texturas formadas durante la neomineralización, donde la continuidad lateral no existe durante largos trechos. Una facies secundaria, de importancia menor, se formó por erosión y mecanismos gravitacionales (Figura 6), como capas delgadas de aspecto pseudo-pisolítico, desarrollado en las laderas y en relleno de cavidades, ALUSUISSE (1980). Así mismo, es importante conocer que la densidad promedio de la bauxita Pijiguaos *in situ* está en el orden de 1,625 t/m<sup>3</sup>, ALUSUISSE (*op. cit.*).

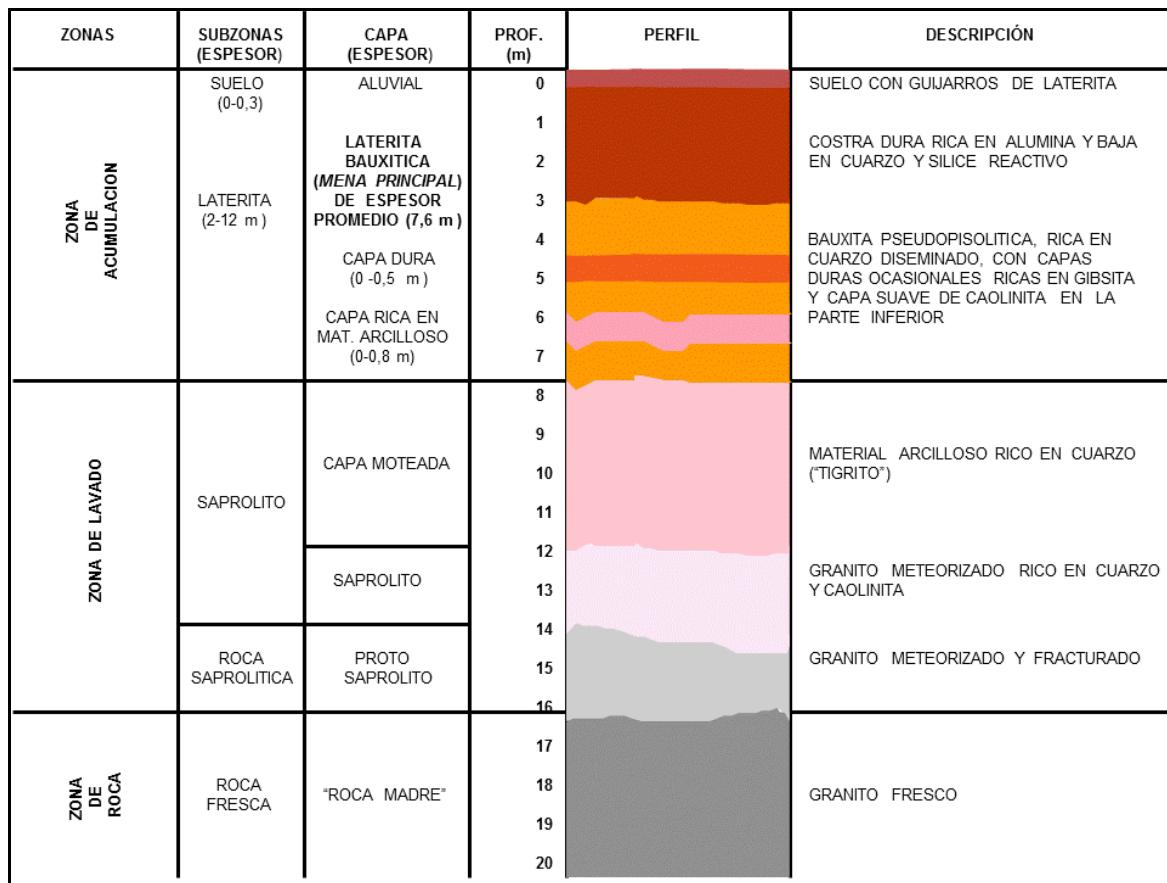


**Figura 7.** Operaciones de deforestación, para el inicio de las operaciones mineras, en 1988. Obsérvese la configuración de la meseta, a 680 metros de altura sobre el nivel del mar (m s.n.m.) y, al fondo, la sabana del río Suapure, a 80 m s.n.m. Foto CVG BAUXIVEN, año 1988.

Desde la óptica de producción y calidad del material MARIÑO *et al.* (1997), con un enfoque práctico para agilizar la identificación de la mena, el desarrollo de las lateritas alumínicas de la mina de bauxita de Los Pijiguaos genera un “*perfil típico*”, que puede ser dividido en tres zonas (Figura 8):

- ✓ Zona de Acumulación,
- ✓ Zona de Lavado y
- ✓ Zona de Roca.

De estas tres, solo la primera es operativamente rentable, hasta que no se desarrolle el proyecto sobre *beneficiación de bauxita de alto cuarzo* ROUSSEAU (2006), que ampliará las reservas de bauxita del yacimiento Los Pijiguaos hasta en un 20% por utilización de una parte de la *zona de lavado*. El perfil de la *zona de acumulación* es de unos 5 a 10 metros (m) de espesor, con valores promedio de 7,6 m para la mena, MARIÑO (2000).

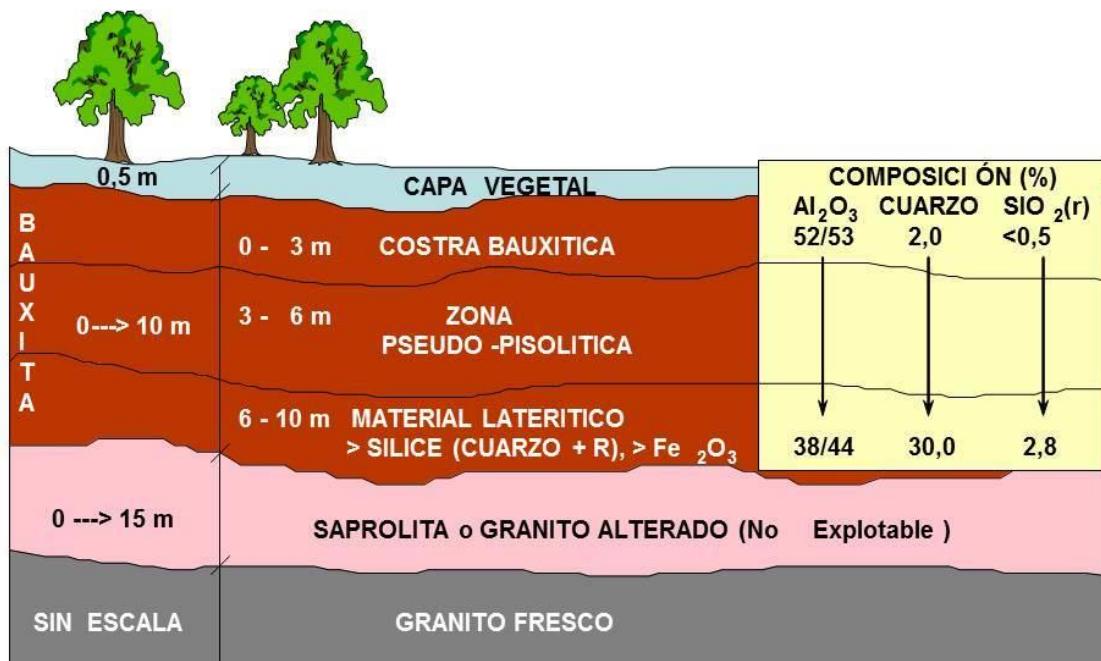


**Figura 8.** Perfil idealizado de las lateritas alumínicas de Los Pijiguaos. Modificado de ALUSUISSE (1980) por MARIÑO *et al.* (1997).

En este orden de ideas, la primera zona — *Zona de Acumulación* — se puede subdividir, de tope a base, en cuatro categorías adicionales, que no siempre se presentan en el mismo orden y secuencia (Figura 8). La regla es la variabilidad entre los bloques mineros, pero con relativa uniformidad dentro de cada bloque y sector estudiado. Modificado de MARIÑO *et al.* (1997):

1. Costras (muy alta alúmina: > 50% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y bajas en SiO<sub>2</sub>) con 1 a 3 m de espesor.
2. Bauxitas pisolíticas o pseudopisolíticas (alta alúmina: > 47% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; moderada sílice 5 - 10%), con 1 a 4 m de espesor.
3. Ocasionalmente, capas duras delgadas o de acuerdo a MENDOZA (2012), duricosta [SIC] intercalada delgada.
4. Bauxita terrosa (con baja alúmina: 44% a 47% de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y alta sílice 10% - 20%) y finalmente...
5. El piso del depósito, con bauxita caolinítica de 1 a 4 m de espesor, con alta sílice (> 22%) y baja alúmina (< 44% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).

Ya definido el perfil geológico, el proceso de producción de la bauxita es “sencillo”, desde la óptica de la ingeniería de minas: La explotación es a cielo abierto (*open pit*), teniendo en cuenta que es un yacimiento donde se utiliza el método de “explotación por tiras” — *stripping mine*<sup>4</sup> — es decir, después de removida y apilada la delgada capa vegetal para la posterior reforestación, solo se explota el perfil que cumpla con las especificaciones de calidad, en alúmina y sílice (reactivo y cuarzo), todo el espesor al mismo tiempo, sin dejar remanente, a fin de minimizar la variabilidad vertical de la mena. Es por ello, que al explotar de una sola vez, el promedio de 7,6 m de espesor (Figura 9), se garantiza una buena mezcla del espesor, así como de la dilución de la capa inferior de arcilla, con alto contenido de sílice total, pero necesarios para obtener el valor de sílice reactivo promedio, MARIÑO y NANDI (1995) (Figura 10).



**Figura 9.** Diagrama simplificado del perfil de un frente minero promedio, agrupado por la calidad de la bauxita y su variación vertical, donde el color “bauxita” o color ladrillo corresponde a los niveles explotables del yacimiento, cuyo espesor promedio es 7,6 m. Sin escala, sólo con fines ilustrativos. MARIÑO y NANDI (1995).

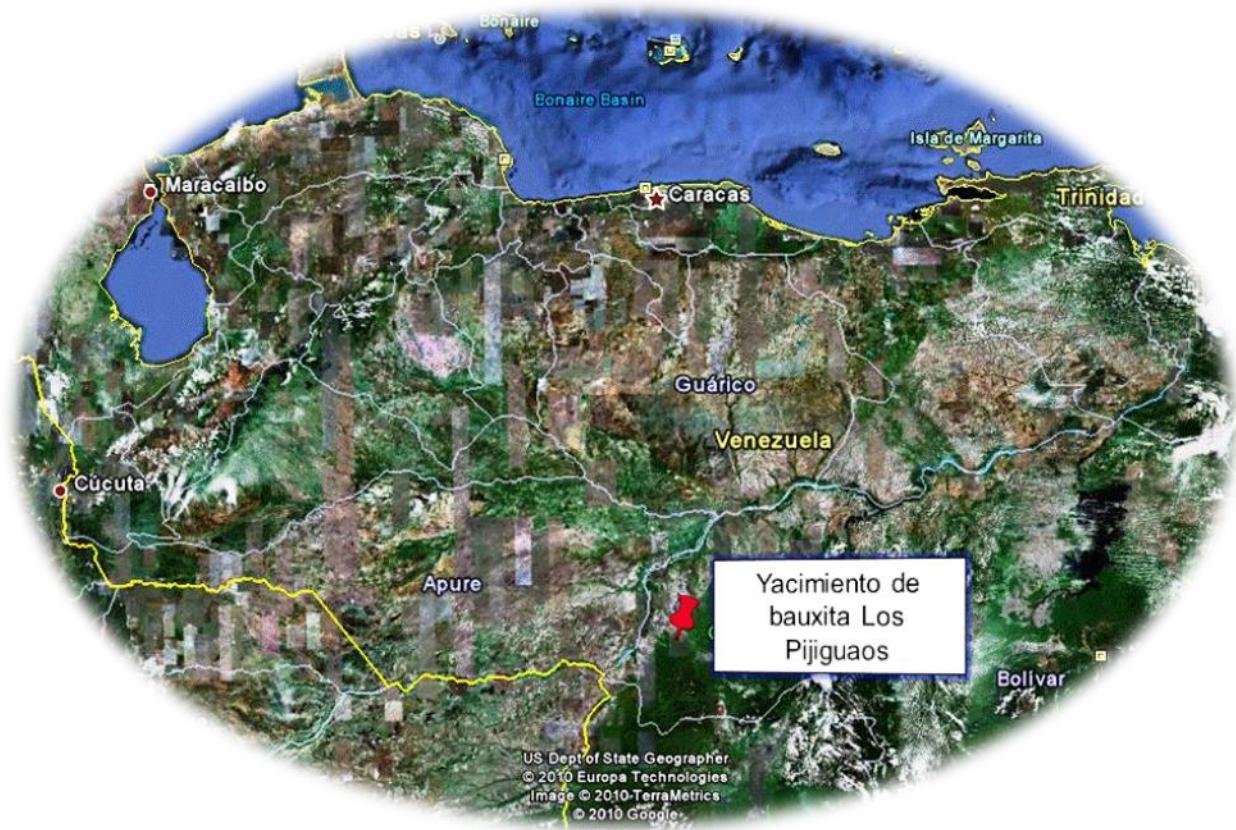
<sup>4</sup>“*Stripping mine o explotación por tiras es un tipo de minería a cielo abierto. El mineral está muy cerca de la superficie y se presentan en capas o vetas horizontales o subhorizontales, en los cuales, primero se remueve o desmonta el recubrimiento (overburden), que puede incluir capa vegetal, para luego comenzar su explotación*”. Adaptado de CHACÓN (1993).



**Figura 10.** Afloramiento de un frente típico, tomado como ejemplo para el presente trabajo, ubicado en el bloque 3 del yacimiento, para el año 2004. Este sitio ya fue explotado en los años siguientes y se indica la localización aproximada del piso operativo o piso definitivo de explotación. Todo el material por encima de este plano —*piso operativo*— fue ya extraído y triturado. Foto autor: Noel Mariño, año 2004.

#### **Recursos minerales de bauxita en Guayana:**

La región de Guayana, en el sur-sureste de Venezuela, representa un gran valor estratégico y económico en el desarrollo del sector aluminio del país, porque es allí donde se concentran grandes extensiones de lateritas alumínicas o bauxita, sobre todo, en el municipio Cedeño del estado Bolívar. En la figura 11, se muestra la ubicación relativa del yacimiento de Los Pijiguao, al sur franco de la ciudad capital, Caracas.



**Figura 11.** Ubicación relativa del yacimiento de bauxita de Los Pijiguaos, a 500 km al sur de la ciudad de Caracas, la cual se indica con un marcador de posición de color rojo. Modificado del programa GOOGLE EARTH (2010).

Para orientar al lector, sobre la base de la productividad y calidad, se subdividió a los depósitos de bauxita del Escudo de la Guayana venezolana en dos grupos, de acuerdo a su roca de origen o roca parental y su potencial económico, según MARIÑO (2013a):

1. **Gran potencial:** provenientes de rocas graníticas, con altos porcentajes de alúmina, que pueden llegar hasta un 52%, mayoritariamente gibsita, que es el óxido de aluminio trihidratado de más fácil manejo en el *Proceso Bayer*<sup>5</sup>. CVG BAUXILUM (s.f.). En el **ANEXO 1**, se describe brevemente este proceso.
2. **Bajo potencial:** se originan de rocas maficas, con alto contenido de hierro, superior al 30% y con presencia de diáspora y/o bohemita, que son óxidos monohidratados de aluminio.

---

<sup>5</sup>Proceso de digestión a baja presión y baja temperatura para obtener alúmina de la bauxita. PROCESO BAYER (s.f.).

Como es de entender, este ensayo se focaliza hacia rocas bauxíticas de “gran potencial” o derivadas de rocas graníticas. Estas se concentran de manera especial, como ya se ha manifestado, en el municipio Cedeño, área que se ha identificado con el nombre de “*Cuadrilátero de Reservas de Bauxita del Municipio Cedeño*” o CRBMC, con un potencial de 1,480 Gt en recursos inferidos de bauxita (Figura 12), dignos de ser prospectados, estudiados y analizados en el corto plazo, a fin de facilitar proyectos generadores de productos transformados y empleos de calidad, en el sector aluminio de Venezuela. Modificado de MARIÑO *et al.* (2007) y MARIÑO (2013 a y b).



**Figura 12.** Ubicación geográfica del potencial minero en bauxita de la región Guayana, con especial énfasis del CRBMC, donde se han diferenciado los recursos con un “Gran Potencial” hacia el oeste y los de “Bajo Potencial” en la sección este. Se utilizan “**puntos de color bauxita**” para señalar esos depósitos y sus recursos inferidos, cuyos valores están dados en millones de toneladas (MMt). Así mismo, se indica la ubicación de Ciudad Guayana, centro industrial del estado Bolívar y otros centros poblados, con “**puntos de color azul**”. MARIÑO (2010a, 2013a, 2015b) y CVG BAUXILUM (2010).

Sobre la base de la figura anterior, el **gran potencial inferido de bauxita** en CRBMC y con otras áreas de la Guayana venezolana, alcanza la cifra de 2,6 Gt en toda la región (Figura 13), con porcentajes de alúmina de hasta 52%, que haría ascender a Venezuela hacia la tercera posición del “ranking mundial”<sup>6</sup> (LA REVISTA MINERA, 2012) de países con mayores recursos de bauxita y la primera posición en América del Sur, solo por debajo de Guinea y Australia, pero por encima de Brasil, Jamaica, Surinam y Guyana. MARIÑO (2013a).

CUADRILATERO MUNICIPIO CEDEÑO - EDO. BOLÍVAR	
<u>Recursos Mineros</u>	<u>MM Toneladas</u>
• Medidos .....	70
• Indicados .....	160
• Inferidos .....	1.480
YACIMIENTO EL PALMAR – MUNICIPIO PADRE CHIEN - EDO. BOLÍVAR	
	<u>MM Toneladas</u>
• Inferidos .....	475
AL ESTE DE PTO AYACUCHO Y CERRO GAVILAN - EDO. AMAZONAS	
	<u>MM Toneladas</u>
• Inferidos .....	666
<b>TOTAL RECURSOS INFERIDOS DE BAUXITA (MM t)</b>	<b>2.620</b>
<b>TOTAL RECURSOS INDICADOS DE BAUXITA (MM t)</b>	<b>160</b>
<b>TOTAL RECURSOS MEDIDOS DE BAUXITA (MM t)</b>	<b>70</b>

**Figura 13.** Recursos de bauxita con “Gran Potencial” al oeste de la región Guayana, medidos en millones de toneladas (MM t), de acuerdo a la conciliación realizada al cierre del año 2015, MARIÑO (2015b). Además, se ha incluido el yacimiento de El Palmar, que se encuentra ubicado en la zona de “Bajo Potencial” — este del estado Bolívar — por la existencia de un gran volumen de bauxita de mediana a buena calidad, que pudiese ser catalogado como buen prospecto por su cercanía estratégico a Puerto Ordaz, aunque parte del depósito está situado dentro de la Reserva Forestal de Imataca. MARIÑO (2013a).

<sup>6</sup>Las reservas de bauxita de Guinea, como líder del “ranking mundial” se ubican en 7,4 Gt, seguida de Australia con 6,2 Gt, para luego aparecer Venezuela con 2,6 Gt en recursos inferidos. En Latinoamérica, Jamaica cuenta con 2 Gt en reservas, seguida de Brasil con 1,9 Gt, Guyana 0,7 Gt y Surinam 0,56 Gt. MARIÑO (2013a).

## **Aplicación del Código JORC a los datos geológicos**

Previo a continuar con la descripción de los depósitos que comprenden el CRBMC y para facilitar el entendimiento del lector sobre cómo se estudiaron y clasificaron los recursos minerales en bauxita, se considera prudente y conveniente realizar una explicación conceptual sobre el Código JORC (2012), método escogido para la presentación de los resultados de los proyectos de la exploración en el área de Los Pijiguaos. También es importante acotar que durante el proceso fallido de privatización del sector aluminio, entre los años 1997-1998, el personal de dirección de la Gerencia de Mina de CVG Bauxilum, fue adiestrada *pro bono* en el Código JORC por el personal de la empresa Comalco Ltd.<sup>7</sup>, como un aporte de su visita de inspección de campo.

De esta manera, se puede destacar que el *Código Australiano para Informar sobre Recursos Minerales y Reservas de Mina o Código JORC (op. cit.)* establece un conjunto de estándares, recomendaciones y guías para el reporte público de resultados de exploración, recursos minerales y reservas minerales en Australasia. Los términos, **recursos** y **reservas minerales**, son a menudo confundidos y se espera que con la presente descripción, el lector tenga la base suficiente para discernir estos conceptos. Los principios del Código son la transparencia, materialidad y la competencia. Así mismo, la última versión del año 2012 reemplaza a todas las versiones anteriores.

En primera instancia, el Código JORC (*op. cit.*), comienza por definir qué es un recurso mineral: “*es una concentración u ocurrencia de material de interés económico, en o sobre la corteza terrestre, en forma, cantidad y calidad, que abre perspectivas razonables para una eventual y razonable explotación. La ubicación, cantidad, ley, características geológicas y continuidad de un recurso mineral son conocidas, interpretadas a partir de pruebas y conocimiento geológico específicos*”.

---

<sup>7</sup> Empresa australiana suplidora de bauxita, alúmina y aluminio que luego fue absorbida por Rio Tinto en el año 2000.

De esta forma, los “recursos minerales” se subdividen en tres categorías, sobre la base de su confiabilidad geológica, a saber (JORC, 2012):

- Inferidos,
- Indicados y
- Medidos.

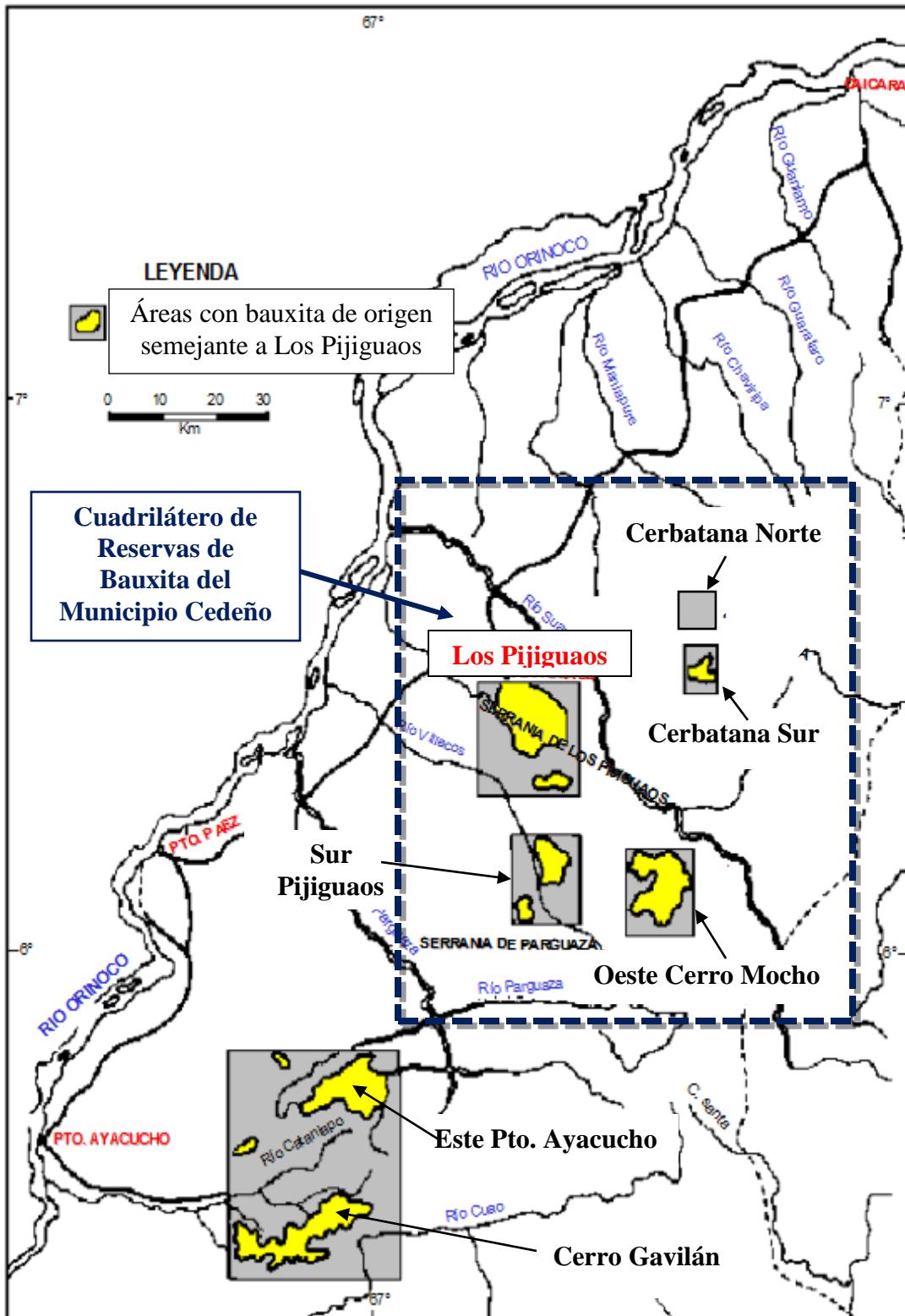
En este orden de ideas, un **recurso inferido** según JORC (*op. cit.*), “*son aquellos que tienen un bajo grado de confianza geoestadística, pues han sido inferidos a base de muestreo superficial y subterráneo, trincheras, cortes, calicatas o perforaciones puntuales y aisladas que no pueden ser corroboradas en continuidad geológica y contenido metálico con los lugares más próximos y cercanos*”.

A continuación, se mencionarán los depósitos de bauxita que conforman el denominado **CRBMC** y su ubicación, para luego continuar con la delimitación de los recursos indicados y medidos del yacimiento de Los Pijiguaos.

### **Recursos inferidos en el CRBMC**

Como se explicó en las figuras 12 y 13, los recursos inferidos del *Cuadrilátero de Reservas de Bauxita del Municipio Cedeño* o **CRBMC**, están en el orden de 1,480 Gt. El objetivo de este proyecto de prospección fue identificar, con las nuevas técnicas de imágenes satelitales, el gran potencial minero de la zona, para así medir y evaluar los recursos inferidos en bauxita de los alrededores de Los Pijiguaos e informarlo a la colectividad nacional.

Todo comenzó cuando, quien escribe este ensayo, encontró en los viejos archivos de la mina, un mapa titulado “*Prospección de bauxita en áreas adyacentes al yacimiento Los Pijiguaos. Fase I*”, de fecha incierta pero previo a 1983, a escala 1:200.000, calculado por Eduardo Villanueva y aprobado por Alberto Sarmentero, ambos geólogos pioneros de la bauxita (ver plano en **ANEXO 2**). En dicho plano se esboza un plan de acción, con helipuertos, kilómetros de picas y perforaciones, pero lamentablemente, nunca se llevó a cabo. El segundo elemento que soportó la investigación fue el artículo escrito por YANEZ (1995), donde se señalan los posibles depósitos de bauxita en el municipio Cedeño del estado Bolívar (Figura 14), detectados en la superficie de



**Figura 14.** Mapa de localización de áreas con bauxita de origen semejante a Los Pijiguaos. Se indica el perímetro del CRBMC y los depósitos de bauxita detectados en él. En la parte inferior de la figura, los grandes depósitos del estado Amazonas. Modificado de YANEZ (1995) en MENDOZA (2012).

planación tipo Nuria (600-700 m s.n.m.), (MENDOZA, 2012). Volviendo a los tiempos actuales, sin presupuesto para iniciar un plan de evaluación a gran escala, un grupo de profesionales de la mina de CVG Bauxilum, ubicó la tecnología disponible para armar un Sistema de Información Geográfico sencillo y empezaron a trabajar con grupos de tesis. Estos fueron los resultados:

Para comenzar a evaluar los depósitos de bauxita adyacentes al yacimiento de Los Pijiguaos, se utilizó la técnica de la fotointerpretación, que permite obtener resultados preliminares en zonas de difícil acceso, a corto plazo y con menores costos de logística. Para detectar la bauxita en los topes de las mesetas o *plateau*, a través de la fotointerpretación de las imágenes satelitales disponibles, hay que tener en cuenta las siguientes características prácticas:

- Topografía plana igual o superior a 600 m s.n.m.
- Drenaje dendrítico y vegetación de color más claro — vegetación con respuesta espectral débil, poco densa, afectada y/o adaptada sobre los topes del plateau mineralizado — y de menor tamaño que la selva circundante, que la define como una “anomalía geobotánica” típica para la flora de selva creciendo sobre un depósito de bauxita.
- Esta selva, sobre las cuestas y laderas de pendientes acentuadas hacia los valles, tiene una respuesta espectral fuerte y densa. Esto le confiere un color más oscuro.

Se han utilizado las características explicadas previamente, como patrón de comparación entre los depósitos estudiados y el yacimiento de bauxita de Los Pijiguaos. Este patrón incluye además, la misma densidad ( $1,625 \text{ t/m}^3$ ) y para estimar los recursos inferidos, se asumió un espesor conservador de 7 metros promedio, característico de Los Pijiguaos, para así determinar la potencialidad de la región y establecer áreas de interés económico para el país.

De todos estos depósitos de bauxita, solo la Cerbatana Sur tiene estudios geoexploratorios realizados por CVG Tecmin en el año 1989, donde se excavaron 8 calicatas, de 3 metros de profundidad, con toma de muestras metro a metro. Los resultados obtenidos arrojaron concentraciones de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  cercanos al 50%. (GUZMÁN, 2004).

En la tabla 1, se indican los nombres de las localidades estudiadas, los proyectos individuales o de pregrado con sus autores y el año de ejecución. Además, se indican los recursos inferidos de

bauxita por cada localidad, en millones de toneladas, previamente revisado por el personal técnico de la mina y avalado por el suscrito, como tutor académico o asesor de los proyectos.

Recursos Minerales Inferidos en el Cuadrilátero del Municipio Cedeño		
Localidad	Recursos Inferidos (MMt)	Autores
Sur de Los Pijiguaos	327,50	Ángela Escalante y Romer González (2003)
La Cerbatana Norte	324,70	Noel Mariño (2013a)
La Cerbatana Sur	365,80	Airam Ruiz y William Villegas (2008)
Oeste cerro Mochó	382,00	Ángela Escalante y Romer González (2003)
Yacimiento Los Pijiguaos	80,00	CVG BAUXILUM (2010)
<b>TOTAL</b>	<b>1.480,00</b>	

**Tabla 1.** Recursos minerales inferidos del CRBMC, por localidad tipo y tonelaje calculado por los diversos autores, junto al año de ejecución, utilizando fotointerpretación de las imágenes satelitales disponibles.

En la zona de “Bajo Potencial” de recursos inferidos de bauxita, se encuentra el área de la concesión Río Grande I en El Palmar, municipio Padre Chien, estado Bolívar, que consiste de un gran volumen de bauxita de mediana a buena calidad, que pudiese ser catalogado como buen prospecto por su cercanía estratégico a Puerto Ordaz, aunque parte del depósito está situado dentro de la Reserva Forestal de Imataca. MARIÑO (2013a), (ver ANEXO 3 para detalles).

#### **Recursos medidos en el yacimiento de Los Pijiguaos y su potencial minero:**

A pesar de contar Guayana con grandes recursos minerales en bauxita, en el orden de 2,6 Gt en recursos inferidos, como ya se explicó, la mina de Los Pijiguaos solo tiene 70 millones de toneladas (Mt) en recursos medidos (Figura 13), de acuerdo a la última conciliación minera, MARIÑO (2015b), efectuada sobre la base conceptual del código JORC (2012).

Para avanzar en conceptos, los “*recursos medidos son aquellos que tienen un alto grado de confianza geoestadística, sobre la base de muestreo superficial y subterráneo, trincheras, cortes, calicatas o perforaciones cuyo geoespaciamiento es lo bastante cercano para concluir la existencia de continuidad geológica y contenido metálico*”. JORC (*op. cit.*). De acuerdo a esta definición, “*la cadena de valor del negocio*” se refiere a la secuencia de una serie de actividades

vinculadas, entre otras, con la exploración geológica, el muestreo y análisis de ensayos, el modelamiento geológico, plan minero y la definición de reservas. JORC (2012).

Ahora bien, en este momento de la lectura se pueden consolidar las siguientes preguntas: ¿Qué son las reservas y qué diferencia hay entre recursos y reservas? Pues bien, “*una 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 geológica en reservas probables y reservas probadas. JORC (*op. cit.*).

En este orden de ideas, para el caso de la mina de Los Pijiguaos, no se incluyen en los cálculos de recursos minerales la parte económica, es decir lo relativo a dilución y/o pérdida de mineral. Solo se trabaja con el recurso geológico, por ser principalmente una explotación tipo “*stripping mine*”, aunque no se descarta utilizarlo en un futuro cercano. Por ello, siempre se hace referencia solo a los términos de “recursos minerales”, ya sean inferidos, indicados o medidos.

Ya explicados estos conceptos, se recuerda la necesidad permanente de continuar las campañas de prospección geológica en toda mina, a fin de que el *recurso indicado* pueda convertirse en *recurso medido*. Esto generara confianza geológica y conocimiento del yacimiento, sin embargo, la baja cifra de los recursos medidos en Los Pijiguaos es preocupante para la continuidad de las operaciones. Esto es debido principalmente a:

- ✓ La suspensión del programa de prospección geológica desde mayo del 2010, que lamentablemente, ya venía con deficiencias desde años anteriores e
- ✓ Indirectamente, por la baja producción de bauxita que, en los últimos seis años (2010 - 2015), solo se han reportado 13,466 Mt. (Tabla 2). Estos valores ofrecen la falsa sensación de que la mina cuenta con suficientes recursos minerales en bauxita, para el corto plazo, pero no es así. Si se incrementase la producción a capacidad instalada, es decir 6 millones de toneladas/año

(t/año), a fin de recuperar el sector aluminio venezolano, solo se contaría con 11 años de recursos medidos para garantizar las operaciones mineras, para la fecha del presente escrito, cantidad precaria para sostener la alimentación de la Planta de Alúmina de CVG Bauxilum, en Matanzas y, por ende, del sector aluminio de Venezuela.

AÑO	TRITURACION (t)
2010	3.126.242
2011	2.454.769
2012	2.285.950
2013	2.341.155
2014	2.346.160
2015	911.936
<b>ACUMULADO</b>	<b>13.466.212</b>

**Tabla 2.** Bauxita triturada entre los años 2010 a 2015, en la mina de Los Pijiguaos, indicado en toneladas métricas (t). MARIÑO (2015b). Para observar en forma de gráfico, ver **ANEXO 4**.

Como se indica en la Tabla 2, la producción anual de la mina se ha situado en 2,5 millones como promedio, en los últimos 5 años (2010 - 2014) y el año pasado — 2015 — fue de apenas 911.936 t con el cierre temprano de las operaciones, en diciembre MARIÑO (2015b), lo que proporciona un respiro artificial para el largo plazo o plan de vida de la mina. Por tanto, es imperativo que esta empresa del estado venezolano se plantee un plan agresivo de prospección geológica, con buen soporte del laboratorio, que genere recursos minerales confiables y de calidad, en el mediano plazo.

En la figura 15, se pueden observar a través de una ortoimagen (CVRD, 2005), los recursos en bauxita de las actuales concesiones en explotación BLP 1 al 8 (en color amarillo). De igual forma, la continuidad del yacimiento de Los Pijiguaos con las nuevas áreas de concesión [*en discusión, por posible caducidad*]: Al oeste, el Lote 1 (Lot 1) y al este, el Lote 2 (Lot 2), con los lóbulos conectados o con continuidad lateral, y los lotes no conectados (NC) o tipo “bolsones”, sin conexión lateral. (Ver Tabla 3 para detalles de los recursos medidos e indicados de CVG Bauxilum). Al sur, parte de los recursos inferidos cercanos al depósito de Los Pijiguaos, que corresponden a la prolongación del yacimiento y se estima que esas áreas mantengan un comportamiento análogo, en cuanto a los parámetros de calidad y espesor.

Es por ello, que es muy importante acotar ahora, que los *recursos indicados* en la mina de Los Pijiguaos, es decir, “*aquellos que tienen un aceptable grado de confianza geoestadística, sobre la base de muestreo superficial y subterráneo, trincheras, cortes, calicatas o perforaciones cuyo geoespaciamiento es de naturaleza considerable, por lo que puede asumirse pero no confirmarse continuidad geológica y contenido metálico*” JORC (2012), están en el orden de 160 millones de toneladas (en color azul en la figura 16), por tanto, si se da continuidad al programa de prospección geológica, a saber: perforación de sondeos, toma de muestras, análisis de esas muestras e interpretación de los resultados, la mina de bauxita de Los Pijiguaos estará en capacidad de convertir sus inmensos recursos indicados como recursos medidos, elemento de vital importancia para el éxito de la inversión minera.

### RECURSOS MEDIDOS, INDICADOS E INFERIDOS EN EL YACIMIENTO LOS PIJIGUAOS A DICIEMBRE 2015

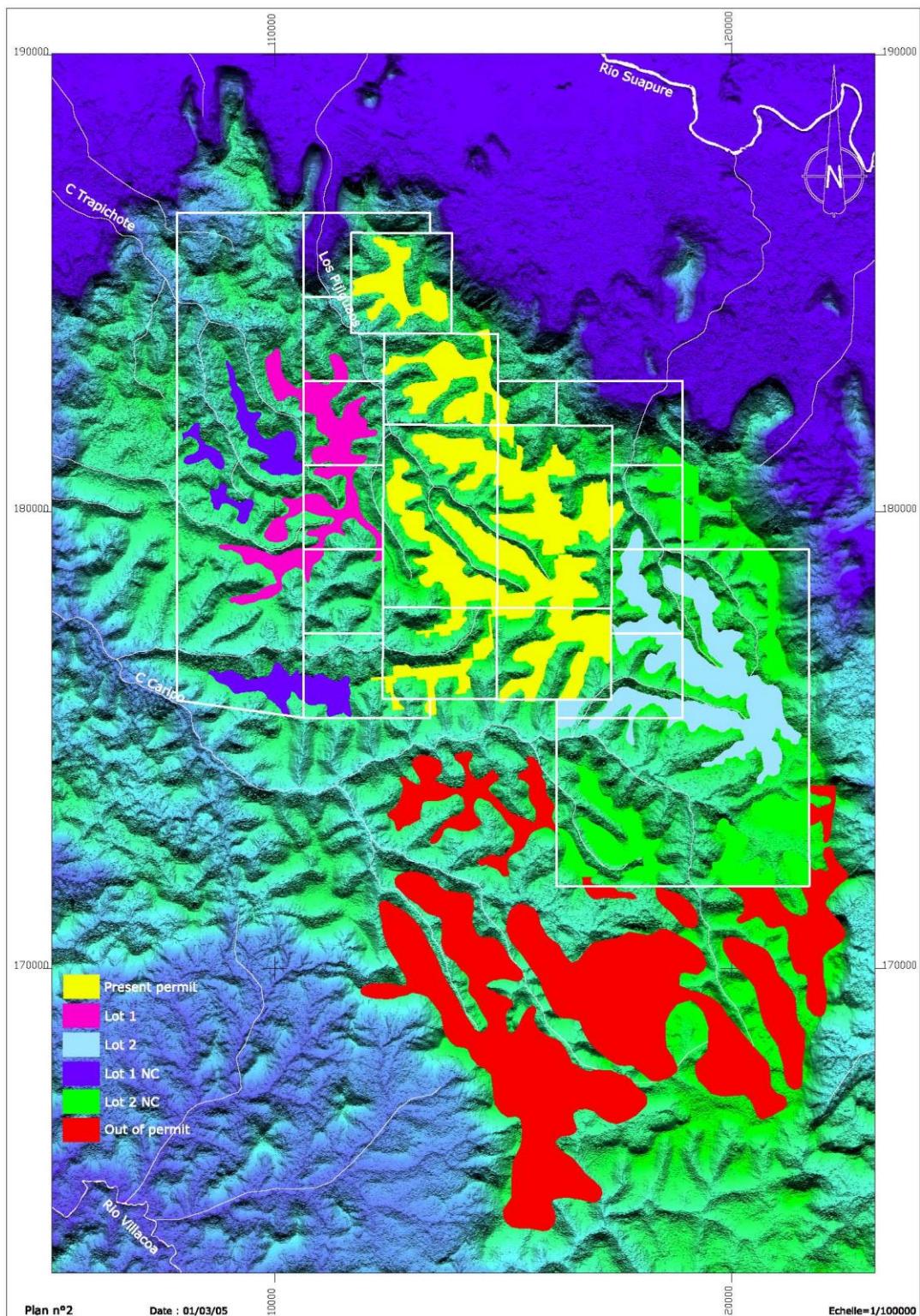
Recursos	MM t	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Total)	SiO <sub>2</sub> (Cuarzo)	SiO <sub>2</sub> (Reactiva)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
<b>Medidos</b>	70	48,2	7,6	1,2	
<b>Indicados BLP</b>	25	48,3	6,6	1,4	
<b>Indicados LOTE 1 (Lot 1)</b>	64	48,6	6,7	1,9	14,2
<b>Indicados LOTE 2 (Lot 2)</b>	70	49,1	6,7	1,5	13,5
<b>Inferidos LOTE 1 No Conectados (NC)</b>	38				
<b>Inferidos LOTE 2 No Conectados (NC)</b>	50				

En Resumen:	MM t
<b>Medidos</b>	70
<b>Indicados</b>	160
<b>Inferidos</b>	80

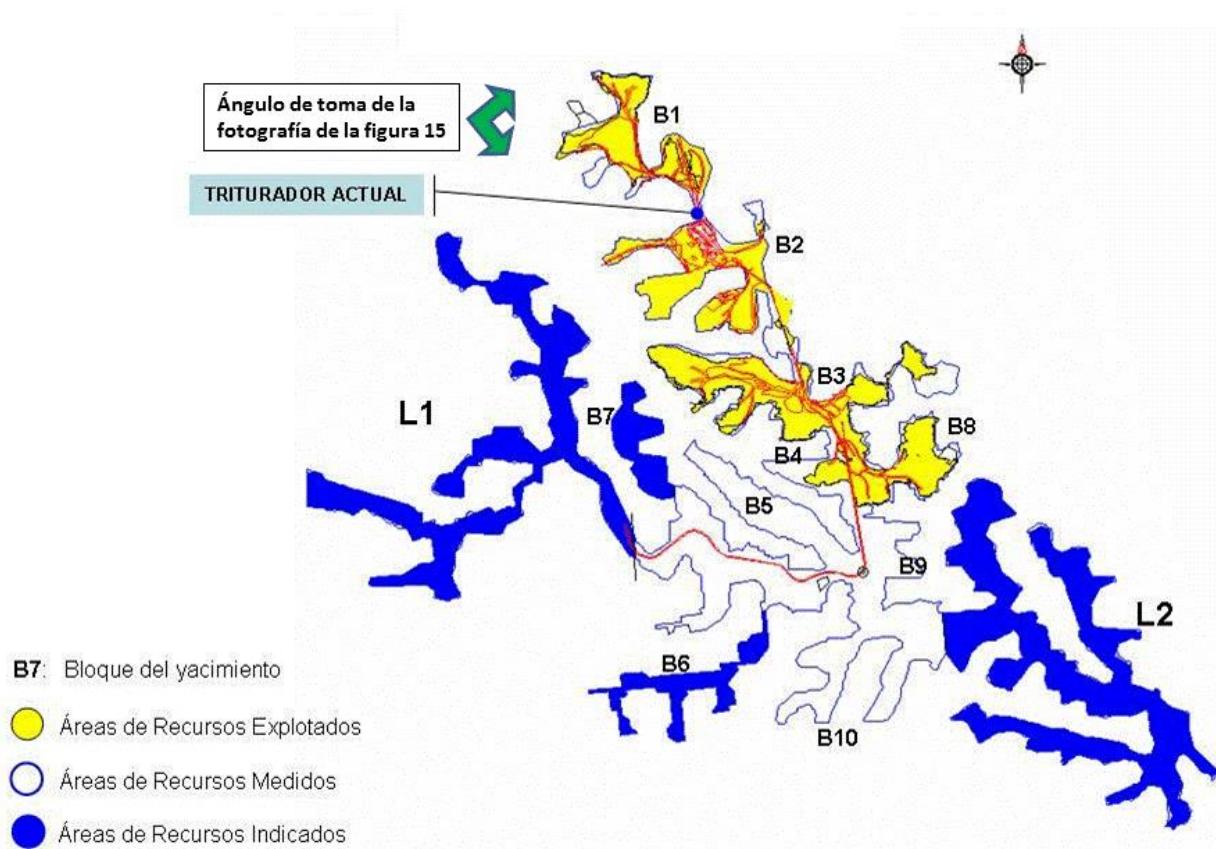
**Tabla 3.** Recursos medidos, indicados e inferidos en el yacimiento de bauxita de Los Pijiguaos a diciembre 2015, MARIÑO (2015b).

Hay varias consideraciones adicionales. Modificado de CVG BAUXILUM (2010):

- ✓ Todas las toneladas se reportan sobre la base de bauxita seca y una densidad de 1,625 t/m<sup>3</sup>.
- ✓ Las áreas calculadas para los recursos inferidos provienen de la reinterpretación fotogeológica de los bordes del yacimiento a escala 1:25.000.
- ✓ Para los cálculos de los recursos inferidos, se consideró 7 m de espesor.



**Figura 15.** Ortoimágen de los recursos de bauxita en Los Pijiguao: En amarillo, las concesiones renovadas en 1997 (**BLP**) y en explotación. Los Lotes 1 y 2 (**Lot**) y los lotes no conectados (**NC**). En naranja, recursos inferidos al Sur de Los Pijiguao, sin concesión, por ahora. Escala original 1:100.000. Adaptado de CVRD (2005).



**Figura 16.** Croquis del yacimiento de bauxita Los Pijiguaos, según el tipo de recurso mineral presente y que ha sido cuantificado según la conciliación realizada al cierre del año 2015, MARIÑO (2015b). Los colores identifican la ubicación de esos recursos, según su tipo, además de señalar las áreas ya explotadas y sujetas a procesos de rehabilitación. Modificado de CVG BAUXILUM (2010).

#### Información adicional:

- **B:** corresponden a los bloques de la concesión vigente, es decir los BLP 1 al 8, sin embargo, para facilidad de las operaciones mineras, fueron subdivididos en los bloques del 1 al 10.
- **L1:** Lote 1 (Lot 1)
- **L2:** Lote 2 (Lot 2)

## FACTORES OPERATIVOS

### Calidad de la bauxita:

Para adentrarse en el punto de la calidad, se trae de nuevo a colación el tema ¿qué es la bauxita? Este concepto es aplicado de forma genérica a la ocurrencia natural de la mezcla de minerales ricos en hidróxidos de aluminio. PARAMGURU (*et al.* 2005). Su origen está ligado a los procesos de meteorización y laterización que ocurren en climas tropicales húmedos, donde las rocas son transformadas en forma drástica en productos terminales de la meteorización. De esta manera, una bauxita es un producto de la meteorización y laterización, donde el aluminio enriquecido en mayor proporción que el hierro, constituye un depósito mineral que debe ser explorado. Desde este punto de vista, “*una bauxita es considerada rentable cuando contiene no menos de 45% de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, no más de 20% de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y entre 3% a 5% de SiO<sub>2</sub>*”. LO MÓNACO (1984).

De esta forma, una de las premisas establecidas en la política de calidad de CVG BAUXILUM (2013), está referida a satisfacer los requerimientos de los parámetros químicos de su planta de alúmina en Matanzas, Puerto Ordaz, estado Bolívar, a fin de obtener los mejores niveles de rentabilidad y productividad en el Proceso Bayer (**ANEXO 1**).

En términos geológicos, el perfil del yacimiento desde la superficie hasta la roca madre, como se indicó en la figura 8, “*muestra claramente las distintas zonas de bauxitas... reflejando composiciones mineralógicas específicas*” ALUSUISSE (1980). De igual forma, “*la capa de bauxita en sí puede ser subdividida en unidades litológicas distintas, cuya continuidad lateral es restringida*” ALUSUISSE (*op. cit.*). Además, “*una característica notable de la bauxita de Los Pijiguaos es su alto contenido de cuarzo libre*” ALUSUISSE (*op. cit.*).

A continuación, se muestran las especificaciones químicas, por parámetros y rangos porcentuales que debe tener la bauxita que se explote en la mina de Los Pijiguaos, para su posterior envío a la planta de Matanzas, para la producción de alúmina, BAUXILUM (2011). Adicionalmente, se incluye una breve explicación de dichos conceptos, para comprensión del lector:

- ✓ **Alúmina Total:**  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (T), Mayor o igual a 48,5 %. Como su nombre lo indica, es el porcentaje total de alúmina presente en una muestra de bauxita del yacimiento. BAUXILUM (2011).
- ✓ **Alúmina Disponible:**  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (D), Mínimo 45,5 %. Se define como la cantidad de alúmina extraíble en una muestra de bauxita, a partir de una solución de soda caustica ( $\text{NaOH}$ ), en el Proceso Bayer. GOW y LOSEJ (1993).
- ✓ **Sílice Reactiva:**  $\text{SiO}_2$  (R), Mínimo 1,25 % - Máximo 1,50 %. Se define como toda la sílice presente en una muestra (arcilla y granos finos de cuarzo) que reacciona con la soda caustica durante la extracción de alúmina en el Proceso Bayer. TOSIANI y LOPEZ (1985). Por lo descrito anteriormente, la sílice reactiva causa pérdida de soda caustica durante el Proceso Bayer. GOW y LOSEJ (1993). En términos geológicos se le conoce como *sílice combinada* o arcilla caolinítica ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), sin embargo, por acuerdos con la Planta de Alúmina se le identifica como *sílice reactivo* en la mina, adaptándose y unificando de esta forma, los términos utilizados. BAUXILUM (2011).
- ✓ **Sílice Cuarzo:**  $\text{SiO}_2$  (Cz), Máximo 8,9 %. Es el cuarzo libre presente en el yacimiento y se manifiesta como limo grueso o arena en la bauxita de Los Pijiguao. No es reactivo en el Proceso Bayer, GOW y LOSEJ (1993), *salvo una muy pequeña fracción, presumiblemente ópalo ( $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ), que al reaccionar con la soda cáustica en el Proceso Bayer, se incorpora al sistema como sílice reactivo* HURTADO, R (com. per., 23/01/2016).
- ✓ **Hierro:**  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , Máximo 13,8 %. Presente en el yacimiento como hematita, principalmente y goethita, como un hidróxido de hierro, los cuales confieren el color rojizo característico a la bauxita. BAUXILUM (2011).
- ✓ **Titanio:**  $\text{TiO}_2$ , Mínimo 1,2 % Máximo 1,3 %. Se presenta como rutilo o anatasa, con valores muy estables y poca variación. BAUXILUM (2011).
- ✓ **Humedad:** Máximo 13,00 %. Es la cantidad de agua libre por volumen de bauxita expresado en porcentaje, que está presente en una muestra del yacimiento. GARCIA *et. al.* (1995)
- ✓ **Carbón Orgánico:** Máximo 0,22 %. Representa el contenido de carbón orgánico proveniente del delgado suelo de la selva, expresado en porcentaje. BAUXILUM (2011).

## **Formación de pilas de bauxita, como método efectivo de aseguramiento de la calidad:**

La bauxita de Los Pijiguaos tiene unos parámetros químicos muy estrictos, para garantizar la rentabilidad de la producción de alúmina calcinada, grado metalúrgico, producto final de CVG Bauxilum, en Matanzas. Como se pudo observar en la sección anterior, la alúmina total debiese estar por encima de 48,5%. En un depósito de bauxita, como el yacimiento de Los Pijiguaos, esta acción es de fácil control, por supuesto, si se cuenta con el respaldo de una buena evaluación de reservas. Ahora bien, los parámetros que condicionan impactos negativos en la calidad son la presencia de sílice (reactivo y cuarzo) y del hierro.

Como primer parámetro químico que se debe controlar en las operaciones mineras está la sílice reactiva, que se mueve en un rango muy ajustado: entre un mínimo de 1,25 % a un máximo 1,50 %, es decir con una variación de solo 0,25%, por exigencias estrictas del “menú” del Proceso Bayer de CVG Bauxilum (**ANEXO 1**), a su vez, para manejar adecuadamente el consumo de la soda cáustica (hidróxido de sodio [sosa], NaOH) en la Planta.

Así las cosas, en los primeros años de operación de la mina, todos los esfuerzos de análisis y control debieron centrarse en este parámetro: sílice reactivo. Por ello, el siguiente paso fue garantizar que se cumpliesen *todos los requerimientos de la política de calidad* en la producción de bauxita, en la mina de Los Pijiguaos. En consecuencia, se adiestró el personal involucrado en diferentes funciones como: toma de muestra en frentes de producción, geoestadística, software especializados en planificación de mina (MineSight<sup>®</sup>) y formación de pilas, adaptado de SCHOFIELD (1980).

Para los otros parámetros críticos, cuarzo y hierro, se aplicó de nuevo las herramientas que proporciona la geoestadística. Primero se ajustó el parámetro cuarzo, para luego ajustar el hierro. De esta manera, se logró el control de los parámetros principales de la calidad, con excelente aceptación de la Planta de Alúmina. Lamentablemente, durante la gestión del año 2015, el 100% de los embarques de bauxita enviados a la Planta de Alúmina estuvieron fuera de especificación. Esto amerita, en el corto plazo, retomar lo aprendido y aplicado en esos primeros años de operaciones, para volver ser exitosos. MARIÑO (2015b).

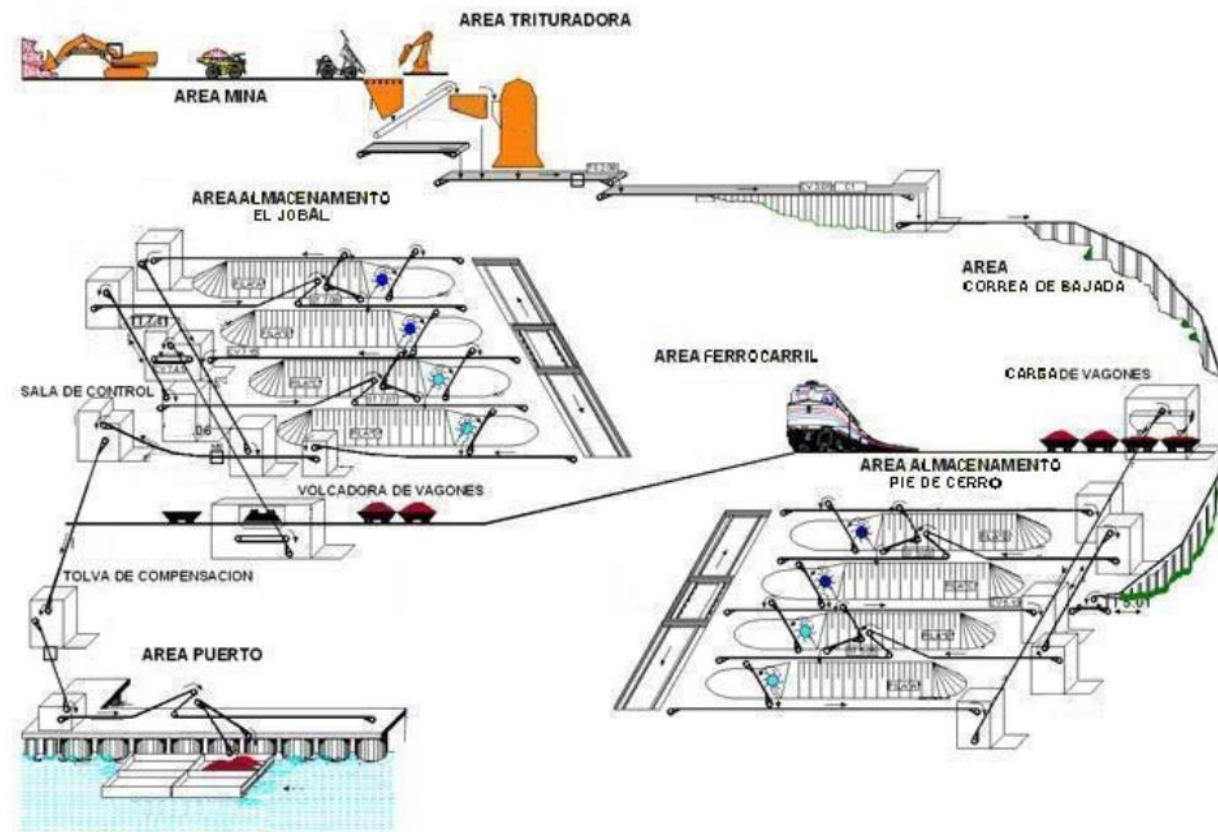
Una vez cubiertos estos temas de calidad y considerado que se tenía demostrada experiencia de campo, se analizaron los resultados obtenidos en los años previos de producción y se definió una “*unidad básica de control*” para asegurar la calidad de la bauxita. La actividad escogida, con suficiente trazabilidad, fue la *formación de pila* (Figura 17), que permitiría la homogeneización de la bauxita triturada, para minimizar variabilidad, es decir, minimizar la desviación estándar, así como controlar la humedad, en un régimen de muy alta precipitación.

En efecto, para homogeneizar la bauxita, a través de una pila o lecho de mezcla, se utiliza para su formación el método “*chevron*”, en los patios de Pie de Cerro y de cono o pilas cónicas (*shell cone*), si la bauxita ya está homogeneizada, en los patios del muelle de El Jobal (Figura 18). Las pilas de bauxita en Los Pijiguaos pueden llegar a contener desde 2.500 t, con las pequeñas tipo *cono* hasta las grandes con 200.000 t (*chevron*), en los diversos patios de almacenamiento.



**Figura 17.** Formación de pilas de hasta 200.000 toneladas, por método “*chevron*”, en los patios de almacenamiento de Pie de Cerro, en CVG Bauxilum Los Pijiguaos, en el verano del año 2001. Se observan los equipos: apilador, que trabaja a 1600 toneladas/hora (t/h) promedio y el recuperador, con una tasa máxima de 3600 t/h. Foto CVG BAUXILUM, año 2001.

Para orientar al lector en estos conceptos de manejo de material a granel (*raw material*), se comenzará describir el método *chevron BLANCO* (s.f.): *El sistema de apilamiento o apilador, amontona la bauxita en la dirección longitudinal de la pila (figura 17), mediante un movimiento continuo de un extremo a otro de la misma, formando capas. Las variaciones de composición química, a largo plazo, los cuales dependen de cada cadencia de mezcla en la explotación de los diferentes frentes de mina, se suprimen de este modo, ya que se superponen unos a otros, de forma secuencial irregular. Luego, la extracción de la bauxita apilada se efectúa transversalmente a la dirección de apilamiento, en forma de rebanadas o lonjas, por medio de máquinas llamadas recuperadores (Figura 17). De esta forma, se completa el proceso de homogeneización.*



**Figura 18.** Flujograma de los procesos de explotación de CVG Bauxilum Los Pijiguaos, con sus cinco áreas operativas: Mina, patio de almacenamiento de Pie de Cerro, ferrocarril y su vía férrea, patio de almacenamiento de El Jobal y puerto de embarque o carga de gabarras. CVG BAUXILUM (2013).

En el método de cono o *shell cone* BLANCO (s.f.), *la bauxita se deposita en una serie de montones cónicos, uno al lados de los otros. Tan pronto se alcanza la altura deseada del cono, se desplaza el apilador a otra posición lateral para formar otro montón. Este método se diferencia del anterior en que el sistema de descarga de material no se mueve en forma continua, de un extremo a otro de la pila. Al contrario, se mantiene fija mientras forma el cono.* Se utiliza en los patios del muelle de El Jobal (Figura 18) para mejor manejo de la bauxita en períodos de lluvia y por facilidades de operación de material ya homogeneizado. Basado en análisis de los registros de las estaciones pluviométricas, en diversos años, GARCIA *et. al.* (1995) manifiestan que “*en la zona del muelle llueve más que en el patio de Pie de Cerro*”. Por ello, luego de algunas temporadas utilizando el método *chevron* en El Jobal, se implantó el método de pilas pequeñas, tipo cono, de 2.500 t, que se podían finalizar en dos turnos de trabajo. *Como la pila corta o de poco tonelaje, el tiempo de exposición a la lluvia es menor, se pudo mejorar el manejo de la humedad en la formación de pilas de bauxita, en plena estación lluviosa VILLAMIL J (com. per., 24/01/2016)*

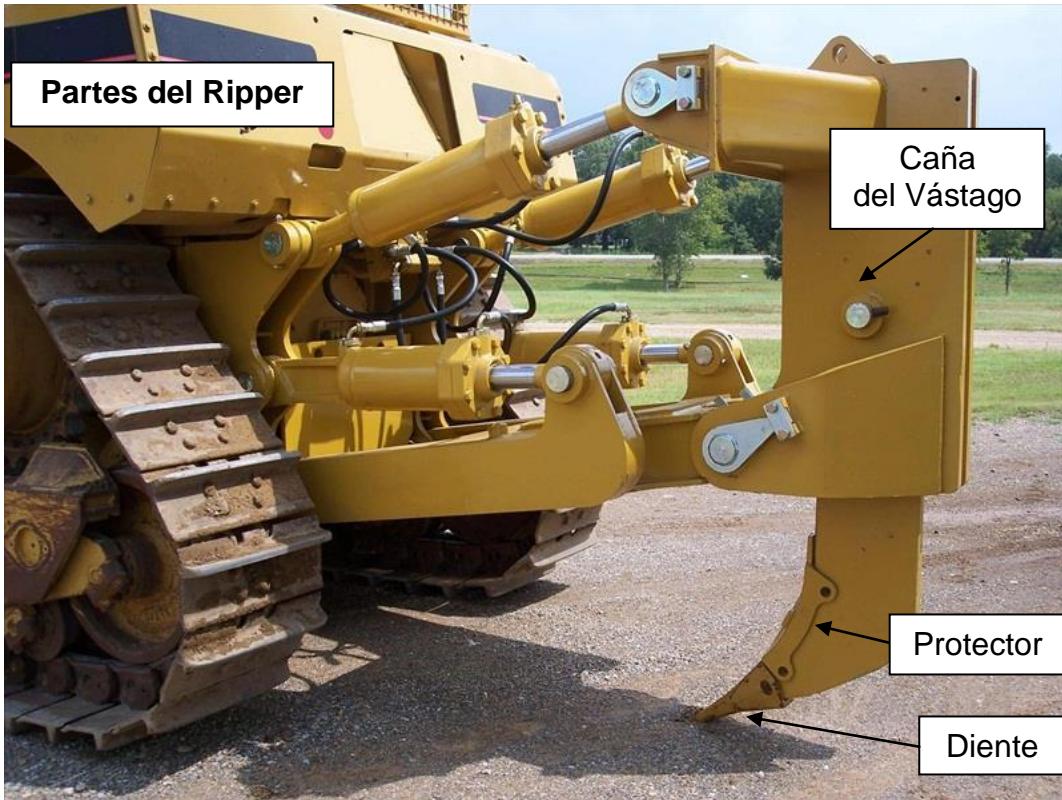
Para manejar las mezclas en la mina, de los tres o más frentes de producción, se diseñó una hoja de cálculo para su monitoreo. La bauxita extraída por los equipos de mina es controlada, sobre la base de cómo se está formando la pila, a nivel de los parámetros de calidad, través de un software de creación propia<sup>8</sup>, modificado de SCHOFIELD (1980) y adecuado a las variables de la mina. Es un proceso dinámico y de permanente control. Para ello, se ha normado el procedimiento “*inicio y cierre de pilas*”, donde cada pila se le asignan las toneladas con las que se va a formar (de acuerdo a la disponibilidad de espacio en los patios de almacenamiento) y su denominación es su código de identificación único, cuya función es la trazabilidad de la calidad, a lo largo del proceso productivo. Una vez cumplido con la cantidad de toneladas planificadas, se cierra la pila, de manera tal que el ponderado final cumpla con las especificaciones de calidad CVG BAUXILUM (2013). Con este método, que se encuentra normado por la empresa, se había logrado un cumplimiento de las metas de calidad superior al 95%.

---

<sup>8</sup>En 1992, se obtuvo de SCHOFIELD (1980), el programa principal y las subrutinas escritos en FORTRAN. Luego, se migró al lenguaje BASIC y se introdujeron las variables propias de la mina de Los Pijiguaos. Finalmente, se rediseñó en Microsoft Excel, para el año 1996 y actualmente, se sigue utilizando con las mejoras del programa.

## Operaciones mineras:

El método de explotación, que se utiliza en las operaciones de la mina de bauxita de Los Pijiguaos, es a “cielo abierto” u *open pit*, mediante técnicas convencionales de extracción o arranque directo, es decir, sin el empleo de explosivos, aunque para el quiebre de la costra dura superior se aplica el “*ripping*” o escarificación con tractor (Figura 19).



**Figura 19.** Escarificador<sup>9</sup> o “ripper” montado sobre un tractor y sus partes. Foto modificada para fines didácticos de: <http://www.mascus.com/construction/>

En las operaciones de extracción se aplica, principalmente, el método de explotación en tiras o de “*stripping mine*” (Figura 20), el cual se adapta a las condiciones propias del yacimiento que es del tipo meseta — *Plateau* — o tope plano y por ende, se encuentran en capas horizontales, generalmente continuas.

<sup>9</sup>Escarificador: Los avances de diseño, incluyendo las mejoras hidráulicas de hoy día, el aumento de la potencia de los equipos y una mejor tracción, la mejora continua del rendimiento y la eficiencia del rasgado del material, es la mejor opción para producir en los frentes de bauxita, sin la utilización de voladura. CATERPILLAR (2000). Para garantizar resultados, la experiencia de campo en Los Pijiguaos dictamina que el equipo debe ser de los modelos: CAT D10 o Komatsu 375A, por la relación peso-potencia.

Sin embargo, el depósito de bauxita de Los Pijiguaos es un yacimiento donde se presentan también, “cuerpos dendríticos”, algunos angostos, con pendientes laterales de hasta 45°.

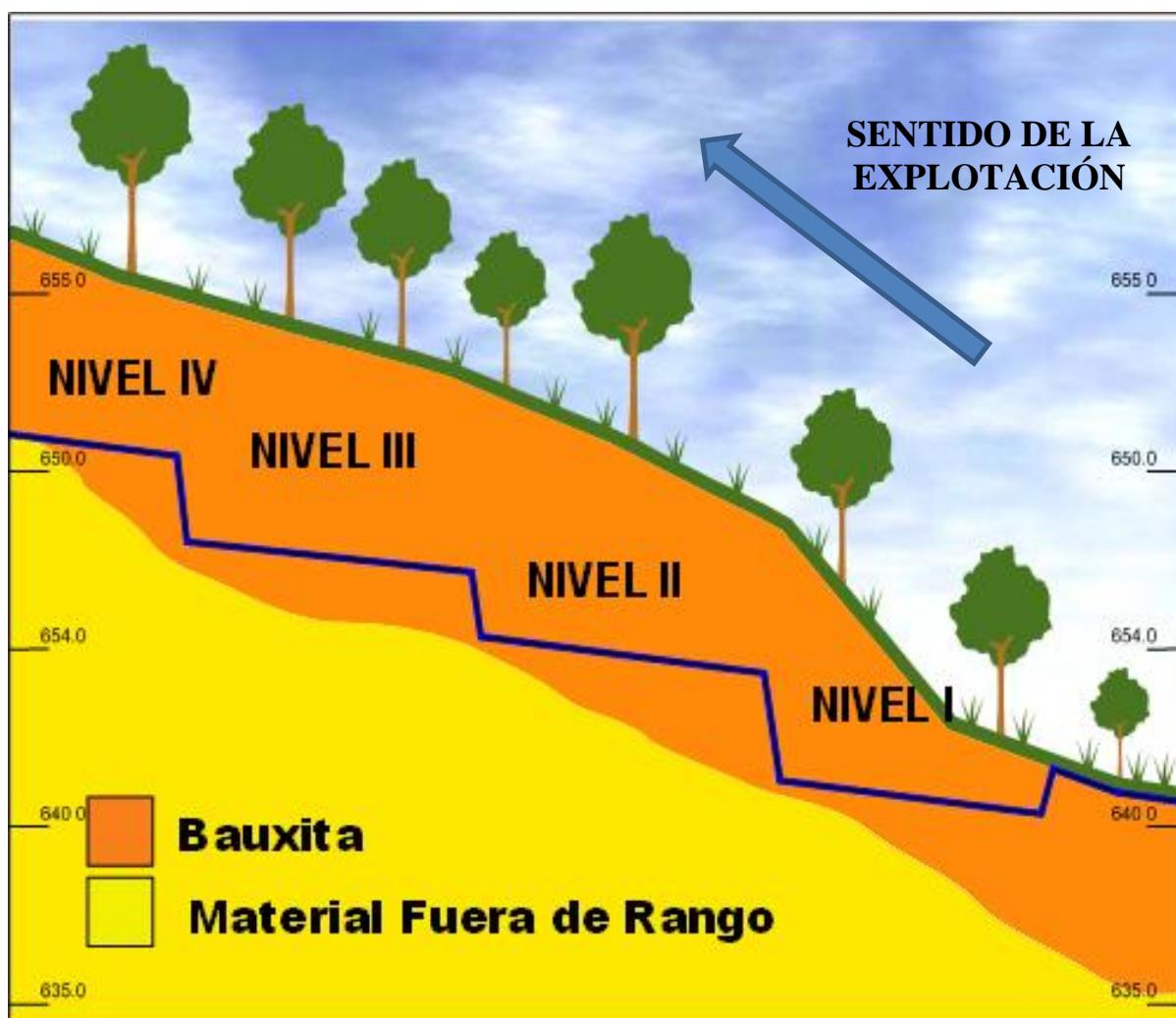


**Figura 20.** Operación recomendada: uso de pala hidráulica, para arranque del talud o toda la altura del frente de explotación, de una sola vez, como política de calidad y control de humedad, con el uso de camiones de 100 t, a fin de mantener productividad. GARCIA *et. al.* (1995). Foto: CVG BAUXILUM, año 1998.

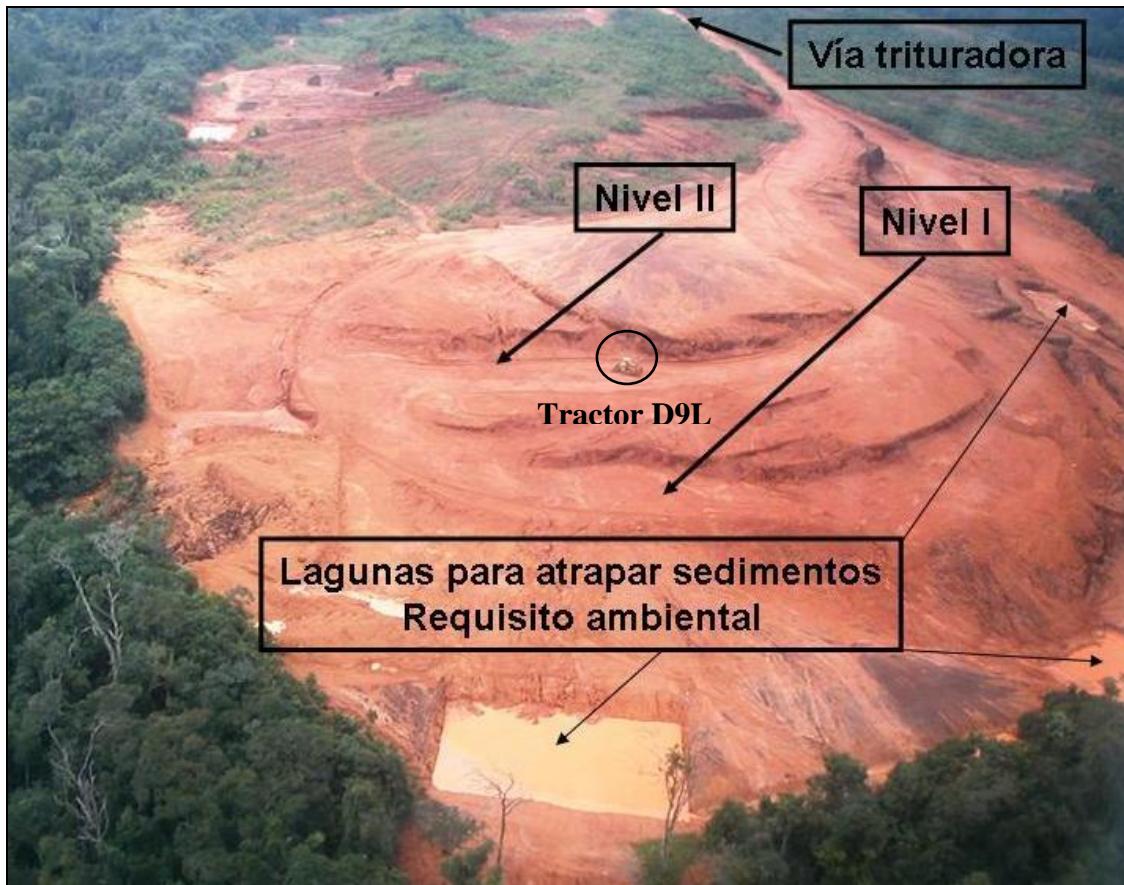
Por tanto, una gran cantidad de zonas explotables se encuentran en laderas, con diferencia de cota que llegan, incluso, a sobrepasar los cien metros de desnivel. En esas laderas se emplea el sistema “explotación por niveles<sup>10</sup>”, es decir en forma de terrazas (Figura 21), con el fin de mantener la productividad en los frentes, así como su calidad. La explotación en retroceso es una técnica de excavación empleada, donde la explotación del mineral se inicia desde el relieve más bajo de la ladera, manteniendo una secuencia de avance, hasta las partes planas del terreno, a fin de mantener un buen drenaje y enviar las aguas de lluvia hacia los niveles inferiores ya explotados.

<sup>10</sup>El método de explotación por niveles o por terrazas (*open cut* en inglés) “son áreas diseñadas para la ejecución de las actividades de excavación en las zonas de laderas, manteniendo una secuencia de avance de acuerdo a la topografía del terreno. La separación entre niveles estará dada por la altura de los taludes y cada uno tendrá una superficie casi horizontal, llamada piso operativo, lo suficientemente ancha para las actividades de excavación de los equipos de carga y acarreo”. Modificado de PLATA (2005).

En la Figura 22, se considera una buena muestra de este tipo de explotación minera, donde se observan dos niveles de explotación (I y II) en operación, con un tractor de orugas tipo CAT D9L en el nivel II, como referencia gráfica. Como requisito ambiental de estricto cumplimiento, se observan tres lagunas de captación de sedimentos, las cuales, en tiempos de lluvia, minimizan el aporte de estos sedimentos a la cuenca del río Pijiguaos y así, evitar la posterior contaminación del río Suapure, como parte de las buenas prácticas de minería aplicadas.



**Figura 21.** Método de explotación por terrazas — *open cut* — para zonas mineralizadas en laderas, en el yacimiento de bauxita de Los Pijiguaos. Se utiliza la explotación en retroceso a fin de mantener un buen drenaje. Modificado de PLATA (2005). Las cifras de las cotas, en el eje de las ordenadas o vertical, se indican en metros sobre el nivel del mar (m s.n.m.).



**Figura 22.** Frentes de explotación bajo el método por terrazas u *open cut*, en un bloque con laderas pronunciadas, en la mina de Los Pijiguaos, junto a tres lagunas de captación de sedimentos, como requisito ambiental. Foto autor: Noel Mariño, año 2002.

Las operaciones mineras engloban cuatro actividades principales, que se describen en forma resumida a continuación:

**1. Deforestación:** Es la primera etapa del proceso de explotación y consiste en la remoción de la capa vegetal o recubrimiento orgánico del yacimiento. Este manto posee un promedio de 0,5 metros (m) de espesor. La capa es removida con tractores, apilada y luego cargada en camiones roqueros, para depositarla en sitios habilitados como depósitos temporales, donde se le protege con plantas rastreras. Una vez concluidas las labores de explotación en una determinada área y en concurso con la secuencia determinada por planificación de mina, la capa vegetal es expandida de nuevo, como la base que soportará la actividad de rehabilitación y reforestación de la zona minada, a objeto de recuperar el bosque intervenido, como buena práctica minera.

**2. Arranque:** Una vez removida la capa vegetal, se procede a la extracción de la bauxita mediante arranque mecánico, sin voladura. Para ello, se cuenta con tractores que escarifican (Figura 19) el material bauxítico en los frentes de explotación y se crean rampas de acceso en los sitios donde se dificulta el paso de los otros equipos de corte o carga de material.

**3. Carga:** La carga del mineral se realiza bajo dos escenarios: con **palas hidráulicas** (Figura 20), con  $12\text{ m}^3$  de balde, que es el mejor sistema de explotación, porque se garantiza el aseguramiento de la calidad, proporcionan una alta productividad de carga y un mejor control de la humedad del material extraído. Para los frentes con alta variabilidad lateral de la calidad, se utilizan los **cargadores frontales**, de  $10\text{ m}^3$  de balde, en combinación con los tractores, los cuales una vez que escarifican el material, proceden a apilarlo a través de rampas con pendiente positiva, para luego ser cargado en los camiones de 100 toneladas (t), sin embargo, puede incrementarse la absorción de humedad del mineral en el período de fuertes lluvias (Figura 23).



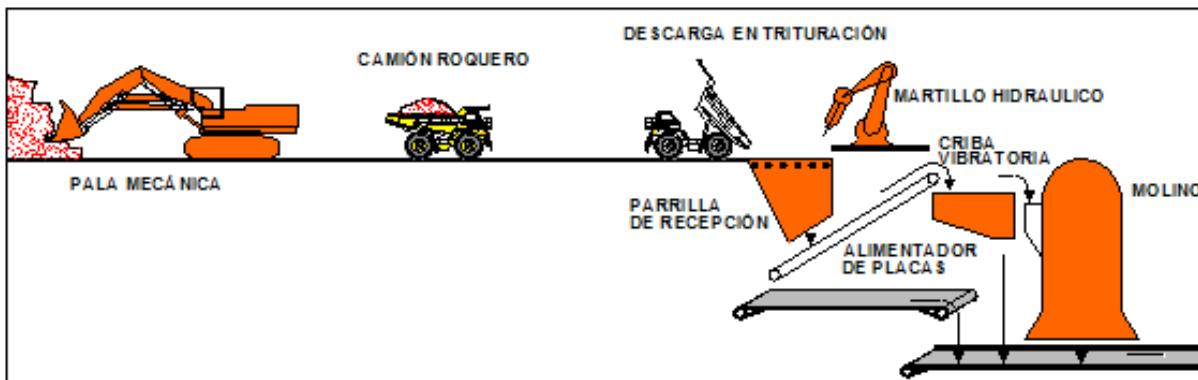
**Figura 23.** Carga de camión de 100 t con cargador frontal de  $10\text{ m}^3$  de balde. El material que ha sido empujado ladera abajo por tractores, como indican las flechas. Observe el incremento de humedad en el piso operativo o de trabajo, cuando se utiliza la combinación tractor - cargador. Foto autor: Noel Mariño, año 2003.

**4. Acarreo:** El acarreo del mineral se realiza a través de camiones roqueros de 100 t, los cuales transportan el mineral de los diferentes bloques de explotación hasta la estación de trituración, en un ciclo donde la distancia de acarreo se ubica, para la elaboración del presente trabajo (2015), entre los 6 y 7 km, desde los frentes más alejados<sup>11</sup>, a veces bajo condiciones atmosféricas difíciles (Figura 24). El proceso de carga, acarreo y descarga en la planta de trituración, para posterior reducción del tamaño de la fracción dura, a un diámetro promedio menor a 4 pulgadas, con la utilización de un solo triturador primario, se muestra simplificado en la figura 25.



**Figura 24.** Acarreo en camiones de 100 t, en condiciones de niebla y escasa visibilidad, durante el período de lluvias entre mayo y noviembre. Foto autor: Noel Mariño, año 2003.

<sup>11</sup>Existe un anteproyecto denominado “ubicación de un nuevo sistema de trituración en el actual centro de mina de CVG Bauxilum” MOLINA (2008), postergado varios años por ausencia de recursos financieros suficientes, cuyo objetivo es la reubicación de la planta de trituración en el nuevo centro de masa del yacimiento. El anteproyecto contempla la búsqueda de alternativas que contribuyan con la operación eficiente y rentable de los camiones, que son afectados actualmente por las largas distancias de acarreo. De esta forma, se logrará disminuir el recorrido de los camiones, a niveles de 2 a 3 km, desde los frentes de mina hasta el nuevo centro de masa, a modo de racionalizar el incremento continuo de los costos de operación y ampliar la vida útil de los equipos, además de sus cauchos. Así se garantiza el volumen de producción de bauxita por los próximos 20 años de operación, en términos de oportunidad y calidad.



**Figura 25.** Flujograma del proceso productivo simplificado del área de la mina de Los Pijiguaos, desde los frentes de extracción hasta la trituración. CVG BAUXILUM (2013).

## PROPUESTAS DE MEJORAMIENTO

### Métodos de explotación en frentes alternos de producción.

La actual situación operativa de la mina de bauxita de Los Pijiguaos amerita una “decisión ejecutiva” que involucre a inversores privados que aporten equipos, personal y recursos financieros que permitan elevar la diezmada producción, que no superó en el 2015 el 16 % de la capacidad instalada, que es de 6 millones de toneladas/año. Entre los años 2010 y 2015, como se explicó previamente, la producción acumulada de la mina no ha superado los 13,5 millones de toneladas, con un promedio anual de 2,25 millones de toneladas MARIÑO (2015b). El autor, desde el año 1999 hasta el 2006, fue el responsable directo de la producción, cuando pasó de 4,16 a 5,92 millones, siendo esta última, el record de producción hasta la fecha, con 98,7 % de utilización de la capacidad instalada. En la tabla 4, se indica la gestión productiva de la mina, entre los años 1987 al 2015 y los gráficos, en el **ANEXO 4**.

En este orden de ideas, las principales causas que afectaron la producción de la mina en el 2015, de acuerdo a RAMIREZ (2015) fueron: la baja disponibilidad de los equipos de carga y acarreo, por escasez crítica de repuestos, así como a los problemas laborales internos y al incremento de las tensiones sociales que se han presentado con las comunidades aledañas, que han impedido cumplir con las metas de producción establecidas e incluso, obligó a un cierre abrupto de las operaciones de carga de gabarras, en el muelle de El Jobal, en el mes de Octubre 2015. RANGEL (2015).

AÑO	TRITURACION (t)	CARGA GABARRAS (t)
1987	245.157	134.144
1988	521.504	253.348
1989	701.770	458.663
1990	771.422	1.003.109
1991	1.997.066	1.425.314
1992	1.116.925	1.398.074
1993	2.530.317	2.538.281
1994	4.772.877	5.079.130
1995	5.020.464	4.865.930
1996	4.834.052	4.875.791
1997	4.966.794	4.766.437
1998	4.825.647	4.769.494
1999	4.166.450	4.403.593
2000	4.360.720	4.107.040
2001	4.583.774	4.570.908
2002	5.252.202	5.279.366
2003	5.445.516	5.740.577
2004	5.814.675	5.650.579
2005	5.183.442	5.007.137
2006	5.927.839	5.764.053
2007	5.323.280	5.038.041
2008	4.192.015	4.809.048
2009	3.610.869	3.208.956
2010	3.126.242	2.787.554
2011	2.454.769	3.300.370
2012	2.285.950	1.797.955
2013	2.341.155	2.162.787
2014	2.346.160	2.063.633
2015	911.936	1.006.954
<b>ACUMULADO</b>	<b>99.630.989</b>	<b>98.266.266</b>

**Tabla 4.** Gestión anual de las operaciones de la mina de Los Pijiguaos, indicado en toneladas métricas (t), entre los años 1987-2015, así como el acumulado, luego de 28 años de operaciones<sup>12</sup>, en color gris.

<sup>12</sup>Para identificar las distintas etapas de la historia de la mina, se ha colocado en color amarillo, los resultados de la primera fase conocida como “*explotación temprana*” o inicios de las operaciones (1987-1992). El año 1993 fue establecido como el año de la transición hacia los equipos definitivos del proyecto minero e identificado en color marrón y en color verde, la producción focalizada hacia la consecución de la capacidad instalada de 6 millones de toneladas (1994-2006). Finalmente, en color rosa, el declive de la producción (2007-2015). MARIÑO (2015b). Los gráficos de estos datos se presentan en el ANEXO 4.

Es por ello, como parte de la necesaria rentabilidad y desarrollo del sector aluminio venezolano, en esta época de crisis económica, es que se exponen una serie de propuestas, donde pudiesen ser manejados varios escenarios de inversión para incrementar la producción, tales como:

- “*Joint Venture*” o asociaciones estratégicas con la empresa privada, para involucrarse directamente con las operaciones de CVG BAUXILUM, aportando dinero fresco, equipos y logística.
- Áreas de concesión por contrato o
- “Contratos de explotación compensada”, como el caso de la empresa china CREC N° 10, en la Zona 1, de la mina de San Isidro, en Ferrominera, Ciudad Piar, estado Bolívar, “*donde han explotado 8,55 millones de toneladas de minerales, obteniendo Ferrominera un valor aproximado de producción de US\$ 800 millones*”, hasta el primer trimestre del 2014. Además menciona la misma fuente, que las operaciones de CREC N° 10 “*ocupa más de un tercio de la producción total de Ferrominera, haciéndola una de las más importantes y garantes contratistas para el desarrollo y sostenibilidad de la empresa estatal*”. COMUNICACIONES CREC VENEZUELA (2014).

### **Propuestas para incrementar la producción y análisis de escenarios.**

A partir de este punto, se presentan una serie de propuestas, así como el análisis de los diversos escenarios para una operación minera paralela o complementaria, que permita incrementar la producción en el corto plazo e incorporar esa bauxita adicional al sistema del proceso de explotación de CVG Bauxilum Los Pijiguaos (Figura 18), a objeto de continuar la movilización del mineral hacia los patios de homogeneización en Pie de Cerro y de allí, continuar hasta la estación de carga de gabarras en El Jobal.

Sin embargo, previo a las propuestas, es necesario realizar una breve descripción de las cinco áreas principales del proceso productivo de CVG Bauxilum Los Pijiguaos (además, ver video<sup>13</sup> en **ANEXO 5**), para brindar una imagen global de la secuencia de las operaciones y orientar al lector en la ubicación de cada área, así como el tipo de operación que se realizan en ellas:

---

<sup>13</sup>Se presenta un video *amateur* realizado por DIAZ (2008), aunque con ligeras deficiencias de sonido, brinda una breve y rápida visión del proceso productivo de CVG Bauxilum Los Pijiguaos, ante la ausencia de videos institucionales.

**Mina:** Como ya se explicó, las operaciones mineras se inician con la explotación de la mina a cielo abierto, por medio de los métodos de explotación por tiras y por terrazas, a través de palas, cargadores, tractores y camiones de 100 t, que transportan la bauxita hasta la estación de trituración, como indica la figura 18. Luego de la planta de trituración, pasa al sistema de correa de bajada (Figura 26) o “*Down Hill Conveyor*” (**DHC**)<sup>14</sup>, que es el equipo “neurálgico” del sistema de producción. En **ANEXO 6**, se ofrece mayor información sobre una correa de cables.



**Figura 26.** Visión panorámica de la correa de bajada o DHC, que viene desde la trituradora, ubicada a una altura de 620 m s.n.m. y se mueve a una tasa de 1600 toneladas/hora (t/h). Descarga en el patio de homogeneización y apilamiento de Pie de Cerro, a 80 m s. n. m. Foto autor: Oscar Portes, año 2003.

<sup>14</sup>La DHC es una correa transportadora soportada por 2 cables de acero y no por rodillos, con una longitud total de 4,2 km y salva una altura de 536 m. Como se puede observar en **ANEXO 6**, esta es una tecnología tipo teleférico o cable que permite: superar desigualdades topográficas, es ideal para distancias largas, se adapta a curvas horizontales y verticales, minimiza la necesidad de tolvas de transferencia, es capaz de manejar 1600 t/h y hasta diciembre 2015, ha movilizado 94,3 millones de toneladas.

**Área de homogeneización y apilamiento de Pie de Cerro:** Este es el primer patio de almacenamiento, el cual está constituido por cuatro (4) patios de apilado<sup>15</sup>, con capacidad de 225.000 toneladas (t) c/u, dos (2) apiladores (*stakers*) de 1.600 t/h de capacidad, dos (2) recuperadores (*reclaimer*) de 3.600 t/h, así como un carro de transferencia o cargador de vagones. Se utiliza el método “*chevron*” para apilar la bauxita. Modificado de CVG BAUXILUM (2013).

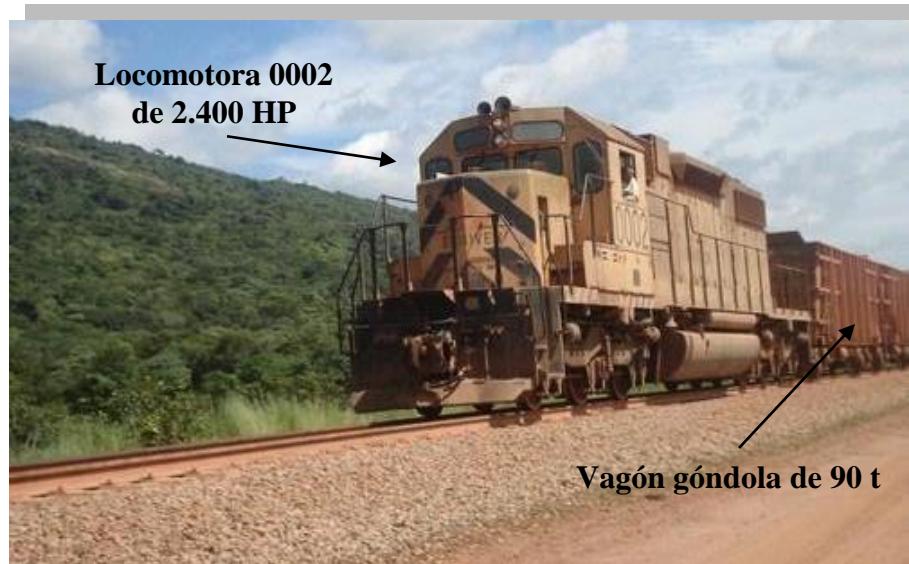
**Ferrocarril:** Desde Pie de Cerro, la bauxita es transferida por ferrocarril (Figura 27), el cual posee los siguientes equipos: tres (3) locomotoras de 2400 HP, más dos (2) de maniobras y 115 vagones góndolas de 90 toneladas de carga útil, así como 15 vagones de volteo lateral de 60 t. Se utiliza una vía férrea de 54 km para trasladar la bauxita hasta el puerto de El Jobal, también conocido por algunos como Puerto Gumilla, en honor al misionero jesuita que en el siglo XVIII exploró la zona. Modificado de CVG BAUXILUM (2013).

**Área de apilamiento de El Jobal:** Un tren de 50 vagones es automáticamente descargado con un promedio de 40 vagones/hora, empleando un volcador de vagones rotatorio (Figura 28). El área de almacenamiento está constituida por cuatro (4) patios de apilado, con una capacidad de 150.000 t c/u, 2 apiladores y 2 recuperadores; una cinta transportadora desde los patios hasta el cargador de gabarras de 3.600 t/h de capacidad y 1,5 km de longitud. En estos patios, la bauxita es almacenada tipo cono (*shell cone*), como pulmón para la alimentación de la carga de gabarras. Modificado de CVG BAUXILUM (2013).

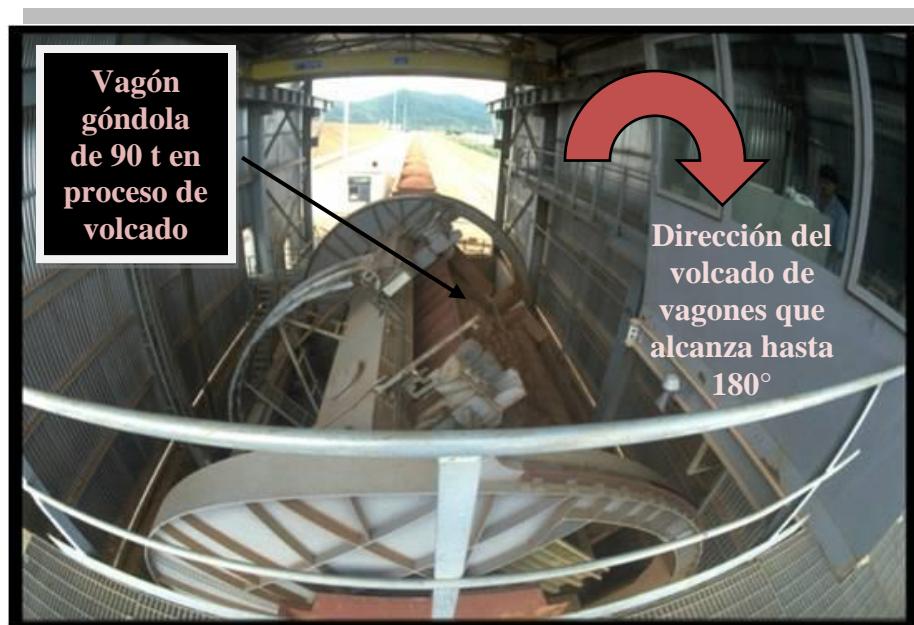
**Muelle de El Jobal:** Por último, se cargan las gabarras (Figura 29) para ser transportadas por barcos empujadores por el río Orinoco hasta Matanzas, en un recorrido de 650 km. Hay 149 gabarras en operación. El transporte fluvial es realizado por medio de convoyes o grupos de 12, 16, 20 y 25 gabarras de 1.500 - 2.000 t cada una. Modificado de CVG BAUXILUM (2013).

---

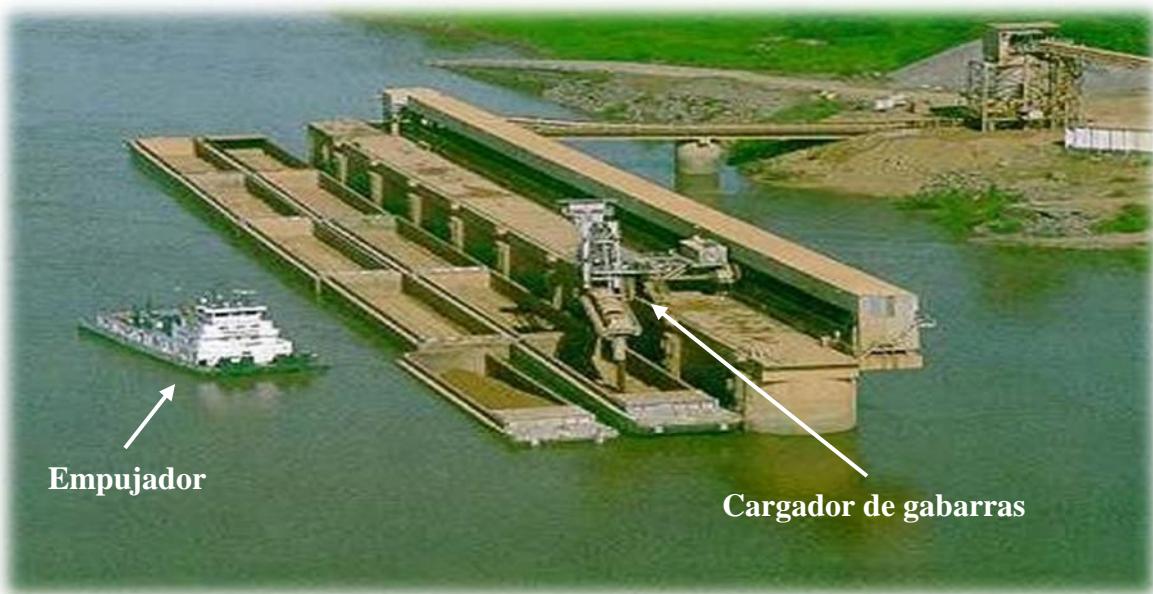
<sup>15</sup>En el proyecto se contempló: Pie de Cerro, 4 patios de 225.000 toneladas (t) cada uno y en El Jobal, otros 4 patios de 150.000 t, es decir, 900.000 t y 600.000 t, respectivamente, para un total de 1.500.000 t. En la primera campaña con los equipos definitivos, en 1993, las pilas de bauxita realizadas a la altura de diseño se desparramaron por debajo de las correas de los patios, producto de las fuertes lluvias de inicio de la temporada de invierno, que afectó gravemente el desempeño de las operaciones. Para los años siguientes, se modificó la altura de las pilas y se acondicionó operativamente la nueva capacidad de los patios a: Pie de Cerro 800.000 t y El Jobal 400.000 t, para un total de 1.200.000 t de almacenamiento.



**Figura 27.** Locomotora de 2400 HP transportando un tren de 28 vagones, con 90 toneladas de carga útil cada uno, es decir, cada tren transporta 2520 toneladas de bauxita promedio. La planificación de la producción estimaba de 5 a 6 trenes, en turnos de 8 horas. Foto autor: CVG Bauxilum.



**Figura 28.** Volcador de vagones rotatorio en operación, sin desenganchar los vagones, en la zona de apilamiento de El Jobal, para una capacidad máxima de diseño de 3600 toneladas/hora (t/h). Foto autor: CVG Bauxilum.



**Figura 29.** Muelle de El Jobal, con una longitud de 240 m sobre el río Orinoco y el cargador de gabarra móvil en operación, en una fila doble de gabarras, con una capacidad de 3600 t/h. Foto autor: CVG BAUXILUM.

Siguiendo con la sección de propuestas, la primera prioridad del equipo gerencial de la mina es entender que el proceso productivo es integral. Una falla de alguna de sus áreas (Figura 18), detiene el sistema de producción. Se pudiese dar el caso de una alta disponibilidad de los equipos móviles de mina, pero sin el sistema de la correa de bajada, no hay producción, o por lo menos, de forma rentable. Por tanto, como su primera prioridad, se deben tomar las acciones pertinentes para aumentar la disponibilidad de la flota móvil (palas, cargadores, tractores y camiones), así como retomar los planes de mantenimiento y recuperar los niveles de inventarios de repuestos de los equipos del sistema de manejo de mineral, es decir: trituradora y equipos asociados, DHC, apiladores, recuperadores, sistema ferroviario y carga de gabarra.

Ahora bien, una vez evaluados todos los escenarios y sobre la base de la experiencia de campo del autor, se propone una “operación paralela”, ya sea por contratos de explotación compensada o bajo otro esquema de producción que involucre a la empresa privada, con suficiente autonomía para adquirir repuestos y servicios para los equipos móviles, para que de esta forma, aporte el mineral necesario dispuesto en el plan anual del Sector Aluminio y cumplir con la gestión de la mina de bauxita. Sin embargo, como el sistema de manejo de mineral es *cerrado*, es decir, no hay

forma de incorporar bauxita salvo por la tolva de trituración, se han analizado dos formas posibles, en el sistema de producción actual de la mina de Los Pijiguaos, para movilizar y transportar la bauxita, desde el tope de la mina hacia los patios de almacenamiento y homogeneización de Pie de cerro. Se describen a continuación, en orden de importancia:

- ✓ **La más viable:** Se incorpora el material extraído de los frentes de mina escogidos — por su relación de calidad — y entregados por “contrato” al sistema de manejo de mineral que opera CVG Bauxilum, a través de planta de trituración<sup>16</sup> (Figura 30), que luego es transferido a la Correa de Bajada (**DHC**), para ser posteriormente apilada y homogeneizada en los patios de Pie de Cerro (Figura 26). Una vez allí, sigue el ciclo del sistema de producción, a través de la línea férrea hasta el siguiente patio de apilamiento, en el muelle de El Jobal, a 54 km del primer patio, para posteriormente, pasar a la carga de gabarras y de allí, a Matanzas.



**Figura 30.** Zona de descarga de los camiones de 100 toneladas, en la planta de trituración, en la mina. A la derecha, se observa un camión ballena, de 45 mil galones de agua de capacidad, para el control de polvo, por medidas de seguridad<sup>17</sup>. Foto autor: Noel Mariño, año 2004.

---

<sup>16</sup>Véase flujograma de la figura 25.

<sup>17</sup>Una situación que amerita toda mina, en tiempos de sequía, es el necesario el control del polvo porque puede causar graves trastornos en las vías respiratorias, accidentes por falta de visibilidad, mal funcionamiento de equipos, etc. Hasta el 2006, se utilizó un aditivo biodegradable que consiste en una mezcla de surfactantes especiales que aumentan la capacidad del agua para humedecer y minimizar el polvo en los caminos.

- ✓ **Segunda opción:** Utilizar una o varias trituradoras portátiles (Figura 31), como una “operación paralela”, para luego bajar el mineral triturado por medio de camiones (por seguridad<sup>18</sup>, es recomendable camiones volteo de 20 m<sup>3</sup>) hasta un patio “provisional” ubicado en la zona denominada coloquialmente como “La Báscula” (Figura 32). En este punto, a través de un desvío de la vía férrea y un muelle de carga ferroviario, se puede incorporar el mineral al sistema de manejo de mineral por medio de un cargador frontal, a fin de cargar los vagones del ferrocarril. Este escenario ya se probó con éxito, durante la emergencia del 2005, cuando ocurrió el siniestro<sup>19</sup> de la DHC, que fue un descarrilamiento mayor, sin embargo para aquel año, los costos de las operaciones se incrementaron en un 40%, aproximadamente, pero siempre fue mucho menor que importar bauxita para la Planta de Alúmina en Puerto Ordaz.

---

<sup>18</sup>El camión de 20 m<sup>3</sup>, por experiencia de campo en la emergencia del 2005, fue el equipo que mejor se adaptó a la vía de acceso a la mina de Los Pijiguaos, donde demostró su desempeño, productividad y seguridad, a través de una vía de difícil travesía, con una longitud de 22 km, mitad asfaltada y la otra parte en granzón, con pendientes de hasta 8% en algunos intervalos.

<sup>19</sup>El 14 de junio de 2005, el sistema DHC sufrió un grave descarrilamiento que afectó a casi toda la longitud del sistema de correa e inutilizó los dos motores de accionamiento, junto a otros daños de menor cuantía. Las operaciones por el sistema DHC se detuvieron de inmediato. Se evaluó la situación y se determinó que la mina tenía 131 días de inventario de bauxita, es decir, en solo 18 semanas se debía poner operativo el sistema. Las acciones tomadas en la mina fueron: adquisición de dos motores equivalentes en el exterior, adquirir una trituradora portátil para continuar con las operaciones mineras, contratar 20 camiones para bajar la bauxita triturada con la portátil desde la mina hasta el patio de La Báscula, reponer el sistema con la nueva base de soporte de los motores y probar. La falla se solventó en el lapso previsto, se cumplió con el suministro de bauxita a la planta de alúmina y no se importó bauxita. Ese año, la producción de la mina fue de 5.183.442 toneladas de un plan de 5,4 millones de t (Tabla 4).



**Figura 31.** Operación con el triturador portátil<sup>20</sup> y cargador frontal de 6,3 m<sup>3</sup>. Este escenario ya fue probado en campo con éxito, en la emergencia operativa del año 2005, cuando ocurrió el descarrilamiento de la DHC. Foto autor. Noel Mariño, año 2005.

---

<sup>20</sup>Este conjunto portátil, con un motor eléctrico de 300 HP, se utilizó como triturador primario, con barras paralelas (*grizzly*) para desviar rocas gruesas y contaba con un alimentador vibratorio. Este equipo permitió procesar 412.698 toneladas en 10 meses y cubrió la inversión en tan solo dos meses de trabajo. La bauxita triturada era cargada luego en los camiones contratados y trasladada al patio provisional de La Báscula, donde finalmente era transportada en los vagones de ferrocarril hasta los patios de El Jobal. Una vez superada la emergencia del 2005, quedaron apiladas 148.000 toneladas, como soporte a futuros imprevistos. Como información histórica, este material se utilizó en el 2009, por necesidades operativas.

Este procedimiento (triturador portátil - cargador frontal - camión) rompió el paradigma de operación de la mina y abrió las puertas para otros escenarios de producción.



**Figura 32.** Diversas pilas de bauxita, en el patio de emergencia en “La Báscula”, frente a la vía férrea que comunica el patio de Pie de Cerro con el muelle de El Jobal. La carga de los vagones del tren se realizó en su momento, con un cargador frontal de 6,3 m<sup>3</sup> de capacidad de balde, a través de rampas o muelles de carga ferroviaria. Autor foto: Félix Mariño, año 2006.

#### **Interpretación:**

De los dos escenarios analizados definitivamente, de acuerdo a la opinión del autor, el primero es más rentable y productivo para incrementar la producción, por tanto es el recomendado para la “propuesta” de los futuros inversionistas. Sin embargo, para completar el análisis, hacen falta una serie de consideraciones operativas en los cálculos de productividad, que deberán ser tomados al momento de tomar alguna decisión de invertir:

1. La distancia de acarreo se estima en 6 a 7 km, una sola vía (“one way”)

2. La duración del ciclo pudiese estar entre 40 a 45 minutos, pero dependerá de las condiciones atmosféricas y las condiciones mecánicas del camión, aunado a la experticia del chofer.
3. La duración del turno: 8 o 12 horas.
4. Días de trabajo por semana: 5 días o 7 días.
5. Factores de seguridad: charla de 5 minutos, revisión equipos de seguridad personal, etc.
6. Fijos: lapsos para alimentación y cambio de turno.
7. Factor para imprevistos.

#### **Escenarios propuestos para una producción compensada:**

Sobre la base de un cálculo inicial realizados por el autor, con el propósito de estimar una posible inversión, los escenarios para una producción equivalente entre 1 a 1,4 millones t/año de bauxita adicional serían los siguientes:

1. **Escenario No. 1:** Para turnos de 8 horas, 5 días a la semana: 4 camiones de 100 toneladas operativos, más 2 disponibles (“*stand by*”), 2 palas frontales que se complementen (que hagan “*match*”) con los camiones o en su defecto, 1 pala frontal y 1 cargador frontal equivalente. 1 motoniveladora (*patrol*), 1 camión cisterna, 1 camión de lubricación, 1 camión de combustible y 2 tractores tipo CAT D10 o Komatsu 375A. **Producción estimada: 1.112.000 toneladas**, en 10 meses.
2. **Escenario No. 2:** Para turnos de 12 horas, 5 días a la semana: 3 camiones de 100 toneladas operativos, más 2 disponibles (“*stand by*”), 2 palas frontales que hagan juego (“*match*”) con los camiones o en su defecto, 1 pala frontal y 1 cargador frontal equivalente. 1 motoniveladora (*patrol*), 1 camión cisterna, 1 camión de lubricación, 1 camión de combustible y 2 tractores tipo CAT D10 o Komatsu 375A. **Producción estimada: 1.320.000 toneladas**, en 10 meses.

## **GESTIÓN AMBIENTAL: UN LOGRO VERDE, CON RESPONSABILIDAD SOCIAL**

### **Proyecto de rehabilitación de las zonas explotadas:**

En el yacimiento de Los Pijiguaos, los planes de revegetación se iniciaron a finales del año 1989, empleando ensayos de repoblación vegetal sobre el piso definitivo del área explotada, a fin de minimizar los efectos de la minería de bauxita, al dejar descubierto las capas de arcilla, fácilmente erosionables. LISENA y MARIÑO (1991).

Por ello, en concordancia con las buenas prácticas de minería, se llevaron a cabo una serie de ensayos de diferentes asociaciones vegetales, a lo largo de dos décadas de trabajo, donde se seleccionaron plantas rastreras, gramíneas y otras especies invasoras, provenientes de la misma selva circundante y que se vieron prosperar en este tipo de terreno, LISENA (2003), que han permitido garantizar el éxito de los planes de rehabilitación.

Sin embargo, del estudio de impacto ambiental, se determinó que la contaminación de los cursos de agua constituye el elemento más generalizado y de mayor importancia dentro del proyecto minero de Los Pijiguaos. En este orden de ideas, se desarrolló un *Plan Maestro*, constituido por tres programas fundamentales, modulares, pero relacionados entre sí, con el objetivo de minimizar el impacto ambiental, producto de la extracción de bauxita. LISENA (*op. cit.*):

#### **1. Programa de monitoreo para la recuperación ambiental de las áreas intervenidas:**

Recuperación, apilamiento y protección de la capa vegetal con gramíneas y flora rastrera de la propia selva, que luego de la explotación, será esparcida como asiento de los planes de reforestación en las zonas intervenidas, utilizando especies autóctonas de la selva.

#### **2. Programa de construcción de canales perimetrales, lagunas de sedimentación y control de escorrentía:** Diseño y construcción de lagunas de sedimentación<sup>21</sup>, a fin de impedir, al máximo, el aporte de sedimentos hacia las cuencas de los ríos Pijiguaos y Suapure. Así mismo, la construcción de canales perimetrales, alrededor de las áreas en

---

<sup>21</sup>Véase figura 22.

explotación, para captar las aguas de escorrentías y derivarlas hacia las lagunas de sedimentación, así como la construcción de estructuras de control de velocidad de las aguas, de mínima intervención, para minimizar el efecto de las cárcavas y de esa forma, evitar que continúe la erosión y retener el material de arrastre. Es importante resaltar que los sedimentos, como contaminantes físicos, producen en las aguas receptoras los siguientes efectos principales (FAO, 1997):

- a. Los altos niveles de turbidez limitan la penetración de la luz solar en la columna de agua, lo que limita o impide el crecimiento de las algas y de las plantas acuáticas enraizadas. Por ejemplo, en los ríos que son zonas de desove, los lechos de grava están cubiertos por sedimentos finos que impiden o dificultan el desove de los peces.
- b. Los altos niveles de sedimentación en los ríos dan lugar a la perturbación física de las características hidráulicas del cauce. Por ello, debido a la reducción de la capacidad del flujo de agua en la cuenca de drenaje, se pueden crear condiciones que favorezcan las inundaciones en las zonas bajas.

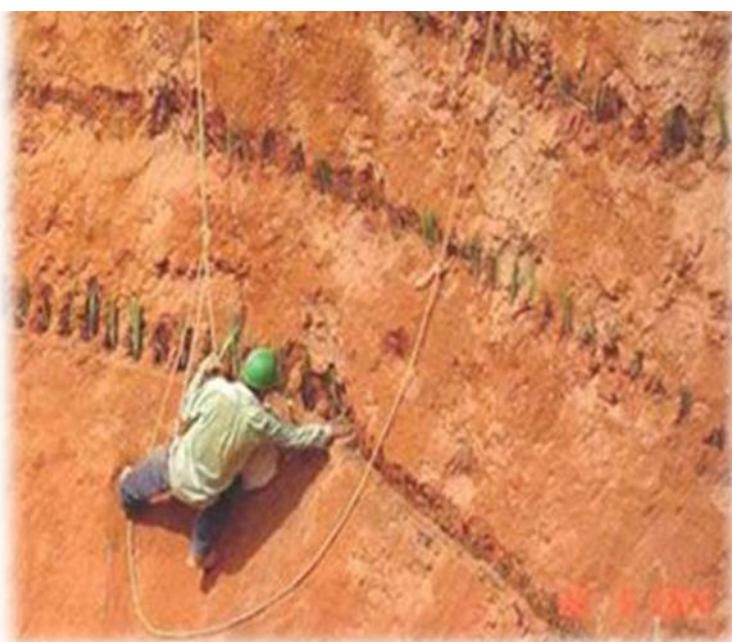
**3. Programa de protección de taludes y corrección de torrentes:** Para afianzar este programa, se ha utilizado el vetiver (*Chrysopogon zizanioides*), que “*es una gramínea perenne que posee un sistema radicular masivo, profundo (2 a 3 m de crecimiento en un año), fuerte, que permite un buen amarre al suelo. Se adapta a suelos con presencia de metales como aluminio, así como en suelos ácidos, sódicos, salinos y alcalinos, con pH de 3 a 12,5*”, LUQUE *et al.* (2004).

En este ambicioso plan, en la mina de Los Pijiguao, se sembraron 42.700 m de barreras de vetiver entre los años 2003 al 2007, LUQUE R (com. per., 10/01/2016), que incluyen protección de taludes (Figura 33) e incluso, siembra en taludes críticos de fuerte pendiente (Figura 34), con suficiente seguridad para prevenir accidentes, protección de lagunas (Figura 35), filtros de sedimentos (Figura 36), recuperación de cárcavas y corrección de una falla de borde en la vialidad que conduce a la mina (Figura 37).

Este exhaustivo trabajo se llevó a cabo en los meses de la estación lluviosa (invierno), es decir, entre los meses de Junio y Diciembre. LUQUE *et al.* (2004). Los resultados del plan de rehabilitación y protección ambiental, en la mina a cielo abierto de Los Pijiguaos, fue lograr un ambiente muy amigable con el medio, para la recuperación de la fauna y flora local después de la afectación minera.



**Figura 33.** Protección de taludes, en vías de tránsito de fuerte pendiente, con problemas de caída de bloques de piedra. Antes (izq.) y después (der.) de la estabilización del talud con vetiver. Autor fotos: Rafael Luque, años 2003-2004.



**Figura 34.** Protección con vetiver, en taludes críticos de fuerte pendiente. Esta práctica minimizó el aporte de sedimentos a la cuenca y controló el efecto de las cárcavas en la mina. Autor foto: Rafael Luque, año 2003.



**Figura 35.** Protección de diques con vetiver en lagunas de sedimentación. Estas lagunas contienen los sedimentos lateríticos, como contaminantes físicos, resultantes de las operaciones mineras. Autor fotos: Rafael Luque, años 2004-2005.



**Figura 36.** Filtro de racimos de vetiver para atrapar los sedimentos lateríticos en las cunetas y evitar su incorporación a los cauces de la cuenca. Autor fotos: Rafael Luque, año 2004.



**Figura 37.** Cárcava “Chorro de Agua”, en la vialidad que conduce a la mina de bauxita de Los Pijiguaos: Antes (2003) y después (2005) de la siembra de vetiver, que trajo como resultado, la recuperación de una zona altamente afectada por la erosión. Autor fotos: Rafael Luque, año 2005.

### Buenas prácticas mineras

Es fácil ahora entender que toda actividad minera degrada el ambiente y, a su vez, los impactos sobre el medio ambiente varían de acuerdo al tipo de mineral que se va a extraer y los métodos utilizados para obtener la rentabilidad deseada, MARIÑO (2015a). Por tanto, es responsabilidad de los factores técnicos, políticos y ambientales, trabajar en equipo y fundamentar teóricamente el desarrollo sustentable, para convertirlo en “*buenas prácticas mineras*” y de las normas que se derivan de ellas, siempre enmarcadas hacia la búsqueda de la sustentabilidad de la actividad, sobre todo en la Guayana de hoy día. Adaptado de GUZMÁN y CARVAJAL (2015).

Fue gracias a la aplicación de una terna de “*buenas prácticas mineras*” y de acciones mitigantes, para frenar la degradación del medio ambiente que CVG Bauxilum, en la gestión (1999 – 2006), se hizo merecedora de cuatro premios internacionales, a nivel ambiental, a través de la OLAMI (*Organismo Latinoamericano de Minería*), en los años 2000, 2002, 2004 y 2006. Sin embargo, la crisis económica también ha afectado al desarrollo e inversión en las empresas básicas y en Los Pijiguaos no ha sido la excepción, ocasionando el rezago de la gestión ambiental.

Como un elemento de responsabilidad social de la gerencia de la mina y en apoyo a las comunidades indígenas, en las áreas adyacentes, se inició un programa de siembra de vetiver en

las mismas, para la producción de fibra (Figura 38) y la confección de artesanía de cestería (Figura 39), a objeto de mejorar el ingreso comunitario y bajar la presión sobre la palma moriche (*Mauritia minor*), una especie sobreexplotada que conforma un nicho ecológico conocido como “morichal”, fuente de aguas y conservación de la biodiversidad local. Los participantes escogidos, de las catorce comunidades indígenas de la *zona de influencia de la mina*, se adiestraron sobre cómo elaborar el tejido de cestas, carteras y bolsos utilizando la fibra de vetiver y participaron en el tejido de sillas y muebles.

A pesar del éxito y aceptación de este proyecto en las comunidades indígenas, así como una excelente muestra representativa de lo mejor de la artesanía en vetiver, que se realizó en el Ecomuseo del Caroní en Puerto Ordaz en el 2005 (Figura 39) y el bienestar económico que trajo para esas comunidades, lamentablemente, la ejecución del “Proyecto Vetiver”, en toda su dimensión, se encuentra paralizado desde el 2007.



**Figura 38.** Cestería y bolsos finos, hechos con fibra de vetiver, en la comunidad Las Piñas, etnia curripaco. Autor foto: Rafael Luque, año 2005.



**Figura 39:** Preparación de las muestras de artesanía con vetiver, con la participación de las diferentes comunidades indígenas de la zona de influencia de la mina, para la exposición que se realizó en el Ecomuseo del Caroní en Puerto Ordaz, en el 2005. Autor fotos: Oswaldo Luque, año 2005.

## **Epílogo de la gestión ecológica**

Dentro del corolario del “logro verde” y como parte de las investigaciones de la flora auspiciadas por CVG Bauxilum, se tomaron decisiones ecológicas muy importantes, complementarias a su actividad primaria que es la minería. El objetivo principal “cumplido” fue recuperar las áreas intervenidas y dejar un legado científico, con descripción de las especies vegetales que habitan en la selva virgen. Fue durante esas pesquisas, cuando se hallaron algunas plantas que no habían sido reportadas en Venezuela, como la orquídea terrestre *Habenaria avícula*, conocida solo en Brasil, pero en particular cuatro especies nuevas para la ciencia, como la bromelia *Aechmea bauxilumi* y el anón *Annona bauxilumi*, sin olvidar las más recientes, la orquídea terrestre *Habenaria lisenerum* y *Haplolophium bauxilumii*, una nueva especie de la familia de las Bignoniáceas. (RUIZ, 2009). Para la fecha del reportaje, existen dos especies más que se encuentran en estudio.

Incluso, a partir de 1992 y hasta bien entrada la mitad de la década pasada, el colegio Unidad Educativa Autónoma Bauxiven, del campamento CVG Bauxilum, contaba con el museo de ciencias naturales Pehr Löfling<sup>22</sup>, en honor al naturalista sueco que murió “por fiebres perniciosas” en las misiones de Guayana en el siglo XVIII y que era dirigido por el Lic. Luis Andreani<sup>23</sup> con sus alumnos de bachillerato. La característica esencial de las colecciones de ese museo es que no cazaban a los animales, para luego disecarlos, al contrario, los recolectaban en las carreteras o cualquier otro lugar donde fallecieran. “*El profesor Andreani explica que resulta muy difícil cuantificar cuántas muestras tienen actualmente en el museo, pues diariamente llega material para ser conservado y clasificado. Sin embargo, el catálogo de serpientes, que es uno de los mejor organizados, cuenta ya con 150 ejemplares, también tiene gran número de aves y entre los mamíferos cuentan con varios zorros, tres tigritos y tres osos hormigueros. Los insectos también constituyen una colección amplia junto a la de peces*”, (MUÑOZ, 1997). La falta de auxilio económico selló su existencia.

---

<sup>22</sup>Pehr Löfling (Valbo Gastrikeland, Suecia, 31 de enero de 1729 - San Antonio del Caroní - Bolívar, Venezuela, 22 de febrero de 1756). Fue un naturalista y botánico sueco. Aunque su trabajo es poco conocido, fue uno de los diecisiete apóstoles de Linneo. PEHR LÖFLING (s.f.).

<sup>23</sup>Por su labor en el museo Pehr Löfling y el trabajo con sus alumnos, se hizo acreedor del primer lugar del premio *Estímulo al Conocimiento*, edición 1997, que otorga la organización Venezuela Competitiva. (MUÑOZ, *op. cit.*).

## SÍNTESIS DE CONCEPTOS

Estos fueron los principales conceptos geológicos - mineros tratados en el presente ensayo:

La zona de bauxita explotable, del yacimiento de Los Pijiguaos, se subdivide de tope a base: costra, zona pisolítica o pseudospisolítica, duricostra intercalada delgada, bauxita terrosa y caolín, con un espesor promedio de 7,6 metros y una densidad de 1,625 t/m<sup>3</sup>.

Las rocas con gran potencial en bauxita, se concentran de manera especial en el municipio Cedeño del estado Bolívar y este autor sugiere denominar esta área como “*Cuadrilátero de Reservas de Bauxita del municipio Cedeño*” o **CRBMC**, con un potencial de 1,480 Gt en recursos inferidos de bauxita. La sumatoria de todas las áreas estudiadas al oeste del estado Bolívar, ubica a Venezuela en la tercera posición del ranking mundial de países con mayores recursos inferidos de bauxita, con 2,6 Gt y porcentajes de alúmina de hasta 52%.

Las principales especificaciones químicas, por parámetros, que debe tener la bauxita que se explote en la mina de Los Pijiguaos, para su posterior envío a la Planta de Alúmina en Matanzas, son las siguientes: Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (T), mayor o igual a 48,5 %, SiO<sub>2</sub> (R), Mínimo 1,25 % - Máximo 1,50 %, SiO<sub>2</sub> (Cz), Máximo 8,9 % y Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Máximo 13,8 %.

El sistema de explotación aplicado en la mina de bauxita de Los Pijiguaos, es a cielo abierto, mediante técnicas convencionales de extracción o arranque directo, es decir, sin el empleo de explosivos, aunque para el quiebre de la costra dura se aplica la escarificación con tractor. En las operaciones se utiliza el método de explotación en tiras, el cual se adapta a las condiciones propias del yacimiento que es del tipo meseta. En las laderas se emplea el método de explotación por terrazas.

En las operaciones mineras, la carga del mineral se realiza bajo dos escenarios: **palas hidráulicas**, con 12 m<sup>3</sup> de balde, que es el mejor sistema porque garantiza el aseguramiento de la calidad, proporciona una alta productividad y un mejor control de la humedad del material. Para los frentes con alta variabilidad de la calidad, se utilizan los **cargadores frontales**, de 10 m<sup>3</sup> de balde, en combinación con los tractores.

## PROPUESTAS

1. La mina de bauxita de Los Pijiguaos, para el cierre del 2014, tan solo le quedaban 70 Mt de recursos medidos y desde mayo del 2010 se paralizaron las actividades de perforación, por tanto, es recomendable iniciar cuando antes, un programa de prospección geológica que garantice suficientes recursos para el desarrollo del sector aluminio de Venezuela.
2. El esquema más viable para incrementar la producción de bauxita es una operación paralela a la existente, por ser la más rentable y productiva. Para ello, sería necesario incorporar el material extraído al sistema actual, a través de la planta de trituración, que luego es bajado al patio de Pie de Cerro por la DHC. Una vez allí, la bauxita sigue el ciclo del sistema de producción.
3. Se propone el “**Escenario No. 2**”, como el más productivo, para incrementar la producción en 1.320.000 toneladas, con 10 meses de trabajo, con turnos de 12 horas, cinco días a la semana.
4. Con el fin de mantener las buenas prácticas mineras, es recomendable continuar con el plan maestro de gestión ambiental, paralizado por la crisis económica y el mal manejo técnico – económico de las industrias básicas de Guayana.
5. Como responsabilidad social, retomar el proyecto de siembra de vetiver en las comunidades indígenas, con el objetivo de generar ingresos para estas zonas tan deprimidas e insertadas en el cordón de miseria de los asentamientos “criollos”, situados en los alrededores del campamento de CVG Bauxilum, en Los Pijiguaos. La utilización de la fibra en la elaboración de artesanía creativa y utilitaria, protegería y afirmaría su identidad e idiosincrasia cultural, con ingresos dinerarios adicionales.
6. Dar a conocer los logros de la explotación minera de Los Pijiguaos, entre 1986 a 2006, como un buen ejemplo de las “buenas prácticas de minería”, que consisten principalmente en implantar y mantener una operación minera eficiente, responsable, rentable y sustentable, respetuosa del medioambiente y la biodiversidad, así como mantener los principios del “buen vecino” con las comunidades indígenas de las adyacencias de la mina.

## AGRADECIMIENTO

Mis más sinceras palabras de agradecimiento al Ing. geólogo José Antonio Rodríguez Arteaga, por la revisión completa del manuscrito y al Ing. geólogo *MSc.* Sebastián Grande, por su apoyo en la revisión de la sección geológica.

Al Ing. geólogo Ramón Kingland, que gracias a su buena memoria, siempre tenía una respuesta a las dudas puntuales sobre las operaciones de la mina.

Al Lic. Ruthman Hurtado por su aporte en la geoquímica de la bauxita.

Al Ing. José G. Villamil, por su amena disertación sobre el apilado en cono.

A los ingenieros de minas Aurora Piña y Freddy Moya por la interesante discusión sobre los métodos de explotación a cielo abierto.

Al Ing. Félix Mariño por su apoyo en los gráficos de la gestión histórica del anexo 4 y la figura 32 de La Báscula.

Al Téc. Rafael Luque y al Ing. Wilfredo Aguilar, grandes entusiastas del vetiver, por su aporte a la revisión de la sección ambiental y por sus fotografías del tema. Al Ing. Luis Ruiz, por la información sobre la flora de Los Pijiguaos.

A la Soc. Ana Marlene Mena, por su contribución a la redacción.

Así mismo, a todos los que aportaron sus comentarios y observaciones al ensayo, que animó a la musa de este servidor y permitió el desarrollo del presente trabajo, que espero sirva de referencia para las próximas generaciones de geólogos mineros venezolanos.

## REFERENCIAS

ALUSUISSE (1980) *Estudio de Factibilidad de la Bauxita de Los Pijiguaos*. Informe interno para CVG Bauxiven, 1980. Vol. 1: *Trabajos de campos y evaluación de reservas de mineral*. Swiss Aluminium Ltd. Chippis & Zurich, Suiza. Informe inédito.

AREVALO A (1989) *El descubrimiento de bauxita de Los Pijiguaos*. Boletín de historia de las geociencias en Venezuela. No. 36: 16-19. Agosto 1989. Caracas.

BLANCO F (s.f.) *Cementos. Lección 13 - Lechos de mezcla, almacenamiento y prehomogeneización*. Universidad de Oviedo, Escuela de Minas, Energía y Materiales. Laboratorio de Cementos. [Consulta: 06 de enero de 2016]. Disponible: <http://www.uniovi.es/usr/fblanco/Leccion13.CEMENTOS.Prehomogeneizacion.pdf>

BORGUCCI E (2013) *Principales discursos que buscaban diseñar un estado descentralizado antes del surgimiento de la COPRE en Venezuela*. TELOS. Revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales, Universidad Rafael Belloso Chacín, Vol. 15 (3): 429 - 458, septiembre diciembre 2013. Disponible: [www.publicaciones.urbe.edu/index.php/telos/rt/printerFriendly/2853/3874](http://www.publicaciones.urbe.edu/index.php/telos/rt/printerFriendly/2853/3874)

CALICATA (s.f.) En *Wikipedia*. Esta página fue modificada por última vez el 31 dic 2015. Recuperado el 20 de marzo de 2016 de: <https://es.wikipedia.org/wiki/Calicata>

CATERPILLAR (2000) *Handbook of Ripping*. 12<sup>th</sup> Ed., Feb. 2000. Peoria, USA. [Consulta: 15 de octubre de 2015]. Disponible: [www.cat.com](http://www.cat.com)

CHACÓN E (1993) *Técnicas de operaciones de minería de superficie*. Tomo 1. Fundageominas, núcleo Bolívar, Universidad de Oriente. 214 pp.

COMUNICACIONES CREC VENEZUELA (2014) *Empresa china realiza trabajos de ampliación en muelle Palúa*. Diario de Guayana, publicado: 29 Marzo 2014. [Consulta: 16 de enero de 2016]. Disponible: <http://www.eldiariodeguayana.com.ve/inf-general/4463-empresa-china-realiza-trabajos-de-ampliacion-en-muelle-palua.html>

CURIEL J (2016) *La “otra” conquista del sur*. Publicado: 21 de marzo de 2016. [Consulta: 10 de abril de 2016]. Recuperado de: <http://construyenpais.com/opinion-la-otra-conquista-del-surfing-jose-curiel/>

CVRD (2005) *Projeto Venezuela*. Presentación de la Compañía Valle do Río Doce a CVG Bauxilum para una propuesta de negocio (en portugués). Abril 2005. Presentación inédita.

CVG BAUXILUM (2005) *Avance del proyecto vetiver en Los Pijiguaos*. Julio 2005. Informe interno. Inédito.

CVG BAUXILUM (2010) *Recursos de bauxita en el yacimiento actual de Los Pijiguaos*. Mayo 2010. Informe interno. Inédito.

CVG BAUXILUM (2011) *Especificaciones de la bauxita requeridas por la Planta de Alúmina*. Julio 2011. Informe interno. Inédito.

CVG BAUXILUM (2013) *Manual de gestión de la calidad*. Séptima Edición, revisión 0. Enero 2013: 9. Informe interno. Inédito.

CVG BAUXILUM (s.f.) *Procesos*. [Consulta: 07 de enero de 2016]. Recuperado de: <http://www.bauxilum.com.ve/bauxilum/procesos>.

DIAZ J (2008) *Proceso productivo CVG Bauxilum Los Pijiguaos [video]*. En: Simulación de procesos con software ARENA 10.0 CVG Bauxilum Los Pijiguaos. Dpto. Ingeniería Industrial, Núcleo Bolívar, UDO. Tesis. Informe inédito.

ESCALANTE A y GONZALEZ R (2003) *Estimación de reservas mediante fotointerpretación de la parte sur adyacente al depósito de bauxita de Los Pijiguaos (cerro Páez), y de la serranía de La Cerbatana ubicados en el municipio Cedeño del estado Bolívar*. Núcleo Bolívar, UDO. Tesis. Informe inédito.

FALUDI J (2007) *Your Stuff: If It Isn't Grown, It Must Be Mined*. [Consulta: 06 de enero de 2016]. Disponible: <http://www.worldchanging.com/archives/007708.html>

FAO (1997) *Lucha Contra la Contaminación Agrícola de los Recursos Hídricos*. (Estudio FAO Riego y Drenaje - 55). Capítulo 2 - Contaminación provocada por los sedimentos. ISBN 92-5-303875-6. [Consulta: 15 de enero de 2016]. Disponible: <http://www.fao.org/docrep/w2598s/w2598s04.htm>

GARCIA J, GUZMÁN J, LOGRAZZO J y GONZÁLEZ A (1995) *Proyecto humedad de la bauxita. Informe final*. Mayo 1995. CVG Bauxilum. Informe inédito.

GOOGLE EARTH (2010) [software]. Versión 2010. [Consulta: 20 de enero de 2016]. Obtenido de: <https://www.google.es/earth/download/ge/agree.html>

GOW N y LOSEJ G (1993) *Bauxite*. Geoscience Canada, Vol. 20, number 1: 9 – 16. [Consulta: 06 de enero de 2016]. Disponible: <https://journals.lib.unb.ca/index.php/gc/article/view/3785/4299>

GUZMÁN L (2004) Estudio de reservas mediante fotointerpretación, analogías, y documentación sobre el estudio exploratorios de CVG Tecmin, en la zona denominada “serranía La Cerbatana”, municipio autónomo Cedeño, estado Bolívar. CVG Bauxilum Los Pijiguao, 27 de octubre de 2004. Informe inédito.

GUZMÁN J y CARVAJAL R (2015) *Minería sostenible para el desarrollo de Guayana*. Foro Legislando para el Mejor Bolívar: Primera Jornada de Compromiso con el Ciudadano. Puerto Ordaz, Edo. Bolívar, 02 Octubre 2015. [Consulta: 11 de noviembre de 2015]. Información evento disponible: <http://www.correodelcaroni.com/index.php/politica/item/37637-invitan-a-foro-legislando-para-el-mejor-bolivar>

JORC (2012) *Australasian Code for Reporting of Exploration Results, Mineral Resources and Ore Reserves (The JORC Code)*. The Joint Ore Reserves Committee of the Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Australian Institute of Geoscientists and Minerals Council of Australia. Disponible: <http://www.jorc.org>

LA REVISTA MINERA (2012) *Venezuela tiene la tercera reserva de bauxita más grande del mundo*. Publicado el 27 febrero 2012, [4 comentarios](#). Disponible en: <https://revistaminera.wordpress.com/2012/02/27/venezuela-tiene-la-tercera-reserva-de-bauxita-mas-grande-del-mundo/>

LISENA M y MARIÑO N (1991) *Resultado inicial del programa de rehabilitación y conservación forestal para la zona de explotación de bauxita, en el yacimiento Cerro Paéz, Los Pijiguao, estado Bolívar*. II Jornadas de Geología Ambiental, Porlamar, estado Nueva Esparta.

LISENA M (2003) *Compatibilidad entre las técnicas de aprovechamiento minero y el entorno ambiental en CVG Bauxilum – Los Pijiguao*. Editado por Vicepresidencia de Ambiente, Ciencia y Tecnología, CVG, Puerto Ordaz, estado Bolívar, 2003, 88 pp.

LO MÓNACO S (1984) *Caracterización geoquímica de perfiles de meteorización lateríticos, pertenecientes al yacimiento de bauxita de Los Pijiguao, Edo. Bolívar, Venezuela*. Trabajo de ascenso. Instituto de Geoquímica, Fac. de Ciencias, UCV. Caracas, 107 pp. En: SARMIENTO N (2013). *Evaluación de la efectividad de las salmueras marinas en la neutralización de los residuos producidos por la refinería de bauxita de Los Pijiguao, Edo. Bolívar-Venezuela*. Tesis Facultad de Ciencias, UCV. Caracas. Informe inédito.

LO MÓNACO S y LOPEZ C (2010) *Estudio de perfiles de meteorización lateríticos de los alrededores de Upata, estado Bolívar*. Revista de la Facultad de Ingeniería UCV, Vol. 25, N° 2, pp. 29–39, 2010.

LUQUE R, LISENA M y LUQUE O (2004) *Vetiver system for environmental protection of open cut bauxite mining at Los Pijiguaos – Venezuela*. Disponible: <http://www.vetiver.org/>

MANARA B, FERNÁNDEZ A y RUIZ L (2007) *Bauxilum una gestión ecológica*. Cap II: La aventura de la bauxita: 40-54. Propuesta edición especial de CVG Bauxilum. Gerencia de Ingeniería y Servicios. Los Pijiguaos. Publicación en imprenta.

MARIÑO N y NANDI A (1995) *Optimización de los procesos mineros y control de calidad, en el yacimiento de bauxita de Los Pijiguaos, Edo. Bolívar*. IX Congreso Latinoamericano de Geología. Volumen de resúmenes. MEM. Caracas, Venezuela. Noviembre 1995.

MARIÑO N, RAMIREZ A y MELÉNDEZ W (1997) *Geología del yacimiento de bauxita de Los Pijiguaos y sus alrededores. Proposición para una excursión geológica*. En: VIII Cong. Geol. Venezolano, Tomo 1: 33-40.

MARIÑO N (2000) *El proceso productivo de la extracción de la bauxita*. I Simposio del Aluminio, CAVSA. Puerto Ordaz. Charla. Inédito.

MARIÑO N, GUZMÁN L y PARRA P (2007) *Bauxita: Síntesis de los recursos mineros presentes en la región Guayana, Venezuela*. IX Congreso Geológico Venezolano, Oct 2007. Caracas, Venezuela. En Geos (UCV, Caracas), 39: 32 + 4p.

MARIÑO N (2010a) *Guayana (Guiana) Shield Bauxite Deposits, Venezuela*. Travaux Vol. 35 (2010) No. 39: 37 - 40. 18th International Symposium ICSOBA, Zhengzhou, China, Nov 2010.

MARIÑO N (2010b) *Las perspectivas de CVG Bauxilum se proyectan en el tiempo... Pero miremos nuestro pasado en CVG Bauxiven*. Informe interno para la Unidad Educativa Autónoma Bauxiven, Dic 2010. Los Pijiguaos. Publicado en: Boletín de Historia de las Geociencias en Venezuela, N° 119, Dic 2015. Caracas: 69-72. ISSN 0258-3135.

MARIÑO N (2013a) *Los mayores recursos minerales en bauxita del continente Americano están al sur del Orinoco*. Revista *Commodities Venezolanos*, 9º Edición, año 3: 38-41. Puerto Ordaz. Venezuela.

MARIÑO N (2013b) *Bauxite resources of Venezuela and their commercial potential*. ICSOBA Newsletter Vol. 9, June 2013.

MARIÑO N (2015a) *La minería sustentable en Guayana. Primera parte*. Revista *Commodities Venezolanos*, sección Geociencias. Año 5, 16º Edición. Dic/2015: 58-60. Puerto Ordaz. Venezuela.

MARIÑO N (2015b) *Base de datos de elaboración propia, recopilada de informes internos de CVG Bauxilum, entre los años 1987-2015.* Inédito.

MAZZEI F (1994) *Discurso en el acto de colocación del busto de Bolívar en su sitio definitivo.* 22 de Julio de 1994. CVG Bauxilum Los Pijiguaos. Documento inédito.

MENENDEZ A (1968) *Revisión de la estratigrafía de la Provincia Pastora, según el estudio de la región de Guasipati, Guayana venezolana.* Bol. Geol., Caracas, Vol. 9, N° 19: 309-338.

MENDOZA V (1972) *Geología del área del río Suapure, Edo. Bolívar.* IX Conf. Geol. Inter-Guayanás, Bol. Geol., Public. Esp. 6: 306-338.

MENDOZA V (2012) *Geología de Venezuela. Tomo I. Evolución geológica, recursos minerales del Escudo de Guayana y revisión del Precámbrico mundial.* Bogotá: Gran Colombia Gold Corp., 362 pp., 173 figs, 31 tablas.

MOLINA L (2008) *Ubicación de un nuevo sistema de trituración en el actual centro de mina de CVG Bauxilum.* Informe interno SII-062-08, Nov. 2008. Superint. Ing Industrial. CVG Bauxilum. Informe inédito.

MUÑOZ N (1997) *Un museo competitivo en plena selva.* Publicado en el diario El Universal, 25 de febrero de 1997. Caracas.

PARAMGURU R, RATH P y MISRA V (2005) *Trends in red mud utilization - a review.* Mineral Processing & Extractive Metal, 26, 1 - 29. En: SARMIENTO N (2013). *Evaluación de la efectividad de las salmueras marinas en la neutralización de los residuos producidos por la refinería de bauxita de Los Pijiguaos, Edo. Bolívar-Venezuela.* Tesis Facultad de Ciencias, UCV. Caracas. Informe inédito.

PEHR LÖFLING (s.f.). En *Wikipedia*. [Consulta: 31 de marzo de 2016]. Esta página fue modificada por última vez el 14 de enero de 2016. Disponible: [https://es.wikipedia.org/wiki/Pehr\\_L%C3%B6fling](https://es.wikipedia.org/wiki/Pehr_L%C3%B6fling)

PEREIRA M (2009) *Evaluación de las áreas potenciales en reservas de bauxita en la concesión Río Grande I en El Palmar, municipio Padre Chien, estado Bolívar, Venezuela.* Núcleo Bolívar, UDO. Tesis. Informe inédito.

PERFETTI J, MÁRQUEZ G, y CANDIALES J (1951) *Yacimiento de bauxita del Cerro el Chorro inmediaciones de Upata, Estado Bolívar.* Boletín de Geología. 1(3): pp. 289-293.

PIJIGUAOS (1991) *Visitar el complejo minero de Los Pijiguaos y besar la bauxita que su hijo contribuyó a descubrir.* Órgano de información de CVG Bauxita Venezolana, C. A. Ger. Rel. Inst. Julio – Agosto 1991. No. 28: 3.

PLATA F (2005) *Diseño de excavación para las laderas incluidas en la planificación del plan de explotación del año 2005, del yacimiento de bauxita ubicado en el Cerro Páez, Los Pijiguaos, municipio Cedeño, estado Bolívar.* Universidad de Oriente. Escuela de Ciencias de la Tierra. Departamento de Minas. Ciudad Bolívar. Trabajo especial de grado. pp. 4 - 101. Informe inédito.

PROCESO BAYER (s.f.) En *Wikipedia*. [Consulta: 07 de enero de 2016]. Esta página fue modificada por última vez el 23 nov 2015. Disponible: [https://es.wikipedia.org/wiki/Proceso\\_Bayer](https://es.wikipedia.org/wiki/Proceso_Bayer)

RAMIREZ M (2015) *Ruina industrial arrastra producción de bauxita a nivel más bajo en 10 años.* Correo del Caroní, publicado: 15 de octubre de 2015. [Consulta: 18 de enero de 2016]. Disponible: <http://correodelcaroni.com/index.php/economia/item/38226-ruina-industrial-arrastra-produccion-de-bauxita-a-nivel-mas-bajo-en-10-anos>

RANGEL C (2015) *Manifestantes destrozan sala de control en muelle de Bauxilum-Los Pijiguaos.* Correo del Caroní, publicado: 26 de octubre de 2015. [Consulta: 18 de enero de 2016]. Disponible: <http://www.correodelcaroni.com/index.php/laboral/item/38639-grupos-violentos-destrozan-sala-de-control-en-muelle-de-bauxilum-pijiguaos>

ROUSSEAU J, VERSCHUUR H y FLORES P (2006) *Beneficiation of high quartz content bauxite from los Pijiguaos.* Light Metals 2006. Edited by A.T. Tabereaux. TMS (The Minerals, Metals and Materials Society): 36-47.

RUIZ A y VILLEGAS W (2008) Evaluación de las posibles áreas de reservas de bauxita del depósito de La Cerbatana Sur, aplicando patrones de interpretación a una imagen spot de la hoja 6935 IV, utilizando criterios del modelo de la mineralización bauxítica del yacimiento de cerro Páez-Los Pijiguaos, municipio Cedeño, estado Bolívar – Venezuela. Núcleo Bolívar, UDO. Tesis. Informe inédito.

RUIZ L (2009) Descubren nueva especie de orquídea en Los Pijiguaos. Publicado el 12 de marzo de 2009, por Vitalis [Consulta: 24 de marzo de 2016]. Disponible: <http://www.vitalis.net/2009/03/descubren-nueva-especie-de-orquidea-en-los-pijiguaos/>

SCHOFIELD CH (1980) *Homogenization-Blending Systems Design and Control for Minerals Processing* (with FORTRAN Programs). Publicado por Trans Tech Publications. ISBN 0878490302. 315 pp.

TOSIANI T y LOPEZ C (1985) *Estudio de la distribución de elementos traza Nb, Zr, Th, Ga, Mn y mineralogía, en la bauxita de Los Pijiguaos, Edo. Bolívar, Venezuela.* Memorias VI Congreso Geológico Venezolano. Caracas, 1985: 4277 – 4318.

VALENTON I (1972) *Bauxites. Development in Soil.* Science 1. Elsevier Publishing Co. Amsterdam. 226 pp.

YANEZ G (1995) *Bauxite on a planation surface in Venezuelan Guayana.* En: Geology and mineral deposits of the Venezuelan Guayana Shield, Rep. Bull. No. 2124: US Geological Survey Bulletin: M1-M8.

### CORRESPONDENCIAS:

ARÉVALO J (1979a). Comunicación dirigida a la presidencia de CVG, con anexo biográfico, en ocasión de la muerte de Armando Schwarck Anglade titulada *Armando Schwarck: uno de los pioneros del descubrimiento de la bauxita de Los Pijiguaos.* Publicación inédita.

ARÉVALO J (1979b). Comunicación del Ing. Juan Vicente Arévalo dirigida a Andrés Yépes Peña y demás miembros del Comité Especial para la Definición del Transporte de la Bauxita, de fecha 17/12/1979. Ciudad Guayana. Sin asunto. [Remisión de las directrices para definir el transporte de la bauxita, desde la mina hasta Matanzas]. Publicación inédita.

DE LEÓN R (1977). Memorándum No. AP-121 del Dr. Rafael De León dirigida al Dr. Argenis Gamboa, Presidente de la CVG, de fecha 28/11/1977. Caracas. Sin asunto. [Remisión del informe sobre los contratos Swiss Aluminium Ltd. y Alusuisse Servicios S.A., junto al anexo: informe sobre la contratación para la evaluación y explotación de la bauxita en Los Pijiguaos]. Publicación inédita.

DE LEÓN R (1980). Memorándum No. 002 del Dr. Rafael De León, como Asesor Técnico de la Presidencia CVG al Ing. Andrés Sucre, Presidente de la CVG, de fecha 11/08/1980. Caracas. Sin asunto. [Remisión de copias de la documentación que poseía el Dr. De León a la fecha, sobre el programa de prospección de la bauxita en la Guayana venezolana]. Publicación inédita.

SCHWARCK A (1974). Memorándum No. 36 de Armando Schwarck Anglade, como Asesor en Geología y Minas de la Corporación Venezolana de Guayana (CVG) al Presidente de esa institución, de fecha 11/11/1974. Caracas. Asunto: *Prospección de las lateritas del Granito de El Parguaza. Contribución de la CVG y MMH.* Publicación inédita.

**APÉNDICE 1**

**SEMBLANZA DE**  
**ARMANDO SCHWARCK ANGLADE**  
(1918-1978)



SEMBLANZA DE  
**ARMANDO SCHWARCK ANGLADE**  
(1918-1978)

**Figura 40.** Retrato de Armando Schwarck Anglade, de fecha desconocida. En su ubicación actual domina la sala de conferencia de la Gerencia de Mina, CVG Bauxilum Los Pijiguaos.

Armando Schwarck Anglade (Figura 40) nace en la ciudad de Valencia, el 06 de febrero de 1918. Su padre, Juan Federico Schwarck, de origen alemán, nacido en Venezuela, era ingeniero eléctrico, graduado en Alemania, fue el pionero de la luz eléctrica de Valencia, con una planta en El Aguacatal, estado Carabobo y como también, de los tranvías eléctricos y la fábrica de oxígeno, primera en su género en Venezuela, (AREVALO, 1979). Su madre fue Clara Anglade de Schwarck.

Armando Schwarck había estudiado en Colorado School of Mines, en Golden, Colorado, Estados Unidos de América. Comenta además ARÉVALO (*op. cit.*), “*por muchos años, esta prestigiosa universidad, estuvo ofreciendo una beca al Estado venezolano para estudiantes de ingeniería de petróleo o minería, sin embargo, esta beca quedó desierta por varios años y solo fue en 1938, durante la presidencia de Medina Angarita, cuando el entonces bachiller Schwarck la aprovechó y, con la ayuda de 200 bolívares mensuales que le adjudicó el gobierno venezolano, se marchó a estudiar en Colorado School of Mines*”.

Agrega AREVALO (*op. cit.*), “*cinco años estuvo entregado por completo a sus estudios con el mayor interés. Al obtener su título universitario en 1943, en plena II Guerra Mundial, regresó a Venezuela para aportar todos los conocimientos recibidos. Al llegar, ocupó un cargo en una compañía petrolera en Caripito, estado Monagas, donde permaneció poco tiempo, porque él quería desempeñarse en otras ramas de las ciencias de la tierra*”. Continúa informando ARÉVALO (*op. cit.*) en su escrito: “*dentro de su trayectoria profesional, se desempeñó en diversas funciones vinculadas a la geología. Comenzó trabajando para el Ministerio de Fomento, en el Departamento de Geología hasta que se fundó el Ministerio de Minas e Hidrocarburos, en 1951, donde se desempeñó por varios años en la Jefatura de la Dirección de Geología*”.

Como se indicó en la síntesis de la exploración de la bauxita, “*en 1970, el mismo Schwarck con Bernard Manistre, por cuenta de CODESUR trabajando para Seravaca, realizaron un*

*sobre vuelo, donde localizaron por primera vez la coraza laterítica entre los ríos Suapure y Parguaza y señalaron la posibilidad de la existencia de horizontes de bauxita*”. DE LEÓN (1980). Así las cosas, “*con 19 mil bolívares (de los “viejos”) y 27 horas de helicóptero, comienzan las labores de exploración, apoyados por los habitantes del caserío de Los Pijiguaos, descendientes de los primeros falconianos que llegaron a esas tierras a principios de 1900*”. ARÉVALO (1979). El resto es historia…

En sus últimos años, Schwarck fue Director de la Escuela de Geología, Minas y Metalurgia de la UCV, hasta su muerte, ocurrida en 1978.

CVG Bauxiven rindió un homenaje a Armando Schwarck, bautizando con su nombre el aeropuerto de la comunidad minera de Los Pijiguaos, que consta de una pista asfaltada de 1.657,5 metros o 5.436,6 pies de largo, con 22 metros de ancho (Figura 41).



**Figura 41.** Aeropuerto Armando Schwarck, que sirve al campamento de CVG Bauxilum, en Los Pijiguaos, municipio Cedeño del estado Bolívar. Desde esta figura se observa la maniobra de aproximación desde la cabina de un avión, por la pista 05. Foto tomada de internet, sin autor ni fecha.

En 1991, la madre de Armando Schwarck, Clara Anglade de Schwarck, con sus 92 años, atendió una invitación para visitar el complejo minero de Los Pijiguaos. De esta manera, “*pudo cumplir su sueño y besar la bauxita que su hijo descubrió años atrás en esta zona [...] Acompañada de la viuda de Armando Schwarck, sus nietos y bisnietos, la Sra. Anglade visitó las obras, se fotografió frente al imponente paisaje guayanés (Figura 42) y compartió extraordinarios momentos con el personal de Bauxiven*”. (PIJIGUAOS, 1991).



**Figura 42.** Clara Anglade de Schwarck (1), acompañada de la viuda de Armando Schwarck (2), sus nietos y bisnietos, junto a personal de CVG Bauxiven: Milagros Naranjo (3), Gerente de Relaciones Institucionales e Ing. Francisco Mazzei (1913-2014) (4), Gerente de Desarrollo Integral (e). Foto autor: PIJIGUAOS, 1991.

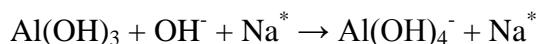
#### REFERENCIAS para el APÉNDICE 1:

- ARÉVALO J (1979). Comunicación dirigida a la presidencia de CVG, con anexo biográfico, en ocasión de la muerte de Armando Schwarck Anglade titulada *Armando Schwarck: uno de los pioneros del descubrimiento de la bauxita de Los Pijiguaos*. Publicación inédita.
- DE LEÓN R (1980). Memorándum No. 002 del Dr. Rafael De León, como Asesor Técnico de la Presidencia CVG al Ing. Andrés Sucre, Presidente de la CVG, de fecha 11/08/1980. Caracas. Sin asunto. [Remisión de copias de la documentación que poseía el Dr. De León a la fecha, sobre el programa de prospección de la bauxita en la Guayana venezolana]. Publicación inédita.
- PIJIGUAOS (1991) *Visitar el complejo minero de Los Pijiguaos y besar la bauxita que su hijo contribuyó a descubrir*. Órgano de información de CVG Bauxita Venezolana, C. A. Ger. Rel. Inst. Julio – Agosto 1991. No. 28: 3.

**ANEXO 1**  
**PROCESO BAYER - BREVE DESCRIPCIÓN**

## ¿Qué es el Proceso Bayer?

De acuerdo a las fuentes consultadas, CVG BAUXILUM (s.f.)<sup>I</sup> y PROCESO BAYER (s.f.)<sup>II</sup>, en el proceso Bayer (Figura 43), primero se tritura la bauxita y luego se lava con una solución caliente de hidróxido de sodio (sosa), NaOH. La sosa disuelve los minerales de aluminio pero no los otros componentes de la bauxita, que permanecen sólidos. Las reacciones químicas que ocurren en esta etapa, llamada "digestión" son las siguientes:<sup>I</sup>



La temperatura de la digestión se escoge en función de la composición de la bauxita. Para disolver el hidróxido de aluminio basta una temperatura de 140°C pero para la mezcla de hidróxido y óxido hace falta subir hasta unos 240°C.<sup>III</sup>

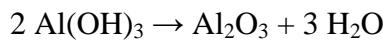
A continuación, se retiran de la solución los sólidos no disueltos, principalmente en un decantador seguido de unos filtros para eliminar los últimos restos. Los sólidos recogidos en el decantador, llamados "lodo rojo", se tratan para recuperar la sosa no reaccionada, que se recicla al proceso.

La solución de  $\text{Al(OH)}_4^-$ , ya libre de impurezas, se precipita de forma controlada para formar hidróxido de aluminio puro. Para favorecer la cristalización se opera a baja temperatura y se "siembra" la solución con partículas de hidróxido de aluminio:<sup>III</sup>

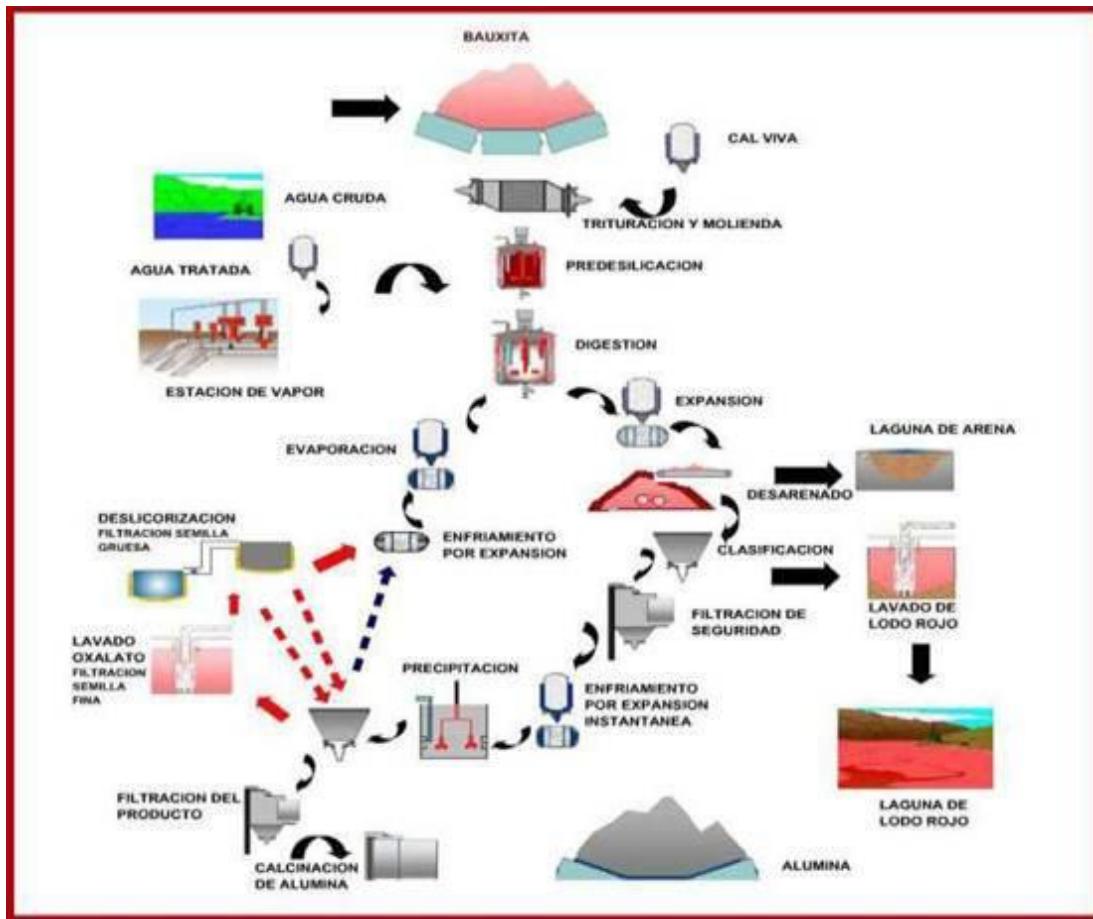


La solución de sosa libre de aluminio se concentra en unos evaporadores y se recicla al comienzo del proceso.<sup>IV</sup>

Por último, el hidróxido se calienta a unos 1050°C, en una operación llamada "calcinación", para convertirlo en alúmina, liberando vapor de agua al mismo tiempo:<sup>III</sup>



La alúmina obtenida se utiliza principalmente para producir aluminio mediante electrólisis.



**Figura 43.** Flujograma del Proceso Bayer en la planta de CVG Bauxilum.  
CVG BAUXILUM (s.f.)<sup>I</sup>

## **Referencias para el ANEXO 1:**

- I. CVG BAUXILUM (s.f.) *Procesos*. Recuperado en fecha 07 de enero de 2016. Disponible: <http://www.bauxilum.com.ve/bauxilum/procesos>.
- II. PROCESO BAYER (s.f.) En *Wikipedia*. Esta página fue modificada por última vez el 23 nov 2015. Recuperado el 07 de enero de 2016. Disponible: [https://es.wikipedia.org/wiki/Proceso\\_Bayer](https://es.wikipedia.org/wiki/Proceso_Bayer)
- III. WORLD-ALUMINIUM.ORG (s.f.). *Bayer Process Chemistry*. Recuperado en fecha 07 de enero de 2016. Disponible: <http://web.archive.org/web/20070611093908/http://www.world-aluminum.org/production/refining/chemistry.html>
- IV. TURPIAL J (1985). *Minerales del aluminio, Fabricación de alúmina (Proceso Bayer), Fabricación del aluminio (Proceso Hall Heroult)*. Ciudad Guayana 1985, 144p. Disponible: <http://www.monografias.com/trabajos14/proceso-bayer/proceso-bayer.shtml>

## **ANEXO 2**

### **PLANO “PROSPECCIÓN DE BAUXITA EN ÁREAS ADYACENTES AL YACIMIENTO DE LOS PIJIGUAOS. FASE 1”.**

Escala aproximada: 1: 200.000

Autor del cálculo: geólogo Eduardo Villanueva

Aprobó: geólogo Alberto Sarmentero

Fecha: incierta, pero previo a 1983.

Comentarios sobre los recursos inferidos y su equivalencia con el actual proyecto de evaluación.

### **Plano “Prospección de bauxita en áreas adyacentes al yacimiento de Los Pijiguaos. Fase 1”.**

Este plano adjunto (Figura 44), perteneciente a los archivos de CVG Bauxiven, de fecha incierta pero definitivamente entre 1979 a 1983 por el logo de la empresa, el autor geólogo Eduardo Villanueva identificó 5 bloques o “depósitos a investigar”, que son equivalentes con los bloques que se han estudiado en el proyecto de evaluación que se exponen en el presente ensayo y de hecho, fueron la información base para comenzar el trabajo.

El autor identifica con tramo diagonal, el yacimiento actual de Los Pijiguaos, sin embargo hoy día corresponden a las concesiones BLP-1 al 8<sup>a</sup> más las nuevas concesiones identificadas como Lote 1 y 2<sup>b</sup>.

Estas son las equivalencias (Tabla 5):

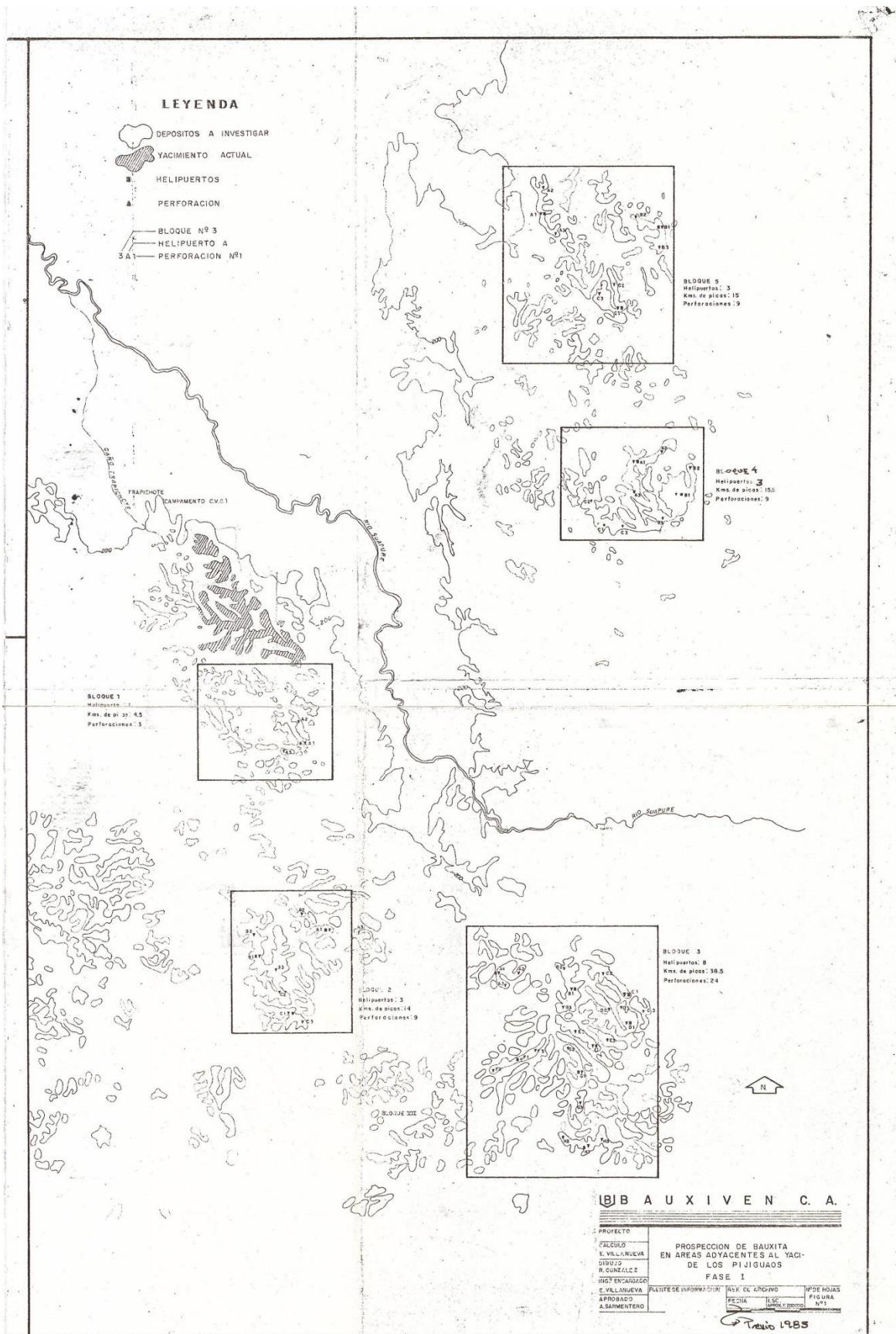
BLOQUES SEGÚN PLANO	LOCALIDADES EQUIVALENTES
1	Sur de Los Pijiguaos (adyacente yacimiento)
2	Sur de Los Pijiguaos
3	Oeste de Cerro Mocho
4	La Cerbatana Sur
5	La Cerbatana Norte

**Tabla 5.** Equivalencias entre los bloques indicados en el plano “*Prospección de bauxita en áreas adyacentes al yacimiento de Los Pijiguaos. Fase 1*” (Figura 44) y las localidades evaluadas en el presente trabajo.

Uno de los mayores desafíos en la minería actual sigue siendo el poder convertir los recursos minerales en reservas. Con esta información valiosa, se espera que las nuevas generaciones de geólogos tengan una base de datos transparente, reproducible en campo y confiable, para arrancar una campaña de exploración, responsable y veraz, con suficiente financiamiento, que conlleven a Venezuela a ocupar los primeros puestos del “ranking mundial”, en reservas de bauxita.

<sup>a</sup> Resolución N° 251, Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 36.286, de fecha 08/09/1997, para la explotación de mineral de bauxita, sobre una superficie de 24 unidades parcelarias, equivalentes a 2 lotes de terreno con una extensión de 3.984 hectáreas.

<sup>b</sup> Lote No. 1, expediente N° 11.827-4, Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 37.919, de fecha 16/04/2004 y Lote N° 2, expediente N° 11.828-1, Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 5761E, de fecha 18/02/2005.



**Figura 44.** Plano “Prospección de bauxita en áreas adyacentes al yacimiento de Los Pijiguao. Fase 1”

### **ANEXO 3**

**DESCRIPCIÓN DEL YACIMIENTO DE EL PALMAR, MUNICIPIO PADRE CHIEN. ESTADO BOLÍVAR. ANTECEDENTES. ÁREAS POTENCIALES. INFORMACIÓN POR EXPERIENCIAS DEL AUTOR. REFERENCIAS.**

## DESCRIPCIÓN DEL YACIMIENTO DE BAUXITA DE EL PALMAR

### Antecedentes

Siguiendo indicios reportados en informes inéditos del anterior Ministerio de Minas e Hidrocarburos, a partir de 1987, CVG Tecmin dio inicio a trabajos de reconocimiento y comprobación de la existencia de rocas graníticas, con posibles desarrollos de perfiles de laterización que contuvieran bauxita económicamente explotable, en la serranía de Paisapa, a unos 20 km al norte de El Palmar y unos 90 km al este de Puerto Ordaz.

En efecto, CVG Tecmin detectó un depósito en la región de El Palmar (Figura 45) que consiste de una “*bauxita laterítica silícea proveniente de la descomposición y alteración de las rocas gnéisicas, migmatíticas y graníticas del Complejo de Imataca*”, (PEREIRA, 2009). En este depósito se observan analogías con el depósito de bauxita de Los Pijiguao: relieve de topes planos, entre los 600 y 700 metros de altitud sobre el nivel medio del mar, por ocurrir en la superficie de planación Nuria, alta pluviosidad del tipo monzónico y laterización profunda de la roca madre.



**Figura 45.** Ubicación relativa, en trama amarilla, del depósito de bauxita de El Palmar, Municipio Padre Chien, Estado Bolívar. Tomado de MIBAM (2010).

Como primera actividad exploratoria, CVG Tecmin en 1988, realizó 3 calicatas (Tabla 6), de 8 metros promedio de profundidad, excavadas en los centros de los lóbulos de mejor desarrollo y adicionalmente, 89 sondeos. Se tomaron las respectivas muestras metro a metro, de acuerdo a la normativa de CVG Bauxiven y luego fueron remitidas al laboratorio de Los Pijiguaos, por tener la experticia requerida en los procedimientos de análisis, contar con un equipo de fluorescencia de Rayos-X debidamente calibrado para bauxita y por ser la empresa que financiaba la investigación. “*Se estimaron inicialmente recursos mineros por el orden de los 150 x 10<sup>6</sup> toneladas*” (MIBAM, 2010).

Calicata N°	Profundidad (m)	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	PPR
1	8	23,6	34,77	14,48	1,35	17,45
2	8	17,4	49,90	7,2	1,14	24,83
3	7,50	35,27	38,84	6,58	1,04	19,60

Valores promedio (%) CVG-TECMIN, C.A.

**Tabla 6.** Resultados químicos promedio de las muestras tomadas en las tres calicatas excavadas por CVG Tecmin en El Palmar, en el año 1988. Tomado de MIBAM, 2010.

En mayo de 1988, el autor realizó una inspección de campo para realizar las mediciones de obra y verificar cuantas calicatas habían sido realizadas, a fin de justificar las facturas presentadas por CVG Tecmin por el trabajo de exploración inicial. Se aprovechó la ocasión para tomar algunas muestras de canal para su análisis y comparación. De los resultados de estos análisis, se pudo realizar una primera descripción del perfil de tope a base: se observó la existencia de un recubrimiento laterítico de 2 a 3 metros de espesor, con “muy baja alúmina y alto porcentaje de sílice”. Infrayacente, una capa “típica” de bauxita pisolítica, de 4 a 5 metros de espesor, con intercalado de capas delgadas duras, con un promedio de alúmina de 42% y alto sílice. En la base del perfil, una arcilla con alto contenido de sílice”.

Posteriormente, CVG TECMIN (1992) indica: “*se realizaron estudios en El Palmar, los cuales sugieren que la bauxita presente es de bajo grado y alto sílice, muy similar en aspecto a la bauxita presente en Los Pijiguaos, pero de diferente calidad*”.

En los inicios del presente siglo, BELTRÁN (2002) publica la siguiente noticia: “*El conglomerado minero anglo-australiano BHP Billiton y el holding estatal venezolano de la industria pesada CVG, están trabajando en una empresa de riesgo compartido o Joint Venture [JV] por el proyecto de bauxita El Palmar, ubicado en la región de Guayana en Venezuela, según una autoridad de CVG... Se estima que las reservas de la mina El Palmar oscilan entre 40Mt y 50Mt [...] La propietaria de los títulos mineros de los yacimientos de bauxita de El Palmar es la empresa local Delta Mining y CVG está trabajando para transferir la propiedad al holding estatal, después de lo cual podrán avanzar las negociaciones con BHP Billiton*”. Estas negociaciones no prosperaron.

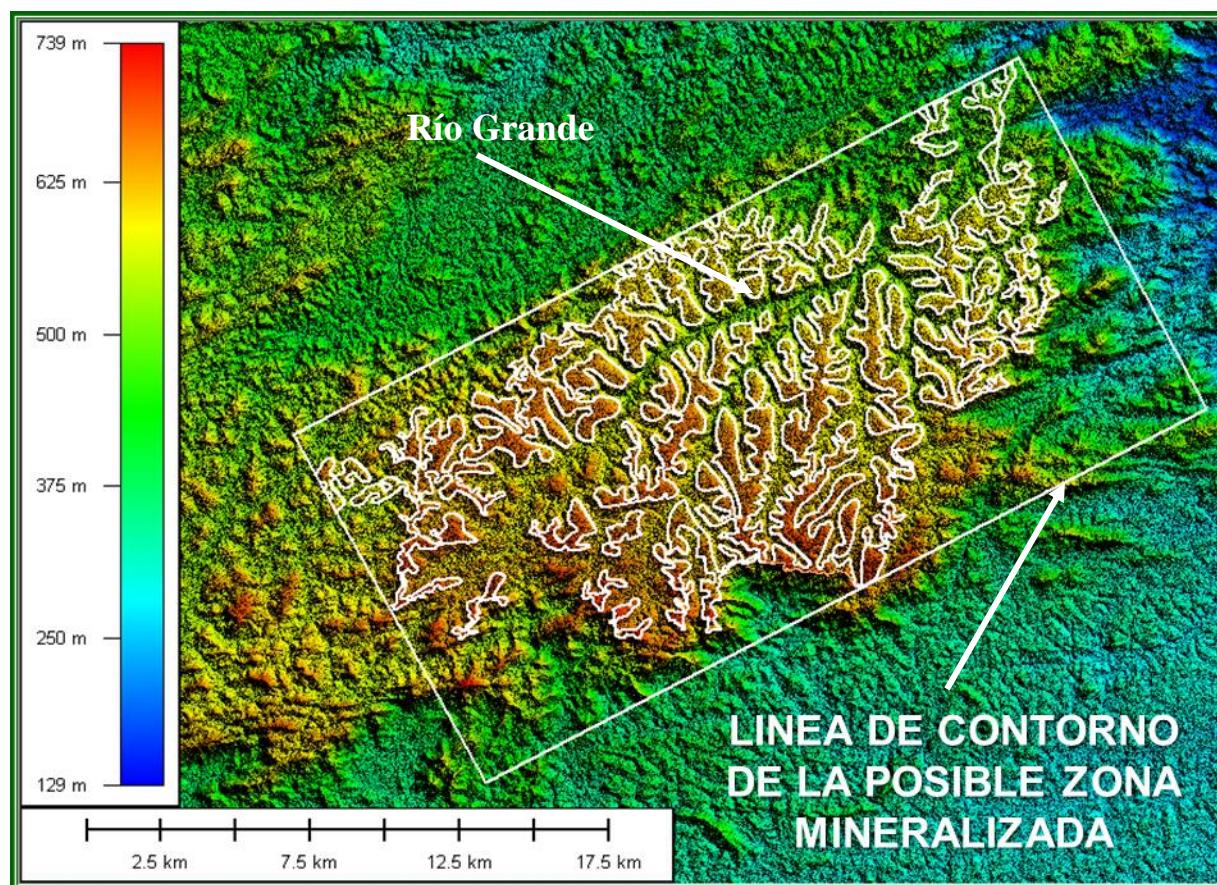
Hasta el momento de escribir el presente ensayo (marzo 2016), no se tienen noticias de alguna reactivación o solicitud para iniciar estudios más rigorosos en el depósito de El Palmar. Por otra parte, es importante acotar que la margen izquierda del río Grande, son terrenos dentro de la jurisdicción de la **Reserva Forestal Imataca** (RFI)<sup>a</sup>, donde la minería está prohibida por decreto y esto pudiese afectar hasta una tercera parte de la zona detectada como propensa para una posible exploración y posterior explotación de bauxita de El Palmar, en el área original de la concesión Río Grande I y que es parte del escrito en este anexo.

---

<sup>a</sup>Es un área de bosques protegidos en el noreste de Venezuela que administrativamente comprende parte de la jurisdicción de los estados Bolívar y Delta Amacuro, contigua a la parte norte de la zona en reclamación. Dentro de sus límites se localiza la Serranía de Imataca y diversos ríos tales como el Yerúan, Cuyuní, Brazo de Imataca y Grande, así como los cerros de La Chicharra y Dolomita. La Reserva fue creada en el 09 de febrero de 1961, a través del Decreto N° R-15, con una superficie de 38.219 km<sup>2</sup> y su objetivo fue “*Suministrar la materia prima para la industria de la madera nacional, sin menoscabo de las demás funciones conservacionistas y su aprovechamiento debe regirse por Planes de Ordenación y Manejo*”. Su Plan de Ordenamiento y Reglamento de Uso está dado por el Decreto N° 3.110. Hay varios etnias indígenas en la RFI: Warao, Kariña, Pemon, Akawaio, Arawaco, Sanema, entre otros, con identidad étnica y organización socioeconómica definida, con una ocupación ancestral y uso de los recursos en la RFI, de los cuales dependen para su reproducción socio-cultural.

## Evaluación de las áreas potenciales en recursos inferidos de bauxita

A través del trabajo de PEREIRA (2009), se evaluaron las áreas potenciales en recursos inferidos de bauxita en una zona que se ha denominado “concesión Río Grande I” (Figura 46), en el depósito El Palmar (Municipio Padre Chien), mediante patrones de interpretación realizados a las imágenes Spot y de acuerdo a los criterios del modelo de la mineralización observada y estudiada para la bauxita del yacimiento Los Pijiguaos, en el municipio Cedeño del estado Bolívar. Estos criterios ayudarán a determinar y cuantificar con bastante aproximación, las reservas potenciales de bauxita para la zona establecida como mineralizada.



**Figura 46.** Líneas de contorno de la zona mineralizada con bauxita, mediante la interpretación de la imagen Spot de la concesión Río Grande I, utilizando criterios de ocurrencia de mineralizaciones conocidas de la mina de bauxita de Los Pijiguaos. PEREIRA, 2009.

## Síntesis de la investigación en el área de la concesión Río Grande I, El Palmar

PEREIRA (2009) cierra su investigación con los siguientes resultados:

- ✓ Las características observadas en la concesión Río Grande I, permiten identificar que los patrones geomorfológicos son semejantes al “plateau” de Los Pijiguaos, con una superficie de 8.922 ha de buen prospecto exploratorio.
- ✓ Para estimar los recursos inferidos de bauxita, luego de concluido el estudio donde se evaluó la respuesta espectral de la vegetación, dominios geomorfológicos, rasgos de textura y tonalidad, se escogieron dos espesores de mena: una muy conservadora de 2 metros (m) y una segunda, de 4 m.
- ✓ De esta forma, los recursos inferidos son de **475.000.000 toneladas (t)** para una profundidad de 4 m y de **270.000.000 t** para 2 m. Si se compara con reporte de CVG TECMIN (1989), donde los recursos inferidos fueron establecidos inicialmente en 150.000.000 t, se pueden actualizar los valores de los recursos inferidos de bauxita para El Palmar, de esta manera: un incremento de 325.000.000 t, para el espesor de 4 m y de 120.000.000 t, para el espesor de 2 m.
- ✓ De acuerdo a la tendencia estructural en la concesión Rio Grande I, se propone que el plan de prospección de red de picas y perforaciones se lleve a cabo en dos fases. La primera, para comenzar la evaluación geológica y conocer con más profundidad el yacimiento, con un mallado de 200 x 200 y 2174 perforaciones y la segunda, para mejorar la información geológica, con un mallado 100 x 100 y 6566 perforaciones. Además, se han planificado 210 km de red de vías internas, aproximadamente.

### **Referencias para el ANEXO 3:**

Beltrán H (2002) *Billiton y CVG negocian JV por bauxita de El Palmar*. BN Noticias. Publicada: miércoles 25, Septiembre 2002. Recuperado el 25 de marzo de 2016. Disponible:

[http://www.bnamicas.com/es/news/metales/Billiton\\_y\\_CVG\\_negocian\\_JV\\_por\\_bauxita\\_de\\_El\\_Palmar](http://www.bnamicas.com/es/news/metales/Billiton_y_CVG_negocian_JV_por_bauxita_de_El_Palmar)

CVG TECMIN (1989) *Informe de avance NB-20-3: clima, geología, geomorfología, suelos, vegetación*. Gerencia de Proyectos Especiales, Proyecto Inventario de los Recursos Naturales de la Región Guayana. Informe inédito.

CVG TECMIN (1992). *Estudios sobre bauxitas en Venezuela (Guayana, Edo Bolívar)*. *Cartografía y evaluación preliminar de depósitos de bauxita en la región de El Palmar*. Informe interno. Inédito.

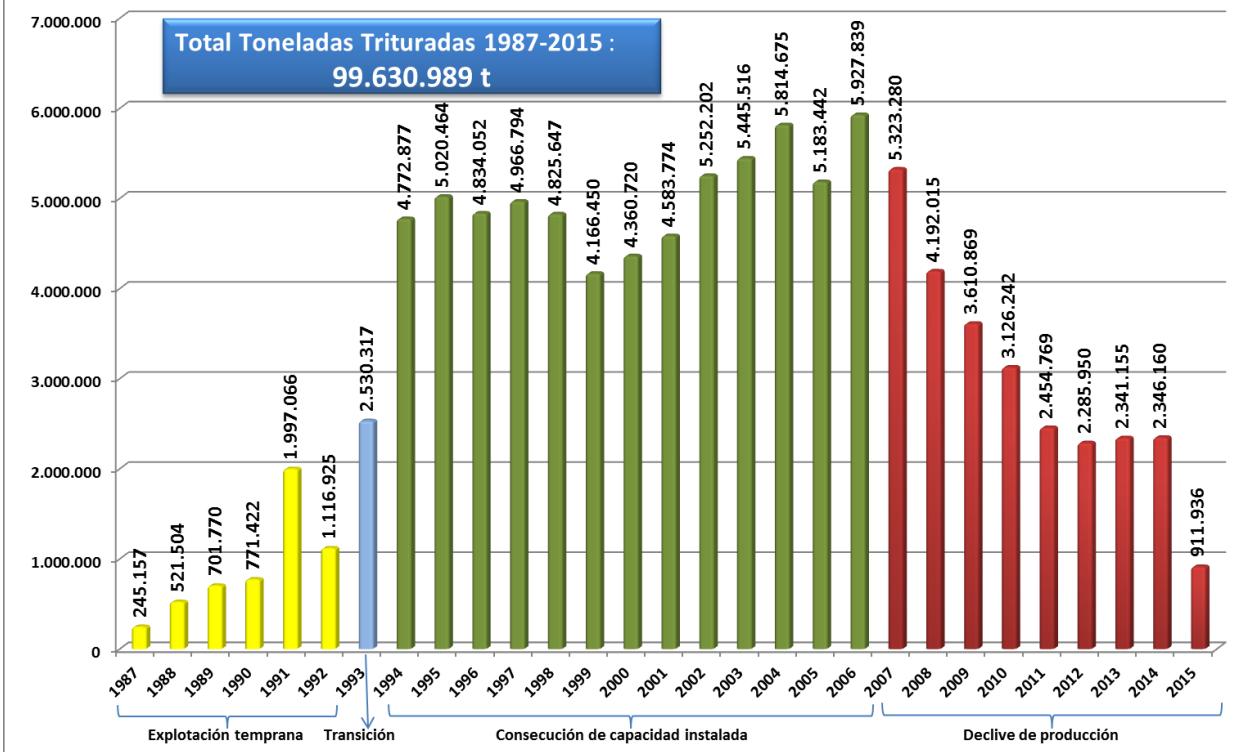
MIBAM (2010) *Plan Minero Nacional 2010 – 2013. Lineamientos Estratégicos*. Fecha de elaboración Junio 2010. MIBAM. Presentación Inédita.

PEREIRA M (2009) *Evaluación de las áreas potenciales en reservas de bauxita en la concesión Río Grande I en El Palmar, municipio Padre Chien, estado Bolívar, Venezuela*. Núcleo Bolívar, UDO. Tesis. Informe inédito.

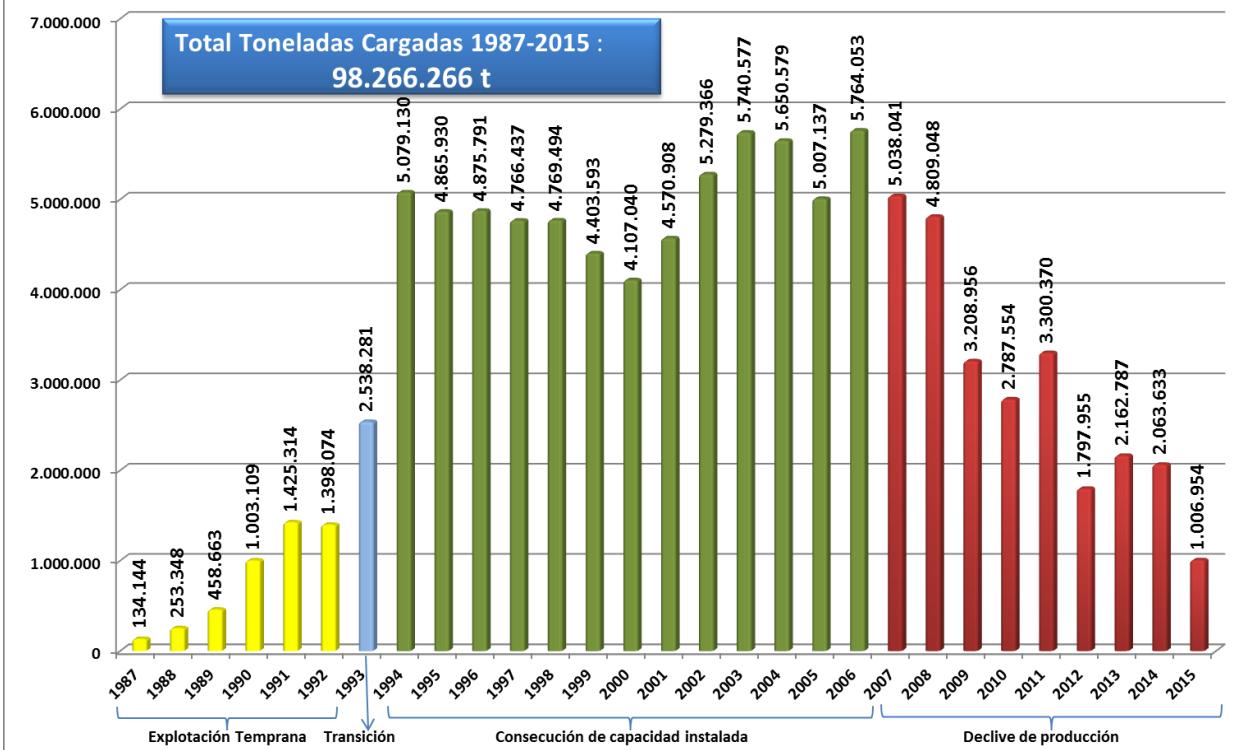
SISTEMA VENEZOLANO DE INFORMACIÓN SOBRE DIVERSIDAD BIOLÓGICA (s.f.) *Reserva Forestal Imataca*. Ministerio del Poder Popular para el Ecosocialismo y Aguas. Portal: [www.diversidadbiologica.info.ve](http://www.diversidadbiologica.info.ve) Recuperado el 25 de marzo de 2016. Disponible: <http://diversidadbiologica.minamb.gob.ve/areas/ficha/193/>

**ANEXO 4**  
**GRÁFICOS GESTIÓN BAUXITA**  
**TRITURACIÓN Y**  
**CARGADA EN GABARRAS**  
**1987-2015**

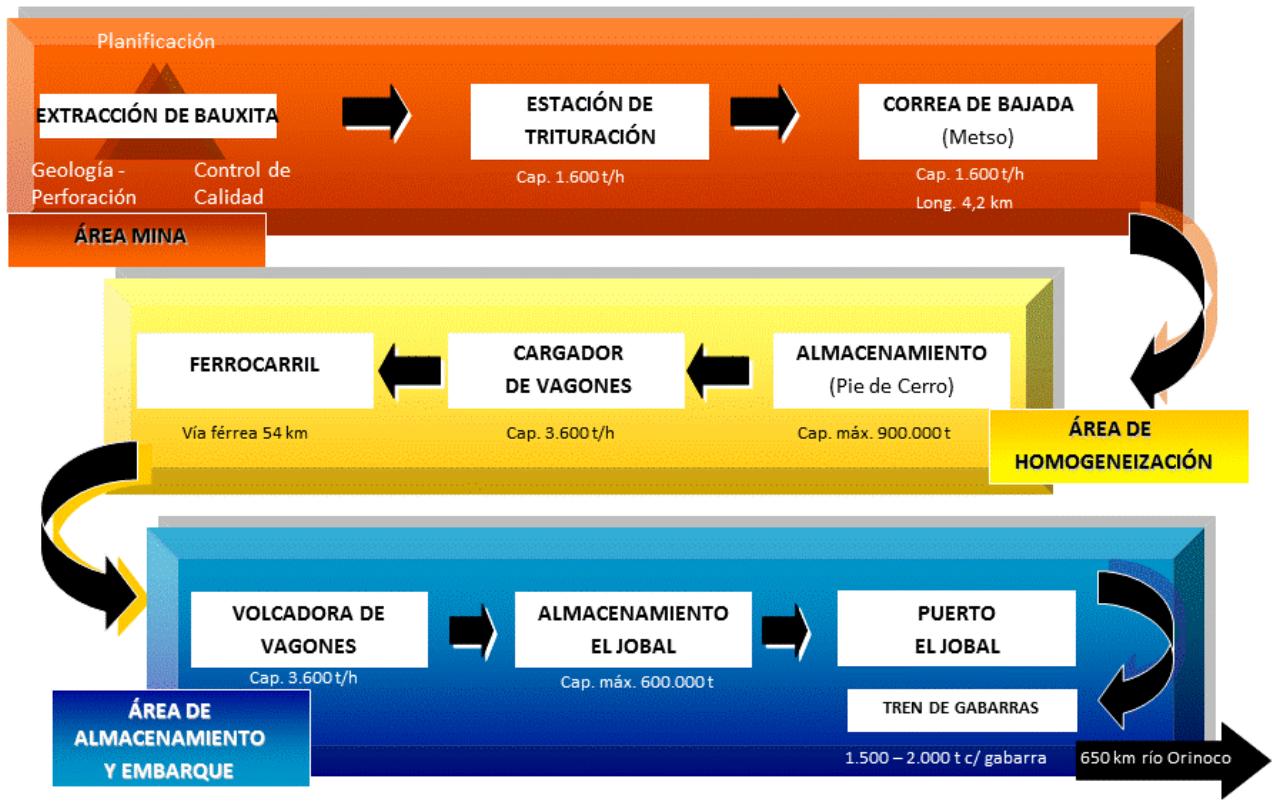
### MINERAL DE BAUXITA TRITURADO POR AÑO (t)



### MINERAL DE BAUXITA CARGADO EN GABARRAS POR AÑO (t)



**ANEXO 5**  
**DIAGRAMA DE PROCESOS CVG BAUXILUM**  
**VIDEO PROCESO PRODUCTIVO**  
**CVG BAUXILUM LOS PIJIGUAOS (SOLO CD)**



**Figura 47.** Diagrama simplificado de los procesos de CVG Bauxilum Los Pijiguaos.  
Adaptado de CVG BAUXILUM (2013).

**ANEXO 6**

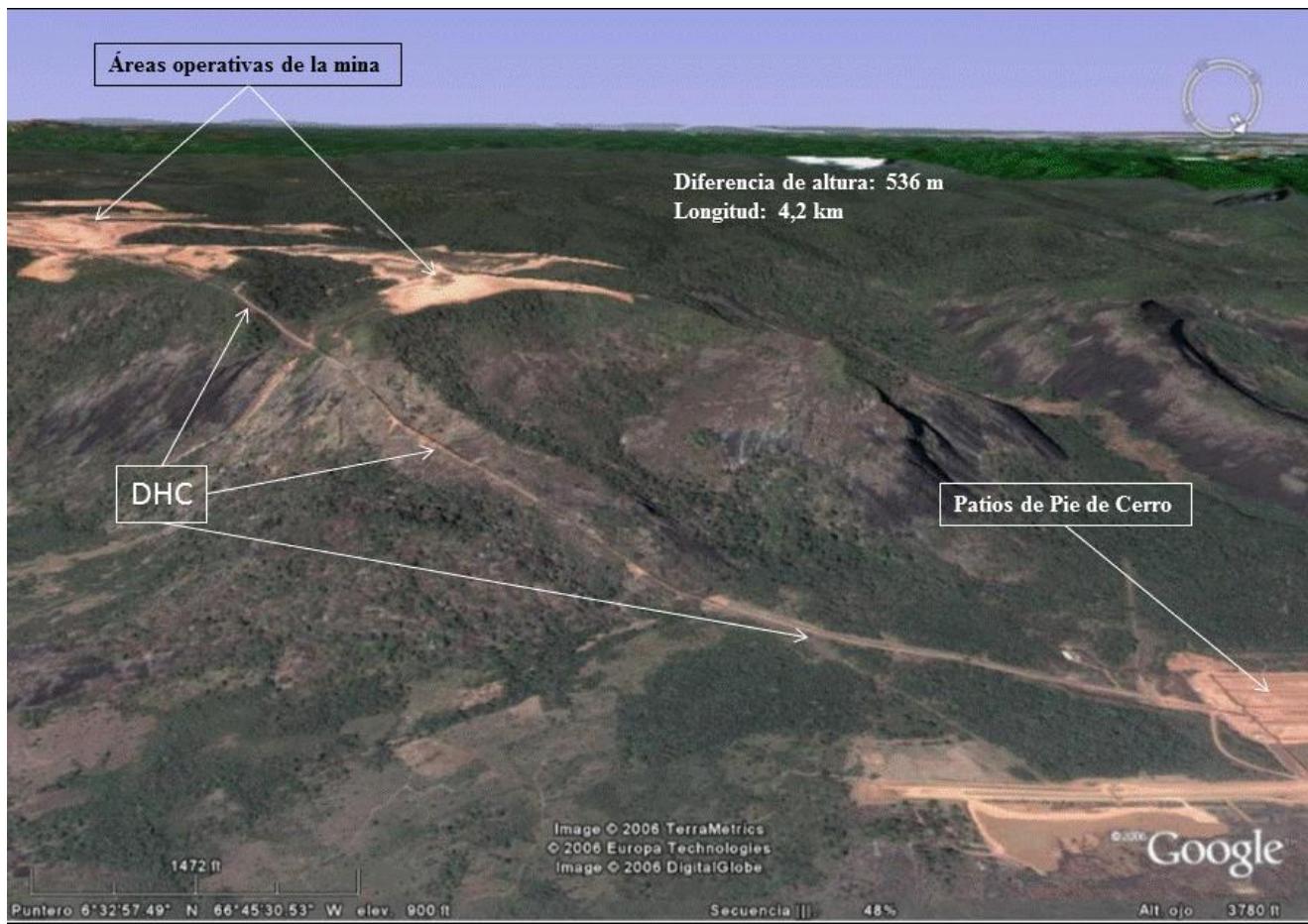
**CARTOGRAFÍA 3D DE LA CORREA DE BAJADA (DHC)**

**CARACTERÍSTICAS CORREA DE CABLE Y**

**COMPARACIÓN CON CORREA DE RODILLO**

**CORTE ESQUEMÁTICO CORREA Y SUS PARTES**

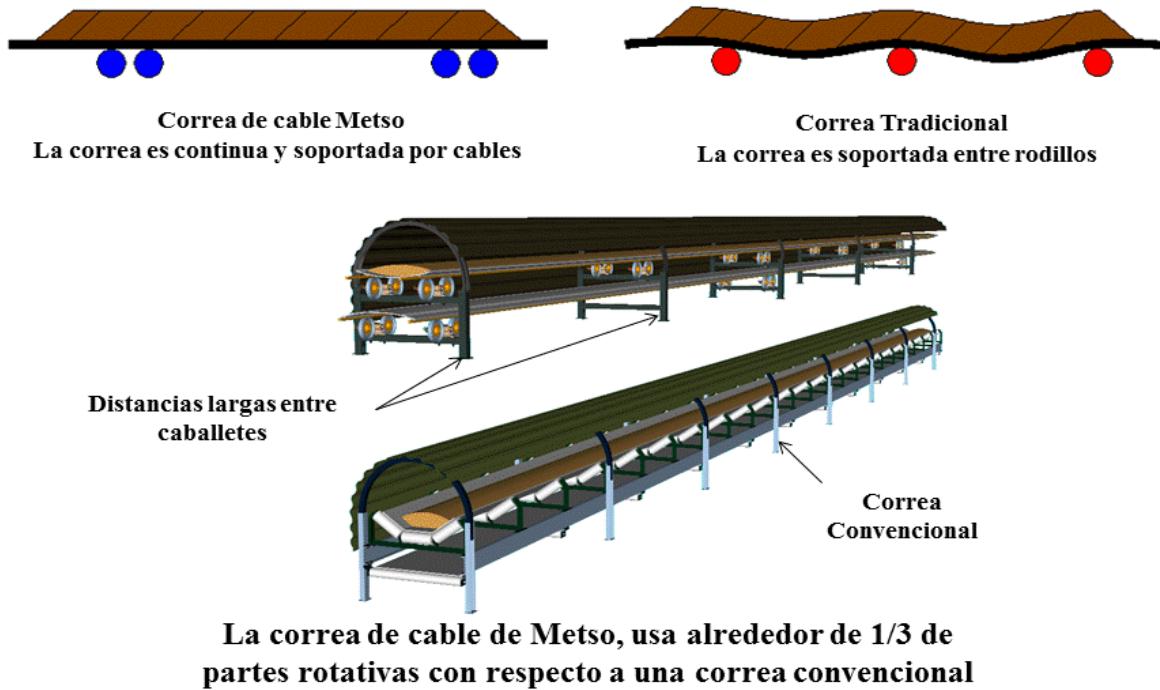
**VIDEO DE FUNCIONAMIENTO DE LA DHC (SOLO CD)**



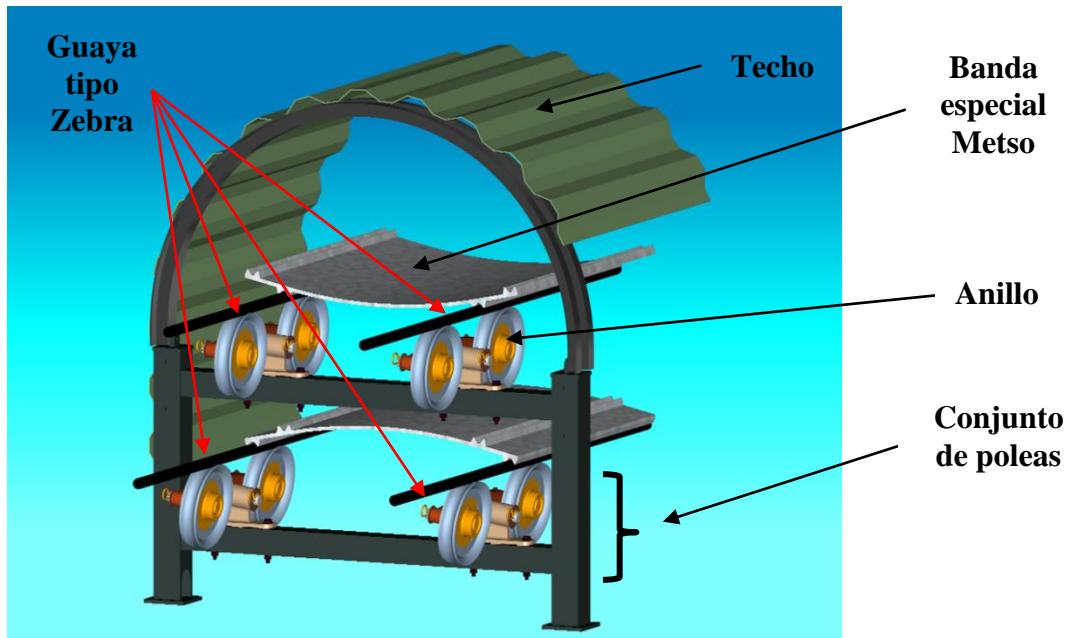
**Figura 48.** Imagen 3D del trazado de la correa de bajada (DHC), desde el tope de la mina hasta los patios de Pie de Cerro, a través de la herramienta GOOGLE EARTH (2010)<sup>I</sup>.

## **Correa de cables Metso II**

### Baja fricción y alta eficiencia



**Figura 49.** Comparación entre una correa de cables y una correa de rodillos <sup>II</sup>.



**Figura 50:** Corte esquemático de la correa de bajada, donde se muestran sus partes <sup>II</sup>.

**Referencia para el ANEXO 6:**

- I. GOOGLE EARTH (2010) [software]. Versión 2010. [Consulta: 20 de enero de 2016].  
Obtenido de: <https://www.google.es/earth/download/ge/agree.html>
- II. CVG BAUXILUM (2006) *Gestión de la DHC 1999-2006*. Informe interno. Inédito.