

## Evaluación de las arcillas de Centeno para su utilización en la cerámica roja del municipio de Moa\*

Misael Báez Gómez

Carlos Alberto Leyva Rodríguez

[cleyva@ismm.edu.cu](mailto:cleyva@ismm.edu.cu)

Gerardo Orozco Melgar

Especialidad: Ingeniería geológica

Instituto Superior Minero Metalúrgico (Cuba).

**Resumen:** Se evaluaron los materiales arcillosos con adición de tobas vítreas y sin estas, en el nuevo sector de Centeno-Moa, para su utilización en la empresa Industrias Locales y la Empresa Constructora de Obras del Poder Popular. Se estudiaron dos mezclas de cerámicas confeccionadas con diferentes dosificaciones de arcillas, así como los factores que intervienen en la correcta elaboración de las mezclas: tamaño del grano, condiciones de secado y temperatura de cocción. Se determinaron como parámetros tecnológicos los porcentajes de contracción lineal, pérdida de peso, absorción de agua, así como la resistencia a la compresión, expresada en MPa. Además, se caracterizaron las muestras mediante difracción de rayos x. Se evaluaron las mezclas de las arcillas de Centeno con 10 % de tobas vítreas para su empleo en la fabricación de ladrillos cerámicos. Mediante las diferentes pruebas realizadas se logra obtener resultados satisfactorios que permiten proponer este nuevo sector para la fabricación de ladrillos, dentro de la industria de materiales de construcción en Moa.

**Palabras clave:** cerámica roja; arcilla; material de construcción; contracción lineal; difracción de rayos X; ladrillos.

---

\* Recibido: 15 septiembre 2018/ Aceptado: 29 enero 2019.

## Evaluating the clays from Centeno to be used in red ceramic in Moa municipality

**Abstract:** Clayey materials were assessed in the new sector of Centeno, Moa municipality with and without glassy tuffs with belonging to companies from Sagua de Tánamo municipality to use it in the Industria Locales and the Construction enterprises. Two mixing of ceramics made with different dosages of clays were studied, as well as the factors that take part in the correct elaboration of the mixtures: grain size, drying conditions and cooking temperature. The technological parameters are the percentages of linear contraction, weight loss, water absorption, as well as the compressive strength expressed in MPa. The samples were also characterized by x-ray diffraction. The mixtures of the clays from Centeno with 10% of glassy tuffs were assessed for their use in manufacturing ceramic bricks at the construction industry in Moa municipality.

**Key words:** red ceramic; clay; construction material; linear contraction; X-ray diffraction; bricks

## Introducción

Las arcillas constituyen la principal materia prima para la fabricación de productos cerámicos para la construcción. Sus características físicas, químicas y mineralógicas varían ampliamente, incluso entre las capas de un mismo depósito arcilloso.

Las arcillas de Moa poseen un carácter semirrefractario y han sido utilizadas como morteros en los procesos de fundición de la industria del níquel y están siendo empleadas, en pequeños volúmenes, para la fabricación de materiales de la construcción. En las industrias locales del municipio se intentó utilizarlas como materia prima para la fabricación de tiestos, búcaros y otros, pero no se obtuvieron buenos resultados, ya que las piezas se agrietaban durante el secado y se rompían durante la cocción (Chacón, 2016).

La utilización de materiales locales para la industria de la construcción se ha abordado por diversos autores (Pérez, 2011; Njila, 2010; Rodríguez *et al.*, 2001; Silega & Hernández, 2016) por la importancia de la explotación de los mismos en el desarrollo socioeconómico de la región.

Díaz (2015) señala que el aditivo de toba vítrea tiene como ventaja que el material se comporta como un fundente, lo cual permite disminuir la temperatura de cocción del ladrillo y el tiempo que este se encuentre en el horno. Al tener esta propiedad permite calcinar mucho mejor las partículas de los ladrillos.

Díaz, Betancourt y Martirena (2011) realizaron una investigación acerca de la influencia de la finura del molido de carbonato de calcio en las propiedades físicas-mecánicas y de durabilidad de los ladrillos de cerámica roja, donde se demuestra que la finura del carbonato de calcio adicionado en muy pequeñas dosis (a partir de los 150  $\mu\text{m}$ ) comienza a ser beneficioso para la calidad de material en pequeñas cantidades (menos del 10 % del peso de la arcilla).

Este estudio propone evaluar las mezclas de arcillas del nuevo sector de Centeno con adición de tobas vítreas para su utilización en la industria de la cerámica roja en el municipio de Moa.

## **Materiales y métodos**

Se utilizó material arcilloso del nuevo sector de Centeno y tobas vítreas.

Se seleccionaron las muestras buscando una mayor representatividad de la materia prima en el corte, abarcando toda la regularidad de la mineralización y coloración del suelo. 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, pues a partir de este se comprende toda la potencia del afloramiento.

Se llevó a cabo la selección y preparación de las muestras. Una vez colectada en el yacimiento la materia prima se mezcló, homogeneizó y sometió a una primera inspección. Se les realizó una limpieza preliminar con el objetivo de eliminar restos de materia orgánica, perdigones y algunos que otros materiales propios del depósito.

El análisis mineralógico se realizó por el método de difracción de rayos x (DRX), se analizaron dos muestras con un peso de 15 g. Este método permitió, además, estimar semicuantitativamente la abundancia de los minerales asociados en la muestra. Las mediciones se hicieron en un difractómetro de rayos X'Pert<sup>3</sup> Powder.

La preparación de las muestras para las dosificaciones de arcillas se realizó mediante un proceso de preparación mecánica para asegurar la calidad del producto final. Para ello se utilizó una secuencia de procesos, los cuales se muestran a continuación:

**Molienda:** Se realizó en un molino de bolas para que se lograra la reducción del material mineralizado a menos de 0,2 mm. Al material mineralizado se le agregó agua y algunos reactivos, con la finalidad de facilitar el desmenuzamiento de los terreros y la disolución de los nódulos para impedir las aglomeraciones de las partículas arcillosas; de esta forma se favorece la descomposición de la materia orgánica que pueda estar presente y permite la purificación química y biológica del material.

**Depuración de la pasta:** Proceso encaminado a reducir la cantidad de elementos extraños que se encontraron en la pasta tras su extracción mediante el sistema de depuración, por la acción de los agentes naturales y el filtrado en agua.

Preparación de las mezclas: Las mezclas se prepararon con las dosificaciones correspondientes para confeccionar las muestras. Los materiales se colocaron en un recipiente donde se le agregó agua, luego se homogenizó hasta formar una pasta compacta que se vertió en los moldes para la conformación de las probetas.

Maduración y reposo: Antes de incorporar la arcilla al ciclo de producción se sometió a tratamientos de trituración, homogenización, tamizado y reposo, para obtener una adecuada consistencia y uniformidad de las características físicas y químicas deseadas.

El reposo facilitó el desmenuzamiento de los terrones y la disolución de los nódulos para impedir las aglomeraciones de las partículas arcillosas y permitió la purificación química y biológica del material.

Moldeado: Se obtuvo una masa más compacta vertiendo la mezcla en los moldes de manera manual y utilizando otros equipos para el apisonado, y así evitar que se formen cavidades que provoquen rupturas. Es necesario que se obtenga una humedad uniforme y una masa compacta para lograr igualdad en las superficies de las muestras.

Secado: Tuvo la finalidad de eliminar el agua agregada durante el moldeado para poder pasar a la cocción. Se realizó al aire libre durante quince días.

Cocción: Durante este proceso se produjeron profundos cambios en la arcilla. El primero fue 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 ocurrió aproximadamente a 140 °C, cuando el agua, combinada químicamente, comenzó a eliminarse. A partir de los 500 °C estuvo completamente deshidratada y la pieza no se ablandó ni se desintegró en el agua, perdiendo su plasticidad. La cocción se realizó en un horno eléctrico, donde se aumentó gradualmente la temperatura hasta alcanzar 800 °C y se mantuvo por una hora, produciendo la sinterización. Este es un proceso crucial en la producción, de mucho cuidado y control, pues de él depende la calidad del producto final.

### **Metodología para la realización de los ensayos**

Una vez obtenido el producto final, en este caso el ladrillo, se procedió a la determinación de las propiedades físico-mecánicas a partir de diferentes métodos, los cuales se muestran en la Figura 1.



Figura 1. Esquema de la metodología para la realización de los ensayos de contracción total.

Se analizó la contracción total a temperatura constante, debido al interés de analizar solamente la influencia de las diferentes dosificaciones de las mezclas elaboradas.

1. Se confeccionó una masa de arcilla amasada, de una consistencia promedio, para moldear y hacer un cierto número de ladrillos con las dimensiones correspondientes.
2. Se secaron las probetas, volteándolas frecuentemente para evitar la deformación.
3. Se cocieron los ladrillos a la temperatura establecida (800 °C).
4. Se midió la longitud de los ladrillos cocidos.
5. Se calculó la contracción total por la ecuación 1:

$$\text{Contracción lineal} = 100 \frac{LP-LC}{LP} (\%) \quad (1)$$

Donde:

LP: Longitud en plástico (cm)

LC: Longitud después de cocida (cm).

### Ensayo de pérdida de peso

Para la realización de este ensayo se pesaron las muestras una vez concluido el proceso de secado natural, luego de la cocción se pesaron nuevamente para obtener de esta manera el porcentaje de pérdida de peso a partir de la ecuación (2):

$$\text{Pérdida de peso} = 100 \frac{PS-PC}{PC} (\%) \quad (2)$$

Donde:

PS: Peso en seco (g)

PC: Peso cocido (g).

### Ensayo de absorción de agua de las mezclas cocidas

El grado de absorción de agua es una medida de la maduración de la mezcla de arcilla cocida, en este caso con adición de tobas vítreas. A medida que la mezcla de arcilla se acerca a la vitrificación su absorción se acerca a cero. Este ensayo se realizó con el objetivo de determinar la capacidad de absorción de agua del elemento, cuyo parámetro se determinó mediante los siguientes pasos:

1. Se pesaron cuidadosamente los ladrillos cocidos.
2. Luego se introdujeron en un recipiente con agua durante 24 horas.
3. Una vez transcurridas las 24 h se secó la superficie de los ladrillos con una toalla y se pesó nuevamente.
4. Luego se procedió al cálculo del porcentaje de absorción de agua utilizando la ecuación (3):

$$\text{Absorción de agua} = 100 \frac{PS-PH}{PS} (\%) \quad (3)$$

Donde:

PS: Peso seco (g)

PH: Peso saturado (g).

### Ensayo de resistencia a la compresión

En este ensayo se sometió cada elemento, que constituye la muestra del ensayo, a una carga de compresión perpendicular a sus caras mayores y se determinó la carga en el momento de ruptura.

Medir el área de las probetas

1. Ubicar la probeta en el equipo, asegurarse de que está bien ubicada para evitar valores erróneos.

2. Calcular la resistencia por la ecuación 4:

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

Donde:

Fi: Carga de rotura del elemento (kgf)

Ai: Área de la cara del ladrillo expuesta a la carga (cm<sup>2</sup>)

f: factor de conversión de kgf/cm<sup>2</sup> a MPa—10,197.

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

$$\text{Resistencia a la compresión} = \frac{F_i \times 100}{A_i} (\text{MPa}) \quad (5)$$

En este ensayo, las muestras que son sometidas a carga tienen forma cercana a la cúbica y una relación entre largo, ancho y alto bastante similar. A cada una de las muestras, una vez preparadas, se le aplicó el ensayo de resistencia mecánica a la compresión, utilizando el martillo de Schmiht Hammer.

El equipo referido ofreció los resultados directamente en megapascal.

### Análisis de los resultados

Resultados de los análisis difractométrico de la arcilla sin calcinar y calcinada de la nueva área de estudio de la región de Centeno.

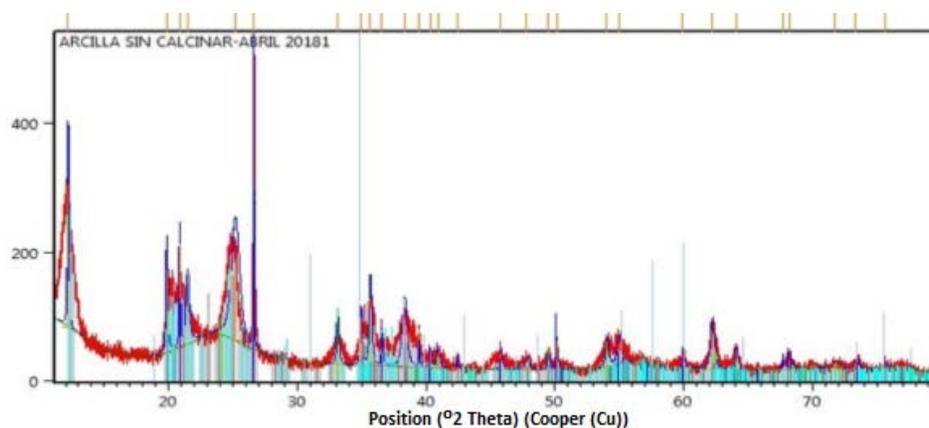


Figura 2. Gráfico de análisis del registro por DRX de la arcilla.

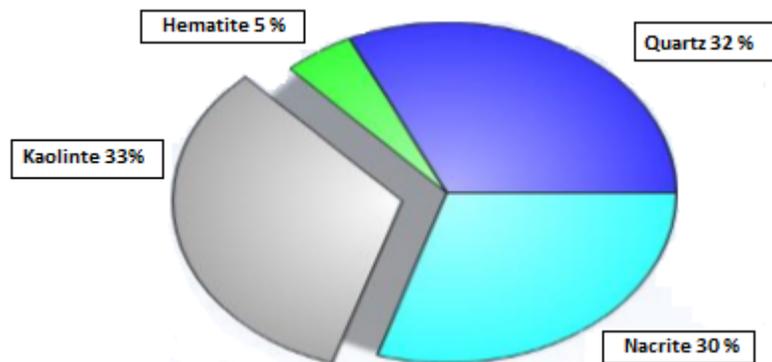


Figura 3. Gráfico de cuantificación difractométrica a la arcilla.

Los máximos difractométricos se le asignaron al cuarzo ( $\text{SiO}_2$ ) y se obtuvieron los siguientes valores (4.25-3.34-1.81-1.54), a la hematita ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) (2.69-2.51-1.83-1.69) y a la (caolinita ( $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ )- nacrita ( $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ ) (7.13-4.35-4.18-4.12-3.563.36) sin poderse hacer mayores distinciones sobre la fase que predomina.

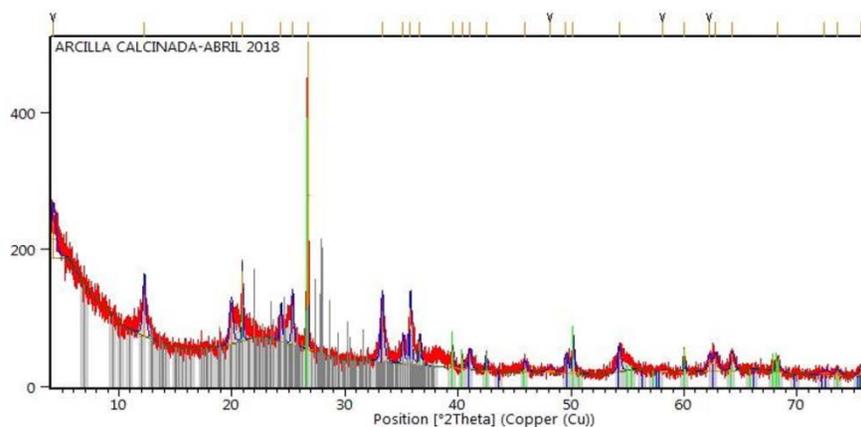


Figura 4. Gráfico de análisis del registro por DRX de la arcilla calcinada.

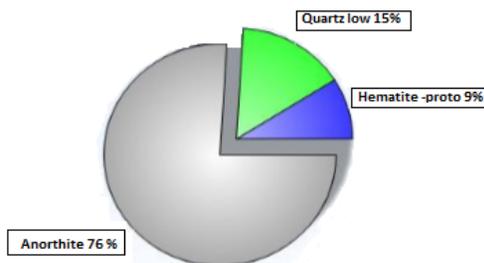


Figura 5. Gráfico de cuantificación difractométrica a la arcilla calcinada.

Los máximos difractométricos que se le asignaron al cuarzo ( $\text{SiO}_2$ ) son de (4.253.34-1.81-1.54); se asumió la presencia de anortita ( $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ ) debido a la existencia de reflejo de menor intensidad. Esto se puede asumir pues en el proceso de calcinación se

generó desorden estructural de las partículas mostrando anortita ( $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ ) baja en cristalinidad.

Según Poll y demás colaboradores (2016) la anortita ( $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ ) puede aparecer alrededor de los 900 °C, sin descartar que el proceso empiece antes; además, se encuentran máximos difractométricos para la hematita ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) y son (2.69-2.51-1.83-1.69). De ello se interpreta que durante el proceso térmico la caolinita ( $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ ) y la nacrita ( $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ ) de la muestra sin calcinar pierden los grupos OH, o sea, se deshidroxilan y pasan a formar metacaolín ( $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5$ ).

### Análisis de los resultados de pérdida de peso

Los resultados obtenidos fueron satisfactorios. En relación a esta propiedad se comprobó que las mezclas con adición del 10 % de tobas vítreas pierden mayor peso antes de ser cocidos y luego de ser cocidos, en proporción a su incremento de este producto; mientras que los morteros con el 100 % de arcillas pierden en minoría su peso (Tabla 1). Esta propiedad es importante pues los ladrillos con adición de tobas resultarían más ligeros y de mayor facilidad de colocación, a la vez que incrementan las propiedades de mayor aislamiento térmico y acústico. Por otra parte, disminuye el peso de esa estructura (Figura 6).

Tabla 1. Porcentaje de la pérdida de peso final del ladrillo

Peso (g)	M-1.100 % de arcilla	M-2.Arcilla con 10 % de tobas vítreas
Peso inicial del mortero	3 548	3 456
Peso después de la cocción	2 988	2 754
Porcentaje de pérdida de peso	18,3	25,4

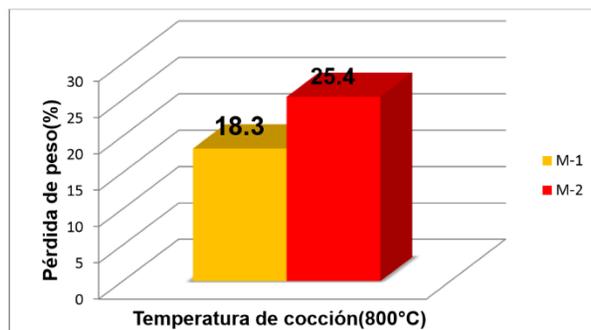


Figura 6. Análisis de los resultados de la contracción total del ladrillo.

La contracción es un parámetro muy importante dado que es una consecuencia del secado y el horneado de las piezas, por lo que se requiere que estos procesos sean controlados y se realicen con el mayor cuidado. El secado de las piezas debe ser uniforme, de lo contrario puede provocar diferencias en el modo de contraerse cada una de ellas, así como agrietamiento y ruptura de las mismas. Para el análisis de este parámetro se tuvieron en cuenta los datos que se muestran en la Tabla 2. Los porcentajes de contracción lineal se determinaron aplicando la ecuación (1).

El parámetro tecnológico contracción total del ladrillo ofrece una medida de la unión de las partículas después de cocidas las muestras. La evaluación de este parámetro es de vital importancia pues, mediante su control, se puede analizar cuánto se contrae el ladrillo desde que se saca del molde hasta que se extrae del horno.

Tabla 2. Resultado del porcentaje de la contracción lineal

Muestras	M-1	M-2
Longitud	23	23
Contracción al secado natural	22	22,5
Contracción después de la cocción	20,3	21,2
Porcentaje de la contracción lineal	7,72	5,77

Después de obtenerse los porcentajes de la contracción lineal para cada una de las mezclas analizadas se graficaron los datos, los cuales se encuentran representados en la Figura 9. La mezcla M-1, compuesta por un 100 % de arcilla, presentó los mayores porcentajes de contracción lineal, representado por un valor de estos atribuidos al mayor contenido de arcilla, lo que permitió que a medida que la muestra se secó las partículas de arcilla se acercaron más entre sí, o sea, se compactaron mejor, liberando el espacio ocupado por el agua.

La mezcla M-2 presentó 10 % de tobas vítreas, siendo esta la razón por la cual se contrajo en menor proporción, porque esta no presentó la misma capacidad de absorción que la arcilla. De manera general, los valores obtenidos se encuentran dentro del rango permisible por las normas para productos cerámicos, donde la contracción para arcillas plástica es menor del 6 %.

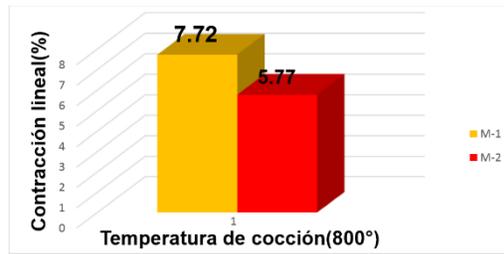


Figura 7. Gráfico de porcentajes de la contracción lineal en las mezclas evaluadas.

### Resultados de la absorción de agua

Los resultados de los análisis de absorción de agua que se obtuvieron se muestran en la Tabla 3, para cada una de las muestras después de la cocción. En la Figura 8 se representan los porcentajes logrados, donde se indica que a mayor porcentaje de tobas vítreas en la mezcla se irá aumentando la absorción por un mayor volumen de poros. Además, para el análisis se compararon de los resultados según lo establecido en las normas cubanas (NC 360:2005) para ladrillos cerámicos de arcilla cocida.

Por tanto, se puede decir que la absorción de agua se encuentra por encima del rango permisible para productos cerámicos elaborados con 10 % de adición de toba vítrea a la arcilla, ya que las exigencias de esta propiedad para los ladrillos cerámicos está en el rango de absorción de agua de 8 % a 18 %. La mezcla que más absorbe el agua es la M-2, compuesta por 90 % de arcilla y 10 % de tobas vítreas; dado esto por la porosidad que le da a la muestra la toba empleada, lo que indica que, a mayor proporción de toba vítrea, mayor es la absorción de agua.

Tabla 3. Porcentaje de absorción del agua

Peso	M-1	M-2
Peso del mortero antes de entrar a la piscina	2 785,3	2 625,2
Peso del mortero luego de 24 horas de estar en la piscina	3 145,7	7 3106
Porcentaje de absorción del agua	12,9	18,31

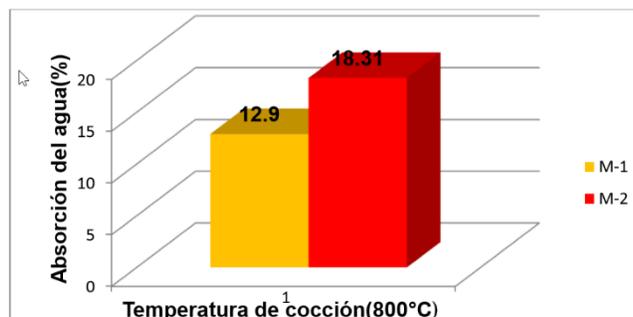


Figura 8. Gráfico de resultado del porcentaje de la absorción de agua en las mezclas evaluadas.

### Análisis de los resultados de resistencia a la compresión

La resistencia mecánica determina 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 4), los cuales se obtuvieron a partir de la ecuación (5).

Los resultados obtenidos en esta etapa son de gran importancia y casi determinantes en la industria Cerámica roja. Se evidenciaron que los ladrillos mezclados con tobas vítreas son capaces de lograr resultados mejores de resistencia (Figura 9). Se sugiere continuar el estudio de estas mezclas, pues una de las posibles causas de dichos resultados podría ser que las tobas realicen un efecto puzolánico, contribuyendo a un efecto de vitrificación. No se debe cocer el ladrillo en los hornos que expulsen el vapor de agua, porque provocaría su estallido a temperaturas inferiores de los 400 °C.

Tabla 4. Resultados de la resistencia a la compresión (MPa).

Muestras	M-1	M-2
1	7,0	10,0
2	7,0	9,0
3	6,0	10,0
4	8,0	8,0
Promedio(MPa)	7,0	9,2

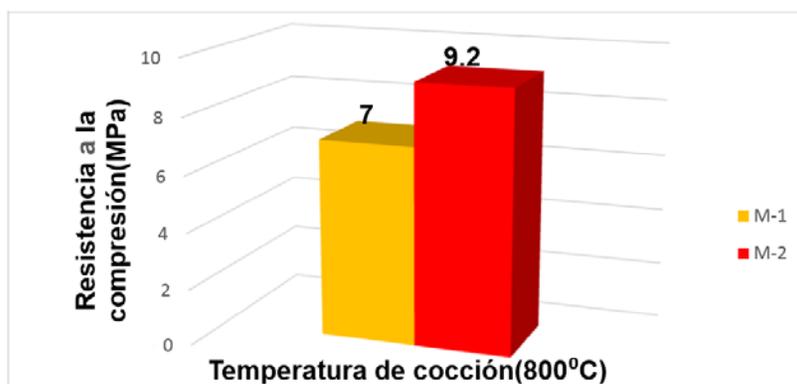


Figura 9. Gráfico de representación del porcentaje de la resistencia a la compresión de las mezclas evaluadas.

Al comparar los resultados obtenidos con la exigencia establecida a los ladrillos cerámicos para la resistencia a la compresión, los ladrillos están en correspondencia con la requerida calidad.

## Conclusiones

Según los análisis difractométricos realizados a la arcilla del nuevo sector de Centeno se determina que en las arcillas predomina la caolinita ( $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ ) y el cuarzo ( $\text{SiO}_2$ ).

Las arcillas del nuevo sector de Centeno presentan un índice de plasticidad de 22 %, una potencia promedio de 4,53 m y un bajo contenido de carbonato de calcio de 0,83 %.

Se demuestra que es posible emplear mezclas de arcilla de la nueva área de Centeno con adición de tobas vítreas, pues disminuye el peso del producto final y le da una mayor resistencia. Estas producciones pueden realizarse en la empresa Industrias Locales y la Empresa Constructora de Obras del Poder Popular del municipio de Moa. Se demuestra que la dosificación de mejor resultado es la de 10 % de tobas vítreas y un 90 % de arcilla.

El área de estudio más favorable para la extracción del material arcilloso se encuentra a una distancia 2,75 km del tejlar de Centeno y buenas vías de acceso, con coordenadas x: 689 950 y: 220 750. La región presenta buenas condiciones para la explotación del material arcilloso, según sus condiciones minero técnicas.

## Referencias bibliográficas

- CHACÓN, M. 2016. Evaluación de mezclas de materiales arcillosos de la zona de Cayo Guam y arena sílice residual para su utilización en la industria cerámica. *Ciencia & Futuro* 6(1): 50-66.
- DÍAZ, Y.; BETANCOURT, D. & MARTIRENA, F. 2011. Influencia de la finura de molido del carbonato de calcio en las propiedades físico mecánicas y de durabilidad de los ladrillos de cerámica roja. *Revista Ingeniería de Construcción* 26(3): 269-283.
- DÍAZ, A. 2015. Evaluación de mezclas de arcillas con adición de tobas vítreas para la fabricación de ladrillos cerámicos en Bayamo. *Ciencia & Futuro* 5(1): 20-35.
- NJILA, T. 2010. Evaluación mineralógica semi-cuantitativa de las cortezas de meteorización no niquelíferas en la región nororiental de Cuba. *Minería & Geología* 26(4): 1-15.

- RODRÍGUEZ, R. M.; BLANCO-MORENO, J. A.; PROENZA-FERNÁNDEZ, J. A. & OROZCO-MELGAR, G. 2001. Petrología de las rocas plutónicas de afinidad ofiolítica presentes en la zona de Cayo Grande (Macizo Ofiolítico Moa-Baracoa), Cuba Oriental. *Minería & Geología* 18(1): 14.
- PÉREZ, Y. 2011. Evaluación de tobas vítreas y zeolitizadas de la provincia Holguín para su utilización como puzolana natural en la construcción. *Ciencia & Futuro* 1(4): 41-51.
- POLL, L.; ALMENARES, R.; ROMERO, Y.; DÍAS, A. A.; LEYVA-RODRÍGUEZ, C. A. & MARTIRENA, J. 2016. Evaluación de la actividad puzolánica del material arcilloso del depósito La Delta, Moa, Cuba. *Minería & Geología* 32(1): 15-27.
- SILEGA, D. & HERNÁNDEZ, Y. 2016. Potencialidades de las tobas zeolitizadas del yacimiento San Andrés para la obtención de aglomerantes ternarios. *Ciencia & Futuro* 6(4): 1-16.