



ISMM

Instituto Superior Minero
Metalúrgico
Dr. Antonio Núñez Jiménez

Facultad: Geología y Minería
Departamento de Geología

Trabajo de Diploma
En opción al Título
de
Ingeniero Geólogo

Título: Evaluación de mezclas de arcilla de la zona de Cayo Guam para su utilización en la industria de la cerámica roja

Autor: Dariana Téllez Salazar

Tutor (es): Dr. C. Carlos Alberto Leyva Rodríguez.
Ing. Sergio R. Cabo de Villa Figueiral.



DECLARACION DE AUTORIDAD

Yo: **Dariana Téllez Salazar**, autora de este trabajo de diploma, y los tutores: Dr.C Carlos Alberto Leyva Rodríguez y el Ing. Sergio Ramiro Cabo de Villa Figueiral, declaramos la propiedad intelectual de este al servicio del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa para que el mismo disponga de su uso cuando estime conveniente.

Diplomante: Dariana Téllez Salazar

Dr.C. Carlos A. Leyva Rodríguez

Ing. Sergio R. Cabo de Villa Figueiral

PENSAMIENTO

"La arcilla fundamental de nuestra obra es la juventud; en ella depositamos nuestra esperanza y la preparamos para tomar de nuestras manos la bandera."

"Los estudiantes son en su mayoría revolucionarios. Revolucionarios por naturaleza, porque pertenecen a ese estrato de jóvenes que se abren a la vida y que adquieren todos los días conocimientos nuevos"

Ernesto Che Guevara





DEDICATORIA

Dedico este trabajo de diploma a mis padres, en especial a mi madre por estar siempre en los momentos más difíciles de mi vida brindándome amor y apoyo.

A mi ayuda idónea como lo estableció dios mi esposo por dedicarme cada minuto de su vida y estar a mi lado en los cinco años más difíciles de mi vida.

A mis abuelos y abuelas por darme su apoyo siempre que lo necesité.

A mis dos hermanitas las cuales amo mucho.

A mis tíos y tías por formar parte de mi educación, a mis primos y primas.

A toda mi familia porque de una forma u otra forman parte de mi vida.



AGRADECIMIENTO

Este trabajo de diploma es el resultado de los cinco años más difíciles de mi vida y del esfuerzo y dedicación de varias personas. Quisiera agradecer a DIOS por permitir que disfrute de este momento tan hermoso y cumplir una de mis peticiones.

A mi esposo por darme apoyo y estar junto a mí en los momentos buenos y malos a lo largo de estos cinco años.

A mi madre porque siempre está cuando la necesito y sin su ayuda durante toda mi vida no hubiese podido alcanzar este sueño. A mi papá por formar parte de mi vida.

A mi otra madre Angela Liranza Rodríguez porque gracias a ella hoy soy una profesional y mi otro padre Ramón Salazar. A mi abuelo Luis y mi abuela Aurora porque me han brindado apoyo. A mis tíos y tías, a mis primos porque de una forma u otra forman parte de mí. A mis hermanas porque son uno de mis más grandes tesoros.

A mis tutores Ing. Sergio Cabo de Villa Figueiral y el Dr. C Carlos Leyva Rodríguez porque sin su apoyo no hubiese sido posible la realización de este trabajo.

A mis compañeros de aula, que me extendieron su mano cuando más lo necesité. 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.

A alguien muy especial que hoy no se encuentra entre nosotros pero lo recordamos en cada uno de los conocimientos adquiridos el profe Ortelio como lo nombrábamos todos.

A todos los que contribuyeron para poder realizar este trabajo de diploma. A la Revolución Cubana, y a su líder indiscutible Fidel Castro Ruz por darme la oportunidad de formarme como una profesional competente.



RESUMEN

El presente trabajo “**Evaluación de mezclas de arcilla de la zona de Cayo Guam para su utilización en la industria de la cerámica roja**”, muestra el estudio de propiedades físico – mecánicas de las mezclas de materiales arcillosos de Cayo Guam para la fabricación de ladrillos de cerámica, al adicionar gabros lixiviados.

Mediante la metodología empleada se estudiaron tres mezclas cerámicas con diferentes dosificaciones de arcilla y corteza desarrollada sobre gabros, ambas de la zona de Cayo Guam. Se evaluó mediante métodos de ensayo los siguientes parámetros tecnológicos, % de absorción de agua, % de pérdida de peso y resistencia a la compresión, además del comportamiento de las mismas durante el secado y la temperatura de cocción. Se demostró que mediante la adición de este material se obtienen objetos más ligeros y con mejor resistencia, siendo las muestras con un 40% de adición de gabros lixiviados las que mejor resultado mostraron ante los parámetros evaluados.



ABSTRACT

This paper "Evaluation of mixtures of clay in the area of Cayo Guam for use in red ceramic industry," shows the study of physical mechanical properties of mixtures of Cayo Guam clay materials for manufacturing bricks ceramic, to add lixiviated gabros.

They studied three ceramic mixtures with different dosifications of clay and bark unrolled on gabros, both of Cayo Guam zone by means of the used methodology. The following technological parameters, % of absorption of water, % of loss of weight and compression strength were evaluated by means of methods of essay, in addition to the behavior of the same during drying and the temperature of cooking. It was demonstrated than they obtain more light objects by means of the addition of this material and with better resistance, being the signs with lixiviated gabros's 40 % of addition them that better they showed result in front of the evaluated parameters.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	- 1 -
MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL.....	- 4 -
Definiciones de las arcillas	- 4 -
Propiedades físico-químicas de las arcillas.....	- 4 -
Clasificación de las arcillas.....	- 8 -
Usos de las arcillas en la industria nacional	- 11 -
ESTADO DEL ARTE.....	- 15 -
CAPÍTULO I: CARACTERIZACIÓN FÍSICO-GEOGRÁFICA Y GEOLÓGICA DE LA REGIÓN Y ÁREAS DE ESTUDIO.....	- 17 -
1.1.1 Situación geográfica de la región	- 17 -
1.1.2 Relieve	- 17 -
1.1.3 Clima	- 18 -
1.1.4 Humedad relativa	- 18 -
1.1.5 Hidrografía.....	- 18 -
1.1.6 Vegetación	- 20 -
1.1.7 Desarrollo económico de la región	- 21 -
1.1.8 Características geológicas del territorio.....	- 21 -
1.1.8.1 Estratigrafía	- 22 -
1.1.8.2 Tectónica.....	- 24 -
1.1.8.3 Magmatismo	- 27 -
1.1.8.4 Características geomorfológicas.	- 27 -
1.2 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	- 28 -
1.2.1 Localización del área.....	- 28 -
1.2.3 Caracterización química de las arcillas de Cayo Guam	- 30 -
1.2.4 Composición mineralógica de las arcillas de Cayo Guam	- 30 -
1.2.5 Gabros lixiviados	- 30 -
CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS	- 31 -
2.1 Materiales.....	- 31 -
2.2 Metodología de la investigación	- 31 -
2.2.1 Preliminar	- 32 -
2.2.2 Trabajos de campo.....	- 32 -
2.2.2.1 Toma de muestra	- 32 -
2.2.3 Preparación y ensayo de las muestras.....	- 33 -
2.2.3.1 Preparación de las muestras	- 33 -
2.2.4 Trabajo de gabinete.....	- 38 -
CAPÍTULO III: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.	- 39 -
3.1 Análisis de los resultados de pérdida de peso	- 39 -
3.2 Análisis del resultado de absorción de agua de las mezclas cocidas	- 40 -



3.3 Análisis de los resultados de resistencia a la compresión.....	- 42 -
Conclusiones.....	- 47 -
Recomendaciones.....	- 48 -
Bibliografía	- 49 -



INTRODUCCIÓN

En los últimos tiempos la humanidad ha alcanzado niveles asombrosos en el desarrollo científico – técnico, lo cual repercute directamente en todas esferas, de la vida económica y política de los países. El hombre contemporáneo ha dividido el proceso evolutivo de la humanidad en macro períodos de tiempo, relacionados principalmente con los avances más significativos obtenidos en la ciencia e ingeniería de los materiales.

Las arcillas constituyen la principal materia prima para la fabricación de cerámicos de construcción. Estas aparecen en todo tipo de formación rocosa, desde la más antigua a la más reciente, y en formaciones ígneas y sedimentarias de todo tipo; como consecuencia de ello, sus características físicas, químicas y mineralógicas varían ampliamente, incluso entre las capas de un mismo depósito arcilloso. En sus principios, era utilizada tal y como aparece en la naturaleza, sin hacerle muchos cambios para los fines que se perseguían. Con el desarrollo de la ciencia y la técnica, el hombre ha podido descubrir que el material que resultaba tan fácil de trabajar y manipular, no es, en realidad tan sencillo, pues posee propiedades que aún no se han podido describir científicamente, a pesar de que son aprovechadas por el hombre (Hidalgo, 2013).

La industria de materiales 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 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, donde pequeños y medianos productores se han visto afectados por el alto costo de los combustibles exigidos en el secado y la cocción.

El municipio de Moa posee grandes riquezas minerales que son reconocidas internacionalmente. Sin embargo se emplean muy poco las grandes posibilidades que tienen sus cortezas de meteorización para ser empleadas como arcillas en la fabricación de materiales de construcción. Mediante ensayos anteriores realizados por la autora a las arcillas de Cayo Guam, surge la necesidad de utilizar aditivos para

estas arcillas ya que solas no se pueden emplear como materia prima para materiales cerámicos debido a la rotura de las muestras en el secado natural.

Situación Problemática:

Necesidad de estudiar las propiedades físico - mecánicas de las mezclas de materiales arcillosos de Cayo Guam para la fabricación de ladrillos, al adicionar gabros lixiviados para su posible utilización en la industria de materiales de la construcción.

Problema

El insuficiente conocimiento de las propiedades físico mecánicas de las mezclas con arcilla de Cayo Guam, que limita su posible utilización en la industria de materiales de la construcción.

Campo de acción

Comportamiento de las mezclas de arcillas.

Hipótesis

Si se determinan las propiedades físico - mecánicas de las mezclas obtenidas a partir de las arcillas de Cayo Guam y gabros lixiviados, es posible elaborar la propuesta de las mezclas adecuadas para su utilización en la industria de materiales de la construcción.

Objeto de Estudio

Las arcillas y los gabros lixiviados de la zona de Cayo Guam.

Objetivo General

Evaluar las mezclas de arcillas de la zona de Cayo Guam al adicionar gabros lixiviados, dependiendo de sus propiedades físico - mecánicas para su utilización en la industria de materiales de la construcción.

Objetivos Específicos

- Definir el sector favorable que garantice la calidad esperada, para proponer la extracción de los materiales arcillosos de Cayo Guam.
- Determinar las propiedades físico - mecánicas de las mezclas de arcillas de la región de Cayo Guam con adición de gabros lixiviados.
- Evaluar diferentes tipos de mezclas y proponer las adecuadas para su utilización en la industria de materiales de construcción.



Para dar cumplimiento a los objetivos planteados se realizaron las siguientes tareas:

- Análisis bibliográfico de trabajos relacionados con el objeto de la investigación.
- Selección y preparación de las muestras a utilizar en la investigación.
- Elaboración de mezclas para la obtención de objetos experimentales.
- Evaluación de las propiedades físico - mecánica a partir de los ensayos de resistencia mecánica, absorción, y pérdida de masa.
- Análisis de los resultados obtenidos.



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.

Definiciones de las arcillas

Se puede definir la arcilla como una sustancia mineral terrosa compuesta en gran parte de hidrosilicato de alúmina que se hace plástica cuando se humedece, dura y semejante a la roca cuando se cuece. Otra definición podría ser la disgregación y descomposición de las rocas feldespáticas durante millones de años para dar lugar a partículas pequeñísimas.

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 utilizado para la fabricación de artículos de alfarería y ladrillos. Desde el punto de vista económico las arcillas son un grupo de minerales industriales con diferentes características mineralógicas, genéticas. Con distintas propiedades tecnológicas y aplicaciones.

Desde el punto de vista mineralógico, engloba a un grupo de minerales (minerales de la arcilla), filosilicatos en su mayor parte, cuyas propiedades físicas-químicas dependen de su estructura y de su tamaño de grano, muy fino (inferior a 2 μm).

Propiedades físico-químicas de las arcillas

Las arcillas son eminentemente plásticas. Esta propiedad se debe a que el agua forma una envuelta 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 pequeño y a su alta capacidad de hinchamiento.

Plasticidad: La mayoría de las arcillas son plásticas cuando conservan su humedad natural o cuando son mezcladas con agua, depende además, de los minerales que la componen, tamaño y forma de las partículas, materia orgánica, sales solubles, iones adsorbidos y la cantidad de minerales no arcillosos.

Podríamos hablar teniendo en cuenta una de las propiedades de la arcilla como es la plasticidad 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, que pueden ser químicamente inertes en la masa o crear una vitrificación en altas temperaturas (fundentes).

Según los datos de Priklonski, la plasticidad de las arcillas, determinadas por el método de Casagrande, se caracteriza por los valores mostrados en la siguiente tabla:

Tabla 1: Clasificación de las arcillas según su plasticidad

Arcillas	Número de plasticidad
De alta plasticidad	Mayor que 17
Plásticas	7 - 17
De baja plasticidad	0 - 7

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 calcio.

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

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 (esmeclitas) 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.

Hidratación e hinchamiento: la hidratación y deshidratación del espacio interlaminar son propiedades características de las esmeclitas, y cuya importancia es crucial en los diferentes usos industriales. Aunque hidratación y deshidratación ocurren con independencia del tipo de catión de cambio presente, el grado de hidratación sí está ligado a la naturaleza del catión interlaminar y a la carga de la lámina.

La absorción de agua en el espacio interlaminar tiene como consecuencia la separación de las láminas dando lugar al hinchamiento. Este proceso depende del balance entre la atracción electrostática catión-lámina y la energía de hidratación del catión. A medida que se intercalan capas de agua y la separación entre las láminas aumenta, las fuerzas que predominan son de repulsión electrostática entre láminas, lo que contribuye a que el proceso de hinchamiento pueda llegar a disociar completamente unas láminas de otras.

Cuando el catión interlaminar es el sodio, las esmeclitas tienen una gran capacidad de hinchamiento, pudiendo llegar a producirse la completa disociación de cristales



individuales de esmectita, teniendo como resultado un alto grado de dispersión y un máximo desarrollo de propiedades coloidales. Si por el contrario, tienen calcio o magnesio como cationes de cambio su capacidad de hinchamiento será mucho más reducida.

Tixotropía: la tixotropía se define como el fenómeno consistente en la pérdida de resistencia de un coloide, al amasarlo, y su posterior recuperación con el tiempo. Las arcillas tixotrópicas cuando son amasadas se convierten en un verdadero líquido. Si a continuación se dejan en reposo recuperan la cohesión, así como el comportamiento sólido. Para que una arcilla tixotrópica muestre este especial comportamiento deberá poseer un contenido en agua próximo a su límite líquido. Por el contrario, en torno a su límite plástico no existe posibilidad de comportamiento tixotrópico.

Al añadir una pequeña proporción de arcilla al agua esta permanece flotando sobre el líquido indefinidamente, alcanzando el estado coloidal. Sin embargo, si se añade aún más, el líquido se torna viscoso y se resiste a fluir; en cambio, si se agita vigorosamente la suspensión, el líquido recupera su fluidez, perdiéndola nuevamente al cesar la agitación. A esta propiedad se le llama tixotropía, y es típica de muchas de las arcillas comunes.

Tiene su asiento en la afinidad por el agua, así como en la capacidad de hinchamiento del espacio interlaminar, el cual puede alcanzar hasta quince veces el volumen original.

Capacidad de la arcilla de endurecer al secarla: una particularidad de la pasta de arcilla es su capacidad de endurecer al secarla al aire libre. La resistencia mecánica de la arcilla seca viene condicionada por la acción de las fuerzas de Van der Waals y la cementación de los granos de minerales por los iones de impurezas. Las fuerzas de presión capilar atraen las partículas de arcilla impidiendo su corrosión, a consecuencia de lo que tiene lugar la retracción aérea.

Durante la saturación de agua desaparecen los meniscos, cesa la acción de las fuerzas capilares, las partículas se desplazan libremente en el exceso de agua y la arcilla se empapa.

Retracción al secado y a la cocción: es la pérdida de volumen de la arcilla cuando esta es secada o cocida. La contracción al secado depende del contenido de agua, el

carácter de los minerales arcillosos y el tamaño de sus partículas. La contracción a la cocción depende de la densidad de la arcilla, los minerales volátiles presentes, los tipos de fases cristalinas que tienen lugar durante la cocción y las características de la deshidratación de los minerales arcillosos.

Temperatura de vitrificación o transición al estado pétreo durante la cocción: la vitrificación es el proceso de fusión gradual en el cual, como fase final, varios de los constituyentes que más fácilmente se funden, producen un incremento de cantidades de líquido a medida que la temperatura se incrementa. Esta fase líquida (masa silícea fundida) no sólo cementa las partículas de arcilla, sino también compacta el material cerámico.

Transición durante la cochura al estado pétreo: durante el proceso de cocción de las sustancias arcillosas se produce un conjunto de transformaciones físico - químicas que varía su estructura química y cristalina, aumentando su resistencia mecánica.

- De 0 a 400 °C. En este intervalo de tiempo se produce la desecación (eliminación del residuo de agua) y el quemado de las materias orgánicas (o sea, las impurezas que contenga). En esta etapa hay dilatación, no se produce cambios químicos ni estructurales.
- De 400 a 600 °C. En esta etapa se desprende el agua químicamente unida, descomponiéndose la arcilla en óxidos, cesa la dilatación y comienza la contracción en volumen.
- De 600 a 900 °C. Se forma un metacaolín muy inestable que tiende a formar alúmina, muy higroscópico (es decir, absorbe mucha agua).
- De 900 a 1000 °C. Durante este periodo reacciona la alúmina con la sílice y se forma el silicato de aluminio ($\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$) llamado en mineralogía sillimanita.
- Más de 1000 °C. La sillimanita tiende a transformarse en mullita, un mineral de gran dureza ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$).

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:

Según existencia en la naturaleza podemos hablar de dos tipos de arcillas las primarias y las secundarias.



Arcillas primarias o residuales: son las formadas en el lugar de sus rocas madres y no han sido por tanto transportadas por el agua, el viento o el glaciar. Estas tienden a ser de grano grueso y relativamente no plásticas. Cuando han sido limpiadas de fragmentos de roca, son relativamente puras, blancas y libres de contaminación con materiales arcillosos. La mayoría de los caolines son arcillas primarias.

Arcillas secundarias: son las que han sido desplazadas del lugar de las rocas madres originales. Aunque el agua es el agente más corriente de transporte, el viento y los glaciares pueden también transportar arcilla. Éstas son mucho más corrientes que las anteriores y tienen una constitución más compleja debido a que están compuestas por material procedente de distintas fuentes.

Desde el punto de vista geológico:

Se pueden distinguir entre primarias las cuales son de tipo hipogénico y 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 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 (como la caolinítica) y las poco plásticas (como la esméctica, que absorbe las grasas).

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

Por su granulometría

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

Tabla 2: Posición granulométrica de las arcillas, (Tomado de Hidalgo, 2013)

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

Clases industriales de arcilla

Caolín o arcilla de china

Este tipo de arcilla se encuentra más corrientemente en China que en cualquier otra parte, de ahí su nombre.

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

Arcilla para gres o arcilla para loza

Las arcillas para loza son generalmente arcillas secundarias y plásticas que se funden a 1.200-1.300°C. Su color de cocción va desde un gris claro a un gris oscuro o marrón.

Cambian mucho de color, plasticidad y temperatura de cocción sin haber una distinción clara entre arcilla refractaria o para loza. La distinción se suele basar según el uso que se haga de la arcilla más que por su naturaleza química o física. Esta

puede presentar un grado óptimo de plasticidad así como de cocción o puede mejorarse añadiendo feldespato para ajustar su temperatura y plasticidad.

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...

Arcilla roja común

Por sí sola es demasiada plástica, llegando a ser pegajosa, aunque a veces contiene arena u otros fragmentos pétreos que dificultan su plasticidad.

Se encuentra 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.

Usos de las arcillas en la industria nacional

Actualmente se utilizan en:

- Ladrillos para paredes (ladrillos macizos, ladrillos huecos, ladrillos aligerados, bloques aligerados, ladrillos de cara vista).
- Tejas.
- Paredes de techo (elementos de construcciones horizontales).
- Elementos de drenaje (tubos de drenaje).
- Baldosas de piso, lozas de azotea.
- Artículos de uso doméstico.
- Electro – cerámica, cerámica sanitaria.
- Cerámica química, azulejos.
- Cerámica refractaria.

Mineragenia 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 intemperismos 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.

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 10 m.

Zonalidad litológica vertical de la corteza de meteorización

Para las lateritas de Cuba se desarrolló una clasificación específica para la zonalidad y los perfiles de intemperismo con fundamento litológico, vigente en la actualidad (Lavaut, 1987-2003)

La zonalidad litológica de la corteza de intemperismo en el sentido de la profundidad, consta de seis zonas que se diferencian por sus propiedades físicas y composicionales: color, granulometría, humedad, propiedades físico-mecánicas (densidad, resistencia a la compresión, estabilidad bajo carga y en estado libre de sus taludes), composición química y mineral, que a su vez reflejan la gradualidad metasomática del intemperismo natural de las rocas madres o substrato en diferentes condiciones microclimáticas, geomorfológicas y geólogo-estructurales.

Estas zonas litológicas en el sentido de la profundidad son las siguientes

1. Zona de ocre inestructurales con concreciones ferruginosas
2. Zona de ocre inestructurales sin concreciones ferruginosas

3. Zona de ocres estructurales finales).
4. Zona de ocres estructurales iniciales o saprolitas finas.
5. Zona de rocas madres lixiviadas o saprolitas gruesas.
6. Zona de rocas madres agrietadas o saprocas.

La descripción concisa de las zonas litológicas es la siguiente

Zona de ocres inestructurales con concreciones ferruginosas: se caracteriza por una gran abundancia (usualmente 30–70 %) de globulaciones goethítico- hematíticas sin conservación de los rasgos de la empresa estructural de la roca madre, cuya cantidad y tamaño disminuyen (hasta 0.5-1 mm de diámetro) con la profundidad adquiriendo una forma prácticamente esférica al desaparecer en la masa ocrosa inestructural de la base de esta capa. El color del material de esta zona es marrón rojizo oscuro o rojo rosado, correspondientemente si la roca madre fue ultramafita o mafita.

2) **Zona de ocres inestructurales sin concreciones ferruginosas:** consiste en una masa ocrosa de aspecto terroso y coloración más clara que la anterior zona, prácticamente sin concreciones ferruginosas, donde no se conservaron las características de la empresa estructural de las rocas madre.

3) **Zona de ocres estructurales finales:** masa ocrosa con la conservación de rasgos estructurales de la roca madre y con relictos de los minerales que la componían en cantidades insignificantes sobre todo en la base de esta capa. Su coloración es amarilla anaranjada o rosada violácea con pintas blancas, correspondientemente si la roca madre fue ultramáfica o mafita.

4) **Zona de ocres estructurales iniciales o saprolitas finas:** consisten en una masa semiocrosa granulosa con aproximadamente la misma cantidad de material ocroso y arcilloso con relictos de los minerales primarios y fragmentos pequeños y medianos (1-3 cm de diámetro) de rocas madres lixiviadas y parcialmente limonitizadas, friables y con sus núcleos duros, más o menos frescos. La coloración es abigarrada amarillo-verdosa o blancuzca grisácea, correspondientemente si la roca madre fue ultramáfica o mafita.



5) **Zona de rocas madres lixiviadas o saprolitas gruesas:** está constituida por una masa fragmentosa arcillosa de consistencia semi-dura, ligereza de peso, porosa y cavernosa, levemente limonitizada (10–15 %), donde se manifiesta en forma relevante los rasgos de la empresa estructural de la roca madre. La fragmentosidad consiste en partes de las rocas madres fuertemente lixiviadas, argilitizadas y levemente limonitizadas que pueden estar impregnadas por vetas, vetillas y nidos de minerales infiltrativos de neoformación (supergénicos). Generalmente el material de esta zona está fuertemente impregnado de agua. La coloración del material es verde grisácea amarillenta o verde grisácea blancuzca, correspondientemente si la roca madre fue ultramáfica o mafita.

6) **Zona de rocas madres agrietadas o saprocas:** consiste en el frente de intemperismo físico con incipiente lixiviación y oxidación de las rocas madres por las grietas del intemperismo. Por las grietas se depositan usualmente minerales infiltrativos supergénicos, principalmente silicatos amorfos y microcristalinos; y el material de esta zona. La coloración del material de esta zona coincide con el color general de las rocas madres primarias, experimentando una decoloración hasta matices más claros en las partes lixiviadas entorno a las grietas, así como pueden observarse fenómenos de metasomatosis cromática por contaminación con óxidos-hidróxidos de hierro de las soluciones infiltrativas, serpentización y argilitización.

ESTADO DEL ARTE

En Cuba, la industria cerámica ha tenido un amplio desarrollo a partir de 1959. Existen actualmente varias 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. En la actualidad a la arcilla se le hacen adiciones de otros productos que corrigen o mejoran sus propiedades. El desarrollo actual y futuro de las cerámicas conduce a innovaciones tecnológicas importantes y capaces de sustituir industrias clásicas, reducir la dependencia de materias primas estratégicas y abarcar sectores industriales completos.

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

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

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.

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.

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

ventajas de esta propiedad de tener mayor facilidad de colocación de los ladrillos cerámicos, a la vez que incrementan las propiedades de mayor aislamiento térmico y acústico.

Sosa Díaz, Jorge A. 2011 en el Informe sobre la Exploración adicional en la porción este del Yacimiento Arcilla Bayamo determinó de 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.

Palacio Greco, Liván. 2010 en el Proyecto de Explotación Minera del yacimiento Arcilla San Juan concluyó que en el mismo predomina muchos fragmentos de rocas frescas y alteradas.

Brocard Rivera, Yordanis 2011 realizó una evaluación con mezclas de arcilla y arena sílice residual para su utilización en la industria cerámica demostrando que la mezcla de 40 % de arcilla; 57 % de mezcla de arena sílice residual y 3 % de agua, fue la que mejores resultados alcanzó atendiendo a las propiedades evaluadas.

Rodríguez Reyes Isail 2013 realizó una caracterización de materiales arcillosos del depósito Cayo Guam para su posible empleo como material cementicio suplementar llegando a la conclusión de que las principales fases minerales identificadas por DRX y ATG en la arcilla natural del yacimiento Cayo Guam son la caolinita $[Al_2(Si_2O_5)(OH)_4]$, la hematita (Fe_2O_3) y la gibbsita $[Al(OH)_3]$. Demostró que las arcillas de la región de Moa, potencialmente pueden ser utilizadas en la industria de la cerámica y del cemento.

Días Álvarez, Adrián 2014 realizó una evaluación de mezclas de arcillas con adición de tobas vítreas para la fabricación de ladrillos cerámicos en Bayamo. Prov. Granma. El mismo llegó a la conclusión que se puede mejorar la calidad de los ladrillos cerámicos y otros productos empleando las mezclas con tobas vítreas, aditivo que se comporta como un fundente, lo cual permite disminuir la temperatura de cocción del ladrillo y/o el tiempo que el mismo se encuentre en el horno. 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.

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

Introducción

En el presente capítulo se exponen las principales características físico – geográficas y económicas de la región y área en estudio, constituidas por arcilla y corteza desarrollada sobre gabros de la zona de Cayo Guam.

1.1.1 Situación geográfica de la región

El área de estudio se encuentra enmarcada dentro del municipio Moa, el cual se ubica hacia el noreste de la provincia Holguín, limitando al norte con el Océano Atlántico, al sur con el municipio de Yateras, por el este con el municipio de Baracoa y al oeste con los municipios de Sagua de Tánamo y Frank País.



Figura 1.1: Mapa de ubicación geográfica del municipio de Moa. (Tomado de Céspedes ,2014)

1.1.2 Relieve

La región se encuentra enclavada en el grupo orográfico Sagua – Baracoa, por lo que el relieve es predominante montañoso, principalmente hacia el sur donde es más accidentado en la Sierra de Moa que se extiende en dirección submeridional. Hacia el norte el relieve se hace más suave con cotas que oscilan entre 40 y 50 m como máximo, disminuyendo gradualmente hacia la costa, influenciado, además, por la acción del hombre, que ha sido causante de

su transformación, por la necesidad del laboreo minero y de las construcciones de obras económicas y sociales, para lo cual se ha tenido que realizar grandes movimientos de tierra.

1.1.3 Clima

El clima es tropical, este se ve influenciado por la orografía. Las barreras montañosas del grupo Sagua - Baracoa sirven de pantalla a los alisios del noreste, los cuales provocan la ocurrencia de abundantes lluvias en la parte norte del municipio Moa.

1.1.4 Humedad relativa

La humedad relativa de la zona es alta debido a la exposición marítima del territorio, incluyendo en este aspecto a las precipitaciones, las que son abundantes en todo el año. Los meses que poseen los mayores valores se ubican de noviembre-abril, alcanzándose las máximas de diciembre a enero, lo cual se debe al ascenso orográfico o forzado del viento que favorece las altas precipitaciones al inicio y final del período de transición verano - invierno. La humedad relativa media más alta se alcanza en el horario de la mañana (7:30AM) y es del 90 al 95% y la más baja ocurre en el horario de la tarde (1:30PM) siendo de 70 al 75%.

1.1.5 Hidrografía

La abundancia de precipitaciones, las cuales ocurren prácticamente durante todo el año conjugado con las características del relieve y del clima, favorece la existencia de una red hidrográfica que corre de sur a norte. La misma es de tipo dendrítica, pudiéndose observar sin embargo algunos casos correspondientes a una red del tipo subparalela. La región cuenta con una red hidrográfica bien desarrollada representada por numerosos ríos y arroyos entre los que se destacan de este a oeste: Yamanigüey, El Medio, Semillero, Quesigua, Cayo Guam, Punta Gorda, Yagrumaje, Moa, Cabañas y Aserrío, los cuales son de carácter permanente. Estos ríos desembocan en el océano Atlántico formando deltas cubiertos de mangles, apreciándose en los mismos una zona de erosión y otra de acumulación.

Los ríos forman terrazas al llegar a la zona de pie de monte y presentan no pocos meandros, sus orillas son abruptas y erosionadas en la zona montañosa mientras que en las partes bajas son llanas y acumulativas. Son alimentados

por las precipitaciones atmosféricas teniendo como origen las zonas montañosas del grupo Sagua - Baracoa. Generalmente sobrepasan los 1.5 m/s de velocidad, los gastos oscilan entre 100 y 400 L/s, en periodo de estiaje y hasta más de 300 m³/s durante avenidas en períodos húmedos. Se puede decir que el nivel de los ríos cambia en dependencia de las precipitaciones, los niveles más bajos se observan en el período de seca, cuando los ríos se alimentan solamente de aguas subterráneas, correspondiente a los meses de julio a septiembre y los más elevados en la época de lluvias máximas, la cual está comprendida de octubre a enero. Producto de que los ríos anteriormente mencionados conforman las reservas naturales del municipio, los autores de esta investigación consideran necesario, dar una breve reseña de sus características generales.

1.1.5.1 Río Cayo Guam

Tiene su origen en la cota 820 m y desemboca en el océano Atlántico, presenta un área de alimentación de 57.71 km². Su principal fuente de alimentación son las precipitaciones atmosféricas; en la temporada de seca los gastos medios son de 0.4 a 0.7 m³/s. y en la de lluvia se han manejado valores que pueden llegar hasta 4 m³/s.

1.1.5.2 Río Quesigua

Su origen difiere del anterior, este se encuentra ubicado en la cota 420 m, desemboca en el océano Atlántico, el área de alimentación alcanza los 26.7 km². En época de seca los gastos medios son de 0.3 a 0.5 m³/s., experimentando en tiempo de lluvia una ligera variación, presentando además gastos medios que oscilan entre 1 - 2 m³/s, en determinados periodos.

1.1.5.3 Río Yagrumaje

Situado al oeste del yacimiento Punta Gorda, su formación parte de la cota 740 m, desembocando en el océano Atlántico. Forma barrancos casi verticales, su longitud es de 13 100 m, presentando una cuenca con un área de 14.8 km²; el mismo tiene un gasto medio de 0.58 m³/seg, en periodo de estiaje.

1.1.5.4 Río Moa

Tiene su origen a mayor altura, correspondiéndose con la cota 950 m, desemboca en la Bahía de Moa, presenta 21 km de extensión y corre en

dirección noroeste - noreste. Este se alimenta de los ríos Cabaña, Los Lirios, además de arroyos y cañadas que provienen de regiones montañosas. Al llegar a la zona de pie de monte puede constatarse la formación de terrazas, sus orillas son abruptas y de erosión en las partes montañosas, mientras que en las partes bajas, que coinciden con las zonas de terrazas, son llanas y acumulativas; cabe destacar que su cauce ha experimentado la formación de numerosos meandros. Su principal fuente de alimentación son las precipitaciones atmosféricas, siendo el caudal medio en periodo de seca de $4\text{m}^3/\text{s}$, aumentando considerablemente en la estación de lluvia, alcanzando valores medios de hasta $20\text{m}^3/\text{s}$ y muy superiores en periodos de avenidas.

1.1.5.5 Río Cabaña

Su formación parte de la cota 320 m, se une al río Moa y al llegar a la zona de pie de monte forma terrazas y presenta numerosos meandros, sus orillas son abruptas y de erosión en las zonas montañosas, mientras que en las partes bajas son llanas y acumulativas. En las terrazas éstas alcanzan más de 3 m de margen derecho y menos de medio metro de margen izquierdo. Su principal fuente de alimentación son las precipitaciones atmosféricas.

1.1.5.6 Río Los Lirios

Tiene su origen en la cota 380 m, constituye una fuente de alimentación del río Moa, siendo su valle estrecho con la presencia de pendientes suaves. Suele tener por lo general un gasto de $0.14\text{m}^3/\text{s}$.

1.1.6 Vegetación

El municipio forma parte del sistema montañoso Mayarí–Sagua–Moa–Baracoa, el mismo representa la zona de mayor biodiversidad del país con un 68% de especies autóctonas (Reyes y del Risco, 1993). El área sur del municipio queda englobada dentro de una reserva de la biosfera declarada por la UNESCO en el año 1998. La vegetación presente en el área es variada, encontrando formaciones vegetales tales como: pinares, bosque en galería, arbustivo y vegetación secundaria.

La vegetación de estos suelos se mantiene por la elevada humedad y por los mecanismos de conservación de los nutrientes que los mismos han desarrollado, predominando el *pinus cubensis* y plantas latifodias, endémicas

de la región. Debe destacarse que los pinares presentan hojas en forma de agujas, estos tienen alturas que oscilan entre 20 y 30 m, con una cobertura que constituye entre el 80 y el 90 % de la superficie.

1.1.7 Desarrollo económico de la región

La base económica fundamental de la región de Moa depende de la minería. Económicamente está dentro de las más industrializadas del país; cuenta con dos plantas procesadoras de menas de níquel actualmente en producción, la Empresa Comandante Ernesto "Che" Guevara y la Empresa Comandante Pedro Soto Alba, Moa Ni SA. Además de estas industrias existen otras instalaciones de apoyo a la metalurgia y minería, tales como la empresa Mecánica del Níquel "Comandante Gustavo Machín", centro de proyectos del Níquel (CEPRONIQUEL), la Empresa Constructora y Reparadora del Níquel (ECRIN), así como otros centros industriales de menor tamaño, vinculados a la actividad económica del territorio.

1.1.8 Características geológicas del territorio

La geología de la región se caracteriza por una gran complejidad condicionada por la variedad litológica presente y los distintos eventos tectónicos ocurridos en el paso del tiempo geológico, lo que justifica los diferentes estudios y clasificaciones realizadas, basadas en criterios o parámetros específicos.

La faja Mayarí-Baracoa a su vez la divide en tres macizos: Mayarí-Cristal, Sierra del Convento y Moa-Baracoa, el área de estudio se encuentra en el Macizo Moa-Baracoa localizándose en el extremo oriental de la Faja Mayarí-Baracoa. Ocupando un área aproximada de 1 500 km² donde se presenta un gran desarrollo de los complejos ultramáfico, máfico y vulcano-sedimentario mientras que el complejo de diques de diabasas está muy mal representado, apareciendo las diabasas descritas en la región en forma de bloques tectónicos incluidos en los niveles de gabros, sobre todo en la parte superior del complejo cumulativo. Se estima un espesor de aproximadamente 1000 metros para el complejo ultramáfico y 500 metros para el de gabros, mientras que para el complejo vulcano-sedimentario se ha estimado un espesor de 1200 metros.

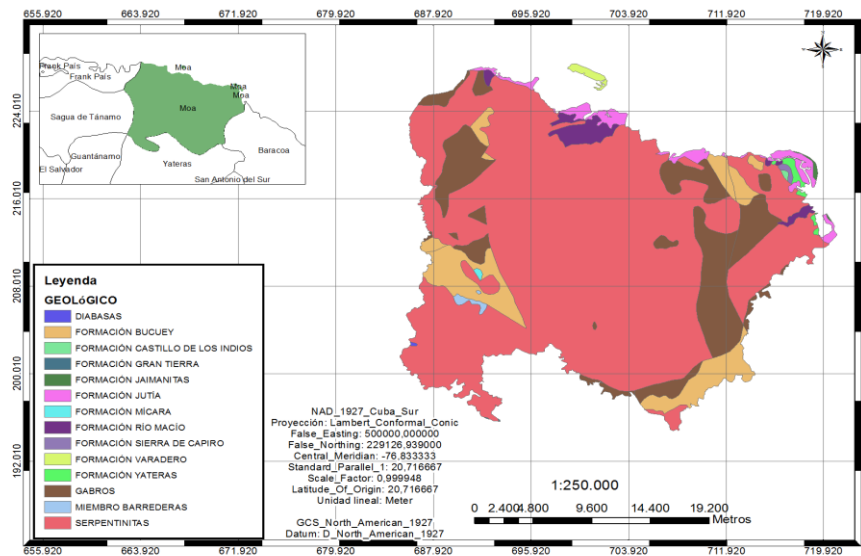


Figura 1.2: Esquema geológico del municipio de Moa (Modificado del IGP 2001).

1.1.8.1 Estratigrafía

En 1989, F. Quinta en su tesis Doctoral, realiza la clasificación geológica regional según ocho asociaciones estructuro-formacionales. En la región aparecen cuatro, las cuales se mencionan a continuación:

1. (AEF) del Arco Insular Volcánico del Cretácico.
2. (AEF) del Complejo Ofiolítico.
3. (AEF) del Arco Insular Volcánico del Paleógeno.
4. (AEF) de la Neoplateforma.

Para la realización de la propuesta de su clasificación, se basó en la teoría que explica el origen y evolución de los arcos insulares, así como la formación de las plataformas, las etapas evolutivas y los conjuntos litológicos faciales típicos de cada estadio. A continuación se realiza una descripción de las Asociaciones Estructuro- Formacionales (AEF) que se desarrollan en la región

1. AEF del Arco Insular Volcánico del Cretácico

En la región existe un amplio desarrollo de las secuencias volcánicas y vulcanógenas sedimentarias del Cretácico Inferior pre-Aptiano-Cretácico Superior indiferenciado. Probablemente pre-Coniaciano. Estas secuencias compuestas por tobas de diferentes tipos, basaltos, basaltos-andesitas y otras rocas. Esta AEF está bien representada en la región por la Formación Santo Domingo.

Formación Santo Domingo:

Única representante del Arco Volcánico del Cretácico en el área, está constituida por tobos, lavas, conglomerados, aparición de pequeños pórfidos dioríticos, andesitas y diabasas. Se incluye además en esta formación las calizas pizarrosas bien estratificadas y muy plegadas de color grisáceo. Las tobos ocupan más del 50% de la formación, apareciendo en la parte superior preferentemente, siendo comunes las variedades ristolovitroclásticas y vitroclásticas. Las lavas aparecen en ocasiones con textura amigdaloidal, predominando las variedades porfidíticas, yaciendo en forma de mantos interestratificados casi concordantes con las tobos. A menudo, junto con las lavas se observan aglomerados de composición dacítica y andesítica, muy alterados. Se le asigna una edad Cretácico Aptiano-Turoniano.

2. AEF del Complejo Ofiolítico

Las rocas que predominan son las ultramáficas que aparecen serpentinizadas en mayor o menor grado, asociadas a garbos y diabasas, que en su conjunto forman la Asociación Ofiolítica. Los contactos observados con las estructuras circundantes son tectónicos. Estas estructuras son complicadas debido al clásico emplazamiento que presentan, estando afectadas por dislocaciones plicativas y disyuntivas. En Cuba, así como en el resto del mundo las ofiolitas constituyen parte de la corteza oceánica y participan en el emplazamiento de las rocas ultramáficas en estado frío. Los complejos que se mencionan a continuación son representativos de las secuencias pertenecientes a la asociación ofiolítica.

Las secuencias de la asociación ofiolítica se encuentran representadas por los siguientes complejos:

1. Complejo Ultramáfico.
2. Complejo Cumulativo Máfico.
3. Complejo de Diques paralelos o Diabasas.

3. AEF del Arco Insular Volcánico del Paleógeno

Está representada en los flancos septentrionales y meridionales de la Sierra Cristal; así como en la cuenca de Sagua de Tánamo y otras áreas donde aparece la formación que a continuación se describe.

Formación Sabaneta:

Perteneciente a la AEF del Arco de Isla Volcánico del Paleógeno (Neoarco), Sub-AEF de Retroarco, la misma está constituida por rocas vulcanógenas-sedimentarias de granos finos, frecuentemente zeolitizadas o montmorillonitizadas, con intercalaciones de tufitas calcáreas, areniscas tobáceas, calizas, conglomerados tobáceos, argilitas, margas, silicitas, gravelitas, conglomerados vulcanomícticos, ocasionalmente con pequeños cuerpos de basaltos, andesitas, andesito-basaltos y andesito-dacitas, así como tobas cloritizadas. Las tobas son vitroclásticas y cristalolitoclásticas zeolitizadas, en menor grado bentonitizadas. Las calizas tobáceas y tufitas aparecen regularmente hacia la parte alta de la formación, como se observa en Farallones de Moa, puede destacarse además que la estratificación es buena, siendo frecuentemente gradacional.

4. AEF de la Neoplatформа

Está constituida por secuencias sedimentarias donde predominan las rocas carbonatadas sobre las rocas terrígenas, depositadas en régimen de plataforma continental, aparece representado en la región por la formación Majimiana que yacen discordantemente sobre las unidades del cinturón plegado. Estructuralmente estas secuencias se caracterizan por yacencia monoclinal suave u horizontal, con algunas perturbaciones en las zonas donde existen dislocaciones jóvenes.

Formación Majimiana:

Está constituida por calizas órgano-detríticas típicas de complejos arrecifales y bancos carbonatados con intercalaciones de margas. Las secuencias de la misma experimentan bruscos cambios faciales en cortas distancias, contiene una abundante fauna de foraminíferos bentónicos y planctónicos, lo que ha permitido asociar su edad al Oligoceno Superior hasta el Mioceno.

1.1.8.2 Tectónica

La tectónica de la región es compleja, se pone de manifiesto la superposición de fenómenos tectónicos originados en condiciones geodinámicas contrastantes y en diferentes períodos, así el sistema de mantos tectónicos y el intenso plegamiento que caracterizan la estructura geológica de las secuencias más antiguas surgieron en un ambiente de compresión máxima. En

contraposición a esto los eventos tectónicos más jóvenes surgieron en lo fundamental, bajo la acción de esfuerzos de tracción de la corteza terrestre, estos esfuerzos han originado sistemas de fallas que dividieron la zona en una serie de bloques horsticos y gravens que enmascararon las estructuras más antiguas.

Principales Sistemas de Fallas del Territorio

En los estudios tectónicos precedentes del territorio se han reconocido y fueron cartografiados cuatro sistemas de estructuras disyuntivas que corresponden a cada uno de los periodos de la evolución geotectónica (Rodríguez, 1998). Las fallas más representativas por sistemas son.

El primer sistema y más antiguo de la región el cual se encuentra pasivo las fallas de este sistema son: Falla El Liria y Falla Caimanes Abajo.

El segundo sistema se encuentra activo y en él se encuentran las siguientes fallas:

Falla Los Indios; En varios puntos esta estructura aparece cortada y desplazada por fallas de dirección norte-noreste. Su trazado es en forma de una línea curva cóncava hacia el oeste-sudoeste con un rumbo que oscila entre los 10° y 30° oeste en los diferentes tramos que la conforman.

Falla Cayo Guam; Con una dirección N15°W, se extiende desde la parte alta del río de igual nombre esta estructura aparece cortada y desplazada en varios tramos por fallas de dirección noreste y sublatitudinales.

Falla Moa; Es la estructura de mayor extensión y su trazo corresponde con una línea cóncava hacia el este con el arco mayor en la zona de Calentura, Haciéndose más recta hacia el norte con una dirección de N48°E, mientras que en su parte meridional tiene un rumbo N25°W.

Falla Miraflores; Se extiende en forma de arco cóncavo hacia el este-noreste con un trazo casi paralelo a la falla Moa, con un rumbo N25°W desde el límite sur del área hasta Cayo Chiquito y desde aquí hasta Punta Majá con una orientación N35°E.

Falla Cabaña; Orientación N70°E hasta la zona de Zambumbia donde es truncada por un sistema de fallas submeridionales En las cercanías de Centeno esta estructura es cortada y desplazada por la falla Cananova tomando una

orientación N56°E.

Falla Quesigua; Se expresa a través de un arco con su parte cóncava hacia el este nordeste, manteniendo en su parte septentrional, donde su trazo es más recto un rumbo N10°E y en la meridional, N40°W.

Falla Maguey; Asume un rumbo N65°E por más de siete kilómetros hasta Calentura abajo donde se cruza con las fallas Moa y Caimanes. En su parte más occidental mantiene una orientación N78°E siendo cortada y desplazada por estructuras de orientación noroeste.

En el tercer sistema al igual que el segundo activo se encuentran las fallas:

Falla Cananova; Presenta rumbo predominante N53°W. Es cortada en diferentes puntos por estructuras submeridionales, caracterizándose toda la zona de falla por el grado de cizallamiento de las rocas que corta.

Falla El Medio; Con un rumbo aproximado de N40°E. Al igual que la Falla Cananova, origina un alto cizallamiento de las rocas a través de todo su trazo.

Cuanto sistema el cual también está activo las fallas más reconocidas son; Falla Cupey, Falla Arroyón.

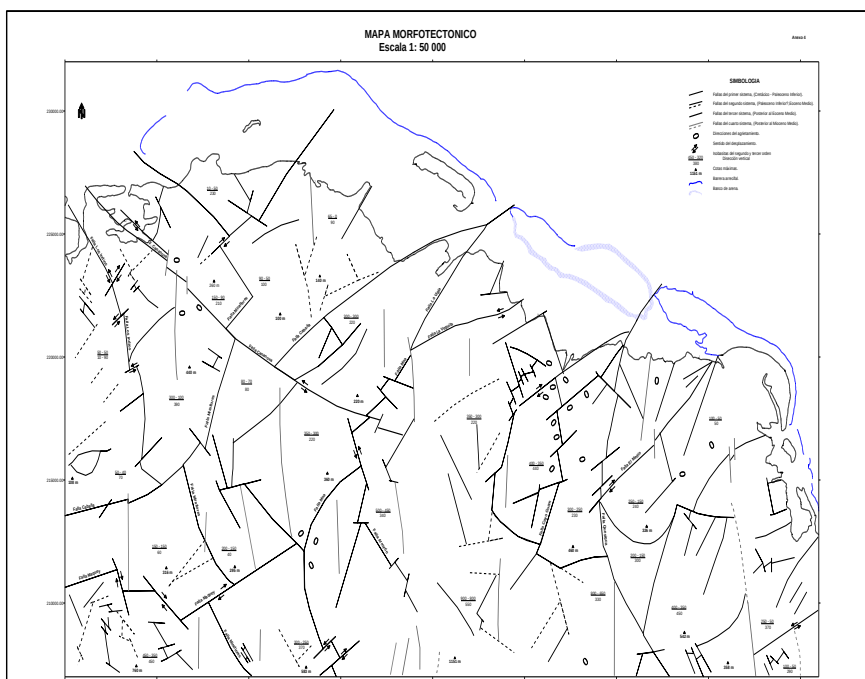


Figura 2.3: Mapa morfotectónico del territorio de Moa (Rodríguez A., 1999).

1.1.8.3 Magmatismo

El magmatismo en la región está ampliamente desarrollado, siendo las rocas ultrabásicas el máximo exponente predominando las harzburgitas y de forma subordinada las dunitas, iherzolitas y piroxenitas con diferentes intensidades de serpentinización todas ellas en su conjunto constituyen un enorme manto tectónico, generalmente en las proximidades de los contactos de las serpentinas con la roca subyacente aparecen bloques exóticos de metamorfitas. Dentro del macizo ultramáfico, constituyendo grandes bloques tectónicos, se encuentran incluidos bloques de gabros normales, olivínicos y gabro diabasas que en ocasiones aparecen anfibolitizados. Con frecuencia se puede encontrar una amplia gama de rocas magmáticas en las secuencias vulcanógenas-sedimentarias del Paleoceno al Eoceno Medio, donde predominan las rocas piroclásticas. En general, podemos plantear que las rocas magmáticas de la región aparecen en dos grandes grupos. El primero lo constituyen las rocas que conforman la asociación ofiolítica y el segundo, las rocas pertenecientes al arco insular volcánico del Cretácico, representado por la Formación Santo Domingo.

1.1.8.4 Características geomorfológicas.

Genéticamente el relieve de Moa y sus áreas adyacentes está clasificado dentro del tipo de Horst y bloques que corresponden a los cuerpos de rocas ultrabásicas elevadas en la etapa neotectónica a lo largo de dislocaciones antiguas y rupturas nuevas, poco o ligeramente diseccionados (Rodríguez, 1998), en su estudio morfotectónico de la región clasificó el territorio en dos zonas geomorfológicas fundamentales.

Zona de Llanuras; Se desarrolla en toda la parte norte del área ocupando la zona comprendida desde la barrera arrecifal hasta los 100-110 m de altura hacia el sur, originadas por la acción conjunta de diferentes procesos morfogénicos entre los que predominan los fluviales y marinos. Entre los tipos de llanuras se encuentran las fluviales, marinas y palustres parálidas.

Zona de Montañas; Es la zona geomorfológica más extendida dentro del área de las investigaciones, ocupando toda la parte sur y central. Los valores morfométricos así como la configuración de las elevaciones son extremadamente variables en dependencia de las características litológicas y

del agrietamiento de las rocas sobre las cuales se desarrolla así como del nivel hipsométrico que ocupan. Teniendo en cuenta esos parámetros el relieve de montaña fue clasificado en cuatro subtipos: premontañas aplanadas ligeramente diseccionadas, submontañas y premontañas ligeramente diseccionadas, montañas bajas aplanadas ligeramente diseccionadas y montañas bajas diseccionadas.

1.2 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

1.2.1 Localización del área

Depósito ubicado al sureste de la localidad de Moa, provincia de Holguín, específicamente en las márgenes del río Cayo Guam, a unos 2 km de la carretera Moa-Baracoa, a 200 m aproximadamente de la antigua planta de Beneficio de Cromo en estos momentos molino de piedra de la ECOPP .



Figura 2.4: Esquema de ubicación geográfica del área de estudio escala 1:10000. (Modificado del Google)

1.2.2 Características generales

El área en estudio posee más 10000 m² de extensión aproximadamente y una potencia promedio de 10 m, presenta relieve variado, vegetación predominante de yagruma, charrascales e hicacos. En los alrededores se encuentran algunas cañadas que son más abundantes en tiempo de lluvia, éstas a su vez desembocan en el río Cayo Guam. Los procesos tectónicos

ocurridos en un pasado geológico han afectado los cuerpos de gabros ocasionando la fragmentación y fracturación de estos, facilitando la influencia de los agentes del intemperismo, alterando la roca original y dando lugar a la formación de estas arcillas. Se considera un yacimiento residual que es el tipo genético también de las lateritas níquelíferas que está a su alrededor, lo que lo diferencia es la roca madre. (Orozco, 1995) estudió el yacimiento Cayo Guam, donde concluyó que en la base del corte afloran gabros muy intemperizados y aspecto terroso-arcillosos al tacto, muy deleznales y con una alta plasticidad. Hacia la parte superior existe una transición gradual a materiales parecidos a los de la base del corte formando una corteza de meteorización de colores variables, desde el rosado hasta el rojo intenso. A través de análisis por Difracción de Rayos X, en el mismo trabajo, se llegó a la conclusión de que la muestra era una caolinita desordenada, el análisis químico arrojó, que durante el proceso de alteración hubo un incremento considerable de alúmina y la consecuente migración del hierro, calcio y magnesio para la formación de la caolinita como mineral residual, la cual tuvo su origen en la meteorización de cuerpos de gabros, formando potentes capas que constituyen depósitos de gran extensión.

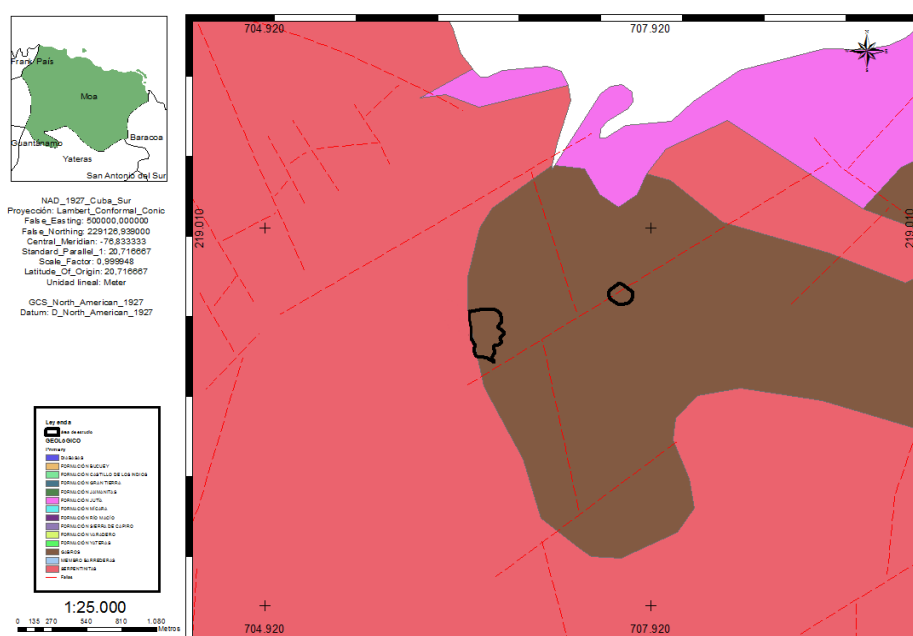


Figura 2.5: Esquema geológico del área de estudio. (Modificado del IGP 2001 escala 1:250.000)

1.2.3 Caracterización química de las arcillas de Cayo Guam

Tabla 2.1: Composición química de la arcilla de Cayo Guam (Rodríguez, 2013)

Compuestos	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	O ₂
Contenido, %	40,19	24,32	8,07	0,2	0,05	0,11	0,02	0,2

Según (Rodríguez, 2013) los compuestos que aparecen como constituyentes son: en mayores cantidades óxido de silicio, óxido de aluminio, y óxido de hierro y en menores cantidades óxidos de calcio, sodio, magnesio y potasio.

Los resultados obtenidos por investigadores como (Orozco, 1995) y (Njila2010), obtuvieron composición similares a las antes mencionadas.

1.2.4 Composición mineralógica de las arcillas de Cayo Guam

Las principales fases minerales identificadas por DRX en la arcilla natural son la caolinita [Al₂(Si₂O₅)(OH)₄], la hematita [Fe₂O₃] y la gibbsita [Al(OH)₃]. (Tomado de Rodríguez, 2013).

1.2.5 Gabros lixiviados

Cantera ubicada a 400 m en dirección sur hacia el río Cayo Guam, limita al norte con la carretera central Moa – Baracoa. El material presenta coloración pardo amarillo, de composición areno arcillosa y con alto grado de alteración. El área aproximada es de 10903 m², afectada por los eventos tectónicos, vegetación predominante en la parte superior de yagruma e hicacos.

CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS

Introducción

La adecuada selección de los métodos y materiales merece una especial atención. De ahí que el objetivo de este capítulo sea describir los principales materiales a utilizar y los métodos empleados para la realización del trabajo.

2.1 Materiales

Para la realización de este trabajo las muestras fueron tomadas en un sector de las arcillas de la zona de Cayo Guam, donde se pueden diferenciar sectores con variedad de tonalidades desde blanco-amarillentas, amarillo- pardo, rosada-roja entre otras tonalidades. Además se utilizó como aditivo gabros lixiviados de la misma zona.

2.2 Metodología de la investigación

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



Figura 2.1 Organigrama que resume la metodología de la investigación

Se trazó una metodología con varias etapas, entre las que se encuentran las siguientes:

- Etapa I: Preliminar.
- Etapa II: Trabajo de campo.
- Etapa III: Preparación y ensayo de las muestras.
- Etapa IV: Trabajo de gabinete.

2.2.1 Preliminar

Durante esta etapa se recopiló información en trabajos de diploma que abordan el tema, artículos publicados en Internet u otros sitios Web de interés, revistas publicadas, en referencias bibliográficas, etc. Incluyendo las características geológicas del área en estudio. Todas estas informaciones permiten un buen desarrollo del trabajo.

2.2.2 Trabajos de campo

El trabajo de campo se dirigió fundamentalmente a obtener el mayor volumen de información sobre el objeto que se está analizando y estudiando, los materiales arcillosos e la zona de Cayo Guam. Se realizó un recorrido por las áreas donde se encuentran las mismas y se recopiló la mayor información. Se determinó que las mejores áreas se encuentran, para los gabros lixiviados en las coordenadas X: 707667.48 Y: 218520.66; para las arcillas el sector más favorable se encuentra en las coordenadas X: 700000 Y: 206000

2.2.2.1 Toma de muestra

Para la toma de muestra se seleccionó un corte del afloramiento con el objetivo de obtener una muestra representativa a todo lo largo de los perfiles de meteorización. El tipo de muestreo empleado fue el muestreo por surcos, desde la base hasta la superficie, ya que a partir de este tipo de muestreo se abarca toda la potencia del afloramiento. Se aplicaron tres surcos, las muestras de éstos fueron mezcladas para constituir una muestra compuesta homogénea, realizándose de la misma forma para los dos materiales empleados.

2.2.3 Preparación y ensayo de las muestras

Durante la investigación, el proceso al que se sometieron las muestras comenzó en la nave de beneficio de la Facultad de Metalurgia Electromecánica en el ISMM donde se realizarán las siguientes tareas.

2.2.3.1 Preparación de las muestras

- Molienda
- Depuración de la pasta
- Preparación de las mezclas para la conformación de las probetas
- Maduración y reposo
- Moldeado
- Secado
- Cocción

❖ Molienda

Se realizó en un molino de bolas para desmenuzar el material y eliminar los terrones más gruesos y así llevarlo a una misma granulometría, esta operación se realiza con el material seco para evitar que este se pegue a las paredes del molino.



Figura 2.2: Molino de bola



Figura 2.3: Molino de bola

❖ Depuración de la pasta

Antes de ser modelada, la arcilla debía someterse a diversos procesos de depuración encaminados a reducir la cantidad de elementos extraños (piedras, vegetación) que se encontraban en la pasta tras su extracción. El sistema de depuración de la arcilla que se utilizó fue la limpieza a mano, la depuración por la acción de los agentes naturales.

❖ **Preparación de las mezclas para la conformación de las probetas**

Las mezclas se prepararon con las dosificaciones correspondientes para confeccionar las muestras, las mismas se realizaron en peso.

Los materiales para la confección de las probetas son añadidos en un recipiente donde se le agrega agua, luego se homogeniza hasta formar una pasta compacta y fácil de trabajar, se vierte en los moldes para la conformación de las probetas.

❖ **Maduración**

Antes de incorporar la arcilla al ciclo de producción, hay que someterla a ciertos tratamientos de trituración, homogenización, tamizado y reposo, con la finalidad de obtener una adecuada consistencia y uniformidad de las características físicas y químicas deseadas.

El reposo tiene en primer lugar, la finalidad de facilitar el desmenuzamiento de los terrones y la disolución de los nódulos para impedir las aglomeraciones de las partículas arcillosas. Favorece, además, la descomposición de la materia orgánica que pueda estar presente y permite la purificación química y biológica del material. De esta manera se obtiene un material completamente inerte y poco dado a posteriores transformaciones mecánicas o químicas.



Figura 2.4: Maduración de la arcilla

❖ **Preparación de los materiales en cuanto a su dosificación**

A partir del ejemplo que se muestra en la Tabla 2.1, se elaboran las probetas según la dosificación mostrada en la misma.

Tabla 2.1: Dosificación para la conformación de las mezclas

Material	Dosificación		
	D-1	D-2	D-3
Arcilla de Cayo Guam	80%	70%	60%
Gabros lixiviados	20%	30%	40%

❖ **Moldeado**

El moldeado consiste en obtener una masa más compacta, se puede utilizar las manos u otros equipos. Se realizó con moldes de madera, con dimensiones de 25cm de largo y 12cm de ancho y 6cm de alto. Siguiendo los requisitos de la N-C 360.

❖ **Secado**

El secado es una de las fases más delicadas del proceso de producción. De esta etapa depende, en gran parte, el buen resultado y calidad del material, más que nada en lo que respecta a la ausencia de fisuras. El secado tiene la finalidad de eliminar el agua agregada en la fase de moldeado para de esta manera, poder pasar a la fase de cocción. El secado se realizó al aire libre durante una semana o quince días.

❖ **Cocción**

Durante este proceso se producen profundos cambios en la arcilla. El primero es la terminación de su secado, el cual debe efectuarse lentamente de lo contrario la formación de vapor en la pasta puede provocar su estallido.

El siguiente cambio ocurre aproximadamente a 140 °C, cuando el agua combinada químicamente comienza a eliminarse. A partir de los 500 °C estará completamente deshidratada y la pieza no se ablanda ni se desintegra en el agua y ha perdido su plasticidad.

La cocción se realiza en un horno de mufla, donde se aumenta gradualmente la temperatura hasta alcanzar 900 °C, y se mantuvo esta temperatura por 1 h, aquí se produce la sinterización. Por lo tanto, se puede decir que este es un proceso crucial en la producción, y de mucho cuidado y control, ya que de este depende la calidad del producto final.



Figura 2.4: Horno de mufla

2.2.3.2 Metodología para la realización de los ensayos

Las determinaciones de la resistencia a la compresión, la absorción de agua y pérdida de peso se determinaron mediante métodos sencillos que se describen a continuación.

Tabla 2.2: Mezclas para analizar diferentes ensayos.

Mezclas	D-1	D-2	D-3
Arcilla	80%	70	60%
Gabros lixiviados	20%	30	40%

Parámetros a ensayar

- Pérdida de masa
- Resistencia a la compresión
- Absorción de agua en porcentaje

❖ Ensayo de absorción de agua de la arcilla cocida

Se realiza con el objetivo de determinar la capacidad de absorción de agua del elemento.

1. Pesar cuidadosamente las probetas cocidas.
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 ecuación (1)

$$\text{Absorción de agua} = 100. \frac{\text{Peso saturado} - \text{Peso seco}}{\text{Peso seco}} \dots\dots\dots(1)$$

Dónde:

Peso saturado: P.H (g)

Peso seco: P.S (g)

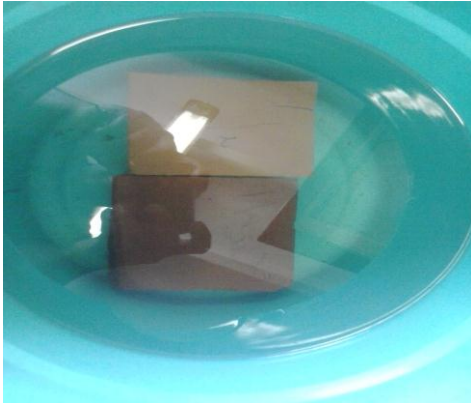


Figura 2.5: Ensayo de absorción de agua.

❖ Ensayo de pérdida de peso

Para realizar este ensayo las muestras se deben de pesar antes y después de ser cocidas. Luego que se obtienen los datos se procede al cálculo por la siguiente ecuación:

$$\text{Pérdida de masa} = 100 \cdot \frac{\text{Peso seco} - \text{Peso cocido}}{\text{Peso cocido}} \dots\dots\dots (2)$$

Dónde:

Peso seco: P.S (g)

Peso cocido: P.C (g)

❖ 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 mismo y se determina la carga en el momento de ruptura.

1. Medir el área de las probetas
2. Ubicar la probeta en el equipo
3. Asegurarse de que está bien ubicada para evitar valores erróneos
4. Calcular la resistencia por la siguiente ecuación:

$$\text{Resistencia a la compresión} = \frac{F_i}{A_i} \times f(\text{MPa}) \dots\dots\dots (3)$$

Dónde:

F_i = Carga de rotura del elemento (kgf)

A_i = Área de la cara del ladrillo expuesta a la carga cm^2

f = factor de conversión de kgf/cm^2 a MPa

Nota: Si la máquina de ensayos a la compresión indicara la carga F_i en N entonces se utiliza la ecuación siguiente:

$$\text{Resistencia a la compresión} = \frac{F_i \times 100}{A_i} (\text{MPa}) \quad \dots\dots\dots (4)$$



Figura 2.6: Foto prensa hidráulica

2.2.4 Trabajo de gabinete

Mediante esta etapa se realiza la confección de tablas y gráficos para interpretar los resultados y dar cumplimiento al objeto de estudio de la investigación.

CAPÍTULO III: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.

Introducción

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

3.1 Análisis de los resultados de pérdida de peso

Este parámetro se obtuvo a partir de la ecuación (2), permite conocer la facilidad de manejo del producto final, por pérdida de peso. Los resultados se muestran a continuación en la tabla (3.1). La pérdida de peso en cada muestra se representa en porcentaje y se ilustra en la figura (3.1).

Tabla 3.1: Resultados de la pérdida de peso, con temperatura de cocción a 950.

Masa de las muestras en seco (g)			
Muestras	Adición de 20%	Adición de 30%	Adición de 40%
M-1	890.1	961.9	940.0
M-2	709.3	911.5	922.1
M-3	710.0	921.9	1050
M-4	892.8	950.0	952.0
Masa de las muestras cocidas (g)			
M-1	780.0	850.0	841.9
M-2	631.0	803.8	830.0
M-3	630.0	820.0	900.0
M-4	790.0	853.8	853.9
Pérdida de masa en %			
M-1	14 .10	12.92	11.65
M-2	12.36	13.40	11.09
M-3	12.70	12.43	14.29
M-4	13.01	11.27	11.49
Promedio	13.04	12.51	12.13

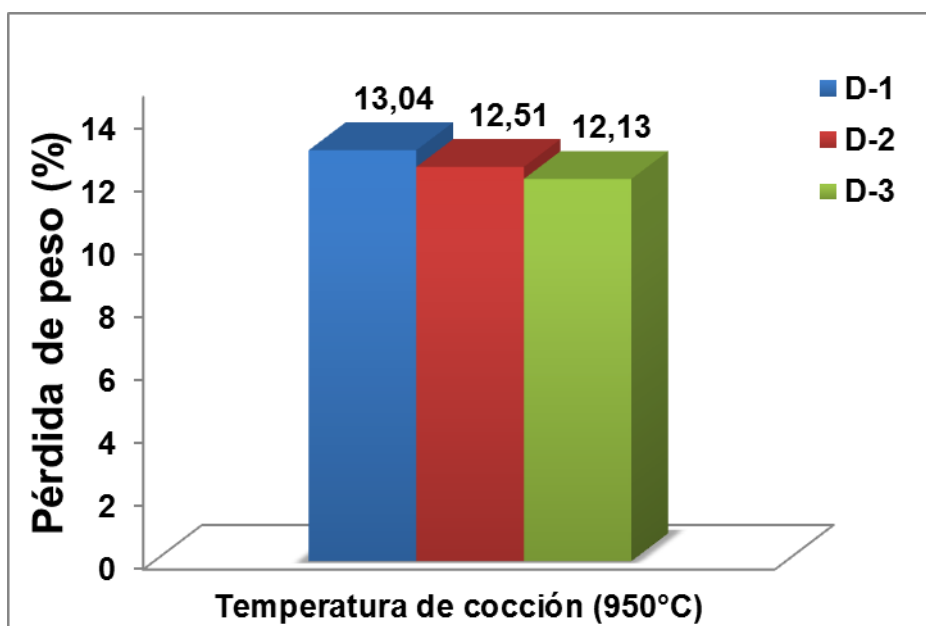


Figura 3.1: Resultados de la pérdida de peso de las mezclas evaluadas, temperatura de cocción (950 °C).

Dónde:

D-1: Dosificación con 20% de gabros lixiviados y 80% de arcilla.

D-2: Dosificación con 30% de gabros lixiviados y 70% de arcilla.

D-3: Dosificación con 40% de gabros lixiviados y 60% de arcilla.

Según los valores expuestos en la figura 3.1, las muestras elaboradas con 20% de adición de gabros lixiviados, tienen una pérdida de peso de (13.04%), las de 30% tienen una pérdida de peso de (12.51%) y las mezclas de 40% alcanzan (12.13%). Se demuestra que la mejor adición en este ensayo es la de 20% ya que es la que más peso pierde, esto se debe a que la arcilla debido a sus propiedades tiende a perder volumen cuando esta es secada o cocida, esta propiedad es importante pues los ladrillos u otras piezas cerámicas resultarían más ligeras.

3.2 Análisis del resultado de absorción de agua de las mezclas cocidas

El análisis de este parámetro se obtuvo a partir de los resultados obtenidos que se muestran en la tabla (3.2), para cada una de las mezclas. La capacidad de absorción de cada muestra se presenta en porcentaje y se ilustra en la figura (3.2). Esta demuestra que a mayor porcentaje adicionado de gablo lixiviado disminuye la absorción.

Tabla 3.2: Resultados de la absorción de agua, con temperatura de cocción a 950 °C

Peso de las muestras cocidas (g)			
Muestras	Adición de 20%	Adición de 30%	Adición de 40%
M-1	870	863.8	853.9
M-2	8.68	860.7	852.1
Peso de las muestras saturadas(g)			
M-1	1100	1087.8	1070
M-2	1099	1080.8	1069
Absorción de agua (%)			
M-1	26.43	25.93	25.30
M-2	26.61	25.57	25.45
Promedio	26.52	25.75	25.37

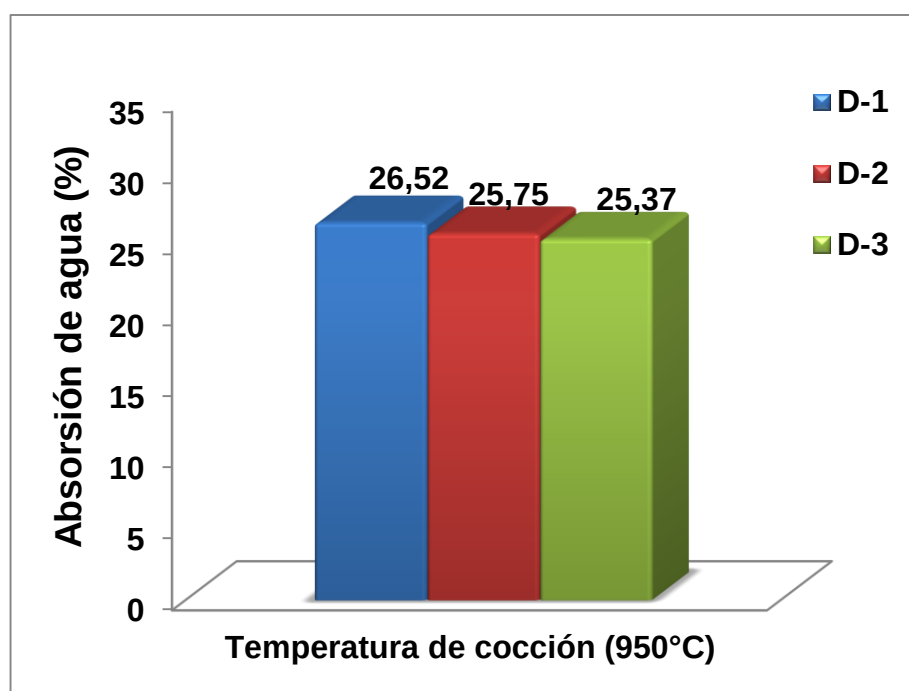


Figura 3.2: Resultados de absorción de agua de las mezclas evaluadas, temperatura de cocción (950 °C).

Dónde:

D-1: Dosificación con 20% de gabros lixiviados y 80% de arcilla.

D-2: Dosificación con 30% de gabros lixiviados y 70% de arcilla.

D-3: Dosificación con 40% de gabros lixiviados y 60% de arcilla.

Como se puede observar en la figura 3.2, este ensayo confirma el porcentaje de absorción de agua que tiene cada una de las tres mezclas estudiadas. Las dosificaciones con 20% de adición de gabsos lixiviados alcanzan valores de (26.52%) de absorción, las de 30% de adición del mismo material absorben (25.75%) de agua, resaltando que el valor más bajo de absorción lo obtuvo la dosificación de 60% de arcilla y 40% del otro material a utilizar. Atendiendo a los resultados esta disminución de absorción se debe a que la arcilla utilizada tiene contenido de caolín, según (Rodríguez, 2013) y durante el proceso de cocción surge una serie de transformaciones la cual provocan que varíe su estructura química y cristalina, en el caso de estas a una temperatura de cocción mayor de 900 °C se forma un metacaolin muy inestable y el material tiende a absorber mucha agua. (Remitirse, marco teórico conceptual, epígrafe “Transición durante la cochura al estado pétreo”)

3.3 Análisis de los resultados de resistencia a la compresión.

La resistencia mecánica caracteriza la capacidad de los objetos cerámicos de resistir golpes y cargas sin sufrir roturas durante su uso y manipulación. Los datos obtenidos del ensayo de resistencia a la compresión se representan en la Tabla (3.4). Los resultados obtenidos por la máquina de ensayo estaban en la unidad N/cm², fueron convertidos a (MPa) luego de realizar los cálculos correspondientes y se ilustran en la figura (3.4).

Tabla 3.4: Resultados de resistencia a la compresión.

Resistencia a la compresión (MPa)			
Muestras	Adición de 20%	Adición de 30%	Adición de 40%
M-1	17.49	18.91	19.49
M-2	17.49	18.14	19.70
M-3	17.60	18.49	19.90
Promedio	17.52	18.51	19.69

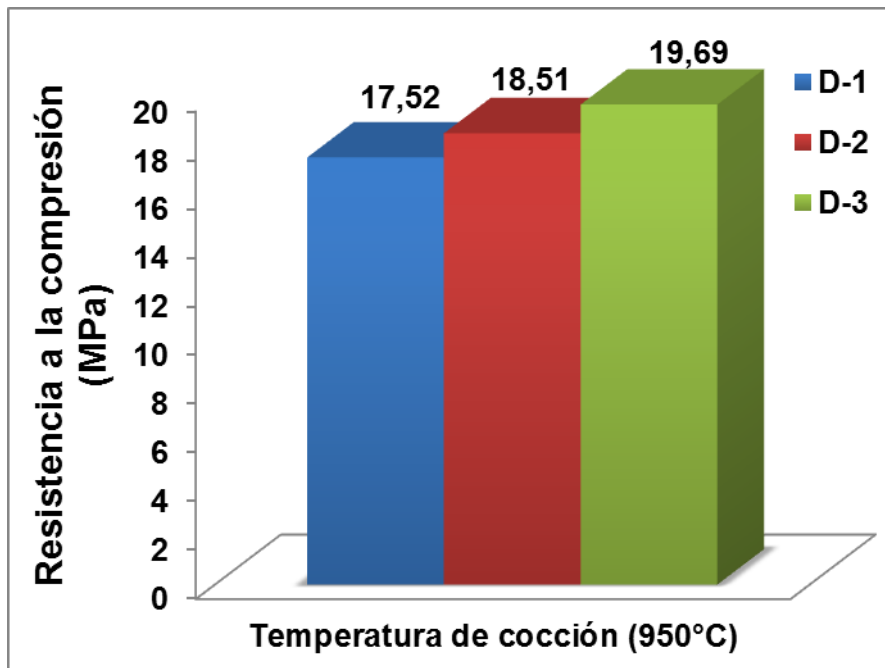


Figura 3.4: Resultados de resistencia a la compresión de las mezclas evaluadas, temperatura de cocción (950 °C).

Dónde:

D-1: Dosificación con 20% de gabros lixiviados y 80% de arcilla.

D-2: Dosificación con 30% de gabros lixiviados y 70% de arcilla.

D-3: Dosificación con 40% de gabros lixiviados y 60% de arcilla.

La figura 3.4, muestra los valores obtenidos para las tres dosificaciones en estudio. Resaltando que todos los valores alcanzados se encuentran por encima del rango establecido en la norma cubana (NC 360:2005 y NC 359:2005). La dosificación con 20% de gabros lixiviados alcanzó 17.52 MPa de resistencia y la de 30 % 18.51 MPa. Los mejores resultados fueron los de la dosificación de 40% con adición de gabros lixiviados y 60% de arcilla siendo este de 19.69 MPa. Atendiendo a la clasificación según la N-C 359 se pueden clasificar en ladrillos de clase A, ya que superan los valores establecidos por la misma. Este comportamiento se debe a que el material agregado a la arcilla le brinda mayor resistencia a los objetos obtenidos.

Impacto Medioambiental

Las influencias medioambientales de las operaciones mineras se relacionan fundamentalmente con la extracción de materiales de la construcción e introducción de desechos mineros, por lo que se originan cambios en la circulación de sustancias y energía en el entorno.

Estas influencias van transformando el paisaje originan en el desarrollo de procesos dañinos o degradantes. En general, se consideran como impactos ambientales, y su significado y carácter se estudian mediante el esclarecimiento de su origen, temporalidad, dinámica y distribución espacial, de forma que el territorio queda evaluado en función de la concentración de las mismas.

Dentro de los impactos ambientales derivados del desarrollo de la explotación de canteras de materiales de construcción se encuentran:

- Alteraciones del suelo y modificación de sus propiedades.
- Destrucción de la flora y la fauna.
- Pérdida de la biodiversidad.
- Alteraciones en las aguas superficiales (alteración de los ríos, drenajes superficiales, contaminación física y química de las aguas superficiales)
- Alteraciones en las aguas subterráneas (depresión del nivel freático, contaminación química del acuífero).
- Impactos sobre los riesgos geológicos (aumento del riesgo de desprendimientos o deslizamientos).
- Cambios geomorfológicos y del paisaje (modificación del relieve, alteración del color, rotura de la cuenca visual, introducción de formas extrañas, focalización de la percepción en la cantera en detrimento de otros puntos).
- Alteraciones en la atmósfera (emisión de polvo, ruido y vibraciones).
- Impactos sobre el medio socio - económico (limitación en los usos del suelo, destrucción de recursos culturales, impactos sobre las vías de comunicación).

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).

En la fabricación de objetos cerámicos se tienen en cuenta tres etapas:

1. Extracción de la materia prima.
2. Beneficio de las arcillas.
3. Conformación y acabado del producto.

Problemas ambientales en las diferentes etapas del proceso

❖ Extracción de las arcillas

Debido a que la arcilla se encuentra a poca profundidad de la superficie, debajo de la capa vegetal, su extracción se realiza a cielo abierto, por vía seca y su impacto depende siempre de la extensión y la ubicación del terreno sobre todo lo que respecta a condiciones climáticas, regionales y de infraestructura, la misma conlleva a serias alteraciones medio ambientales.

Entre los problemas fundamentales que provoca el laboreo minero al medio podemos encontrar:

- La erosión de los suelos.
- Destrucción de la flora y fauna del lugar.
- Emisiones de polvo a la atmósfera.
- Problemas propios de contaminación por el uso de medios de transportación y extracción mecanizada.
- Desestabilización de pendientes.

❖ La segunda etapa comprende los siguientes procesos:

1. Mezclado de las materias primas
2. Clasificación
3. Filtración

En esta etapa, además se realiza la eliminación del agua de la mezcla por filtración o por sedimentación trayendo consigo el vertimiento de desechos líquidos. En el caso que nos ocupa podemos plantear que el agua que se utiliza en el mezclado de las arcillas no es un gran problema ya que la misma se recicla, es decir retorna al proceso, es vertida a los alcantarillados cercanos o regresa al ciclo de la atmósfera por evaporación. En ella no se disuelve ningún



tipo de sustancia toxica que pudiera contaminar el medio u ocasionar daño o perjuicios ni a los suelos, animales, y/o la salud de los trabajadores.

Conclusiones

Luego de analizar los resultados obtenidos en la investigación se puede hacer referencia a las conclusiones siguientes:

- Se demuestra que es factible utilizar mezclas de arcilla con gabros lixiviados, de la zona de Cayo Guam para su posible utilización en la industria de materiales de construcción, ya que disminuyen el peso del producto final y le da una mayor resistencia al mismo.
- Queda demostrado que la dosificación de mejor resultado es la de 40% de gabros lixiviados y un 60% de arcilla para todos los ensayos.
- Las áreas más favorables para la extracción de los materiales arcillosos de Cayo Guam, en el caso de los gabros lixiviados se encuentra en las coordenadas X: 707667.48 Y: 218520.66 ya que la misma es una cantera con concesión minera otorgada a la Empresa Constructora del Poder Popular de Moa. Para las arcilla el sector más favorable se encuentra en las coordenadas X: 700000 Y: 206000 siendo esta la que posee una mayor potencia y otras condiciones minerotécnicas favorables, todo lo cual apunta a una mayor factibilidad técnico económica.



Recomendaciones

- Proponer que se investiguen los gabros lixiviados de Cayo Guam como materia prima principal para la confección de objetos cerámicos, ya que quedó demostrado que las mezclas con una mayor adición de la misma resultaron tener los mejores resultados.
- Estudiar la implementación de estos resultados en el Taller de Industrias Locales del municipio Moa, donde se emplean arcillas de Bayamo para obtener productos artesanales, lo cual traería ventajas económicas para esa empresa.
- Presentar los resultados de este trabajo a la dirección técnica de la ECOPP para proponer la implementación del uso de las mezclas de arcilla de Cayo Guam, para su posible utilización en la industria de materiales de la construcción.

Bibliografía

- Álvarez, A. D. T. d. d (2014). "Evaluación de mezclas de arcillas con adición de tobas vítreas para la fabricación de ladrillos cerámicos. Bayamo. Prov. Granma.
- Autores, C. D. http://www.mycoad.com/mycoad/spa_5_14.htm. "Características de las arcillas."
- Barrios, E. G. R. y. M. S.(<http://www.uclm.es/users/higueras/yymm/Arcillas.ht>). "LAS ARCILLAS." PROPIEDADES Y USOS.
- Cámara, M. T. d. d (2007). Caracterización geoquímica y mineralógica de las cortezas no ferroniquelíferas en Moa, en los ejemplos de sectores Centeno y Cayo Guam, Instituto Superior Minero Metalúrgico.
- Céspedes Y., T. d. d. (2014). "Análisis de la degradación de los suelos en el municipio Moa", Instituto Superior Minero Metalúrgico.
- Fadel–Marabish T. d. d (2005). Evaluación preliminar y caracterización de la manifestación de caolinitas en la zona de Cayo Guam, Instituto Minero Metalúrgico.
- Figueiral, S. R. C. d. V. T. d. d (2010). Valoración de mezclas de arcillas de la región de centeno para su utilización en la industria de materiales locales., Instituto Superior Minero Metalúrgico.
- GARZA, G. C. R. Caracterización de las arcillas y su aplicación industrial.
- JOSÉ, A. I. (1998). Curso de yacimientos minerales no metálicos.
- Ladrillos de arcilla cocidos requisitos.N.-C.360.
- Ladrillos y Bloques Cerámicos Métodos de ensayo. N.-C. 359.
- Méndez D. A. T. d. d (2010). Caracterización mineralógica y tecnológica de materiales arcillosos del territorio de Moa para su empleo en la Industria Local, Instituto Superior Minero Metalúrgico.
- Navarro, D. E. F. T. d. m (2003). Evaluación de mezclas de arcillas de la región de Centeno, Moa .Instituto Superior Minero Metalúrgico.
- Njila, T. T. d. m (2011). "Caracterización químico-mineralógica de cortezas de meteorización ferrosialíticas en el Noreste de Cuba Oriental."
- Ochoa mayo, I. R. Geología de los yacimientos de arcillas para la cerámica.
- Quinta Conferencia Científico Técnica de la Construcción, Jornada Iberoamericana.



- Orozco, G. (1995). Caracterización de las arcillas de Cayo Guam. Informe técnico. ISMM.
- Pons Herrera, J. A. y. L. R., C (1996). "Empleo de las arcillas ferrocaolínicas – gibsíticas de la región de Moa en los talleres de fundición". Revista Minería y Geología XIII (3): p. 93
- Reyes, I. R. T. d. d (2013). Caracterización de materiales arcillosos del depósito Cayo Guam para su posible empleo como material cementicio suplementario, Instituto Superior Minero Metalúrgico.
- Rivera, Y. B. T. d. d (2011). Evaluación de mezclas de arcilla de la región de centeno y arena sílice residual., Instituto Superior Minero Metalúrgico.
- Rodríguez, A. (1998). "Estudio Morfotectónico de Moa y áreas adyacentes para la evaluación de riesgos de génesis tectónica", Instituto Minero Metalúrgico.
- Rodríguez, L. A. D. R. T. "Arcillas cerámicas: una revisión de sus distintos tipos, significados y aplicaciones."Boletín de la sociedad Española de cerámica y vidrio.
- Salcedo, A. y. H., F. (www2.gratisweb.com/wilben/cap07.html).Los materiales cerámicos"
- Sánchez, Y. H. T. d. d (2013). 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.