



**MINISTERIO DE LA EDUCACIÓN SUPERIOR
INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO DE MOA**

FACULTAD GEOLOGÍA - MINERÍA

Departamento de Minería

***Trabajo de diploma en opción al Título de Ingeniero de
Minas.***

***Título: La minería artesanal en Cuba. Perspectivas de
las tobos vítreas en la provincia de Holguín.***

Autor: Roby M. Salas Rodríguez

**Tutores: Dr. Carlos A. Leyva Rodríguez
Ing. Ismael Terrero Aguirre**

Moa 2013

AGRADECIMIENTOS

Quisiera expresar los más profundos agradecimientos a todas aquellas personas que de una forma u otra colaboraron en la realización de este trabajo.

En especial deseo expresar mi satisfacción de haber contado con el apoyo, su talento, dedicación y paciencia de mi tutor el Dr. Carlos A. Leyva Rodríguez, al Ing. Ismael Terrero Aguirre y los Ing. Néstor López Vergara y Virginia Arcia Durán.

Deseo agradecer la incalculable ayuda de los profesores del Departamento de Minas del Instituto Superior Minero Metalúrgico, MsC Naisma Hernández Jatib, MsC Julio Montero Matos.

A todos los profesores de la carrera que durante cinco años me han brindado sus conocimientos de forma desinteresada.

A nuestro Comandante en Jefe y a la Revolución Cubana por haberme dado la posibilidad de formarme como un profesional integral.

DEDICATORIA

A mi familia y a mis compañeros, y en especial a mi querida madre por su dedicación, confianza y paciencia durante todos estos años de su vida. También a mi esposa que me a poyado en todo y a su familia. Gracias.

ÍNDICE

	<u>Página</u>
RESUMEN.....	1
ABSTRAC.....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
Capitulo I. Problemas de terminología sobre las pequeñas producciones minera y la minería artesanal en Cuba.....	5
1.1 Aspectos de la legislación cubana sobre pequeña minería o pequeña producciones mineras.....	5
1.2 Experiencias de la pequeña y minera artesanal en algunos países de Latinoamérica.....	8
1.3 Minería Artesanal en Cuba.....	13
1.4 Propuesta para lograr una mayor colaboración entre los organismos gubernamentales e instituciones para el asesoramiento a la minería artesanal hasta el nivel local.....	16
1.5 Pequeña minería, ordenación de los territorios y compatibilización de intereses.....	24
Capitulo II. Experiencias destacadas de la minería artesanal en Cuba. Características geológicas de los depósitos de tobas vítreas en la provincia de Holguín.....	26
2.1 Introducción.....	26
2.2 Experiencias destacadas de la minería artesanal en Cuba.....	26
2.2.1 Una “Gran Minería Artesanal” en Jagüey Grande, provincia de Matanzas, Cuba.....	26

2.2.2 Explotaciones artesanales de arenas aluviales en la provincia de Pinar del Río.....	29
2.3 Fundamentación sobre la elección de las tobas vítreas como caso de estudio para potenciar la minería artesanal en Cuba.....	35
2.4 Características de los principales yacimientos de tobas vítreas de la provincia de Holguín.....	40
2.4.1 Yacimiento de tobas vítreas Sagua de Tánamo.....	41
2.4.2 Yacimiento de tobas vítreas Guaramanáo.....	44
2.4.3 Yacimiento de tobas vítreas El Retrete. Municipio Banes.....	50
Capitulo III. Principales aplicaciones investigadas sobre las tobas vítreas de la provincia de Holguín y sus perspectivas de extracción.....	54
3.1 Investigaciones realizadas para la aplicación de las tobas vítreas de la provincia de Holguín como materiales puzolánicos.....	54
3.1.1 Caracterización de los yacimientos estudiados para su empleo como puzolanas naturales.....	54
3.1.2 Resultados obtenidos empleando la calcinación de las tobas vítreas para incrementar su índice de actividad puzolánica.....	61
3.2 Valoración socioeconómica y ambiental.....	64
3.3 Propuesta de método de arranque a emplear para la extracción de las tobas vítreas de la provincia de Holguín.....	67
Conclusiones.....	74
Recomendaciones.....	75
Referencias Bibliográficas.....	76
Relación de Tablas.....	80

Relación de Figuras..... 81

Relación de Anexos..... 82

RESUMEN

En el presente trabajo se expone una síntesis del tratamiento dado a la Pequeña Minería y a la Minería Artesanal, en la nueva legislación minera cubana.

Ante todo se definen los conceptos manejados en la legislación vigente, precisándose que tipos de yacimientos se consideran objeto de la Pequeña Minería y Minería Artesanal y estableciendo precisiones sobre las mismas. Se describen experiencias de la pequeña minería y minería a pequeña escala en varios países latinoamericanos.

Se argumenta y caracteriza como caso de estudio los depósitos de tobas vítreas en la provincia de Holguín, así como sus propiedades y variedad de aplicaciones, con énfasis en los usos más probables comprobados como materiales puzolánicos y bloques naturales, que junto a su amplia difusión, argumentan sus perspectivas para potenciar el desarrollo sostenible de la minería artesanal a nivel local, especialmente en el campo de los materiales de construcción.

ABSTRACT

In this present work a synthesis of the treatment is exposed given to the Small Mining and the Handmade Mining, in the new Cuban mining legislation.

Above all they are defined the concepts managed in the effective legislation, being necessary that types of locations are considered object of the Small Mining and Handmade Mining and establishing precisions on the same ones. Experiences of the small mining and mining are described to small scale in several Latin American countries.

One argues and it characterizes like case of study the deposits of vitreous tuffs in the county of Holguín, as well as their properties and variety of applications, with emphasis in the proven more probable uses as pozzolanic material and natural blocks that next to their wide diffusion, their perspectives argue to develop the sustainable development from the handmade mining to local level, especially in the field of the construction materials.

INTRODUCCIÓN

En Cuba más del 95% de la minería está catalogada como pequeña minería y minería artesanal, en ambos casos tienen que cumplir con las legislaciones mineras, medio ambientales y de seguridad minera vigentes. El gran porcentaje que representa la pequeña minería en nuestro país está condicionado al hecho de que en la legislación minera (Ley No. 76 Ley de Minas y Decreto No. 222 Reglamento de la Ley de Minas) se establece que la explotación de los minerales no metálicos, incluidos los materiales de construcción, los depósitos aluviales de oro, las aguas minero medicinales y los fangos medicinales son consideradas Pequeñas Producciones Mineras, esto ocasiona que grandes canteras de materiales de construcción para áridos y los yacimientos para la producción de cemento estén consideradas como pequeña Minería, los cuales no incluimos en este trabajo puesto que los mismos cuentan con proyectos mineros a corto, mediano y largo plazo estando obligados a tener un proyecto de rehabilitación y una reserva financiera para este objetivo. (Orche, 2003)

La Pequeña Minería es ejecutada principalmente por empresas estatales, que se dedican a la producción de materiales de construcción y minerales técnicos, existiendo cooperativas donde se agrupan pequeños productores para la elaboración de elementos de cerámica roja (ladrillos, tejas, vasijas y objetos decorativos) y de piedra de cantería. Son menos numerosos los productores individuales, los cuales se dedican mayormente a la producción de elementos decorativos y de ladrillos. Más escasos aún son los que se dedican a la obtención de oro en depósitos de placer.

Tanto la explotación de materiales de construcción (Piedra, arena y arcilla) como la de minerales técnicos (feldespato, dolomita, caolín etc.) llevan aparejado una mejora sustancial en las condiciones económicas sociales y culturales para las comunidades próximas a las áreas de extracción y procesamiento:

- Generación de numerosos puestos de trabajo, pues si bien es cierto que generalmente el personal técnico especializado procede de diferentes lugares, empleos como chóferes, ayudantes, personal de oficina, mecánicos,

etc, se contratan en las comunidades cercanas a las instalaciones mineras y se organizan cursos de superación para los obreros.

- Construcción de caminos o mejoramiento de las condiciones de los existentes.
- Apadrinamiento de escuelas u otras instituciones sociales por los centros mineros contribuyendo a su reparación y mantenimiento.
- El establecimiento de los centros de extracción propicia la llegada de electricidad a lugares apartados, posibilitando a los campesinos residentes, el acceso a la televisión, con la cual se facilita el trabajo educacional y cultural que impulsa el estado, a la vez que se mejora su calidad de vida.

Este trabajo hace énfasis en las perspectivas de las tobas vítreas en la provincia de Holguín para el futuro desarrollo de la minería artesanal o pequeña minería, el desarrollo de esta dará solución a algunos problemas de las comunidades y territorios.

Problema: La información sobre la Minería Artesanal es escasa y la misma está dispersa, no dándosele a la misma la enorme importancia que posee para el desarrollo local de las comunidades.

Objeto de estudio: Minería Artesanal

Campo de acción: Minería artesanal de tobas vítreas

Objetivo general: Determinar las perspectivas de utilización y explotación de los depósitos de tobas vítreas a través de la minería artesanal para fomentar el desarrollo local de la provincia de Holguín.

Objetivo específicos:

1. Establecer un marco referencial sobre la minería artesanal en Cuba y sus perspectivas de desarrollo;
2. Caracterizar los depósitos de tobas vítreas de la provincia de Holguín, y establecer sus aplicaciones principales y sus perspectivas de extracción para potenciar la minería artesanal en los municipios.

Hipótesis: Si se establece la importancia de la minería artesana y las perspectivas de explotación de las tobas vítreas, demostrando sus diferentes usos, se podría contribuir al desarrollo local de la provincia de Holguín y sus municipios.

Capítulo I. Problemas de terminología sobre las pequeñas producciones mineras y la minería artesanal en Cuba.

La historia de la explotación minera en Cuba, comienza con los talleres de sílex de la región Levisa, provincia Holguín, la cual se remonta según los expertos a 5000 – 6000 años, datados por analogía con asentamientos primitivos del continente americano.

Hasta la llegada de la cultura occidental hace unos 500 años atrás, la explotación de los recursos minerales que efectuaban los primitivos pobladores de Cuba, tenía un carácter circunstancial y de bajo impacto, aprovechando las rocas duras, oro, arcillas, etc. en la medida de sus necesidades, constituyendo una actividad artesanal o de pequeña minería. (R. Batista, Instituto de Geología y Paleontología).

1.1 Aspectos de la legislación cubana sobre pequeña minería o pequeñas producciones mineras.

Según la vigente legislación minera cubana se define como “Pequeña Minería” o “Pequeña Producción Minera” toda actividad extractiva que se desarrolle sobre pequeños yacimientos minerales o que por la limitada significación económica de la explotación, pueda ser considerada como tal.

A los efectos de la Ley de Minas y su Reglamento se consideran objetos de la Pequeña Minería, aquellos yacimientos incluidos en los grupos I, III y V de la clasificación vigente (Artículo 13 de la Ley 76 de Minas), cuyo desglose es como sigue:

Grupo I: Minerales no metálicos utilizados fundamentalmente como materiales de construcción o materia prima para la industria y otras ramas de la economía. Este grupo incluye a las piedras preciosas y semipreciosas.

Grupo III: Minerales sólidos portadores de energía.

Grupo V: Otras acumulaciones minerales. Este grupo incluye:

- a) Las acumulaciones constituidas por residuos de actividades mineras que resulten útiles para el aprovechamiento de algunos de sus componentes, tales como colas, escombreras y escoriales.
- b) Todas las acumulaciones minerales y demás recursos geológicos que no están especificados en los anteriores grupos y pueden ser objeto de explotación.

Esto significa que con la excepción de la minería del níquel, el cromo y el oro, el resto de los minerales sólidos que se explotan en la actualidad en Cuba, se enmarcan dentro de la Pequeña Minería. (Mederos, 2005)

La pequeña minería cubana, se concentra en la explotación de yacimientos metálicos con reservas limitadas y en la explotación de minerales no-metálicos y materiales de construcción. Su pequeña escala determina que su efecto económico sobre la economía nacional, no sea de gran significación, pero sí de importancia por las materias primas que aporta y su autofinanciamiento.

En nuestra opinión no resulta adecuado considerar de manera absoluta a los yacimientos del llamado Grupo I correspondiente a los materiales de construcción como pequeña minería, pues existen explotaciones de materiales de construcción que por sus volúmenes pudieran pertenecer a otras categorías.

Según Mederos, 2005 el concepto de pequeña minería es netamente económico y ello determina, sus niveles tecnológicos de equipamiento y de recursos.

La pequeña minería en Cuba es fundamentalmente estatal, aunque actualmente se va incrementando la alternativa de las producciones de cooperativas particulares impulsada por la Resolución 35 del extinto Ministerio de la Industria Básica.

La pequeña minería aporta al país una variada gama de minerales para la explotación y el consumo nacional. Entre las principales producciones se encuentran: oro, cobre, cromo, carbonato de calcio, zeolita, bentonita, magnesita, arena sílice, arcillas caolín, y materiales de construcción. Como ejemplos productivos actuales en nuestro país, podemos mencionar las explotaciones auríferas, de cromo, zeolita, carbonato de calcio, entre otras.

En un futuro, parte de la pequeña minería pasará a la mediana minería de acuerdo a los Programas de desarrollo ramales, pero la actividad como tal se mantendrá introduciendo mejoras tecnológicas, rebajando costos y logrando una mayor eficiencia. (Sánchez Bermúdez, 2008)

La explotación de cualquier depósito mineral por pequeño que sea, está sujeta a las regulaciones de la legislación minera vigente, debiendo antes que todo transitar por un proceso concesionario que culmina con el otorgamiento de una concesión minera. La diferencia con respecto a la minería de mayor envergadura radica en que esta última es aprobada por el Comité Ejecutivo del Consejo de Ministros.

Las concesiones pueden ser de Investigaciones Geológicas, de Explotación y de Procesamiento y pueden ser solicitadas por cualquier persona natural o jurídica.

El poseedor de una concesión de explotación para Pequeña Minería, tiene las mismas obligaciones que cualquier otro concesionario de medianos o grandes yacimientos. Entre las principales obligaciones se destacan:

- a) Trabajar por un proyecto de investigación o de explotación.
- b) Informar periódicamente a la Autoridad Minera sobre la marcha de sus operaciones.
- c) Explotar racionalmente el recurso autorizado y darle el uso debido.
- d) Preservar la salud y la vida de los trabajadores y el Medio Ambiente.
- e) Pagar todos los gravámenes establecidos.
- f) Demarcar topográficamente la concesión.
- g) Devolver las áreas afectadas correctamente rehabilitadas.

El Estado ejerce el control sobre las operaciones de todos los poseedores de concesiones mineras mediante la Inspección Estatal, que de acuerdo a la Ley de Minas se define como “la actividad estatal de control, fiscalización y supervisión del cumplimiento por parte del concesionario, de los acuerdos y obligaciones contraídas, así como de las disposiciones legales vigentes que rijan la actividad que se inspecciona”.

La Inspección Estatal a la actividad minera es llevada a cabo por los inspectores de la Autoridad Minera (ONRM), quienes usualmente controlan:

- a) Cumplimiento de las obligaciones bajo las cuales se otorgó la concesión
- b) Existencia de proyectos de trabajo y actualización de la documentación técnica
- c) Cumplimiento de la gestión ambiental
- d) Uso dado al mineral autorizado
- e) Cumplimiento de las medidas de seguridad.

Los inspectores están facultados para:

- a) Imponer multas personales o institucionales según corresponda.
- b) Obligar al infractor a:
 - Reparar el daño realizado.
 - Erradicar la violación cometida en un plazo y condiciones dadas.
- c) Decomiso de los minerales extraídos ilegalmente y de los equipos utilizados para dicho fin.
- d) Paralización parcial o total de la extracción.
- e) Solicitar la anulación del derecho minero por la reincidencia en la comisión de infracciones.

1.2 Experiencias de la pequeña y minera artesanal en algunos países de Latinoamérica.

En relación con estos términos Chaparro, 2001 hace una caracterización en países como Chile y Republica Dominicana: En Chile, para fines estadísticos, se define como Pequeña Minería aquellas que obtiene exclusivamente minerales, sin procesarlos e independientemente de las cantidades producidas, pensando, además, exclusivamente en minerales metálicos. La ley de este mismo país presenta una definición más complicada; ella dice que la Pequeña Minería es la actividad productora que se realiza en minas o en plantas de beneficio de minerales, cuyos dueños sean personas naturales o sociedad mineras, siempre que el capital pactado en su estatuto social no sea superior al equivalente a 70 sueldos vitales anuales. Esta definición excluye claramente las actividades mineras no registradas ni

declaradas.

En la República Dominicana ni la Ley Minera y sus reglamentos, ni tampoco los sistemas de estadística definen la Pequeña Minería. Como sinónimo se usan internamente y en publicaciones los términos de Minería Artesanal y, algunas veces, también Minería Informal.

Como modelo de trabajo en República Dominicana se utiliza el siguiente esquema: (Incluye agregados sedimentarios: grava, gravilla, arena).

Tabla 1.1 Clasificación por toneladas de producción diaria de mineral y cantidad de unidades en cada clase.

Producción, t/día	Tamaño	Unidades	Usuario
>10 000	Grande	2	Concesionarios legales
>1 000	Mediana	3	
<1 000	Pequeña	68	
<10	Artesanal	(30?)	Sin concesiones

En este contexto damos una descripción de las características de la minería dominicana basándose en esta clasificación:

La primera clase, con producciones sobre 10 000 toneladas diarias de mineral, está representada por las únicas dos minas de menas metálicas del país: la mina de oro de la Rosario Dominicana y la explotación de mineral de níquel de la Falconbridge Dominicana. Mientras la primera, actualmente paralizada, es una fuente de contaminación, casi de tamaño regional, de ácido sulfúrico y metales pesados, la segunda destaca por su excelente gestión ambiental, cumpliendo las normas ISO 14 001. Actualmente la Falcondo tiene 1 300 empleados y la Rosario 200.

En el segundo grupo, con una producción sobre 1 000 toneladas diarias, se encuentran una cantera de caliza para agregados y carbonatos metalúrgicos y dos fábricas de cemento, cada una con un programa de protección ambiental y de reforestación. Estimamos la cantidad de empleados de este grupo en 1 000.

El tercer grupo representa la Pequeña Minería. Actualmente operan 68 canteras con una producción diaria menor de 1 000 toneladas cada una. El grupo está

formado por productores de caliza de calidad ornamental, para agregados y para la fabricación de cal; además de arcillas, caolín, sílice y feldespato, materia prima de la importante industria nacional de cerámica.

Del cuarto grupo no tenemos la suficiente información al ser una minería informal y muy poca controlada.

Minería Artesanal en Perú

La Minería Artesanal es una actividad que involucra a no menos de 40 mil familias peruanas, provenientes de todos los rincones del país, de acuerdo a cifras oficiales, la minería artesanal produce 17 toneladas de oro al año, lo que representa aproximadamente 150 millones de dólares. A esto se suma la producción de minerales no-metálicos y materiales de construcción. Estas características reflejan el gran potencial de esta actividad para contribuir a la generación de empleo, reducción de la pobreza, desarrollo local, obtención de divisas e ingresos fiscales. (E. Chaparro Ávila, 2001).

Minería artesanal en Ecuador

En el caso de Ecuador según (Martínez y otro 2005) el termino que se emplea para designar a la minería artesanal es el de minería a pequeña escala (MPE) siendo oportuno indicar que la participación de este tipo de minería es del 83.5% de toda la minería global ecuatoriana. En lo que se refiere a aporte al PIB, sin embargo esta participación no llega al 1.5% del PIB nacional (Banco Central del Ecuador, 2001), lo que refleja una mala cultura fiscal y/o ineficaz control tributario. Por otro lado, esta el ámbito social que llega a planos considerables; a saber que la pequeña minería llega al 80.2% del PEA rural con 92 000 personas empleadas en la minería a pequeña escala, distribuidos de la siguiente manera: Cuenta propia 40.2%, asalariados 40% (INEC, 1990). En contraste, con la participación en el aspecto macroeconómico que es muy poco, en las pequeñas economías familiares y, sobre todo las rurales son muy significativas. Esta participación se evidencia en la fuente considerable de empleos, circulación de capitales, inversión privada en infraestructura en general.

Cabe indicar que, la minería en pequeña escala ha tenido graves implicaciones medioambientales debido a las condiciones de pobreza en que, paradójicamente, vive la gente que se dedica a la minería. Además, la falta de infraestructura sanitaria junto con el bajo nivel tecnológico, ha sido fuente del deterioro del medio ambiente local, además; existe también como consecuencia de lo anterior un alto índice de enfermedades debido a la toxicidad de los procesos metalúrgicos de extracción. Por último, señalar que debido a la falta de una figura constitucionalmente instituida que controle, vigile, monitoree y sancione todo tipo de actividad minera, esta ha provocado la poca participación del estado en esta actividad. Creemos que la legislación, consecuentemente no brindaba todas las garantías institucionales, ambientales y económicas, sin embargo con las nuevas modificaciones a la ley de minería de 1991 estipuladas en el Reglamento General sustitutivo de la Ley de Minería del 17 de abril del 2001, y la Ley de Promoción de la Inversión y de la Participación Ciudadana (ley Trole II) del 2000, ayudaran a la institucionalización de la minería artesanal a la que hoy se conoce como minería a pequeña escala en la legislación ecuatoriana.

En la actualidad, la minería a pequeña escala se caracteriza por tener varios aspectos que a continuación detallaremos (Ver Tabla 1.2).

Tabla 1.2. Características de la minería a pequeña escala en el Ecuador.

Aspectos Tecnológicos	Aspectos sociales	Aspectos económicos	Aspectos Institucionales
Desarrollo tecn. muy bajo	Mano de obra muy alta	Desarrollo de mercado locales	Influencia bajo el estado
Costo de prod. muy bajo	Calidad de vida baja	Diversidad de productos directa o indirectamente de minería	Desarrollo de polos rurales
Calidad ambiental baja	Conflictividad social	Circulación mayor de capitales microeconómicos	Conflictividad legal

Consideramos que el problema mayor al que se enfrenta la MPE es la aceptación comunitaria, siendo preciso indicar que existen varias comunidades en que los problemas sociales son los más evidentes. Por otro lado también, como una consecuencia de lo anterior la mala imagen de la minería ha provocado un motivo para no financiar los proyectos mineros. Además la falta de órganos que controlen las actividades minera y el cumplimiento de leyes específicas para el control de contaminantes, han provocado un alto índice de contaminación del medio físico principalmente.

Para identificar mejor la participación de la MPE en el contexto del desarrollo sustentable de la comunidad ecuatoriana se recomienda ver el Anexo I.

Según lo analizado anteriormente se infiere que los principales problemas son de calidad de vida y medio físico y biótico, falta de liquidez en las actividades extractivas, pero también señalan grandes fortalezas como que son sociedades pequeñas pero organizadas, tienen interés en cumplir con el estado. Por otro lado las oportunidades también son relevantes como aprovechamiento de leyes de desarrollo de minería y ayuda financiera y técnica nacional y/o extranjeros. En síntesis, se tiene varios “frente de trabajo” dentro de la sustentabilidad de la minería a pequeña Escala, además la parte de institucionalidad es fundamental pues la base de todo proceso de formalidad de las actividades mineras artesanales. Por último, la institucionalidad de la minería se consigue, como parte primordial, “formalizando” las sociedades mineras pequeñas, reuniendo objetivos y compromisos comunes para lograr una base firme a fin de alcanzar la organización de tales actividades.

A partir de la nueva Ley de Minería que rige desde el 1999, el estado no está en “capacidad” de dar asesoramiento técnico a las pequeñas sociedades que se juntan para lograr una rentabilidad económica, con ello se libera de gran parte de responsabilidad. Por lo tanto, organizaciones como universidades, ONG y empresas privadas se han hecho responsables en dar ese asesoramiento que es importante para el desarrollo técnico-económico de la MPE.

Las pequeñas asociaciones mineros que reúnen varias sociedades se denominan

cooperativas mineras. Las cooperativas mineras se han convertido en una figura social muy importante, ya que reúne en un ente todo un conglomerado de grupos económicamente independientes que solo tienen en común estar dentro del mismo distrito minero y realizar la misma actividad. Se ha avanzado considerablemente en legalizar varias sociedades mineras y en dar persona jurídica a las cooperativas, sin embargo todavía falta diseñar aspectos que son de importancia dentro de la sustentabilidad de las actividades extractivas mineras. Hay que tener en cuenta que legalizar no es lo mismo que formalizar. Aún falta llenar vacíos en el aspecto ambiental y técnico, no se definen órganos que controlen las actividades mineras en estos aspectos. Además, no hay una política fiscal clara en cuanto a los controles de compra-venta de productos mineros, importación y exportación. Solo como ejemplo en Nambija, en la época de mayor bonanza de oro solo el 50% de la producción se registraba, mientras que el 35% se negociaba en forma irregular, y para completar el 15% en el mercado. (CONADE, 1989). En síntesis, no hay una figura constitucionalmente fuerte que establezca parámetros para alcanzar la sustentabilidad, por lo que algunas comunidades mineras han decidido concentrarse para formar figuras legales que agrupen a todos los individuos en una asociación con voz que pueda, en un momento dado, representarlas en una controversia. Cabe recalcar que, como Universidad, la ESPOL y en especial la Facultad en Ciencias de la Tierra (FICT) con su área de Ingeniería de Minas ha desarrollado varios proyectos de análisis de sustentabilidad vinculada con la MPE.

1.3 Minería Artesanal en Cuba.

El concepto de “Minería Artesanal” como tal no aparece en la legislación cubana; no obstante dicha minería existe, pero es contemplada dentro del concepto de Pequeña Minería. (Mederos, 2005). Debemos precisar que en nuestro país luego de ser aprobada la Resolución 35, MINBAS 2011, queda establecido cuales son las pequeñas producciones mineras que se corresponden con el concepto de minería artesanal:

- a) Las extracciones por sistemas de extracción manual de piedras de canterías, cuyos volúmenes no excedan las 200 000 chapas /año. (6 300 m³ con 80% de recuperación).
- b) Las extracciones por sistemas de extracción manual de piedras para enchapes, cuyos volúmenes no superen los 100 000 m²/ año.
- c) Las extracciones de arena realizadas por sistemas rústicos de extracciones inferiores a 5 000 m³ /año y que no sean consideradas especiales.
- d) Las extracciones de arcillas por sistemas rústicos de extracción, inferiores 1 000 m³/año
- e) Extracciones sin explosivos de minerales no metálicos del Grupo I, según lo establecido en el Artículo 13 de la Ley No. 76, Ley de Minas, no contemplados en los incisos anteriores, cuyos volúmenes no superen los 20 000m³ / año.

Si analizamos esta resolución llegamos a la conclusión de que se establecen estas extracciones mineras tomando como base las más comunes y más simples técnicamente, y además que se vienen realizando la mayor parte de las veces sin autorización; lo cual se pretende ir cambiando esta ilegalidad, pero lo cual requiere continuar flexibilizando las reglamentaciones y logrando una mayor asesoría y colaboración en este sector emergente (aspecto este tratado con más detalles en el epígrafe posterior en este trabajo). Como se puede apreciar la Resolución 35 limita también los volúmenes anuales a extraer dándole a este aspecto un protagonismo demasiado restrictivo.

Es necesario destacar que en mucho países, sobre todo en América del Sur la minería artesanal más difundida es la relacionada con las extracciones de oro, sin embargo todo parece indicar que en el caso de Cuba no serán autorizadas las explotaciones auríferas por personas naturales, debido a que para el procesamiento del oro es necesario emplear sustancias que provocan graves afectaciones ambientales al entorno y a la salud de las personas, como es el caso del mercurio.

Según Batista y otros, 2011 actualmente contamos con varios ejemplos de minería artesanal o pequeña minería en Cuba:

Rocas porosas para filtros de agua: En la región de Cortes al sudeste de Pinar del Río, se extraen bio-calcarenitas de la formación Vedado. En pequeñas canteras con escalones de menos de 0.5 m, se extraen bloques máximo 0.5 x 0.5 m por medio de serrote, barreta y hachas que después son tallados para conformar los filtros de agua, Anteriormente estos filtros eran muy utilizados pero hoy están casi en desuso con la llegada de los servicios del acueducto a casi todas las comunidades de más de 200 habitantes. Esta explotación es de bajo impacto, solo altera el paisaje.

Bloques de cantería: Desde la región de Madruga al Este de La Habana hasta Jagüey Grande en Matanzas, se explotan calizas blandas de la formación Colón. Estos bloques se extraen de forma artesanal por medio de serrote, barreta y hachas. Se utilizan para conformar paredes y muros que no soportan carga debido a su baja resistencia a la compresión (promedio por debajo de los 100 kg/cm²). El uso de estos bloques esta muy difundido desde La Habana hasta las provincias centrales, con más de un siglo de experiencia. Estas explotaciones pueden llegar a alcanzar grandes dimensiones con graves afectaciones al paisaje natural y con peligro de contaminación del manto freático, ya que en muchas ocasiones, los pobladores utilizan el hueco de la zona extraída para basureros de productos industriales y domésticos. Por la envergadura de estas explotaciones artesanales daremos más detalles de ellas en el próximo capítulo.

Lajas y fragmentos: En varios lugares del país se explotan areniscas, calizas y otras formaciones, y otras rocas magmáticas y volcánicas. Existen varias localidades en el país de donde se extraen, lajas, fragmentos y chinas pelonas. Esta materia prima, por sus propiedades decorativas, son utilizadas para revestir paredes y crear senderos. Este uso está hoy en día reactivado y muy difundido, principalmente en construcciones particulares y recreativas.

Arenas y arcillas: Las explotaciones de estas materias primas de forma artesanal son de las más difundidas. Se pueden encontrar extracciones tanto en depósitos de origen aluvial, marinos y eluviales. Estas explotaciones en muchos casos traen una gran afectación al medio ambiente ya que se efectúan en medios muy vinculados con la vida y que afectan a la sociedad de una forma muy directa como lo son los ríos y

playas.

Oro: Al norte de la ciudad de Holguín entre esta ciudad y Banes hay personas que se dedican a extraer el oro concentrado en placeres con gran afectación del medio ambiente, principalmente de la capa vegetal que es removida y lavada, lo cual ha ocurrido en plantaciones de la caña de azúcar, desmontadas por plantones. También son afectadas las pocas corrientes y embalses de agua presentes en la zona producto del acarreo de gran cantidad de sedimentos.

Piedras semipreciosas: Un ejemplo fehaciente de la minería artesanal en Cuba es la explotación de las ágatas, calcedonias, jaspes y otras variedades de rocas silíceas incluyendo los cuarzos hialinos, por artesanos tanto particulares como estatales, lo cual se lleva a cabo sin un control de esos recursos, hecho que perjudica el aprovechamiento racional de los mismos, teniendo en cuenta que son recursos no renovables.

1.4 Propuesta para lograr una mayor colaboración entre los organismos gubernamentales e instituciones para el asesoramiento a la minería artesanal hasta el nivel local.

Como hemos argumentado con anterioridad la actividad extractiva artesanal de recursos minerales en nuestro país debe ir incrementándose, impulsada cada vez más por una mayor flexibilidad y asesoría a estos pequeños productores, de una manera algo similar a los programas de producción de alimentos impulsados por el Decreto 249 y ahora más recientemente por el 300. Claro que siempre será más difícil esta labor dentro de una rama como la minera donde existe menos tradición, conocimiento, y popularidad que en la rama de la agricultura. Es por esta razón que se hace necesaria una mayor participación de las instituciones en el asesoramiento a esta importante actividad y donde las universidades desde las carreras del perfil de geociencias puedan jugar un papel destacado, sobre todo con el potencial de estudiantes de pregrado y posgrado y bajo la dirección de los docentes investigadores (Leyva y otros, 2013).

Es necesario reconocer que debido a la informalidad de la mayor parte de las pequeñas producciones mineras en nuestro país existen pocos ejemplos de aquellas que se hayan asesorado y facilitado su desempeño. En esta dirección se debe destacar el caso ya expuesto de la minería artesanal de los bloques de cantos de la provincia de Matanzas, donde en ellas si se han realizado acciones que han logrado ordenar y capacitar a estos productores. Otro aspecto importante se relaciona con el hecho de que la actividad minera artesanal esta tanto localizada en personas jurídicas como naturales, siendo esta última la que consideramos que debe tener un mayor incremento a corto y mediano plazo.

La experiencia del Centro de Tecnología Mineral de Brasil (CETEM) nos parece de gran utilidad para desarrollar esta labor. Ellos extienden su accionar en los minerales industriales y los materiales para construcción. En el primer caso, el CETEM pretende reducir la importación de una serie de minerales industriales (arcilla, gipsita, caliza, talco, etc) que son también producidos en el territorio nacional y, en su mayoría, por pequeñas y medianas empresas que emplean a unos 100.000 trabajadores. En el caso de los materiales de construcción porque, a excepción de algunos polos exportadores, donde se concentran empresas de mayor porte, las canteras son, en Brasil, los emprendimientos mineros que presentan más problemas de ilegalidad, irregularidad y, como consecuencia, de medio ambiente y seguridad laboral (Fernández y Gameiro, 2005).

En el trabajo que desarrolla el CETEM de Brasil se concilian los datos siguientes que pueden servirnos de referencia para desarrollar proyectos de colaboración donde nuestra propia Facultad e institución pueda tener una labor protagónica y de paso dar un aporte concreto a un problema real que apunta a ser cada vez más amplio y complejo de abordar. En este caso nuestra labor seria desarrollada siempre en colaboración con la Oficina Nacional de Recursos Minerales y otras instituciones del país, especialmente los gobiernos territoriales y el CITMA.

La minería de pequeño porte en Brasil en su mayoría es de tipo artesanal, si consideramos las definiciones existentes, ocupa a la mayoría de mano de obra empleada en este sector. En la minería brasileña el 71,2% de las minas son

pequeñas. Sin embargo, calcular el número de pequeñas minas no es nada fácil debido a la ilegalidad que las caracteriza, lo que dificulta su regulación y control. Así, los datos oficiales no siempre permiten construir un panorama cercano a la realidad. Existen en Brasil, 1.325 minas pequeñas con producción superior a 10.000 toneladas/año. Si se consideran las licencias de explotación del DNPM (Departamento de Producción Mineral) que incluye minas con producciones menores, este número se eleva a unas 5000. Número que aún no se aproxima a la realidad, ya que, como hemos dicho, una de las características de la minería de pequeño porte es su ilegalidad.

Brasil se ha transformado en uno de los mayores productores y exportadores de rocas ornamentales del mundo. Los números oficiales (Chiodi C., 2002) le asignan una producción de 5,2 millones de toneladas por año, más de 1300 frentes de explotación y más de 105.000 empleos directos en el sector (incluyendo el corte y elaboración de las rocas). Se trata de un mercado en franca expansión, lo que provoca también que, en zonas deprimidas socialmente, aparezcan nuevos emprendimientos mineros, como alternativa de sustento. Así, la mayoría de las canteras en Brasil está caracterizada por su régimen artesanal de producción; o sea, con pocos empleados sin suficiente capacitación, sin estudios de exploración y explotación de los yacimientos, con insuficientes condiciones de seguridad e higiene y sin mucho cuidado por el medio ambiente. Como ejemplo tenemos la región de Santo Antônio de Pádua, región noroeste del Estado de Rio de Janeiro, donde, desde hace varios años el CETEM junto con otras instituciones, viene desarrollando un trabajo de apoyo tecnológico, a través de un abordaje participativo (multi-stakeholder approach), a los pequeños productores.

Los resultados hasta ahora han sido excelentes, si bien la demora para alcanzarlos ha sido grande y quizás sea éste un punto fundamental en el trabajo cooperativo: lo que más cuesta conseguir y, en consecuencia, más tiempo gasta, es el peldaño de base de toda acción cooperativa, la confianza mutua. Una vez superado este obstáculo, se van venciendo los siguientes con relativa facilidad, pues ya se ha instalado en el grupo una dinámica de "todos vencemos si trabajamos juntos". Santo Antonio de Pádua está situado en la región noroeste del Estado de Rio

de Janeiro y, según los datos de la Secretaría de Planificación de dicho estado, se trata de la menos desarrollada del mismo. Es una región devastada, forestalmente hablando, debido a las plantaciones de café que hubo durante el ciclo de café del valle del Paraíba, en el siglo XIX. Al acabar la producción de café, la población se quedó sin medios de sustento y la región, en consecuencia, económicamente deprimida. Así, las comunidades, fueron descubriendo otros medios de vida y, recientemente, los encontraron en la explotación de recursos minerales. En la región hay abundancia de estos recursos, en especial de calizas y mármoles en el municipio de Italva y de “piedras decorativas”, en el municipio de Pádua. En este municipio se explotan los gneises-migmatítico-granulíticos, que son usados, fundamentalmente, como materiales de revestimiento. Este tipo de rocas presenta una morfología que facilita mucho su desmonte y corte en placas, permitiendo que todo ello sea realizado de manera artesanal. Se estima que esta actividad genere unos 6000 puestos de trabajo, directos e indirectos en la región.

La actividad minera de la región (Peiter, C.C., 2001), sólo llamó la atención de las autoridades en 1992, al publicarse una noticia en un diario de Rio de Janeiro, que hablaba del gran movimiento minero. Al tomar conocimiento, el Departamento de Recursos Minerales (D R M) del Estado llevó un equipo a la región para hacer un levantamiento de la situación. Su sorpresa fue grande cuando encontraron en funcionamiento, por lo menos 50 canteras y otras tantas serrerías de roca ornamental. Desgraciadamente, debido a la desarticulación entre las agencias gubernamentales en el área mineral en el Estado, entre 1992 y 1996, el trabajo no avanzó.

Luego entraron en escena otros organismos como el SEBRAE (Servicio Brasileño de Apoyo a las Micro y Pequeñas Empresas), que junto al CETEM organizó cursos teórico/prácticos, apoyados por la Asociación de Empresas de Piedras Decorativas (AEPD).

Después de tantos desentendimientos, entre agencias gubernamentales y los propios productores, se llegó a la conclusión de que habría que abordar el

problema de una manera participativa, cuya base teórica y práctica está descrita en la publicación del CETEM, “Abordagem participativa na gestão de recursos minerais” (Peiter, 2001). Finalmente, en 1997, se formó una Red Cooperativa de Investigación en Minerales de la Construcción Civil y la Mitigación de sus Impactos Ambientales – RETECMIN. El trabajo cooperativo desarrollado por esta red tuvo tanto éxito que su metodología sirve de modelo para nuevas iniciativas en localidades con problemas similares, en especial en el área de la minería de pequeño porte.

Desde el punto de vista técnico, fueron trabajados los siguientes aspectos:

- a) Estudios geológicos detallados de la región, que han permitido inferir que las reservas son abundantes aunque deberán utilizarse otros métodos de explotación, ya que el acceso a los yacimientos será más difícil.
- b) Estudios tecnológicos, determinando las propiedades de las rocas explotadas, lo que permite perfilar el uso más adecuado de este tipo de material. También se realizaron estudios de mejoría de los métodos de laboreo, aumentando el aprovechamiento de la explotación y disminuyendo los residuos.
- c) Estudios de mitigación de los impactos ambientales. Los técnicos del CETEM, desarrollaron y convencieron a los productores a instalar pequeñas estaciones de tratamiento de finos producidos en el corte de la piedra. Estos finos eran directamente lanzados al río, causando serios problemas ambientales. El estudio continuó con el posible aprovechamiento de esos finos y hoy los productores de la región están construyendo una fábrica de argamasa, cuya materia prima la constituirán, precisamente, esos finos que eran lanzados al río.
- d) Legalización de las actividades mineras que, como en todas las actividades anteriores, comenzó por la concienciación de los productores de la necesidad de registrar y legalizar sus emprendimientos. Las mejoras producidas en la parte ambiental por esta red cooperativa y el gran trabajo político y de articulación de los diversos órganos envueltos ha permitido que se avance enormemente en este sentido.

Se resalta que sólo se pudieron alcanzar los objetivos porque se disponía de un equipo cohesionado y técnicamente cualificado. La propia adquisición del espíritu de equipo y la aglutinación de intereses en torno a un objetivo común entre los principales coordinadores y colaboradores ha sido posible por el gran profesionalismo y la conciencia de deber público encontrado en los organismos envueltos en el proyecto.

El éxito que ésta y otras iniciativas de abordaje participativo han tenido, han llevado al Ministerio da Ciencia y Tecnología de Brasil, a implantar el sistema de “arreglos productivos locales” para mejorar la competitividad de las empresas. Se pretende impulsar esa competitividad a través del conocimiento y la innovación. Los "arreglos productivos locales" se caracterizan por la concentración geográfica de empresas interrelacionadas, donde las mismas compiten entre si, pero también colaboran. Este proceso de aprendizaje colectivo, gradual y continuo que lleva a compartir el conocimiento en las empresas, utiliza técnicas de dinámica de grupo y planificación participativa para alcanzar la interacción en las relaciones personales y económicas, acelerando el proceso de innovación.

Toda esta experiencia de CETEM referida arriba debemos tomarla como punto de partida para potenciar el asesoramiento institucional a la minería artesanal en nuestro país.

Lo más destacable de ese método es que los organismos gubernamentales actúan más como mediadores que como inspectores o ejecutores de poder, creando y coordinando Redes Locales, que buscarán las propias soluciones a sus problemas particulares.

Según Leyva, 2013, en el futuro inmediato se debe trabajar en función de lograr completar los elementos que potenciaría a la minería artesanal hasta el nivel de municipio y propone como elementos básicos que integrarían el sistema los siguientes:

- a) Aseguramiento de la base geológica y topográfica del territorio.

- b) Gestión de toda la información disponible, entre las que se destaca aquella de los usos actuales que se dan a los recursos minerales en el territorio. Caracterización de los mismos, e investigación de los usos que se le han dado en etapas históricas pasadas.
- c) Valoración de experiencias nacionales e internacionales sobre el uso de materias primas que no son empleadas en el territorio tradicionalmente, pero sus condiciones geológicas e índices argumentan su presencia.
- d) Valoración pronóstico del territorio que permita identificar y discriminar los tipos de Recursos minerales a caracterizar y evaluar.
- e) Reconocimiento geológico de detalle de los diferentes tipos de Recursos identificados, compatibilizado con la Oficina Nacional de Recursos Minerales (ONRM).
- f) Ensayos y análisis de las muestras, según normativas y exigencias técnicas establecidas.
- g) Análisis técnico económico para identificar posibles producciones y estudio de las inversiones necesarias.
- h) Recomendaciones sobre las producciones a acometer en el territorio, según los tipos de recursos minerales evaluados.

El resultado de la generalización de este sistema de valoración de los recursos minerales puede traer resultados importantes en el incremento de la minería artesanal en las comunidades en varias direcciones fundamentales, entre las mismas se pueden destacar:

- a) Incremento de la producción de materiales de construcción para diferentes fines, especialmente viviendas y otras obras sociales, con indicadores de sostenibilidad.
- b) Mejoramiento de suelos en la agricultura y la alimentación animal para impulsar la producción de alimentos (materias primas agronómicas).
- c) Creación de nuevas fuentes de empleo en los municipios a partir de las nuevas producciones, la mayor parte artesanales.

Resulta significativo destacar que estas concepciones se corresponden con las realizada por Coutin y Brito, 2005 donde plantean, entre otros aspectos, los siguientes: una cuestión fundamental reside en lograr que los trámites establecidos por las Leyes de Medio Ambiente y la de Minas con su reglamento (que inciden tempranamente, desde el momento en que se solicite una concesión minera y hasta que se extraiga y comercialice la primera tonelada del producto) puedan realizarse de una manera más simple y breve lo que estimularía a los inversionistas interesados, puesto que el mercado exige alta operatividad para responder a cualquier demanda o solicitud de materias primas o de productos, pero las obligaciones que imponen lo establecido actualmente no en pocos casos obstaculizan o sirven de freno a la actividad.

Y continúan añadiendo estos autores....se debe valorar la necesidad de ampliar la actividad geólogo-minera para apoyar a la pequeña minería o minería artesanal, hasta el nivel de municipio. Con este fin se deberán flexibilizar los conceptos acerca de la cantidad, tipo y calidad de las reservas necesarias para esta actividad y adecuar los requerimientos para el control de la extracción y para la restauración de las afectaciones medioambientales.

En nuestro país recientemente se ha desarrollado un trabajo de valoración de los recursos minerales hasta el nivel de municipio, que aunque es preliminar posee una importancia grande para establecer las perspectivas iniciales de la minería artesanal a nivel local (Batista y otros 2011). Este trabajo resume las información de los trabajos geológicos desarrollados y que han tenido un carácter oficial; por esa razón no está todo lo actualizado posible y solo menciona a las materias primas y usos más tradicionales, sin dar detalles de sus características. El mismo esta entregado en los gobiernos municipales de todo el país, pero requiere de una asesoría por parte de especialistas en Geociencias para extraerle realmente una verdadera utilidad. Papel que en nuestra opinión y en gran medida, nos corresponde a nuestra Facultad en alianza con la ONRM, al menos en principio en la región oriental.

1.5 Pequeña minería, ordenación de los territorios y compatibilización de intereses.

La actividad extractiva de los recursos mineros, por unas causas o por otras, debe contemplarse en el marco de la ordenación territorial, pero al mismo tiempo, la planificación territorial debe tener en cuenta los aspectos y peculiaridades propios de esta actividad (Barettino, 2002). Consecuentemente, para llevar a cabo una adecuada planificación y ordenación del territorio en lo que a la actividad minera se refiere, es necesario previamente:

- a) Conocer a fondo y delimitar geográficamente aquellas zonas del territorio que contienen los diferentes recursos minerales.
- b) Caracterizar la calidad y cantidad de los diferentes recursos.
- c) Analizar el consumo y la previsión de la demanda futura de estos recursos.
- d) Analizar las características propias y los condicionantes técnico-económicos que presenta la explotación minera de los diferentes tipos de recursos geológicos.
- e) Analizar los programas de cierre y clausura de las explotaciones y la situación en que va a quedar el territorio afectado.
- f) Analizar los usos posteriores que se han programado para los terrenos afectados.
- g) Análisis de los planes de alternativas económicas a la actividad minera para la reconversión del sector tras el cierre de las explotaciones (planes de desarrollo alternativo de las comarcas mineras).

Según González y Campos 2005 un elemento fundamental en el ordenamiento de las actividades mineras lo constituye el Proceso de Compatibilización, conciliar los intereses de la parte extractora, de los propietarios del terreno (estatal o particular) y de las entidades de la región y de la nación, incluyendo las autoridades ambientales. La compatibilización de intereses no las realiza en Cuba el solicitante de la Concesión para la extracción, sino la Autoridad Minera, por lo que cuando se otorga la Concesión de Explotación (cuyos deberes y obligaciones aparecen bien definidos en la Ley de Minas y su Reglamento) fueron realizadas todas las consultas necesarias. Los casos más difíciles a solucionar se presentan cuando el terreno es propiedad particular o cuando por la calidad del suelo está

dedicado a algún cultivo especial. En el caso de que el terreno sea de propiedad particular existen las siguientes variantes de:

- a) Entregar al propietario un área similar a la que se va a afectar.
- b) Compensación mediante la construcción de una vivienda confortable en un lugar acordado entre las partes.
- c) El propietario cede el área para ser explotada y luego se le restituye rehabilitada.
- d) Comprar el terreno a afectar por acuerdo entre las partes.
- e) Expropiación forzosa con la correspondiente indemnización económica.

De las 5 variantes expuestas, la que comúnmente se aplica es la primera, pues generalmente los propietarios prefieren mantenerse en posesión de terrenos fértiles para la agricultura o la ganadería. Además es interés del estado que los campesinos permanezcan en el campo y contribuyan con su trabajo a la producción de alimentos. La última variante (expropiación forzosa) nunca se ha aplicado en nuestro país, aunque ha habido casos de campesinos reacios a ninguna de las variantes a ellos ofrecidas. En estos casos se ha acudido a la intervención de organizaciones territoriales y a autoridades de la comunidad, para persuadirlos de la importancia de la explotación del recurso mineral existente en su terreno y si no accede, pues se trata de encontrar nuevas áreas de este mineral, estos casos se han dado en yacimientos de arena y arcilla

Capítulo II. Experiencias destacadas de la minería artesanal en Cuba. Características geológicas de los depósitos de tobas vítreas en la provincia de Holguín.

2.1 Introducción

En este capítulo se explican algunos casos destacados de la actividad minera artesanal en Cuba, los cuales poseen un peso importante en la solución de materiales de construcción en los territorios donde se realizan, y constituyen casos relevantes que pueden ayudar a extender también estas experiencias a diferentes territorios del país. Además se expone la fundamentación de haber seleccionado a las tobas vítreas como la materia prima a evaluar para potenciar la minería artesanal en nuestra provincia y se caracterizan los tres depósitos principales de esta materia prima de la provincia, aunque se reconoce la amplia difusión que presentan estos recursos en prácticamente todos los municipios.

2.2 Experiencias destacadas de la minería artesanal en Cuba.

2.2.1 Una “Gran Minería Artesanal” en Jagüey Grande, provincia de Matanzas, Cuba.

Según Mederos, 2005 la construcción de viviendas con piedras es casi tan antigua como el hombre mismo. De la extracción de piedras de forma manual precisamente se trata en este caso de estudio.

El Este de la provincia de La Habana y la casi totalidad de la provincia de Matanzas, se encuentra ocupada por una extensa llanura cársica constituida por calizas margosas de edad Mioceno (Formaciones Husillo y Colón), relativamente blandas y con espesores locales superiores a los 20 m. Las referencias a la extracción de piedras para construcción de este paquete rocoso se remontan a la época del dominio español. En la medida que fueron creciendo los asentamientos poblacionales y escaseando la madera, se intensificaron las extracciones de bloques de estas calizas blandas, denominadas comúnmente “cantos” por los pobladores de la región. De esta forma se conformaron verdaderas canteras,

muchas de las cuales hoy son testigos mudos de aquella minería artesanal y desorganizada mientras otras hoy se revitalizan e incluso surgen algunas nuevas.

Tradicionalmente la extracción ha sido llevada a cabo o bien por quien construía su propia vivienda, o por personas que de forma regular buscaban su sustento vendiendo los bloques extraídos, en el marco de una economía familiar.

Formas de extracción: Los métodos de extracción han ido evolucionando con el tiempo, desde la cubicación y separación de los bloques del macizo rocoso, utilizando mandarrias, cuñas y una barra metálica de extremo aplanada, denominada “barreta”, tarea realizada generalmente por un sólo hombre, hasta la utilización de serrotes de corte, operados por uno o dos hombres (Figura 2.1), que facilitan además el ulterior seccionamiento de los bloques en piezas más pequeñas (0.6 x 0.4 x 0.1 m u otras dimensiones aproximadas).

Desde el punto de vista organizativo cada cantero demarca una pequeña porción de terreno y en ella trabaja hasta que se agote la roca útil o llegue al nivel freático, teniendo como vecinos a otros canteros que operan en condiciones similares.

Significación económica: A los efectos de su aporte a la economía nacional, esta es prácticamente insignificante en comparación con otras actividades mineras. Sin embargo, desde el punto de vista comunitario las cosas son bien diferentes, pues además de constituir fuentes de empleo para cientos de personas, el producto final – el canto -- generalmente queda en la comunidad o en el entorno inmediato, donde la inmensa mayoría de las viviendas se levantan utilizando ese material.

A modo de ejemplo, tan sólo en las inmediaciones del poblado de Jagüey Grande, a finales del año 2001 se localizaban 5 zonas de extracción, donde oficialmente trabajaban alrededor de 900 canteros, que en el año lograron extraer 1 940 000 chapas de cantos. Si tenemos en cuenta que el precio de venta oscila entre 2 y 4 pesos por unidad y que además una vivienda puede ser levantada con unas 400 piezas, resulta obvio que el efecto económico – social sobre la comunidad no es nada despreciable.

Acciones de la Autoridad Minera y sus efectos: Desde tiempos pretéritos esta actividad extractiva se ha venido realizando aisladamente, sin un mínimo de conocimientos geológicos y sin tener en cuenta las normas más elementales de la seguridad minera. Mucho menos se tomaban en cuenta las afectaciones provocadas al entorno natural. Específicamente en el caso de Jagüey Grande, a raíz de la implementación de la Ley de Minas en 1995, la Autoridad Minera tomó cartas en el asunto en el sentido de:

- a) Ordenar territorialmente la actividad, apoyando la organización de los canteros individuales en una cooperativa local, que legalizó su Concesión de Explotación. La mayor parte de los canteros aislados fueron agrupados en grandes zonas de extracción.
- b) Facilitar información geológica y brindar asesoramiento técnico a los canteros.
- c) Conciliar al menos en una primera etapa, los intereses de la actividad minera y los requerimientos mínimos para la preservación del Medio Ambiente.
- d) Exigir la sistematización de la atención médica elemental a los canteros.
- e) Lograr un mejor ordenamiento de la comercialización de los cantos.

Un ejemplo práctico de lo que se puede lograr con el ordenamiento de la Pequeña Minería, en este caso artesanal por demás, lo constituye el proceso de recuperación emprendido en noviembre del 2001 cuando la región central de Cuba fue devastada por el huracán Michelle, que cruzó la provincia de Matanzas de Sur a Norte y dejó tras de sí una impresionante estela de destrucción.

La cuantificación de los daños arrojó un total de 18 400 viviendas totalmente destruidas y un número muy superior con afectaciones parciales, para cuya reconstrucción en el período de un año (plazo fijado por la dirección del país) no bastaban todas las capacidades de producción de bloques de hormigón de las regiones central y occidental. Así pues, se planteó la alternativa de complementar este déficit de bloques incentivando el incremento de la extracción de cantos, decidiendo el gobierno provincial adquirir toda la producción que se realizara en ese período.

Esto conllevó a que dada las facilidades creadas se incrementara sustancialmente el número de canteros, los que fueron además apoyados por algunos medios técnicos de empresas estatales de la región. Al hacer la evaluación final, resultó que en el transcurso del año 2002, sólo en Jagüey Grande se extrajeron más de 3 000000 cantos, facilitando los elementos de paredes para una apreciable cantidad de viviendas.

Si a ello añadimos las extracciones logradas en otros puntos de la provincia de Matanzas (Cárdenas, Guanábana, Pedro Betancourt, San Antonio de Cabezas, Colón, Perico, etc.), la cifra se hace mucho más significativa.



Figura 2.1 Explotación artesanal de Calizas "Blandas" para bloques de construcción en la provincia de Matanzas.

2.2.2 Explotaciones artesanales de arenas aluviales en la provincia de Pinar del Río.

Según Mederos y Estévez (2013) la existencia de acumulaciones de arena de excelente calidad en la mayoría de los ríos y arroyos de la región central y occidental de Pinar del Río es una realidad tan palpable como la propia existencia de esas corrientes fluviales. Difícilmente algún nativo de la sierra o la pre montaña no haya recibido de manera directa o indirecta los beneficios de esta materia prima, cuya extracción tradicionalmente la han hecho de manera muy artesanal los campesinos, utilizando "parihuelas" como expresión más arcaica, o con los llamados "cucharones" como técnica más sofisticada; esta última no es más que una versión criolla del

scraper minero, sólo que la tracción es aportada por bueyes o caballos. En menor medida algunos ríos como el Paso Viejo y el Cuyaguaje han sido objeto de una minería convencional, pero poco sistemática, y aun menos organizada. Obviamente, los volúmenes de extracción generalmente resultan limitados en cada punto específico y en cada momento, aunque la repetición de la acción varias veces al año, así como lo profuso de la operación en toda la región conduce a volúmenes nada despreciables. El no control y la inexistente contabilización de los mismos no permite cuantificar la magnitud de esta actividad minera tan tradicional en la región, y mucho menos valorar objetivamente su impacto en el sector constructivo local. Ejemplos de interesantes acumulaciones de arena abundan por toda la sierra (Mederos J., 2005); por su magnitud se destacan:

- a) Derivadora del río Cuyaguaje (dentro y fuera), en las proximidades de Isabel Rubio.
- b) El curso alto del mismo río, en la zona de Cantarote, al sur de Cabezas.
- c) La intersección de los ríos Churrusco y Los Pozos, en el llamado Hoyo de Guamá.
- d) El río La Leña, al norte de Consolación del Sur.
- e) Varios tramos del río Paso Viejo.
- f) El río San Sebastián, en la zona de Lagunillas, al norte de San Juan y Martínez.

Se trabajó en precisar de dónde procede la arena, en qué cantidades abunda, dónde está, cómo puede extraerse, etc.; siempre en aras de despertar en la población y en las autoridades el ánimo de aprovechar ordenadamente los recursos renovables. No se aborda el problema de la calidad del mineral por cuanto solo se dispone de información de aquellos depósitos que se han explotado oficialmente. No obstante, a groso modo se puede afirmar que la composición del mineral es típicamente silícea (> 95 %), siendo la materia orgánica el principal elemento perjudicial. Este análisis va dirigido no solamente a los grandes depósitos conocidos en los mayores ríos de la región, sino a cada corriente fluvial y muy especialmente a las presas o embalses, que al interceptar grandes ríos durante decenas de años se han convertido en enormes reservorios de arena. Sólo se llama la atención sobre la existencia de un

mineral renovable en cantidades apreciables, pero con una distribución diferente a lo que históricamente aceptamos como depósito o yacimiento. Para mostrar estos elementos subjetivos en forma de magnitudes cuantificables obviamente ha sido necesario manejar algunos parámetros con cierto grado de libertad, asumiendo algunas variables como constantes, estableciendo terminologías convencionales, introduciendo coeficientes de corrección, etc. En el fondo, esta experiencia es un mensaje dirigido a todos los que de una forma u otra se encuentren vinculados a la minería de los áridos, ya sea como extractores o como directivos, sin exceptuar las autoridades medioambientales y administrativas. Y en esta dirección plantea Mederos, 2013 “Cambiemos nuestra filosofía sobre la minería de la arena, usemos más nuestros recursos renovables y destruyamos menos nuestros ecosistemas costeros. El país no tiene ningún compromiso para rellenar el Caribe o el Atlántico con nuestros recursos renovables.

Muy próximo al Km. 14 de la carretera Pinar del Río - Luis Lazo, en la zona conocida como Mestanza, existe un antiguo dique que represa las aguas del arroyo Guanito, generando un espejo de aguas estancadas de poca profundidad, que retrocede unos 300 o 400 metros aguas arriba. A dicho estanque fluyen todos los sedimentos provenientes de la pequeña cuenca fluvial de este arroyo. Históricamente los pobladores de la zona se han beneficiado con la extracción fortuita de la arena que colmata el estanque, pero la extracción sistemática del mineral comienza en el año 2000, al obtener la Empresa “Movimiento Provincial de Micro Brigadas de Pinar del Río” una Concesión de Explotación (CE) en el área. Todas las obras construidas por la mencionada entidad se han hecho con la arena de este depósito. Desde un primer momento la extracción se llevó a cabo de una manera ordenada y sostenible, operando los equipos mineros (una retroexcavadora y un camión) dentro del propio cauce del arroyo. Para la extracción se habilitaron tres tramos del cauce, comenzando por el mismo límite de las aguas mansas, o sea, la zona de entrada de la corriente. Después del primer año de operaciones, al agotarse los recursos acumulados por varios años y que colmataban ese tramo del cauce, las extracciones anuales comenzaron a responder únicamente a lo que se depositaba durante el

último período lluvioso. A esa secuencia responden los datos que se muestran en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1 Volumen de extracción de arenas por años.

Año	Extracción (m³)
2003	750
2004	1 630
2005	713
2006	2 210
2007	1 977
2008	1 225
2009	1 148
Total	9 653 (Media: 1 379)

La cuenca de erosión, cuya superficie es de 7,0 km², está constituida básicamente por las secuencias terrígenas de la Fm San Cayetano (5,7 km²), y en menor medida por las calizas de la Fm Guasasa. Obviamente esta última poca o ninguna arena ha de aportar al arroyo, así pues, podemos asumir que el 100 % de la arena que fluye al cauce proviene de la erosión de las rocas intemperizadas de la Fm San Cayetano. Morfológicamente la cuenca se caracteriza por un relieve considerablemente desmembrado, el típico que caracteriza a las rocas terrígenas de esta formación en el resto de las Alturas Pizarrosas del Norte y del Sur. El grado de meteorización de estas rocas, así como el nivel de afectación de la superficie (construcción de caminos, siembra y tala de árboles, etc.), tampoco difieren del resto de la región. Dada la configuración del estanque, si bien no se puede afirmar que toda la arena que fluye en un período lluvioso sea extraída, al menos sí se puede afirmar con bastante certeza que la arena extraída cada año responde a la recién llegada al cauce y no la allí existente desde antes de regularizarse la explotación. En todo caso este constituye un margen de seguridad para la estimación.

El potencial de la Sierra de los Órganos.

a) El factor litológico: La Sierra de los Órganos se subdivide en tres grandes unidades litológicas bien diferenciadas:

- Alturas Pizarrosas del Norte.
- Alturas Pizarrosas del Sur.
- Sierra de los Órganos Sensu Strictus.

Cada una de ellas tiene sus propias características (relieve, tipo de drenaje, intemperismo, etc.), constituyendo la composición litológica el elemento fundamental que controla al resto de las variables.

b) Jerarquización de las formaciones: El concepto “San Cayetano Equivalente”. En función de su carácter más o menos terrígeno -entiéndase arenoso- y de su grado de intemperismo, y por consiguiente de la magnitud de su aporte de arena a las cuencas hidrográficas donde se ubiquen, se establece un orden de importancia para las correspondientes formaciones terrígenas. En aras de establecer una expresión numérica que refleje de alguna manera lo que constituye una apreciación lógica (pero subjetiva), se asigna a cada formación un coeficiente de reducción o ajuste que indique cuanto menos arena aportará una unidad de superficie (km^2) ocupada por ella, en comparación con la Fm. San Cayetano - la máxima aportadora - y por tanto la unidad de referencia. A este coeficiente le llamaremos “San Cayetano Equivalente” y siempre resultará menor que la unidad. A la hora de contabilizar las superficies generadoras de arena que aportan a una cuenca, todas menos San Cayetano serán previamente afectadas por este coeficiente de reducción.

Tabla 2.2 Selección del coeficiente “San Cayetano Equivalente”

Formación	Coeficiente (San Cayetano Equivalente)
San Cayetano	1,0
Arroyo Cangre	0,8
Manacas	0,6
Capdevila, Apolo, Mariel	0,5

- c) Las cuencas: Su potencial el primer trabajo desarrollado consistió en completar el levantamiento de las cuencas hidrográficas de la región, trabajo comenzado años atrás (Mederos J. L. y otros, 2009). Para los efectos de la definición del área ocupada por cada cuenca, se tomó el punto de cierre en el curso bajo o medio de la arteria fluvial de manera un tanto arbitraria, pero siguiendo la lógica de que este se ubicara a la salida de la premontaña, o al menos allí donde permitiera captar el escurrimiento de las principales corrientes aportadoras.

En la Tabla 2.3 se presentan los volúmenes de arena generados anualmente en cada cuenca. Esto no es más que el resultado de multiplicar la superficie total ocupada por rocas terrígenas por el Coeficiente de Arenosidad (CA). Nótese que en algunas cuencas se generan volúmenes significativos de arena, los que en varios ríos superan los 20 000 m³ anuales (Ej. “Hondo”, “San Diego”, “Nombre de Dios”, y por supuesto en los mayores - “Mantua” y “Cuyaguaje”). Estimación de los volúmenes de arena generados cada año en las diferentes cuencas (m³).

Tabla 2.3 Volúmenes de arena generados anualmente en cada cuenca.

Cuenca fluvial	Sup. Total en rocas terrígenas (km²)	Coeficiente de arenosidad (m³/km²)	Volumen de arena generado / año (m³/año)
Arroyo El Ají	7.42	241.93	1 795.12
Arroyo Pañuelo	6.35	241.93	1 536.26
Arroyo Salado	25.2	241.93	6 096.64
Arroyo Tenería	24.76	241.93	5 990.19
Arroyo Guasimal	44.89	241.93	10 861.45
Río Los Portales	53.9	241.93	13 040.03
Arroyo Naranjo	8.55	241.93	2 068.50
Arroyo El Valle	6.96	241.93	1 683.83
Río Sábalo	10.57	241.93	2 557.20
Arroyo Lo Puercos	4.498	241.93	1 088.20
Arroyo Camarones	6.928	241.93	1 676.09
Arroyo Ramones	7.684	241.93	1 858.99
Arroyo Yaguas	7.974	241.93	1 929.15
Río Galafre	26.8	241.93	6 483.72
Arroyo Papayas	9.836	241.93	2 379.62
Río San Juan	55.15	241.93	13 342.44
Río San Sebastián	43.13	241.93	10 434.44
Río Seco	22.735	241.93	5 500.28

Como se puede apreciar estos volúmenes no son despreciables especialmente orientados a soluciones locales de áridos La experiencia expuesta anteriormente puede y debe ser generalizada en algunas otras localidades del país.

2.3 Fundamentación sobre la elección de las tobas vítreas como caso de estudio para potenciar la minería artesanal en Cuba.

Como objeto de estudio del presente trabajo se han elegido las tobas vítreas, por su abundancia en la provincia de Holguín, por su diversidad de aplicaciones y por las perspectivas que poseen las mismas para potenciar a la minería artesanal, e influir en el desarrollo endógeno y sostenible de los municipios.

Las tobas vítreas son rocas que reciben también diferentes nombres, internacionalmente son denominadas piedra pómez, pumitas y pumicitas en dependencia del contenido de material vítreo y de su densidad. En Cuba bajo esta denominación y en dependencia del porcentaje de material vítreo se les denomina tobas vítreas, vitroclásticas o vitrocrystaloclasticas en dependencia de los minerales acompañantes al material vítreo. También reciben la denominación genérica de vidrio volcánico. En general son rocas de elevada porosidad y ligeras, con elevada capacidad de absorción de agua. Por su origen son rocas de tipo ígneo extrusivo y con diferentes mezclas de otros materiales acompañantes en dependencia de su ambiente de formación.

Existen evidencias del uso de las tobas vítreas como material de construcción en la antigua Roma, donde comenzó a emplearse como material de construcción a partir del siglo VII ANE. La invención del cemento puzolánico, la construcción de los acueductos, el Partenón y el Coliseo de Roma, construidos en el esplendor del imperio romano, y que han perdurado hasta nuestros días, confirman el uso de estas rocas desde la antigüedad, y su resistencia a la acción de los elementos y el transcurso del tiempo.

Este material posee buenas perspectivas para su empleo, especialmente en la construcción, y actualmente le son ampliadas las investigaciones en diferentes estudios. Sus cualidades físicas, entre las que se encuentran su ligereza, resistencia y maleabilidad, permiten adaptarlo a cualquier tipo de construcción. Las tobas vítreas son especialmente apreciadas en la fabricación de muros de carga internos y externos, ya que su esponjosidad permite construir estructuras ligeras, pero con características de resistencia y compresión bastante elevadas. Especialmente resultan de interés las investigaciones realizadas recientemente con estas rocas como materiales puzolánicos en la provincia de Holguín (Almenares, 2011; Almenares y Leyva, 2013).

Las principales cualidades técnicas de las tobas vítreas son:

- Su baja dureza (de 1-3 en la escala de MOHS) posibilita un fácil corte en cantera y labrado en obra;
- Sus características químicas y mineralógicas, le confieren gran estabilidad;
- Es bastante inalterable a la acción de los agentes de intemperización atmosféricos;
- Es un aislante térmico y acústico natural;
- Los valores de resistencia a la compresión son generalmente superiores a los 40 kg/cm².

Además de su utilización como material de construcción, el vidrio volcánico tiene los siguientes usos:

- Medio filtrante en la industria azucarera;
- Decapado de metales;
- Producción de fósforo;
- Material abrasivo;
- Producción de lozas antiácidas;
- Material de soporte en la filtración del acetileno;

- Decoloración y filtrado de aceites comestibles;
- Como aditivo en la fabricación de tableros de bagazo.

Se ha demostrado la posibilidad de reemplazar cuarzo y feldespato por tobas vítreas, sin que se produzcan alteraciones significativas en la micro estructura final de los cuerpos cerámicos y consecuentemente en las propiedades tecnológicas. Se pueden fabricar pastas de loza feldespática y gres para vajillas, sanitarios, aisladores eléctricos, etc. El agregado de toba en una pasta cerámica permite lograr la micro estructura deseada con menos temperatura de cocción, es decir con un ahorro energético. Este producto ha sido probado también con resultados satisfactorios en la industria del vidrio como sustituto del feldespato.

La amplia y creciente utilización de los productos obtenidos en la industria cerámica y del cemento implica el uso creciente de recursos naturales no renovables como las arcillas, el cuarzo, el feldespato y áridos de construcción, los cuales a medida que se extiende su uso, resultan más costosos e inaccesibles, lo que convierte a las rocas vítreas en sustancias alternativas para el reemplazo de forma total o al menos parcial de las sustancias antes mencionadas. Esta sustitución, además de su clara connotación de economicidad, representa un aporte a la necesidad de preservar los recursos naturales promoviendo su explotación racional.

Panorama Mundial

Entre los campos de aplicación más destacados de la piedra pómez, pumita o pumicita figuran la construcción (cementos, hormigones ligeros, roca ornamental o de sillería), horticultura, tratamiento de aguas y la producción de abrasivos, textil, filtros, absorbentes, filtros, etc.; en forma micronizada la piedra pómez se incorpora por su capacidad absorbente y suavemente abrasiva en detífricos, jabones y productos domésticos o industriales destinados al pulido. Como referencia, en EEUU, el 76,4% de las 1,29 Mt consumidas en 2002 se empleó para bloques de piedra de construcción, un 15,2% para horticultura y mejora del paisaje, 3% para abrasivos y 2,5 % para cemento y áridos; el 2,9% restante se destinó al sector de los

absorbentes, incluyendo el uso en camas de gatos, al de los diluyentes, filtrantes u otros.

La única fuente de información estadística disponible acerca de la piedra pómez es el *Minerals Yearbook*, publicado por el *US Geological Survey*.

La producción mundial de pumita prácticamente no ha variado en la década pasada, situándose en 13,2 Mt. En la UE bajó ligeramente, permaneciendo estable en Turquía y con una leve bajada en Estados Unidos y en Iberoamérica.

La Unión Europea aporta el 62 % de la oferta mundial, siendo Italia el primer país productor, con el 36,2% del total mundial. Sus empresas más importantes son *Pumex SpA*, que explota el yacimiento del monte Pelato, en Porticello (isla de Lípári), con capacidad de 650 kt/año; *Italpomice SpA*, que la extrae en Acquacalda, también en Lípári, con capacidad de 250 kt/año; *Europomice SrL* (perteneciente al grupo *Carlo Maffeí*) con canteras en Grosseto, cerca de Pitigliano (150 kt/año, destinadas a la agricultura) y *Cellerite SrL*, filial de *C. Maffeí*. La principal empresa minera de Grecia es *Lava Mining and Quarrying Co. Ltd*, filial de *Heracles General Cement Co.*, que dispone de canteras en las islas de Yali y de Milos (Xylokeratia, en la costa SE de la isla) con una producción de 303 kt, parcialmente destinada a la producción de cementos. Otra firma minera destacada es *Interbeton*, subsidiaria de la cementera *Titan SA*, que igualmente explota una cantera en Milos, en la misma región de Xylokeratia.

En Argentina, *Granuterm y Cía. SA* extrae piedra pómez en una cantera situada en Mendoza. En Turquía el principal productor es *Soylu Endustriyel Mineraller AS*, cuyas minas y plantas de procesamiento de la materia prima mineral se ubican en Nevsehir; su producción se destina a la construcción, uso agrícola y sector de cosmética.

La producción de piedra pómez de Estados Unidos esta a cargo de 15 empresas de las que dependían 17 minas repartidas entre seis Estados. Las de mayor envergadura corresponden a los Estados de Oregón, Nuevo México, California e Idaho, que en conjunto produjeron el 98% del total. Entre las empresas destacaron

por su volumen de producción: *Cascade Pumice Co.*, en Bend, y *Sierra Cascade LLC*, en Chelmut (ambas en Oregón); *Copar Pumice Co.*, en Española, *CR Minerals Corp.*, en Santa Fe, y *Utility Block Co.*, en Albuquerque (las tres en Nuevo México); *California Industrial Minerals Co.*, en Friant; *California Lightweight Pumice Inc.*, en San Clemente; *Glass Mountain Pumice Inc.*, en Tulelakem, y *US Pumice Co.*, en Chatsworth, (todas en California); *Amcors Precast Inc.* y *Producers Pumice Inc.*, en Idaho Falls, y *Hess Pumice Products Inc.*, en Malad City, (ubicadas en Idaho).

Tabla 2.4 Producción Mundial de Piedra Pómez (x10³ t)

País y región	2007	2008	2010	2011	2012e
Italia	4 600	4 600	4 600	4 600	4 600
Grecia	1 750	1 700	1 600	1 600	1 600
España	737	817	761	857	702
Alemania	600	500	500	500	500
Francia	460	460	450	450	450
Subtotal UE	7 750	8 077	7 911	8 007	7 852
Chile	912	958	830	785	750
Ecuador	400	345	372	298	298
Guatemala	81	233	262	262	262
Honduras	-	-	187	190	190
Argentina	18	18	16	14	12
Subtotal Iberoamérica	1 411	1 554	1 667	1 549	1 512
Estados Unidos	872	998	1 050	919	956
Turquía	579	950	787	700	700
Argelia	300	394	400	421	400
Etiopía	325	135	156	169	170
Guadalupe (e)	210	210	210	210	210
Irán	150	150	150	700	700
Arabia Saudita	145	140	150	150	150
Otros (1)	1 058	492	619	475	550
TOTAL (redondeado)	12 800	13 100	13 100	13 300	13 200

2.4 Características de los principales yacimientos de tobas vítreas de la provincia de Holguín

Existen una gran cantidad de manifestaciones y depósitos de tobas en la provincia de Holguín. (Ver Anexo II. Información suministrada por el IGP de los informes geológicos correspondientes).

Con un mayor grado de estudio se encuentran los depósitos siguientes en la provincia de Holguín los cuales por su relevancia pasaremos a realizar una caracterización de los mismos:

- Yacimiento de tobas vítreas Sagua de Tánamo.
- Yacimiento de tobas vítreas Guaramanáo.
- Yacimiento de tobas vítreas El Retrete

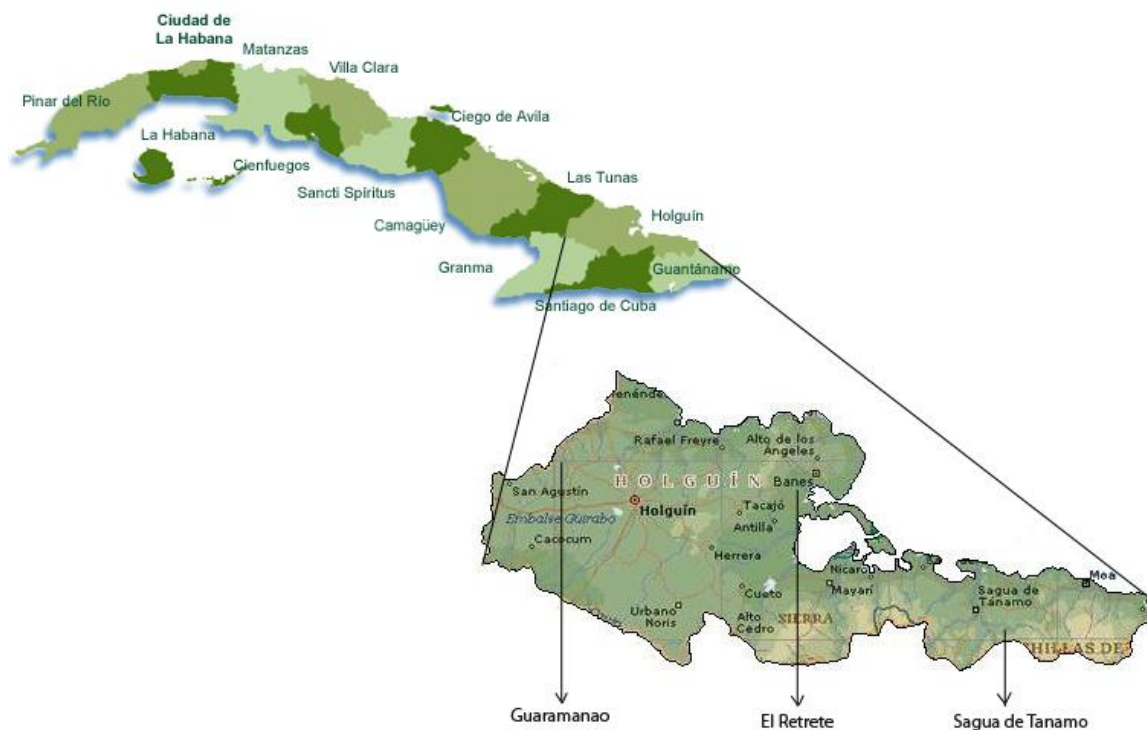


Figura 2.2 Ubicación de los depósitos de tobas vítreas con mayor grado de estudio en la provincia de Holguín

En otras provincias de la región oriental también existen otros yacimientos con determinado grado de estudio geológico entre los que podemos destacar: Vidrio Volcánico Jiguani, Provincia Granma; Vidrio Volcánico Aji de la Caldera, cerca de

Palenque de Yateras, Provincia Guantánamo, Vidrio Volcánico Magueyal, en el Segundo Frente, Santiago de Cuba.

2.4.1 Yacimiento de tobas vítreas Sagua de Tánamo.

Ubicación geográfica del área de estudio: La región de estudio está comprendida entre las cuencas de los ríos Sagua de Tánamo por el Oeste y Jiguaní por el Este, de Norte a Sur abarca desde la línea de costa hasta las inmediaciones del sistema montañoso Sagua – Baracoa. Puede definirse por las coordenadas de Lambert siguientes:

X: 660 000 – 724 000

Y: 200 000 – 239 000

Levantamiento Geológico: Se realizaron itinerarios geológicos a escala 1:25 000 en la Prospección Preliminar, se ejecutaron 30 Km. de itinerarios en un área aproximada de 6 Km., se realizaron lo más transversal posible al rumbo de la estructura geológica, aprovechando la red de caminos vecinales, arroyos y cañadas y las carreteras existentes. En la etapa de Prospección Detallada se realizaron a escala 1:10 000, en área de 0.3 Km².

- Prospección Preliminar. 6 pozos, profundidad media de 22 m, profundidad máxima de 33 m.
- Prospección Detallada. 5 pozos, profundidad media de 18 m, profundidad máxima de 23.5 m.

Muestreo, análisis y ensayos:

- Prospección Preliminar:

Muestras básicas = ATD, elementos nocivos (F, Pb, Cd, Hg, As), CO₃Ca.

Muestras complementarias = Análisis químico, intercambio catiónico total, rayos X, análisis petrográfico, análisis espectral, E.F.M.

- **Prospección Detallada:**

Muestras básicas = Análisis petrográfico, análisis químico, intercambio catiónico total, calor de inmersión.

Muestras complementarias = ATD, RX, elementos nocivos (F, Pb, Cd, Hg, As), polarizabilidad, E.F.M.

Estratigrafía: Las unidades estratigráficas presentes se agruparon en:

- A.E.F. de las cuencas supuestas de primera generación del Cretácico superior al Paleógeno Inferior.
Formación Mícara. Areniscas polimíctica y aleurolitas (k2 m - P1 (1)).
Formación Gran Tierra. Calizas brechosas, conglomerados, vulcanomícticos (P1 (1)).
- A.E.F. Del nearco volcánico del Paleógeno.
Formación Sabaneta. Tobs vitroclásticas, areniscas tobáceas (P1 (1) - P2 (2)).
Asociación Ofiolítica del Cretácico: serpentinitas y gabro.

Geología del yacimiento:

- **Características petrográficas.** Tobs vitroclásticas y vitrocrystaloclasticas color gris, textura masiva, estructura vitroclástica psamítica, roca constituida por vitroclastos, cristaloclastos, litoclastos. Morfológicamente el yacimiento adquiere una estructura de pliegues anticlinales, las cuales forman elevaciones que en sus partes superiores se acumulan las tobas con contenido de vidrio volcánico considerable. Además se observan estructuras monoclinales con buzamientos de las capas hacia el Norte-Noreste con ángulos aproximadamente de 15 grados y hacia el Sur con ángulos de 8 grados.
- **Complejidad geológica.** Tomando en consideración la posición bien definida desde el punto de vista estratigráfico del yacimiento y de los rasgos estructurales, además de la poca variabilidad en cuanto a los parámetros de la materia que es poco complejo.

- **Tipo genético.** La formación genética del yacimiento es el resultado de la acumulación de cenizas volcánicas depositados al parecer en cuencas marinas de mares someros y tranquilos (se detectaron restos de microorganismos).

Calidad de la materia prima:

- **Química.** Las tobas vitroclásticas y vitrocrystaloclastica de este yacimiento son rocas de composición ácida con alto contenido de SiO_2 . Los valores del contenido de CaCO_3 se comportan generalmente por debajo del límite permisible en la tarea técnica. Los resultados de intercambio catiónico total (I.C.T.) por lo general se comportan con valores menores a 45 meq. Los elementos nocivos F, Hg, Cd, se comportan muy por debajo de los límites de tolerancia.
- **Físico mecánicos.** Se observan diferencias en las tobas vitroclásticas evaluadas en el sector I con relación a la de los sectores II y III. Las rocas del sector I son muy densas, tienen mayor resistencia, contrariamente poseen menor absorción y porosidad. El sentido general las tobas de ambos sectores presentan pesos volumétricos (saturados) inferior a 1.8 g/cm^3 y elevada porosidad, baja resistencia a la compresión y triturabilidad. Con relación al calor de inmersión indica en buena medida el grado de alteración de las tobas vítreas. Se puede decir que existe una relación directa de los valores del calor de inmersión respecto a la presencia de contenidos de motmorillonita y/o zeolita .
- **Mineralogía.** Las tobas del yacimiento mineralógicamente están constituidas esencialmente por vidrio volcánico y motmorillonita, subordinadamente aunque en bajos porcentos, calcita, cuarzo y feldespato. Vidrio Volcánico: contenido mínimo de 54,2 %, máximo 80 %. Montmorillonita: contenido máximo de 39,8 %, mínimo de 16,1 %.

Reservas Calculadas

Bloque I. (Sector I). Formado por los pozos 1, 9, 10 y 11, con una red de 100 x 100 m. No se calculan reservas probables debido a la no caracterización de las propiedades tecnológicas a un grado tal que permita la fundamentación del valor industrial.

Bloque II (Sectores II y III). Formado por los pozos 2, 3, 6, 7 y 8, con red de 100 m (mínima) y 120 m (máxima). Se incluye el pozo 6, considerando que el % de intercalaciones según tarea técnica (< 20%) es asumido para el bloque. La unión de los Sectores II y III esta avalada por la existencia de la continuidad de la capa de roca útil observable y por la distancia a que se encuentran uno de otro.

Bloque III (Sector IV). Conformado por los pozos 4 y 5 pertenecientes al sector IV, distribuidos a 100 m de distancia.

Tabla 2.5 Resumen del cálculo de reservas del yacimiento de tobas vítreas Sagua de Tánamo

Bloque	I	II	III	Total	IV
Categoría Reserva	Posibles	Posibles	Posibles	Posibles	Hipotéticas
Area, m²	35 818.25	70 274.75	18 790.70	-	399 080.00
Pot. Cubierta, m	0.05	0.02	0.20	-	0.06
Pot. Promedio Útil, m	9.80	12.24	5.30	-	10.10
Vol. Cubierta, m³	17 909.37	1 405.49	3 788.14	23 073.00	18 594.40
Vol. Intercalaciones, m³	-	148 982.47	-	148 982.47	295 511.10
Vol. Roca Útil, m³	351 023.75	860 162.94	99 590.71	1 310 777.30	482 099.10
Vidrio Volcánico, %	74.80	64.45	76.17	71.80	70.34
Montmorillonita, %	19.55	27.59	21.70	22.95	4.50
CaCO₃	5.67	5.63	2.19	4.50	5.02

2.4.2 Yacimiento de tobas vítreas Guaramanáo. (Martínez, D.P. Coutín y J.L. Torres, 1997)

Ubicación geográfica del área de estudio: El área de los trabajos se encuentra ubicada aproximadamente a 14 Km. al suroeste del poblado de San Andrés,

municipio y provincia de Holguín, en los alrededores de la ESBEC Bartolomé Masó (Hoja topográfica a escala 1:50 000.Holguín 4978-IV y a escala 1:10 000,4978-IVc-1.

Sus coordenadas en el sistema Lambert son:

Vertice	Este	Norte
I	535 600	250 350
II	536 600	250 350
III	536 600	249 600
IV	535 600	249 600
I	535 600	250 350

El relieve es localmente sencillo y permite un fácil acceso en toda su extensión, la cota máxima es 102.24 m y la mínima 96.67 m correspondiendo a una llanura.

El clima es templado y las precipitaciones tienen valores medios anuales de 1000 mm, con periodos de lluvia (mayo-octubre) y de seca (noviembre-marzo). La vegetación está caracterizada por pastos, arbustos y malezas (marabú) y cultivos de fruta y viandas.

El acceso al área es bueno ya que es atravesado por terraplenes que enlazan a las escuelas del llamado Plan de Escuelas al Campo o Plan San Andrés. Es un área poblada por pequeños caseríos a cooperativas o contingentes agrícolas.

La red hidrográfica es sencilla, observándose que al Este es atravesada por pequeños arroyos de formas intermitentes, permanentemente secas donde su fuente de alimentación son las aguas de precipitación atmosféricas.

El área de los trabajos se encuentra dentro de la ZEF Aura, la cual está constituida por escamas y naipes de la Asociación Ofiolítica, de las formaciones del Arco Volcánico Cretácico y de la cobertura Cretácico Superior-Eoceno Medio.

Según el mapa geológico 1:50 000 (Pentelenyi L. et al,1990) el sector de los trabajos se encuentra dentro de la formación Vigía (Paleoceno-Eoceno Inferior), litológicamente compuesto por areniscas, limonitas, tufitas, tobas y margas. Las tobas riódacíticas son de color blanco, blanco grisáceo, porosas en ocasiones carbonatizadas. Por lo general son vitro-cristaloclasticas, a veces pumíticas.

El espesor de la formación es de 200 a 300 m. Según J. Foldessy, et al ,1990, la mayoría de estas manifestaciones tienen un carácter de acumulación submarino y redeposición de material tobáceo. Son tobas lito-cristalovitroclásticas, pumíticas. El contenido de pumita varía entre 60-70%.

La formación yace concordantemente con la formación La Jíquima (Cretácico Superior campaniano-maestrichtiano) y discordantemente con la formación Pedernales (Oligoceno)

La geología del sector se encuentra representada por tobas vítreas, gruesa de composición ácida de color gris claro y estructura masiva, el contenido de vidrio volcánico se encuentra de 70-96%.

Muestreo, análisis y ensayos:

En la investigación se tomaron los siguientes tipos de muestras:

- Muestras básicas.
- Muestras complementarias.

Las muestras básicas se utilizaron para determinar la calidad de la materia prima se tomaron de los testigos de perforación, en aquellos intervalos útiles o interesantes atendiendo a cambios litológicos y físicos de las rocas.

Se muestreó a lo largo de la sección longitudinal del testigo de perforación, tomándose la mitad del testigo seleccionado y la otra mitad se conserva como duplicado. Durante el proceso de selección de la muestra se tuvo en cuenta cambios litológicos, granulometría, presencia de CO_3Ca , grado abrasividad apreciable, densidad aparente, coloración. El intervalo máximo de muestreo fue de 2.0 m y el mínimo 0.5 m teniendo en cuenta las especificaciones anteriores.

Las muestras básicas tomaron con el objetivo de realizar análisis petrográficos y de CO_3Ca , ya que según el trabajo publicado por el IGP referente al informe final *Evaluación del Potencial de Vidrio Volcánico en Cuba* de los autores Martínez, D.P. Coutín y J.L.Tórrez del año 1997 el cual incluye como análisis básico los siguientes: análisis petrográfica, análisis químico, intercambio catiónico total y color de inmersión, según el informe de *Prospección Preliminar y Detallada Vidrio Volcánico*

Sagua de Tánamo de los autores Ing. Banderas D. Et al (1997), el análisis petrográfico sustituye de manera adecuada los resultados de ATD.

Las muestras complementarias se utilizaron durante los siguientes análisis: análisis químico (SiO_2 , Al_2O_3 , Na_2O , CaO , MnO , P_2O_5 , FeO_2 , SO_3 , PPI); ICP, Rx, Ensayo Físico Mecánico (PV, PE, Resistencia a la compresión, Absorción y Humedad); ATD, Elementos Nocivos y Mineralogía.

Tabla 2.6 Volúmenes y tipos de análisis.

Estadio	Tipo de muestra	Volumen	Tipo de análisis y/o determinaciones
Exploración	Básicas	32	Petrográfico, CO_3Ca
		32	ICT
	Complementarias	17	Químico
		8	Mineralógico
		8	EFM
		3	Rx
		3	ICT
		3	Nocivos
3	ATD		

Regionalmente la tectónica de la zona ha sido activa pues existen grandes ocurrencias de fallas que en ocasiones limitan a la formación Vigía con la formación Haticos y con la formación La Jíquima. La formación Vigía yace transgresivamente sobre la formación Haticos y es cubierta discordantemente por las formaciones post-cubanas como la formación Pedernales.

Geología del yacimiento:

La investigación de prospección de las tobas vitroclásticas se acometió teniendo presente el criterio estratigráfico y unido a ello, resultados obtenidos en muestras tomadas en el área de Guaramanáo que acarrearán resultados favorables de que estas tobas tienen altos contenidos de vidrio volcánico.

El yacimiento se encuentra dentro de la formación Vigía. Está constituida por tobas vitroclásticas de composición ácida, con contenido de vidrio volcánico superior a 87%, las cuales representan la roca útil o cuerpo mineral.

Morfológicamente el yacimiento es un estrato monoclinal con hundimiento hacia el suroeste, con un ángulo de buzamiento medio de 10^0 . El ambiente de deposición es marino de aguas poco profundas, con un régimen dinámico de aguas inestables, se considera que estas tobas tienen su origen en una actividad volcánica lejana.

Las rocas que sobreyacen este paquete de tobas, la constituyen arenas finas, aleurolitas y margas pertenecientes a la formación Pedernales y las que subyacen están compuestas por rocas de la formación Haticos, brechas y conglomerados.

Generalmente estas tobas presentan contenidos promedios de vidrio volcánico, motmorillonita y carbonato de calcio, para el yacimiento los por ciento promedios son como sigue:

- Vidrio volcánico: 87 %
- Motmorillonita: 11.10 %
- CaCO_3 : 2.78 %

Estas tobas presentan bajo grado de alteración a minerales arcillosos, tal como lo demuestra el contenido de motmorillonita, detectado por análisis de ATD, Rx, Petrográfico y Mineralógico. El valor promedio de Intercambio Catiónico Total es de 11.109 meq/100g.

Calidad de la materia prima:

- **Composición química:** Según los análisis químicos las tobas vitroclásticas y vitrocrystalinas son rocas de composición ácidas con altos contenidos de SiO_2 . Los contenidos de carbonato de calcio se comportan por debajo de los límites permisibles (10 %) teniendo el yacimiento un valor promedio de 2.78 %.

Los elementos nocivos As, Cd y Hg se comportan con contenidos inferiores al límite de detección del equipo 10 ppm, mientras que el plomo alcanza en la muestra M-11 contenido de 31 ppm.

- **Composición Petrografía y Mineralógica:** El análisis petrográfico constituyó el muestreo básico, ya que nos brinda de forma clara los por cientos de vidrio volcánico presente en la roca. En nuestro sector se arrojaron valores mínimos entre 65 y 70% y valores máximos entre 95 y 98 %, ubicándose de esta forma en el intervalo límite de clase (mayor) que 70-80%.

Los límites de montmorillonita se encuentran por debajo de 9 %, según los resultados de Rx y ATD realizados a 3 muestras mientras que para las mismas los contenidos de vidrio volcánico promedio eran de 87 %, montmorillonita de 7 % y calcita 2 %.

Estas tobas mineralógicamente están constituidas por vidrio volcánico de un 82 % a un 96% y subordinadamente bajos por cientos de montmorillonita, hidróxidos de hierro, carbonatos, zeolitas, granos de minerales metálicos, cuarzo y anfíbol.

Resultados del estudio de la composición química:

Según los análisis químicos las tobas vitroclásticas y vitrocristalinas son rocas de composición ácidas con altos contenidos de SiO₂. Los contenidos de carbonato de calcio se comportan por debajo de los límites permisibles (10 %) teniendo el yacimiento un valor promedio de 2.78 % siendo esta materia prima considerada útil para los usos que se investigan.

Los elementos nocivos As, Cd y Hg se comportan con contenidos inferiores al límite de detección del equipo 10 ppm, mientras que el plomo alcanza en la muestra M-11 contenido de 31 ppm.

Posibilidades de uso de la materia prima:

Las posibilidades de uso recomendadas de estas tobas vitroclásticas con elevado contenido de vidrio volcánico y según los resultados obtenidos son:

- Industria del vidrio.
- Medio filtrante.
- Aislante térmico.
- Relleno de plásticos y gomas.
- Tratamiento de residuales.

- Fabricación de losas antiácidas.
- Decoloración de cebo.

2.4.3 Yacimiento de tobas vítreas El Retrete. Municipio Banes.

Este proyecto fue iniciativa de la Empresa EXPLOMAT y su Unidad de Base en Santiago de Cuba, y dando respuesta al incremento de las construcciones en todo nuestro país, para buscar alternativas para localizar elementos constructivos en los municipios cerca de los poblados, caseríos, etcétera; en estos casos como elementos de pared, produciendo bloques, ladrillos, paneles, entre otros, de piedra de cantería.

Basándonos en estos principios la Empresa Explomat Santiago realizó trabajos geológicos en un área de propagación de tobas y calizas tobáceas de la Formación Vigía, las cuales yacen suavemente hacia el noreste y aflorando en una gran parte con dirección noreste – suroeste, a través de todo el camino desde El Retrete hasta Arroyón, Municipio Banes, provincia de Holguín.

El área de los trabajos está situada a unos 3 km de “El Retrete”, por el camino que conduce desde El Retrete a Arroyón, en la ladera norte de “Loma la Vigía”, según las coordenadas Lambert siguientes:

$$X = 603\ 100 - 603\ 250$$

$$Y = 262\ 350 - 262\ 450$$

Pertenece a la hoja cartográfica 5079 – III “Santa Lucía”, a escala 1:50 000.

El relieve de la zona es montañoso cuya cota máxima fluctúa entre las cotas 200 – 250 m.

La red hidrográfica prácticamente no existe, sólo algunos pequeños arroyos que en tiempos de seca no corren, el agua se toma de los pozos artesianos presentes en la zona. La vía de acceso desde el poblado El Retrete hasta la zona de los trabajos está en mal estado. Las condiciones de vida del área es rural, con casas de madera y mampostería, techo de guano y cinc.

En los trabajos realizados se tomaron 7 muestras, limpiando la cubierta y limpiando las tobas frescas, compactas y cortables por el serrote, distribuidas en toda el área, a una distancia aproximada entre 50 – 30 m, caracterizando todo el corte evaluado, siendo la categoría de dureza de la roca III. Se documentaron dos paredes de cada surco, para un total de muestreo de 61 m.

Muestreo, Análisis y Ensayos:

Se tomaron 7 monolitos de 30 x10 cm aproximadamente, caracterizando todo el corte, el cual está compuesto por tobas y calizas tobáceas.

Tipos de Muestras y Métodos de Muestreo. Tipos de Análisis:

Se tomaron muestras básicas de surco en forma de monolitos de 30 x 10 cm, para confeccionar cubos de 5 x 5 x 5 cm para determinar: Resistencia a la Compresión en estado seco y saturado, Resistencia a la Flexión en estado seco y saturado, Absorción y Peso Volumétrico.

Como análisis de control geológico interno se eliminaron los valores que presentaron más de un 20 % de error relativo respecto al promedio, y esto se mantiene bajo custodia en el laboratorio de EXPLOMAT en Ciudad de la Habana.

Volumen de Muestras, Análisis y Determinaciones:

Se tomaron 7 monolitos, uno de cada surco, con dimensiones de 30 x 10 cm, 4 de tobas, roca más ligera y más dúctil y 3 de calizas tobáceas, algo más dura y resistente al corte, de las cuales se prepararon 75 cubos de 5 x 5 x 5 cm y barras de 2 x 2 x 12 cm para determinar: Resistencia a la compresión seca y saturada y Resistencia a la flexión seca y saturada, absorción y peso volumétrico.

Criterios e Índices de la Prospección:

Partiendo del criterio de localizar rocas blandas, compactas y ligeras para ser elaboradas por medio de serrotes y coas, nos dimos a la tarea de visitar estos afloramientos de la Fm. Vigía, compuestos por tobas y calizas tobáceas, llamadas por los moradores del lugar como piedra moma, describimos estos afloramientos, se

tomaron muestras, se probó el corte con serrate y observamos que estas rocas pudieran servir para el uso solicitado.

Evaluación de la Calidad de la Materia Prima:

En principio esta materia prima se necesita para la obtención de paneles o piezas de 50 x 30 x 10 cm, como elemento de pared sin carga, para ser cortadas con serrates, o sea, cortes manuales sin la utilización de equipamientos, ni energía eléctrica; esta prueba se obtuvo satisfactoriamente, se ensayó para obtener la resistencia a la compresión en estado seco y saturada, además se le determinó la absorción y el peso volumétrico.

En el caso de esta materia prima no se cuenta con una norma para poder compararla o evaluarla, por lo que se usó la norma cubana NC – 247 – 2005 “Bloques huecos de hormigón. Especificaciones”. La resistencia a la compresión entre los 7 y 28 días de curado debe tener de 40 – 50 kg/cm² Grado II y de 20 – 25 kg/cm² Grado III, si observamos la resistencia a la compresión seca está entre los 35 – 60 kg/cm², excepto la M-1, cayendo en el Grado II, no así en estado saturado que no cae ni en el grado III, sin embargo la absorción es bastante aceptable, a excepción de las muestras M-5 y M-7.

Resultados del Estudio de las Propiedades Físico – Mecánicas:

Se les determinó la Resistencia a la compresión seca, obteniéndose resultados promedios entre 19,2 – 60,1 kg/cm², Resistencia a la Compresión saturada con resultados promedios entre 9,0 – 12,1 kg/cm², la absorción entre 3,5 – 7,1 %, y los valores anómalos entre 35,0 – 35,7 %. El peso volumétrico por encima de 2,0 kg/cm³ en el caso de las calizas tobáceas y por encima de 1,0 kg/cm³ en el caso de las tobas.

Posibilidades de Uso Industrial de la Materia Prima:

Según su elaboración manual y propiedades físico – mecánicas de resistencia a la compresión pueden utilizarse como elementos de pared sin carga, en la construcción de viviendas.

Cálculo y Evaluación de los Recursos:

- **Delimitación Horizontal y Vertical de los Bloques de Recursos.** La delimitación horizontal superior está dada por la parte útil de cada muestra, descontándole la cubierta, y la inferior está dada por la cota inferior útil de cada muestra.
- **Métodos para la Determinación de los Diferentes Parámetros Básicos del Cálculo y sus Promedios.** Como el cuerpo tobáceo y calizas tobáceas está cubierto, determinamos la potencia de la cubierta de cada muestra. La potencia de roca útil está dada por la diferencia de cota útil de cada muestra, no existiendo intercalaciones de estériles, ni carso. Los parámetros fundamentales de la calidad para la evaluación de este tipo de materia prima son: la resistencia a la compresión y la absorción.
- **Resultados del Cálculo de los Bloques de Recursos.**

Bloque 1, Recursos Indicados: Conformado por las muestras 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7 pasando por la cota superior positiva de cada muestra, el área calculada es de 8 250,0 m², la potencia media está dada por la diferencia de cotas, de la boca de la toma de muestra y la cota base positiva, que en este caso es de 4,03 m ; obteniéndose un volumen útil, descontándole el 10 % de pérdidas para la conformación de las piezas, de 29 922,80 m³.

Capítulo III. Principales aplicaciones investigadas sobre las tobas vítreas de la provincia de Holguín y perspectivas de extracción.

3.1 Investigaciones realizadas para la aplicación de las tobas vítreas de la provincia de Holguín como materiales puzolánicos.

Debido al hecho de que consideramos entre las mayores perspectivas de aplicación de las tobas vítreas su uso como materiales puzolánicos se exponen los resultados más importantes obtenidos en el trabajo de Almenarez 2011 y Almenarez y Leyva, 2013. En este trabajo se estudiaron las propiedades puzolánicas de 4 yacimientos: dos de ellos de tobas zeolitizadas (San Andrés y Caimanes) y otros 2 de tobas vítreas (estos últimos los de Sagua de Tánamo y Guaramano) los cuales forman parte específica de este trabajo. Recientemente se ha valorado incrementar la actividad puzolánica de estos materiales sometiendo a calcinación y se exponen por su perspectiva un resumen de estos resultados.

3.1.1 Caracterización de los yacimientos estudiados para su empleo como puzolanas naturales.

La composición química de las tobas empleadas, determinada a partir del método Fluorescencia de rayos X (FRX) se presenta en la Tabla No. 3.1. Se aprecia que los compuestos que aparecen como constituyentes son: en mayores cantidades óxido de silicio y óxido de aluminio, con composición media el óxido de hierro III, óxido de calcio y en menores cantidades óxidos de sodio, magnesio, potasio y manganeso.

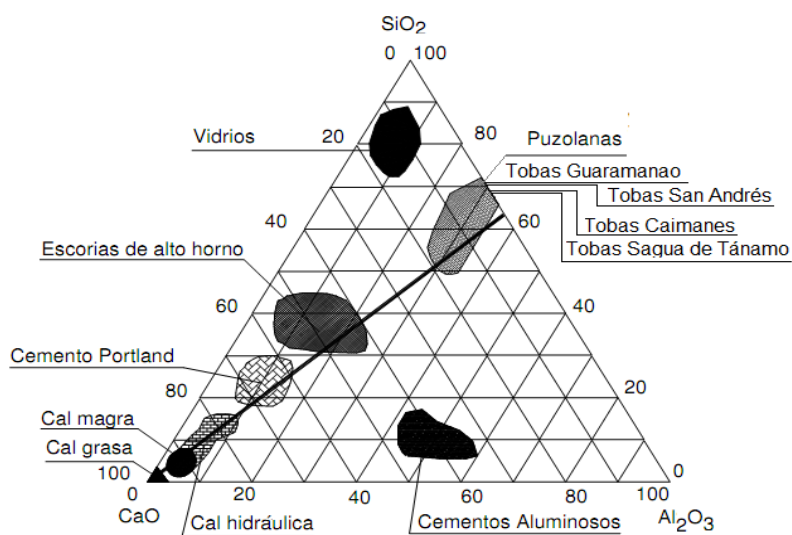
Se señala que la suma de SiO_2 , Al_2O_3 y Fe_2O_3 supera el 70 % que se establece como mínimo en la norma ASTM C - 618 para las puzolanas naturales. En el diagrama de las puzolanas que se muestra en la Figura 3.1, se ubican los materiales analizados dentro de esta categoría.

La composición promedio de las muestras de tobas analizadas se corresponde con la exigida para su utilización como puzolana, y corrobora además, los resultados obtenidos por investigadores como Banderas (1997); Tapia (2003); Pérez (2006); Frazao (2007); Solís (2011), los cuales determinaron su composición para otros estudios.

Tabla 3.1 Composición química de la muestras de tobas empleadas

Compuesto	Contenido, %			
	Tobas Sagua de Tánamo	Tobas Caimanes	Tobas Guaramanáo	Tobas San Andrés
SiO ₂	68,86	68,95	71,59	70,27
Al ₂ O ₃	13,63	13,57	12,57	13,79
MnO	0,06	0,07	0,09	0,05
MgO	2,64	2,54	1,38	2,96
Na ₂ O	1,87	1,83	2,67	1,73
CaO	5,34	6,12	5,31	5,56
TiO ₂	0,49	0,49	0,37	0,52
P ₂ O ₅	0,10	0,09	0,06	0,08
K ₂ O	2,27	2,12	2,75	1,88
Fe ₂ O ₃	4,58	4,03	3,05	2,95
SO ₃	0,11	0,11	0,08	0,08
PPI	8,83	8,57	8,73	8,59

Sobre la base de la composición química de las tobas analizadas se pueden clasificar como rocas ígneas extrusivas, de composición dacítica, como se puede observar en la Figura 3.4. Según las investigaciones de Ramachandran, (1995), se conoce que las tobas de composición dacítica tienen buena puzolanidad.

**Figura 3.1 Diagrama de puzolanas. Fuente: Deloye, 1993**

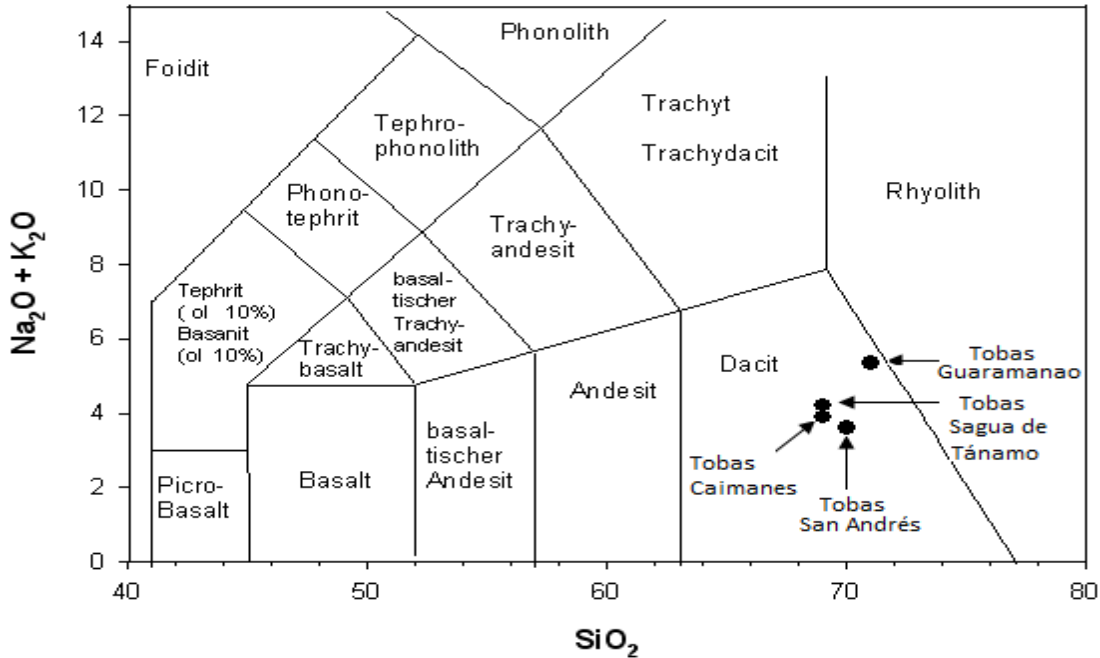


Figura 3.2 Origen de los materiales tobáceos analizados.

En la Tabla 3.2 se muestran los porcentajes de la matriz vítrea y/o el contenido de zeolita, así como el contenido de arcilla y las principales fases mineralógicas cristalinas encontradas. Se observa que las tobas vítreas de Guaramanáo son las que poseen mayor contenido de matriz vítrea y menor contenido de arcilla y por las zeolitas, las tobas de San Andrés son las de mejores características. Se destaca el alto contenido de arcilla que presentan las tobas de Sagua de Tánamo.

Los componentes cristalinos mayoritarios (sin tener en cuenta los minerales de zeolita, reportados por Frazao (2007); Tapia (2003) están determinados principalmente por cuarzo, anortita, albita, ortoclasa, hyperstena y hematita, y con menor contenido esfena, ilmenita, apatito, diópsido y X – magnesio. En las tobas de Guaramanáo, constituye una fase mineralógica la wollastonita. El porcentaje de cada una de estas fases se muestra en el Anexo III.

La estructura desordenada que posee el vidrio volcánico presenta una mayor oportunidad de encontrar tetraedros superficiales, con vértices libres, lo cual explica la gran reactividad de los vidrios con respecto a los feldespatos u otros minerales cristalinos (Dron, 1978), en el caso de las zeolitas a pesar de poseer una estructura

crystalina, su actividad puzolánica está dada por las estructuras cristalinas muy abiertas y/o marcadamente desordenadas, con una elevada porosidad interna (Rabilero, 2005).

Tabla 3.2. Características mineralógicas de los materiales tobáceos estudiados. Fuente: * Frazao, 2007. **Tapia, 2003

Material puzolánico	Matriz vítrea y/o contenido de zeolita, %	Contenido de arcilla, %	Principales fases cristalinas
Tobas vítreas de Sagua de Tánamo	54 - 80	16 - 39	Albita, anortita, apatito, diópsido, hematina, hyperstena, Ilmenita, ortoclasa, cuarzo, esfena, X-magnesio
Tobas zeolitizadas Caimanes	80 - 85*	13 - 14*	Albita, anortita, apatito, diópsido, hematina, hyperstena, Ilmenita, ortoclasa, cuarzo, esfena, X-magnesio
Tobas vítreas Guaramanáo	65 - 90	7 - 11	Albita, anortita, apatito, diópsido, hematina, wollastonita, Ilmenita, ortoclasa, cuarzo, esfena, X-magnesio
Tobas zeolitizadas San Andrés	50 - 90**	9 - 13**	Albita, anortita, apatito, diópsido, hematina, hyperstena, Ilmenita, ortoclasa, cuarzo, esfena, X-magnesio

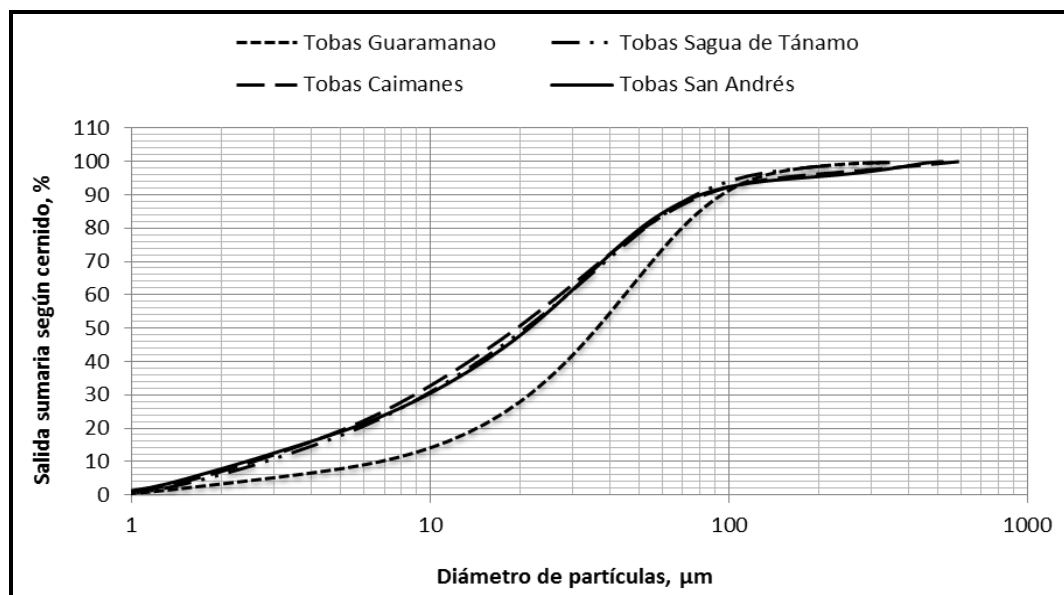


Figura 3.3 Características de tamaño de las tobas vítreas y zeolitizadas

Al tratarse de un material fino y con elevada superficie específica, permite un mayor contacto entre las partículas, lo que favorece el proceso que se desarrolla en la mezcla con el cemento; comportamiento que está en correspondencia con las investigaciones desarrolladas por Erdogdu (1996), para la utilización como puzolana natural de materiales similares.

En la Tabla 3.3 se representan los valores de los diferentes índices de actividad resistente por muestras de morteros, en relación al 75 % del valor de resistencia mecánica a la compresión del mortero patrón para las cinco edades de ensayo.

Tabla 3.3 Índice de puzolanidad de los materiales tobáceos

Morteros	Índice de Puzolanidad				
	7 días	28 días	60 días	90 días	120 días
Sustitución de 15 %					
Tobas vítreas Sagua de Tánamo	77,14	78,83	79,33	82,42	84,21
Tobas zeolitizadas Caimanes	77,91	79,26	81,02	83,36	84,75
Tobas vítreas Guaramanáo	80,09	92,95	93,84	96,97	100,80
Tobas zeolitizadas San Andrés	80,69	99,44	100,00	100,90	101,61
Sustitución de 30 %					
Tobas vítreas Sagua de Tánamo	55,38	59,34	60,57	63,52	64,92
Tobas zeolitizadas Caimanes	62,36	62,82	62,89	63,96	65,63
Tobas vítreas Guaramanáo	57,55	71,57	68,86	72,14	74,76
Tobas zeolitizadas San Andrés	54,59	77,78	77,95	78,44	80,85

Como se puede apreciar, los valores del índice de actividad resistente calculados para cada muestra, con porcentajes de adición de 15 %, superan el 75 % que establece la norma. Sin embargo, en muestras con adición de 30 % de tobas, se

alcanzan valores inferiores a los normalizados; para esta dosificación alcanzan un índice de actividad igual a 77,78 % el material tobáceo de San Andrés a los 28 días. De acuerdo a los resultados mostrados para ambas dosificaciones, se deduce que el aumento de los valores del índice de actividad resistente es directamente proporcional a la magnitud tiempo. Característica esencial de los materiales puzolánicos.

La actividad puzolánica puede verse afectada por la composición química, granulométrica, mineralógica y por el contenido de agua en la mezcla, entre otros factores, sin embargo, las propiedades puzolánicas varían considerablemente según el origen del material debido a la variabilidad de las características mineralógicas de los materiales activos y otras fases constituyentes. Por lo tanto, para determinar la actividad puzolánica, no es suficiente la cuantificación de la presencia de dióxido de silicio, alúmina y óxido de hierro.

A pesar de que las normas no especifican la estructura y la morfología que deben tener estos materiales, Gener (2002); Valdez (2004), han demostrado su influencia sobre la actividad puzolánica.

La cantidad de material amorfo es lo que generalmente determina la reactividad de una puzolana natural ya que a la combinación de la estructura pobremente cristalina o vítrea se le atribuye la reactividad de los materiales puzolánicos (Malhotra y Mehta, 1996), además de la estructura cristalina muy abierta y/o desordenadas, con elevada porosidad interna de las zeolitas (Rabilero, 2005). De esta manera se podría inferir que la influencia determinante está dada por el porcentaje de las fases vítreas (contenido de vidrio volcánico) y porcentaje de zeolita que lo constituyen.

Otro factor que pudiera influir en la baja actividad resistente, es el contenido de arcilla en los materiales tobáceos, y por otros constituyentes asociados a este, los cuales no poseen actividad puzolánica conocida. Esto se observa en las tobas de Sagua de Tánamo, con el mayor contenido de arcilla.

Por ello para cada caso donde el material es más rico en contenido vítreo, contenido de zeolita y menor porcentaje de arcilla, es más activo. Las de mejor comportamiento

son las tobas vítreas de Guaramanáo y las tobas zeolitizadas de San Andrés. Lo cual está en correspondencia con lo reportado por Costafreda et al. (2011).

La composición química, al parecer no tiene incidencia significativa en la diferencia de la actividad puzolánica de los materiales tobáceos analizados debido a que presentan composición similar.

La disminución del diámetro de las partículas, favorece el proceso de aglomeración que se desarrolla en la mezcla con el cemento según se ha planteado por Rabilero (1988); Gonzales de la Cotera (1996); Erdogdu (1996); Gener (2002); entre otros, pero al parecer para el conjunto de materiales analizados no ejerce una marcada influencia, ya que las tobas de Guaramanáo, con una distribución más gruesa, y de menor superficie específica, muestran buena actividad.

El análisis conduce a plantear que la diferencia en la actividad puzolánica de los morteros elaborados con los cuatro materiales tobáceos, podría estar dada por el contenido de agua de la mezcla, la composición mineralógica, composición granulométrica y por último, a su composición química general. Es evidente que los procesos que se verifican aquí parecen ser muy complejos, por lo que se debe profundizar en el conocimiento de su naturaleza.

De acuerdo a estos resultados se confirma, que los materiales tobáceos de Sagua de Tánamo, Caimanes, Guaramanáo y San Andrés poseen actividad puzolánica, al menos para la dosificación donde se sustituye 15 % de tobas por cemento. El mejor comportamiento lo exhiben las tobas de San Andrés y las tobas de Guaramanáo y con menores actividades las tobas de Caimanes y Sagua de Tánamo.

Si se tienen en cuenta las recomendaciones para morteros de colocación, podrían tener diversas aplicaciones de forma satisfactoria, ya que se ha obtenido una capacidad resistente favorable, en comparación con los morteros normalizados y que al sustituir 30 % de cemento, se obtendría un abaratamiento de los costos, reducción de consumos energéticos inherentes al proceso de fabricación de cemento y disminución de los índices de contaminación medioambiental.

Como consideración adicional se debe añadir que las tobas vítreas y zeolitizadas, al poseer actividad puzolánica, podrían formar parte del cemento con propiedades

ventajosas, tales como: mayor estabilidad química, menor calor de hidratación y mayor durabilidad. Se podrían mezclar el cemento Pórtland con puzolanas para su utilización en zonas donde se exijan adiciones resistentes a los sulfatos y al agua de mar, cementos puzolánicos con adiciones, idóneos para la construcción de zapatas, pisos, columnas, muros y registros y como cementos compuestos, que presentan una gran durabilidad.

Basado en los resultados expuestos sobre las características puzolánicas de las tobas vítreas de los depósitos evaluados esta pudiera constituir uno de los empleos más difundidos de estos materiales, incluso hasta el nivel de la minería artesanal en los territorios, pues de esta manera se lograrían producir en los municipios adiciones para extender el cemento portland y también producciones de aglomerantes cal puzolana (cemento romano). Esta propuesta está ligada también a la realizada por Brito y Coutin 2013 para el empleo de zeolitas para la rama agropecuaria en los municipios que poseen yacimientos de estos materiales.

Actualmente se desarrollan investigaciones, con muy buenas perspectivas para lograr activar el componente arcilloso de estos materiales con el tratamiento térmico correspondiente, de la misma manera que se hace con la obtención del metacaolín (que es el producto puzolánico que se trabaja por parte de la UCLV en la planta de cemento de Siguaney bajo la dirección del Dr Fernando Martirena Hernández). En este sentido las tobas vítreas de Sagua de Tanamo presentan buenos indicadores de mejorar su actividad puzolánica al ser sometidas a temperaturas desde 450 hasta 700 °C (Guillen, 2013). Esto posee más relevancia aún si se considera que garantizar temperaturas de este rango no es muy complejo, pues para la fabricación de ladrillos cerámicos se alcanzan temperaturas de hasta 900 °C.

3.1.2 Resultados obtenidos empleando la calcinación de las tobas vítreas para incrementar su índice de actividad puzolánica

En trabajos recientemente realizados (Guillen, 2013) se ofrecen los resultados de los ensayos mecánicos a la flexión y compresión por muestras preparadas con tobas calcinadas, y muestras patrones de cemento, a las edades de 7 y 28 días.

Tabla 3.4 Resistencia a la flexión y compresión de las tobas vítreas del yacimiento Sagua de Tánamo. En MPa.

Resistencia a la flexotracción (30 %)	Tiempo de fraguado	
	7 días	28 días
Patrón de referencia	0.14	0.28
Tobas vítreas de Sagua de Tánamo 450 °C	0.14	0.31
Tobas vítreas de Sagua de Tánamo 600 °C	0.19	0.34
Tobas vítreas de Sagua de Tánamo 750 °C	0.20	0.37
Tobas vítreas de Sagua de Tánamo Naturales	0.14	0.19
Resistencia a la compresión (30 %)	Tiempo de fraguado	
	7 días	28 días
Patrón de referencia	3.60	8.16
Tobas vítreas de Sagua de Tánamo 450 °C	1.94	5.48
Tobas vítreas de Sagua de Tánamo 600 °C	2.40	7.03
Tobas vítreas de Sagua de Tánamo 750 °C	2.56	8.54
Tobas vítreas de Sagua de Tánamo Naturales	2.08	3.88

Como se puede observar en el gráfico representado en la Figura 3.4 existe un aumento de la resistencia a la flexión en el tiempo transcurrido entre los 7 y 28 días de los morteros ensayados, para morteros elaborados con 30 % de tobas activadas y naturales, lo que indica que el aumento de las resistencias mecánicas a la flexión es directamente proporcional al incremento del tiempo.

Los mejores resultados lo exhiben los morteros confeccionados con tobas calcinadas a 750 °C, lo que puede estar relacionado con las transformaciones físico – químicas que le ocurren al material al ser calcinado a esta temperatura, dichas transformaciones pueden responder a la composición mineralógica de la materia prima, específicamente el contenido de arcilla (Montmorillonita).

Se verifica en todos los casos las ventajas, desde el punto de vista de las propiedades tecnológicas, que poseen las tobas activadas térmicamente con respecto a las naturales e incluso con respecto a los morteros de referencia.

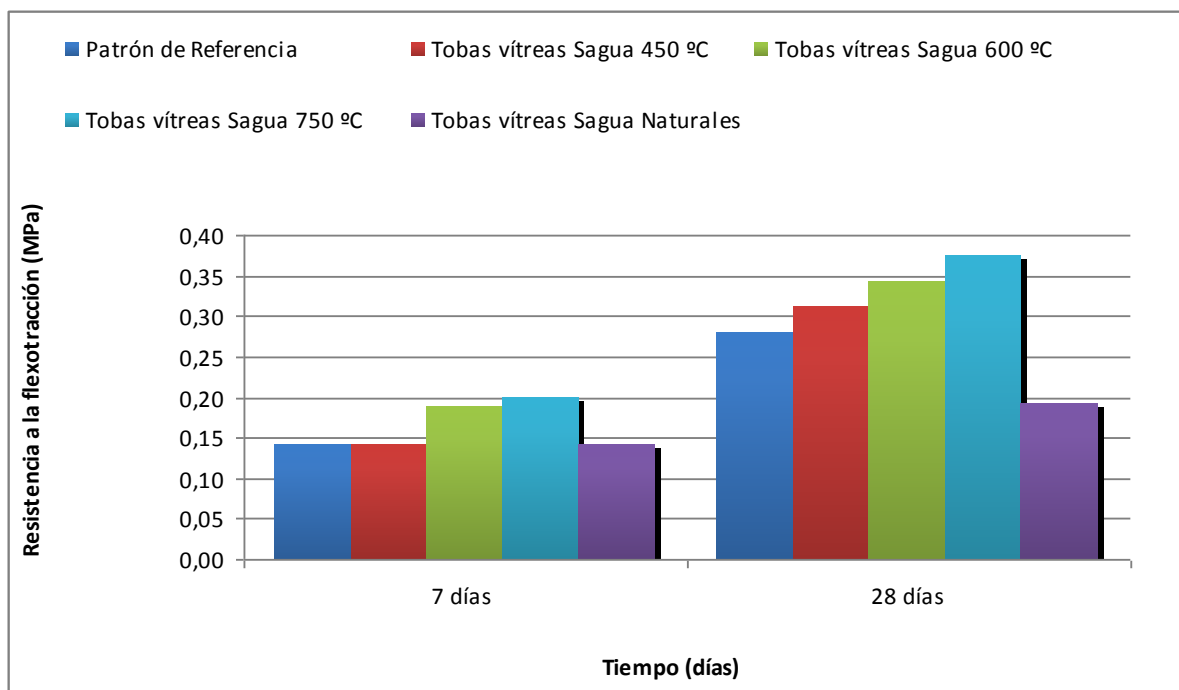


Figura 3.4 Resistencia a la flexión de los materiales tobáceos y patrones de referencia

En la Figura 3.5 se muestran los resultados de la resistencia a la compresión de los morteros con adición de tobas calcinadas, con tobas naturales y patrones de referencia. De forma similar a los resultados obtenidos en la resistencia a la flexotracción, se puede observar que la resistencia a la compresión de los morteros con adición de tobas calcinadas, muestran un incremento de 7 a 28 días. También se puede distinguir que las tobas calcinadas poseen mayor resistencia que las tobas naturales.

Los morteros de referencia muestran un incremento de la resistencia, superando los valores alcanzados por las tobas calcinadas a 450, 600 °C y las naturales, no siendo así para las tobas calcinadas a 750 °C.

La ganancia de la resistencia en el tiempo para las tobas calcinadas se ve favorecida por el incremento de la temperatura de activación, los mejores resultados nuevamente fueron obtenidos por las tobas calcinadas a 750 °C, incluso superando los patrones de referencia a la edad de 28 días, seguidos de las tobas calcinadas a 600 y 450 °C, en ese orden.

Por otro lado, se corroboran los resultados obtenidos por Almenares (2011) para las tobas naturales, las cuales exhiben un comportamiento similar al obtenido para estas tobas con el mismo porcentaje de sustitución en lugar del cemento. Los resultados obtenidos aquí demuestran las potencialidades de las tobas calcinadas para ser empleadas como material puzolánico activo, corroborándose la hipótesis de que las tobas activadas desarrollan resistencias más favorables que las naturales.

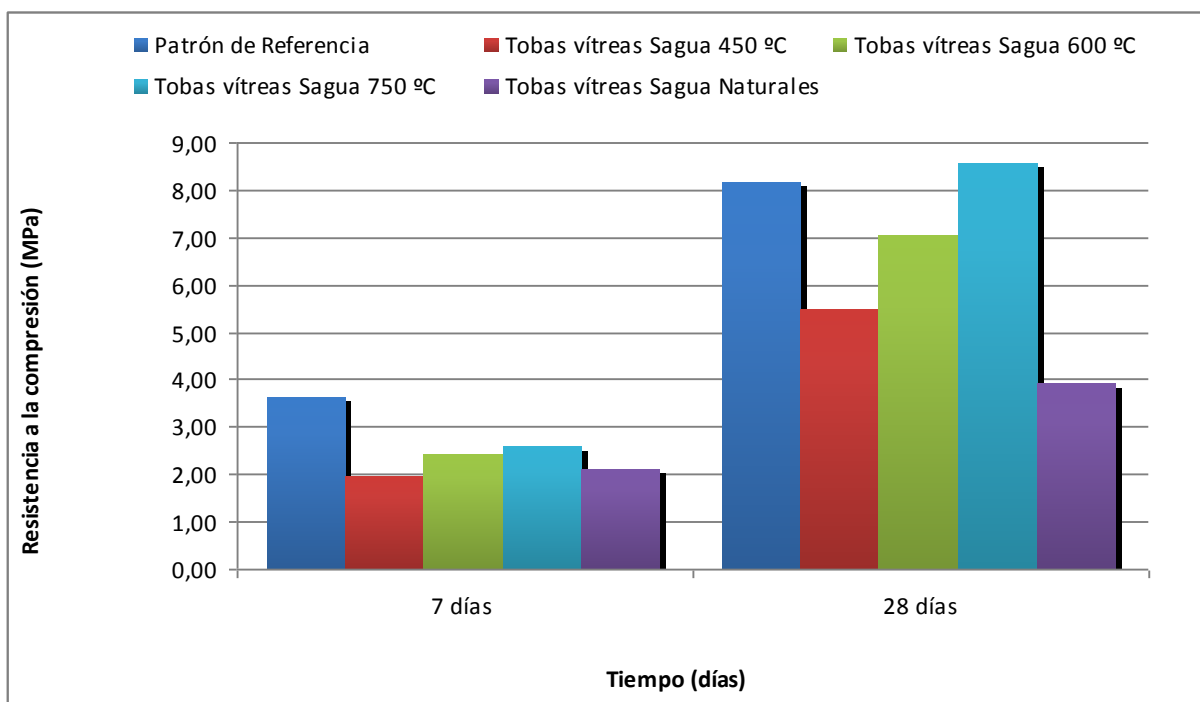


Figura 3.5 Resistencia a la compresión de los materiales tobáceos y patrones de referencia.

3.2 Valoración socioeconómica y ambiental

Las puzolanas como aditivos son de capital importancia dentro de la industria del cemento, ya que intervienen en la calidad del producto final, aumentan la eficiencia del proceso de fabricación, y reducen los costos de producción y las emisiones al medio ambiente.

Con los resultados obtenidos del trabajo y con el objetivo de tener una idea acerca de los aportes económicos de estos por concepto de sustitución de cemento por tobas calcinada y la reducción de gases nocivos a la atmósfera se tiene en cuenta lo siguiente: La industria cubana de cemento presenta altos consumos de energía,

tanto eléctricas como de portadores energéticos (combustibles), el consumo anual de las seis fábricas con las que cuenta el país, están en alrededor de 240 000 MW·h y 250 000 t de combustible. De acuerdo a las operaciones y procesos involucrados en la obtención de cemento se establece el balance de consumo energético que se muestra en la Tabla 3.5.

Tabla 3.5 Balance de consumo de energía eléctrica de las empresas cubanas de cemento. Fuente: Inspección estatal energética

Operaciones y procesos	Consumo, %
Extracción, preparación de la materia prima y transp. a la fábrica	3
Prehomogenización y molienda de crudo	18
Homogeneización y clinkerización	29
Molienda de clinker	24
Servicios generales y auxiliares	23
Iluminación	3

En la actualidad el consumo de combustible y energía eléctrica se ha incrementado debido a las transformaciones de expansión que se ha llevado a cabo en estas empresas cementeras. Se han incrementado los costos del petróleo y la importación de insumos y materiales auxiliares, unido a la lejanía y escasez de recursos minerales que se emplean como materia prima para la producción de cemento.

Lo anterior permite comprender el ahorro considerable de energía al practicar la producción de puzolanas a nivel local ya que mientras más cerca este la fuente de la materia prima de la industria, menores serán los gastos en cuanto al transporte y con ello el consumo de combustibles.

De acuerdo a la literatura especializada se plantea que para producir una tonelada de clinker se necesita consumir aproximadamente 150 kilogramos de combustibles. Por tanto, producir un millón de toneladas de clinker, consumiría cerca de 150 mil toneladas de combustible. La adición de diferentes cantidades de puzolanas, ahorra combustible, ya que a pesar de que en este caso el material se calcina el consumo de energía empleada es mucho menor que para la fabricación del clinker.

Tabla 3.6 Relación entre gastos energéticos vs % de adición de puzolana. Tomando como referencias la fabricación de un millón de toneladas de clinker de cemento

% de adición de puzolana	Toneladas de puzolana empleadas	Toneladas de combustible ahorradas
10	100 000	15 000
20	200 000	30 000
30	300 000	45 000
40	400 000	60 000

Cuba cuenta con una capacidad de producción de cemento Pórtland o gris de 3,376 millones de toneladas, tomando como referencia la producción de un millón de toneladas, con una media de un 30% de adición de puzolanas, se ahorrarían unas 45 mil toneladas de combustibles, equivalentes a unos 22 millones de USD, tomando como referencia que una tonelada de combustible cuesta unos 490,00 USD.

Estos valores se ajustarían de localizarse y explotarse yacimientos de puzolanas de mayor calidad, que equivaldrían a mayores por cientos de adicción y la introducción masiva del uso de los cementos puzolánicos en la actividad constructiva.

En cuanto a los beneficios ambientales que trae consigo el empleo de las puzolanas como adición mineral al cemento Portland. Tenemos que durante la fabricación del clinker de cemento, se despiden a la atmósfera, grandes cantidades de gases, entre ellos CO₂ y uno de los responsables del efecto invernadero. Para producir un millón de toneladas de clinker se necesitan calcinar cerca de dos millones de toneladas de calizas o margas portadoras de CaCO₃, por lo que se emitirán a la atmósfera un aproximado de medio millón de toneladas de CO₂, al descomponerse el CaCO₃. Ver la siguiente formula.



Otro de los gases nocivos que se emiten a la atmósfera durante la fabricación del clinker es el SO₂ responsable de las lluvias acidas, este gas es un producto de la quema de combustibles con determinados por cientos de azufre (S).

De lo anterior se deduce que es vital desde el punto de vista económico y medio ambiental para la industria del cemento, reducir los volúmenes de producción de clinker y una de las formas de lograrlo es localizando y fomentando el uso de puzolanas de alta calidad, lo cual elevaría los por cientos de adición o mezclas sin afectar la calidad y prestaciones de los cementos producidos.

Según Guillen, 2013 las principales conclusiones apuntan hacia los aspectos siguientes:

- Los valores más altos en los ensayos de flexión y compresión lo muestran los morteros elaborados con las tobas vítreas calcinadas a 750 °C, posteriormente se encuentran los elaborados a 600 y 450 °C en ese orden. Los valores más bajos lo muestran las tobas sin calcinar.
- El índice de actividad resistente de los morteros de tobas calcinadas y sin calcinar, a las edades de 7 y 28 días de fraguado es superior a 75 %, solo por los materiales calcinados a 600 y 750 °C.
- Los mejores resultados obtenidos, fueron alcanzados por los morteros elaborados con material calcinado a 750 °C.
- Las perspectivas de utilización de los materiales tobáceos estudiados en esta investigación muestran resultados alentadores para los programas de construcción de viviendas y otras obras sociales, lo cual permite influir positivamente en el desarrollo local con la disminución del consumo de cemento.

3.3 Propuesta de método de arranque a emplear para la extracción de las tobas vítreas de la provincia de Holguín.

Se pretende dar un primer acercamiento a las técnicas de extracción de esta materia prima basado en que actualmente no existen yacimientos en explotación formal de este tipo de materia prima y por los aspectos valorados sobre las perspectivas futuras de empleo de estos recursos orientados a la minería artesanal.

En este sentido se destaca que la mayor parte de los usos que se pretender dar a estos recursos nos exige llevar la extracción y preparación mecánica hasta el

nivel de diferentes productos con las características de áridos finos y gruesos, e incluso para el caso de los materiales puzolánicos hasta una granulometría micronizada que garantice este empleo. No obstante esta diversidad de usos que argumenta una variedad de tamaños granulométricos hace muy económico la explotación futura de estos depósitos, pues prácticamente no se tendrán desechos al poder darle salidas para sus diferentes empleos a todos los productos obtenidos.

Se debe destacar también otra de las principales perspectivas de empleo de estas rocas avaladas con el Informe de "Explomat Retrete" para producir bloques naturales de manera muy similar a las producciones realizadas en la provincia de Matanzas con las calizas blandas. En este otro caso el método de arranque de la roca si sería diferente por la necesidad de obtener bloques aserrados, pero permitiría dar un aprovechamiento integral incluyendo todo el residuo producido para las otras aplicaciones aquí tratadas, especialmente como materiales puzolánicos.

Métodos de arranque en la minería a cielo abierto

Según Hernández, 2011 la elección de los métodos de arranque de la roca en canteras de áridos para la construcción, es un tema poco abordado en la bibliografía especializada.

La elección del método de arranque depende ante todo de las propiedades de las rocas en el macizo, presencia de medios técnicos y exigencias a la calidad de la materia prima. La excavación de las rocas blandas se puede realizar con cualquier equipo de arranque, en este caso la preparación se conjuga con la excavación y se realiza con el mismo equipo. En las rocas duras se realiza con equipos de mayor fuerza y deben ser preparadas para la excavación por métodos con explosivos. (Rodríguez y Solís, 2004). En condiciones minero-geológicas determinadas el mullido mecánico de las rocas presenta ventajas sobre el método explosivo. La causa principal es la ausencia del efecto sísmico y el vuelo de los pedazos de rocas durante la explosión, por ello este método se puede

utilizar cerca de los puntos de población, edificios e instalaciones. Además disminuye a veces el costo de la fragmentación, así como las pérdidas y el empobrecimiento y aumenta la productividad del trabajo y de los equipos de carga y transporte. (Rodríguez y Solis, 2004).

Los métodos de arranque de las rocas del macizo son:

a) Tractores con escarificador

Solis (2004) plantean que la profundidad del escarificado está limitada por la potencia del tractor y las características físicas de las formaciones rocosas (resistencia, meteorización, fracturación y la abrasividad). Normalmente la profundidad que se alcanza no es mayor de 1,5 m, en rocas con resistencia entre 80-100 MPa.

La escarificación es favorable cuando:

- Existen fracturas, fallas y planos de discontinuidad;
- Meteorización;
- Origen cristalino y fragilidad;
- Grado de estratificación y esquistosidad;
- Baja resistencia a la compresión y gran tamaño de grano.

Es desfavorable cuando:

- - Existen formaciones masivas y homogéneas;
- - No cristalinas y frágiles;
- - Sin discontinuidades;
- - De grano fino y agente de cementación sólido;
- - Comportamiento plástico.

b) Excavadoras

Las excavadoras para el arranque de macizos rocosos sin voladura previa o prevoladura, se utilizan en macizos de muy bajas velocidades sísmicas y con abundantes superficies de estratificación, diaclasas o fracturas y fragilidad del material, con resistencia a la compresión entre 12,5-50 MPa). Solis (2004).

c) Martillos rompedores

Existen tres tipos de martillos rompedores: neumáticos, eléctricos e hidráulicos, los más comunes son los neumáticos utilizados ampliamente en la industria minera y constructiva y en los últimos años, los hidráulicos, para la fragmentación secundaria y en menor grado, el arranque, fundamentalmente en los trabajos a cielo abierto. Los parámetros a tener en cuenta para evaluar la facilidad de excavación del macizo son: resistencia de la roca (80-100 Mpa), tamaño del bloque, alteración, disposición estructural.

d) Arranque con perforación y voladura

Para la perforación y voladura se requiere tener en cuenta las características del macizo tales como: agrietamiento (abertura, espaciamiento, distancia entre grietas y relleno), propiedades físico-mecánicas como: resistencia a la compresión y tracción, densidad, masa volumétrica, velocidad de las ondas longitudinales y transversales, módulo de elasticidad y coeficiente de Poisson.

Para realizar la perforación se requiere de características esenciales como: la fortaleza (función de resistencia a la compresión), dureza, abrasividad y el agrietamiento. En la elección de la sustancia explosiva a emplear se deben tener en cuenta las posibilidades reales de suministro; el precio del explosivo; el diámetro de carga; las características de las rocas; el volumen de roca a volar y la presencia de agua. L. Jimeno (1990)

Clasificaciones de excavabilidad

La excavabilidad, se define como la facilidad que presenta un terreno para ser excavado. Ha sido estudiada por Duncan (1969), Franklin (1971, 1997); Louis (1974);

Atkinson (1977), Romana (1981, 1997, 1994); Kirsten (1982); Abdullatif y Crudden, (1983); Scoble y Muftuoglu (1984); Bell (1987); Hadjigeorgiou y Scoble (1988), entre otros que propusieron clasificaciones para la minería subterránea y Noa (2003) que propuso una metodología para la determinación del método de arranque en excavaciones subterráneas.

Duncan (1969) establece que las evaluaciones para determinar la facilidad o dificultad con la cual el macizo rocoso puede ser excavado se basan en:

- b) El material de la roca que conforma el bloque dentro del macizo (porque la excavación trae consigo la fragmentación y ruptura del material de la roca cuando el volumen del bloque es grande),
- c) La naturaleza, extensión y orientación de las fracturas, y
- d) El tipo de roca (ígneas, sedimentaria o metamórfica), sus características (composición, espesores, yacencia, etc.) y estado de conservación.

Franklin, (1971, 1997) se basa en los valores del espaciamiento entre las grietas (E_g) y los valores de la resistencia a la compresión simple de las rocas (R_c), ver Figura 3.6.

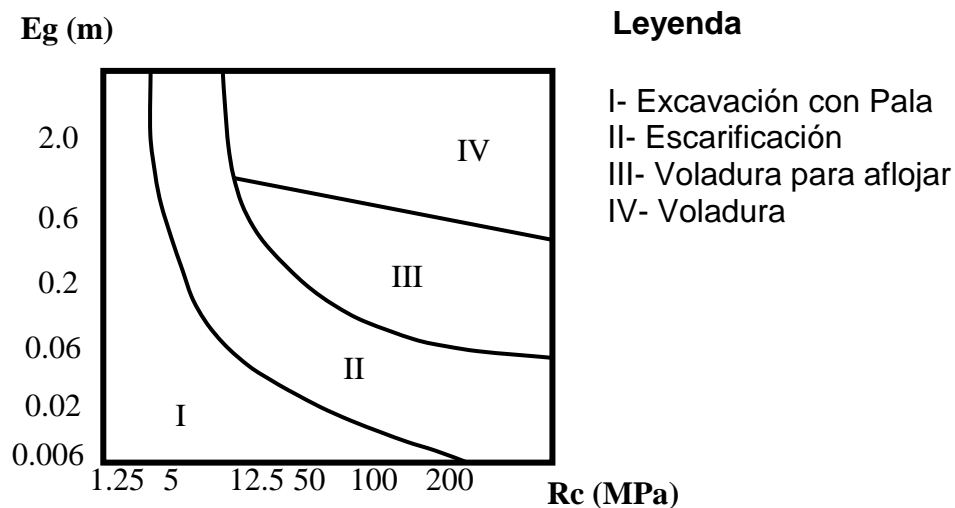


Figura 3.6 Clasificación propuesta por Franklin (1971, 1997)

Basándose en la clasificación dada por Louis (1981), Romana (1981) presentó una nueva propuesta, la cual estaba más adaptada a las capacidades tecnológicas de la maquinaria de excavación. Posteriormente Romana (1994) presenta una versión más actualizada de dicha clasificación en función de la calidad del macizo y la resistencia a la compresión de la roca, indicando los intervalos de aplicación de los diferentes métodos de excavación. Consideramos que esta clasificación es indicativa y debe usarse en la fase de estudios previos o anteproyectos de obra.

Los sistemas de clasificación del macizo rocoso también han sido utilizados para la evaluación de la excavabilidad.

Louis en 1974 presentó una clasificación basada en el (RQD) propuesto por Deere (1964) y los valores de la resistencia a compresión simple de la roca, a partir de un trabajo realizado para el centro de la villa de Marsella, excavado en calizas urgonianas. Independientemente que se valora el agrietamiento del macizo, no se tiene en cuenta la influencia que tiene la dirección de los principales sistemas de grietas en la dirección de ataque de las rocas y no se realiza un análisis de las capacidades tecnológicas de las maquinarias de excavación, lo que impide en caso de que el método de arranque sea mecánico estimar el campo de aplicación de estas, ver Figura 3.6.

Este criterio actualmente no se utiliza a causa del bajo límite asignado a la excavación mecánica, pero en todo caso el concepto en que se basa es correcto.

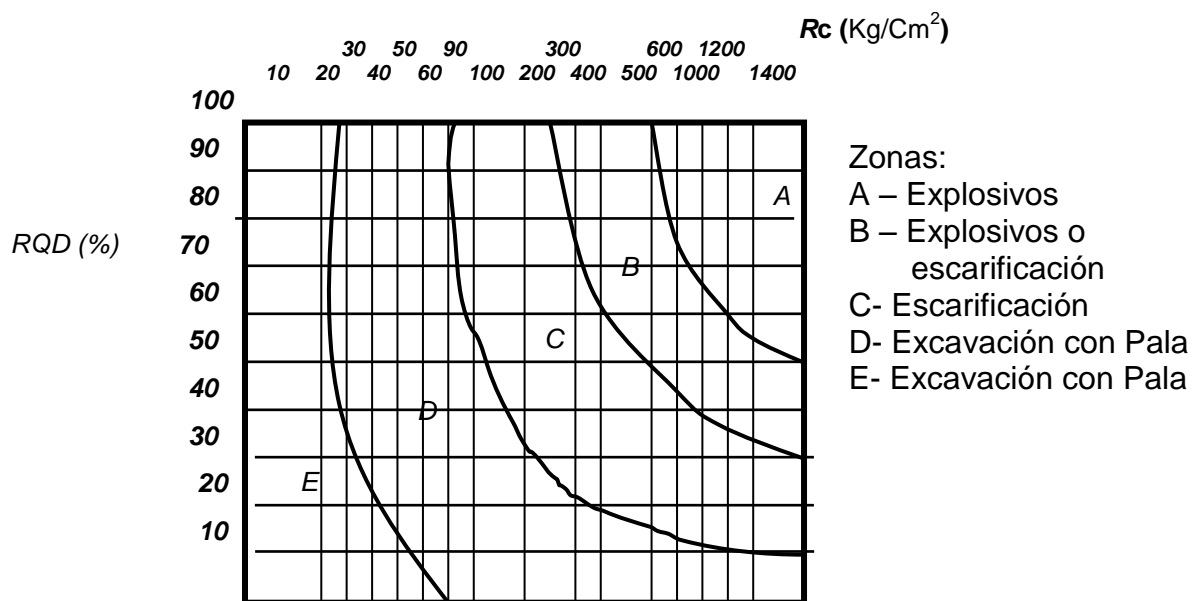


Figura 3.7 Clasificación de Louis, 1974, basada en la propuesta de Deere (1964).

Según los Anexos IV y V donde tenemos los resultados de los ensayos físico mecánicos de los yacimientos de tobas vítreas de Guaramanáo y Sagua de Tanamo y comparándolos con las tablas expuestas sobre las recomendaciones de diferentes autores en relación con el método de arranque; y considerando además que estamos en presencia de depósitos minerales que no tienen un grado de estudio

geólogo minero avanzado, donde no se han realizado estudios intensivos de exploración por su significación local, así como la experiencia del único depósito explotado actualmente de tobas vítreas, yacimiento Guaramanáo, el cual emplea el arranque del material con técnicas de escarificación (empleo del roter de un bulldózer) se recomienda que es perfectamente posible utilizar el método de excavación con pala y/o escarificación.

Para el caso del uso como bloques naturales se considera adecuado realizar las extracciones de manera similar, al corte manual con la experiencia de los bloques de "cantos" de calizas blandas de Matanzas, experiencia ya expuesta en el capítulo anterior, y que se considera una de las alternativas válidas, como se demuestra además en el trabajo realizado por Explomat con las tobas de Retrete en Banes.

Debemos señalar además que debido a que estos volúmenes de material a extraer, para los usos expuestos, y orientados a la minería de escala pequeña nunca serán grandes, (pues se considera que no será necesaria la actividad extractiva sistemática) y que se requiere del servicio de estos equipos por determinados periodos en el año y no de manera continua, de manera bastante similar a lo que se hace para extraer determinados volúmenes de arcillas para abastecer una fábrica de ladrillos; pues estas en la mayor parte de las veces solo requieren de actividades extractivas de 3 a 5 veces en todo el año.

Conclusiones

1. Queda evidenciado la necesidad de lograr brindar una mayor atención por parte de las instituciones estatales a los problemas de las pequeñas producciones mineras, y especialmente aquellas que se incluyen en la minería artesanal, contempladas en la Resolución 39 del extinto MINBAS (hoy Ministerio de Energía y Minas).
2. Debido al pronóstico existente de que se continuarán incrementando las pequeñas producciones mineras en nuestro país, y especialmente aquellas a cargo de personas naturales, se requiere mayor presencia de esta problemática en el debate y accionar cotidiano de las comunidades; y donde nuestra Facultad de Geología y Minería debe jugar un rol mucho más importante en la integración con diferentes instituciones, esencialmente con la Oficina Nacional de Recursos Minerales.
3. Existen numerosas manifestaciones de tobas vítreas y también yacimientos con determinado grado de estudio en la provincia de Holguín, aún cuando la caracterización de los mismos no estaba enfocado a su empleo como materiales de construcción (Sagua de Tánamo, Guaramanáo y Retrete de Banes).
4. La diversidad de aplicaciones ya probadas de las tobas vítreas, y otras en etapas de investigaciones, junto a la posibilidad de lograr un arranque de esta roca con técnicas de pala y/o escarificador, hacen que esta materia prima posea una gran perspectiva de potenciar la minería artesanal en los municipios, especialmente como materiales de construcción, principalmente como extensor del cemento portland y para la obtención de bloques naturales de pared (este último de manera muy similar al empleo de los bloques de cantos de las provincias de Matanzas y Mayabeque).

Recomendaciones

1. Se debe desarrollar una labor de asesoría sistemática a los gobiernos y empresas afines de los municipios de la provincia de Holguín para promover una mayor calidad socio ambiental en los trabajos a realizar y lograr incrementos de las pequeñas producciones mineras.
2. Se deben continuar las investigaciones relacionadas con la diversidad de usos de las tobas vítreas de la provincia de Holguín y hacer extensiva estas experiencias a otras regiones con abundancia de esta materia prima.
3. Se recomienda a los gobiernos provinciales y municipales la creación de plazas de profesionales de las ramas de Geología y/o Minería que permita implementar los documentos legales y técnicos que requiere este enfoque de potenciar la minería artesanal a nivel de municipio.

Referencias Bibliográficas

Calvo Pérez, B., 2001 – As Rochas e os Minerais Industriais como Elemento de Desenvolvimento Sustentable. Série Rochas e Minerais Industriais, núm. 3, CETEM, Rio de Janeiro, Brasil.

Calvo Pérez, B.; Maya Sánchez, M., 2001. Avanços e Transferência de Tecnologia em Rocha Ornamental. Série Rochas e Minerais Industriais, núm. 4, CETEM, Rio de Janeiro, Brasil .

Campos A. R. et al., 2002 – Relatório final de projeto de pesquisa: Rede Cooperativa de pesquisa em minerais da construção civil e mitigação de seus impactos ambientais. RETECMIN-RJ, CETEM, Rio de Janeiro, Brasil.

Chiodi Filho, C., 2002. Rochas Ornamentais e de revestimento: A nova idade da Pedra. II Congresso Brasileiro de Mina a Céu Aberto, Belo Horizonte – MG, Brasil

Leal, J.F. , 2002. Arranjos produtivos locais na mineração. II Congresso Brasileiro de Mina a Céu Aberto, Belo Horizonte – MG, Brasil.

Peiter, C.C.; Vilas Boas, R.C., 2001. Abordagem participativa na gestão de recursos minerais. Série Estudos e Documentos, núm. 51 del Centro de Tecnología Mineral, Rio de Janeiro, Brasil.

Guillen R. 2013. Características Geológicas y evaluación de la puzolanidad de las tobas vítreas del yacimiento Sagua de Tánamo. Trabajo de Diploma. ISMM.

Brito A, D. Coutin. 2013. Uso de las zeolitas para potenciar el desarrollo endógeno en los municipios. Memorias V Convención Cubana de Ciencias de la Tierra. ISSN 2307-499X.

Almenarez R., C. Leyva R. 2013. Evaluación de las tobas vítreas y zeolitizadas de la provincia de Holguín para su utilización como puzolana natural. Memorias V Convención Cubana de Ciencias de la Tierra. ISSN 2307-499X.

Barettino D. 2002. Ordenación minero-ambiental de recursos de rocas industriales. Aplicación a la Reserva Estatal de pizarras de La Cabrera (León). Tesis Doctoral. E.T.S.I. Minas. Universidad Politécnica de Madrid (España).

Barthelemis, L. 2008. Estudio de la preparación mecánica de los minerales serpentínicos en trituradoras de mandíbulas para la utilización de sus productos en la industria de los materiales de la construcción. Trabajo de diploma. Instituto Superior Minero Metalúrgico, 75 pp.

Batista R. y otros. 2011. Valoración del potencial de las rocas y minerales industriales para el desarrollo municipal en la República de Cuba. Editorial Centro de Información Geológica. IGP. ISBN: 978-959-7117-21-6. 2011. 264 Pag.

Bristow C.M. 1997. Society's changing requirements for primary raw materials. Industrial Minerals Pp 59-65.

Calvo B. et al, 2000. Rocas y Minerales Industriales de Iberoamérica. Instituto Tecnológico Geominero de España, España, 436p.

Coutín D y A. Brito, 2005. Primera Convención Cubana de Ciencias de la Tierra. Memorias de la Primera Convención Cubana de Ciencias de la Tierra: ISBN 959-7117-03-7.

De Armas, J. 2006: Reevaluación de las tobas vítreas del yacimiento Sagua de Tánamo como puzolanas naturales. Trabajo de Diploma. ISMMM. 70 pp.

Lueges F. 2007. Valoración geólogo – técnica de las perspectivas de empleo de los desechos serpentínicos de la ECEG como materiales de construcción alternativos. Tesis de maestría. ISMMM.

Gómez D. 1994. Ordenación del Territorio. Una aproximación desde el medio físico. ITGE. Madrid. España.

Leyva R. C. y otros. 2009. Valoración de los recursos minerales territoriales en Cuba y sus perspectivas para potenciar la pequeña minería a nivel local. Memorias del Taller Iberoamericano de Recursos Minerales y apoyo a la pequeña minería. <http://petitamineria.com/comunicaciones/valoraciondelosrecursosmineralesterritoriale sencuba/ leyvarodriguezetal.pdf>

Leyva R. C. y otros. 2009. Valoración de las Tobas vítreas de la región oriental de Cuba para su empleo como materiales de construcción alternativos. Memorias III Convención Cubana de Ciencias de la Tierra. ISBN 978-959-7117-19-3.

Leyva R. C. y otros. 2009. Solución al déficit de áridos en el municipio de Moa empleando los desechos serpentiniticos de la empresa Comandante Ernesto Guevara. Memorias III Convención Cubana de Ciencias de la Tierra. ISBN 978-959-7117-19-3.

Mapa de Yacimiento y Manifestaciones Minerales no Metálicos y Combustibles de la República de Cuba. Escala 1: 500 000 ,1988.

Mederos J, 2009. La pequeña minería y la minería artesanal en Cuba. Marco regulatorio. Experiencias prácticas. ISBN 85-7227-185-6. En: Pequeña Minería y Minería Artesanal en Iberoamérica. CETEM/IMAAC/CYTED.

Morrillas J. 1997. Introducción a la economía mundial: Estructura y desarrollo sostenible. Madrid, ADI. ONU.

Morteros de Albañilería. Especificaciones. Norma Cubana 175: 2002.

MINBAS. 2011. Resolución 35 sobre las pequeñas producciones mineras.

MICONS. 2011. El ABECÉ de la producción local y la venta de los materiales de construcción. Grupo Nacional de Producción Local y Venta de Materiales de Construcción.

Orche E. 2003 Desarrollo sostenible y ordenación del territorio.

Rosell, M. y Gayoso, R. 2001: Utilización de la zeolita como material de construcción. Experiencia cubana. I Jornadas Iberoamericanas de Materiales de Construcción. Red CYTED XIII-C. 10 p.

Vijaya Kattel. 2010. Valoración técnica de los desechos serpentiniticos de la Empresa Moa Nickel S.A. como material de construcción alternativo. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, Trabajo de Diploma. 80 p.

Villas Boas R. C. 1995. Technological Challenges faced by the MM sector in achieving sustainable development. Centro de tecnología Mineral. CNPq. Río de Janeiro, Brasil.

Porera M. y otros. 1987. Informe sobre los trabajos de Búsqueda Orientativa y Detallada de Tobas para Áridos Ligeros, Sectores el Lirial y Amansaguapo, Provincia Holguín.

Fernández C y M. Gameiro.2003. Asistencia técnica para la minería artesanal de rocas ornamentales en Brasil). ISBN 85-7227-185-6. En: Pequeña Minería y Minería Artesanal en Iberoamérica. CETEM/IMAAC/CYTED.

Relación de Tablas

	<u>Página</u>
Tabla 1.1 Clasificación por toneladas de producción diaria de mineral y cantidad de unidades en cada clase.....	9
Tabla 1.2 Características de la minería a pequeña escala en el Ecuador.....	11
Tabla 2.1 Volúmenes de extracción de arenas por año.....	32
Tabla 2.2 Selección del coeficiente "San Cayetano Equivalente.....	33
Tabla 2.3 Volúmenes de arena generados anualmente en cada cuenca.....	34
Tabla 2.4 Producción mundial de Piedra Pómez.....	39
Tabla 2.5 resumen del cálculo de reservas del yacimiento de tobas vítreas Sagua de Tánamo.....	44
Tabla 2.6 Volumen y tipo de análisis.....	47
Tabla 3.1 Composición química de las muestras de tobas empleadas.....	55
Tabla 3.2 Características mineralógicas de los materiales tobáceos estudiados.....	57
Tabla 3.3 Índice de puzolanidad de los materiales tobáceos.....	58
Tabla 3.4 Resistencia a la flexión y compresión de las tobas vítreas del yacimiento Sagua de Tánamo.....	62
Tabla 3.5 Balance de consumo de energía eléctrica de las empresas cubanas de cemento.....	65
Tabla 3.6 Relación entre gastos energéticos vs % de adición de puzolana...	66

Relación de Figuras

	<u>Página</u>
Figura 2.1 Explotación artesanal de Calizas "Blandas" para bloques de construcción en la provincia de Matanzas.....	29
Figura 2.2 Ubicación de los depósitos de tobas vítreas con mayor grado de estudio en la provincia de Holguín.....	40
Figura 3.1 Diagrama de puzolanas. Fuente: Deloye, 1993.....	55
Figura 3.2 Origen de los materiales tobáceos analizados.....	56
Figura 3.3 Características de tamaño de las tobas vítreas y zeolitizadas.....	57
Figura 3.4 Resistencia a la flexión de los materiales tobáceos y patrones de referencia.....	63
Figura 3.5 Resistencia a la compresión de los materiales tobáceos y patrones de referencia.....	64
Figura 3.6 Clasificación propuesta por Franklin (1971, 1997).....	71
Figura 3.7 Clasificación de Louis, 1974, basada en la propuesta de Deere (1964).....	72

Relación de Anexos

	<u>Página</u>
Anexo I. Resultado de la matriz DAFO en el contexto del desarrollo sustentable de la comunidad ecuatoriana.....	80
Anexo II. Información suministrada por el IGP de los informes geológicos correspondientes a los yacimientos de tobas de la provincia Holguín.....	86
Anexo III. Composición mineralógica cuantitativa de las fases cristalinas de las tobas analizadas.....	89
Anexo IV. Resultados de los ensayos físico mecánicos del yacimiento de tobas vítreas de Sagua de Tánamo.....	90
Anexo V. Resultados de los ensayos físico mecánicos del yacimiento de tobas vítreas de Guaramanáo.....	91

Anexo I. Resultado de la matriz DAFO en el contexto del desarrollo sustentable de la comunidad ecuatoriana.

FORTALEZAS	DEBILIDADES
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Solventa economía rural familiar ▪ Organizaciones pequeñas definidas ▪ Zona con interés para patrimonio geológico-minero ▪ Considerable presencia de ayuda extranjera y universidades ▪ Existencia de ley de promoción para minería y turismo ▪ Existencia de diversas organizaciones étnicas, culturales y comunitarias ▪ Hay deseo de satisfacer reglamento de Ley de Minería ▪ Considerables recursos bióticos aun en buen estado 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Falta de misión y visión ▪ Tecnología obsoleta ▪ Recurso Humano sin capacitación ▪ Actividades sin financiamiento ▪ Mineros sin liquidez ▪ Inadecuado sistema de gestión ambiental ▪ Falta de Seguridad ▪ Poco mantenimiento de instalaciones y maquinaria ▪ No existe zonificación del territorio ▪ Poca experiencia para trabajar inter institucionalmente ▪ Falta de servicios públicos ▪ Falta de credibilidad por parte de mineros en el estado ▪ Falta de divulgación de leyes ▪ Falta de participación activa de la sociedad ▪ Resistencia al cambio ▪ Falta de sentimiento de compromisos frente a problemas medioambientales ▪ Lentitud e ineficiencia de procesos productivos ▪ No existe sistema de desarrollo humano o capacitación ▪ Inapropiada participación de mujeres y niños

OPORTUNIDADES	EMPLEAR FORTALEZAS PARA APROVECHAR OPORTUNIDADES	ELIMINAR LAS DEBILIDADES PARA APROVECHAR LAS OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ampliación de mercados rurales ▪ Posibilidad de exportar ▪ Captación de nuevos mercados ▪ Desarrollo de área como centro minero a pequeña escala ▪ Captación de recursos para el desarrollo sustentable de la MPE ▪ Desarrollo de investigaciones puntuales para desarrollo ▪ Elaboración de plan con participación en conjunto para gestionar los residuos provenientes de la minería ▪ Promoción nacional e internacional ▪ Descentralización política y administrativa de los órganos estatales ▪ Desarrollo de Proyectos con municipios y concejos cantonales ▪ Buena imagen de los centros mineros ▪ Nuevos fuentes de financiamiento ▪ Mejora la calidad de consultaría nacional ▪ Seguimiento a un líder preestablecido ▪ Ingreso de competidores en la misma zona ▪ Incremento de importaciones de la materia prima que venden 	<p>Aprovechar las leyes que actualmente se están gestionando en los órganos estatales para que con ayuda técnica y financiera nacional y/o extranjera se pueda desarrollar proyectos con la participación de la comunidad autóctona.</p> <p>Dichos proyectos que se desarrollen dentro de un marco de ordenamiento territorial para impulsar el desarrollo minero-ambiental y turístico.</p> <p>Gestionar centros mineros-ambientales en las zonas propias de explotación a fin de crear un marco dinámico de atractivo turístico.</p> <p>Implementar estudio de proyectos turísticos en zonas que se puedan realizar.</p> <p>Desarrollar planes de ordenamiento territorial a fin de alcanzar un desarrollo sustentable a través de actividades compatible con las actividades extractivas.</p>	<p>Desarrollar la capacidad de gestión de recursos financieros para desarrollar infraestructura por parte de los MPE.</p> <p>Estos fondos deben dirigirse principalmente a las áreas de tecnología y medio ambiente a fin de conseguir una actividad minera amigable con el medio ambiente y que sea rentable desde el punto de vista económico.</p> <p>Mantener los costos bajos, consecuentemente la rentabilidad para ayudar a la capitalización de la MPE.</p> <p>Además promover actividades en conjunto para fortalecer las comunidades autóctonas</p>

<ul style="list-style-type: none"> ▪ Destrucción de los recursos bióticos ▪ Consumo de las reservas geológicas ▪ Crecimiento desorganizado de asentamientos mineros ▪ Disminución de atractivo turístico ▪ Fuentes de financiamiento no colaboran con ellos ▪ Planes de expansión incompatibles con el medio social y ambiental ▪ Cambios políticos debido a reemplazo de gobiernos ▪ Comercialización de la tierra o propietarios de concesiones ▪ Toma de decisiones sin consulta previa ▪ Que no se capte los recursos extranjeros o nacionales ▪ Incoherencia en los recursos asignados para el desarrollo sustentable ▪ Repercusión negativa en el marco jurídico ▪ Manejo políticos de municipios ▪ Insuficiente capacidad logística y administrativa de los órganos estatales. ▪ Créditos públicos y privados fáciles para obras no prioritarias ▪ Corrupción 		
--	--	--

Anexo II. Información suministrada por el IGP de los informes geológicos correspondientes a los yacimientos de tobos de la provincia Holguín

Id Yac.	Nombre	Coord X	Coord Y	Materia Prima*	Usos**	Tamaño***	Municipio	Estadio****	Explotación
67	Los Berros – San Blas	605200	255500	T	R	PI	-	R	No
68	Levisa	633100	223900	T	R	PI	-	R	No
91	Jesús María	558000	253000	T	C	P	Holguín	PD	No
379	Holguín - Guaicamano	549000	249000	T	IV	PI	-	R	No
441	Holguín- Limones	720900	207000	T	IV	PI	Moa	R	No
5345	Matamoros	-	-	T	C	PI	-	R	No
60	El Picado	676400	216200	TV	F	P	-	PD	No
61	Arroyo Blanco	664000	196000	TV	IV	PI	-	R	No
63	Cebolla (ídem 424)	679000	221000	TV	IV	PI	-	R	No
64	La Vega I	610000	269100	TV	IV	PI	-	R	No
65	Loma El Gordo	609500	267700	TV	IV	M	Banes	R	No
66	La Vega II	609350	268750	TV	IV	PI	-	R	No
69	Entronque de Téneme	647250	225200	TV	IV	PI	-	R	No
70	Carretera de Sagua	657100	222900	TV	IV	PI	-	R	No
71	Haticos I	574000	242000	TV	IV	PI	Báguanos	R	No
72	Haticos II	574200	242200	TV	IV	PI	-	R	No
80	Mayarí	635500	204000	TV	IV	M	Mayarí	PP	No
81	El Lirial	682200	212500	TV	AL	G	Sagua de Tánamo	PD	No
82	Amansaguapo	686225	212500	TV	AL	G	Sagua de Tánamo	PD	No
85	Matatoros	550500	250500	TV	IV	PI	Holguín	R	No
86	Ceuta	579600	242000	TV	IV	PI	Báguanos	R	No
87	Cuatro Caminos	548200	254750	TV	IV	M	Holguín	R	No
88	Damián	543500	248800	TV	IV	PI	-	R	No
92	La Sierra	600900	262350	TV	C	M	Rafael Freyre	PD	No
93	Casanova	681250	220600	TV	IV	PI	-	R	No
94	Cañada Amarilla	675500	221810	TV	C	PI	-	R	No
104	Velázquez	532000	257000	TV	IV	PI	-	R	No
366	Los Corojitos	532175	256975	TV	IV	PI	-	R	No

Cont. Anexo II

Id Yac.	Nombre	Coord X	Coord Y	Materia Prima*	Usos**	Tamaño***	Municipio	Estadio****	Explotación
368	La Torcaza	534550	250050	TV	IV	PI	-	R	No
369	La Anguila	541425	248000	TV	IV	PI	-	R	No
370	Calidad I	548725	245000	TV	IV	PI	-	R	No
371	Calidad II	548200	244950	TV	IV	PI	-	R	No
372	Caridad III	547750	245225	TV	IV	PI	-	R	No
373	Martillo	538800	257000	TV	IV	PI	-	R	No
374	Santa Rosa I	540000	250000	TV	IV	PI	-	R	No
375	El Guelino	544000	253000	TV	IV	PI	-	R	No
376	Purnio	549000	253000	TV	IV	PI	-	R	No
377	Loma Bueñosa	543000	251000	TV	IV	PI	-	R	No
378	Ceja de Melones	580000	258000	TV	IV	PI	-	R	No
396	Dos Hermanos	592050	255875	TV	IV	PI	-	R	No
397	Los Aguaceros	602350	256600	TV	IV	PI	-	R	No
398	Guarney	594850	257900	TV	IV	PI	-	R	No
399	Alto de Las Flores	604275	254900	TV	IV	PI	-	R	No
400	Los Ajiales	602600	254950	TV	IV	PI	-	R	No
401	Carretera de Palma	602625	254500	TV	IV	PI	-	R	No
403	Sindicato	587000	257000	TV	IV	PI	-	R	No
404	Bayamo	592000	256000	TV	IV	PI	-	R	No
405	El Jiquí	593000	259000	TV	IV	PI	-	R	No
406	El Salado 2	608750	267525	TV	IV	PI	-	R	No
407	Uvilla	604000	264000	TV	IV	PI	-	R	No
408	Arroyón I	601000	262000	TV	IV	PI	-	R	No
409	Arroyón II	602000	262200	TV	IV	PI	-	R	No
410	Arroyón III	603000	263000	TV	IV	PI	-	R	No
411	Arroyón IV	604000	263000	TV	IV	PI	-	R	No
412	Arroyón V	607000	263000	TV	IV	PI	-	R	No
413	Río Seco	615725	270100	TV	IV	PI	-	R	No
414	Adelantado I	598450	261500	TV	IV	PI	-	R	No
415	Adelantado II	599450	261725	TV	IV	PI	-	R	No
416	Retrete Abajo	606425	263725	TV	IV	PI	-	R	No
417	Las Lajas	606625	265325	TV	IV	PI	-	R	No

Cont. Anexo II

Id Yac.	Nombre	Coord X	Coord Y	Materia Prima*	Usos**	Tamaño***	Municipio	Estadio****	Explotación
418	Samá Arriba	608550	266265	TV	IV	PI	-	R	No
419	Las Playas	612550	270400	TV	IV	PI	-	R	No
420	Río Seco 14	614825	269150	TV	IV	PI	-	R	No
421	El Corte	612950	268400	TV	IV	PI	-	R	No
422	Río Seco 15	613475	269325	TV	IV	PI	-	R	No
423	Playas	614225	271750	TV	IV	PI	-	R	No
424	Melena	679000	221000	TV	IV	PI	-	R	No
425	La Tagua II	675150	190750	TV	IV	PI	-	R	No
426	Los Indios	682200	217700	TV	IV	PI	-	R	No
427	Palmarito II	657000	196000	TV	IV	PI	-	R	No
428	Deseo - Arroyo Muerto	658000	195000	TV	IV	PI	-	R	No
429	Olimpo	661000	188000	TV	IV	PI	-	R	No
431	Saltadero	669000	225000	TV	IV	PI	-	R	No
444	Triunvirato	596725	261400	TV	IV	PI	-	R	No
445	Achotal	654000	194000	TV	IV	PI	-	R	No
514	Guaramanáo	536100	249950	TV	IV	P	Holguín	ED	Si
52	Caimanes	687000	210400	Z	IV	G	Moa	ED	No
53	San Andrés - Loma Blanca	540900	254700	Z	IV	G	Holguín	ED	Si
430	La Tusa	666000	199000	Z	IV	PI	-	R	No
446	Soplo Abajo	662000	198000	Z	IV	PI	-	R	No
2380	Sabanilla de Mayari Arriba	628800	194200	Z	IV	M	-	R	No
2382	Seboruco	630200	186100	Z	IV	M	-	R	No

Leyenda:**Materia Prima***

- T: Tobas
- T: Tobas Vítreas
- T: Zeolita

Uso**

- T: Rocoso
- T: Cemento
- T: Industrias Varias
- T: Filtrantes
- T: Áridos Ligeros

Tamaño***

- PI: Punto de Interés
- P; Pequeño
- M: Manifestación
- G: Grande

Estadio****

- T: Reconocimiento
- T: Prospección Preliminar
- T: Prospección Detallada
- T: Exploración Detallada

Anexo III. Composición mineralógica cuantitativa de las fases cristalinas de las tobas analizadas

Tobas Sagua de Tánamo		Tobas Caimanes		Tobas Guaramanáo		Tobas San Andrés	
Fases minerales	Contenido, %	Fases minerales	Contenido, %	Fases minerales	Contenido, %	Fases minerales	Contenido, %
Albita	16,02	Albita	15,21	Albita	22,68	Albita	14,41
Anortita	22,79	Anortita	23,88	Anortita	14,97	Anortita	25,00
Apatito	0,24	Apatito	0,21	Apatito	0,14	Apatito	0,19
Diópsido	0,97	Diópsido	3,33	Diópsido	7,47	Diópsido	0,59
Hematita	4,58	Hematita	3,99	Hematita	2,98	Hematita	3,00
Hyperstena	6,00	Hyperstena	4,67	Wollastonita	0,05	Hyperstena	7,21
Ilmenita	0,13	Ilmenita	0,15	Ilmenita	0,19	Ilmenita	0,11
Ortoclasa	13,54	Ortoclasa	12,39	Ortoclasa	16,42	Ortoclasa	11,25
Cuarzo	34,66	Cuarzo	35,13	Cuarzo	34,38	Cuarzo	37,15
Esfena	1,06	Esfena	1,03	Esfena	0,73	Esfena	1,09
X-Magnesio	1,00	X-Magnesio	1,00	X-Magnesio	1,00	X-Magnesio	1,00

Anexo IV. Resultados de los ensayos físico mecánicos del yacimiento de tobas vítreas de Sagua de Tánamo

Sector	No de pozo	X	Y	Coefficiente de Trituración	Peso Volumétrico Saturado, (g/cm ³)	Absorción, (%)	Resist. Comp. Saturada, Mpa	Porosidad
I	1	677 655,74	216 520,88	-	1,82	20,06	10,60	-
I	1			-	1,81	21,92	8,76	-
Promedio				-	1,81	-	-	-
I	9	677 558,57	216 515,43	55,72	1,74	35,62	-	-
I	10	677 582,48	216 622,8	37,8	1,89	24,45	-	33,33
I	10			46,75	1,83	18,4	-	26,27
Promedio				-	1,86	-	-	-
I	11	677 561,72	216 621,2	60,87	1,73	31,5	7,86	36,52
I	11			43,32	1,73	23,57	7,26	44,44
Promedio				-	1,73	-	-	-
II	7	676 703,47	215 870,82	36,72	1,7	31,2	9,61	34,56
II	7			52,47	1,72	35,29	5,72	41,02
II	7			-	1,81	31,8	5,12	41,02
Promedio				-	1,74	-	-	-
II	8	676 674,35	216 062,51	51,97	1,65	47,81	7,55	46,84
II	6	676 676,93	215 967,85	-	1,62	36,7	5,00	-
II	6			-	1,66	35,77	-	-
Promedio				-	1,64	-	-	-
III	2	676 202,38	215 556,2	-	1,60	33,12	4,59	-
III	2			-	1,59	41,35	5,22	-
Promedio				-	1,59	-	-	-
III	3	676 414,99	215 749,27	-	1,67	38,10	-	-
III	3			-	1,65	32,66	8,86	-
Promedio				-	1,66	-	-	-
Total				47,77	1,70	32,57	7,15	38,00

Anexo V. Resultados de los ensayos físico mecánicos del yacimiento de tobas vítreas de Guaramanáo

Pozo	X	Y	Peso Volumétrico, (g/cm ³)		Absorción (%)	Humedad (%)	PV Saturado (g/cm ³)	Resist. Compresión, (Mpa)	
			Seco	Saturado				Seco	Saturado
2	536 295,06	249 947,21	1.17	1.56	32.50	-	-	-	-
3	536 259,59	249 927,68	1.13	1.60	41.50	13.3	-	-	-
9	536 220,55	250 015,98	1.16	1.50	29.23	9.2	1.97	6,429	-
11	536 376,46	249 855,82	1.20	1.59	32.67	6.6	1.78	7,591	-
Promedio			1.16	1.56	33.97	7.46	1.87	7,01	-