



**MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR  
INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALURGICO.  
“Dr. Antonio Núñez Jiménez”**

**Tesis presentada en opción al Título Académico de Especialista en  
Explotación de Yacimiento para Materiales de Construcción.**



**TÍTULO: “ PERFECCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE EXPLOTACION DEL  
YACIMIENTO ARRIETE ”**

**AUTOR: Ing. EDUARDO MENA BALBERDI.**

**TUTOR: Dr.C. SANTIAGO BERNAL HERNANDEZ.**

**AÑO 54 DE LA REVOLUCIÓN.**

**MOA 2012.**

Índice		2
Resumen		3
Introducción		4
Capítulo I.-	Estado de la temática en el mundo y en Cuba.	6
Capítulo II.-	Caracterización y principales particularidades geológicas del yacimiento.	12
	2.1. Características geográficas y económicas de la región.	12
	2.2. Constitución geológica del yacimiento.	13
	2.3. Características cualitativas de la materia prima y sus usos industriales.	16
	2.4. Propiedades físico – mecánicas del mineral útil y las rocas encajantes.	17
	2.5. Cálculo de Reservas.	18
	2.6. Características hidrogeológicas.	20
Capítulo III.-	Actualización de los métodos de explotación y su organización.	23
	3.1. Mejoras de la preparación minera del yacimiento.	23
	3.2. Reevaluación de los intervalos de perforación de las profiritas alteradas como materia prima para áridos en el bloque 2 Bb.	30
	3.3. Caracterización de los impactos ambientales que se producen y las causas que provoca, para su predicción y/o disminución desde la etapa de proyecto hasta el cierre.	40
Conclusiones.		50
Recomendaciones.		51
Bibliografía.		
Anexos Textuales: columnas geológicas de los pozos evaluados.		
Anexos Gráficos: Plano de cálculo de reservas y perfil.		

## Resumen

Con el crecimiento a gran escala de nuevas inversiones industriales y de obras civiles en el territorio de Cienfuegos, el yacimiento Arriete debe garantizar mayores volúmenes de roca triturada, pero cuenta con reservas limitadas para incrementar la extracción y lograr satisfacer la demanda. Se realizó el perfeccionamiento del sistema de explotación del yacimiento Arriete, que permitió aumentar la producción mensual promedio en 8 702 m<sup>3</sup>, la reevaluación de los intervalos de perforación de las porfiritas alteradas posibilitó el aumento del volumen de reservas en 112765 m<sup>3</sup>. Las nuevas reservas desarrolladas de porfiritas del yacimiento Arriete cumplen con todos los requerimientos de calidad establecidos por la norma vigente NC 251: 2005 para su uso en la construcción de hormigón y de morteros.

El perfeccionamiento del sistema de explotación garantiza la producción de la planta, con un desarrollo minero previo para los próximos 15 -20 años. La concepción del sistema de explotación mediante la concentración de las labores disminuyó el impacto ambiental y favoreció la aplicación de las medidas de mitigación y posibilitó hacer más sustentable la explotación.

## Introducción

La creciente demanda de áridos para la construcción a lo largo de todo el país, exige cada día más un mayor ordenamiento de toda la actividad geólogo-minera para poder lograr una solución rápida y eficiente a todos los programas que hoy demanda el desarrollo económico del país, aparejado a esto, las restricciones ambientales actuales, nos obliga a perfeccionar los métodos de explotación minera para minimizar el impacto sobre el medio ambiente y el aprovechamiento racional y más completo de las reservas minerales.

El aumento incontrolable, del consumo de materias primas para materiales de la construcción se traduce inevitablemente en mayor degradación ambiental mediante el ciclo superproducción-consumo-eliminación insuficiente de los residuos, contribuye a que el mundo presente, cada vez más, una escasez progresiva de recursos para sostener al ambiente y al género humano.

### Situación problémica

Con el crecimiento a gran escala de nuevas inversiones industriales y de obras civiles en el territorio de Cienfuegos, el yacimiento Arriete debe garantizar mayores volúmenes de roca triturada y sus reservas listas no garantizan la demanda con la posible área a aperturar actualmente (bloque 7 B b y 13 C<sub>2</sub> b), ya que el resto de las reservas se encuentran inundadas a la vez que disminuya los impactos ambientales debido al aumento de las exigencias al respecto. Es por ello que el **problema de investigación** es la necesidad perfeccionar el sistema de explotación del yacimiento Arriete como vía para el aprovechamiento más completo e integral de las reservas con vistas a garantizar la satisfacción de la necesidad de materiales de la construcción en la provincia de Cienfuegos y minimizar los daños al medio ambiente.

### Hipótesis

Si logramos aumentar el volumen de reservas mediante las mejoras de la preparación minera, la reevaluación de los intervalos perforados de roca alterada de porfiritas, actualizar los métodos de explotación del yacimiento y tomar medidas para mitigar el

impacto medio ambiental se podría perfeccionar el sistema de explotación del yacimiento para satisfacer la demanda de áridos y minimizar los daños al medio ambiente.

### Objetivo general

Perfeccionar el sistema de explotación del yacimiento Arriete, sobre las bases de elevar el aprovechamiento más integral y completo de las reservas, para satisfacer la demanda de áridos en la provincia de Cienfuegos y minimizar el impacto ambiental.

### Objetivos específicos

- Reevaluar los recursos del yacimiento Arriete, desde el punto de vista geólogo minero y tecnológico para aumentar los volúmenes de reservas.
- Mejorar la preparación minera del yacimiento.
- Garantizar una explotación más integral y completa del yacimiento mediante la actualización de los métodos de explotación.
- Mitigar los impactos ambientales negativos provocados por la actividad minera.

## Capítulo I- Estado de la temática en el mundo y en Cuba.

Distingue que los áridos o agregados pétreos son considerados productos básicos para la industria de la construcción civil. Los áridos se emplean en cantidades muy importantes en todos los ámbitos de la construcción: vías de comunicación y obras de infraestructura, equipamientos, vivienda, industria, etc., por lo que son un material insustituible para la sociedad actual. Resulta imposible imaginar las industrias de la edificación y transporte sin el recurso de utilizar masivamente los áridos, primera materia prima consumida por el hombre después del agua.<sup>1</sup> Pero no se refiere a la necesidad de perfeccionar el sistema de explotación como vía para aumentar el aprovechamiento integral de los recursos y de mitigar los impactos ambientales.

Los áridos se obtienen mediante una intervención temporal sobre el medio, que tiene por objeto obtener un aprovechamiento minero. Se trata, por lo tanto, de un impacto paisajístico transitorio producido mientras se llevan a cabo las tareas extractivas y hasta la finalización de la ejecución del correspondiente programa de restauración. Por ejemplo en España este es autorizado y tutelado por la Administración Autonómica (así por ejemplo, en el caso de Cataluña, es el *Departament de Medi Ambient i Habitatge de la Generalitat*).

No distingue la necesidad de aprovechar de la forma más completa e integral los recursos por medio del perfeccionamiento del sistema de explotación para con ello minimizar los impactos ambientales.

Puede afirmarse: que la minería como suministrador de materias primas y combustibles es una actividad industrial que contribuye directamente a las necesidades del desarrollo económico y social de las comunidades, pero deteriora al medio ambiente en la medida del aumento de su escala.<sup>2</sup> No valoró la necesidad del perfeccionamiento del sistema de explotación como vía para aumentar la producción y disminuir la afectación al medio.

---

<sup>1</sup>.Herrera de la Rosa Rosa, Gayoso Blanco, Regino. Áridos para hormigón (2007).

<sup>2</sup> Álvarez-Campana Gallo y Erias Rey, Antonio. Minería sostenible ¿Una contradicción a un modelo de construcción más sostenible? Universidad de A Coruña. 2008

La minería constituye, además, un caso especial en lo que a generación de residuos se refiere, en líneas generales, para obtener el producto a comercializar es necesario extraer una gran cantidad de materiales estériles que, por motivos económicos, se disponen en las proximidades de la explotación.

El programa de restauración tiene como principal objetivo devolver el terreno afectado por la explotación a sus usos iniciales, o bien adecuarlo a las nuevas necesidades del territorio y la comunidad. Esto implica que antes del comienzo de la actividad, las empresas tienen que disponer de un programa de restauración aprobado y tienen que depositar una importante cantidad de dinero como fianza para garantizar que la restauración se llevará a cabo. Actualmente, las empresas extractivas catalanas tienen más de 60 millones de euros depositados como avales<sup>3</sup>.

La restauración integrada consiste en el aprovechamiento de los movimientos de tierra que generan la misma actividad extractiva para restaurar paralelamente zonas ya explotadas. De esta forma, se restaura a medida que se va explotando el terreno y no se espera hasta finalizar la actividad. Se trata de un sistema muy efectivo para la recuperación del medio natural. Al finalizar los trabajos de restauración se puede conseguir un uso productivo del suelo e, incluso, hay casos en que el entorno natural es mejorado a raíz del proceso restaurador.<sup>3</sup>No tuvo en cuenta el perfeccionamiento del sistema de explotación como medida para disminuir el impacto medio ambiental.

El estudio de la actividad extractiva en la isla de Cuba sigue siendo un campo infravalorado en su interés debido a la visión que de la misma dio la historiografía tradicional. Autores clásicos como Calvache, entre otros, no dudaron en afirmar que no debió ser importante, puesto que el ilustre barón de Humboldt no hizo mención alguna de ella en su *Ensayo Político sobre la isla de Cuba (1827)*; y en su correspondencia privada con el capitán general de la isla afirmó: “en un país cuya verdadera riqueza consiste en la agricultura... el trabajo en las minas sólo convidaría a la holgazanería en menoscabo de aquella”.<sup>4</sup>En esa época no se consideraba la afectación al medio ambiente.

---

<sup>3</sup> Herrera de la Rosa Rosa, Gayoso Blanco, Regino. Áridos para hormigón (2011).

<sup>4</sup> Calvache, Antonio: *Historia y desarrollo de la minería en Cuba*. La Habana, 1944. y Soto González, Luis D.: *Apuntes sobre la historia de la minería cubana*. Santiago de Cuba, 1981, pág. 32.

Ha quedado demostrado que, lejos de ser la actividad minera un ramo marginal de la economía cubana y marginado como se creía del interés del gobierno peninsular, constituyó, por el contrario, uno de los sectores emergentes en la primera mitad del siglo XIX, en gran medida gracias a las iniciativas del gobierno, que no escatimó esfuerzo alguno (exenciones impositivas, legislación específica, contratación y envío de expertos, etc.) en aras de su fomento y prosperidad.

En la etapa de la pseudorepública se produce un discreto desarrollo de la actividad minera, mas la misma (como regla general) era poco técnica y se ejecutaba de manera prácticamente empírica.

Al triunfo revolucionario se incentiva la extracción minera como fuente ineludible de desarrollo, a fin de evadir las serias limitaciones impuestas por el bloqueo imperialista, se comienza la explotación a gran escala y se aperturan yacimientos que dieran respuesta a las necesidades crecientes de la naciente revolución.

El caso que nos ocupa es el de un yacimiento aperturado por la Revolución que ha venido desarrollándose en la medida en que los tiempos han posibilitado la introducción de tecnologías superiores.

En nuestro país en la actualidad durante la explotación de las canteras de materiales de construcción, se presentan diferentes insuficiencias y deficiencias en los trabajos de preparación y explotación, los que traen consigo, afectaciones en la productividad del trabajo, problemas de seguridad y mayor impacto al medio ambiente.

Aunque se presentan muchos problemas durante el proceso de preparación y explotación de las canteras, los principales y de mayor influencia son: falta de diseño o escasa fundamentación técnica en su elaboración, insuficiente preparación de las canteras para su explotación, necesidad de perfeccionamiento del sistema de explotación, deficiente diseño de los trabajos de voladura y/o poco control en la aplicación de lo planificado en



estos trabajos, problemas de seguridad, impacto ambiental considerable y problemas en el diseño y manejo de las escombreras.

Las canteras generalmente impactan negativamente la atmósfera, las aguas superficiales y/o subterráneas, el suelo, la vegetación, la fauna, el paisaje y a las poblaciones cercanas, en dependencia de la ubicación geográfica de las mismas, la tecnología empleada durante su explotación, así como de la existencia de proyectos deben prever la minimización o mitigación de los impactos negativos.

En la práctica común durante la explotación de nuestras canteras, en la mayoría de los casos no se prevé medidas para la minimización de los impactos negativos que se producen durante la explotación o no se cuenta con los fondos requeridos para ello, por lo que incluso existen casos en que no se ejecutan ningún tipo de trabajos de rehabilitación. En la mayoría de los proyectos vistos existe una ausencia total de los planes de cierre, por lo que, cuando se agota el recurso o es irrentable la explotación, se procede al abandono de la cantera, dejando una carga de impactos negativos considerables.

Las canteras durante su explotación e incluso después que esta cesa (debido a que fueron abandonadas) impactan la atmósfera por emisión de considerables volúmenes de polvo en suspensión. En dependencia de su ubicación geográfica pueden afectar, en un mayor o menor grado a zonas pobladas, corrientes de agua, acuíferos, vegetación, fauna y en general al paisaje.

La explotación de las canteras de materiales de construcción, en un por ciento considerable, se realiza de forma irresponsable con una ausencia significativa del uso de técnicas de avanzada, por lo cual ellas no están en capacidad de dar respuesta a las demandas crecientes de materiales de construcción<sup>5</sup>. En su monografía no consideró la vía del perfeccionamiento del sistema de explotación para disminuir los impactos ambientales y aumentar la producción.

---

<sup>5</sup> Watson Quesada, Roberto. Problemas fundamentales que se presentan en las canteras de áridos en Cuba, 2010, Manuscrito.

Los relativos bajos precios de venta de los materiales de construcción, así como los elevados costos que representa la realización de investigaciones, para conocer con precisión los recursos que se explotan; hace que los propietarios no se estimulen por conocer adecuadamente los yacimiento que explotan y esto a su vez conlleva a la no realización, ni aplicación de proyectos de explotación.

Durante la explotación de la mayoría de las canteras, el lugar de ubicación de las escombreras se elige *a priori*, donde primero aparezca o donde sea más fácil depositar el material que no se va a utilizar, sin un diseño de su construcción.

Los instrumentos legales existentes para el control de la actividad en el área, son de reciente creación y su implementación aún es insuficiente para lograr sus efectos de manera que se realicen las explotaciones de las canteras de forma que produzcan el menor impacto.

En la actualidad, prácticamente no se procede al cierre técnico de las canteras, sino simplemente, en el mejor de los casos, en ellas se implementan algunas medidas de rehabilitación y se abandonan, con las potenciales afectaciones, que esto puede acarrear, sobre todo cuando se trata de canteras ubicadas cercanas a áreas pobladas.

Cuba consume aproximadamente 6 000 000 metros cúbicos anuales de áridos, como parte de la tecnología del hormigón hidráulico para las edificaciones y la construcción y mantenimiento de viales. Es por eso que resulta de gran importancia para la economía del país, el empleo de áridos con las características técnicas adecuadas que permitan una mayor calidad y durabilidad de las obras.<sup>6</sup>No consideró el perfeccionamiento del sistema de explotación para disminuir los impactos ambientales y aumentar volúmenes de producción.

Estimular la explotación y el aprovechamiento de los recursos naturales necesarios para el desarrollo de nuestra sociedad, sobre la base de criterios ecológicos sustentados en el respeto a la diversidad de las regiones del país<sup>7</sup>

---

<sup>6</sup> Herrera de la Rosa, Rosa. Gayoso Blanco Regino. Áridos para hormigón.

<sup>7</sup> CITMA. Medio ambiente y desarrollo sustentable. Sitio ftp. 2010

Esta es una premisa que se le ha orientado a la Empresa de Servicios Minero Geológicos en la búsqueda de soluciones para obtener un incremento de áridos con el menor costo desde el punto de vista económico y ambientalista. Pero no es explícita en la necesidad del perfeccionamiento del sistema de explotación para dar respuesta a las altas demandas de materiales de la construcción y a la vez mitigar los impactos ambientales.

## **Capítulo II.- Caracterización y principales particularidades geológicas del yacimiento.**

### **2.1.-Características geográficas y económicas de la región.**

El yacimiento se encuentra ubicado al Suroeste del poblado de Arriete, a 10 km al Norte de Palmira, a cuyo municipio pertenece, en la provincia de Cienfuegos.

Las coordenadas Lambert de sus límites son:

$$X_1 = 446879 \quad X_2 = 448479$$

$$Y_1 = 163779 \quad Y_2 = 165779$$

Pertencientes a las hojas 4182-IV y 4183-III del ICGC a escala 1:50000

Las coordenadas geográficas del centro del yacimiento son:

-22°20'10" de latitud Norte.

-80°25'40" de longitud Oeste

Las vías de comunicación con el yacimiento son favorables. Por el borde mismo de este cruza un ramal ferroviario que entronca a unos 8 km aproximadamente con la línea de los ferrocarriles Occidentales, que une a Cienfuegos con Santa Clara.

Además existe un terraplén que une al yacimiento con Palmira, entroncando con la carretera que va de Cienfuegos a Esperanza. Hasta el mismo yacimiento llega la Red Nacional de energía eléctrica, de la cual se alimenta la planta trituradora de piedra que está actualmente en funcionamiento.

El relieve de la región es suave desde el punto de vista orográfico, la zona del yacimiento se encuentra ubicada en la región natural de occidente, en el extremo Oriental del Peniplano de Occidente o Peniplano caliza, con ligera inclinación al Suroeste. En esta parte del Peniplano, se localizan una serie de elevaciones en forma de cúpulas que no sobrepasan la cota 50 m SNM.

Hidrográficamente la región se encuentra en la parte Sur de la cuenca del Río Damují, uno de los de mayor importancia en la provincia. En los límites del yacimiento la red hidrográfica se encuentra formada por el Arroyo del Agua y algunas cañadas de curso

intermitente, que sirven de cauce en las épocas lluviosas a las aguas producto de las precipitaciones. El Arroyo de Agua corre en dirección SE – NW.

La precipitación media anual alcanza 1400 mm, la máxima observada es de 2334 mm y la mínima 140 mm, con un período de lluvia abundantes de Mayo a Octubre y menos lluvioso en el resto del año. La temperatura media localizada en la zona es de 23°C, con máximas de 38°C y mínimas de 4°C.

## **2.2.- Constitución geológica del yacimiento.**

La zona objeto de estudio de nuestro proyecto, se encuentra ubicada en la Unidad Tectónica de Zaza, en el gran complejo de rocas efusivas que se extienden desde el Norte de la bahía de Cienfuegos hasta Zulueta.

El yacimiento está constituido por andesitas – dacitas porfídicas (foto no 1), en las que resaltan los fenocristales de plagioclasas oligoclasa, y de anfíbol, en una matriz hialopilitica o microlítica, o sea, en una matriz compuesta por vidrio volcánico en mayor o menor proporción y en parte cloritizadas, en el que se observan finos microlitos de plagioclasa diseminados.



Foto No 1. Porfiritas andesíticas del yacimiento Arriete

En general, estas rocas, forman corrientes de corta longitud, pero muy gruesos, salientes dómicos, con laderas pendientes o diques. Son más silíceas y alcalinas que las andesitas de piróxenos.

Hacia la parte central del cuerpo se observa una variedad andesítica – basáltica, con estructura sub ofítica, de color gris más oscuro, que evidencia la existencia de una transición petrográfica en el cuerpo estudiado.

Estos cuerpos de porfirita antes mencionados aparecen rodeados de tobas litoclásticas de grano medio a grueso, tobas cristaloclásticas de grano fino de composición andesítica y brecha aglomerado volcánico.

Las tobas litoclásticas están constituidas, en una porción de aproximadamente de un 25%, por fragmentos de diferentes tipos de rocas efusivas, tales como porfiritas andesíticas, porfiritas andesíticas – dacíticas y menos frecuentemente porfiritas basálticas. Además, se observan fragmentos de lavas muy porosas. En algunos casos ese contenido de litoclastos se eleva hasta llegar a un 40%. Los cristaloclastos de plagioclasas son escasos y no exceden de un 5%. La matriz de la roca la compone vidrio volcánico cloritizado y en parte carbonatizado, sólo en algunos casos se observa también el vidrio pelitizado.

Las tobas cristaloclásticas, son de grano más fino y en ellos se observa hasta un 25% de cristales de plagioclasa envuelta en una matriz de vidrio volcánico cloritizado, zeolitizado y ocasionalmente silificado.

Las rocas que constituyen el yacimiento, pertenecen a la formación tobas, de edad cretácico superior cenomaniano – caniciano ( $K_{2cm}-C_n$ ).

Dos hechos paleontológicos precisan la edad de la formación Tobas.

- 1- La caliza Provincial (que se sitúa en la parte inferior de la formación tobas), contiene rudistas cuya asociación constituye la “Fauna de Topeyacia” de Chubb (1956), y que parece corresponder al Cenomaniano – Turoniano (Hac Guillavry, 1957, la rebaja al Albiano medio pero Inlay, 1944, combate esta opinión).
- 2- Una fauna de amonitis fue recolectada por Rutten (1936), en la parte superior de la formación Tobas. Identificaciones provisionales hechas por Jawosky, mencionan

los géneros *Austiniceras*, *Pachydiscus*, *Beroisiceras*, *Crioceras*, que indican una edad del Turoniano – Coniciano.

Las porfiritas que constituyen el material útil del yacimiento Arriete, se presentan en forma de un cuerpo alargado, de dirección NE – SW, con una longitud de unos 2000 m y un ancho promedio de unos 500 m, encajando en tobas de composición similar a las porfiritas. (foto No 2).

El contacto entre las porfiritas y tobas es suave, sin alteraciones metasomáticas, ni de otros tipo, de ahí su carácter efusivo, lo cual se confirmó también por ser las porfiritas, rocas típicamente volcánicas. El cuerpo de porfiritas fue contorneado casi en su totalidad por los pozos de mapeo.

La tectónica del yacimiento es muy complicada, una gran zona de trituración fue comprobada por algunos de los pozos



Foto No 2. Frente de cantera de las porfiritas andesíticas.

El origen del yacimiento se produjo durante el vulcanismo del período Cretácico, en el cual se depositó la Formación Tobas, la que además de rocas volcánicas, contiene intercalaciones de calizas, lo que demuestra que existieron interrupciones del vulcanismo y que se crearon condiciones favorables en la zona de deposición para que se depositara el  $\text{CaCO}_3$  que dio origen a dicha caliza.

### **2.3.- Características cualitativas de la materia prima y sus usos industriales.**

Tomando como base los resultados tecnológicos obtenidos y la experiencia de la explotación y venta de esta materia prima, podemos señalar los siguientes usos de la materia prima de este yacimiento:

- 1- Como piedra triturada para hormigones pesados hasta marca 400 kg/cm<sup>2</sup>.
- 2- Como Piedra triturada para hormigones de carretera, utilizándola para la capa inferior y para la base o fundamento del pavimento. También se puede utilizar para pavimentos de una capa y para la capa superficial de pavimentos de dos capas pero hay que tener mucho cuidado e ir controlando esta utilización, ya que se solicita una resistencia a la compresión no menor de 800 kg/cm<sup>2</sup> y el valor resultante oscila en un rango bastante amplio, o sea, 600 – 1400 kg/cm<sup>2</sup>, siendo el 50% aproximadamente de valores superiores a 800 kg/cm<sup>2</sup>.
- 3- Como piedra triturada para la elaboración de mezclas asfalto – hormigón. Para arena artificial y arena artificial fraccionada. La granulometría fue gruesa ya que está en dependencia de la abertura del molino. Lo que sí es conveniente que tiene una buena resistencia, que se obtienen granos que tienden a ser redondos y lo que pasa por el tamiz 0,150 mm es menor de 10%.
- 4- Para hormigones hidráulicos no se recomienda ya que la exigencia de la absorción es que sea menor del 1% y la obtenida sobrepasa ese valor. Además surge una triturabilidad en el cilindro una marca 1200 y se obtuvo como promedio alrededor de 1000 en nuestro yacimiento, ni cumple tampoco con la exigencia de la resistencia al testigo.
- 5- En la información geológica consultada se recomienda las porfiritas alteradas como relleno para la construcción de caminos, terraplenes, etc., debido a la baja marca de la piedra triturada, que en la mayoría de los casos es de 400.

Teniendo en cuenta los resultados de los análisis químicos, las porfiritas de este yacimiento tienen alto contenido de sílice que consideramos no influye en la utilización de hormigones; pues como impurezas nocivas se consideran otras variedades de sílice. El contenido de SO<sub>3</sub> es menor de 1%. Consideramos que químicamente la roca no tiene elementos perjudiciales que puedan limitar el uso de la materia prima.



#### **2.4.- Propiedades físico – mecánicas del mineral útil y las rocas encajantes.**

Las propiedades físicas están dadas por el comportamiento principal de la absorción de agua de las rocas, como se puede observar en las diferentes tablas tecnológicas, éste parámetro es variable, en las zonas que se calcularon reservas, el valor de la misma no sobrepasa 35%, se puede afirmar que el valor medio oscila desde 2,2 hasta 3,1%, pero en la mayoría de los casos en alrededor de  $2,6 \pm 0,2\%$ , este valor es demostrado también matemáticamente por los promedios ponderados.

Otro parámetro físico es el peso volumétrico que tiene estrecha relación con la absorción (son parámetros inversos), el valor medio que se obtuvo gráficamente se encuentra alrededor de  $2,50 \pm 0,02 \text{ g/cm}^3$ . El peso específico real, o sea, el peso de  $1 \text{ cm}^3$  sin poros no tiene variaciones grandes, se encuentra en el valor de  $2,73 \pm 0,03 \text{ g/cm}^3$ , la porosidad está en dependencia de los valores anteriores excepto tres valores, el valor de la porosidad es menor que el 10%.

Las propiedades mecánicas están dadas principalmente por la resistencia dinámica y estática, esta última se efectuó en dos formas: principalmente la resistencia que presentaba las gravas en las diferentes fracciones y por la resistencia que presentaba los testigos en estado natural (1:1); el mayor por ciento de las muestras ensayadas dan una marca de 100, oscilando alrededor del 44%, un 26% en marcas superiores y el otro 30% en marca 800 (aproximadamente 14%) y marca 600 (aproximadamente 16%). Se puede decir que la mayoría de las reservas calculadas tienen una marca de 1000 o superior a ésta, en estado saturado.

La resistencia determinada al testigo en forma de cilindro (1:1), dio valores muy diversos, siendo el 50% mayores de  $800 \text{ kg/cm}^2$ , llegando hasta  $1400 \text{ kg/cm}^2$ . La resistencia dinámica se determinó mediante la abrasión en el molino Los Ángeles, en la mayoría de los casos se obtuvieron valores menores que el 25%, lo que demuestra la gran calidad de la roca.

## **2.5. Cálculo de Reservas.**

El cálculo de reservas utilizado en el informe de la Exploración Orientativa y Detallada realizado por la Empresa de Geología de Santa Clara en el año 1978, que sirvió de base para este trabajo, fue el de los bloques geológicos, que es el que más se adapta a las condiciones de nuestro yacimiento. Este es relativamente homogéneo en sus propiedades físico–mecánicas y están definidos los límites verticales de los bloques.

Datos básicos y límites de calidad.

Los datos básicos utilizados en el cálculo de reservas son las áreas de los bloques y la potencia.

La potencia para el cálculo, se tomó igual a la altura del escalón, o sea, 12 metros, excepto en el último escalón que llega hasta la superficie, en el que se calculó la cota promedio de la superficie teniendo en cuenta todas las cotas que aparecen en el plano topográfico a escala 1:2000.

El cálculo se realizó en general por escalones (12 m).

Se tuvieron en cuenta todos los pozos que conformaban el bloque. A cada pozo a su potencia total, se le calculó la cubierta más las intercalaciones estériles (por tecnología o recuperación); se sumaron las potencias de cubierta más las intercalaciones de todos los pozos que entran en el bloque y se determinó el por ciento que esta representaba de la suma de todas las potencias de los pozos. Este por ciento se descontó a las reservas totales calculadas según la altura del escalón.

Tabla No 1. Resultados del cálculo de reserva.

Bloques	Categorías de reservas	Volumen m <sup>3</sup>
2BB	Medidas	1994979.50
Sub-Total		1994979.50
5C <sub>1</sub> B	Indicadas	1106647
9C <sub>1</sub> B	Indicadas	702999
12C <sub>1</sub> B	Indicadas	248618
Sub-Total		2058264
Total	Todas	4053243.5

Tabla No 2. Volumen de reservas por bloques.

Según Informe de la Exploración año 1978			Según el cálculo realizado 2001			
Bloques	Categoría de reservas	Volumen m <sup>3</sup>	Bloques	Categoría de reservas	Volumen extraído (m <sup>3</sup> )	Volumen que queda (m <sup>3</sup> )
2BB		2044861	2BB	Medidas	49881.50	1994979.50
Total	BB					
5C <sub>1</sub> B		1106647	9C <sub>1</sub> B	Indicadas	0.00	702999.00
9C <sub>1</sub> B		702999	9C <sub>1</sub> B	Indicadas	0.00	702999.00
12C <sub>1</sub> B		248618	12C <sub>1</sub> B	Indicadas	0.00	248618.00
Total	C <sub>1</sub> B	2058264				951617.00
Total	B + C <sub>1</sub>		Total Medidas + Indicadas		49881.50	4053243.5

#### **Delimitación horizontal y vertical de los bloques según categorías de reservas.**

**Bloque 2 BB:** Está delimitado horizontalmente por los siguientes pozos: PM-109, PM-139, PT-4, P-36, PM-40, PD-24, PM-49, PM-60, PM-59, PM-58, PD-5, PM-46 y PM-38. El límite vertical es la cota +22, dado por la profundidad de la investigación según la red 125 X 100 m. Debajo está el bloque 5C<sub>1</sub>B.

Bloque 5 C<sub>1</sub>B: Está delimitado horizontalmente por los pozos PT-4, P-36, PM-40, PD-24 Y PM-49 y por el sur por la línea que pasa cerca de los pozos PM-68, y PT-5, trazada por seguridad de la parte hidrogeológica, el límite este pasa por los pozos PM-58 y PD-5, fue trazado teniendo en cuenta el contacto de la profiritas y tobas. El bloque está delimitado verticalmente entre las cotas +10 y +22 m. La cota +10 fue la mínima hasta donde llego la investigación.

Bloque 9 C<sub>1</sub>B: Está delimitado horizontalmente por los pozos PD-5, PM-58, PD-4, PM-59, PM-60, PM-69, y PM-68. El límite vertical está dado por la cota +22, debajo esta el bloque 5 C<sub>1</sub>B. Hacia el norte limita con el bloque 2BB. Hacia el sur el límite viene dado por una línea que pasa entre los pozos PM-68 y PT-5, trazada por seguridad debido a las condiciones hidrogeológicas del yacimiento. El límite oeste está formado por la línea trazada entre los pozos PD-5 y PM-67, la cual no llega a este último pozo porque se intercepta por la línea de seguridad hidrogeológica.

Bloque 12 C<sub>1</sub>B: Son reservas extrapoladas a partir del bloque 2BB. Está limitado horizontalmente por los pozos PM-108, PM-46, PM-38 y PM-109, y por la línea de extrapolación entre dichos pozos y el PM-57, PM-45, PM-37 y PM-31, los cuales cortaron tobas desde la superficie. El límite vertical es la cota +22, la cual es el límite del bloque 2BB.

## **2.6. Características hidrogeológicas.**

Desde el punto de vista hidrogeológico, el territorio se considera ubicado en la parte Sur de la cuenca del río Damují. El área calculada de la cuenca es de 82 km<sup>2</sup>, con un caudal medio diario de 295 m<sup>3</sup>/seg., para el año 1966, 63 m<sup>3</sup>/seg. en 1967 y 227 m<sup>3</sup>/seg. en 1968 (según datos de la Estación Meteorológica de Rodas).

En los límites del yacimiento la red hidrográfica se encuentra formada por el Arroyo del Agua y algunas cañadas de curso intermitente que sirven de cauce en las épocas lluviosas a las aguas producto de las precipitaciones atmosféricas.

El Arroyo del Agua nace a unos 11 km al Este del yacimiento, a 2 km al Noroeste del poblado de Camarones, cediendo sus aguas al río Congojas, en la región de Seborucal. El curso de este arroyo es sinuoso, siendo sus pendientes suaves y pedregosas. Las aguas del arroyo son potables, con una mineralización de 0,6 g/l y de composición fundamentalmente hidrocarbonatada – magnesiana. El área de la cuenca es de 37,5 km<sup>2</sup>. El caudal medio del Arroyo del Agua en el período de los trabajos de campo fue de 132.8 m<sup>3</sup>/hora. El escurrimiento medio anual fijado por el departamento de hidrogeología del Frente Hidráulico Nacional (DAP) es de 12.9 X 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>.

La precipitación media anual alcanza 1400 mm, la máxima observada es de 2334 mm y la mínima 140 mm, con un período de lluvias abundantes de mayo a octubre y menos lluvioso en el resto del año. Los vientos de la zona soplan fundamentalmente en dirección Este, con una velocidad media de 4,4 m/seg. La temperatura media localizada en la zona es de 23°C, con máximas de 32°C y mínima de 4°C. La región de estudio es prácticamente llana, con una carencia total de elevaciones abruptas.

En el área del yacimiento nos encontramos con aguas subterráneas de grietas y sin presión, las cuales circulan por grietas tectónicas y por grietas de la zona de intemperismo. Estas aguas componen un sistema hidráulico completo.

La potencia de la zona de más agrietamiento varía entre los 30 y 40 metros (por datos de perforación), la acuosidad de las rocas comprendidas en el área del yacimiento (andesitas y porfiritas) y en las tobas que hacen contacto, es pequeña.

El gasto por pozo es de décimas de 1 l/seg con un abatimiento hasta de 20 m. El gasto específico llega a valores de 0,22 l/seg. En las zonas tectónicas, en el límite Sur del yacimiento y en la parte central, la acuosidad aumenta.

La alimentación de las aguas subterráneas se efectúa por la infiltración de las precipitaciones atmosféricas. La descarga se efectúa a través de la red hidrográfica del área y la dirección común del flujo de las aguas subterráneas es Suroeste.

Por los datos del ciclo incompleto de observaciones sistemáticas en los pozos (febrero – junio), la amplitud de variaciones del nivel de las aguas subterráneas fue de 3 – 9 m. Por su composición química, las aguas en las zonas son hidrocarbonatadas – sódicas – cálcicas, con una mineralización de 0,3 – 0,5 g/l. En las zonas de trituración tectónica el agua se enriquece de iones cloro ( $\text{Cl}^-$ ) y se convierte en hidrocarbonatada – clórica – sódica – magnésica y la mineralización aumenta hasta 0,7 – 0,8 g/l.

### **Capítulo III.- Actualización de los Métodos de explotación y su organización.**

La cantera Arriete desde principios del año 2005 viene presentando dificultades en lograr mantener una extracción estable de la materia prima a parte de no satisfacer la demanda planteada a la industria, La primera problemática a resolver era diseñar los trabajos de preparación minera para lograr la apertura de forma óptima este bloque. El segundo problema radicaba en determinar las perspectivas de uso de las profiritas alteradas que se encontraban evaluadas como no condicionadas, estudiando sus propiedades físico-mecánicas y de lograrlo permitiría un aumento de los volúmenes de materia prima útil y por ende la reducción de los volúmenes de los trabajos de desarrollo minero. La tercera problemática lo constituía la acción prolongada de extracción que se venía efectuando en el yacimiento y se hacía necesario caracterizar los impactos ambientales que se producían y las causas que los provocaba, para su predicción y/o disminución por lo que en este capítulo abordaremos las vías de solución a su problemática.

#### **3.1. Mejoras de la preparación minera del yacimiento.**

Una de las causas fundamentales que afectan la producción en la cantera el Arriete es la insuficiente preparación minera del yacimiento, lo que provocó el agotamiento de las reservas listas y concentrarse la explotación en el bloque 1 Bb, los niveles inferiores de este bloque se inundaron por la acción de las aguas superficiales y se torno irracional el bombeo del agua desde ella por los volúmenes tan altos y la posibilidad de realizar trabajos de drenaje no se hizo factible, ya que las cotas eran inferiores a la de la parte exterior del yacimiento. Todas estas deficiencias provocaron que en un momento dado de la explotación los niveles de aprovechamiento de la planta de procesamiento se vieran reducidos a la mitad de sus posibilidades. A partir de aquí, se evaluaron los bloques con mayores posibilidades para ser asimilados rápidamente. De este estudio resulto más perspectivo el bloque 2 Bb, donde se acometieron los trabajos de este proyecto.

El volumen necesario, planificado, para un año en piedra triturada es de  $144\ 000\ m^3$ , por lo que el volumen a extraer del macizo con un 5 % de pérdidas sería de:

$$V_a = \frac{Q}{K_e * R_{pl} * K_2} = \frac{144000\ m^3}{1.45 * 0.85 * 0.95} = 123077\ m^3$$

Q - Plan anual de producción del producto terminado [piedra triturada]

$K_e$  – Coeficiente de esponjamiento.

$R_{pl}$  – Rendimiento de la planta.

$K_2$  – Coeficiente de pérdida por concepto de voladura y transportación.

Los trabajos de preparación minera se proyectan en el bloque 2 Bb.

En estos momentos, las reservas técnicas [listas] son de 304089 m<sup>3</sup>, hasta la cota +46.0 por lo que se garantizan unos 2.5 años de producción en la planta tecnológica, en este nivel, y con la apertura progresiva del yacimiento se liberan las reservas del nivel +34.0 ascendentes a 922184 que de acuerdo a la productividad de la planta se adicionarían 7.5 años a la vida útil del yacimiento.

Debido a esa situación se planifica el desarrollo minero en el bloque 2 Bb [nivel + 46], en el cual la potencia promedio de capa vegetal y arcilla es de aproximadamente 1.5-2.0 m.

El volumen de capa vegetal y arcilla 266904 m<sup>3</sup>, con un coeficiente de esponjamientos 1.15 el volumen a desarrollar es de 306940 m<sup>3</sup>.

El volumen mensual de extracción de porfirita en el macizo con pérdidas sería:

$$V = \frac{A}{K_e * R_{pl} * K_2} = \frac{12000 \text{ m}^3}{1.45 * 0.85 * 0.95} = 10256 \text{ m}^3$$

El volumen para pasar al proceso tecnológico sería:

$$V_{ppt} = \frac{A}{K_e * R_{pl}} = \frac{12000}{1.45 * 0.85} = 9736 \text{ m}^3 (\text{en el macizo}) * 12 \text{ meses} = 116836 \text{ m}^3$$



El escalón a proyectar en la explotación de este bloque deberá tener 6.50 m de altura vertical promedio por lo que el nivel del piso será + 46 s.n.m. y del techo + 52.5 s.n.m. aproximadamente.

Los trabajos en este bloque tienen una buena característica para su extracción producto a que la escombrera puede ubicarse al este fuera de los límites del bloque, donde el camino ya está preparado de antemano.

La **extracción de la capa vegetal, arcilla y malezas** se realizará por medio de la excavación, acarreo y formación de pilas por un Buldócer, posteriormente se cargarán por un cargador a los camiones y se transportarán a la escombrera.

La **ubicación de la escombrera para el desbroce y la arcilla** será diferenciada. En el caso del desbroce (malezas y arbustos) se ubicará a 100 m al este del bloque 2 Bb y el flanco izquierdo del camino. Para la arcilla, se ubicará desde un área de 30 x 60 m en un terreno llano existente y el flanco derecho del camino.

El área se determinó por ser prácticamente llana y negativa ya que está dentro de la concesión minera y fuera de los límites de bloque.

#### **Trabajos de perforación y voladura.**

La barrenación se realizará por medio de la ROC – 460 en una red de 3 x 3 m con diámetro de perforación de 115 mm y 6 m<sup>3</sup> / m lineales.

Esta barrenación se hará desde la cota + 46 snm en el camino, hasta adentrarse en el bloque. El ancho de esa trinchera será de 8-10 m, el largo de 75-80 m, por lo que la red de barrenación será de 3 x 3 m (se ejecutaran 228 barrenos).(foto No 3).



Foto No 3. Trabajos en la conformación de la trinchera.

La profundidad máxima de barrenación será de 6,0 m.

Nivel	Barrenación
+ 46	1368 metros lineales

### **Necesidad de explosivos y detonadores para el destape.**

Tabla No 3. Datos para el cálculo de los explosivos.

Denominación	Cantidad
Consumo específico	0.65 Kg / m <sup>3</sup>
SE Senatel-100 de Ø 100 mm	20 %
SE Fortel- de Ø 89 mm	80 %
Metros a barrenar	1368 m / lineales
Volumen a obtener en el macizo	18468 m <sup>3</sup>
Cantidad de explosivos	12 004 Kg

### Equipos necesarios y su rendimiento para el destape.

Tabla No 4. Tipo y cantidad de equipos a utilizar.

Buldócer D-85 A Komatzu	1
Barrenadora Roc-460-115 mm Ø	1
Camión Kpaz- 12 t -8 m <sup>3</sup> Capacidad	3
Cargador Volvo LM-840-2.5 m <sup>3</sup> (cubo)	1

Tabla No 5. Rendimientos de los equipos.

Equipo	m <sup>3</sup>	ML	Rendimiento		
			m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /8h	duración
Buldócer	28537 2		126	1008	283
Barrenadora		1368	4.35	34.8	
Cargador	32540 8		142	1136	280
Camión	32540 8		135	1080	301

Nota: La productividad del equipamiento se determinó por normas al efecto.

### Costo de las diferentes actividades.

Tabla No 6. Costo de la barrenación.

ML	MN	TOTAL MN
1368	4.05	<b><u>5540.40</u></b>

Tabla No 7. Costo de los explosivos.

SE	Ton	CUC/Ton	Total
SE Senatel-100 de Ø 100 mm	2.4	1780	10252.80
SE Fortel- de Ø 89 mm	9.6	1430	13728.00
TOTAL			<u>23980.80</u>

Tabla No 8. Costo de los medios de explosión.

Producto	Cantidad	CUC	TOTAL
Detonadores eléctricos	20	1.3	26.00
Detonadores no eléctricos	120	2.49	298.80
Conectores de superficie	120	2.13	255.60
TOTAL			<u>580.40</u>

**Costo del equipamiento a utilizar en el destape.**

Tabla No 9. Costo del trabajo del Buldócer en el destape.

m <sup>3</sup>	Valor m <sup>3</sup>	TOTAL
285372	0.82	<u>234005.04</u>

Tabla No 10. Costo del trabajo del Cargador en destape.

m <sup>3</sup>	Valor /m <sup>3</sup>	TOTAL
325408	1.37	<u>445808.96</u>

Tabla No 11. Costo del trabajo del Camión en el destape.

m <sup>3</sup>	Valor /m <sup>3</sup>	TOTAL
325408	1.19	<u>387235.52</u>

Tabla No 12. Costo final por actividades.

Actividades	MN	CUC	total
Barrenación	5540.40	0.00	5540.40
Explosivos	0.00	23980.8	23980.8
Medios	0.00	580.40	580.40
Destape con Buldócer	234005.04	0.00	234005.04
Destape con el Cargador	445808.96	0.00	445808.96
Destape con camiones	387235.52	0.00	387235.52
<b>TOTAL</b>	<b><u>1072589,92</u></b>	<b><u>24561.20</u></b>	<b><u>1097151,12</u></b>



Foto No 4. Trabajos de desarrollo minero en el bloque 2Bb, destape.



Foto No 5. Trabajos de preparación minera en el bloque 2Bb, nivel +46.0

### **Conclusión parcial.**

Las mejoras de la preparación minera del Bloque 2Bb mediante la construcción de una trinchera de apertura crea las condiciones para incrementar el volumen de reservas listas, de forma que los trabajos de extracción puedan satisfacer el trabajo estable de la industria.

### **3.2. Reevaluación de los intervalos de perforación de las porfiritas alteradas como materia prima para áridos en el bloque 2 Bb.**

Para poder reevaluar las reservas del bloque 2 Bb, se valoraron los resultados del informe geológico correspondiente a la exploración orientativa y detallada de porfiritas Arriete (1980), Juan Suros y del proyecto de actualización minera de la cantera Arriete (2001), José Enrique Pérez y se emplearon las normas vigentes para la evaluación de áridos.

Se realizó un minucioso estudio de cada uno de los intervalos muestreados, haciendo énfasis en los intervalos evaluados como material estéril con el objetivo de incorporarlos al cálculo de reservas. (Anexo textual No 1. Columnas geológicas de los pozos).

Se realizó un análisis profundo de las dificultades y por tal motivo se recopiló toda la información geológico-minera del yacimiento. Además, se revisaron los volúmenes de reservas explotadas y por explotar.

Las porfiritas alteradas se ubican en la parte superior del corte, por debajo de la capa vegetal y la arcilla y sobreyacen a las porfiritas frescas, la potencia de estas varían entre 1.0-4.0 metros, en los estudios geológicos anteriores las porfiritas alteradas no se evaluaron para su uso como material de construcción.

La política actual en los yacimientos en explotación radica en aprovechar todo el material posible, partiéndose siempre del análisis de las propiedades físico-mecánicas. Basado en lo anterior se reevaluó el corte superior del yacimiento de acuerdo a las normas vigentes.

El bloque 2 Bb ocupa un área de 82633 metros cuadrados, integrado por 34 pozos que aportan un volumen de reservas 1994979 metros cúbicos, de toda el área del bloque se seleccionó un sector para realizar los trabajos de desarrollo y apertura de la materia prima para los próximos años.

Los volúmenes calculados del bloque de interés se reflejan en la tabla No 2.

Tabla No 13. Resumen del destape y volumen útil por bloque en los escalones +46 y +34.

Bloque	Volumen Destape	Volumen útil + 46	Volumen útil + 34
2 Bb	266 904	304 089	922 184
Total	266 904	304 089	922 184

En los escalones +46 y +34 de este bloque se delimitaron 1226273 metros cúbicos de reservas de materia prima útil.

A continuación se relaciona la potencia a destapar de los pozos y el volumen por bloque de acuerdo a los resultados del Informe Geológico de Arriete.

Tabla No 14. Resultado de los volúmenes a destapar bloque 2Bb.

Bloque	Pozo	Cubierta			Área	Volumen Arcilla	Volumen Porfirita alterada	Volumen Total
		Arcilla	Porfirita alterada	Total				
2BB	PM-38	4,90	0,00	4,90				
	PM-39	1,00	2,00	3,00				
	PM-40	1,50	0,90	2,40				
	PM-46	0,50	0,50	1,00				
	PM-48	2,00	0,00	2,00				
	PM-49	3,00	5,30	8,30				
	PM-58	0,50	0,00	0,50				
	PM-59	0,00	1,90	1,90				
	PM-60	2,60	0,60	3,20				
	PM-109	1,00	4,80	5,80				
	P-36	8,90	0,00	8,90				
	PT-4	2,50	4,00	6,50				
	PH-9	0,80	0,00	0,80				
	PD-4	0,50	0,50	1,00				
	PD-5	0,50	0,00	0,50				
	PD-10	11,80	0,00	11,80				
	PD-11	2,70	0,00	2,70				
	PD-12	0,90	0,00	0,90				
	PD-13	1,80	8,20	10,00				
	PD-14	0,50	2,00	2,50				
	PD-15	1,10	0,00	1,10				
	PD-19	2,30	2,80	5,10				
	PD-20	0,00	1,70	1,00				
	PD-21	0,00	1,70	1,70				
	PD-24	1,00	0,00	1,00				
	PD-25	2,30	3,40	5,70				
	PD-26	2,60	6,30	8,90				
	PD-27	1,20	7,90	9,10				
	PD-28	0,00	2,50	2,50				
	PD-31	0,50	1,50	2,00				
	PD-32	0,90	0,00	0,90				
	PD-33	1,00	2,50	3,50				
	PD-34	1,00	10,10	11,10				
	PD-35	0,00	0,00	0,00				
	<b>Promedio</b>	<b>1.80</b>	<b>2.01</b>					



### Resultado de los volúmenes útiles a explotar por bloques y escalón.

A continuación se relaciona la potencia útil de los pozos y el volumen por bloque de acuerdo a los resultados del Informe Geológico de Arriete.

Tabla No 15. Resultado del Volumen Útil bloque 2Bb.

Bloque	Escalón	Pozo	Potencia Escalón	Potencia útil Pozo	Potencia Promedio	Área	Volumen Útil
2BB	+ 46	PM-38	12	1,50	3,68	82633	304089
		PM-39		4,50			
		PM-40		2,30			
		PM-46		4,30			
		PM-48		3,80			
		PM-49		0,50			
		PM-58		7,30			
		PM-59		5,40			
		PD-5		5,20			
		PD-24		1,10			
		PH-9		5,70			
		PT-4		2,50			
	+ 34	PM-38	12	9,55	11,16	82633	922184
		PM-39		11,60			
		PM-40		10,00			
		PM-46		12,00			
		PM-48		11,80			
		PM-49		9,70			
		PM-58		12,00			
		PM-59		12,00			
		PM-60		11,00			
		PM-109		9,00			
		PD-5		12,00			
		PD-24		12,00			
PH-9	11,90						
P-36	10,90						
PT-4	12,00						

Resultados tecnológicos por bloque de acuerdo a los resultados del Informe Geológico de Arriete.

Los resultados tecnológicos de los bloques cumplen con los requerimientos según las normas actuales. En la norma NC 25: 2005 los requisitos a la materia prima establecen los siguientes parámetros:

- Resistencia mecánica de los áridos gruesos; por el índice de triturabilidad [RC]: > 40 MPa
- Resistencia mecánica de los áridos gruesos; por el ensayo Abrasión Los Ángeles [TC]: > 50 MPa
- Masa específica corriente [P.V]: > 2.5 g / cm<sup>3</sup>
- Absorción: < 3 %

De acuerdo a las limitantes antes relacionadas el bloque cumple con las mismas puesto que ellos fueron evaluados en un rango más estricto con las normas anteriores. La absorción está por debajo de 2.5, es decir, no sobrepasa el 3 % y la masa específica corriente, equivalente al peso volumétrico [PV] es mayor de 2.5 g / cm<sup>3</sup> en todas las muestras. La resistencia mecánica > 40 MPa equivalente a 407.8 kg / cm<sup>2</sup> y como puede observarse en las tablas en todos los casos de muestreo y por ende en el bloque fue mayor de 450 kg / cm<sup>2</sup>.

Tabla No 16. Resumen de los resultados tecnológicos por bloque y escalón.

Bloque	Cota	Absorción.	P.V	R.C.		Triturabilidad Cilindro	
				Menor	Mayor	40-20	20-10
<b>2 Bb</b>	+ 46	2.5	2.5	-	-	1200	1200
	+ 34	2.5	2.49	719	719	800-1200	800-1400

Al corte superior de las porfiritas alteradas se le tomo una muestra para una prueba industrial en el primer trimestre del año 2011, los ensayos se realizaron en el laboratorio de la ENIA.

Los datos obtenidos de estas pruebas se muestran seguidamente.

Tabla No 17. Resultados de las muestras industriales en el laboratorio.

.Parámetros	Febrero	Marzo	Abril
Abrasión Los Ángeles < 50%	< 50	< 50	< 50
Triturabilidad > 40%	44	42	44
Tamiz 200 <1.50%	0.2	0.9	0.8
Absorción < 3%	1.3	1.6	1.5
Planas y alargadas < 20%	13.1	12.7	13.4

Los resultados anteriores fueron satisfactorios pues los mismos cumplen con la normativa vigente para su uso en la construcción en hormigones y morteros.

La producción realizada en la planta en los primeros meses del 2012 fue extraída del área de desarrollo donde se ubican las porfiritas alteradas las cuales fueron analizadas por el laboratorio de la cantera como muestra la tabla No.17. Se cuenta con la satisfacción del cliente el cual no ha emitido quejas al producto terminado. El volumen extraído por meses se plasma en la tabla No 18

Tabla No 18. Producción de la planta en el área de desarrollo de las porfiritas alteradas durante 2012.

MES	PRODUCCIÓN m3	MES	PRODUCCIÓN m3
Enero	9 315	Mayo	9 000
Febrero	8 000	Junio	7 400
Marzo	9 866	Julio	9 020
Abril	8 000	Agosto	9 015
Total		69 616	
Promedio		8 702	

La planta de procesamiento de Arriete realizó la producción con la roca extraída de esta área, considerándose como material útil y no hubo quejas de los clientes sobre el producto final.

De acuerdo a los resultados anteriores podemos asumir que la potencia de porfiritas alteradas puede pasar al proceso de producción y por tanto aumentar el volumen de las reservas útiles del bloque.

El área de desarrollo minero donde se trabaja actualmente está constituida por 12 pozos de los cuales sólo 10 tienen resultados de laboratorio, quedan descartados el PD – 3 y PM – 47. De los 10 pozos forman parte de la potencia útil el PM - 59 con 5.40 m y el PM - 48 con 3.4 m porque los restantes 8 pozos estaban evaluados como porfirita alterada y que ahora con la nueva normativa pasan al ser útiles.

A continuación mostramos los datos reales de los pozos del área de desarrollo minero hasta la cota + 46 según el Proyecto de Actualización del yacimiento de Arriete confeccionado por el Dr. Ing. José Enrique Pérez en el año 2000.

Tabla No 19. Datos reales de los pozos del área de desarrollo minero hasta la cota + 46.

Bloque	Pozo	cubierta			Área	Volumen Arcilla	Volumen Porfirita alterada	Volumen Total
		Arcilla	Porfirita alterada	Total				
2Bb	PM-48	2,00	0,00	2,00				
	PM-59	0,00	1,90	1,90				
	PD-4	0,50	0,50	1,00				
	PD-11	2,70	0,00	2,70				
	PD-12	0,90	0,00	0,90				
	PD-13	1,80	8,20	10,00				
	PD-14	0,50	2,00	2,50				
	PD-19	2,30	2,80	5,10				
	PD-20	1,00	0,00	1,00				
	PD-32	0,90	0,00	0,90				
	<b><u>Promedio</u></b>	<b><u>1,26</u></b>	<b><u>1,54</u></b>					

En la tabla No19 se calcularon 33331 m<sup>3</sup> de porfiritas alteradas que pueden pasar al proceso de producción, pero si tenemos en cuenta las columnas geológicas de los pozos evaluados en el Informe Geológico y los resultados de laboratorios de la cantera se pueden considerar las porfiritas alteradas y las no alteradas como una sola litología o como porfiritas aprovechables obteniendo un aumento en el volumen de las reservas lo que mostramos en la tabla que sigue.

Tabla No 20. Volumen de las porfiritas aprovechables hasta la cota + 46.

Bloque	Pozo	Porfiritas Aprovechables.	Área	Volumen Porfirita Aprovechables
2Bb	PM-48	3,40		
	PM-59	5,40		
	PD-4	5,60		
	PD-11	1,85		
	PD-12	6,41		
	PD-13	6,54		
	PD-14	7,94		
	PD-19	1,2		
	PD-20	6,3		
	PD-32	7,42		
	<b><u>Prom.</u></b>	<b><u>5,21</u></b>		

En la tabla No15 se muestra un aumento en el volumen de las porfiritas aprovechables cuando se incorporan los pozos útiles y los pozos de porfiritas alteradas desde 33 331 metros cúbicos a 112 765 metros cúbicos.

De este volumen de reservas ya fueron extraídos 69 616 metros cúbicos desde enero hasta agosto del 2012, quedando 46 149 metros cúbicos garantizando 4 meses productivos con una producción mensual promedio de 8 702 metros cúbicos (tabla No. 11). El cálculo anterior es hasta la cota + 46.

Si la producción aumenta a 144 000 metros cúbicos anuales como está planificada se garantizan 3.7 años productivos en este sector. La ventaja de esta reevaluación de las reservas está dada en que a medida que se esté efectuando el desarrollo minero se

puede dar producción y garantizar las construcciones en la provincia, así como una fuente de trabajo para los obreros de la cantera.

Como consecuencia de estos trabajos de desarrollo mineros y la reinterpretación de las porfiritas alteradas se logro aumentar los volúmenes de materia prima y garantizar la producción, con un mejor ordenamiento en los trabajo de extracción.

A pesar de los trabajos realizados estos no son suficientes y se debe completar en toda el área que ocupa el bloque el 2 Bb los trabajos de desarrollo minero y comenzar a trabajar en la apertura del nivel inferior, conformando con su pendiente la trinchera de desagüe hacia la zona de la cantera inundada.

#### **Conclusiones parciales.**

El perfeccionamiento del sistema de explotación del yacimiento ARRIETE permitió aumentar la producción mensual promedio en 8 702 metros cúbicos.

La reevaluación de los intervalos de perforación de las porfiritas alteradas permitió aumentar el volumen de reservas en 112765 metros cúbicos.

Las nuevas reservas desarrolladas de porfiritas del yacimiento Arriete cumplen con todos los requerimientos establecidos por la norma vigente NC 251: 2005 para su uso en la construcción de hormigón y de morteros.

### **3.3. Caracterización de los impactos ambientales que se producen y las causas que provoca, para su predicción y/o disminución desde la etapa de proyecto hasta el cierre.**

El presente trabajo tiene como objetivo la realización de la evaluación del impacto ambiental del yacimiento de porfiritas andesíticas para la construcción "Arriete" para de esta forma poder predecir cuales serán las consecuencias que se deriven de los trabajos de asimilación de la cantera por parte de la Empresa de Materiales de la Construcción de Cienfuegos en el entorno con la finalidad de dictaminar los efectos desencadenados y establecer las medidas preventivas y de control que propicien el mejor desarrollo de la actividad minera, tratando de perjudicar lo menor posible el medio ambiente.

En el perfeccionamiento del sistema de explotación con la concentración de las labores, permite disminuir los impactos ambientales al eliminar la dispersión del laboreo prácticamente en todas las áreas del yacimiento permite además incorporar las labores de restauración y aumentar la efectividad en las medidas de mitigación

En el área de los trabajos existen depósitos de agua superficial y la cantera explotada se encuentra inundada. Las aguas subterráneas no afectan en nada la explotación del yacimiento pues se puede explotar hasta la cota + 23 existiendo un gradiente de más de 5 grados.

En la extracción del mineral útil se emplearán los trabajos de perforación y voladura, acometidos los mismos por la Empresa EXPLOMAT, utilizando para ello en la perforación la Carretilla Barrenadora ROC 406 y como Sustancias Explosivas el senatel – 100, también en los trabajos de extracción y desarrollo se utiliza el Buldócer Komatsu D-85, para el reapile del material disgregado producto de la voladura, luego se realiza la carga de la roca útil al Camión de Volteo Kraz 256, a través del Cargador Frontal Volvo, para su posterior traslado hacia la Planta de Procesamiento. La fragmentación de las piedras sobremedidas se realizará con el martillo hidráulico, por parte de EXPLOMAT.

Este es el mismo equipamiento que se utilizará en los trabajos mineros preparatorios, en los trabajos de destape, en la formación de la Escombrera y en los trabajos auxiliares.



Acciones productoras de impactos o alteraciones.

Acciones productoras de Impactos o alteraciones	Principales operaciones, Infraestructuras y modelos de las Actividades mineras
1.-infraestructura	1.1-construcción de la planta del beneficio. 1.2-construcción de caminos y accesos. 1.3-desagües.
2.-explotación	2.1-perforación y voladura. 2.2-arranque y carga. 2.3-transporte de materiales. 2.4-mantenimiento del equipamiento. 2.5-proceso de clasificado de áridos. 2.6-acopio del material.
3.-modificaciones fisiográficas	3.1-creación de huecos. 3.2-vertido de estériles, escombreras.

Identificación de posibles alteraciones ambientales producidas en el yacimiento “Arriete”.

Acciones productoras de Impactos o alteraciones Principales operaciones, Infraestructuras y modelos de las Actividades mineras a cielo abierto		Elementos, características y procesos ambientales susceptibles de ser afectados.												
		atmósfera		agua		suelo		vegetación	fauna	procesos geofísicos				paisaje
		contaminación	ruido	superficial	subterránea	usos del suelo	características edáficas	especies vegetales	especies animales	inestabilidad	Vibraciones	inundación	erosión	sedimentación
1.-infraestructura	1.1- planta de beneficio.		■			■		■				■	■	▲
	1.2-construcción caminos.		■	■		■		■		■		■	■	▲
	1.3-desagües.		■	▲	■	■			■			■	▲	■
2-explotación	2.1-perforación-voladura.	■	▲							■	▲			
	2.2-arranque y carga.	▲	■										■	
	2.3-transporte material.	▲	▲				■	▲				■	■	■
	2.4-mantenimiento equipos.	■		■					■					
	2.5-clasificado de áridos.	■	■					■	■				■	▲
	2.6-acopio del material.	■	■	▲	■		■	■	■				■	▲
3.-modificaciones fisiográficas	3.1-creación de huecos.			▲	▲	▲		▲		▲		■	■	▲
	3.2-vertido de estériles, escombreras.	■		▲	▲	▲		▲	■	▲		▲	▲	▲

▲ - ALTERACIONES PRIMARIAS      ■ - ALTERACIONES SECUNDARIAS

-Evaluación de impactos en el yacimiento “Arriete”.

Elementos, características y procesos ambientales susceptibles de ser afectados.		Características de los impactos.															
		1		2		3		4		5		6		7		8	
		beneficioso	adverso	directo	indirecto	si	no	temporal	permanente	localizado	extensivo	Próximo fuente	Alejado fuente	reversible	irreversible	recuperable	irrecuperable
atmósfera	contaminación		X	X			X		X	X		X			X	X	
	ruido																
agua	superficial		X	X			X		X		X				X	X	
	subterránea		X	X			X		X	X		X			X		X
suelo	usos del suelo		X	X			X		X		X				X	X	
	caract. edáficas																
vegetación	especies veget		X	X			X		X		X				X	X	
fauna	especies animales		X	X			X		X		X				X	X	
procesos geofísicos	inestabilidad		X	X			X		X	X		X			X	X	
	vibraciones																
	inundación		X	X			X		X	X		X			X		X
	erosión		X	X			X		X		X				X	X	
	sedimentación		X	X			X		X		X		X		X	X	
paisaje	modif. paisaje		X	X			X		X		X				X	X	

Elementos, características y procesos ambientales susceptibles de ser afectados.		Dictamen							Valoración				
		9		10			11		12				13
		medidas correctoras		probabilidad de ocurrencia			afecta a recursos protegidos		magnitud				
		SI	NO	A	M	B	SI	NO	Compatible	Moderado	Severo	Critico	ausencia de Impactos significativos
atmósfera	contaminación	X		X				X	X				
	ruido												X
agua	superficial	X		X					X	X			
	subterránea		X			X		X		X			
suelo	usos del suelo	X		X				X				X	
	caract. edáficas												X
vegetación	especies vegetales	X		X				X				X	
fauna	especies animales	X		X				X			X		
procesos geofísicos	inestabilidad	X			X			X			X		
	vibraciones												X
	inundación	X			X			X		X			
	erosión	X		X				X				X	
	sedimentación	X		X				X		X			
paisaje	modificaciones paisaje	X		X				X				X	

Alteraciones y Medidas correctoras.

1.-Impactos sobre la Atmósfera.

1.1-Contaminación por partículas sólidas, polvo y gases, derivada de las operaciones de apertura de huecos, de la creación de las escombreras y del tráfico de maquinaria pesada.

1.2-Contaminación sónica, ruidos; impactos temporales, durante las operaciones de apertura de huecos, creación de las escombreras y tráfico de volquetes y de maquinaria pesada.

Acciones correctoras o de recuperación de la Atmósfera.

- Riego periódico de caminos con agua.
- Pavimentación de accesos permanentes a la mina.
- Control de polvo durante la perforación por medio de captadores y reducción del número de tajos con voladuras.
- Reducción de la velocidad de circulación de los equipos.
- Empleo de pantallas vegetales o artificiales contra el viento, que dificulta su libre circulación en los niveles superficiales.
- Riego de las pilas de materiales que se cargan sobre los volquetes.
- Estudio de la ubicación de plantas de tratamiento de acuerdo a las direcciones predominantes de los vientos.
- Cubrir el cordón detonante expuesto al aire libre.
- Reducir al máximo las operaciones de taqueo de bolos con explosivos.



Foto No 6. Impacto sobre el medio ambiente por los trabajos de explotación.

## 2.-Impacto sobre el agua superficial.

### 2.1-Alteración permanente de los drenajes superficiales.

Acciones correctoras o de recuperación del agua superficial.

- Creación de sistemas de drenaje, generales para la recogida de las aguas externas a la zona, y particulares para cada escombrera o talud importante.
- Construcción de obras auxiliares de canalización para la protección de canales, escombreras, taludes de explotaciones, etc.



Foto No 7. Impacto sobre el medio ambiente por los trabajos de explotación.

### 3.-Impacto sobre los Acuíferos

#### 3.1-Contaminación de acuíferos

##### Acciones correctoras o de recuperación de los Acuíferos

- Los aceites son un contaminante importante y difícil de tratar. Deberán recogerse los aceites usados tras el mantenimiento de la maquinaria, si éste se realiza en la zona de explotación.

### 4.-Impactos sobre el suelo.

4.1-Ocupación irreversible de suelo fértil por la creación de huecos y escombreras y por la construcción de pistas, edificios y plantas de tratamiento.

4.2-Inducción de efectos edáficos negativos en los alrededores de la explotación por las operaciones derivadas de la creación de huecos, escombreras y pistas.

##### Acciones correctoras o de recuperación del suelo.

- Retirada y acopio de la tierra vegetal de las zonas ocupadas por la explotación.
- Diseño de un modelado en la recuperación que permita la utilización productiva y ecológica del terreno una vez explotado.
- Adopción de medidas que eviten la producción de polvo, desprendimientos y deslizamientos.

## 5.-Impactos sobre la Flora y la Fauna.

5.1-Eliminación o alteración de hábitats vegetales terrestres para la fauna.

5.2-Eliminación o reducción de la cubierta vegetal.

Acciones correctoras o de recuperación de la Flora y la Fauna.

- Revegetación con especies autóctonas de los ecosistemas afectados.
- Preparación del suelo mejora del microclima (riego, abonado) y revegetación con especies autóctonas de los ecosistemas afectados.

## 6.-Riesgos geofísicos.

6.1-Aumento del riesgo de los desprendimientos, deslizamientos o hundimientos de tierras, motivado por la creación de escombreras y por la construcción de huecos.

6.2-Aumento de la carga de sedimentación aguas abajo, producido por la adición de material.

6.3-Aumento de la erosión.

Acciones correctoras o de recuperación geofísicos.

- Colocar sobre el terreno natural, antes del comienzo del vertido de la escombrera, una capa de espesor suficiente de material grueso seleccionado, con objeto de lograr en el interior de la escombrera un nivel freático bajo.
- Evitar ubicar la escombrera e terreno pendiente.
- Adoptar medidas que eviten la producción de polvo.
- Establecer sistemas de drenaje generales y particulares.
- Revegetación rápida tras los movimientos finales de tierra en cada zona
- Disminución de pendientes y de longitudes de declive en taludes de pistas y escombreras, situándose en los límites inferiores que permitan la correcta explotación.

## 7.-Impacto sobre la Morfología y el Paisaje.

7.1-Perturbación del carácter global del paisaje.

Acciones correctoras o de recuperación de la Morfología y el Paisaje.

- Reducir en lo posible el tamaño de excavaciones y vertederos.



- Remodelar la topografía alterada de modo que se ajuste lo más posible a la natural. Utilizar los productos de las excavaciones para rellenar en otros lugares.
- Plantación de árboles y arbustos que actúen como pantallas visuales.
- Revegetación general con las especies autóctonas de la zona y el esquema de plantación adecuado para la adaptación de la zona afectada por la explotación al paisaje circundante.



Foto No 8. Impacto sobre el medio ambiente por los trabajos de explotación.

En el presente Proyecto de Actualización se prevé la separación de la capa vegetal y su conservación en una escombrera aparte.

### **Conclusión Parcial**

La concepción del sistema de explotación mediante la concentración de las labores disminuyó el impacto ambiental y favoreció la aplicación de las medidas de mitigación y permitió hacer más sustentable la explotación de la cantera.

## **Conclusiones.**

1. El perfeccionamiento del sistema de explotación del yacimiento Arriete permitió aumentar la producción mensual promedio en 8 702 metros cúbicos.
2. La reevaluación de los intervalos de perforación de las porfiritas alteradas permitió aumentar el volumen de reservas en 112765 metros cúbicos.
3. Las nuevas reservas desarrolladas de porfiritas del yacimiento Arriete cumplen con todos los requerimientos establecidos por la norma vigente NC 251: 2005 para su uso en la construcción de hormigón y de morteros.
4. El perfeccionamiento del sistema de explotación garantiza la producción de la planta, con un desarrollo minero previo para los próximos 15 -20 años.
5. La concepción del sistema de explotación mediante la concentración de las labores disminuyó el impacto ambiental y favoreció la aplicación de las medidas de mitigación y permitió hacer más sustentable la explotación.

## **Recomendaciones.**

1. Continuar con el seguimiento a la evaluación de los impactos ambientales y seguir trabajando en la implementación de las medidas correctoras para su mitigación.

## **Bibliografía.**

- 1.-Álvarez Campana, Gallo. Erias Rey, Antonio. Minería sostenible ¿Una contradicción a un modelo de construcción más sostenible?
- 2.-Calvache, Antonio. Historia y desarrollo de la minería en Cuba.Suros, Juan (1980) Informe de Exploración Orientativa y detallada Porfiritas Arriete.
- 3.-Cursos y conferencias del Diplomado Básico Explotación de Yacimientos Minerales para Materiales de Construcción.
- 4.-Decreto No 222/1997 .Reglamento de la Ley de Minas. Enrique, José (2001) Proyecto de Actualización de la cantera Arriete.
- 5.-Enrique, Jose (2001) Proyecto de actualización de la cantera Arriete.
- 6.-Hernández Sampier, R. (2004): Metodología de la Investigación, Tomo 1 y 2. Editorial Félix Varela. La Habana.
- 7.-Herrera de la Rosa, Rosa y Gayoso Blanco, Regino. Áridos para hormigón.
- 8.-Ley No 76/1995. Ley de Minas.
- 9.-Ley No 81/1997 de Medio Ambiente.
- 10.-López, Carlos (1987) Manual de perforación y voladura.
- 11.-NC 251: 2005, Áridos para Hormigón.
- 12.-Resolución 77/99 Reglamento del Proceso de Evaluación de Impactos Ambientales.
- 13.-Soto González, Luis. Apuntes sobre la historia de la minería en cubana.
- 14.-Suros, Juan (1980). Informe de exploración orientativa y detallada porfiritas Arriete.
- 15.-Watson Quesada, Roberto. Problemas fundamentales en las canteras de áridos en Cuba.

**Anexos.**

1. Columnas geológicas de los pozos evaluados. del bloque 2Bb área de desarrollo [INF. EO Y ED ARRIETE]

**Pozo PD-4**

D-T	T	Descripción	E.T.	Abs.	P.V.	TCS	TCSt
0.0-0.5	0.5	Capa vegetal	<del>X</del>				
0.5-1.5	1.0	Porfiritita composición media, alterada, posee FeO en los planos de fractura.	<del>X</del>	3.0	2.46		
2.5-7.1	4.6	Porfiritita composición media, alterada, algo fracturada.		2.6	2.5		

**Pozo PT-4**

D-T	T	Descripción	E.T.	Abs.	P.V.	TCS	TCSt
0.0-6.5	6.5	Material arcilloso carmelitoso con fragmentos de roca hasta 2.5 m, después porfiritita alterada de color gris a carmelitoso con manchas de oxidación y con arcilla.	<del>X</del>	4.9	2.33	2.72	
6.5-12.0	5.5	Porfiritita composición media gris, de grano medio, algo fracturada con manchas ferrosas en los planos de fractura.		2.5	2.51	2.76	
12.0-29.5	17.5	Porfiritita composición media, de grano fino-medio, color gris oscuro. Aparecen zonas con roca muy fragmentada de 14.6-14.8, 18.8-19.2, 20.4-21.23, 22.45-23.5, Al final del intervalo la roca aparece algo alterada con grietas rellena de calcita rojisa y manchas de		2.7 2.5	2.49 2.51	2.74 2.74	719 497

		oxidación.					
29.5-45.0	15.5	Porfiritita gris-gris claro de grano fino-medio, composición media, poco fragmentada. de 35.6-37.65 aparece porfiritita de color gris oscuro con tonalidades verdosas. Hasta el final del intervalo la porfiritita está algo alterada con manchas rojizas carmelitosas y verdosas de clorita.		2.3	2.52	663	472

Pozo PT-4A

D-T	T	Descripción	E.T.	Abs.	P.V.	TCS	TCSt
0.0-2.5	2.5	arcilla con algunos fragmentos de roca alterada.	<del>X</del>				
2.5-12.0	9.5	Porfiritita composición media gris, de grano medio, algo fracturada.					
12.0-29.5	17.5	Porfiritita composición media, de grano fino-medio, color gris oscuro. Al final del intervalo la roca aparece algo alterada.					
29.5-45.0	15.5	Porfiritita gris-gris claro de grano fino-medio, composición media, poco fragmentada de 35.6-37.65 aparece un estrato de porfiritita de color gris oscuro con tonalidades verdosas. A partir de 43.6 hasta el final aparece una porfiritita algo alterada con manchas verdosas de clorita.					

Pozo PD-10

D-T	T	Descripción	E.T.	Abs.	P.V.	TCS	TCSt
0.0-11.8	11.8	Arcilla carmelitosa con algunos fragmentos de porfirita (10%) que son de 1-10 cm	X				
11.8-18.0	6.2	Porfirita muy fragmentada de color gris claro con algunas manchas de FeO en grietas de 1-5 mm verticales al testigo rellenos de calcita.					

Pozo PD-11

D-T	T	Descripción	E.T.	Abs.	P.V.	TCS	TCSt
0.0-0.6	0.6	Arcilla muy deleznable.	X				
0.6-2.7	2.7	Arcilla con fragmentos de porfirita alteradas.	X				
2.7-4.0	1.3	Porfirita alterada, con manchas de con algunas manchas de FeO en los planos de fractura.		3.1	2.47		
4.0-4.9	0.9	Porfirita de composición media, dura con algunas manchas de FeO.		2.5	2.5		

Pozo PD-12

D-T	T	Descripción	E.T.	Abs.	P.V.	TCS	TCSt
0.0-0.9	0.9	Arcilla con fragmentos de porfirita alteradas.	X				
0.9-4.5	3.6	Porfirita de composición media, dura con grietas manchadas de FeO y calcita.		2.9	2.45	800	600

Pozo PD-13

D-T	T	Descripción	E.T.	Abs.	P.V.	TCS	TCSt
0.0-1.8	1.8	Arcilla pardo carmelitoso con fragmentos de porfirita en un 20 %.	X				
1.8-6.3	4.5	Porfirita alterada, color pardo carmelitoso con manchas de FeO fracturada de mala calidad.		6.4	2.26	568	600
6.3-10.0	3.7	Porfirita alterada por el intempismo, muy dura con manchas de FeO.					
10.0-11.1	1.1	Porfirita gris, no alterada con grietas rellenas de calcita.		2.7	2.47	736 746 1083	

Pozo PD-14

D-T	T	Descripción	E.T.	Abs.	P.V.	TCS	TCSt
0.0-0.5	0.5	Capa vegetal	X				
0.5-2.5	2.0	Porfirita muy alterada, manchas de FeO con un 30 % de arcilla.		3.4	2.46		
2.5-4.0	1.5	Porfirita compacta, algo fracturada.		2.3	2.49	600	1200

Pozo PD-15

D-T	T	Descripción	E.T.	Abs.	P.V.	TCS	TCSt
0.0-0.3	0.3	Capa vegetal formada por arcilla	X				
0.3-1.1	0.8	Arcilla formada de fragmentos de porfirita en un 30 %.					
1.1-1.9	0.8	Porfirita de composición media alterada con FeO en los planos de fractura.		3.1	2.48		
1.9-3.0	1.1	Porfirita compacta, de composición media.		2.7	2.52	600	1200



Pozo PD-19

D-T	T	Descripción	E.T.	Abs.	P.V.	TCS	TCS
0.0-2.3	2.3	Arcilla con de fragmentos de porfirita en un 30 %.	X 				
2.3-5.1	2.8	Porfirita alterada, color pardo dura. De 3.8-4.5 intervalo de arcilla con fragmentos de porfirita.	X 	3.4	2.43	800	600
5.1-6.3	1.2	Porfirita de composición media, dura, grietas rellenas de calcita y manchas de FeO		2.9	2.45	1000	1000

Pozo PD-32

D-T	T	Descripción	E.T.	Abs.	P.V.	TCS	TCSt
0.0-0.9	0.9	Capa vegetal formada por arcilla color pardo.	X 				
0.9-8.5	7.6	Porfirita media, fragmentada y fracturada con venillas de calcita.		2.4	2.49	800	1000
8.5-9.5	1.0	Porfirita media, algo fragmentada con manchas de FeO.		2.2	2.54		

Pozo PM-48

D-T	T	Descripción	E.T.	Abs.	P.V.	TCS	TCSt
0.0-2.0	2.0	Arcilla con fragmentos de porfirita alterada.	X 				
2.0-4.5	2.5	Porfirita media, dura, alterado color pardo carmelitoso, fracturada con manchas de FeO los planos de fractura.		2.8	2.45		
4.5-14.0	9.5	Porfirita media, gris con manchas de FeO y venillas de calcita.		2.6 3.0	2.5 2.47		1200
14.0-16.0	2.0	Porfirita dura, compacta, gris, algo fracturada.		3.2 3.0 3.3 3.4 3.5	2.45 2.5 2.47 2.47 2.46	1099 1027 1099 889	

Pozo PM-49

D-T	T	Descripción	E.T.	Abs.	P.V.	TCS	TCSt	
0.0-0.3	0.3	Capa vegetal.	X					
0.3-3.0	2.7	Arcilla color carmelitoso						
3.0-8.3	5.3	Fragmentos de porfirita alterada con manchas de FeO.		2.8 2.4	2.47 2.48			
8.3-10.3	2.0	Porfirita media, gris, con grietas rellenas de calcita y manchas de FeO.		2.7 3.0 3.0 3.3 2.8	2.49 2.48 2.45 2.44 2.48	538 540 501 501 532	800	
10.3-25.3	15.0	Arcilla con fragmentos de porfirita.		X				

Pozo PM-59

D-T	T	Descripción	E.T.	Abs.	P.V.	TCS	TCSt
0.0-1.9	1.9	Porfirita alterada de color pardo-carmelitosa	X				
1.9-40.3	38.4	Porfirita media, dura, color gris claro a gris oscuro, compacta. Algunas grietas rellenas de calcita en dirección al testigo.		3.0 2.7 2.5 3.4 3.2 3.3 3.3 3.6 3.4 2.9 2.3 2.6 3.1 3.4 3.4 2.3 2.7 3.2	2.49 2.51 2.5 2.53 2.48 2.46 2.46 2.46 2.43 2.51 2.52 2.52 2.49 2.49 2.49 2.52 2.52 2.47	600 1162 930 646 1196 1076 1075 1115 1079 1168 1089 1124 1140 1148 802	1000 1200


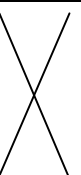
				3.0	2.51	696	
40.3-43.7	3.4	Porfirita media, dura, gris claro. Algunas grietas rellenas de calcita en dirección al testigo.		2.9	2.49	511 472 532 570 532	

Pozo PM-60



D-T	T	Descripción	E.T.	Abs.	P.V.	TCS	TCSt
0.0-2.6	2.6	Arcilla con fragmentos (40 %) de porfirita alterada.	<del>X</del>				
2.6-3.2	0.6	Porfirita muy alterada con manchas de FeO.					
3.2-12.1	8.9	Porfirita media, dura, algo fracturada gris con algunas manchas de FeO y escasas venillas de calcita.		1.6 1.7	2.56 2.54	600	
12.1-27.5	15.4	Porfirita media, bastante fragmentada grietas rellenas de calcita en dirección al testigo.		1.6 2.5 2.3 3.5 2.9	2.6 2.43 2.54 2.44 2.47	1000	

Pozo PD-5



D-T	T	Descripción	E.T.	Abs.	P.V.	TCS	TCSt
0.0-0.5	0.5	Capa vegetal formada por arcilla.	<del>X</del>				
0.5-4.3	3.8	Porfirita de composición media, color pardo, fracturada con FeO		2.5	2.5	800 13.4	
4.3-7.5	3.2	Porfirita dura y compacta, agrietada con oxidación.		2.3	2.48	1000 11.6	800 13.3
7.5-23.6	15.1	Porfirita de composición media, dura, compacta. En todo el intervalo aparecen grietas en todas direcciones pero principalmente en		3.1 3.1 2.7 3.3 2.4 2.9 3.1	2.47 2.5 2.46 2.43 2.47 2.48 2.48	1292 1057 886 1026 1295 677 1152	

		dirección al testigo.		2.3	2.5	1255 1255 1400 1105 968 1220	
23.6-27.5	3.9	Roca tobacea de composición media color verdoso.		5.3 5.2	2.39 2.36	389 472 397 400 553	
27.5-31.2	3.7						


#### Pozo PD-20

D-T	T	Descripción	E.T.	Abs.	P.V.	TCS	TCSt
0.0-1.0	1.0	Arcilla color pardo carmelitoso.					
1.0-6.7	5.7	Fragmentos de porfirita alterada color pardo carmelitoso dura con manchas de FeO en los planos de fractura.		3.3	2.42	800	600
6.7-7.3	0.6	Porfirita media, color gris		3.3	2.43		

#### Pozo PD-21

D-T	T	Descripción	E.T.	Abs.	P.V.	TCS	TCSt
0.0-1.7	1.7	porfirita alterada fracturada					
1.7-4.4	2.7	Porfirita alterada con grietas rellenas de calcita y posee manchas de FeO		2.8	2.46	600	600

#### Pozo PD-24

D-T	T	Descripción	E.T.	Abs.	P.V.	TCS	TCSt
0.0-1.00	1.0	Arcilla color pardo carmelitoso.					
1.0-3.0	2.0	Porfirita semialterada se observa FeO en los planos de fractura.		2.5	2.47	800	
3.0-4.5	1.5	Porfirita de composición media,		0.7	2.59	1177 1167	

		posee en las grietas Fe O.				1207		
4.5-17.9	13.4	Porfirita de composición media. Todo el intervalo se encuentra fracturado y con oxidación en los planos de fractura. Muy fragmentado y con abundante oxidación en los intervalos siguiente: - 4-4.7 - 6.0-6.9 - 9.5-13.1 - 14.0-14.7 - 17-17.9			2.9 2.2 1.1 2.9 2.8 2.6	2.4 2.54 2.43 2.46 2.5 2.5	902 1496 1070 1245 1775	1200 1200 1400 1000
17.9-22.6	4.7	Fragmentos de porfirita alterada y oxidada mezclada con arcilla.	X		5.1	2.31		
22.6-29.35	1.75	Porfirita compacta media dura bastante fracturada y con oxido.			3.1	2.46		
29.35-38.1	13.75	Porfirita media, muy fragmentada; solo poco fragmentada de 25.5-26.3. En algunos sectores aparece arcilla, no hay oxidación.			2.9 2.8	2.47 2.44	1200	

#### Pozo PD-25

D-T	T	Descripción	E.T.	Abs.	P.V.	TCS	TCSt
0.0-2.3	2.3	Arcilla color pardo carmelitoso.	X				
2.3-5.7	3.4	Fragmentos de porfirita alterada fracturados con FeO.	X	4.0	2.4		
5.7-7.0	1.3	Porfirita media, con venuillas de calcita casi en sentido vertical a la perforación.		2.8	2.5		

Pozo PD-26

D-T	T	Descripción	E.T.	Abs.	P.V.	TCS	TCSt
0.0-2.6	2.6	Arcilla con algunos fragmentos (10 %) de porfirita.	X				
2.6-3.2	0.6	Porfirita alterada, no muy dura con manchas de FeO en los planos de fractura.		4.7	2.36		
		Sedimento producto de la perforación los cuales están formados por fragmentos de roca con arcilla.					
3.2-12.1	8.9	Porfirita color gris, dura con mucho FeO en los planos de fractura.		2.8	2.45		
12.1-27.5	15.4	Porfirita media, gris oscuro, con mucho FeO en los planos de fractura.		2.3	2.48		

Pozo PD-27

D-T	T	Descripción	E.T.	Abs.	P.V.	TCS	TCSt
0.0-1.2	1.2	Arcilla con un pequeño número de fragmentos de porfirita.	X				
1.2-3.8	2.6	Fragmentos de porfirita semi-alterada, con calcita.		3.4	2.46		
3.8-7.7	3.9	Arcilla pardo carmelitosa con fragmentos de porfirita alterado.					
7.7-9.1	1.4	Porfirita de composición media, dura con inclusiones de FeO.		5.5	2.3		

Pozo PD-28

D-T	T	Descripción	E.T.	Abs.	P.V.	TCS	TCSt
0.0-2.5	2.5	Fragmentos de porfirita son duras, alterados, mezclados con arcilla.	X				
2.5-6.3	3.8	Porfirita algo alterada, pero de buena calidad. Posee manchas de FeO en los planos de fractura.		2.2	2.53	600	600
6.3-7.7	1.4	Porfirita de composición media, muy dura, con finas venillas de calcita.		0.8	2.55	723	

Pozo PD-31

D-T	T	Descripción	E.T.	Abs.	P.V.	TCS	TCSt
0.0-0.5	0.5	Capa vegetal.	X				
0.5-2.0	1.5	Fragmentos de porfirita muy alterada con mucho contenido de arcilla.	X				
2.0-5.2	3.2	Porfirita de composición media, alterada, fracturada con FeO en los planos de fractura.		2.9	2.43	800	600
5.2-7.4	2.2	Porfirita de composición media, con venillas de calcita y algunas manchas de FeO.		3.4	2.45	1000	1000

Pozo PM-39

D-T	T	Descripción	E.T.	Abs.	P.V.	TCS	TCSt
0.0-0.2	0.2	Capa vegetal.	<del>X</del>				
0.2-1.0	0.8	Material arcilloso por alteración de porfirita.	<del>X</del>				
1.0-3.0	2.0	Porfirita muy alterada, con FeO y Mg en los planos de fractura y fragmentada.	<del>X</del>				
3.0-8.0	5.0	Porfirita poco alterada con abundantes manchas de FeO en los planos de fractura y fragmentada.		2.5 2.7	2.5 2.5		
8.0-18.0	10.0	Porfirita de composición media, gris verdoso. Se observan zonas de fracturación. Al principio se observan algunas manchas de FeO en los planos de fractura.		2.6 2.2	2.50 2.52	1000	
18.0-31.75	13.75	Porfirita de composición media, gris, dura bastante fragmentada. De 19.8-25.0 es una zona de agrietamiento con una gran fractura principales dirección al testigo. En todo el intervalo y al final hay poca recuperación.	<del>X</del>	2.2 2.6 2.6 4.0	2.52 2.51 2.52 2.40	1000	



Pozo PM-40

D-T	T	Descripción	E.T.	Abs.	P.V.	TCS	TCSt
0.0-0.	0.2	Capa vegetal pardo oscuro.	<del>X</del>				
0.2-1.5	1.3	Arcilla pardo carmelitosa con manchas de FeO color negro.	<del>X</del>				
1.5-2.4	0.9	Fragmentos de porfiritas alteradas color carmelita.					
2.4-12.0	9.6	Porfiritas color gris claro muy fragmentada con manchas de FeO y algunos fenocristales de plagioclasas	<del>X</del>	3.2 2.5 2.8 3.8	2.45 2.5 2.49 2.41		
12.0-15.0	3.0	Porfiritas de composición media, gris, dura con planos de fractura manchas de FeO.		2.3	2.51		
15.0-17.6	2.6	Porfiritas andesíticas de composición media, bastante oxidación y fracturadas, color gris carmelitoso.		3.0	2.43		
17.6-36.4	18.82	Porfiritas andesíticas de composición media, dura, compacta. Muy fragmentada de 19.9-22.3 y de 26.4-28.6 bastante oxidación Fe en los planos de fractura disminuyendo al final del intervalo. Color gris verdoso.		2.6 2.5 2.8 2.7 2.8 2.8 2.6 3.1 2.7	2.5 2.52 2.48 2.51 2.51 2.5 2.52 2.48 2.45	877 903 706	
36.4-40.7	4.3	Porfiritas de composición media, gris, dura poco fragmentada. No hay oxidación.		2.8	2.49	502 588 521 701	

Pozo PM-46

D-T	T	Descripción	E.T.	Abs.	P.V.	TCS	TCSt
0.0-0.5	0.5	Capa vegetal.	X				
0.5-1.0	0.5	fragmentos de porfirita.	X				
1.0-15.0	14.0	Porfirita de composición media, color gris claro, dura, algo compacta. En algunos sectores está algo fracturada, se observan venillas de calcita inclinadas con un ángulo de 45 ° al testigo.		1.9 2.1 1.9 2.2	2.67 2.55 2.56 2.55	464 466 504 540 658	
15.0-42.0	27.0	Porfirita de composición media, dura, compacta, color gris claro. Poco fracturada en algunos sectores aumenta, la fracturas principales van en dirección al testigo.grietas rellenas de calcita y venillas rellenas de calcita en todas direcciones.		2.5 2.0 2.5 1.6 1.9 2.5 2.4 2.0 2.5	2.51 2.6 2.52 2.57 2.55 2.52 2.52 2.55 2.52	835 851 864 911 802 824 1090 1268 653 701 793	

Pozo PM-58

D-T	T	Descripción	E.T.	Abs.	P.V.	TCS	TCSt
0.0-0.5	0.5	Capa vegetal .	X				
0.5-2.8	2.3	Porfirita media, color gris, con venillas de calcita, fracturada con FeO en los planos de frctura.		2.0	2.5		
2.8-18.7	15.9	Porfirita de composición media, color gris con venillas de calcita.		1.9 2.3 3.0 2.1 2.1	2.54 2.48 2.46 2.55 2.51	1034 1009 519 550 557 595 513 497 636	
18.7-31.7	12.0	Porfirita de composición media, dura, compacta, color gris claro. Al final del intervalo hay grietas rellenas de calcita.		2.8 1.6 2.9 2.9 3.0 2.9	2.49 2.57 2.49 2.49 2.5 2.49	536 663 497 477 627 600 658 574 686 726 544 544 540 620 494	

Leyenda

E.T. Evaluación tecnológica.

Abs. Absorción.- %.

P.V. Peso Volumétrico - g /cm<sup>3</sup>

TCS. Triturabilidad en el cilindro seco - marca

TCSt Triturabilidad en el cilindro saturado – marca

X - No útil