

UNIVERSIDAD DE MOA
"Dr. Antonio Núñez Jiménez"
Facultad Ciencias Económicas
Departamento de Historia y Marxismo

TESIS EN OPCION AL GRADO ACADÉMICO DE MÁSTER EN DESARROLLO SUSTENTABLE EN LA ACTIVIDAD MINERO METALÚRGICA

Título: Las pequeñas producciones
mineras en función del desarrollo
constructivo local sustentable.
Potencialidades de las tobas en el
municipio de Moa.

AUTORA: Ing. Aliagna Lueges Cuenca.

Moa, 2022



UNIVERSIDAD DE MOA
"Dr. Antonio Núñez Jiménez"
Facultad Ciencias Económicas
Departamento de Historia y Marxismo

TESIS EN OPCION AL GRADO - ACADÉMICO DE MÁSTER EN DESARROLLO SUSTENTABLE EN LA ACTIVIDAD MINERO METALÚRGICA

Título: Las pequeñas producciones
mineras en función del desarrollo
constructivo local sustentable.
Potencialidades de las tobas en el
municipio de Moa.

AUTORA: Ing. Aliagna Lueges Cuenca.

TUTOR: Dr. C. Carlos Alberto Leyva Rodríguez
CONSULTANTE: Ms. C. Lianne A. Leyva Osorio

Moa, 2022

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Declaro que soy la única autora de la tesis titulada: "***Las pequeñas producciones mineras en función del desarrollo constructivo local sustentable. Potencialidades de las tobas en el municipio de Moa.***" y autorizo a la Universidad de Moa "Dr. Antonio Núñez Jiménez" a hacer uso de la misma, fundamentalmente en los proyectos de colaboración con el Consejo de Administración Municipal para el desarrollo local.

Para que así conste, firman la presente:

Ing. Aliagna Lueges Cuenca

Firma del autora

Dr. C. Carlos Alberto Leyva Rodríguez

Firma del tutor

“La ciencia es más que un simple conjunto de conocimientos: es una manera de pensar.”

Carl Sagan

(Tomado de: Carl Sagan, El mundo y sus demonios, capítulo segundo.
Editorial Progreso, Moscú. 1979)

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a todas las personas que me han apoyado en la realización de esta investigación

De manera especial toda mi familia que sin su apoyo hubiese sido imposible esta obra

A mi hermano Alejandro por su inmenso cariño,

A mi amado esposo por su apoyo incondicional y aliento,

A mis padres por no dejarme rendirme,

A mi tutor Carlos Leyva por su paciencia y ayuda,

A la dirección de la maestría por darme la oportunidad de superación

A todos muchas gracias

RESUMEN

El cemento constituye el material de construcción más empleado a escala global, sin embargo su producción y alta demanda llega a constituir una problemática a nivel nacional. En Cuba se impulsa la estrategia de lograr soluciones locales que constituyan alternativas para consumir materiales tradicionales muy demandados, como lo constituye el cemento, con el objetivo de disminuir las altas demandas de este material y lograr que cada localidad se encamine hacia un desarrollo más sustentable mediante el empleo de recursos estratégicos para cada territorio. Mediante esta investigación se cimienta las pequeñas producciones mineras como la alternativa de explotación más adecuada para el aprovechamiento de los recursos disponibles en el territorio en función del desarrollo local sustentable, a través de la evaluación de dichos recursos con perspectivas de explotación para solucionar el déficit de materiales de construcción. Se seleccionaron las tobas vítreas de Sagua de Tánamo y las tobas zeolitizadas de Caimanes como objeto de estudio del presente trabajo investigativo para la conformación de un compendio de las potencialidades de estos recursos en la esfera constructiva. Entre las principales potencialidades registradas de estos materiales se encuentran su empleo como árido ligero para la fabricación de bloques de hormigón, como sustituto parcial en las mezclas de arcillas del territorio para la elaboración de ladrillos y como sustituto parcial del cemento en la elaboración de varios elementos constructivos.

Palabras claves: tobas, recursos estratégicos, pequeñas producciones mineras, desarrollo local sustentable.

SUMMARY

Cement constitutes the most widely used construction material on a global scale; however its production and high demand become a problem at national level. In Cuba, the strategy of achieve local solutions that constitutes alternatives for consuming highly demanded traditional materials, such as cement, is promoted with the objective of contributing to reduction of high demands for this material and ensuring that each locality moves towards a development more sustainable through use of strategic resources on each territory. Through this research, small mining productions is established as the most suitable exploitation alternative to take advantage of available resources in the territory in function of sustainable local development, through the evaluation of these resources with exploration prospects to solve the deficit of construction materials. The vitreous tuffs from Sagua de Tánamo and zeolitic tuffs from Caimanes were selected as object of study in this research work for conformation of a compendium of the potencialities of these resources in constructive sphere. Among the main registered potencialities of these materials are their use as light arid for manufacture of concrete blocks, as a partial substitute in clay mixtures of territory for manufacture of bricks and as a partial substitute for cement in manufacture of various constructive elements.

Key words: Tuffs, strategic resources, small mining productions, sustainable local development.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: LOS RECURSOS MINERALES Y LA INDUSTRIA CONSTRUCTIVA.	10
1.1 Introducción	10
1.2 Recursos minerales	10
1.2.1 Recursos minerales en Cuba	11
1.3 Recursos minerales y el Desarrollo Sustentable	14
1.4 Utilización de los recursos minerales en la industria constructiva	17
1.5 Conclusiones parciales	21
CAPÍTULO II. DESARROLLO DE LAS PEQUEÑAS PRODUCCIONES MINERAS EN FUNCIÓN DEL DESARROLLO LOCAL SUSTENTABLE	22
2.1 Introducción	22
2.2 Desarrollo local sustentable (DLS).....	22
2.3 Desarrollo de la pequeña minería y minería artesanal a escala global	24
2.4 Pequeñas producciones mineras en Cuba.....	26
2.5 Fundamentación sobre la elección de las tobas como caso de estudio para el desarrollo local sustentable.....	31
2.6 Conclusiones parciales	33
CAPÍTULO III: PRINCIPALES APLICACIONES INVESTIGADAS SOBRE LAS TOBAS DEL TERRITORIO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y EL DLS.	34
3.1 Introducción	34
3.2 Yacimiento Caimanes.....	35
3.2.1 Potencialidades demostradas.....	37
3.3 Yacimiento de tobas vítreas de Sagua de Tánamo	41
3.3.1 Potencialidades demostradas.....	43
3.4 Conclusiones del capítulo.....	50
CONCLUSIONES GENERALES	52
RECOMENDACIONES	54
BIBLIOGRAFÍA	55

INTRODUCCIÓN

El cemento constituye desde su surgimiento el material de construcción de mayor demanda existente debido a su variado uso en la elaboración de elementos constructivos como los bloques y al empleo del mismo en las actividades constructivas; sin embargo se encuentra asociado también a una alta influencia negativa para la sostenibilidad ambiental debido a su elevado consumo energético y las emisiones de grandes volúmenes de CO₂ durante su producción, principalmente durante la elaboración del clinker.

Entre las soluciones más extendidas a este problema se encuentra el empleo de adiciones minerales con carácter puzolánico al cemento Portland, con lo cual se incrementa en general su resistencia mecánica y durabilidad frente a un determinado número de agentes ambientales. Además esta solución permite disminuir la cantidad de clinker a producir, por lo que también se minimiza el impacto ambiental negativo que se genera durante la producción del CPO a la vez que se obtienen beneficios en el ámbito económico, ambiental e ingenieril.

El empleo de materiales puzolánicos como sustitutos parciales del CPO es una solución que ha alcanzado gran demanda a escala internacional principalmente en los países desarrollados en los que los desechos del sector industrial constituyen su fuente principal de materiales puzolánicos; llegando a surgir nuevas variantes del Portland como los cementos Puzolánicos y los cementos de mezcla. Sin embargo en los países de menor desarrollo industrial aún constituye un reto el desarrollo de alternativas y tecnologías para la obtención y empleo de materiales puzolánicos bajo sus propias condiciones.

Si bien las cenizas volantes, las escorias de altos hornos y el humo de sílice se encuentran dentro de las puzolanas de más amplia utilización, todos estos materiales derivan de procesos y tecnologías industriales no siempre disponibles y su producción y calidad escapan al control de la industria cementera. Además, debido a su creciente demanda actual, a largo plazo sus reservas no serán

suficientes para abastecer la producción de cemento.

Aunque es cierto que en Cuba no existe un extenso desarrollo de la industria cementera también es relevante la alta demanda de cemento y otros recursos elaborados a partir del mismo como materiales para la construcción en el Programa de la Vivienda. Ante la falta de abastecimientos para este programa revolucionario, la producción local de materiales para la construcción ha constituido tema de debate en numerosas esferas, es por ello que, "la política de Producción Local y Venta de Materiales de Construcción establece como objetivo fundamental el logro del aprovechamiento de los recursos locales en la mejora y desarrollo de la infraestructura habitacional en los municipios".(Leyva, 2016) Sin embargo, aun los territorios no tienen identificados todas sus potencialidades de recursos minerales que pueden ser empleados con estos fines.

Las puzolanas naturales como las tobas constituyen materias primas baratas disponibles para el desarrollo local, aunque es importante garantizar que las fuentes de consumo se sitúen cerca de los yacimientos para prevenir un elevado costo de transportación, evitando que la explotación de dicho yacimiento se convierta en un proceso no factible desde el punto de vista económico. "De manera que, la minería artesanal, constituye la vía acertada para la explotación de estos recursos, en función del desarrollo local sustentable (DLS). Esta concepción se fundamenta al considerar que este tipo de minería se caracteriza por bajos costos de producción, de transportación y considerable fuente de empleo por su amplia utilización de mano de obra." (Leyva, 2016)

Este tema ha sido parte esencial del trabajo de investigación de numerosos ingenieros cubanos como los Doctores en Ciencias Técnicas José F. Martirena Hernández, Jorge L. Costafreda, Adrián Alujas Díaz, Roger Almenares Reyes y Carlos Alberto Leyva tanto en el sector de la construcción como en varias universidades del país. Entre la gran variedad de materiales disponibles en el territorio cubano con potencialidades de utilización como aditivo puzolánico han mostrado un creciente interés en las arcillas térmicamente activadas y en las tobas tanto vítreas como zeolitizadas, llegándose a desarrollar varios trabajos de

diplomas en los que se exponen resultados de ensayos realizados con muestras de estos materiales provenientes de diversas partes de nuestro país, según su disponibilidad territorial, mostrando la factibilidad de estos materiales para su empleo en el DLS de la esfera constructiva no solo como aditivo puzolánico al CPO sino también como áridos ligeros en la elaboración de bloques de hormigón. Sin embargo, actualmente estos estudios se encuentran dispersos y la pequeña producción minera es aún insipiente por lo que no se logra el máximo aprovechamiento de estos recursos minerales en función del DLS y nuestro gobierno municipal aún no cuenta con un compendio de las potencialidades existentes en nuestro territorio al servicio de una actividad constructiva más sustentable.

Precisamente en este contexto queda definida la **situación problemática** de la presente investigación, la cual pretende establecer a la disposición del gobierno municipal un compendio de las potencialidades de las tobas vítreas y zeolitizadas disponibles en nuestro territorio, con el objetivo de propiciarles una herramienta que le facilite la utilización de los recursos minerales necesarios para el desarrollo local sustentable, a partir de la pequeña producción minera y que permita dar respuesta a las necesidades imperantes de materiales de la construcción.

Por lo tanto se plantea como **tema de investigación** “ *Las pequeñas producciones mineras en función del desarrollo constructivo local sustentable. Potencialidades de las tobas en el municipio de Moa.*”

En consecuencia se plantea como **problema científico** la siguiente pregunta ¿Cuáles son las potencialidades de aprovechamiento de las tobas en el municipio de Moa para su empleo en función del desarrollo local sustentable en la elaboración de materiales de construcción? y como **objeto de la investigación:** *las tobas en el municipio de Moa.* Este tema se encuentra enmarcado en el **campo de acción:** *desarrollo constructivo local sustentable.*

Para dar solución al problema planteado, se proponen los siguientes objetivos:

Objetivo general: Realizar un compendio de las potencialidades de aprovechamiento de las tobas de los territorios de Moa y Sagua de Tánamo para su empleo en función del desarrollo local sustentable en la elaboración de materiales de construcción.

Objetivos específicos:

- Establecer los fundamentos teóricos de las pequeñas producciones mineras en función de la actividad constructiva y del desarrollo local sustentable.
- Valorar los yacimientos tobáceos existentes en el territorio y la potencialidad de los mismos como materiales de construcción, específicamente las tobas vítreas y zeolitizadas.
- Establecer la potencialidad de empleo de las tobas para el desarrollo constructivo local sustentable en el municipio de Moa mediante la compilación de los conocimientos existentes sobre el tema.

Se asume la siguiente **hipótesis:** a partir de los estudios realizados a las tobas de los territorios de Sagua de Tánamo y Moa se compendiará la potencialidad de estos materiales como alternativa para dar solución al déficit de materia prima para la construcción en el territorio, facilitándole al gobierno municipal un compendio de los mismos para su explotación.

Tareas Científicas:

- Revisión profunda de la literatura científica publicada sobre el empleo de los materiales puzolánicos.

- Consultas e intercambio con especialistas que han desarrollado investigaciones en este campo.
- Valoración de las propiedades de las materias primas empleadas durante el proceso.
- Valoración de los resultados obtenidos.
- Revisión y compilación de la información referente a los materiales tobáceos existentes en nuestro territorio referente a sus perspectivas de empleo como fuente de materiales puzolánicos y áridos ligeros en la actividad constructiva a disposición del desarrollo local sustentable.

Se utilizaron los siguientes **métodos de investigación**:

Métodos Teóricos:

Método histórico – lógico: Se analizará la tendencia histórica del uso de los recursos minerales en la industria constructiva; así como el desarrollo de las pequeñas producciones mineras para el desarrollo local.

Método deductivo: Se puede hacer uso de los yacimientos de tobas localmente disponibles para la elaboración de materiales de la construcción de alta demanda con mayores beneficios económicos y ambientales.

Método hipotético - deductivo: Se deducirá, a partir de las investigaciones realizadas, la potencialidad de las tobas localmente disponibles como sustituto de materiales de construcción muy demandados; con la finalidad de realizar un compendio de los usos para cada yacimiento.

Métodos Empíricos:

Compilación de conocimientos: Se revisará y sistematizará la información referente a los materiales tobáceos existentes en nuestro territorio para la

realización del compendio de perspectivas de empleo como fuente de materiales puzolánicos en la actividad constructiva a disposición del desarrollo local sustentable de cada yacimiento objeto de nuestra investigación.

Aporte científico de la investigación: el aporte de esta investigación radica facilitarle al gobierno del territorio y a las empresas constructoras del mismo un compendio de los usos de las tobas en la industria constructiva de cada uno de los yacimientos existentes en la zona territorial Sagua-Moa; impulsando la estrategia de lograr soluciones locales que constituyan alternativas para consumir materiales tradicionales muy demandados planteada por el Comandante Ramiro Valdés en el 2011.

El **aporte económico** de la investigación es relevante, porque el desarrollo de las pequeñas producciones mineras garantiza la disminución de los precios de los materiales de construcción para la venta a la población, al acercar las fuentes de abastecimiento de materias primas a los municipios con el consiguiente ahorro de transportación y combustible.

Por otra parte amortigua la alta demanda de materiales como el Cemento Portland y su costo de producción; por ejemplo, el consumo anual de las seis fábricas con las que cuenta la industria cubana de cemento es alrededor de 240 000 MW·h y 250 000 t de combustible. Además en el proceso de clinkerización para producir una tonelada de clinker se necesita consumir aproximadamente 150 kilogramos de combustible equivalente a 100 USD. 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 siguiente tabla.

Tabla 1.1 Relación entre gastos combustible vs % de adición de puzolana. Tomando como referencias la fabricación de una tonelada de clinker de cemento. Tomado de Martínez, Y., 2013

% de adición de puzolana	Puzolana (t)	Ahorro de combustible (kg)	Ahorro (USD)
30 % de puzolana natural	0,3	45	30
30 % de puzolana calcinadas	0,3	22,5	15

En Cuba se cuenta con una capacidad de producción de cemento Portland de 3,376 millones de toneladas, con una media de un 30 % de adición de tobas activadas, se ahorraría 67 500 008,5 kg de combustible (por concepto de clinkerización), equivalentes a 45 298 580,68 USD, tomando como referencia que una tonelada de combustible cuesta unos 671,09 USD, ya que un barril cuesta en el mercado mundial unos 95,87 USD y una tonelada es equivalente a 7 barriles, (<http://www.preciopetroleo.net/petroleohoy.html>).

En el **orden social** la investigación contribuye a concientizar a las entidades pertinentes del municipio Moa de la potencialidad demostrada de los yacimientos tobáceos del territorio para dar solución al déficit de materiales para la construcción a partir de desarrollo de las pequeñas producciones mineras, poniendo a su disposición un compendio de las potencialidades de dichos recursos. Por consiguiente conlleva al incremento de la construcción de viviendas, obras sociales y fuente de generación de puestos de trabajo. Todo ello en zonas tanto urbanas como en consejos populares de áreas rurales, lo que reducen la tendencia actual al aumento del flujo migratorio rural- urbano que atenta contra el desarrollo económico y la defensa del país. Además, se logra vincular el trabajo realizado durante más de una década en la Universidad de Moa por diversos investigadores, como (Aguilera, 2020), (Jiménez, 2017), (Rodríguez, 2017), (Ramiro, 2010), (Galindo, 2017), (Urrutia, 2015), (Salas, 2013), (Calzada, 2016), (Alujas, 2015), (Leyva, 2019), (De Armas, 2006), (Frazao, 2007), (Leyva, 2016), entre otros, a la solución de esta problemática social.

Para los estudios sociales de la ciencia o estudios CTS, el abordaje de la relación

hombre – mundo en la actividad minera es muy importante por constituir este uno de los campos menos abordados por estas perspectivas. Reflexionar sobre esta problemática desde los CTS es vital para los objetivos propuestos por ser este un problema de naturaleza interdisciplinar en el cual el investigador social está obligado a utilizar, para fundamentar su propuestas, los conocimientos aportados por otras ciencias (Montero, 2016). Basado en esto es necesario destacar la importancia de los progresos alcanzados por la geología, la minería y la metalurgia en las investigaciones y caracterizaciones de los yacimientos de tobas vítreas y zeolitizadas de la región Sagua de Tánamo- Moa; vinculando los trabajos realizados durante más de una década en la Universidad de Moa por diversos investigadores, como (Aguilera, 2020), (Jiménez, 2017), (Rodríguez, 2017), (Ramiro, 2010), (Galindo, 2017), (Urrutia, 2015), (Salas, 2013), (Calzada, 2016), (Alujas, 2015), (Leyva, 2019), (De Armas, 2006), (Frazao, 2007), (Leyva, 2016), entre otros, a la solución de la problemática social del abastecimiento de materiales de la construcción.

Esta tesis se apoya en los Estudios CTS enfatizando la necesidad de respaldar los postulados teóricos generales con las interpretaciones realizadas a partir de las informaciones recibidas e interpretaciones de los materiales a los cuales se tuvo acceso como estudios empíricos que respalden dichos postulados. Además, también enfoca los Estudios CTS para el abordaje interdisciplinario de las dimensiones económicas, políticas y ambientales.

En cuanto al **aporte medio ambiental** el empleo de poco o nulo equipamiento y los pequeños volúmenes de extracción que caracteriza a las pequeñas producciones mineras conllevan a una menor afectación al entorno que la minería convencional y facilita la compensación de los impactos.

A la vez, el empleo de las tobas como adición puzolánica al cemento Portland trae consigo, como beneficio ambiental, la reducción de la emisión de gases nocivos a la atmosfera durante la producción del cemento, ya que en el proceso de clinkerización se despiden a la atmósfera, grandes cantidades de gases, entre ellos dióxido de carbono (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 carbonato de calcio (CaCO_3), por lo que se emitirán a la atmósfera un aproximado de medio millón de toneladas de CO_2 . Otro de los gases nocivos que se emiten a la atmósfera durante la fabricación del clinker es el SO_2 responsable de las lluvias ácidas, este gas es un producto de la quema de combustibles con determinados porcentajes de azufre (S).

Estructura del informe de la investigación: El informe de esta investigación se estructurará en tres capítulos. En el primer capítulo se analizará el marco teórico de nuestra investigación, la tendencia histórica del uso de recursos minerales como material de construcción y las generalidades del cemento Portland. En el segundo capítulo se analizarán las pequeñas producciones mineras en el marco del desarrollo local sustentable. En el tercer capítulo se expondrá la valoración y resumen del potencial de los recursos minerales objeto de nuestra investigación para la construcción en función del desarrollo sustentable del territorio.

Se ofrecen conclusiones parciales y generales que validan la hipótesis planteada y se cumple con los objetivos específicos, así como recomendaciones que favorecen la implementación de las propuestas, referencias bibliográficas utilizadas durante el desarrollo de la investigación y anexos que complementan el cuerpo del informe.

CAPÍTULO I: LOS RECURSOS MINERALES Y LA INDUSTRIA CONSTRUCTIVA.

1.1 Introducción

En el municipio de Moa, existe déficit de materiales para la construcción, al igual que en la mayoría de los municipios del país, sin embargo existen recursos minerales en el territorio, con aplicaciones como materiales para la construcción, que no se aprovechan para dar solución a esta problemática. Por otra parte, este municipio posee condiciones geológicas que lo convierten en un territorio de grandes potencialidades de recursos minerales. Por esta razón, se ha tomado como caso de estudio para el desarrollo de las etapas metodológicas en función del desarrollo local sustentable.

1.2 Recursos minerales

Los recursos minerales son considerados los bienes naturales que sustentan la civilización moderna. Estos constituyen la principal fuente de insumos materiales y energéticos necesarios para la vida del hombre. Sin el vasto empleo de los recursos minerales no es concebible la idea de alcanzar el desarrollo económico y en consecuencia una buena calidad de vida, ya que estos le proporcionan al hombre moderno diversos elementos básicos que le facilitan la vida, permitiéndole producir electricidad, medicamentos, electrodomésticos y materiales para la construcción de viviendas y edificios entre otros beneficios.

Los recursos minerales se dividen en tres grupos teniendo en cuenta el valor que poseen para el hombre:

- Minerales metálicos
- Piedras preciosas y semi-preciosas
- Minerales industriales o no metálicos

Los recursos minerales industriales o no metálicos están compuestos

esencialmente por los materiales de uso frecuente en la sociedad, como por ejemplo: piedra, carbonatos, yeso, gravas, arenas, mármol, granito, arcillas, entre otros. Generalmente la explotación de estos recursos se realiza cerca de la fuente de producción debido al bajo valor y a los grandes volúmenes que estos poseen.

El cobre fue primer mineral usado por el hombre, este fue el hito evolutivo que le permitió el salto de la Edad de Piedra a la Edad de los Metales. Con la Revolución Industrial el consumo de los recursos minerales se incrementó 10 veces, a un ritmo desigual al crecimiento poblacional.

Según Cottrell (1978), dos tercios de los volúmenes de recursos minerales consumidos globalmente durante el siglo XX corresponde al consumo de petróleo, gas, carbón, hierro, cobre y aluminio; mientras la mitad del tercio restante corresponde al consumo de arena y grava.

Los desniveles de consumo existente entre países ricos y pobres, reflejan la situación de desequilibrio existente, ya que en los países desarrollados existe un mayor consumo pese a tener menos población que los países subdesarrollados. Dicha situación solamente podrá ser suprimida con transformaciones profundas en los niveles políticos, económicos, sociales, éticos y morales.

1.2.1 Recursos minerales en Cuba

A los efectos de la Ley de Minas vigente en Cuba, Ley 76/1995, se define como recursos minerales "todas las concentraciones de minerales sólidos y líquidos que existan en el suelo en el subsuelo del territorio nacional, así como en el fondo marino y subsuelo de la zona económica de la República".

En esta ley, se clasifican los recursos minerales en los grupos I, II, III, IV y V según se plantea a continuación:

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 II. Minerales metálicos. Este grupo se incluye los metales preciosos, los metales ferrosos y no ferrosos, así como los minerales acompañantes metálicos y no metálicos.

Grupo III: Minerales sólidos portadores de energía.

Grupo IV. Aguas y fangos mineros- medicinales. Comprende las aguas minero- industriales, minerales naturales, las termales y los fangos minero- medicinales.

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. (Cuba. Ley, 76/1995).

En el país existe una gran variedad de depósitos de recursos minerales no metálicos, entre los que destacan: arcillas, arenas, calizas y zeolitas, entre otros que son de relevante importancia en varias industrias; por ejemplo, los recursos antes mencionados poseen una versatilidad de usos en la industria constructiva para la producción de materiales de la construcción.

La industria de los materiales de la construcción (cementos, áridos, cerámicas, pinturas, decorativo, etc.) es la principal consumidora de grandes volúmenes de recursos minerales no metálicos, haciendo de éstos, recursos minerales de alta importancia para el desarrollo económico- social de cualquier estado moderno. Estos materiales también favorecen de modo considerable el desarrollo de otras industrias como la alimenticia, plásticos, medicamentos, agropecuaria, etc. En conclusión, como se ha señalado, los recursos minerales no metálicos están presentes a cada paso del avance social del hombre.

El valor industrial de los recursos minerales no metálicos, está sujeto a la utilización al que serán destinados, lo que trae consigo que una misma materia mineral o yacimiento sea valorado de diferentes maneras según su destino final.

Los recursos minerales no metálicos, se identifican por sus grandes volúmenes de consumo, bajos precios de comercialización y por su explotación realizada en la cercanía a los lugares de consumo, generalmente grandes centros urbanos e industriales.

En Cuba tenemos presente, dentro de los recursos minerales no metálicos:

Zeolitas: grupo de minerales aluminosilicatados (mordenita, heulandita, clinoptilolita, etc), presente principalmente en las tobas alteradas (tobas zeolíticas o zeolitizadas). Por su capacidad de intercambio catiónico y su elevada porosidad molecular es utilizada como medio filtrante de líquidos y gases, soporte de insecticidas, nutrientes, además se utiliza como abrasivos, áridos ligeros, cementos puzolanicos, vidrio, plásticos, gomas, etc.” (Batista, 2009)

En el país se han investigado unos numerosos yacimientos con recursos que ascienden a más de 300 millones de toneladas, encontrándose entre los principales: “Tasajeras”, “San Andrés”, “El Chorrillo”, “Castilla – La Pita”, “Palmarito de Cauto”. Con plantas ubicadas en Jaruco en La Habana, Tasajeras en Villa Clara, Najasa en Camagüey y San Andrés en Holguín. En nuestro territorio contamos con el yacimiento de Caimanes en Moa, el cual ha sido objeto de variadas investigaciones que demuestran su potencialidad para el desarrollo local del municipio.

Tobas Vítreas: esta materia mineral conocida en Cuba como vidrio volcánico, son tobas ácidas a media sin zeolitizar, con elevados contenidos de material vítreo (amorfo), los usos evaluados son: áridos ligeros, abrasivos, medio filtrantes de líquidos y gases, fabricación de vidrio, cerámicas y puzolanas. Los principales yacimientos se localizan en el oriente de Cuba y sus recursos calculados ascienden a más de 85 millones de toneladas. (Batista, 2009)

Entre los yacimientos más relevantes de este material se encuentran “Jiguaní” en Granma, “Ají de la Caldera” en Guantánamo y “Loma del Picao” en la carretera

Moa- Sagua de Tánamo. Este último ha sido objeto de numerosas investigaciones que demuestran su potencialidad para el desarrollo local del municipio.

1.3 Recursos minerales y el Desarrollo Sustentable

El Desarrollo Sustentable (DS) se orienta en la actualidad hacia cualquier tipo de actividad, y se plantea que no es posible alcanzarlo sin el proceso global de desarrollo; éste a su vez no es posible sin el uso de los recursos minerales.

Sin embargo los minerales son recursos cuya demanda aumenta indiscriminadamente y de forma exorbitante al transcurrir de los años, debido a su uso versátil en la sociedad moderna, lo que permite la continuidad del proceso de crecimiento y de desarrollo en los países subdesarrollados y la necesidad de mantener las sociedades industrializadas en los países desarrollados a través de la minería como la actividad encaminada a la extracción de los recursos minerales. Todo esto sustenta que la minería constituye una actividad imprescindible para la humanidad; su exclusión acarrearía el colapso de sociedad moderna.

En correspondencia con la definición imperante de sustentabilidad, se afirma que el desarrollo de la minería solo se puede considerar sustentable si el ritmo de explotación respetara y se sujetara a las tasas de agotamiento y salvaguardara la base de los recursos minerales, garantizando, de este modo y para las futuras generaciones, la prolongación de su utilización a lo largo del tiempo.

De acuerdo con ese criterio, no habrá posibilidad de garantizar la sustentabilidad de la minería, por varias razones. No hay datos disponibles que respondan con precisión aceptable, cuáles son las cantidades consumidas de bienes minerales en un área determinada, tampoco para todo el mundo. No hay metodología, o tecnología capaz de determinar cuál es la cantidad de recursos minerales existentes. La ausencia de esas informaciones imposibilita los cálculos de la mejor tasa de agotamiento, según la cual serían definidas las mejores tasas de

explotación que garanticen la continuidad de su utilización por las futuras generaciones. (Negrao, 2000)

Todos los esfuerzos deben tornarse en función de los principios que condicionan y orientan la sustentabilidad de la minería. Los primeros, vinculados a la cuestión del agotamiento de recursos naturales no renovables, que deben ser asociados a los demás, que hablan sobre el potencial de los impactos causados por la actividad, tanto sobre el medio social, como sobre el medio natural. En este caso, el ambiente natural duplica su función, uniendo los dos principios, pues es la base de los recursos de gran cantidad de bienes y el depósito de todo tipo de efectos y residuos del procesamiento. (Negrao, 2000)

El desarrollo sustentable es una elaboración teórica que no responde a los intereses de los países subdesarrollados. La razón instrumental que le subyace no permite explicar en toda su riqueza el problema ambiental como resultado de relaciones sociales subjetivizadas en los marcos de una forma concreta de comprender la relación del hombre con la naturaleza. Sólo enfocando la relación naturaleza – sociedad desde el holismo ambientalista se podrán generar estrategias de desarrollo sustentables. (Montero, 2016)

Tomando esto como base se plantea que, de acuerdo con el problema científico planteado, los objetivos y las ideas a defender, la presente investigación tributa a la dimensión ambiental de la sustentabilidad ya que plantea a la pequeña producción minera como la vía más adecuada de explotación para los yacimientos en cuestión. En condiciones de volúmenes pequeños de extracción de las materias primas, es posible una menor afectación al entorno, menor complejidad y menores costos para compensar los impactos asociados, al no incluir procesamientos tecnológicos complejos. Además, al incentivarse el empleo de las tobas como sustituto parcial del cemento se genera una disminución en la demanda del cemento que significa por consiguiente la disminución de los impactos negativos al medio ambiente generados por la industria cementera.

En cuanto a la dimensión económica- social, la contribución principal lo constituye el incremento de la producción de materiales de construcción para diferentes fines, especialmente viviendas y obras sociales. Al mismo tiempo la utilización y desarrollo de estas pequeñas y medianas industrias generan nuevos puestos de trabajo; y en cuanto a su impacto económico, al acercar las fuentes de abastecimiento a los consumidores se logra disminuir los costos de transportación.

En las dimensiones política- cultura- educación, este trabajo tributa a las estrategias elaboradas por el país, a la concientización y culturización de las entidades pertinentes sobre la potencialidad de estos recursos en base al DLS. Además, se logra vincular el trabajo realizado durante más de una década en la Universidad de Moa por diversos investigadores, como (Aguilera, 2020), (Jiménez, 2017), (Rodríguez, 2017), (Ramiro, 2010), (Galindo, 2017), (Urrutia, 2015), (Salas, 2013), (Calzada, 2016), (Alujas, 2015), (Leyva, 2019), (De Armas, 2006), (Frazao, 2007), (Leyva, 2016), entre otros, a la solución de una de las problemáticas sociales que afectan al territorio: el abastecimiento de materiales de construcción a los programas de obras sociales.

(Leyva, 2016) plantea un análisis del índice de sustentabilidad para el caso de estudio de la producción de ladrillos cerámicos (una de las potencialidades demostradas de las tobas vítreas y recogida en este trabajo). A continuación, se muestra el resumen de los resultados obtenidos según la Propuesta de Procedimiento establecida por esta investigadora:

Resultado de los indicadores

TT: Técnico y tecnológico: 76.9 %

A: Ambiental: 50%

EL: Económico legal: 100%

SC: Socio cultural: 73.5 %

Cálculo del Índice de Sustentabilidad:

$$I = (TT + A + EL + CS)/34 \cdot 100 = 73.5 \%$$

El indicador económico legal reporta el mejor resultado, mientras que el indicador ambiental posee el menor porcentaje de respuestas positivas a sus factores claves, por lo cual es necesario que la empresa priorice el seguimiento de los mismos, como es la evaluación de impacto ambiental. De igual manera se debe brindar atención a factores claves que no se cumplen, con la finalidad de proyectarse para lograr que la explotación contribuya cada vez más a alcanzar el desarrollo local sostenible del territorio. No obstante, el índice de Sustentabilidad se encuentra por encima del 50% y se considera aceptable. (Leyva, 2016)

1.4 Utilización de los recursos minerales en la industria constructiva

Los materiales de construcción están íntimamente ligados al desarrollo del ser humano. Han sido utilizados, desde tiempos inmemoriales, para dar cobijo frente a las inclemencias del tiempo (la piedra o la madera siempre), facilitar el transporte de personas o mercancías (p.e. las calzadas romanas) o servir de base para la construcción de obras de ingeniería (p.e. el acueducto de Segovia para el transporte del agua). El uso de los materiales más simples, la citada piedra o madera, ha ido dando paso, con el tiempo y los avances tecnológicos, a otros más complejos, en muchos casos implicando procesos industriales laboriosos, como los ladrillos, el vidrio, el acero o el hormigón. (Bustillo, 2008)

Bustillo en su publicación del 2008 "Los recursos minerales y los materiales de construcción" define como materiales de construcción a aquellos materiales que se utilizan con un fin constructivo. Los recursos minerales naturales, como la arcilla, las gravas y las rocas son empleadas como materias primas para la fabricación de productos de construcción para edificaciones y obras civiles como los puentes. La arcilla, la piedra, las arenas y las gravas son los recursos minerales más básicos utilizados en la fabricación de los materiales de construcción. Algunos recursos minerales requieren de un mínimo procesado, mientras otros necesitan complejos procesos para la obtención del producto final

en la construcción. Los metales constituyen también otro recurso mineral ampliamente utilizado en la construcción como elemento estructural en grandes edificios y como elemento para cubiertas.

En el epígrafe 1.2 planteamos que la industria constructiva es la principal consumidora de grandes volúmenes de recursos minerales no metálicos dándoles a estos una importancia elevada para el desarrollo de la sociedad actual. Esto se debe a la utilización diversa de estos recursos minerales en la esfera de la elaboración de materiales de la construcción como bloques, pinturas, cerámicas, losetas, ladrillos, cementos, etc. Su empleo en esta rama se diversifica desde el uso como árido fino y grueso hasta como extensores del cemento.

La definición ofrecida por la Asociación Europea de Áridos (UEPG) para los áridos establece que son “los materiales granulares usado en la construcción”. Los áridos se clasifican, según su procedencia, en tres grandes grupos: naturales, artificiales y reciclados.

Otro de los recursos minerales no metálicos más empleados en la construcción es la Piedra Natural; su definición incluye a todas las rocas con potencial para ser utilizadas como elemento constructivo tras ser extraídas de su yacimiento natural, dimensionadas y sometidas a tratamientos en su superficie.

Por otra parte los conglomerantes son sustancias capaces de endurecerse a corto o medio plazo al mezclarse con agua, sirviendo como elemento de unión entre los materiales de construcción de diversa naturaleza. Este término se subdivide, según su procedencia, en conglomerante orgánicos (resinas o polímeros en general) y conglomerante inorgánicos. Entre los materiales conglomerantes de tipo inorgánico, que son los más utilizados en construcción, encontramos los cementos, cales y yesos; siendo el cemento el de mayor demanda desde su surgimiento a inicios del siglo XIX, debido que las materias primas para su fabricación son abundantes y de bajo coste; además de que su fabricación es

relativamente sencilla y económica y de que es un material moldeable a las formas arquitectónicas deseadas.

En cuanto a los procesos de fabricación, algunos materiales de construcción, caso de la piedra natural y los áridos, son materias primas naturales que sólo necesitan un proceso sencillo de corte, fragmentación o lavado, por lo que se conservan sus propiedades intrínsecas. Sin embargo, la mayor parte de los materiales de construcción exigen un procesado más amplio y complejo de su materia prima. Así, cualquiera de las sustancias utilizadas para la fabricación de conglomerantes, sea el cemento Portland, el yeso o la cal, requiere que las rocas calizas y de yeso y arcillas sean trituradas, molidas, seleccionadas en cuanto a tamaño, mezcladas, calcinadas y, en muchos casos, aditivadas con otras sustancias, antes de convertirse en el material de construcción finalmente obtenido. (Bustillo, 2008)

En Batista; Coutin y González (2011) se puntualizan los yacimientos de recursos minerales existentes en los territorios de los municipios de Sagua de Tánamo y Moa con potencialidades para la construcción. Este trabajo solo se enfocará en los yacimientos tobáceos de estos municipios enfatizando en la revisión, sistematización y generalización de la información referente sus usos, ya comprobados, como materia prima para la elaboración de materiales de construcción altamente demandado en la actividad constructiva a disposición del desarrollo local sustentable.

Batista; Coutin y González (2011) incluyen dentro de los yacimientos del municipio Moa los siguientes:

Áridos de trituración (piedra): Existen varias manifestaciones de gabros y serpentinitas. Se localiza el yacimiento de calizas “Farallones de Moa”, vedado por ser Monumento Nacional. La situación geológica es poco favorable, sus potencialidades son limitadas. Hay que valorar la factibilidad de utilizar las tobas y rocas ultrabásicas presentes en la zona, así como los residuos de la actividad minero – metalúrgica del níquel.

Arenas naturales: Existen manifestaciones y las extracciones de grava y arenas “Moa – Cabañas” y “Cayo Guam”. La disponibilidad es limitada respecto a la demanda. El entorno geológico es poco favorable, las potencialidades son limitadas.

Arcillas: Se encuentra el depósito en explotación “Centeno”. El ambiente geológico es favorable, las potencialidades son buenas. Hay que valorar la factibilidad que ofrecen los grandes volúmenes de residuos de la industria minera del níquel.

Puzolanas naturales: Existe un yacimiento de tobas. Las condiciones geológicas son favorables, la potencialidad es buena.

Zeolitas: Existe el yacimiento de tobas zeolíticas “Caimanes”. Su disponibilidad es buena.

Piedras semipreciosas: Existen manifestaciones de calcedonia. Su potencial es bueno.

De igual manera incluyen dentro de los yacimientos del municipio Sagua de Tánamo los siguientes:

Áridos de trituración (piedra): Existen varias manifestaciones y puntos de calizas. El ambiente geológico es poco favorable, sus potencialidades son limitadas. La fuente de áridos gruesos proviene del yacimiento de arenas y gravas “La Plazuela”, donde las gravas se remuelen y clasifican para obtener áridos gruesos. Hay que valorar la factibilidad del uso de las tobas como agregados ligeros.

Puzolanas naturales: Se encuentran varias manifestaciones y yacimientos de tobas como “El Picao”. El contexto geológico es muy favorable, la disponibilidad es alta.

Tobas vítreas: Se tienen varias manifestaciones y yacimientos como “Amansaguapo”, “El Lirial” y “El Picado”. Su contexto geológico y disponibilidades son buenos. Estas materias minerales han sido evaluadas como áridos ligeros, aditivos puzolánicos, y otros usos.

Zeolitas: Se encuentran manifestaciones de tobas zeolitizadas. El entorno geológico es favorable, su potencial es bueno.

Con el presente trabajo investigativo se amplia y demuestra una mayor potencialidad de las tobas vítreas y zeolitizadas presentes en el territorio Sagua de Tánamo- Moa, principalmente para el empleo como materiales puzolánicos y áridos en función del desarrollo local.

1.5 Conclusiones parciales

- Los recursos minerales son la principal fuente de insumos materiales y energéticos necesarios para la vida del hombre que garantizan el desarrollo económico y en consecuencia una buena calidad de vida, esto se evidencia en la diferencia existente entre los volúmenes de demanda de los países desarrollados y los subdesarrollados.
- Entre los recursos minerales están los no metálicos. Estos se componen por materiales de uso frecuente en la sociedad. Su explotación se realiza cerca de la fuente de producción debido al bajo valor y a los grandes volúmenes que estos poseen.
- En Cuba existen varios depósitos de recursos minerales no metálicos como: arcillas, arenas, calizas y zeolitas que son de relevante importancia en la industria constructiva para la producción de materiales de la construcción como bloques, pinturas, cerámicas, losetas, ladrillos, cementos, etc.
- Esta investigación está enfocada en los yacimientos tobáceos de los municipios de Sagua de Tánamo y Moa, enfatizando en la revisión, sistematización y generalización de la información referente sus usos como materia prima para la elaboración de materiales de construcción altamente demandado en la actividad constructiva a disposición del desarrollo local sustentable.

CAPÍTULO II. DESARROLLO DE LAS PEQUEÑAS PRODUCCIONES MINERAS EN FUNCIÓN DEL DESARROLLO LOCAL SUSTENTABLE

2.1 Introducción

El aprovechamiento de los recursos minerales presentes en cada territorio mediante su utilización como materiales para la construcción es una vía para brindarle solución al problema de la vivienda en Cuba.

En este capítulo se plantea, como una alternativa para el aprovechamiento de estos recursos minerales en función del desarrollo local sustentable, el desarrollo de las pequeñas producciones mineras.

2.2 Desarrollo local sustentable (DLS)

Desde principio de los años noventa se inician los debates sobre el desarrollo local sustentable; es precisamente en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, en 1992, donde se define el desarrollo local sustentable como el desarrollo impulsado por las autoridades locales de cada territorio en beneficio del desarrollo sustentable de su comunidad.

Las hipótesis sobre el desarrollo económico local define al territorio, no como el espacio físico sobre el que se establece una comunidad, sino como un elemento importante para el desarrollo sustentable, el cual será gestionado por las autoridades locales.

En el ámbito internacional existen numerosas localidades que han emprendido la compleja tarea de aproximarse a la sostenibilidad del desarrollo y sin lugar a dudas se ha avanzado en esa dirección. Cuba, a escala nacional, ha tenido notables avances en la senda del desarrollo sustentable, pero en el ámbito local lo alcanzado está por debajo de lo que la realidad exige. En este sentido es necesario diferenciar dos ámbitos que define el Programa de Desarrollo Local en Cuba. En primer lugar el papel del DL en la concepción del desarrollo nacional,

signado por los compromisos que ello implica, y el estrictamente local, cuya finalidad se relaciona con el beneficio directo a la población del territorio a través de los potenciales locales de producción y servicios. (Leyva, 2016)

Es importante mencionar las prioridades que el Programa de Desarrollo Local en Cuba ha establecido, estas son:

- Producción de alimentos a la población y para el consumo animal;
- Energía con énfasis en las fuentes renovables;
- Enfrentamiento al cambio climático;
- Desarrollo integral de la población;
- Estrategia de planificación física;
- Informatización de la sociedad y agua.

Una de las estrategias trazadas con base al Desarrollo Local en Cuba por el Comandante de la Revolución Ramiro Valdés Menéndez en el Concentrado de Cuadros del MICONS, el 7 de marzo de 2011 se plantea como: "lograr soluciones locales que constituyan alternativas para consumir materiales tradicionales muy demandados".

Como se aprecia, a pesar de que la producción local de materiales de construcción se señala como un tema priorizado a nivel nacional y contribuye a otras de las prioridades establecidas, el desarrollo de la vivienda, no se encuentra entre las prioridades del Programa de Desarrollo Local en Cuba. Esto se debe al desconocimiento por parte de los gobiernos de los territorios de la contribución al Desarrollo Local Sustentable que implica la utilización de los yacimientos de recursos minerales del territorio como materiales para la construcción. Esto también abarca la falta de definición sobre cuáles son las aplicaciones, como

materiales de construcción, de cada uno de los recursos minerales presentes en los yacimientos del territorio.

En este sentido, es imprescindible resaltar el hecho de que el Consejo Popular puede ser visto en algunos casos como célula para el DL, y no solo el municipio como es visto tradicionalmente, por ejemplo en Moa, según Porera (1987) las tobas presente en Farallones pueden ser empleadas como áridos para la construcción, ahora bien, si estos depósitos son valorados para ser empleados por todo el municipio de Moa, tal vez no sea viable la opción, pero si son valorados para su utilización en el Consejo Popular Farallones sea positivo el resultado, y se contribuye al DL de ese Consejo Popular. (Leyva, 2016)

Como bien se ha planteado hasta ahora, el aprovechamiento de los recursos minerales disponibles en cada territorio en función del Desarrollo Local Sustentable, constituye una senda prioritaria en Cuba debido al déficit de materiales para la construcción que enfrenta actualmente el país. Es por esto que entre los lineamientos propuestos en 2011 en el VI Congreso del Partido Comunista de Cuba se abordó la temática del empleo de las materias primas locales y tecnologías disponibles en cada territorio para la producción de materiales de construcción en función del programa de construcción de viviendas y obras sociales. La presente investigación se basa en esta fundamentación y tiene como objetivo brindar una solución a esta problemática.

2.3 Desarrollo de la pequeña minería y minería artesanal a escala global

La minería ha constituido una parte significativa del desarrollo de la humanidad, las denominaciones dadas a las diferentes etapas del desarrollo humano (edad de piedra, bronce, hierro, etc.) son prueba de esto.

A pesar de que fueron los conquistadores europeos los que implantaron en América diversas técnicas para el auge de la minería, esta práctica ya era realizada por las distintas culturas americanas, quienes contaban con sus propias técnicas mineras y habían logrado sorprendentes avances en las técnicas de la metalurgia, el tallado, lapidación y obras de cantería; además de los logros en

ingeniería civil y otras disciplinas científicas. Ejemplo contundente de ello son Tenochtitlan en México y Machu Pichu en Perú, estas construcciones no serían posibles sin la explotación de basaltos y andesitas.

Aunque la minería estuvo siempre presente en las diversas civilizaciones de la historia fue la revolución industrial su detonante para alcanzar lo que hoy se denomina llama “gran minería o minería a gran escala”. Por supuesto, no comenzó con la aparición súbita de grandes operaciones, sino con el crecimiento de pequeñas minas que se expandieron en paralelo a las crecientes demandas de materia prima.

Independientemente del rápido surgimiento de operaciones mineras cada vez mayores, la actividad realizada por los buscadores y explotadores empíricos se mantuvo activa, aportando un gran número de descubrimientos asociados al inicio de explotaciones rudimentarias y a la toma de muestras piloto para la producción industrial.

Esta situación permitió que se siguieran abriendo, desarrollando y operando nuevas minas; muchas de ellas crecieron y con el advenimiento de nuevas técnicas mejoraron su condición. En particular en los países industrializados, el creciente desarrollo del mercado elevó la demanda de los volúmenes producidos y dio lugar a una transformación cuantitativa y cualitativa, que relegó, por manejo de costos, a un lugar secundario las operaciones en pequeños volúmenes.(Chaparro, 2000)

Sin embargo en las áreas coloniales y los mercados domésticos no se logró desarrollar de manera masiva la industria minera. El abastecimiento de las demandas de estos territorios era cubierto por las pequeñas producciones locales o por los excedentes de operaciones mayores destinadas al abastecimiento de las grandes metrópolis.

Durante el desarrollo de la segunda guerra mundial, las inversiones extranjeras en la esfera de la minería en las regiones de América fueron desplazadas a un segundo plano debido al esfuerzo bélico de los países en lucha; fue entonces

cuando se enfatizó en la aplicación de la pequeña minería como un modelo minero a desarrollar.

Pese a que no existen en todo el mundo estadísticas que generen total confiabilidad del tamaño de la actividad, los datos más recientes entregados por la Organización Internacional del Trabajo (OIT), revelan que en el mundo pueden existir entre 11, 5 a 13 millones de personas que se dedican a esta actividad (1,4 a 1,6 millones lo hacen en América Latina y el Caribe); asignándoles un salario promedio de US\$ 150 dólares al mes, representando una suma que oscila entre los US\$ 2.520 y los US\$ 2.880 millones al año, cifras que se incorporan al flujo económico de la región. Esta situación permite afirmar que la llamada pequeña minería, constituye el sector de más altos ingresos en muchos de los distritos en donde estas personas trabajan, y que esta actividad contribuyen a dinamizar la economía local en diferentes partes del Continente.(Chaparro, 2000)

La trascendencia de este tema a escala global ha conducido a numerosas entidades como la Organización de las Naciones Unidas, el Banco Mundial y la Organización Mundial del Trabajo a la búsqueda y estudio de soluciones para lograr un desarrollo armónico de esta actividad mediante resoluciones y recomendaciones emitidas para el desarrollo de la mediana y pequeña minería.

En el área de las Américas se ha abordado el tema en numerosos eventos como las conferencias de Ministros de las Américas celebradas en Buenos Aires, Argentina en 1998 y en Caracas, Venezuela en 1999, pronunciándose sobre importancia del tema a escala global pero especialmente en los países en vías de desarrollo.

2.4 Pequeñas producciones mineras en Cuba

A los efectos de la Ley de Minas vigente en Cuba, Ley 76/1995, se define como actividad minera al conjunto de operaciones y acciones compuesto de las siguientes fases: reconocimiento, investigación geológica, explotación, procesamiento y comercialización.

Esta ley establece, además, una definición para la "pequeña producción minera planteando que es "toda aquella que se realice sobre concentraciones de recursos minerales considerados pequeños yacimientos..." y plantea como objetos de la misma, aquellos yacimientos incluidos en los grupos I (minerales no metálicos), III (minerales sólidos portadores de energía) y V (otras acumulaciones minerales) de la clasificación vigente (Artículo 13 de la Ley 76 de Minas), y definidos en el apéndice 1.2.1 "Recursos minerales en Cuba" de esta investigación".

Por lo tanto, según dicha definición, Mederos concluye en su publicación " La pequeña minería y la minería artesanal en Cuba. Marco regulatorio. Experiencias prácticas" que toda la minería de minerales sólidos que se explotan en la actualidad en Cuba, exceptuando la minería del níquel, el cromo y el oro, quedan enmarcadas dentro del concepto de la pequeña minería. Quedan excluidos de la pequeña minería los yacimientos del Grupo II (Minerales metálicos) y Grupo IV (Aguas y fangos mineros- medicinales) de la clasificación vigente (Artículo 13 de la Ley 76 de Minas), y definidos en el apéndice 1.2.1 "Recursos minerales en Cuba" de esta investigación".

La explotación de cualquier depósito mineral en Cuba por pequeño que sea, está sujeta a las regulaciones de la legislación minera vigente, de manera que, antes que todo, transitar por un proceso de solicitud que culmina con el otorgamiento de una concesión minera. La diferencia de la pequeña producción minera con respecto a la minería de mayor envergadura radica en que esta última es aprobada por el Comité Ejecutivo del Consejo de Ministros. (Leyva, 2016)

Según la Ley de Minas, cualquier persona natural o jurídica puede solicitar una concesión minera, ya sea para investigaciones geológicas, explotación o procesamiento, garantizando el cumplimiento de las obligaciones establecidas para todos los concesionarios incluyendo a los poseedores de una concesión de explotación para pequeña minería. Entre las principales obligaciones se encuentran:

- 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.

Leyva (2016) en su tesis "La minería artesanal de rocas y minerales industriales en función del desarrollo local sustentable en Cuba" plantea que "se comete un error en el reglamento de la Ley de Minas, al igualar el término de pequeña minería al de pequeñas producciones mineras, lo cual introduce una confusión, pues el término de pequeñas producciones mineras, como luego se determina en la Resolución 35/2011 del extinto Ministerio de la Industria Básica, es un caso muy particular dentro de la pequeña minería".

Para algunos investigadores como Mederos (2009) la pequeña minería queda conceptualizada netamente en el marco económico y esto determina sus niveles tecnológicos de equipamiento y de recursos. Sin embargo para otros como Batista; Coutin y González (2011) la actual Ley de Minas plantea incongruencias en cuanto a la definición y tratamiento de la pequeña minería debido a que no define con exactitud cuando una actividad minera es pequeña; por lo cual ellos definen como "pequeña minería" a la "extracción o explotación de recursos minerales a pequeña escala y con técnicas fundamentalmente artesanales... Esta actividad puede abarcar además de los tradicionales materiales de construcción (piedra, arena, arcillas, cantos, recebo, entre otros), otros, utilizados en industrias varias, que por su volumen y posibilidades de extracción, son factibles de ser desarrollados a nivel local. Generalmente, las acciones de este tipo, se llevan a cabo en depósitos que por los requisitos de calidad y/o volumen, no son de interés para la gran industria. Se incluyen también a los ya mencionados, aquellos depósitos que total o parcialmente, han sido abandonados, o marginados por el momento, debido a su menor calidad o baja demanda."

En conclusión la relevancia de los aportes al país de la pequeña producción minera no radica solamente en los materiales para la construcción, sino que abarca una gama de minerales más amplia para el consumo nacional como las producciones de carbonato de calcio, bentonita, magnesita, entre otras.

Hasta ahora hemos abordamos la definición de Pequeña Producción Minera según la Ley de Minas vigente en Cuba, Ley 76/1995; sin embargo el concepto de Minería Artesanal no queda explícito en esta ley. A pesar de que la minería artesanal existe y es empleada en el territorio nacional su concepto queda enmarcado dentro de la definición de Pequeña Producción Minera.

El término de Microminería es empleado en Cuba como referencia a la minería artesanal, denominando así a las extracciones de un recurso mineral que debido a su poca importancia económica o a las pequeñas cantidades de su extracción no ameritan un grado de estudio geólogo-tecnológico detallado, tienen un bajo monto de inversión de medios especializados y no necesitan trabajadores con conocimientos de geología y minería. Tampoco se necesitan reactivos o explosivos peligrosos para la explotación de dichos yacimientos. Sin embargo en la Resolución 35/2011 se establece que las pequeñas producciones mineras que pueden explotarse de acuerdo a las características de la minería artesanal, son:

- a) Las extracciones por sistemas manuales 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 manuales de piedras para enchapes, cuyos volúmenes no superen los 100 000 m²/ año.
- c) Las extracciones de arena realizadas por sistemas rústicos inferiores a 5 000 m³/año, y que no sean consideradas especiales.
- d) Las extracciones de arcillas por sistemas rústicos inferiores a 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 76/1995, no contemplados en los incisos anteriores, cuyos volúmenes no superen los 20 000m³ / año.(Cuba. Resolución, 35/2011)

Por lo tanto se considera adecuado asumir lo expuesto por Batista (2013) que establece que se debe considerar dentro de la Microminería la explotación a pequeña escala de recursos minerales con técnicas artesanales. Además plantea que deben establecerse regulaciones técnicas, legales y ambientales específicas para esta actividad.

La Microminería, según Batista (2013), abarca los materiales tradicionales de construcción y otros utilizados en industrias varias, que debido a su volumen y posibilidades de extracción, son viables para desarrollarlos a nivel local. Las acciones de este tipo, habitualmente, se realizan en yacimientos que debido a los requisitos de calidad y/o volúmenes de explotación, no son de interés empresarial y en los depósitos total o parcialmente abandonados.

Coutin; Rodríguez y Pérez, (2015) establecen que “la mayoría de las acumulaciones minerales para ser extraídas por microminería constituyen objetos geológicos de baja complejidad para su estudio, por la poca variabilidad de sus principales parámetros minero-técnicos y tecnológicos: espesor, yacencia, composición, texturas, estructuras, cubierta estéril, y morfología, por lo que su “prospección” es muy simple, pudiéndose alcanzar rápidamente los criterios de evaluación cualitativa y cuantitativa con elementales técnicas de reconocimiento geólogo tecnológico, para proceder a sugerir o no, su extracción artesanal o con medios de producción sencillos, con la siempre necesaria factibilidad económica y ambiental y teniendo en cuenta que tienen asegurado el mercado local”

En el epígrafe 2.2 se ha argumentado, la relevancia que posee la actividad extractiva artesanal de recursos minerales a nivel nacional y la prioridad que se le debe propiciar impulsándola hacia una mayor participación de las instituciones gubernamentales en el asesoramiento y desarrollo de esta importante actividad; y por consiguiente la trascendencia de la Minería Artesanal para el Desarrollo Local Sustentable.

En Cuba se cuenta con varios ejemplos de minería artesanal como las extracciones de: rocas porosas para filtros de agua en la región de Cortes, al sudeste de Pinar del Río; bloques de cantería desde la región de Madruga al Este de La Habana hasta Jagüey Grande en Matanzas que se utilizan para conformar paredes y muros divisorios o no estructurales; lajas y fragmentos de areniscas, calizas y otras formaciones que se explotan en varios lugares del país por sus propiedades decorativas para emplearlas en revestimientos de paredes y creación de senderos.

También existen explotaciones, no siempre legalizadas, de arenas y arcillas, oro y piedras preciosas como las ágatas, calcedonias, jaspes y otras variedades de rocas silíceas, que son explotadas por artesanos de forma descontrolada perjudicando el aprovechamiento racional de los mismos, ya que son recursos no renovables.

Es necesario reconocer que debido a la informalidad de la mayor parte de las pequeñas producciones en Cuba 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 se han realizado acciones que han logrado ordenar y capacitar a estos productores. (Leyva, 2016) Otro aspecto relevante a tener presente concierne al hecho de que la actividad minera artesanal está enfocada tanto en personas jurídicas como naturales, esta última se prevé que debe tener un mayor incremento a corto y mediano plazo debido a las reformas empresariales establecidas por el gobierno revolucionario que conllevan a la aprobación de las MIPYMES y otras Formas de Gestión no Estatal.

2.5 Fundamentación sobre la elección de las tobas como caso de estudio para el desarrollo local sustentable.

Como objeto de estudio del presente trabajo se han elegido las tobas, por la disponibilidad de este material en el territorio Sagua de Tánamo- Moa, por su diversidad de aplicaciones y por las perspectivas que poseen las mismas para potenciar la pequeña producción minera, e influir en el desarrollo endógeno y

sustentable del municipio.

Existen evidencias del uso de las tobas como material de construcción en la antigua Roma, donde comenzó a emplearse como material de construcción a partir del siglo VII A.C. 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 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 son:

- Su baja dureza 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.

2.6 Conclusiones parciales

- La pequeña producción minera constituye la alternativa de explotación para el aprovechamiento de las rocas y minerales industriales en función del desarrollo local sustentable, teniendo en cuenta las concepciones del desarrollo compensado como alternativa a los países en vías de desarrollo para alcanzar el desarrollo sustentable.
- A pesar de que la producción local de materiales de construcción se señala como un tema priorizado a nivel nacional y contribuye a otras de las prioridades establecidas, el desarrollo de la vivienda, no se encuentra entre las prioridades del Programa de Desarrollo Local en Cuba. Esto se debe al desconocimiento por parte de los gobiernos de los territorios de la contribución al Desarrollo Local Sustentable que implica la utilización de los recursos minerales del territorio como materiales para la construcción y la falta de definición sobre cuáles son las aplicaciones, como materiales de construcción, de cada uno de los recursos minerales presentes en los yacimientos del territorio.
- La presente investigación tiene como objetivo brindar una solución a esta problemática facilitándole a los gobiernos municipales un compendio de los yacimientos tobáceos de nuestro territorio que les permita poner en práctica su explotación mediante la pequeña producción minera en función del DLS.

CAPÍTULO III: PRINCIPALES APLICACIONES INVESTIGADAS SOBRE LAS TOBAS DEL TERRITORIO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y EL DLS.

3.1 Introducción

El Anexo 1 de este trabajo consiste en una muestra de las investigaciones más relevantes realizadas sobre las potencialidades del material tobáceo de los yacimientos de Caimanes y Sagua de Tánamo. Sin embargo, estos estudios se encuentran dispersos y nuestro gobierno municipal aún no cuenta con un compendio de los mismos que logre concientizarlos del potencial que supone el máximo aprovechamiento de los yacimientos existentes en nuestro territorio en función del desarrollo local sustentable.

Al sistematizar y generalizar las principales investigaciones precedentes, conservadas en los archivos y en las publicaciones, así como, aquellas obtenidas de las consultas y los contactos personales con especialistas de la rama, se logró compilar un gran volumen de información actualizada que se complementa con la ya disponible en las bases de datos en la Universidad de Moa.

Se valoraron los yacimientos tobáceos existentes en los municipios de Sagua de Tánamo y Moa debido a la proximidad a nuestro territorio, enfocados principalmente en el yacimiento de tobas vítreas de Sagua de Tánamo localizado en la Loma El Picao y el yacimiento de tobas zeolitizadas de Caimanes perteneciente al municipio Moa.



Figura 3.1 muestra la ubicación geográfica de las áreas de estudio. Tomado de Jiménez, A., 2017

3.2 Yacimiento Caimanes

Características geográficas y económicas de la región del yacimiento. (Jiménez, A., 2017)

El yacimiento Caimanes se ubica a unos 17 Km. al SW de Moa y a unos 25 Km. Al SE de la ciudad de Sagua de Tánamo en la provincia de Holguín.

Las coordenadas según el sistema cónico de Lambert son:

X – 687000 – 688000

Y – 210400 – 211400

El mismo puede ser localizado en la hoja cartográfica 5177-II Sagua de Tánamo 1:50 000 del ICGC.

La red de comunicaciones está ampliamente desarrollada debido a la presencia de la carretera Sagua-Moa la cual enlaza al yacimiento con estos centros poblacionales a través de un terraplén en buen estado. Además, Moa cuenta con un aeropuerto y un puerto de navegación perteneciente al MINEM por el cual es posible incluso una futura exportación de la materia prima.

La principal arteria fluvial la constituye el río Cabaña hacia el cual descargan sus aguas el río Cananova y otros arroyos de menor cuantía.

Es de destacar que en las inmediaciones del yacimiento se desarrolla el embalse Nuevo Mundo con una cota máxima en su espejo de agua de 144,5 m SNMM. La dirección predominante de los vientos es SE existiendo un clima tropical característicos de la conocida región minera.

La economía de la región se centra en la explotación de los yacimientos ferroniquelíferos, para ser asimilados y procesados por la planta Pedro Soto Alba de Moa. Como aspecto económico de forma subordinada, existen pequeñas zonas agrícolas fundamentalmente del sector privado.

Como posibles afectaciones producto a la futura explotación del yacimiento, es de señalar que estas son mínimas debido a que la zona del yacimiento propiamente dicho se encuentra prácticamente despoblada.

Geología del yacimiento.

Yacimiento perteneciente al arco volcánico paleogénico, litológicamente se desarrolla un potente horizonte de piroclastitas de composición andesítica con yacencia suave o subhorizontal hacia el SE, perteneciente a la Formación Castillo de los Indios denominada también Fm. Sabaneta y representada fundamentalmente por tobas vitroclásticas, vitrocristaloclasticas y vitrolitoclasticas con colores que van de verde a verde claro generalmente de granos finos a medios, pudiendo llegar a granos gruesos. Estas tobas generalmente están zeolitizadas con contenidos significativos de zeolitas del tipo clinoptilolita-heulandita y mordenita con contenidos de hasta más del 90 % y existiendo una subordinación de la mordenita. Se observan en aislados casos valores mayores de 35% de mordenita presentándose como minerales acompañantes cuarzo, feldespato, montmorillonita y muy poca calcita.

El yacimiento en cuestión se conforma por dos bloques separados por una falla con dirección NE-SW estando levantado el Bloque al Sur de la falla y es

precisamente en este dónde se localizan las reservas de mayor categoría.

Tectónica.

En el yacimiento Caimanes los fenómenos tectónicos no tienen un amplio desarrollo, como tectónica disyuntiva se destaca la falla con dirección SE-SW que ha condicionado la separación del yacimiento en 2 bloques siendo el bloque levantado donde se encuentran los mayores volúmenes de reservas y de mayor categoría.

Como forma de la presencia de la tectónica en el yacimiento podemos señalar que en ocasiones las diferentes variedades litológicas dentro de la secuencia tobácea están agrietadas con grietas generalmente longitudinales y diagonales al testigo de la perforación con manchas de óxido de Fe y Mn y en ocasiones con calcita.

Es evidente que estas grietas o sistemas de grietas han condicionado el acceso de las aguas meteóricas (muy abundantes en la región) que influye en la composición catiónica de las tobas zeolitizadas.

Grado de complejidad del yacimiento.

El yacimiento de zeolitas Caimanes posee una estructura geológica sencilla caracterizada por capas monoclinales con yacencia suave y un corte litológico homogéneo con predominio de las variedades de tobas vitro y vitrolitoclásticas, con muy poca afectación de la tectónica y con condiciones hidrogeológicas e ingeniero geológicas favorables, el mismo desde el punto de vista de la calidad de la materia prima es un yacimiento homogéneo que no presenta intercalaciones estériles y volúmenes de reservas grandes.

3.2.1 Potencialidades demostradas

Según lo establecido en la NC 175-2002 Morteros de albañilería. Especificaciones y los resultados obtenidos, se corroboró el **empleo de las tobas zeolitizadas del yacimiento Caimanes como aditivo tobáceo natural hasta un 30% en sustitución de cemento en la elaboración de mortero de albañilería tipo III, y**

los morteros con aditivo tobáceo calcinados a 450°C, 600°C y 750°C como mortero de albañilería tipo IV.

En la investigación realizada a esta materia prima por (Segura, 2013) se muestra que el índice de actividad puzolánica de los morteros elaborados con esta materia prima supera el mínimo requerido (75%) por la norma ASTM C 618, lo que garantiza su empleo como aditivo puzolánico. Además, la resistencia a la flexotracción y a la compresión de los morteros elaborados con este material muestra un incremento con las temperaturas de calcinación respecto a los morteros patrones como se muestra en las siguientes tablas y figuras.

Tabla 3.1. Índice de puzolanidad de los materiales tobáceos. Tomado de Hernández, D., 2013

Morteros	Índice de Puzolanidad	
	7 días	28 días
Sustitución de 30 %		
Tobas Zeolitizada Caimanes 450 °C	134	137
Tobas Zeolitizada Caimanes 600 °C	111	132
Tobas Zeolitizada Caimanes 750 °C	78	115
Tobas Zeolitizada Caimanes Naturales	72	80

Tabla 3.2. Resistencia a la flexotracción y compresión de las tobas zeolitizadas del yacimiento Caimanes. Tomado de Hernández, D., 2013

Resistencia a la flexotracción (30 %)	Tiempo de fraguado	
	7 días	28 días
Patrón de referencia	0,14	0,28
Tobas Zeolitizada Caimanes 450 °C	0,20	0,56
Tobas Zeolitizada Caimanes 600 °C	0,19	0,51
Tobas Zeolitizada Caimanes 750 °C	0,17	0,47
Tobas Zeolitizada Caimanes Naturales	0,14	0,20
Resistencia a la compresión (30 %)	Tiempo de fraguado	
	7 días	28 días
Patrón de referencia	3,60	8,16
Tobas Zeolitizada Caimanes 450 °C	4,81	11,15
Tobas Zeolitizada Caimanes 600 °C	4,00	10,79
Tobas Zeolitizada Caimanes 750 °C	2,83	9,35
Tobas Zeolitizada Caimanes Naturales	2,58	6,54

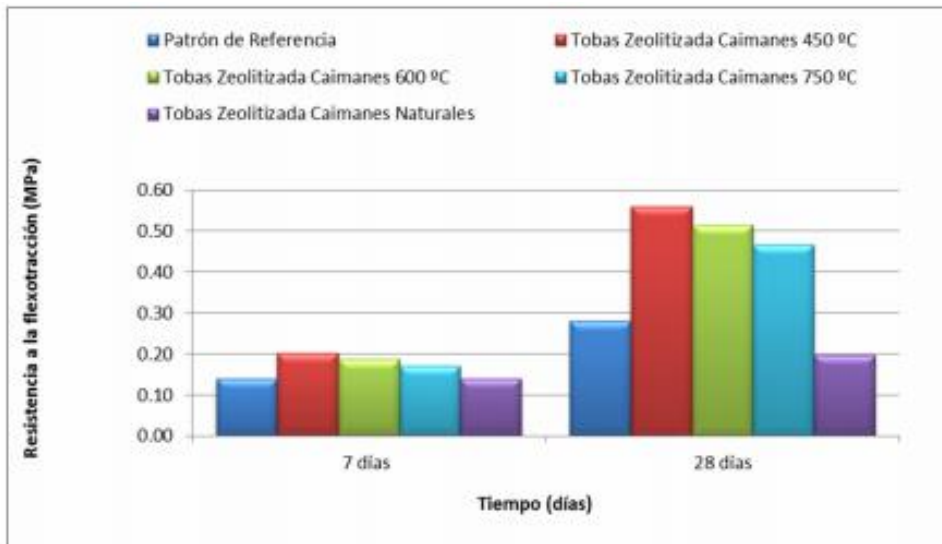


Figura 3.2. Resistencia a la flexotracción de los morteros con 30 % de tobas. Tomado de Hernández, D., 2013

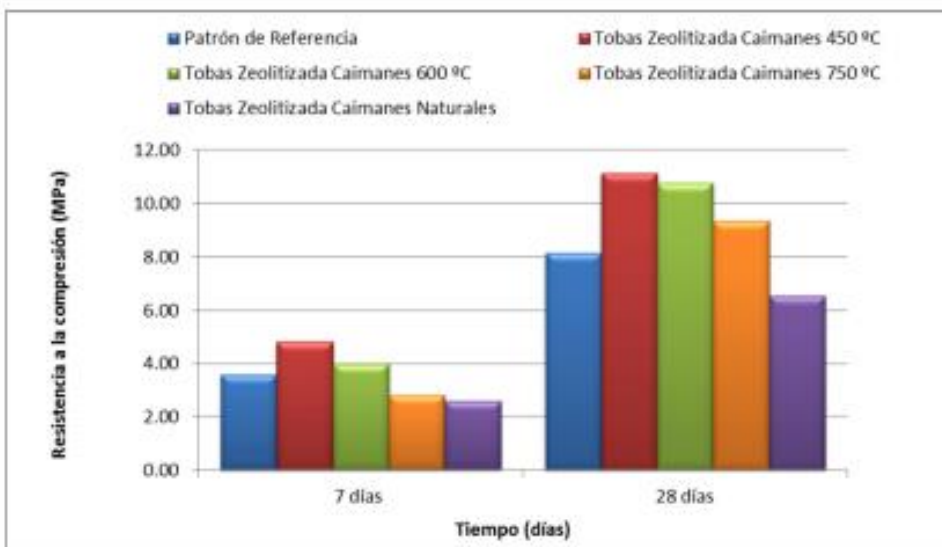


Figura 3.3. Resistencia a la compresión de los morteros con 30 % de tobas. Tomado de Hernández, D., 2013

(Guerra, 2015) plantea que los conglomerantes a base de clinker – toba zeolitizada calcinada a 350 °C y 500 °C – caliza CZ350 y CZ500 muestran un comportamiento físico – mecánico similar a la de un cemento de clasificación PP-35; mientras que los conglomerantes a base de clinker – toba zeolitizada calcinada a 750 °C y sin calcinar – caliza CZ750 y CZN, son similares a un PP-25. El comportamiento de estos conglomerantes está en

correspondencia con el orden de la actividad puzolánica mostrado por las tobas zeolitizadas.

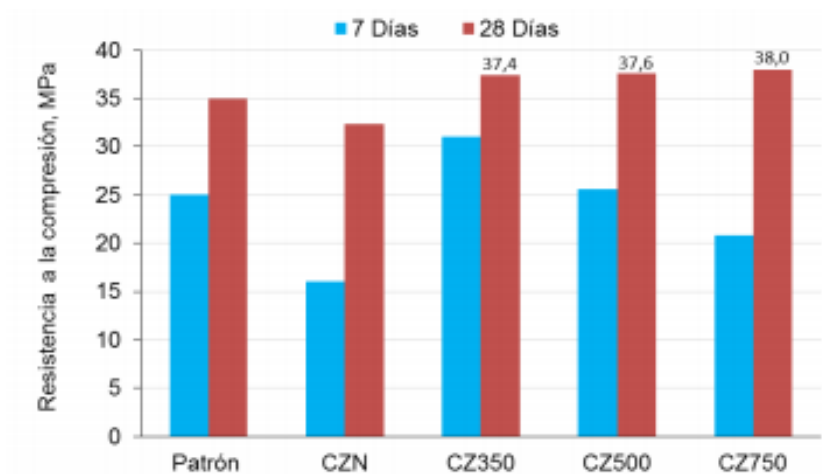


Figura 3.4 Resistencia a la compresión (MPa). Tomado de Guerra, Y., 2015.

La NC 247-2010 Bloques huecos de hormigón. Especificaciones establece para los bloques tipo II (de 150mm) una resistencia mínima a la compresión a los 28 días de 5MPa.

Los datos ofrecidos en la siguiente figura mostraron **resultados favorables de los bloques huecos de hormigón de (20x40x15) cm elaborados a partir de las tobas zeolitizadas sin calcinar de Caimanes con una sustitución del 15%**, mostrando en los ensayos de resistencia a la compresión datos positivos de 5 (MPa) para las tobas zeolitizadas.

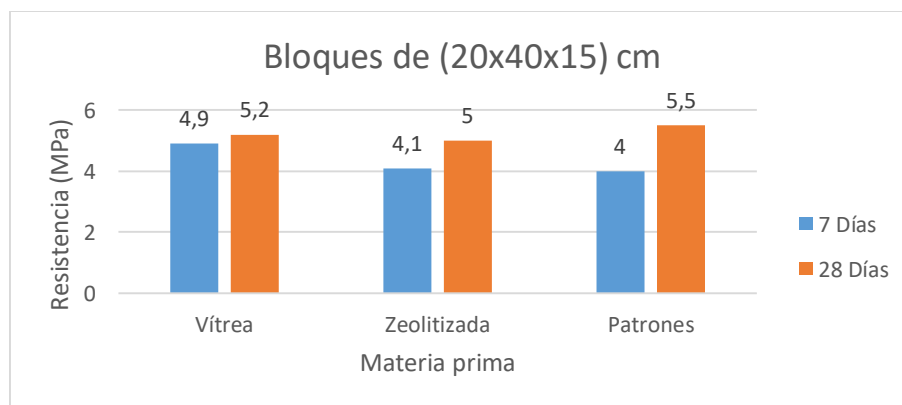


Figura 3.5 Datos de resistencia a la compresión (MPa). Tomado de Jiménez, A., 2017.

3.3 Yacimiento de tobas vítreas de Sagua de Tánamo

Características geográficas y económicas de la región del yacimiento. (Jiménez, A., 2017)

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

Estratigrafía:

Las principales formaciones que existen en la zona de estudio son:

Formación Mícara. Areniscas polimíctica y aleurolitas.

Formación Gran Tierra. Calizas brechosas, conglomerados, vulcanomícticos.

Formación Sabaneta. Tobas vitroclásticas, areniscas tobáceas.

Tectónica:

El tectonismo se distingue por suaves pliegues en ocasiones, afectados por fallas. En la formación Sabaneta los pliegues tienen buzamiento muy suave, aunque continuos, formando estructuras alargadas de anticlinales con sus ejes en dirección Noreste-Sureste.

Características petrográficas:

Tobas vitroclásticas y vitrocristaloclasticas de 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 prima podemos concluir que el yacimiento es poco complejo.

Tipo genético:

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



Figura 3.6 Fotos de afloramientos del depósito de tobas vítreas de Sagua de Tánamo. Tomado de Aguilera, R., 2020.



Figura 3.7 Muestras de tobas vítreas procedente del yacimiento de Sagua de Tánamo. Tomado de Aguilera, R., 2020.

3.3.1 Potencialidades demostradas

Según lo establecido en la NC 175-2002 Morteros de albañilería. Especificaciones y los resultados obtenidos, se corroboró el **empleo de las tobas vítreas del yacimiento Sagua de Tánamo para la elaboración de mortero de albañilería tipo II con aditivo tobáceo natural hasta un 30% en sustitución de cemento, los morteros con aditivo tobáceo calcinados a 450 °C y 600 °C como mortero de albañilería tipo III y los morteros con aditivo tobáceo calcinados a 750 °C hasta un 30% como mortero de albañilería tipo IV.**

En la investigación realizada a esta materia prima por (Martínez, 2013) y (Guillen, 2013) se muestra que el índice de actividad puzolánica de los morteros elaborados con esta materia prima supera el mínimo requerido (75%) por la norma ASTM C 618, lo que garantiza su empleo como aditivo puzolánico. Además, la resistencia a la flexotracción y a la compresión de los morteros elaborados con este material muestra un incremento con las temperaturas de calcinación respecto a los morteros patrones como se muestra en las siguientes tablas y figuras.

Tabla 3.3. Índice de puzolanidad del material tobáceo. Tomado de Martínez, Y., 2013

Morteros	Índice de Puzolanidad	
	7 días	28 días
Sustitución de 30 %		
Tobas vítreas calcinadas a 450 °C	54	67
Tobas vítreas calcinadas a 600 °C	67	86
Tobas vítreas calcinadas a 750 °C	76	105
Tobas vítreas Sagua naturales	58	48



Tabla 3.4. Resistencia a la flexotracción y compresión de las tobas vítreas de Sagua de Tánamo. Tomado de Martínez, Y., 2013

Resistencia a la flexotracción (30 %)		Tiempo de fraguado	
		7 días	28 días
Patrón		0,14	0,28
Tobas vítreas calcinadas a 450 °C		0,14	0,31
Tobas vítreas calcinadas a 600 °C		0,19	0,34
Tobas vítreas calcinadas a 750 °C		0,20	0,37
Tobas vítreas Sagua naturales		0,14	0,19
Resistencia a la compresión (30 %)		Tiempo de fraguado	
		7 días	28 días
Patrón		3,60	8,16
Tobas vítreas calcinadas a 450 °C		1,94	5,48
Tobas vítreas calcinadas a 600 °C		2,40	7,03
Tobas vítreas calcinadas a 750 °C		2,56	8,54
Tobas vítreas Sagua naturales		2,08	3,88

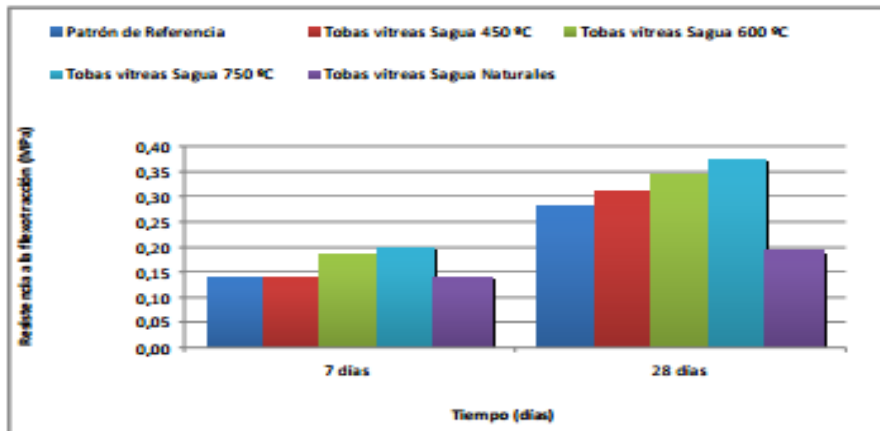


Figura 3.8 Resistencia a la flexotracción de los morteros con 30 % de tobas. Tomado de Martínez, Y., 2013

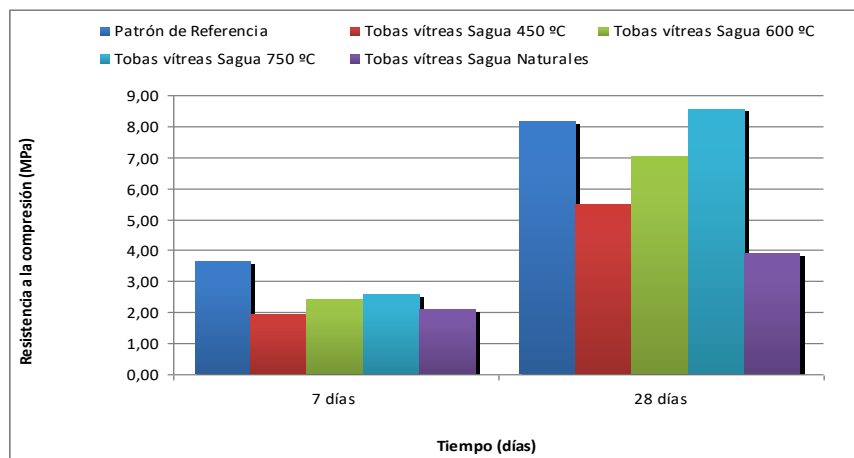


Figura 3.9 Resistencia a la compresión de los morteros con 30 % de tobas. Tomado de Martínez, Y., 2013

En el trabajo de diploma "Evaluación de mezclas de gabros de Cayo Guam con adición de tobas vítreas para la fabricación de ladrillos cerámicos" del 2017 la diplomante Yunaimy Galindo Medina demuestra que **es factible utilizar mezclas de gabros de la zona de Cayo Guam y las tobas vítreas de Sagua de Tánamo en condiciones naturales, para su utilización en la industria de materiales de construcción en la elaboración de ladrillos cerámicos.**

Demostó que los mejores resultados fueron para un 50 % de adición de tobas vítreas en las condiciones siguientes: 7 días de secado, 11 00 °C de temperatura en 6 horas de cocción, lo cual permitió elevar sus propiedades. Los valores de resistencia a la compresión de las mezclas alcanzaron hasta 22,96 Mpa para la mezcla con 50 %, superior a lo que se exige para los ladrillos de calidad A (18 Mpa). La pérdida de peso (20,48 %) y la absorción de agua con un valor de (28,23 %) también se obtuvieron buenos resultados. Estas propiedades los hacen idóneos para su empleo.

La siguiente figura muestra los valores obtenidos para las tres dosificaciones en estudio y la muestra patrón. Resaltando que todos los valores alcanzados se encuentran por encima del rango establecido en la norma cubana (NC 360:2005 y NC 359:2005). La dosificación patrón alcanzó una resistencia de 14,6 MPa, la que contiene 30 % de adición de tobas vítreas tiene una resistencia de 17,26 MPa, la mezcla con 40 % de este material resistió hasta 16,46 MPa y el resultado más alto lo alcanzó la mezcla con un 50 % de adición de tobas vítreas resistiendo 22,96 MPa.

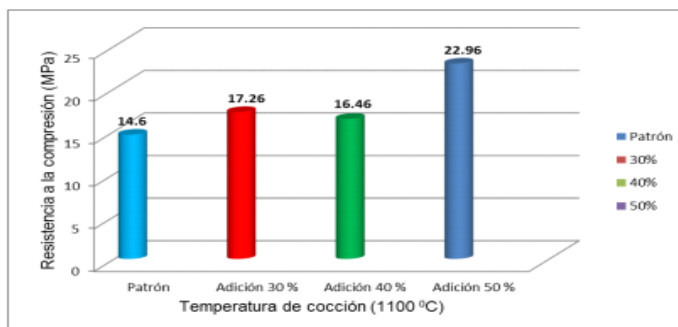


Figura 3.10 Resistencia a la compresión a 1100 ° C (MPa). Tomado de Galindo, Y., 2017.

En el trabajo de diploma "Reevaluación de las tobas vítreas del yacimiento Sagua de Tánamo como puzolanas naturales en la industria de la construcción y del cemento" del 2008, Joel De Armas Guerra demuestra que **los hormigones elaborados con un 15% de tobas vítreas en sustitución del cemento Portland muestran potencial de empleo para hormigones de hasta 25MPa.**

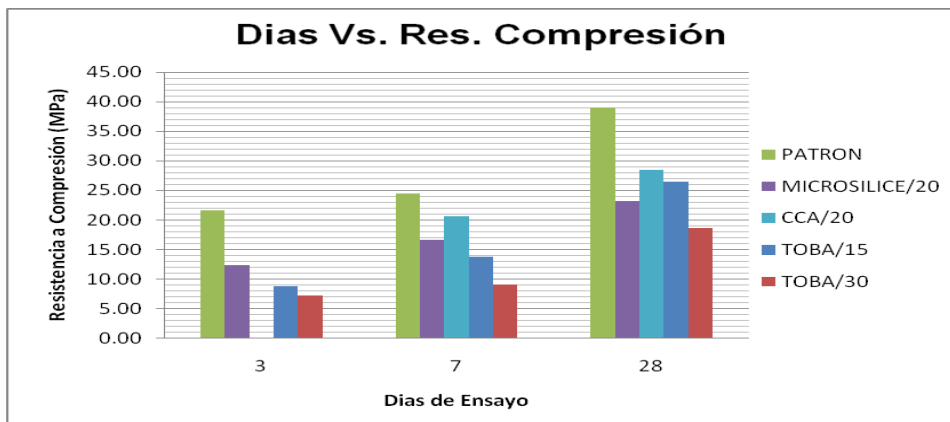


Figura 3.11 Resistencia a la compresión (MPa). Tomado de De Armas, J., 2008.

La NC 247-2010 Bloques huecos de hormigón. Especificaciones establece para los bloques tipo II (de 150mm) una resistencia mínima a la compresión a los 28 días de 5MPa.

Los datos ofrecidos en la siguiente figura mostraron **resultados favorables de los bloques huecos de hormigón de (20x40x15) cm elaborados a partir de las tobas vítreas del yacimiento de Sagua de Tánamo con una sustitución del 15%**, mostrando en los ensayos de resistencia a la compresión datos positivos de 5,2 (MPa) para las tobas vítreas.

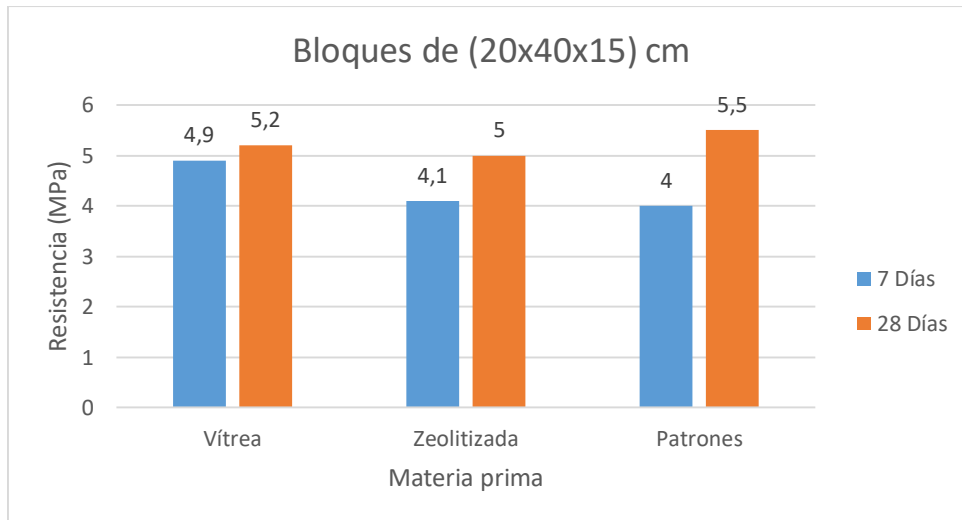


Figura 3.12 Datos de resistencia a la compresión (MPa). Tomado de Jiménez, A., 2017.

(Rodríguez Z. Y, 2017) en su tesis "Evaluación de las tobas vítreas como árido ligero para la construcción de bloques de hormigón" demuestra el **potencial de empleo de las tobas vítreas de Sagua de Tánamo para su uso como árido ligero en la elaboración de bloques huecos de hormigón de 20x40x10.**

El ensayo de resistencia a la compresión que se le realizaron a los bloques de 100 mm a los 7 y 28 días obtuvieron un valor promedio de 2,536 y 2,924 MPa respectivamente para los de toba vítrea quedando por debajo del valor de los patrones, pero superiores a los valores exigidos por la norma cubana (NC 247: 2010) de 2 y 2,5 MPa como mínimo.

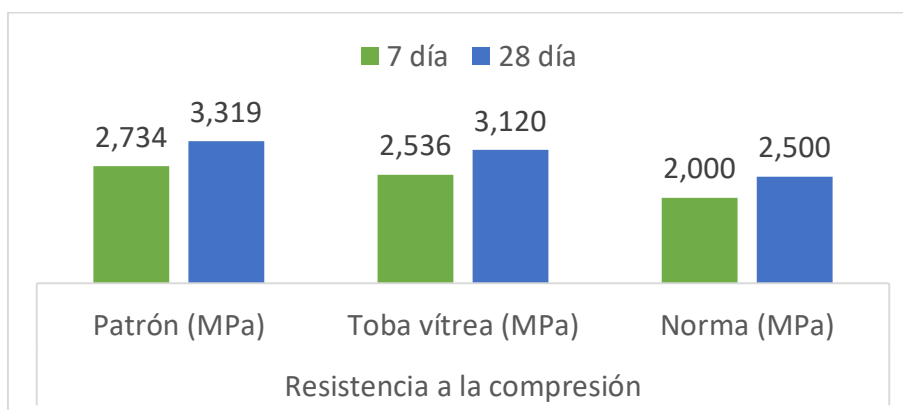


Figura 3.13 Datos de resistencia a la compresión (MPa). Tomado de Rodríguez Z. Y, 2017

Tabla 3.5 Determinación de disminución de masa de los bloques en el medio ambiente.

Tomado de Rodríguez Z. Y, 2017

Patrón (kg)	Toba vítrea (kg)	Masa perdida (%)
13,003	10,423	19,842
12,508	10,137	18,956
12,959	10,623	18,026

Como se puede observar en la tabla anterior cada bloque que se empleó toba vítrea comparándolo con el patrón, hay una disminución de masa considerable.

Tabla 3.6 Determinación de disminución de masa de los bloques en estado seco. Tomado de Rodríguez Z. Y, 2017

Patrón (kg)	Toba vítrea (kg)	Masa perdida (%)
12,280	9,393	23,510
12,300	9,040	26,504
12,275	9,396	23,454

En la tabla expuesta anteriormente se muestra que en estado seco la toba vítrea reduce la masa del bloque en un valor no menor del 23 %.

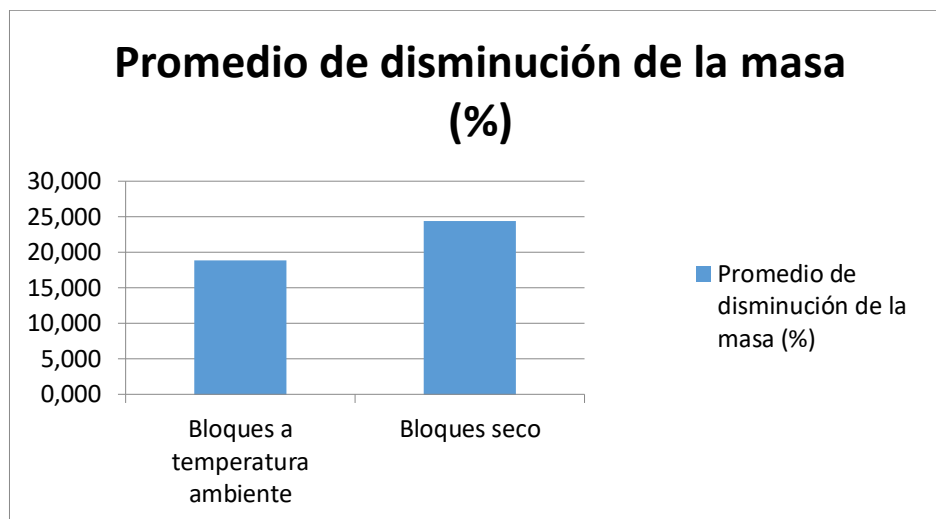


Figura 3.14 Promedio del porcentaje disminución de la masa de los bloques de toba vítrea con respecto a los patrones. Tomado de Rodríguez Z. Y, 2017

Como se muestra en la figura anterior los bloques producido con toba vítrea reducen la masa en un promedio de 18,941% comparados con los bloques patrones en el estado ambiente y en estado seco el promedio de disminución de la masa es de 24,489 %.

Mientras la NC 360:2005 "Ladrillos cerámicos de arcilla cocida. Requisitos" establece que el valor característico para los ladrillos macizos y perforados de arcilla cocida no será inferior a 10,0 MPa, ni a 5,0 MPa para los ladrillos huecos que se utilicen en muros de cargas; (Ramiro, 2010) demuestra que los valores de resistencia a la compresión que obtenidos en las mezclas de las arcillas de la región de Centeno con un 10% y 20% de tobas vítreas de Sagua de Tánamo, en ambos casos están por encima de lo que se exige a los ladrillos de calidad A (14 MPa) llegando a alcanzar hasta 27 MPa para la mezcla con 20 % de tobas vítreas. Por lo tanto queda demostrada la **potencialidad de empleo de la mezcla de las arcillas de Centeno con las tobas vítreas de Sagua de Tánamo hasta un 20% para la elaboración de ladrillos cerámicos tanto macizos y perforados como huecos.**

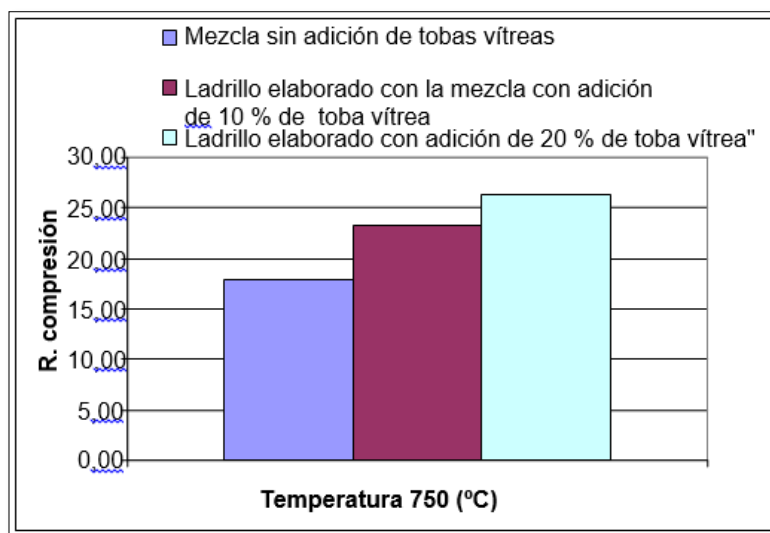


Figura 3.15 Resistencia a la compresión a 750 ° C. Tomado de Ramiro, S. 2010

Daniel Leyva Hidalgo en su trabajo de diploma "Caracterización de un nuevo sector del depósito de tobas vítreas Sagua de Tánamo como material puzolánico" del 2019 plantea que **las tobas vítreas del yacimiento Sagua de Tánamo tiene aplicabilidad como aditivo puzolánico con sustituciones de hasta un 20 % de cemento portland para fabricar bloques huecos de hormigón (40x10x20).**

Mientras que (Rodríguez, 2013) plantea el uso de las tobas de este yacimiento para la **obtención de bloques naturales de pared** (muy similar al empleo de los bloques de cantos de las provincias de Matanzas y Mayabeque)

3.4 Conclusiones del capítulo

- Al sistematizar y generalizar las principales investigaciones precedentes de los yacimientos tobáceos existentes en los municipios de Sagua de Tánamo y Moa, enfocados principalmente en el yacimiento de tobas vítreas de Sagua de Tánamo localizado en la Loma El Picao y el yacimiento de tobas zeolitizadas de Caimanes perteneciente al municipio Moa, se obtuvo el siguiente compendio:
 - Potencialidades demostradas del yacimiento de tobas zeolitizadas de Caimanes
 1. Utilizables como aditivo tobáceo natural hasta un 30% en sustitución de cemento en la elaboración de mortero de albañilería tipo III, y como aditivo tobáceo calcinados a 450 °C, 600 °C y 750 °C en la elaboración de mortero de albañilería tipo IV.
 2. Empleo en la producción de bloques huecos de hormigón de (20x40x15) cm elaborados a partir de las tobas zeolitizadas del yacimiento de Caimanes sin calcinar con una sustitución del 15% del cemento Portland.
 3. Empleo en la elaboración de conglomerantes a base de clinker – toba zeolitizada calcinada a 350 °C y 500 °C – caliza CZ350 y CZ500 para la obtención de un conglomerante similar al cemento de clasificación PP-35.
 4. Empleo en la elaboración de conglomerantes a base de clinker – toba zeolitizada calcinada a 750 °C y sin calcinar – caliza CZ750 y CZN, para la obtención de un conglomerante similar al cemento PP-25.
 - Potencialidades demostradas del yacimiento de tobas vítreas de Sagua de Tánamo

1. Empleo para la elaboración de mortero de albañilería tipo II con aditivo tobáceo natural hasta un 30% en sustitución de cemento, de mortero de albañilería tipo III con aditivo tobáceo calcinados a 450°C y 600°C, y de mortero de albañilería tipo IV con aditivo tobáceo calcinados a 750°C hasta un 30%.
2. Empleo en la producción de ladrillos cerámicos utilizando mezclas de gabros de la zona de Cayo Guam y las tobas vítreas de Sagua de Tánamo en condiciones naturales hasta un 50%.
3. Empleo en la elaboración de hormigones de hasta 25MPa sustituyendo el 15% del cemento Portland necesario por tobas vítreas sin calcinar.
4. Empleo en la producción de bloques huecos de hormigón de (20x40x15) cm elaborados a partir de las tobas vítreas del yacimiento de Sagua de Tánamo sin calcinar con una sustitución del 15% del cemento Portland.
5. Uso como árido ligero en la elaboración de bloques huecos de hormigón de (20x40x10) cm.
6. Empleo de la mezcla de las arcillas de Centeno con las tobas vítreas de Sagua de Tánamo hasta un 20% para la elaboración de ladrillos cerámicos tanto macizos y perforados como huecos.
7. Potencialidad como aditivo puzolánico con sustituciones de hasta un 20 % de cemento Portland para fabricar bloques huecos de hormigón (40x20x10) cm.
8. Obtención de bloques naturales de pared.

CONCLUSIONES GENERALES

1. El desconocimiento por parte de los gobiernos municipales de Sagua de Tánamo y Moa de la contribución al Desarrollo Local Sustentable que implica la utilización de los yacimientos tobáceos del territorio como materiales para la construcción y la falta de definición sobre sus potencialidades, constituye la situación problemática a la que este trabajo tributa.
2. Las puzolanas representan un área de oportunidad de gran importancia para nuestro país, la cual no es debidamente explotada en la actualidad. Las adiciones al cemento Portland (varían de un 3 % hasta más de un 35 %) confiere al mismo propiedades de gran importancia práctica, como son: aumento de su estabilidad química y durabilidad, disminución de la liberación del calor de hidratación confiriendo menor permeabilidad en los hormigones, que los hace idóneos para la construcción de presas y obras que necesiten grandes masas de este material; mejora la laborabilidad de la mezcla de hormigón, con menor tendencia a la segregación de sus componentes y mayor homogeneidad del hormigón.
3. La utilización de las puzolanas naturales en la fabricación de cementos, traen consigo grandes beneficios ambientales, ya que reduce las emisiones de gases como el CO₂ (responsable del efecto invernadero) y el SO₂ (responsable de las lluvias ácidas). La producción de Cemento actualmente contribuye con más del 50% de la contaminación de CO₂ que genera el sector industrial, considerándose como el principal emisor industrial.
4. En nuestro territorio existen dos principales yacimientos tobáceos: el yacimiento de tobas zeolitizadas de Caimanes, en las cercanías de Farallones y el yacimiento de tobas vítrea de Sagua de Tánamo, ubicado en la loma El Picao.
5. Las posibilidades de uso recomendadas de estas tobas vítreas de Sagua

de Tánamo según los resultados obtenidos en las numerosas investigaciones analizadas son en la elaboración de:

- Morteros de albañilería tipo II, III y IV. (con toba calcinada y sin calcinar)
- Ladrillos cerámicos macizos, perforados y huecos. (mezcla de arcilla con toba sin calcinar)
- Bloques huecos de hormigón de 100 mm y 150 mm (como árido ligero y sin calcinar como sustituto del cemento Portland).
- Hormigón de 25 MPa. (con toba sin calcinar)
- Bloques naturales de pared (como revestimientos, enchapes y decoraciones).

6. Las posibilidades de uso recomendadas de estas tobas zeolitizadas de Caimanes según los resultados obtenidos en las numerosas investigaciones analizadas son en la elaboración de:

- Morteros de albañilería tipo II, III y IV. (con toba calcinada y sin calcinar)
- Bloques huecos de hormigón de 150 mm (con toba sin calcinar como sustituto del cemento Portland).
- Aglomerantes a base de clinker – toba zeolitizada (calcinada y sin calcinar) – caliza, similares a los cementos PP-35 y PP-25.

RECOMENDACIONES

- Es importante aclarar que las conclusiones o apreciaciones que se derivan de esta investigación tienen un carácter orientativo, ya que los datos ofrecidos deben ser enriquecidos continuamente, debido a que a medida que transcurre el tiempo, se desarrollan nuevas tecnologías e investigaciones en la esfera de los materiales de construcción y su empleo en función del desarrollo local ampliando el panorama del potencial de estos yacimientos dado a conocer en este documento.
- Abrir una línea de investigación relacionada con las tobas vítreas como áridos ligeros para la fabricación de bloques huecos de hormigón, incluyendo el empleo de bloques huecos sin emplear áridos finos (hormigón sin finos) y la disminución del riesgo de las construcciones ante el peligro de eventos sísmicos mediante el empleo de este material, lo cual no se ha investigado en nuestro país, reportándose en la literatura científica.
- Valorar mediante futuras investigaciones el empleo de estos yacimientos para actividades alternativas como la agricultura, rama en la cual existen aplicaciones demostradas para los materiales tobáceos.
- Lograr, una vez puesta en práctica la explotación de estos recursos, la integración de sus diferentes usos, como son materiales puzolánicos, áridos ligeros, bloques naturales, materiales filtrantes, agricultura, etc.
- Divulgar los resultados obtenidos en esta investigación con el objetivo de lograr la introducción de esta materia prima, dentro de la actividad constructiva a nivel local y regional.

BIBLIOGRAFÍA

- AGUILERA, R. Caracterización de las tobas Vítreas del yacimiento Sagua de Tánamo para su utilización como árido ligero. Trabajo de Diploma. ISMMM, Geología, 2020.
- ALMENAREZ, R. y R. LEYVA. 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, 2013.
- ALUJAS, A. Pozzolanic Reactivity Of Low Grade Kaolinitic Clays: Influence Of Mineralogical Composition. 2015.
- ÁVILA, M.D. Caracterización mineralógica y tecnológica de materiales arcillosos del territorio de Moa para su empleo en la Industria Local. Trabajo de Diploma. ISMMM, Geología, 2010.
- BARTHELEMIS, L. 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, 2008.
- BATISTA, G.B.; C. COUTIN y C. GONZÁLEZ. Valoración del potencial de las rocas y minerales industriales para el desarrollo municipal en la República de Cuba. Instituto de Geología y Paleontología, 2011.
- BATISTA, G.R. Yacimientos de rocas y minerales industriales en Cuba. IGP, 2009.
- BATISTA, G.R. Valoración del potencial de las RMI para el desarrollo municipal en la provincia de Mayabeque. IGP, 2013.
- BATISTA, R. Valoración del potencial de los Recursos Minerales para la Industria del Cemento en Cuba. IGP, 2007.
- BUSTILLO, M. Los recursos minerales y los materiales de construcción. I.S.S.N.: 1132-9157 Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, 2008.
- CABO DE VILLA, F.S. Ensayos y análisis de las muestras para probar las arcillas del sector de Centeno para la confección de ladrillos. Tesis de grado. ISMM, Metalúrgia, 2011.
- CABRERA, R. Valoración de las tobas vítreas y zeolitizadas de la provincia Holguín para su utilización como puzolana natural en la construcción. Trabajo de diploma. Instituto Superior Minero Metalúrgico, 2010.
- . Valoración de Mezclas de Arcillas de la región de Centeno para su utilización en la industria de materiales locales. ISMMM, 2010: 48.

- CALVO, B. Rocas y Minerales Industriales de Iberoamérica. 2000. 436.
- CALZADA, D. Evaluación de la reactividad puzolánica de las tobas vítreas calcinadas del yacimiento El Picao. Trabajo de diploma. Instituto Superior Minero Metalúrgico, 2016.
- CARBONELL, N. Perspectivas de utilización de tobas zeolitizadas del yacimiento Palenque de Yateras como aditivo puzolánico. Trabajo de diploma. Instituto Superior Minero Metalúrgico, 2017.
- CAYAMO, R. y M. GARCÍA. Prospección y Exploración de Arcilla para Cerámica Roja en los Sectores Sagua de Tánamo, Centeno y Alcarraza, Municipios Sagua de Tánamo y Moa, Provincia Holguín. Empresa Explomat. MICONS, 2002.
- COTTRELL, A. Environmental Economics. Cambridge, Halsted Press Book; New York, John Wiley & Sons, 1978
- COUTIN, C.D.; H. RODRÍGUEZ y M. PÉREZ. Instructivo Metodológico para darle cumplimiento al "Programa de desarrollo de producciones locales de materiales de construcción del MICONS, a partir de los recursos minerales. IGP, 2015.
- CUBA. DECRETO. Reglamento del Proceso Inversionista. En Decreto No. 327/2014. Gaceta, 327/2014.
- CUBA. LEY. Ley de Minas. En Ley 76. LEY DE MINA. Gaceta: Asamblea Nacional del Poder Popular de la República de Cuba, 76/1995.
- . Ley del sistema Tributario. En POPULAR, A.N.D.P. Ley 113 Ley del sistema Tributario. Gaceta, 113/2012.
- CUBA. RESOLUCIÓN. Para la formación y modificación de precios mayoristas, tarifas técnico-productivas y tasas. En RESOLUCIÓN No. 20. Gaceta Oficial Extraordinaria No 12, 20/2014, vol. 20.
- . Resolución 35 sobre las pequeñas producciones mineras En MINBAS. 35/2011.
- CHACÓN, M.M. Evaluación de mezclas de materiales arcillosos de la zona de Cayo Guam y arena sílice residual para su utilización en la industria cerámica. Trabajo de diploma. ISMM, Geología, 2015.
- CHAPARRO, A.E. La llamada pequeña minería: un renovado enfoque empresarial. 2000.
- DE ARMAS, J. Reevaluación de las tobas vítreas del yacimiento Sagua de Tánamo como puzolanas naturales. Trabajo de Diploma. ISMM, Geología,

2006.

- DE LA CRUZ, S. Propuesta de Procedimiento para la Minería Artesanal o Microminería. Diplomado de Administración Pública, 2015, XI EDICION.
- FORMELL, F. y J.R. ORO. Sobre los procesos de redeposición del Yacimiento Punta Gorda. Ciencias de la Tierra y el Espacio, 1980.
- FRAZAO, M. Concentración de fases zeolíticas de las tobas zeolitizadas del yacimiento Caimanes. Tesis Doctoral. ISMM, Geología, 2007.
- GALINDO, Y. Evaluación de mezclas de gabros de cayo Guam con adición de tobas vítreas para la fabricación de ladrillos cerámicos. Trabajo de diploma. Instituto Superior Minero Metalúrgico, 2017.
- GÁMEZ, M.A. Caracterización de los desechos serpentínicos de la mina de la Empresa Pedro Soto Alba para su empleo como material de construcción alternativo. Trabajo de diploma. ISMMM, Geología, 2011.
- GAROFOLI, G. Modelli locali di sviluppo. 1994. 216 p.
- GONZÁLEZ, L. Producción de materiales de la construcción y energía a partir de desechos orgánicos: El bloque sólido combustible. Doctorado. UCLV, Civil, 2004.
- GONZÁLEZ, M.A. y G. CARVAJAL. Indicadores de sostenibilidad en la industria extractiva española. CYTED. En Indicadores de sostenibilidad en la industria extractiva mineral. Editores: Roberto C. Villas Boas y Christian Beinhoff. Brasil. ISBN: 85-727-164-3 2002.
- GUERRA, G.Y. Evaluación de los productos de calcinación de las tobas zeolitizadas del yacimiento Caimanes como material puzolánico. Maestría. ISMM, Metalurgia y Materiales, 2015.
- GUERRA, V. y P. VIDAL. Referencia sobre el potencial de Recursos no metálicos en el municipio de Moa. Informe para el CAM de Moa. ONRM, 2012.
- GUERRERO, A.D. Sistema de indicadores mineros para la explotación sostenible de los recursos minerales. Doctoral. ISMM, Minería, 2003.
- GUILLEN, R. Características geológicas y evaluación de las tobas vítreas del yacimiento Sagua de Tánamo para su utilización como aditivo puzolánico. Trabajo de diploma. Instituto Superior Minero Metalúrgico, 2013.
- HERNÁNDEZ, D. Activación térmica de tobas zeolitizadas del yacimiento caimanes para su utilización como material puzolánico. Trabajo de diploma. Instituto Superior Minero Metalúrgico, 2013.

- HERNÁNDEZ, G.; A. FIGUEROA y J. NUÑES. Obstáculos para el desarrollo local en Cuba. Análisis y propuestas desde la gestión universitaria del conocimiento y la innovación. Universidad, Conocimiento, Innovación y desarrollo local, 2014: 3.
- JIMÉNEZ, A. Caracterización de la puzolanidad de las Tobas Zeolitizadas de Caimanes y Vítreas de Sagua de Tánamo para fabricar materiales de pequeño formato para la construcción. Trabajo de diploma. Instituto Superior Minero Metalúrgico, 2017
- LEGRÁ, L.A. Elementos teóricos y prácticos de la investigación científico - tecnológica. 2015.
- LEYVA, C.; LEYVA, L. Y ALMENARES, R. Aprovechamiento de rocas y minerales industriales para el desarrollo constructivo local. Propuesta de Procedimiento. Universidad de Moa, 2021.
- LEYVA, D. Caracterización de un nuevo sector del depósito de tobas vítreas Sagua de Tánamo como material puzolánico. Trabajo de diploma. Instituto Superior Minero Metalúrgico, 2019.
- LEYVA, L. La minería artesanal de rocas y minerales industriales en función del desarrollo local sustentable en Cuba. Maestría. Instituto Superior Minero Metalúrgico, 2016.
- LEYVA, R.C. Solución al déficit de áridos en el municipio de Moa empleando los desechos serpentínicos de la empresa Comandante Ernesto Guevara. Memorias III Convención Cubana de Ciencias de la Tierra, 2009a.
- . 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, 2009b.
- LÓPEZ, L.M. Caracterización geológica de las materias primas minerales de los municipios Moa – Sagua de Tánamo para su empleo como material de construcción. ISMM, Geología, 2006.
- LUEGES, F. Valoración geólogo - técnica de las perspectivas de empleo de los desechos serpentínicos de la Empresa Comandante Ernesto Ché Guevara como materiales de construcción alternativos. ISMMM, Geología, 2007a.
- LUEGES, F. Valoración geólogo – técnica de las perspectivas de empleo de los desechos serpentínicos de la ECEG como materiales de construcción alternativos. Maestría. ISMM, 2007b.
- MARIÑAN, H.T., Mezclas de arcillas y residuos sólidos carbonatados para su utilización en la industria de materiales de construcción. Caso de estudio Moa. ISMM, Geología, 2014.

- MARTÍNEZ, Y. Activación térmica de las tobas vítreas del yacimiento Sagua de Tánamo para su utilización como aditivo puzolánico. Trabajo de diploma. Instituto Superior Minero Metalúrgico, 2013.
- MEDEROS, J. La pequeña minería y la minería artesanal en Cuba. Marco regulatorio. Experiencias prácticas. En Pequeña Minería y Minería Artesanal en Iberoamerica CETEM/IMAAC/CYTED, 2009.
- MMSD Minería, Minerales y Desarrollo Sustentable en América del Sur. 2002.
- MONTERO, G.E. Perspectivas de uso de los rechazos serpentiniticos de la Empresa Pedro Sotro Alba como árido para la construcción. Tesis de diploma. ISMM, Geología, 2007.
- MONTERO, P.J.M. El desarrollo compensado como alternativa a la sustentabilidad en la minería (aprehensión ético – cultural). ISMM, Marxismo, 2006.
- MORALES, P. El desarrollo local sostenible. Economía y Desarrollo, 2006, Vol. 140(60 No. 2 / Jul.-Dic.).
- MUXLANGA, R.J. Evaluación de las tobas vítreas del yacimiento Sagua de Tánamo para su utilización como árido y puzolana natural en la construcción. Trabajo de Diploma. ISMM, Geología, 2009.
- NEGRÃO, R. Recursos minerales, minería y desarrollo sustentable. Capítulo 14. II Curso Internacional de Aspectos Geológicos de Protección Ambiental, 2000.
- NJILA, T. Caracterización químico-mineralógica de cortezas de meteorización ferrosialíticas en el noreste de Cuba oriental. ISMMM, Geología, 2011.
- OROZCO, G. Caracterización de las arcillas de Cayo Guam. Informe técnico. ISMM 1995.
- PEDRAZA, R.L. La elaboración del Presupuesto del Estado para el 2016 tuvo en cuenta el enmarcamiento de los indicadores macroeconómicos. En Granma. 2015, p. 8.
- PONS, H.J. y R.C. LEYVA. Empleo de las arcillas ferrocaolínicas- gibsíticas de la región de Moa en los talleres de fundición. Revista Minería y Geología, 1996, XIII (3): 93.
- PORERA, M. Informe sobre los trabajos de Búsqueda Orientativa y Detallada de Tobas para Áridos Ligeros, Sectores el Lirial y Amansaguapo, Provincia Holguín. 1987.
- RAMÍREZ, Y.R. Caracterización de la actividad puzolánica de arcillas de la región de Cayo Guam para su utilización como material cementicio suplementario. Trabajo de diploma. ISMM, Geología, 2014.

- RAMOS, Q.M. Caracterización físico mecánica de las arcillas de Moa para su utilización en la industria de cerámicas. Trabajo de diploma. ISMM, Geología, 2002.
- REYNALDO, A. Procedimiento para la valoración económica y ambiental en la actividad minera de níquel. Doctorado. ISMM, Ciencias Económicas, 2013.
- RODRÍGUEZ, R.I. Caracterización de materiales arcillosos del depósito Cayo Guam para su posible empleo como material cementicio suplementario. Trabajo de diploma. ISMM, Geología, 2013.
- RODRÍGUEZ, Y. Evaluación de las tobas vítreas como árido ligero para la construcción de bloques de hormigón. Trabajo de diploma. Instituto Superior Minero Metalúrgico, 2017.
- ROMERO, V.; VARGAS, I. y HERRERA, J. La toba volcánica como un nuevo diseño de hormigón para minimizar los impactos ambientales. ISSN: 2550 - 682X Polo del Conocimiento (Edición núm. 54) Vol. 6, No 2, 2021.
- SALAS, R. La minería artesanal en cuba. Perspectivas de las tobas vítreas en la provincia de Holguín. Trabajo de diploma. Instituto Superior Minero Metalúrgico, 2013.
- SALAZAR, T.D. Evaluación de mezclas de arcilla de la zona de Cayo Guam para su utilización en la industria de la cerámica roja. ISMMM, Geología, 2015.
- TOMAS, C. El desarrollo local sostenible en clave estratégica. CIRIEC-España, Revista de Economía Pública, Social y Cooperativa, 2008, nº 61.
- URRUTIA, Y. Evaluación de las tobas zeolitizadas del yacimiento de caimanes como fuente de materia prima para la producción de cemento de bajo carbono. Trabajo de diploma. Instituto Superior Minero Metalúrgico, 2015.
- VALLEJO, O. y R. GUARDADO. Propuesta de Indicadores Ambientales Sectoriales para el Territorio de Moa. . Minería y Geología, 2000, (17(3-4): 33-37).
- VIJAYA, K. Valoración técnica de los desechos serpentiniticos de la Empresa Moa Nickel S.A. como material de construcción alternativo. Trabajo de Diploma. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, Geología, 2010.
- VILLANUEVA, R. Los minerales industriales en Castilla y León. Consejero de Economía y Empleo de la Junta de Castilla y León, 2007.
- VILLAS, B. y C. BEINHOFF Indicadores de sostenibilidad en la industria extractiva de mineral. 2002.
- VILLAS, B.R. Technological Challenges faced by the MM sector in achieving

sustainable development. Centro de tecnología Mineral. CNPq. Río de Janeiro, Brasil, 1995.

Anexo 1

Trabajos investigativos empleados para la realización del compendio.

Trabajos Generales:

Valoración del potencial de las rocas y minerales industriales para el desarrollo municipal en la República de Cuba. Editorial Centro de Información Geológica. (Batista; Coutin y González, 2011)

Referencia sobre el potencial de Recursos no metálicos en el municipio de Moa.(Guerra y Vidal, 2012)

Caracterización geológica de las materias primas minerales de los municipios Moa – Sagua de Tánamo para su empleo como material de construcción. (López, 2006)
Caracterización químico-mineralógica de cortezas de meteorización ferrosialíticas en el noreste de Cuba oriental.(Njila, 2011)

La minería artesanal de rocas y minerales industriales en función del desarrollo local sustentable en Cuba. (Leyva, 2016)

Trabajos sobre las tobas vítreas y zeolitizadas

Evaluación de las tobas vítreas y zeolitizadas de la provincia de Holguín para su utilización como puzolana natural. (Almenarez y Leyva, 2013)

Reevaluación de las tobas vítreas del yacimiento Sagua de Tánamo como puzolanas naturales.(De Armas, 2006)

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

Concentración de fases zeolíticas de las tobas zeolitizadas del yacimiento Caimanes. ISMMM. (Frazao, 2007)

Evaluación de las tobas vítreas del yacimiento Sagua de Tánamo para su utilización como árido y puzolana natural en la construcción.(Muxlanga, 2009)

Evaluación de los productos de calcinación de las tobas zeolitizadas del yacimiento Caimanes como material puzolánico. (Guerra, 2015)

Caracterización de la actividad puzolánica de arcillas de la región de Cayo Guam para su utilización como material cementicio suplementario. (Ramírez, 2014)

Pozzolanic Reactivity Of Low Grade Kaolinitic Clays: Influence Of Mineralogical Composition. (Alujas, 2015)

Características geológicas y evaluación de las tobas vítreas del yacimiento Sagua de Tánamo para su utilización como aditivo puzolánico. (Guillen, 2013)

Caracterización de un nuevo sector del depósito de tobas vítreas Sagua de Tánamo como material puzolánico. (Leyva, 2019)

Activación térmica de tobas zeolitizadas del yacimiento caimanes para su utilización como material puzolánico. (Hernández, 2013)

Activación térmica de las tobas vítreas del yacimiento Sagua de Tánamo para su utilización como aditivo puzolánico. (Martínez, 2013)

Evaluación de la reactividad puzolánica de las tobas vítreas calcinadas del yacimiento El Picao. (Calzada, 2016)

Evaluación de las tobas zeolitizadas del yacimiento de caimanes como fuente de materia prima para la producción de cemento de bajo carbono. (Urrutia, 2015)

La minería artesanal en Cuba. Perspectivas de las tobas vítreas en la provincia de Holguín. (Salas, 2013)

Valoración de las tobas vítreas y zeolitizadas de la provincia Holguín para su utilización como puzolana natural en la construcción. (Cabrera, 2010)

Evaluación de mezclas de gabros de cayo Guam con adición de tobas vítreas para la fabricación de ladrillos cerámicos. (Galindo, 2017)

Valoración de Mezclas de Arcillas de la región de Centeno para su utilización en la industria de materiales locales. (Ramiro, 2010)

Evaluación de las tobas vítreas como árido ligero para la construcción de bloques

de hormigón. (Rodríguez, 2017)

Caracterización de la puzolanidad de las Tobas Zeolitizadas de Caimanes y Vítreas de Sagua de Tánamo para fabricar materiales de pequeño formato para la construcción. (Jiménez, 2017)

Caracterización de las tobas Vítreas del yacimiento Sagua de Tánamo para su utilización como árido ligero. (Aguilera, 2020)