



INSTITUTO SUPERIOR MINERO
METALURGICO DE MOA
DR. ANTONIO NUÑEZ JIMENEZ

**Departamento de Geología
Facultad: Geología y Minería**

Trabajo de Diploma

Para Optar por el Título de

Ingeniero Geólogo

**Título: Evaluación de mezclas de arcillas con
adición de tobas vítreas para la fabricación de ladrillos
cerámicos. Bayamo. Prov. Granma.**

Autor: ADRIÁN DÍAZ ÁLVAREZ

Tutores: Dr. C. Carlos Alberto Leyva Rodríguez

Ing. Danicer Sánchez González

Moa 2014

“Año 56 de la Revolución”





DECLARACIÓN DE AUTORIDAD

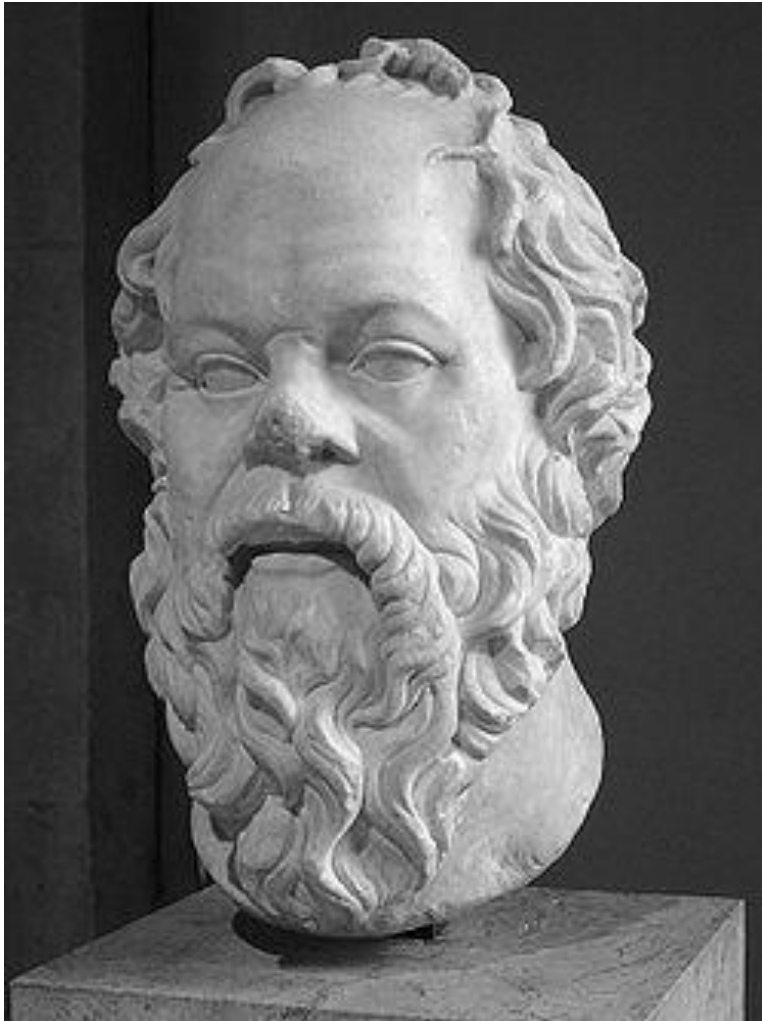
Yo: **Adrián Díaz Álvarez**, autor de este trabajo de diploma, y los tutores: *Dr.C Carlos Alberto Leyva Rodríguez* y el *Ing. Danicer Sánchez González*, declaramos la propiedad intelectual de este al servicio del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa y la Empresa Provincial de la Construcción y Mantenimiento Constructivo de Granma para que el mismo disponga de su uso cuando estime conveniente.

Diplomante: Adrián Díaz Álvarez

Dr.C. Carlos A. Leyva Rodríguez

Ing. Danicer Sánchez González

PENSAMIENTO



“El conocimiento es la virtud y solo si se sabe, se puede
divisar el bien”

Sócrates



DEDICATORIA

Les dedico este trabajo de tesis a mis padres, hermana y amigos por siempre apoyarme en las decisiones que he tomado y por estar a mi lado en todos los momentos de mi vida.



AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de diploma es el esfuerzo y la dedicación de varias personas, las cuales me sirvieron como pilar de apoyo para que se cumpliera este esfuerzo en realidad.

A la Revolución Cubana, y a su líder indiscutible Fidel Castro Ruz por darme la oportunidad de formarme como un profesional competente.

Al claustro de profesores del Departamento de Geología del ISMM por su entrega y dedicación en cada una de las clases impartidas en el transcurso de todos estos años y además a la infinidad de profesores que estuvieron a mi lado por todos los Años de estudio

A mis tutores Dr. C Carlos Leyra Rodríguez, el Ing. Danicer, al master Leonardo por transmitirme sus conocimientos y al profesor Carménate que gracias a ellos se catapultó esta tesis.

A mis amigos de aula; antiguos y nuevos, que me extendieron su mano cuando lo necesité.

El agradecimiento especial a toda mi familia en sentido general por su apoyo y comprensión durante todos estos años.

A los Directivos y trabajadores en general de la Empresa de Construcción y mantenimiento constructivos de Granma a la U/B empresarial la Cañada y a los laboratorios de investigación por la labor que han prestado desinteresadamente.

A mis grandes amigos de Moa que gracias a ellos logre este triunfo en mi vida.

A mi amiga Yarisleydis, a mis grandes amigos Jorge y Yan por la ayuda que prestaron y a si el logro de esta investigación.

En fin: a todos que de una forma u otra contribuyeron a que estos años de sacrificio no hayan sido en vano.

MUCHAS GRACIAS de todo corazón.



RESUMEN

En el siguiente Trabajo de Diploma se realiza el estudio, de una mezcla compuesta por arcilla y tobas vítreas para la producción de ladrillos, en “La Cañada”; provincia Granma, para su posible utilización en la Industria de Materiales de la Construcción, utilizando esta como aditivo para los ladrillos de barro; a partir de sus propiedades físico-mecánicas. Para ello, se caracterizan los materiales de acuerdo a su composición química y sus propiedades físicas. Se elaboraron 36 probetas de las cuales se hicieron 9 con un contenido de arcilla solamente y las restantes con 10, 15 y 20 % de aditivo tobas vítreas respectivamente, las cuales se sometieron a ensayos de contracción natural, peso, absorción de agua y resistencia a la compresión mecánica para determinar el comportamiento físico mecánico en cada una de las probetas durante todo el paquete tecnológico. Comprobando que la más eficiente es la que se le añadió un 10% de aditivo, porque absorbe mayor cantidad de agua y es más resistente a la compresión, por lo tanto el ladrillo presenta una vida útil más larga.



ABSTRACT

In the following investigation the study of a mixture composed by clay and vitreous tobas for the production of bricks is carried out in "La Cañada "; province of Granma, for their possible use in the Industry of construction materials , using this as preservative for the bricks of mud; starting from their physical-mechanical properties. The materials are characterized according to their chemical composition and other properties. 36 samples were elaborated of which 9 were only made with a clay content and the remaining ones with 10, 15 and 20% of preservative vitreous tobas respectively, which underwent rehearsals of natural contraction, absorption of water and resistance to the mechanical compression to determine the mechanical physical behavior in each one of the samples during the whole technological process. Proving that the most efficient is the one that was added 10 preservative%, because it absorbs smaller quantity of water, it is more compression-proof therefore with a longer useful life.



ÍNDICE

DECLARACIÓN DE AUTORIDAD	I
PENSAMIENTO	II
DEDICATORIA	III
RESUMEN	V
ABSTRACT.....	VI
ÍNDICE	VII
MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL.....	6
CAPÍTULO I: CARACTERIZACIÓN FÍSICO-GEOGRÁFICA Y GEOLÓGICA DE LA REGIÓN Y ÁREAS DE ESTUDIO.....	18
1.1 Ubicaciones geográficas de las áreas de estudio	23
1.1.1 Ubicación del yacimiento de arcilla La Cañada y vidrio volcánico Jiguaní	23
1.1.1.1 Relieve	24
1.1.1.2 Red hidrográfica	24
1.1.1.3 Clima.....	24
1.1.1.4 Vientos	25
1.1.1.5 Vegetación.....	25
1.1.1.6 Economía de la región	25
1.1.1.7 Red de comunicaciones.....	25
1.1.1.8 Constitución geológica del yacimiento	26
1.1.2 Ubicación del yacimiento de “Vidrio volcánico Jiguaní”	27
1.1.2.1 Relieve	28
1.1.2.2 La red hidrográfica	28
1.1.2.3 Clima.....	28
1.1.2.4 Vientos	29
1.1.2.5 Economía de la región	29
1.1.2.6 Red de comunicación	29
1.1.2.7 Constitución geológica del yacimiento “Vidrio volcánico Jiguaní”	30
CAPÍTULO II: MÉTODOS Y MATERIALES UTILIZADOS EN LA INVESTIGACIÓN	33



2.1	Materiales	34
2.1.1.	Preliminar	34
2.1.2.	Trabajos de campo	34
2.1.3.	Toma de muestra	34
2.1.4.	Trabajos de laboratorio	35
2.1.6.	Preparación de las muestras	36
2.1.6.1	Extracción y molienda de las Tobas Vítreas	37
2.1.6.2	Maduración de las arcillas	37
2.1.6.3	Tamizado	37
2.1.6.4	Mezcla de los materiales	37
2.1.6.5	Moldeado	38
2.1.6.6	Secado	38
2.1.6.7	Cocción	38
2.2	Preparación de las mezclas para la conformación de los ladrillos	38
2.3	Elección de las mezclas para la preparación de los ladrillos	39
2.3.1	Elección de los parámetros a ensayar	39
2.3.2	Preparación de los materiales en cuanto a su dosificación	39
2.4	Metodología para la realización de los ensayos	40
2.4.1	Ensayo de la contracción total	41
2.4.2	Ensayo de Absorción de agua	41
2.4.3	Ensayo de resistencia a la compresión	42
CAPÍTULO III: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS E IMPACTO MEDIOAMBIENTAL		44
3.1	Análisis de los resultados	44
3.1.1	Análisis de los resultados de Contracción del ladrillo	44
3.1.2	Peso del ladrillo natural	46
3.1.3	Absorción	47
3.1.4	Resistencia a la compresión	49
3.2	Impacto Medio ambiental	50
3.2.1	Problemas ambientales en las diferentes etapas del proceso	50
3.2.1.1	Extracción de las arcillas	50
3.2.1.2	Extracción de yacimientos de tobas vítreas	52
CONCLUSIONES		54
RECOMENDACIONES		55



BIBLIOGRAFÍA	56
---------------------------	-----------

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Producción de ladrillos de barro por organismo en Cuba	3
Tabla 2 Clasificación petrológica y granulométrica	9
Tabla 3 Composición química de la arcilla del yacimiento "La Cañada"... ¡Error! Marcador no definido.	
Tabla 4 Química: composición química (media "Yacimiento de vidrio volcánico Jiguaní")	32
Tabla 5 Dosificaciones que se utilizaron en cuanto por ciento (%).....	40
Tabla 6 Dosificaciones en cuanto peso en (kg).....	40
Tabla 7 Contracción al secado natural (Longitudinal en cm)	45
Tabla 8 Contracción Total (longitudinal en cm)	45
Tabla 9 Peso inicial.....	46
Tabla 10 Peso Final del ladrillo	46
Tabla 11 % Final del ladrillo	47
Tabla 12 Peso del ladrillo antes de entrar a la piscina	48
Tabla 13 Absorción del agua	48
Tabla 14 % de absorción	48
Tabla 15 Resistencia a la compresión	49
Tabla 16 Rango de variación de las propiedades físico mecánicas estudiadas según la norma NC 360:2005 y NC 359:2005.	50



INTRODUCCIÓN

La industria de materiales de la construcción, surge fundamentalmente para satisfacer las necesidades habitacionales de una sociedad cada vez más creciente, teniendo como pilar fundamental los ladrillos de barro los cuales han acompañado al hombre desde los primeros albores de su desarrollo. Tanto en la elaboración de sus casas como en la confección de objetos para guardar los alimentos; es por ello que la utilización de las arcillas como material de construcción es antiquísimo. Su empleo inicial fue de una manera empírica basándose principalmente en los logros y errores, pero en la medida que la humanidad fue aumentando su conocimiento, se mejoró en la práctica de las mezclas cerámicas y de esta manera tuvo una tendencia gradual de convertirse en una industria con una técnica y tecnología propia, donde se asimilaron las leyes de las llamadas ciencias exactas, de lo cual surgió su protagonismo en la sociedad y los cambios tecnológicos del mundo actual.

La palabra cerámica proviene del griego (keramiks) figura de tierra. El hombre comenzó su desarrollo como ceramista aproximadamente en el siglo xv antes de nuestra era y fueron los ladrillos los materiales de construcción más antiguos de que se tiene conocimiento.

Las arcillas son comúnmente rocas sedimentarias formadas por varios silicatos e hidrosilicatos procedentes de la descomposición de los feldespatos los cuales provienen de las rocas volcánicas.

Esta industria cerámica se caracteriza por abarcar todos aquellos artículos elaborados que contengan en sí arcillas o caolines, los cuales concluye con la cocción, por lo que constituye después de la industria del cemento la que más combustible utiliza. (De Las Cuevas, J).

En la producción de cerámica roja tenemos como principales productos la confección de ladrillos, tejas francesas incluyendo criollas, losas, tubos, conexiones de drenaje, figuras decorativas y útiles del hogar.

Como consecuencia de la adaptación del hombre al medio que lo rodea surge el propio ladrillo, pues como era lógico suponer en aquellos países o regiones que no abundaban las rocas consolidadas y sí las arcillas, se construía con esta última.



Los primeros ladrillos de los que se tiene conocimiento son de la antigua Mesopotamia y de El Antiguo Egipto, donde estos eran confeccionados por una mezcla o pasta de arcilla con una proporción más o menos de arena y pajas de trigo o cebada, la cual era machacada y secada simplemente al sol.

Las arcillas constituyen la principal materia prima en la fabricación de elementos cerámicos para la construcción. Sus características físicas, químicas y mineralógicas varían ampliamente, incluso entre las capas de un mismo depósito arcilloso. Por tanto, en cualquier industria cerámica la calidad de las producciones finales está determinada por la caracterización y las propiedades de las materias primas (arcillas).

La principal propiedad de las arcillas es la de formar una pasta cuando se le añade agua, pudiendo de esta forma lograr su principal fin que es el de ser un material tan versátil que se puede confeccionar con ella casi cualquier producto, esta propiedad es la denominada plasticidad, teóricamente se admite que esto se produce por la lubricación que proporciona el agua en la estructura laminar de la misma. Las propiedades mecánicas de las arcillas se van modificando mediante el proceso de desecación, a medida que se va reduciendo el contenido de agua, se produce un aumento de la solidez, dureza y una disminución de la plasticidad.

Diferente es el endurecimiento por cocción, el cual se realiza a temperaturas elevadas, que van produciendo las modificaciones en las propiedades físicas mecánicas del producto finalizado.

La industria de la construcción, que agrupa variados procesos industriales tradicionales, específicamente la producción de materiales cerámicos, se ha visto afectada por los altos costos de los combustibles y uso de fuentes energéticas exigidos en el secado y la cocción de este material y en el caso específico de la industria de bloque cerámicos, ha propiciado una sensible disminución de los niveles de producción, agudizándose en un mayor grado en los países del Tercer Mundo. Aparejado a ello la incidencia que tiene en la contaminación del medio ambiente. Por otra parte, genera cambios significativos en la morfología del entorno natural debido a la extracción de la materia prima. Es por esta razón que disminuir las afectaciones al medio y racionalizar la energía incorporada al



proceso de cocción constituyen uno de los retos más importantes de esta industria.

En Cuba no se conoce a ciencia cierta la fecha precisa en la cual se comenzó a producir la cerámica roja pero según (Emilio Roig de Leuchering), ya en 1550 algunos de los vecinos más ricos poseían construcciones de piedra, ladrillos y tejas de barro. La producción de elementos de la cerámica roja se comenzó a desarrollar en el año 1958 en 307 centros diseminados por todo el país.

En el año 1962 el MICONS contaba en sus centros subordinados con 103 hornos. En el año de 1971 se instaló en Bayamo una planta que contaba con tecnología de punta para producir elementos de pared con el uso de cerámica roja con una producción anual de unos 2 millones de bloques aligerados.

Nuestro país presenta un desarrollo apreciable en la industria de materiales de la construcción y fundamentalmente en la industria de la cerámica donde su principal materia prima son las arcillas tanto las denominadas blancas como las rojas. Entre las principales provincias que se destacan en la producción y utilización de esta materia prima mineral están: La Habana, Villa Clara, Camagüey, Las Tunas, Holguín y Granma.

Organismo	Cantidad	%	% de la prod.
MINC	23	13,5	51,6
Minaz	11	6,5	1,9
Minargar	24	14,1	8,6
P.P	112	65,9	37,9
Total	170	100	100

Tabla 1: Producción de ladrillos de barro por organismos en Cuba



Planteamiento de la problemática

La recapitalización de la industria de materiales para la construcción se vio frenada por la falta de presupuestos y la carencia de una política de inversión, que sustentada en un análisis profundo de los problemas productivos, se pudieron definir prioridades y problemas claves de intervención. Que posibilitará una rápida recuperación y la potencialidad de continuar con las transformaciones motivadas por los dividendos obtenidos.

Si se profundiza en la valoración de la producción de elementos cerámicos, está debe ser una actividad económicamente rentable desde el punto de vista de los gastos en recursos; ya que su costo fundamentalmente se encarece por el uso de la fuerza de trabajo y altos consumos de portadores energéticos (combustibles y lubricantes). Coincidentemente los factores que originan los problemas (alto consumo de energía, derrames de combustibles, entre otros), según estudios preliminares; también crean impactos medio ambientales negativos.

Este estudio posibilitará crear las bases para profundizar en el análisis y empleo del aditivo de tobas vítreas en la producción de ladrillos de barro y en otros materiales para la construcción, logrando alternativas de mejoras en la calidad de los productos y disminuyendo los índices de rotura de los mismos. Por todo lo anteriormente planteado se propone el siguiente problema científico.

Problema: El insuficiente conocimiento de las propiedades físico mecánicas de las mezclas arcillosas de la cantera La Cañada y del aditivo, tobas vítreas; para su utilización en la confección de ladrillos cerámicos.

Objeto: Yacimiento de arcilla La Cañada y de tobas vítreas de Jiguaní en la provincia Granma.

Campo de acción: Comportamiento de las mezclas de arcillas con el aditivo de tobas vítreas.



Hipótesis: Si se logra mejorar las propiedades físico - mecánicas de las mezclas, es posible aumentar la calidad de los productos y la vida útil de la cantera.

Objetivos

General: Evaluar las mezclas de arcillas, de la cantera La Cañada, con las tobas vítreas como aditivo, a través de sus propiedades físico – mecánicas, para su uso en la producción de ladrillos en la industria de materiales de la construcción.

Específicos

1. Desarrollar los elementos teóricos y conceptuales que sustentan la investigación.
2. Determinar las propiedades físico - mecánicas de las mezclas de arcillas de la cantera La Cañada y el aditivo de tobas vítreas.
3. Proponer las mezclas adecuadas de arcilla con tobas vítreas para su utilización en la fabricación de ladrillos cerámicos, a partir de la comparación con las normas cubanas establecidas para los ladrillos de barro.
4. Valorar su posible uso como material desgrasante para disminuir la plasticidad.

Tareas

1. Análisis bibliográfico de trabajos relacionados con el objeto de la investigación.
2. Elaboración de mezclas para el logro de objetos experimentales (ladrillos).
3. Evaluación de las propiedades físico - mecánicas a partir de los ensayos de contracción, absorción de agua y resistencia mecánica a la compresión.

Aporte técnico

La obtención de un mejor ladrillo a partir de la mezcla de arcilla con toba vítrea.



MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

Generalidades

Para la confección de este trabajo se realiza un análisis sobre los diferentes aspectos que se encuentran relacionados con los temas discutidos en la bibliografía consultada, acerca de las arcillas, con el objetivo de disponer de los elementos básicos para la realización del trabajo. Se expone el estado del arte, las conceptualizaciones y consideraciones teóricas sobre las arcillas.

Términos empleados en el campo de la cerámica

El término arcilla se usa habitualmente con diferentes significados:

- Desde el punto de vista mineralógico, engloba a un grupo de minerales (minerales de la arcilla), filosilicatos en su mayor parte, cuyas propiedades físico-químicas dependen de su estructura y de su tamaño de grano, muy fino (inferior a 2 μm).
- Desde el punto de vista petrológico la arcilla es una roca sedimentaria, en la mayor parte de los casos de origen detrítico, con características bien definidas. Para un sedimentólogo, arcilla es un término granulométrico, que abarca los sedimentos con un tamaño de grano inferior a 2 μm .
- Para un ceramista una arcilla es un material natural que cuando se mezcla con agua en la cantidad adecuada se convierte en una pasta plástica.

Desde el punto de vista económico las arcillas son un grupo de minerales industriales con diferentes características mineralógicas y genéticas y con distintas propiedades tecnológicas y aplicaciones.

La arcilla está constituida por agregados de silicatos de aluminios hidratados, procedentes de la descomposición de minerales de aluminio. Presenta diversas coloraciones según las impurezas que contiene, siendo blanca cuando es pura. Surge de la descomposición de rocas que contienen feldespato, originada en un proceso natural que dura decenas de miles de años.

Físicamente se considera un coloide, de partículas extremadamente pequeñas y superficie lisa. El diámetro de las partículas de la arcilla es inferior a 0,002 mm. En la fracción textural de arcilla puede haber partículas no minerales, los fitolitos. Químicamente es un silicato hidratado de alúmina, cuya fórmula es: $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$



H₂O. Son el producto de disgregación total o parcial de las rocas ígneas por acción del agua y los agentes atmosféricos (en especial el dióxido de carbono).

En el proceso de generación de las arcillas estas se ven sometidas a largos períodos de tiempo (eras geológicas), temperaturas y presión determinadas por las regiones en las que se encuentran. Por esta razón el término industrial de la arcilla no corresponde a una composición química o mineralógica definida; las arcillas son mezcla de diversas especies minerales, esto dependerá de la composición de la roca madre de partida. Esto hace muy complicado el estudio de las mismas y la evaluación de los yacimientos que, por el mismo motivo, presentan una elevada heterogeneidad. El término caolín, sin ser mucho más preciso, designa a una arcilla con un elevado porcentaje de caolinita (mínimo 80%) y con un bajo contenido de impurezas, especialmente, en el contenido de óxido de hierro. La composición teórica de la caolinita es: Alúmina (Al₂O₃): 39,56 %, óxido de silicio (SiO₂): 46,54 %, y agua (H₂O): 13,90 % en masa. En las arcillas naturales dichos porcentajes son distintos por la presencia de otros minerales y de impurezas como son: el óxido de titanio, calcio, magnesio, potasio, sodio y hierro. El contenido importante de éste último es característico de las arcillas rojas utilizadas en la fabricación de ladrillos y tejas.

Podríamos definir la cerámica como el conjunto de productos basados en la arcilla ó el caolín transformados por la acción del fuego. Otra definición podría ser la masa o cuerpo formado por una o más arcillas y que posee los requisitos necesarios para ser trabajado a mano, al torno, con moldes, mediante estampado o a presión.

En la preparación de una pasta cerámica existen tres ingredientes principales: los elementos plásticos, los magros o desengrasantes y los fundentes. La proporción y calidad de estos tres ingredientes determinará el producto cerámico. (Hidalgo Sánchez Y).



Elementos plásticos: son las arcillas y caolines que forman la base de las pastas cerámicas debido a su plasticidad.

Elementos magros o desengrasantes: Son la sílice, la arena, trozos molidos de terracota (chamota) y las arcillas silíceas. Son para reducir su excesiva plasticidad, para aumentar la porosidad así como facilitar el secado del objeto.

Elementos fundentes: son los feldespatos, las micas, la cal, los fosfatos, las filitas molidas, los vidrios pulverizados y las arcillas fundentes, ferrosas y calcáreas.

Podríamos definir la arcilla como una sustancia mineral terrosa compuesta en gran parte de hidrosilicato de alúmina la cual al mezclarse con agua se hace plástica y al someterla a un proceso de calcinación, logra adquirir una alta dureza comparable con la de las rocas. Otra definición podría ser la disgregación y descomposición de las rocas feldespáticas durante millones de años para dar lugar a partículas pequeñísimas.

Clasificación de las arcillas

Las arcillas se pueden clasificar de acuerdo con varios factores. Así, dependiendo del proceso geológico que las originó y a la ubicación del yacimiento en el que se encuentran, se pueden clasificar en:

Desde el punto de vista geológico

Se pueden distinguir entre primarias las del tipo hipogénico y residuales que permanecieron en el mismo lugar de su formación y las secundarias que fueron acarreadas a lugares diferentes al de su origen.

Fluviales: depositadas por ríos y siendo la mayor parte depósitos de baja calidad.

Lacustres: asentados en lagos y estando en capas uniformes de buena calidad.

En deltas: son arenosas y de composición irregular.

Glaciales: formadas por la acción de grandes masas de hielo sobre rocas cristalinas.

Si atendemos a la estructura de sus componentes, se distinguen las arcillas filitenses y las arcillas fibrosas.



También se pueden distinguir las arcillas de acuerdo a su plasticidad. Existen así las arcillas plásticas (entre las más plásticas se encuentran la bentonita y mormonillonita) y dentro de las poco plásticas tenemos la esméctica, que absorbe las grasas.

Por último, hay también las arcillas calcáreas, la arcilla con clastos, grava y bloques de piedra de las morrenas), la arcilla de descalcificación y las arcillitas (esquistos arcillosos)

Granulometría

Dentro de la clasificación granulométrica de las partículas del suelo, las arcillas ocupan el siguiente lugar:

No.	Partículas	Tamaño
1	Arcillas	< 0.002mm
2	Limos	0.002-0.06mm
3	Arenas	0.06-2mm
4	Gravas	2-6mm
5	Cantos rodados	6-25mm
6	Bloques	> 25mm

Tabla 2: Clasificación granulométrica

Propiedades físico-químicas de las arcillas

Las arcillas tienen capacidad de intercambio catiónico, es decir son capaces de cambiar fácilmente los iones fijados en la superficie exterior de sus cristales, en los espacios interlaminares, o en otros espacios interiores de las estructuras.

La capacidad de absorción es otra de las propiedades de las arcillas ya que pueden absorber agua u otras moléculas en el espacio interlaminar o en los canales estructurales. Las arcillas son eminentemente plásticas. Esta propiedad se debe a que el agua forma una envoltura sobre las partículas laminares produciendo un efecto lubricante que facilita el deslizamiento de unas partículas sobre otras cuando se ejerce un esfuerzo sobre ellas. Su elevada plasticidad se



debe a su morfología laminar, tamaño de partícula muy pequeña y a su alta capacidad de hinchamiento.

Todas las arcillas son refractarias, es decir resisten los aumentos de temperatura sin sufrir variaciones, aunque cada tipo de arcilla tiene una temperatura de cocción diferente.

La porosidad en las arcillas varía según el tipo de arcilla. Esta depende de la consistencia más o menos compacta que adopta el cuerpo.

Plasticidad: Mediante la adición de una cierta cantidad de agua, la arcilla puede adquirir la forma que uno desee. Esto puede ser debido a la forma del grano (cuanto más pequeña y aplanada es mayor la plasticidad), la atracción química entre las partículas, la materia carbonosa así como una cantidad adecuada de materia orgánica.

Podemos diferenciar las arcillas, teniendo en cuenta una de sus propiedades, como es la plasticidad, esta puede ser de dos tipos: las arcillas plásticas y las antiplásticas.

Arcillas plásticas: “Hacen” pasta con el agua y se convierten en moldeables.

Arcillas antiplásticas: que confieren a la pasta una determinada estructura, pueden ser químicamente inertes en la masa o crear una vitrificación cuando son expuestas a altas temperaturas (fundentes).

Merma: debido a la evaporación del agua contenida en la pasta se produce un encogimiento o merma durante el secado.

Refractariedad: todas las arcillas son refractarias, es decir resisten los aumentos de temperatura sin sufrir variaciones, aunque cada tipo de arcilla tiene una temperatura de cocción.

Porosidad: el grado de porosidad varía según el tipo de arcilla. Esta depende de la consistencia más o menos compacta que adopta el cuerpo cerámico después de la cocción. Las arcillas que cuecen a baja temperatura tienen un índice más elevado de absorción puesto que son más porosas.

Color: las arcillas presentan coloraciones diversas después de la cocción debido a la presencia en ellas de óxido de hierro, carbonato cálcico, etc.



Capacidad de absorción: algunas arcillas encuentran su principal campo de aplicación en el sector de los absorbentes ya que pueden absorber agua u otras moléculas en el espacio interlaminar (esmectitas) o en los canales estructurales (sepiolita y paligorskita).

La capacidad de absorción está directamente relacionada con las características texturales (superficie específica y porosidad) y se puede hablar de dos tipos de procesos que difícilmente se dan de forma aislada: absorción (cuando se trata fundamentalmente de procesos físicos como la retención por capilaridad) y adsorción (cuando existe una interacción de tipo químico entre el adsorbente, en este caso la arcilla, y el líquido o gas adsorbido, es denominado adsorbato).

La capacidad de adsorción se expresa en porcentaje de adsorbato con respecto a la masa y depende, para una misma arcilla, de la sustancia de que se trate. La absorción de agua de arcillas absorbentes es mayor del 100 % con respecto al peso.

Clases usuales de arcilla.

Caolín o arcilla de china.

Son arcillas primarias (aunque también existen caolín secundario) que se han formado por la meteorización in situ del feldespato. Sus partículas son de gran tamaño y por ello resulta menos plástico en comparación con otras arcillas. Están corrientemente mezclada con fragmentos de roca de feldespato y cuarzo; por ello se hace necesario utilizar algún método para su purificación. Su composición química se aproxima a la fórmula del mineral caolinita. Se trata de una arcilla altamente refractaria, con un punto de fusión por encima de los 1.800 ° C.

En la práctica, raramente se utiliza el caolín en sí mismo, dado su alto grado de refractariedad y su poca plasticidad, por ello se añaden a él otros materiales aunque se debe decir que no todos los caolines son iguales en color, plasticidad, dureza y composición química.

En general su grado de contracción es bajo debido al grosor de sus granos y tienen poca resistencia en seco.



Arcillas refractarias: esta arcilla no es un tipo propiamente dicho dado que se refiere a la resistencia, arcillas independientemente del color, pero si influye su plasticidad, dureza y composición química.

Cualquier arcilla que resista la fusión hasta alrededor de los 1.500°C puede considerarse como una arcilla refractaria, lo que significa que es relativamente pura y libre de hierro.

Estas arcillas son útiles para gran variedad de productos, principalmente en la fabricación de ladrillos refractarios y otras piezas para hornos, estufas, calderas, etc.

También son utilizadas como aditivos para las pastas de loza o de gacetas en los que se quiera aumentar la refractariedad.

Arcilla para barro cocido: arcilla para cacharros o arcilla de alfarería son muy corrientes y suelen contener hierro y otras impurezas minerales por lo que su grado de cocción es de 950-1.100°C. En bruto esta arcilla es roja, marrón, verdosa o gris por la presencia del óxido de hierro, y tras su cocción puede variar de color. Se trata de la materia común para los ladrillos, baldosas, tubos de drenaje, tejas, figuras decorativas y útiles del hogar.

La arcilla roja común: por sí sola es demasiado plástica, llegando a ser pegajosa, aunque a veces contiene arena u otros fragmentos pétreos que dificultan su plasticidad. Nos encontramos gran cantidad de esta arcilla en la superficie de la tierra, aunque a veces es inutilizable debido a su gran contenido en calcita o sales alcalinas solubles.

La arcilla azul: contiene mucha cal y se trata de la arcilla más plástica de todas al natural. Estando mojada tiene un color azul grisáceo que al cocerse se convierte en un color amarillento. Hay quien opina de ella que no es la arcilla ideal para la elaboración de objetos cerámicos, debido a que no tiene carácter suficiente y por su falta de color.

Arcilla de bola: se denomina arcilla de bola a una arcilla con mucha plasticidad y poco calcio que se extraía manualmente, a finales del siglo XIX, de los campos del sur de Inglaterra. Su nombre procede de las bolas que hacían los mineros para facilitar su extracción.



Utilización de fundentes en la producción de ladrillos cerámicos

Unas de las alternativas viables, que no se ha explotado suficientemente para lograr mejorar la contracción de los productos, que tengan una mayor eficiencia energética y mayor calidad de los productos de cerámica roja, es el uso de fundentes como aditivo a las pastas cerámicas; esta podría ser una alternativa mucho más económica a través de la disminución del consumo del combustible por la reducción de la temperatura de cocción en los hornos, provocando una disminución al impacto del medio ambiente.

Existe una gran variedad de fundentes siendo los más utilizados: los feldespatos, los silicatos, los carbonatos de calcio y magnesio, los vidrios pulverizados, tobas vítreas. Estos pueden ser usados como minerales presentes en la composición mineralógica de las mismas, durante el proceso de elaboración de las mezclas.

Feldespatos: las propiedades fundentes de los materiales feldespáticos dependen de su contenido de sílice libre y óxidos alcalinos, la relación entre el sodio y el potasio en ellos y la composición del cuerpo en el cual son introducidas. La acción fundente de los materiales feldespáticos aumenta a medida que el punto de fusión disminuye con el incremento de contenidos de óxidos alcalinos. La cantidad y el tipo de material feldespático dependen de la naturaleza del cuerpo cerámico producido.

Silicato de sodio: es un eficiente aditivo utilizado en la producción de productos cerámicos. Se usa específicamente en la confección de ladrillos, tejas y otros productos de arcillas cocidas. Al adicionarlos en la mezcla disminuye la cantidad de agua necesaria y aumenta la plasticidad de la misma, por lo que en la etapa de cocción disminuye la cantidad de energía necesaria para eliminar la humedad del ladrillo crudo.

Vidrio pulverizado: procedentes de botellas y recipientes de vidrio. Se ha comprobado que con una adicción de un 10 % de vidrio pulverizado a la masa de arcilla se logra reducir la temperatura de cocción en 100 °C, por lo cual se reduce en un 20 % el consumo de combustible utilizado y, a su vez, este fundente influye en el mejoramiento de las propiedades físico-mecánicas del material cerámico;



sobre todo el incremento de la resistencia a la compresión, en la disminución de absorción de agua y, por ende, mejora su durabilidad.

Carbonato de calcio: este mineral ejerce una acción fundente muy enérgica en las pastas cerámicas, rebajando la temperatura de cocción. Por la acción del calor, se descompone CaO y desprende CO₂, de ahí que se use también cuando se desea obtener cerámica porosa. Si aparece en la arcilla como granos grandes, la cal formada producto a la descarbonatación durante la cocción, tiende a hidratarse al salir del horno por acción del medio ambiente, produciéndoles grietas en el interior y erosión en la superficie de los productos, como resultado del aumento de volumen. En las pastas crudas actúa como antiplástico, aunque no reduce en el encogimiento, en el secado, tanto como la sílice.

Toba vítreas: La utilización de toba vítrea, como aditivo, en la industria de los materiales de la construcción es muy recientes, de ahí la poca información relacionada con estas investigaciones, no obstante los resultados arrojados por las mismas se pueden catalogar como buenos pues su papel fundente permite el ahorro de los combustibles que se utilizan en el proceso de cocción, también su uso como desgrasante permite que la contracción de los productos elaborados sea inferior, aunque la absorción de agua, puede variar según las cantidades de toba que se utilice. Cabo de Villa Figueral y Días Robaina E.

La mayoría de los fundentes mencionados son generalmente caros porque llevan un procesamiento industrial y su obtención no resulta tan simple ni económica para la comercialización. Se debe exceptuar a los carbonatos (solo moler hasta la finura deseada la roca caliza), a lo que se agrega su abundante disponibilidad, por lo que es uno de los más utilizados.

Mineralogía de los depósitos de arcilla en Cuba

En Cuba los depósitos de arcilla presentan los siguientes tipos genéticos; sedimentarios, residuales e hidrotermales con edades de pre-cuaternario hasta plioceno-cuaternario.



Sedimentarios: forman parte de los depósitos aluviales indiferenciados, aluvio-deluviales y aluvio-marinos, asociándose a distintas terrazas del cauce inferior de los ríos. De composición montmorillonítica e illítica forman desde capas extensas hasta lentes pequeños con intercalaciones de arenas y gravas. Espesor útil no mayor de la decena de metros. También forman parte de las formaciones pre-cuaternarios, con una composición predominante montmorilloníticas con variable contenido calcáreo, formando capas de espesor y extensión estables en las formaciones con predominio pelítico, pero en otras su distribución en el corte es pobre y con poco espesor.

Residuales: se asocian a las cortezas de intemperismo desarrolladas sobre las formaciones carbonatadas, metamórficas, vulcanitas, granitoides, serpentinitas y gabroides, su composición es montmorillonítica-illítica con contenido variable de caolín, en algunas regiones forman capas y lentes irregulares en el espesor y distribución, en dependencia de la intensidad de los procesos hipergénicos, con perdigones y contenido variable de fragmentos de roca madre. El espesor útil oscila en unos pocos metros.

Hidrotermal: se asocian a las lavas y tobas andesíticas alteradas hidrotermal e hipergénicamente, su composición es montmorillonítico-caolinítico con plasticidad de media hasta alta, forman capas irregulares y bolsones con fragmentos de roca madre y nódulos de carbonato de calcio y hierro, su espesor útil es variable y no excede los 10m.

Tobas vítreas

Las tobas vítreas son rocas de origen sedimentario, las cuales se forman por los procesos de acumulación y compactación de las cenizas volcánicas, Estas son el resultado de un largo proceso geológico que consta de miles de millones de años. Las rocas resultantes son de características muy particulares puesto que presentan poco peso por gran cantidad de poros presentes. Por sus características físicas y químicas son un excelente aditivo para los materiales de la construcción, además presenta propiedades fundentes de las cuales se están realizando diversos trabajos investigativos, por lo tanto se puede experimentar en



la confección de los ladrillos de cerámica y de esta manera poder conocer sobre las nuevas propiedades que este material le brindará a los ladrillos.

Las tobas vítreas tienen posibilidades de uso en: aislante térmico, relleno de plástico y goma, decapado de metales, pulido de vidrio, tratamiento de residuales, fabricación de lozas antiácidas y filtrante.

Las tobas se utilizan en forma de piedra aserrada para las mamposterías de paredes en edificios y viviendas, para hacer tabiques y pisos resistentes al fuego, como piedra decorativa, lo que es favorecido por la existencia de tobas de diversos colores, además trituradas para hormigones ligeros.

Antecedentes de la investigación

En Cuba la industria cerámica ha tenido un amplio desarrollo a partir de 1959, sin embargo, este desarrollo y sobre todo, las investigaciones, estudios y los resultados a los que se ha llegado, no han quedado en la memoria escrita de nuestros archivos.

Existen actualmente muchas normas técnicas para la producción y el control de la calidad de ladrillos, azulejos y otros productos de la industria de los materiales de la construcción, sin embargo no se cuenta con mucha información sobre los productos cerámicos utilitarios y ornamentales, los cuales a pesar de tener características similares, no presentan los mismos requerimientos de calidad que los primeros.

No obstante varios autores han realizado numerosas investigaciones relacionadas con la caracterización de los yacimientos arcillosos con el objetivo de valorar sus potencialidades como materia prima en la industria de cerámica roja.

Cabo de Villa Figueral, Sergio. 2010 realizó una valoración de mezclas de arcillas de la región de Centeno, Moa, Holguín; para su utilización en la industria de materiales locales. El mismo llegó a las conclusiones de que las mezclas de arcillas con adición de tobas vítreas para la producción de ladrillos, presentan mayor absorción de agua a medida que se aumenta el contenido de esta última, experimentando mayor pérdida de peso al cocerla hasta 750 °C, lo que facilita la



colocación de los ladrillos cerámicos e incrementa las propiedades de aislamiento térmico y acústico.

Villar Reyes, Rafael, 2005 en el Proyecto de actualización del yacimiento Arcilla Bayamo, Provincia Granma se demostró que el mismo está formado por arcillas, arcillas arenosas, arenas arcillosas, gravas y gravas arenosas.

Sosa Díaz, Jorge A. 2011 en el Informe sobre la Exploración adicional en la porción este del Yacimiento Arcilla Bayamo, determinó que las mismas son de origen aluviales, de sedimentos muy finos donde se aprecian finas capas o intercalaciones con granulometrías más gruesas y capas con alto contenido de carbonato de calcio.

Investigadores del territorio (Orozco, 1995; Leyva, 1996) determinaron el origen geológico de las arcillas en Moa, el cual está dado por la existencia de manifestaciones de arcillas caoliníticas, de las cuales una parte considerable se encuentra relacionada con cuerpos de gabros de diversas dimensiones.

Díaz, Yosvany; Betancourt, Dania y Martirena, Fernández. 2011 realizaron una investigación acerca de la influencia de la finura de molido de Carbonato de Calcio en las propiedades físicas-mecánicas y de durabilidad de los ladrillos de cerámica roja, donde se demostró que la finura del carbonato de calcio adicionado en muy pequeñas dosis (a partir de los 150 μm) comienza a ser beneficioso para la calidad de material en pequeñas cantidades (menos del 10 % del peso de la arcilla).

Santos Amado, José Darío; Malagón Villafrades, Pedro Yesid y Córdoba Tuta, Elcy María. 2009 caracterizaron las arcillas para la preparación de pastas cerámicas para la fabricación de tejas y ladrillos en la región de Barichara, Santander (Colombia) los cuales utilizaron tres tipos de arcilla, demostrándose que la homogenización de estas cumple con los requisitos necesarios para la fabricación de cerámicos de la construcción.

CAPÍTULO I: CARACTERIZACIÓN FÍSICO-GEOGRÁFICA Y GEOLÓGICA DE LA REGIÓN Y ÁREAS DE ESTUDIO

Características geológicas regionales

Desde el punto de vista geológico el área se encuentra dentro del denominado Bloque Oriental Cubano, el cual es el más oriental de los tres grandes bloques que constituyen la estructura geológica cubana, con límites muy bien definidos por los siguientes sistemas de fallas regionales.

Sistema de fallas Cauto-Nipe al oeste-noroeste.

Falla transformantes de Bartlett al sur.

Falla de Sobrecorrimiento Sabana al norte.

Estas fallas se cortan formando un triángulo. Además el Bloque Oriental Cubano está muy cerca del límite entre las Placas Norte Americana y Caribe; posición esta que lo hace muy vulnerable a movimientos sísmicos.

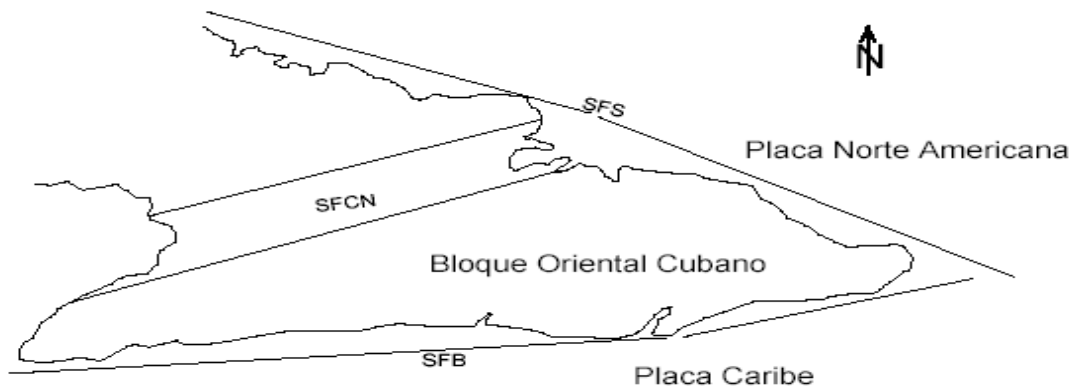


Figura 1 Mapa de Ubicación Geológica. Nombre de los Sistemas de Fallas: SFS, Sistema de Falla Sabana; SFB, Sistema de falla Bartlett; SFCN, Sistema de Fallas Cauto-Nipe.

En 1996, Iturralde Vinent, reconoce en la constitución geológica del archipiélago cubano dos elementos estructurales las unidades geológicas que la integran, principales: El Cinturón Plegado y El Neoautóctono.

El Cinturón Plegado, está constituido por terrenos oceánicos y continentales deformados y metamorfizados de edad pre-Eoceno Medio, que ocupan en la actualidad una posición muy diferente a la original, representando grandes entidades paleogeográficas que marcaron la evolución del Caribe Noroccidental. El autor divide al cinturón plegado en unidades continentales y unidades oceánicas.

En Cuba Oriental las unidades continentales están representadas por el Terreno Asunción, compuesto por dos unidades litoestratigráficas bien diferenciadas, la Fm. Sierra Verde y la Fm. La Asunción, constituidas por materiales metaterrígenos y metacarbonatados respectivamente, del Jurásico Superior – Cretácico Inferior.

Las unidades oceánicas están constituidas por las ofiolitas septentrionales, las rocas del arco de islas volcánicas del Cretácico (Paleoarco), las secuencias de las cuencas de piggy back del Campaniense Tardío-Daniense, el arco de islas volcánico del Paleógeno y las rocas de las cuencas de piggy back del Eoceno Medio-Oligoceno. El Neoautóctono está constituido por materiales terrígenos carbonatados poco deformados del Eoceno Superior Tardío al Cuaternario que cubren discordantemente las rocas del cinturón plegado.



Figura 2: Mapa Geológico de Cuba Oriental



Esta última concepción es la más generalizadora de todas las empleadas hasta el momento, incluyendo en ellas las anteriores realizadas. Hay que destacar que dentro de las unidades oceánicas del cinturón plegado se enmarca nuestra investigación.

Tectónica

El Bloque Oriental Cubano está comprendido desde la falla Cauto-Nipe hasta el extremo oriental de la isla, presenta una tectónica caracterizada por su alta complejidad, dado por la ocurrencia de eventos de diferentes índoles que se han superpuesto en el tiempo y que han generado estructuras que se manifiestan con variada intensidad e indicios en la superficie (Rodríguez, A. 1998a, 1998b).

Este bloque se caracteriza por el amplio desarrollo de la tectónica de cabalgamiento que afecta las secuencias más antiguas (Campos, 1983)¹.

Localmente esta complejidad en la región de estudio se pone de manifiesto a través de estructuras fundamentalmente de tipo disyuntivas con dirección noreste y noroeste, que se cortan y desplazan entre sí, formando un enrejado de bloques y micro bloques con movimientos verticales diferenciales, que se desplazan también en la componente horizontal y en ocasiones llegan a rotar por la acción de las fuerzas tangenciales que los afectan como resultado de la compresión (Campos, 1983, 1990; Rodríguez, A.1998a, 1998b). También se observan dislocaciones de plegamientos complejos, sobre todo en la cercanía de los contactos tectónicos (Campos, 1983, 1990).

En las secuencias más antiguas (rocas metamórficas y volcánicas), de edad mesozoica, existen tres direcciones fundamentales de plegamientos: noreste-suroeste; noroeste-sureste y norte-sur, esta última característica para las vulcanitas de la parte central del área. Las deformaciones más complejas se observan en las rocas metamórficas, en la cual en algunas zonas aparecen fases superpuestas de plegamientos (Campos, 1983, 1990).

A fines del Campaniano – Superior – Maestrichtiano ocurre la extinción del arco volcánico Cretácico Cubano, iniciándose la compresión de Sur a Norte que origina, a través de un proceso de acreción, el emplazamiento del complejo ofiolítico según un sistema de escamas de sobrecorrimiento con mantos tectónicos



altamente dislocados de espesor y composición variada. Los movimientos de compresión hacia el Norte culminaron con la probable colisión y obducción de las paleounidades tectónicas del Bloque Oriental Cubano sobre el borde pasivo de la Plataforma de Bahamas.

En las rocas paleogénicas y eocénicas la dirección de plegamiento es Este-Oeste, mientras que las secuencias del Neógeno poseen yacencia monoclinal u horizontal (Campos, 1983, 1990).

Los movimientos verticales son los responsables de la formación del sistema de Horst y Grabens que caracterizan los movimientos tectónicos recientes, pero hay que tener en cuenta la influencia que tienen sobre Cuba Oriental los desplazamientos horizontales que ocurren a través de la falla Oriente (Bartlett-Caimán) desde el Eoceno Medio-Superior (Draper y Barros, 1994), que limita la Placa Norteamericana con la Placa del Caribe, generándose un campo de empuje con componentes fundamentales en las direcciones norte y noreste (Rodríguez, A. 1999), que a su vez provocan desplazamientos horizontales de reajuste en todo el Bloque Oriental Cubano.

La tectónica de la parte suroriental de Cuba está determinado por su posición en la zona de interacción de las placas litosféricas Norteamericana y Caribeña, encontrándose relacionada indisolublemente con la fosa profunda de Oriente al Sur, la depresión grave sin forma Cauto-Nipe al NW y la depresión Central Cuenca de Guantánamo al NE (Flores & Millán 1998). La Cuenca Cauto ubicada al Oeste de Cuba Oriental tiene la forma de un triángulo alargado, representando una zona deprimida rellena de grandes espesores de sedimentos del terciario y el cuaternario. Limita tectónicamente al Norte con la Falla Axial y el Elevado de Nipe; al Oeste con el sistema de fallas de rumbo deslizantes Cauto-Nipe (NW) que limita las Tunas con Granma; al Sur con la falla Bartlett y al Este con el sistema de fallas rumbo deslizantes Cauto-Nipe (SE) que limita a la Sierra Maestra de la Cuenca Cauto.

Los movimientos tectónicos recientes de la corteza terrestre han sido objeto de valoraciones según la evaluación ingeniero-geomorfológicas de los datos estadísticos de la red altimétrica nacional de alta precisión. El análisis conjunto de



los perfiles geólogo-geomorfológicos complejos y de las velocidades relativas de los movimientos (Almirall et al. 1994), permitió la confección del esquema de las tendencias generales de la geodinámica reciente del sector centro-meridional de la Cuenca del Río Cauto, del cual se infiere que:

Para la periferia septentrional (incluyendo toda la llanura Sabanilla, paleosectora de la cuenca hidrográfica del Cauto, situada al Sur de Campechuela y Manzanillo) es característico un incremento general de los descensos relativos del SW (-2 a -3 mm/año) al NE (-6 a -7 mm/año), en dirección a la depresión Cauto.

El carácter general del incremento de los descensos refleja que la llanura no posee una morfoestructura plicativa sino de bloque-falla. La depresión Cauto se caracteriza por descensos generales, los cuales crecen hacia el Este, alcanzando en su parte central de (-12 a -15 mm/año).

Investigaciones sobre la geodinámica de Cuba Oriental reflejan descensos entre (-2.5 y -7 mm/año) para la región axial de la cuenca del Cauto, las cuales se evidencian en el perfil complejo de la línea geodésica Holguín-Bayamo y en el mapa general de los movimientos de ese móvil territorio.

El análisis de los gradientes de las velocidades relativas de los movimientos tectónicos recientes, refleja una fuerte actividad neotectónica en la depresión, la cual se corresponde con la diferenciación morfoestructural, las manifestaciones sísmicas y los jóvenes procesos de formación de grietas, que determinan en ocasiones la formación de generaciones de deslizamientos en el joven cañón del Río Cauto, como ocurrió pocos años atrás en el poblado La Yaya.

La interpretación en la estructura profunda a través del corte transversal de Cuba suroriental, refleja la correspondencia entre la diferenciación morfoestructural, el campo gravimétrico y el régimen espacial de la endodinámica reciente de la Cuenca Cauto, región cubana demarcada y sostenida subsidencia durante la segunda parte del presente siglo.

En Cuba, durante la etapa neotectónica (Mioceno-Cuaternario) del desarrollo del relieve se originaron numerosas cuencas superpuestas de subsidencia, entre las que sobresalen la depresión Cauto-Nipe, la cual en el Pleistoceno Superior-Holoceno experimentó una inversión de su régimen tectónico, con ascensos

débiles que originaron la formación de varios pisos de llanuras y espectros de terrazas marinas fluvio-marinas y fluviales. De acuerdo a las mediciones geodésicas repetidas se detectó una tendencia actual a los descensos (nueva inversión geodinámica), que alcanza en su zona central valores de hasta -14 mm/año y menos acentuados hacia las partes periféricas de Cabo Cruz-Manzanillo con valores entre (-1 y -6 mm/año) y aún más actualizados del orden (-2.5 a -7mm/año). Paralelamente a los cambios glacioeustáticos, en este caso en sentido opuesto, el régimen natural de interacciones hidrológicas entre el acuatorio marino del Golfo de Guacanayabo y potencial freático de la Cuenca Cauto ha sufrido sensibles rupturas de su equilibrio dinámico, debido a la transformación ingenieril del gasto fluvial de esta última por la construcción de embalses con fines socio-económicos y preventivos ante los riesgos por devastadoras inundaciones. (HIDALGO-SANCHEZ,2013).

1.1 Ubicaciones geográficas de las áreas de estudio



Figura 3: Mapa de Granma

1.1.1 Ubicación del yacimiento de arcilla "La Cañada" y "Vidrio Volcánico Jiguaní".

El depósito de arcilla "La Cañada" se encuentra ubicado en el municipio de Bayamo, Provincia de Granma, enmarcada en la hoja cartográfica 1: 25 000, No. 4877-II- Cr. Bayamo, ocupando una superficie de 5,72 Ha delimitado por las coordenadas Lambert del Sistema Cuba Oriental.

X- Este

(518 800-519 100)

Y- Norte

(187 700-188 100)

El sector se encuentra a 4 km del centro de Bayamo, adyacente a la carretera de Manzanillo y aproximadamente a 500 m de la planta de cerámica "La Cañada", a unos 300-400m al este del depósito del río Bayamo.



Figura 4: Foto Yacimiento de "La Cañada"

1.1.1.1 Relieve

Es relativamente llano incrementando su cota hacia el oeste a partir del cauce del río. En la parte norte del sector se observan profundas cañadas de la erosión de antiguos cauces y corrientes superficiales.

1.1.1.2 Red hidrográfica

Se presenta muy desarrollada, estando representada en lo principal por el Río Bayamo, Cauto, Guisa y Cautillo, así como algunos arroyos y canales artificiales.

1.1.1.3 Clima

Es un clima tropical húmedo, sometido a la acción de los vientos alisios del NW en el invierno y de ENE en verano. De acuerdo a la distribución de las precipitaciones atmosférica, se determina en el año dos períodos, el húmedo y el período seco con 200-300 mm que resulta insuficiente para el abastecimiento de agua a algunos tipos de cultivos y para el consumo de animales, entre 600 y hasta 1100-



300 mm, con una media anual de la provincia de 1350 mm. Los valores más bajos de lluvias en la provincia se registran hacia zonas de Cauto Cristo, Río Cauto, Jiguaní y Pílon. En el Valle del Cauto las zonas de muy bajas pluviosidad, reflejan láminas de 800 mm anuales o menos, convirtiéndose en una de las llanuras más secas de la isla, provocando la concentración de altos contenidos de sales. Los valores extremos de temperatura han sido registrados en los meses de septiembre (verano) y enero (invierno). La temperatura media anual oscila entre los 24 y 26⁰C, con mínimas entre (19,6 y 22,2 ⁰C) y máxima que fluctúan entre los (30,0 y 32,5⁰C).

1.1.1.4 Vientos

Son frecuentes los vientos alisios en dirección Este predominantemente de junio a septiembre, aunque pueden rotar al SE en zonas costeras. En el período octubre-diciembre hasta enero se dirige al NE y de febrero a mayo se inclinan del N al NE. En general se registran velocidades medias en la costa, con máximas anuales asociadas al paso de sistemas frontales, centros de bajas presiones extra tropicales, tormentas locales severas, perturbaciones ciclónicas y huracanes. La velocidad media provincial del viento es de 10 Km/h.

1.1.1.5 Vegetación

En el yacimiento de arcillas La Cañada se presenta zonas de pastos, otras zonas con arbustos y aislados árboles tanto frutales como maderables.

1.1.1.6 Economía de la región

Se enmarca principalmente en la agricultura predominando el cultivo de arroz y la caña de azúcar. El desarrollo industrial está representado por la fabricación de productos de cerámica roja, la fábrica de productos lácteos (Nestlé), la pasteurizadora El Alba y la industria de Sakenaf II, procesadora de fibras kenaf, el Central Arquímedes Colina, la industria de materiales de construcción y la Fábrica de helados La Nestlé.

1.1.1.7 Red de comunicaciones

Está compuesto principalmente por la carretera Bayamo-Santiago de Cuba, la carretera Bayamo-Manzanillo-Niquero, la carretera central; el tramo que va desde



Holguín-Bayamo y la carretera que une a Bayamo con las Tunas. El área en estudio está conectada al Sistema Electroenergético Nacional y a la Red Telefónica.

1.1.1.8 Constitución geológica del yacimiento

El sector La Cañada está ubicado en la zona de depósito de los sedimentos aluviales del Holoceno al (Qv) acumulado en la paleocuenca del Río Bayamo los cuales están representados por sedimentos friables de las facies del cauce y planos de inundación destacándose en su corte las arcillas de variable plasticidad con oscilaciones e intercalaciones de productos limo-arenoso y arenas gravosas.

La morfología del área del sector se constituye por un relieve de ligera inclinación hacia el oeste. El cauce del Río Bayamo presenta desnivel relativo de aproximadamente unos (8.0 m) respecto a la parte oeste del sector.

En la mitad oriental del Río Bayamo se observa una zona baja, aparentemente del paleoceno, el cual hacia el norte (fuera del sector) presenta profundos cortes debido a la erosión, los que descubren espesores de arcillas de hasta (8,0 m) de potencia visible.

El corte litológico está cubierto por un espesor de suelo de aproximadamente de (0.2 m) con pastos, arbustos y aislados árboles frutales y maderables.

El sector productivo está constituido por dos tipos de arcillas. En la parte superior del corte yacen arcillas pardas de moderada plasticidad sin la presencia microscópica de carbonato de calcio. Su espesor en los laboreos de prospección fluctúa entre (1.50 m-1.90 m) disminuyendo su potencia hacia el oeste. Subyacen arcillas de color pardo amarillento de elevada plasticidad, los cuales presentan mayor espesor en la parte oeste del sector.



# Geólogo	# Labor	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	MnO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃	PPI	CaCO ₃
Q-1-1	20292	56,74	17,32	3,98	2,14	8,37	0,19	2,86	0,62	-0,1	5,98	8,32
Q-1-2	20293	58,05	17,2	4,12	2,17	8,43	0,19	0,98	0,62	-0,1	5,64	8,61
Q-2-3	20294	57,46	16,46	4,56	2,06	8,33	0,18	2,94	0,66	-0,1	5,58	9,53
Q-5-4	20295	58,6	17,97	2,21	2,03	8,89	0,2	2,94	0,63	-0,1	5,31	4,62
Q-4-5	20296	56,27	19,07	1,53	2,00	8,64	0,25	2,75	0,87	-0,1	6,81	3,2
Q-3-6	20297	5,73	18,3	1,59	2,00	8,53	0,25	2,6	1,16	-0,1	7,36	3,32
Q-7-7	20298	57,41	15,9	4,44	2,22	8,24	0,17	2,86	0,62	-0,1	6,09	9,28
Q-6-8	20299	58,12	17,34	1,71	1,68	8,16	0,24	2,68	0,95	-0,1	7,76	3,57

Tabla 3: Composición química de la arcilla del yacimiento "La Cañada"

1.1.2 Ubicación del yacimiento de "Vidrio volcánico Jiguaní"

Se encuentra situado en la parte norteña de la cordillera montañosa de la Sierra Maestra con una extensión territorial de 646,2 Km del municipio. Limita al Norte con el municipio de Cauto Cristo y Holguín al Sur con la provincia de Santiago de Cuba y el municipio de Guisa al Este con las provincias de Holguín y Santiago de Cuba y al Oeste con el municipio cabecera Bayamo. Se encuentra enmarcada en la hoja cartográfica 1: 50 000, No. 4977-III- Jiguaní, ocupando una superficie de delimitado por las coordenadas Lambert del Sistema Cuba Oriental.

X- Este
(541 900)

Y- Norte
(195 500)

El depósito de Tobas vítreas se encuentra ubicado en el municipio de Jiguaní en la localidad de (Pozo Viejo).



Figura 5: Foto Afloramiento del yacimiento "Vidrio volcánico Jiguaní"

1.1.2.1 Relieve

Es un relieve predominantemente llano aunque presenta algunas elevaciones las cuales se incrementan en las inmediaciones con la propia Sierra Maestra.

1.1.2.2 La red hidrográfica

El municipio cuenta además con una rica red hidrográfica, pues el mismo está atravesado por varios arroyos y cauces secundarios de los ríos principales los cuales son (El Cauto, Jiguaní, Contra maestre, Cautillo, Baire) por tanto el territorio se caracteriza por tener un extenso manto freático que favorece el abastecimiento alternativo de agua dulce a la población residente en el territorio. En Jiguaní, el paisaje natural característico de los campos cubanos es objeto de la atracción del turismo tanto nacional como foráneo.

1.1.2.3 Clima

Período lluvioso: desde (noviembre-abril) siendo los meses más afectados por estos periodos lluviosos, los cuales comprenden los meses de diciembre-marzo con un 69.2% teniendo menor influencia en los meses de inicio y fin de temporada. Temperatura: la zona de estudio recibe radiaciones solares con una oscilación térmica anual de unos (40 °C) en el año, la temperatura media para el periodo lluvioso es de (24,5 °C) y para el periodo cálido es de (26,8 °C).



Humedad relativa: en la zona de estudio la humedad relativa mensual es relativamente alta con unos valores que van desde 72% en los meses finales del periodo seco hasta un 82 % en los periodos de lluvia.

Precipitaciones: las precipitaciones atmosféricas comparadas con otros elementos del clima son las que experimentan mayores cambios en el tiempo y el espacio, por ello en la diferenciación del paisaje juega un papel primordial. La precipitaciones media anual para la zona de estudio es de 1071mm con dos períodos bien definidos, el lluviosos que es de mayo-octubre que reporta unos valores 864.1mm y el período seco de noviembre-abril registrando valores promedios de 206.9mm.

1.1.2.4 Vientos

Esta zona se haya expuesta a la influencia de los vientos alisios, así como a una mayor intensidad de las ondas del Este y las líneas pre frontal. Según la cronología de estos fenómenos meteorológicos, como las tormentas tropicales los vientos de entre 63 km/h y 117 km/h y en cuanto a los huracanes el viento es de más de 117 km/h es septiembre el mes con mayor afección seguido por octubre.

1.1.2.5 Economía de la región

El municipio es atravesado por varios ríos los cuales son El Cauto, Jaguaní, Contramaestre, Cautillo, Baire promoviendo la fertilidad de la región de sus campos, propiciando el desarrollo de sus actividades agropecuarias, fundamentalmente la ganadería, cuya producciones físicas se concentran en la obtención de leche, carne y sus derivados y en la parte agrícola la producción de cítricos, cultivos varios, tabaco y algunos frutales.

1.1.2.6 Red de comunicación

El municipio se encuentra atravesado por la carretera nacional en el tramo de Bayamo-Santiago de Cuba, además en el territorio se encuentra una carretera que va hacia el yacimiento de mármol y una carretera que se dirige a la cantera El Cacao. El yacimiento de tobas vítreas está conformado por una carretera y luego algunos sectores donde se encuentra un terraplén que se dirigen hacia el propio yacimiento.



1.1.2.7 Constitución geológica del yacimiento “ Vidrio volcánico Jiguaní ”

Estratigrafía: Formaciones del Neo Arco o Arco del Paleógeno.

Grupo El Cobre: (Cr₂m – Pg.)

Formación Caney (Pg. – Pg₂): Constituida por alternancia de tobas cineríticas, tufitas, tobas calcáreas, calizas tobáceas, etc.

Formaciones de las cuencas superpuestas de la segunda generación.

Formación Charco Redondo (Pg₂): Constituida por calizas biodetríticas bien cristalizadas.

Formación San Luis (Pg₂): Constituida por areniscas, conglomerados, aleurolitas carbonatadas y subordinadamente marga, calizas.

Formación Bitirí (Pg₃): Compuesta fundamentalmente por calizas organodetríticas, margas y conglomerados.

Formaciones de la Neo plataforma.

Formación Pedernales (P₃-N₁): Compuesta por conglomerados polimícticos.

Formación Camazán (N₁): Compuesta por margas, calizas y arcillas y lentes diseminados de yeso.

Formación Bayamo (N₂-Q₁): Constituida por arcillas, arenas arcillosas bentoníticas, etc.

Formación Cauto (Q₂-Q₃): Compuesta fundamentalmente por arcillas arenosas, arenas, etc.

Tectónica: Atendiendo a las particularidades geológicas en el área del yacimiento, a la forma de ocurrencia y disposición en el corte geológico de las tobas vitroclásticas, se piensa en la presencia de fallas que provocaron la formación de bloques de tipos horst monoclinales. Los Movimientos neotectónicos tardíos reactivaron estas fallas y gracias a ello fue posible que aflorara el basamento, en este caso lo constituyen las tobas vitroclásticas.

Rocas encajantes: Tobas vitroclásticas de color gris, de granulometría fina-media, en mayor o menor grado abrasivas al tacto. Estructura vitroclástica, roca compuesta por vidrio volcánico en forma de vitroclastos de diferentes formas.

Características morfológicas del cuerpo mineral: Por su morfología el yacimiento se asemeja a un cuerpo con forma de bolsón, observándose acuñaamientos del



horizonte tobáceo, hacia el norte y sur; la potencia de la zona mineralizada, alcanza 17.80 m en la parte de mayor espesor. A lo largo del rumbo, el cuerpo mineral alcanza una extensión aproximada de 285 m. Por el buzamiento el cuerpo mineral se entierra hacia el Este (con buzamiento aproximado de 12°) por debajo del paquete de calizas que sobreyacen el horizonte de tobas que afloran en la parte más elevada del área del yacimiento.

Complejidad geológica: El yacimiento desde el punto de vista geológico, se puede catalogar de medianamente complejo y pertenece al grupo III.

Tipo genético: El paquete de tobas vitroclásticas es el resultado de la acumulación de cenizas volcánicas depositadas en cuencas marinas de mares someros y tranquilos ubicados muy distantes de los centros volcánicos, cuyas erupciones, al parecer, eran ácidas atendiendo a la composición química que presentan las tobas, se piensa que toda esta actividad se corresponde con la fase final del vulcanismo del Paleógeno.

Investigaciones hidrogeológicas: En ninguno de los pozos perforados se detectó la presencia de agua. En cuanto a las corrientes hídricas superficiales, tan solo se detectó un arroyo intermitente distante a 2 km el cual no incluye en el área del yacimiento. Complejidad hidrogeológica es simple.

Composición Química de las tobas vítreas

Contenido medio: de vidrio volcánico 60.22%

Contenido medio: de montmorillonita 35.06%

Contenido medio: de intercambio catiónico 31.82 meq

Contenido medio: de CO₃Ca 4.09

Ensayo físico - mecánico

Peso volumétrico seco 1.008 t

Peso volumétrico saturado de agua 29.82 t

Mineralogía: las tobas vitroclásticas del yacimiento mineralógicamente están constituidas por vidrio volcánico y montmorillonita, subordinadamente contienen, aunque en bajos porcentajes de feldespatos, calcita, cuarzo y raramente zeolita.



SiO ₂ - 61.27%	MgO - 2.29%
Al ₂ O ₃ - 13.20%	MnO ₂ - 0.05%
Fe ₂ O ₃ - 3.73%	P ₂ O ₅ - 0.09%
CaO - 3.15%	TiO ₂ - 0.38%
Na ₂ - 3.58%	SO ₃ - 0.1%
K ₂ O - 1.75%	PPI - 10.32

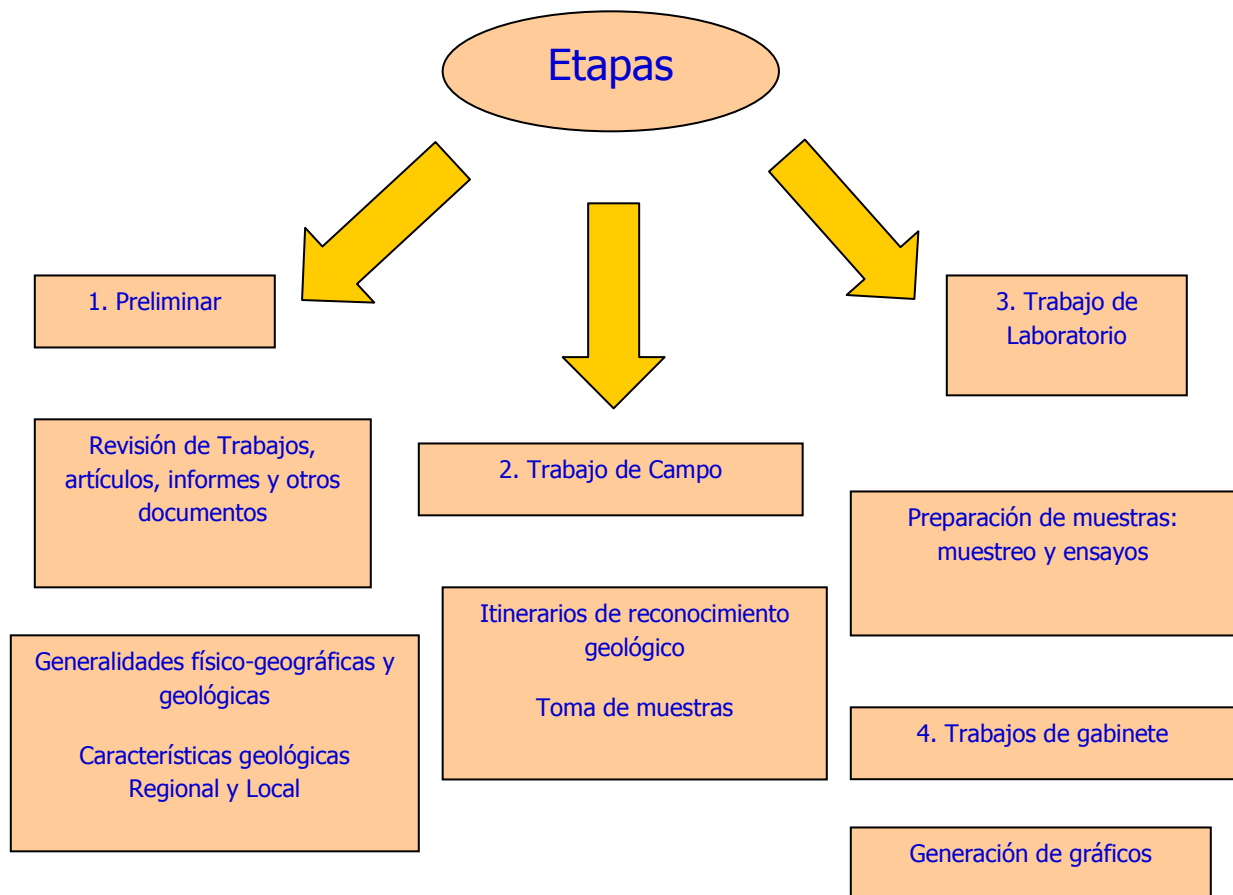
Tabla 4: composición química (media "Yacimiento de vidrio volcánico Jiguaní")

CAPÍTULO II: MÉTODOS Y MATERIALES UTILIZADOS EN LA INVESTIGACIÓN

Metodología de la Investigación

En el presente capítulo se hace una descripción detallada de la metodología empleada durante la evaluación de mezclas de arcillas de la cantera “La Cañada” con adición de tobas vítreas para su utilización en la Industria de Materiales de la Construcción”.

La investigación desarrollada contempló una metodología basada en 4 etapas de investigación, las cuales se sintetizan en la Preliminar, Trabajo de campo, Trabajo de laboratorio y Trabajo de gabinete, las cuales son esquematizadas a continuación.





2.1 Materiales

Para realizar este trabajo se contó con la colaboración de las empresas:

Empresa Provincial de Construcción y Mantenimiento Constructivo y el Laboratorio Provincial de la Construcción; las muestras fueron tomadas de dos yacimientos en la provincia de Granma. Las muestras de arcillas se tomaron en el yacimiento “La Cañada” ubicado en el municipio Bayamo, las arcillas presentan un color pardo con una plasticidad media, y las muestras de tobas vítreas se tomaron en el yacimiento de “Vidrio volcánico Jiguaní”, que el mismo se ubica en el municipio de Jiguaní provincia Granma, las muestras de tobas vítreas que se tomaron presentan un color gris verdoso claro.

2.1.1. Preliminar

Se desarrolló la consulta de un volumen de literaturas relacionadas con la temática a nivel mundial, nacional, provincial y local basadas en búsquedas bibliográficas en el Centro de Información Científico – Técnica (ICT) del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa y la biblioteca provincial 1868 de Granma realizando la búsqueda y el posterior estudio de los artículos científicos, Trabajos de Diploma, sitios web, artículos publicado en Internet u otros sitios Web de interés, todas estas informaciones permitieron un conocimiento del desarrollo actual que presentan los aditivos en los materiales cerámicos y sus usos en la industria de la construcción.

2.1.2. Trabajos de campo

La ejecución de los trabajos de campo se dirigió fundamentalmente a obtener la mayor cantidad de información de los lugares estudiados, lo cual se dirigió a la toma de muestras del yacimiento de arcilla “La Cañada” y del yacimiento “Vidrio volcánico de Jiguaní”.



2.1.3. Toma de muestra

Las muestras utilizadas se tomaron en dos lugares indirectamente. Las arcillas en la cantera "La Cañada" donde se tomaron las muestras por un método de puntos que se ubicaron uno de otro a una distancia promedio de 20 m y la muestra tomada tuvo un peso de 70 kg, las tobas vítreas se extrajeron del yacimiento de "Vidrio Volcánico de Jiguaní", se utilizó una red de puntos los cuales se colocaron a una distancia de 2 m, para lograr una mayor representatividad del yacimiento con un peso de la muestra de 40 kg.

Dosificaciones evaluadas

Muestra #1: se preparó con 100 % del yacimiento de arcilla "La Cañada" con un peso de 30 kg.

Muestra #2: se preparó con un 90% del yacimiento arcilla "La Cañada" y un 10% del yacimiento de "Vidrio volcánico Jiguaní", con un peso total de 30 kg.

Muestra #3: se preparó con 85% del yacimiento de arcilla "La Cañada" y un 15% del yacimiento de "Vidrio volcánico Jiguaní", con un peso total de 30 kg.

Muestra #4: se preparó utilizando 80% del yacimiento arcilla "La Cañada" y un 20% del yacimiento de "Vidrio volcánico Jiguaní", con un peso total de 30 kg.

2.1.4. Trabajos de laboratorio

Las características físicas analizadas en la investigación de las mezclas arcillosas son: Los ensayos de contracción al secado natural, peso del ladrillo natural, contracción al secado después de calcinado, peso del ladrillo después de calcinado, contracción total, absorción de agua y los ensayos de resistencia a la compresión los cuales se realizaron en el "Laboratorio Provincial de la Construcción".



Figura 6: Foto LABORATORIO PROVINCIAL de la CONSTRUCCIÓN

2.1.5. Trabajo de gabinete

En esta etapa se llevó a cabo el procesamiento de toda la información primaria obtenida de las áreas de estudio brindadas por La Empresa Provincial de Construcción y Mantenimiento Constructivo de Granma y el Instituto Superior Minero Metalúrgico además se revisó la bibliografía que estuvieran relacionada con las arcillas y los materiales de la construcción, en combinación se trabajaron con trabajos de diplomas, tesis de doctorados, etc.

2.1.6. Preparación de las muestras

Las muestras fueron sometidas a los siguientes procesos:

- Extracción y molienda de las tobas vítreas
- Tamizado
- Maduración de las arcillas
- Mezcla de los materiales
- Moldeado de la pasta
- Secado
- Cocción



2.1.6.1 Extracción y molienda de las Tobas Vítreas

Se fue al yacimiento de “Vidrio volcánico Jiguaní” en el cual se buscó una muestra representativa, la cual se trituró primeramente a mano llevándola a un diámetro aproximado de (1cm a 2cm), luego se molió en un molino de disco buscando lograr un adecuado tamaño de las partículas.

2.1.6.2 Maduración de las arcillas

Se sometió primeramente la materia prima a un proceso de trituración, seguidamente de homogenización, y a un reposo temporal por un plazo de 18 días; pues de esta manera se garantiza una adecuada consistencia y uniformidad de las propiedades tanto físicas como químicas que se deseen obtener de las mismas, en el proceso de productivo. El reposo tiene como finalidad el logro de descomponer o desintegrar las partículas con mayor granulometría que se tenga en la arcilla comúnmente conocida como (terrones), de este modo se impide la aglomeración. En el mismo proceso de reposo se favorece la descomposición de la materia orgánica que puede estar alojada dentro de la masa arcillosa, logrando una deseada purificación del material para que el mismo se comporte lo mas homogéneamente posible en el proceso productivo evitando las transformaciones no deseadas.

2.1.6.3 Tamizado

Se realiza con el fin de reducir los elementos no deseados en la muestra los cuales pueden ser de varios tipos, como son (raíces de plantas, piedras, animales muertos, etc.) y de llevar el material a una granulometría deseada que en este caso es de un diámetro menor a (1mm).

2.1.6.4 Mezcla de los materiales

En este paso se elabora la mezcla de los elementos escogidos, este se realiza a mano con el objetivo de obtener una mezcla lo más homogénea posible y poder palpar los materiales que se están mezclando, aunque en la industria por los volúmenes que se utilizan esto no es permisible, debido a que se realizan con un trompo giratorio o rotatorio.



2.1.6.5 Moldeado

El moldeado de la pasta o la muestra es un factor de mucha importancia en el proceso productivo, este se realizó a mano con agua, para obtener una mezcla homogénea o una pasta deseada, seguidamente se colocó este material en un molde; el cual presenta las dimensiones de 250 mm de largo, 120 mm de ancho y 65 mm de altura; según NC: 360 ladrillos de arcilla. coc requisitos.

2.1.6.6 Secado

El secado al aire libre tiene una importancia extraordinaria para lograr el objetivo de la investigación, a través del cual se elimina una considerable cantidad de agua, en los moldes que se obtuvieron para su posterior quemado. Estos se dejaron secar al aire libre por un plazo de 10 días, el mismo puede durar de unos 7 días a 15 días para lograr que el agua intersticial, higroscópica que se encuentra en el interior del cerámico salga de forma lenta hacia la superficie de la misma, para evitar el agrietamiento de los ladrillos, antes de su entrada al horno o proceso de calcinación.

2.1.6.7 Cocción

La cocción o quemado del ladrillo es uno de los pasos más importantes que se realiza en todo el proceso tecnológico, pues en el mismo se le da finalidad al producto logrado, en este paso el ladrillo culmina con todas las transformaciones que ocurren en el proceso productivo ya que se termina de consolidar en su totalidad, pierde toda el agua que no perdió en el secado al aire libre. El horno que se utilizó es un horno de cámara de tiro convectivo que se alimenta de fuel oíl con una temperatura que va en ascenso hasta obtener un máximo de unos 800 a 900°C. En el horno las muestras fueron colocadas en tres alturas diferentes, del piso hasta el techo del horno se encontraban: en el piso los muestras AIII, BIII, CIII, DIII; en el medio: AII, BII, CII, DII y en la parte superior: AI, BI, CI y DI.

2.2 Preparación de las mezclas para la conformación de los ladrillos

Para la preparación de las pastas se utilizó la arcilla parda del yacimiento “La Cañada” las que fueron sometidas a un proceso de tamizado con la finalidad de



purificar, realizar la extracción del resto de las materias orgánicas, piedras y otras sustancias propias de las canteras.

Las tobas vítreas utilizadas pertenecen al yacimiento “Vidrio volcánico Jiguaní”, ubicado en la carretera en dirección Palmarito conocido el lugar como Pozo Viejo, la cual fue sometida a un proceso de trituración y tamizado. Se trituró primeramente a mano llevándola a un diámetro aproximado de (1 a 1.5 cm), luego se molió en un molino casero buscando lograr un adecuado tamaño de las partículas menores de 1 mm.

Posteriormente las arcillas se sometieron a una homogenización con abundante agua y reposo con el objetivo de obtener una adecuada consistencia y uniformidad de las características físicas. Después se maduró la mezcla por un periodo de tres días para lograr la humedad y plasticidad requerida por la mezcla.

Para la fabricación de las probetas se emplearon moldes de las dimensiones de 250 mm de largo, 120 mm de ancho y 65 mm de altura; según NC: 360 ladrillos de arcillas. coc. Requisitos. Luego pasaron a un proceso de secado de 10 días al aire libre, este es un plazo promedio de secado. Por último, en la etapa final, los ladrillos pasan por el proceso de cocción, con el objetivo de lograr una mayor dureza y resistencia mecánica.

2.3 Elección de las mezclas para la preparación de los ladrillos

- Arcilla parda
- Tobas vítreas

2.3.1 Elección de los parámetros a ensayar

- Contracción total
- Peso del ladrillo
- Absorción de agua
- Resistencia a la compresión.

2.3.2 Preparación de los materiales en cuanto a su dosificación

Las muestras que se van a ensayar se dividirán en cuatro tipos de muestras, respondiendo a las dosificaciones o mezclas de las dos materias primas que se utilizarán en el procedimiento. Por tanto la muestra (A) será una muestra con



100% de arcilla de la cantera “La Cañada” con un total de 9 unidades, la muestra (B) se compone de un 90% de arcilla y presenta un 10% de tobas vítreas con la cual se realizaron 9 ladrillos, la muestra (C) presenta un 85% de arcilla y 15% de tobas vítreas y se realizaron un total de 9 muestras y la última muestra (D) está constituida por un 80% de arcilla y un 20% de tobas vítreas respectivamente en la que también se realizaron 9 muestras. En total se realizaron 36 muestras o ladrillos los cuales se colocaron en tres niveles diferentes de altura en el horno.

MATERIALES	Muestra_ A	Muestra_ B	Muestra_ C	Muestra_ D
Arcillas	100%	90%	85%	80%
Tobas vítreas	—	10%	15%	20%
Total	100%	100%	100%	100%

Tabla 5: Dosificaciones que se utilizaron en cuanto a (%) volumétrico

MATERIALES	Muestra_ A	Muestra_ B	Muestra_ C	Muestra_ D
Arcillas	30.0kg.	27.0Kg.	25.5Kg.	24.0Kg.
Tobas vítreas	—	3.0Kg.	4.5kg.	6.0Kg.
Total	30.0kg	30.0kg	30.0kg	30.0kg

Tabla 6: Dosificaciones en cuanto peso (kg) gravimétrico

2.4 Metodología para la realización de los ensayos

La metodología de los ensayos que se harán a los ladrillos obtenidos, estará fundamentada en los parámetros con que se trabajan en las normas cubanas: absorción de agua (H₂O) y resistencia a la compresión en una prensa hidráulica respondiendo a las cargas que se le ejercen a los ladrillos terminados, estos ensayos o análisis se ejecutaran en el “Laboratorio de Construcción” de la provincia de Granma.



2.4.1 Ensayo de la contracción total

La contracción de cocción se determina en muestras que se cuecen a distintas temperaturas. Esto permite tener una idea de la cohesión progresiva de la arcilla con el avance de la temperatura.

1. De una masa de arcilla bien amasada, de una consistencia promedio para modelar, hacer un cierto número de probetas.
2. Dejar que las probetas se sequen, volteándolas frecuentemente para evitar la deformación.
3. Cocer las probetas secas a diferentes temperaturas.
4. Medir la longitud de las probetas cocidas.
5. Calcular la contracción total por la fórmula:

$$\text{Contracción lineal} = 100 \cdot \frac{\text{Longitud en Plástico} - \text{Longitud cocida}}{\text{Longitud en plástico}}$$

Donde:

Longitud en plástico: L.P (cm)

Longitud después de cocida: L.C (cm)

2.4.2 Ensayo de Absorción de agua

Se sumerge la muestra en agua y se determina la absorción de agua en cada elemento por diferencia de masa; según NC: 359 Ladrillos y Bloques Cerámicos. Métodos de ensayo.

A medida que la mezcla de arcilla se acerca a la vitrificación su absorción se acerca a cero.

- 1) Pesar cuidadosamente los ladrillos cocidos del experimento anterior.
- 2) Mantener sumergida en agua la muestra por 24 horas.
- 3) Secar la superficie de las probetas con una toalla y pesarlas otra vez.
- 4) Calcular la absorción utilizando la fórmula:

Absorción: $\frac{PF - PI}{PI} \times 100$; Peso Final P.F (g); Peso Inicial P.I (g)

PI



Figura 7: Foto piscina de agua

2.4.3 Ensayo de resistencia a la compresión

Se somete cada elemento, que constituye la muestra del ensayo, a una carga de compresión perpendicular a las caras mayores del ladrillo y se determina la carga en el momento de ruptura; según NC: 359 Ladrillos y Bloques Cerámicos.

Métodos de ensayo. Estos se realizaron en el "Laboratorio Provincial de la Construcción", y con la colocación del ladrillo en la prensa hidráulica se obtiene la fuerza que soporta el ladrillo a la compresión este resultado se convierten en Mega pascal (MPa).

Calcular la resistencia a la compresión utilizando la siguiente ecuación:

$$R/M \text{ (Mga)} = (\text{Carga Rotura (kgf)} / \text{Área cm}^2) / 10.197$$



Figura 8: Foto Prensa Hidráulica



CAPÍTULO III: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS E IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

3.1 Análisis de los resultados

Luego de los ensayos realizados para la realización de este trabajo, se exponen a continuación los resultados obtenidos de los mismos, donde se demuestran las características físicas-mecánicas de las mezclas estudiadas.

Parámetros que se van a ensayar

3.1.1 Análisis de los resultados de Contracción del ladrillo

El análisis de este parámetro se realizó a partir de los resultados que se muestran en la Tabla 7,8,9 y en la Figura 6, para cada una de las mezclas antes y después de la cocción para lo cual se realizó la medición a todas las muestras y se buscó una media entre los resultados recopilados.

El parámetro tecnológico Contracción Total del ladrillo da una medida de la unión de las partículas después de cocidas las muestras. La evaluación de este parámetro es de vital importancia debido a que, mediante su control, se puede tener una medida de lo que se contrae el ladrillo desde que se saca del molde hasta que se extrae del horno.

La contracción es una consecuencia del secado y el horneado de las piezas, por lo que se requiere que estos procesos sean bien controlados y se realicen con el mayor cuidado. El secado desigual de las partes de una pieza puede provocar diferencias en el modo de contraerse cada una de ellas, provocando rajaduras, alabeos y roturas de las mismas; que en el caso de nuestras muestras no se observaron a simple vista ninguna de estas imperfecciones por lo que se logró un adecuado control de este parámetro tecnológico.



(Fecha)	AI	AII	AIII	BI	BII	BIII	CI	CII	CIII	DI	DII	DIII
8/5/14	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
12/5/14	9.5	9.6	9.5	9.4	9.4	9.5	9.4	9.4	9.3	9.4	9.3	9.4
16/5/14	9.5	9.5	9.4	9.3	9.4	9.5	9.4	9.3	9.3	9.4	9.3	9.4
19/5/14	9.5	9.6	9.4	9.4	9.4	9.5	9.4	9.4	9.3	9.4	9.4	9.4
Total	9.63	9.68	9.58	9.53	9.55	9.63	9.55	9.53	9.48	9.55	9.5	9.55

Tabla 7: Contracción al secado natural (Longitudinal en cm)

AI	AII	AIII	BI	BII	BIII	CI	CII	CIII	DI	DII	DIII
9.3	9.4	9.4	9.3	9.4	9.4	9.4	9.4	9.4	9.3	9.3	9.3

Tabla 8: Contracción Total (longitudinal en cm) después de la cocción

M	AI	AII	AIII	BI	BII	BIII	CI	CII	CIII	DI	DII	DIII
% CTL	7	6	6	7	6	6	6	6	6	7	7	7

Tabla 9: % de la contracción total (Longitudinal)

En el gráfico que se representa a continuación se puede observar que los valores de la contracción en los ladrillos no son de una gran magnitud ya que las muestras que presentaron un 20% de aditivo tobas vitreas fueron las que mayor valor de la contracción tuvieron.

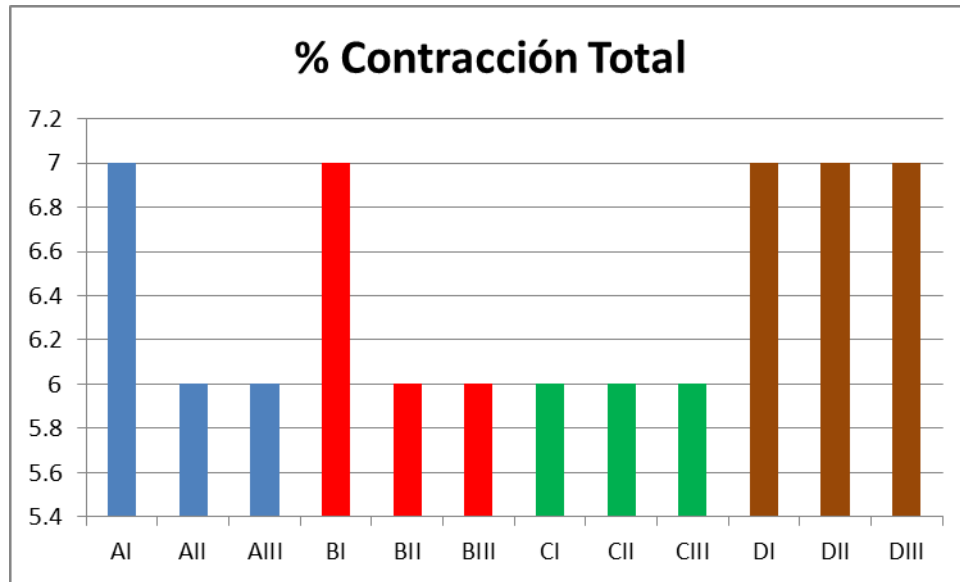


Figura 10: Grafico de % de la contracción del ladrillo

3.1.2 Peso del ladrillo natural

Los resultados que se obtuvieron demuestran una disminución en el peso de los ladrillo en la medida que se fue aumentando el contenido del aditivo tobas vítreas. Los ladrillos de clase A que se presenta en la Figura 7 con un contenido de 100% de arcillas son aquellos que menor pérdida de peso tuvieron en el proceso de cocción, y los ladrillos de clase D fueron los que mayor pérdida del peso presentaron, ya que poseían el mayor (%) de tobas vítreas.

M	AI	AII	AIII	BI	BII	BIII	CI	CII	CIII	DI	DII	DIII
Peso (g)	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000

Tabla 10: Peso inicial del ladrillo

M	AI	AII	AIII	BI	BII	BIII	CI	CII	CIII	DI	DII	DIII
Peso(g)	2982	2760	2866	2468	2433	2490	2325	2205	2300	2274	2205	2109

Tabla 11: Peso Final del ladrillo



	AI	AII	AIII	BI	BII	BIII	CI	CII	CIII	DI	DII	DIII
%	6.0	8.0	4.46	17.7	18.9	17.0	22.5	26.5	23.3	24.2	26.5	29.7
Promedio	6.15			17.86			24.13			26.80		

Tabla 12: % del peso final del ladrillo

En la gráfica siguiente se puede constatar que existe una correspondencia en cuanto al peso final de los ladrillos pues según se fue aumentando los % de tobas vítreas estos sufrieron una pérdida de peso, lo cual es satisfactorio para las construcciones.



Figura 11: grafico de % del peso del ladrillo

3.1.3 Absorción

Los resultados de los análisis de absorción de agua que se obtuvieron se muestran en la Tabla 12,13 para cada una de las muestras después de la cocción, como se puede observar en la Figura 8, se representan los porcentajes logrados donde nos indica que a mayor (%) de tobas vítreas en la mezcla se irá aumentando la absorción, debido a un mayor volumen de poros.



M	AI	AII	AIII	BI	BII	BIII	CI	CII	CIII	DI	DII	DIII
Peso (g)	2982	2760	2866	2468	2433	2490	2325	2205	2300	2274	2205	2109

Tabla 13: Peso del ladrillo antes de entrar a la piscina

M	AI	AII	AIII	BI	BII	BIII	CI	CII	CIII	DI	DII	DIII
Peso (g)	3370	3209	3324	2924	2907	3004	2822	2780	2788	2777	2754	2621

Tabla 14: Absorción del agua

M	AI	AII	AIII	BI	BII	BIII	CI	CII	CIII	DI	DII	DIII
%	13.0	16.26	15.98	18.47	19.48	20.64	21.37	26.07	21.21	22.11	24.89	24.27

Tabla 15: % de absorción

En la gráfica que responde a los valores en cuanto a (%) de la cantidad de agua que absorben los ladrillos y se tuvo como resultado también que los volúmenes de agua absorbida aumenta en cuanto a los % de aditivo se utiliza en los ladrillos esta propiedad es un indicador de que si los ladrillos presentan una mayor absorción los mismos se pueden colocar más fácil mente en las construcciones.

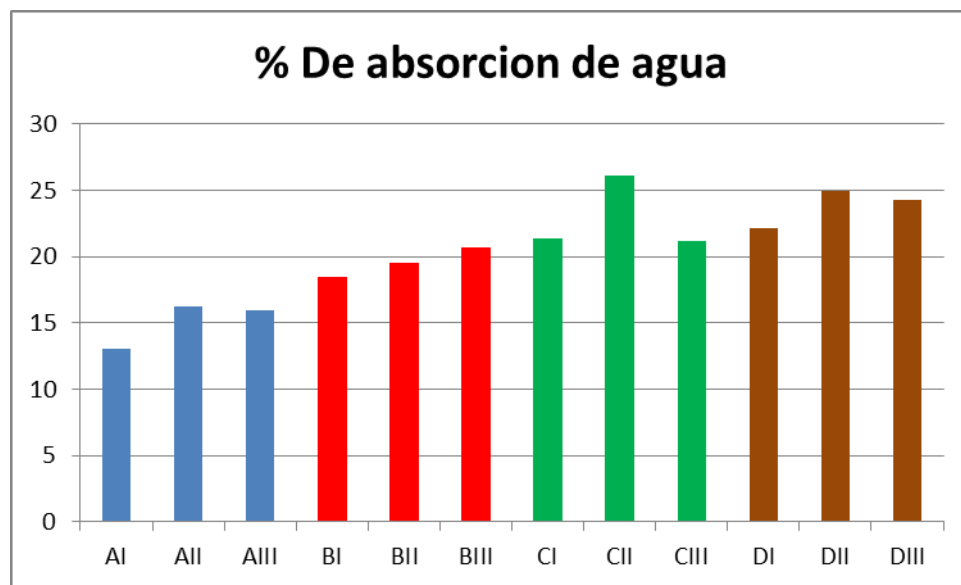


Figura 12: Gráfico del % de absorción de agua que tuvo el ladrillo

3.1.4 Resistencia a la compresión

Estos ensayos se realizaron en el “Laboratorio Provincial de la Construcción”, y los resultados logrados se convirtieron a Mega pascal (MPa).

Los valores de % de contracción total se comportan entre 6-8 y 9, estando algunos por debajo de la NC: 54-224. Materiales y Productos de la Construcción. Para ladrillos estándar. Especificaciones de calidad; la cual refiere que la resistencia a la compresión del ladrillo estándar aligerado de grado B e identificación LEA-B esta en 8. Los valores que se obtuvieron nos dieron a conocer que hubo fallas en el proceso de control de la temperatura del horno el cual es de tiro convectivo; según los datos obtenidos se puede observar que los ladrillos con un 10 % de material aditivo presentaron los mejores resultados mostrando una resistencia mayor que la de las normas establecidas y dando a conocer que los ladrillos que se quemaron más eficientemente fueron los colocados en los niveles intermedios e inferiores del horno. Es importante destacar que en todos los casos aumento la resistencia, comparada con la arcilla sin mezcla de tobas vítreas.

U/M	AI	AII	AIII	BI	BII	BIII	CI	CII	CIII	DI	DII	DIII
MPa	5.39	6.47	6.22	7.37	8.03	9.25	7.25	7.51	7.15	6.11	7.00	7.04

Tabla 16: Resistencia a la compresión

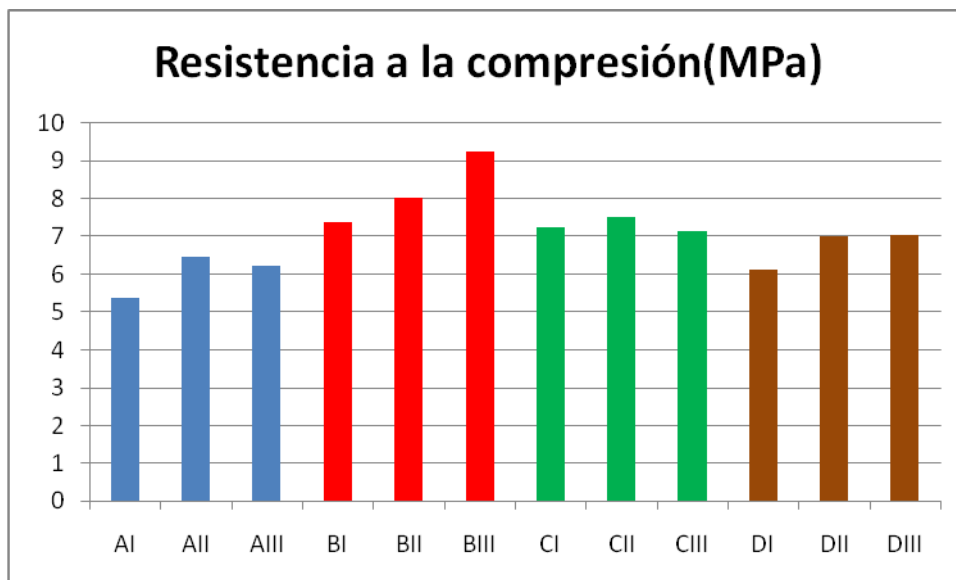


Figura 13: Gráfico de la resistencia a la compresión



Los análisis se justifican según la tabla 17, donde se realiza una comparación con los valores obtenidos de los resultados.

Propiedades físico mecánicas	Rangos establecidos	Rango de valores obtenidos
Absorción de agua (%).	8 -18	11 – 17
Resistencia a la compresión (MPa).	8	5.39-9.25

Tabla 17: Rango de variación de las propiedades físico mecánicas estudiadas según la norma NC 360:2005 y NC 359:2005

3.2 Impacto Medio ambiental.

El estudio de los problemas ambientales debe abarcar desde la prospección de la materia prima (minería de las arcillas), como primera actividad contaminadora, hasta el vertimiento de los desechos propios del proceso productivo (conformación y procesamiento de los objetos cerámicos).

La fabricación de objetos cerámicos comprende las siguientes etapas:

- Extracción de la materia prima.
- Beneficio de las arcillas.
- Conformación y acabado del producto.

La extracción de las arcillas, la cual por lo general se encuentra debajo de la capa vegetal, trae consigo problemas a los suelos, provocando su erosión y afectando desde la vegetación hasta la fauna típica de la zona de minado, así como la emisión de polvo a la atmósfera.

3.2.1 Problemas ambientales en las diferentes etapas del proceso

3.2.1.1 Extracción de las arcillas

La minería de la materia prima comprende:

- La extracción de las arcillas del yacimiento “ La Cañada”.



La arcilla es uno de los minerales que con más frecuencia encontramos en la tierra, y constituye gran parte de nuestro suelo, es un recurso natural de la capa superior de la corteza terrestre.

Debido a que este mineral se encuentra en la superficie a poca profundidad de la misma, su extracción se realiza a cielo abierto, por vía seca; su impacto depende siempre de la extensión del yacimiento, ubicación del terreno y sobre todo a las condiciones climáticas, regionales y de infraestructura. Se caracteriza por la extracción y producción de grandes volúmenes, las canteras emplazadas están cercanas a las unidades de producción, lo que implica su ubicación alejada a los núcleos poblacionales, con los correspondientes efectos que la minería ejerce sobre ellos.

En la Ley No. 81 Del Medio Ambiente del 11 de Julio de 1997 en su Título VI, capítulo V, sección primera (Suelos) y Capítulo VIII Recursos Minerales, quedan establecidas todas las regulaciones que se deben cumplir en cuanto a la protección y conservación del medio ambiente durante la investigación, prospección y extracción de estos recursos minerales.

Estos procesos de pérdida y degradación del suelo son originados por la falta de planificación y el descuido del hombre. Las causas más comunes de dichos procesos están relacionadas con la erosión que se corresponde al arrastre de las partículas y las formas de vida tanto del reino animal como vegetal que conforma el suelo.

Entre los problemas fundamentales que provoca su extracción al medio ambiente podemos encontrar:

- La erosión de los suelos.
- Destrucción de la flora y fauna.
- Emisiones de polvo a la atmósfera.
- Emisión de ruidos.

Desestabilización de pendientes.

Para el mejor control del impacto medio ambiental provocado por la minería de las arcillas, es importante poner en práctica algunas medidas.



- Guardar la parte orgánica del suelo (humus) en forma apropiada para luego usarla en la fase de cierre y rehabilitación.
- Evitar los deslizamientos de pendientes a la hora de su extracción.
- Evitar la destrucción de la flora y la fauna en los lugares donde se va a extraer el material.
- Plantar árboles para evitar la erosión de los suelos y conserven su entorno.
- Desarrollar una cultura minera tanto en la población cercana a la zona de minería como con los propios trabajadores.
- Crear un plan de minería que este enfocado a minimizar los daños que la misma le acarrea a la naturaleza.

3.2.1.2 Extracción de yacimientos de tobas vítreas

La minería de yacimientos sólidos está dirigida fundamentalmente a la extracción de los minerales que se encuentran en la superficie como es el caso del yacimiento toba volcánica del "Yacimiento de Vidrio volcánico de Jiguaní", el mismo se ubica en las cercanías del municipio de Jiguaní a una distancia de 3 km del municipio y aproximadamente a 22km de "La Cañada". Por lo tanto se requiere un plan de minería que afecte lo menos posible a la población, puesto que la minería ocasiona daños a la vida del hombre, como al ecosistema que esté ligado al yacimiento.

Entre los principales daños que genera la minería están:

- Desertificación de la zona.
- Afectación y contaminación de las redes hidrográficas.
- Cambios bruscos en la topografía.
- Emisión de gases contaminantes del tipo efecto invernadero.

Atendiendo a las afectaciones que la misma le deja como legado al medio ambiente, es necesario crear un plan de acciones que tengan como primera tarea minimizar los daños y posteriormente poner en práctica un proceso de recuperación del área explotada entre las que se encuentran: la reforestación, recuperación parcial de la red hidrográfica y la aplicación de otras medidas que permitan alargar la vida útil del yacimiento.





CONCLUSIONES.

Luego de analizar los resultados se concluye que:

- Existen potencialidades demostradas de mejorar la calidad de los ladrillos cerámicos y otros productos empleando las mezclas con tobas vítreas en la Empresa Provincial de Construcción y Mantenimiento Constructivo de Granma.
- Durante el proceso de contracción natural, y de contracción al quemado no se observaron a simple vista grietas ni fisuras en los ladrillos. Tomando en cuenta la Norma Cubana se establece que el ladrillo debe contraer hasta un 10% y en las muestras ensayadas se logró entre un 6% y un 8%.
- Las mezclas de arcilla con tobas vítreas, presentan una mayor absorción de agua, pero es importante referir que no superan las normas cubanas para este tipo de ladrillo.
- Los valores de resistencia a la compresión de las mezclas con adición de tobas vítreas tuvieron resultados satisfactorios, lográndose entre 7 y 9 MPa
- Es factible el uso del yacimiento de tobas vítreas de Jiguaní como material desgrasante y de esta forma se disminuye la plasticidad de la arcilla de "La Cañada" teniendo como resultados una mejor contracción y menor rotura en los productos.
- El aditivo de toba vítrea presenta como ventaja que se comporta como un fundente, lo cual nos permite disminuir la temperatura de cocción del ladrillo y/o el tiempo que el mismo se encuentre en el horno. Al tener esta propiedad permite calcinar mucho mejor las partículas de los ladrillos.
- De las mezclas que se utilizaron y se le realizaron las pruebas correspondientes presentaron un mejor resultado aquellas que tenían un 10% de tobas vítreas, y se colocaron en la zona intermedia y en el piso inferior del horno. Siendo esta dosificación del 10 % de tobas vítreas la que mejor resultado arrojó de las pruebas realizadas.



RECOMENDACIONES.

- Incluir la utilización del aditivo de tobas vítreas, por las propiedades que presenta y las ventajas que ofrece, en el paquete tecnológico, para lograr una mejor calidad del ladrillo.
- Que se cumpla con el tiempo establecido para el secado natural al aire libre, que está comprendido entre 7 y 10 días, de los productos cerámicos, donde no intervenga la acción del hombre.
- Supervisar y controlar la temperatura del proceso tecnológico de cocción de los productos cerámicos en el horno de tiro convectivo.
- Que se cumpla con el proceso de producción para la confección del ladrillo, con lo que se logrará mejor calidad en el producto final.
- Incorporar el aditivo de tobas vítreas en la confección de otros materiales cerámicos como pueden ser tubos de barro, piezas de alfarería y útiles del hogar.
- Extender la experiencia del empleo de tobas vítreas como aditivo al Combinado Cerámico de Industria de Materiales, ya que el mismo transporta la arcilla del yacimiento San Juan a mayores distancias.



BIBLIOGRAFÍA

1. ARIOSIA IZNAGA, J. Curso de yacimientos minerales no metálicos. Capítulo 21: Arcillas y Caolín, 1998.
2. ÁVILA MÉNDEZ, D. "Caracterización mineralógica y tecnológica de materiales arcillosos del territorio de Moa para su empleo en la Industria Local". Instituto Superior Minero Metalúrgico. Moa [Trabajo de Diploma] 82p. 2010.
3. COLECTIVO DE AUTORES. Características de las arcillas. http://www.mycoad.com/mycoad/spa_5_14.htm, 2002.
4. DE PABLO, G. L. "Las arcillas. Clasificación, identificación, usos y especificaciones industriales". Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, tomo XXVII, 2, 49-92, México, 1964.
5. DE LAS CUEVAS, J. "La industria de materiales de la construcción", Habana 1993.
6. DORRONSORO, C. "Granulometría de las arcillas" [en línea] <http://edafologia.ugr.es/introeda/tema04/text.htm>.
7. FIGUEIRAL, S. R. C. D. V. 2010. Valoración de Mezclas de Arcillas de la región de Centeno para su Utilización en la Industria de Materiales Locales. [ISMM]. Moa 48 p.
8. GARCÍA LLULL, ESMÉRIDA. Informe de Prospección Preliminar y Detallada vidrio volcánico Sagua de Tánamo, provincia Holguín.
9. HIDALGO SANCHEZ, Y. "Evaluación de mezclas de arcillas de la región de Granma con adición de tobas vítreas para su utilización en la Industria de Materiales de la Construcción". Instituto Superior Minero Metalúrgico. Moa [Trabajo de Diploma] 75p. 2013.
10. Informe de Prospección Detallada y Exploración Orientativa de vidrio volcánico en el yacimiento Jiguaní (municipio Jiguaní, prov. Granma) realizado en el año 1994. Cálculo de reservas 1995.
11. LEY DEL MEDIO AMBIENTE. "Portal del Medio ambiente cubano". [en línea] <http://www.medioambiente.cu/legislacion/leyes/L-81.htm>



12. LEY No. 76 del 21 de diciembre de 1994, Ley de Minas. [en línea]
<http://www.wikipedia.org/>.
13. NC 360: ladrillos de arc. coc. Requisitos
14. NC 359: Ladrillos y Bloques Cerámicos. Métodos de ensayo.
15. NC 54-224. Materiales y Productos de la Construcción. LADRILLOS ESTANDAR. Especificaciones de calidad.
16. OROZCO, G. "Caracterización de las arcillas de Cayo Guan. Informe técnico. ISMM" 1995.
17. PONS HERRERA, J. A y LEYVA RODRIGUEZ, C. "Empleo de las arcillas ferrocaolínicas – gibsíticas de la región de Moa en los talleres de fundición". Revista Minería y Geología XIII (3), p. 93 1996.
18. SANTOS AMADO, JOSÉ DARÍO; MALAGÓN VILLAFRADES, PEDRO YESID Y CÓRDOBA TUTA, ELCY MARÍA. 2009. Caracterización de las arcillas para la preparación de pastas cerámicas para la fabricación de tejas y ladrillos en la región de Barichara, Santander (Colombia).
19. SALCEDO, A y HERRERA, F. "Los materiales cerámicos". [en línea]
www2.gratisweb.com/wilben/cap07.html
20. SOSA DÍAZ, JORGE A. 2011 Informe sobre la Exploración adicional en la porción este del Yacimiento Arcilla Bayamo.
21. VILLAR REYES, RAFAEL, 2005 Proyecto de actualización del yacimiento Arcilla Bayamo, Provincia Granma.