

Estudios preliminares de cerámicas fabricadas con arcillas de la localidad Los Romanos, Santiago del Estero.

Cattaneo, Carlos Alberto.^{1,2}, Abdala José³; Greco, A.F.³; Gomez Khairallah, Aníbal Oscar¹

(1)Departamento Mecánica, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías, Universidad Nacional de Santiago del Estero Av. Belgrano "S" 1912, Santiago del Estero, Argentina. cacatta@unse.edu.ar, agomez@unse.edu.ar.

(2)Departamento de Física, Facultad de Agronomía y Agroindustrias, Universidad Nacional de Santiago del Estero Av. Belgrano "S" 1912, Santiago del Estero, Argentina.

(3)Departamento académico de Obras Viales, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías, Universidad Nacional de Santiago del Estero Av. Belgrano "S" 1912, Santiago del Estero, Argentina. jose_m_abdala@yahoo.com.ar

RESUMEN

En el trabajo se presentan estudios preliminares sobre muestras de arcillas locales empleadas para la producción de ladrillos de construcción. Se desarrolla un conjunto de mediciones de laboratorio para las diferentes etapas del proceso de obtención del cerámico final propiamente dicho, circunstancia planteada con el fin práctico de poder efectuar un relevamiento de los parámetros técnicos medidos sobre diferentes puntos de explotación de este recurso para la obtención de materiales estructurales, ladrillos en general.

La iniciativa permitiría en su instancia integral la determinación de diferentes indicadores como son características de granulometría, límite líquido, límite plástico, porosidad y tensión de rotura por compresión que permitirá en primera instancia una evaluación del producto en sí, así como la sugerencia de posibles modificaciones tendientes a mejorar en el proceso de fabricación.

Los casos de estudio del presente trabajo arrojaron el indicio de que pequeñas diferencias en las características de granulometría y composición de un mismo lugar de explotación puede dar productos cerámicos de características muy diferentes como lo es el valor de la tensión de rotura por compresión medidos en las probetas ensayadas, por lo que se considera relevante un conjunto de ensayos mínimos para asegurar uniformidad de la producción de cerámicos.

ABSTRACT

Preliminary studies on samples of local clays used for the production of construction bricks are presented in the work. A set of laboratory measurements is developed for the different stages of the process of obtaining the final ceramic itself, a circumstance raised with the practical purpose of being able to carry out a survey of the technical parameters measured on different points of exploitation of this resource to obtain structural materials, bricks in general.

The initiative would allow, in its integral instance, the determination of different indicators such as granulometry characteristics, liquid limit, plastic limit, porosity and compression rupture stress [1] that will allow in the first instance an evaluation of the product itself, as well as the suggestion of possible modifications tending to improve the manufacturing process.

The case studies of the present work showed that small differences in the characteristics of granulometry and composition of the same place of exploitation can give ceramic products with very different characteristics, such as the value of the stress of rupture by compression measured in the specimens tested, so a set of minimum tests is considered relevant to ensure uniformity in ceramic production.

Palabras claves: caracterización de cerámicos de construcción-cerámicos-arcillas-densidad.

Keywords: characterization of construction ceramics-ceramics-clays-density.

1. INTRODUCCIÓN

En el campo de la industria de la construcción, los cerámicos y los compuestos de cerámicos son los materiales más empleados, tales como: los ladrillos de construcción, los materiales para revestimientos, pisos, artefactos sanitarios entre otros. En este campo se destaca que la mayoría de estos provienen del procesado, conformado y bizcochado a altas temperaturas de materiales de base arcillosa.

Así mismo los accesorios tradicionales de alfarería artesanal muy característicos en nuestra región, también son elementos de base arcillosa. Es esta la característica común entre los materiales cerámicos de construcción y los de artesanías regionales.

Estas actividades no son menos importantes en cuanto a su impacto económico, ya que existen emprendimientos productivos de diversa escala que explotan este recurso a nivel local produciendo ladrillos de construcción (localmente denominados tabiques), así como fabricantes de macetas de diversa forma y tamaño y fabricantes de accesorios diversos tanto decorativos como de revestimiento.

La arcilla es un material de origen mineral, que generalmente se encuentra formado por silicatos hidratados de alúmina, a los que se denominan minerales arcillosos, además de otros silicatos y minerales de hierro, calcio, titanio, etc., los cuales están acompañados frecuentemente por materia orgánica como lo muestra Tebar (1977) resultantes de la descomposición usualmente atmosférica de rocas silíceas y luminosas, esencialmente feldespatos que comúnmente se encuentran acompañados de otros minerales como hierro, calcio, magnesio y titanio tal como lo expresa Bernal (2003). Estructuralmente la arcilla se encuentra constituida por láminas de tetraedros de SiO_4 y octaedros de AlO_6 , donde la combinación de estas laminas forma diferentes tipos de estructuras arcillosas, dando a su vez origen a paquetes, los que al combinarse generan las placas de mineral arcilloso. Por tal motivo, es muy poco probable encontrar dos arcillas que se comporten igual y trabajen de la misma manera.

Ante este panorama de inmensa variabilidad descripta de las arcillas, variabilidad que depende de numerosos factores difíciles de controlar, es de esperar que las propiedades físicas, químicas y mecánicas revistan una variabilidad semejante

por lo que es la iniciativa del presente trabajo contar con un conjunto de ensayos que permitan evaluar la calidad de la materia prima con la que se elaboran diversos materiales estructurales y de cerámica artesanal. Esta circunstancia es atendida por Iglesias (2011) en su trabajo Estudio de caracterización mecánica de probetas cerámicas a partir de una adaptación del ensayo brasileño. Además Iglesia propone la elaboración de muestras cerámicas a partir de las arcillas estudiadas para la ejecución de un conjunto de ensayos, los que se realizan sobre muestras de material cerámico debidamente acondicionado para tal fin. Diferenciándose de los métodos normalizados para productos terminados, lo que hace difícil su comparación. Un ejemplo de esto en países como Colombia es el trabajo de García (2012) en el cual se describen ensayos normalizados sobre el elemento o producto terminado.

Una situación semejante a la descripta se presenta en el caso de las diferentes variantes de hormigones, donde cuentan con numerosas regulaciones debidamente certificadas y periódicamente actualizadas (normativas IRAM por ejemplo), las que se llevan a cabo con el criterio aludido, sobre el material en sí y por medio de la extracción de muestras. En esta línea Aguilar (2017) en su trabajo desarrolla un estudio de caracterización de arcillas y en especial de su proceso productivo, a fin de optimizarlo, maximizar su producción y lograr excelencia en su calidad.

En su trabajo Ginés (1997) aborda la problemática de la dificultad en la selección de un método para la determinación de la plasticidad de los materiales cerámicos, ya que depende del método de conformado, teniendo como premisa la posibilidad de la comparación de los resultados obtenidos.

Esto permite realizar un estudio por medio del cual se logre una caracterización de las diferentes materias primas de elaboración de cerámicas obtenidas con arcillas locales, mediante procedimientos que permitan la comparación de las propiedades físicas determinadas de las muestras tanto en sus características previas al bizcochado con sus propiedades una vez terminado este proceso ya que en nuestro país como en varios otros de Suramérica no se encuentran normativas vigentes referentes a estos

materiales, situación abordada por Iglesias (2011) en su trabajo.

Con la finalidad de desarrollar un proceso estándar que apunta a la caracterización de materia prima de base arcillosa destinada a la producción de ladrillos de mampostería de construcción, se propone el estudio de la granulometría, hidrometría, límites de Atterberg como los análisis más importantes, determinaciones que en general no son demasiado frecuentes en las rutinas de laboratorio de materiales estructurales en forma local, pero brindan información de referencia para la arcilla, que permiten efectuar una evaluación integral de la misma.

2. MATERIALES Y METODOS

Las arcillas utilizadas se extrajeron de la localidad Los Romanos, perteneciente al departamento Banda de la provincia de Santiago del Estero. Estas arcillas son utilizadas por los tabiques de la zona para la producción de ladrillo.

Se recolectaron dos tipos de arcillas, las mismas revisten características diferentes a criterio de los operarios de los tabiques, ya que al simple tacto da una percepción de diferencia, identificándolas en adelante como Arcilla A y Arcilla B.

En el proceso de determinación de indicadores de relevancia de las arcillas, en primera instancia se realizó una caracterización física básica, que son el tamizado de suelos por vía húmeda y la determinación de los límites de Atterberg para obtener el índice de plasticidad.

Para realizar el conformado de las probetas de cerámica en primera instancia se procedió al triturado y pulverizado manual de la arcilla, luego se tamizó para lograr una granulometría uniforme y a continuación se hidrató, esta última instancia se concretó al 40% de humedad; el proceso de conformado de probetas se concretó por medio de moldes clínicos especialmente contruidos a tal efecto. El moldeo que se realizó por prensado con una presión de 40 MPa obteniéndose probetas de 40 mm de diámetro y 33 mm de altura, medidas que se ajustan a los lineamientos planteados por Iglesias (2011) así como a la factibilidad de ser elaborados y ensayados por los equipos disponibles en el laboratorio.

Se fabricaron 2 probetas por cada tipo de arcilla con el objetivo de realizar los ensayos por duplicado y tomar un valor medio de los resultados obtenidos. Número que para un estudio exhaustivo puede resultar reducido a pesar de lo

cual resulta de interés con el fin práctico de evaluar la posibilidad de poder concretar las experiencias planteadas con los recursos de laboratorio que se cuenta.

Una vez conformadas las probetas se procedió al secado de las mismas, lo cual se llevó a cabo al aire libre en una habitación cerrada hasta la detección de variaciones mínimas en el peso en intervalos de tiempo regulares.

Una vez que las probetas de arcilla se secaron las mismas se sometieron a un tratamiento térmico denominado bizcochado, a las probetas bizcochadas se denominarán cerámicas.

Para realizar el bizcochado se empleó una mufla eléctrica la cual alcanzo los 950°C y se mantuvo a esta temperatura por el término de 4 Hs empleando una sucesión de etapas de calentamiento que se describen a continuación. Se inició con 2 Hs a 100°C calentándose con una rampa de 2°C/min hasta alcanzar los 400°C manteniéndose esta por 0,5 Hs, luego con una rampa de 2°C/min hasta los 700°C manteniéndose nuevamente por el termino de 0,5 Hs, finalmente con una rampa de 2°C/min se calienta nuevamente hasta los 950°C donde se mantiene por 4 Hs para luego enfriarse lentamente con la inercia propia del horno junto a su carga.

Por último se procedió a la determinación de la tensión de roptura a la compresión para ello primero se concretó un proceso de secado en horno eléctrico a temperatura reducida para la eliminación de la humedad absorbida en las determinaciones del peso saturado sumergido y peso saturado.

Los ensayos de rotura por compresión se desarrollaron con un equipo de ensayo de suelos de accionamiento manual, el que se lo configuro con un aro de medición con capacidad de 5000 kg.

3. RESULTADOS

En la Fig. 1 se visualizan los resultados del proceso de tamizado; de su análisis surge que para la Arcilla A se tiene un contenido de 81,6% de arcilla, 16,3% de arena y 2,1% de materia orgánica; mientras que para la Arcilla B se tiene un contenido de 77,2% de arcilla, 19,3% de arena y 3,5% de materia orgánica.

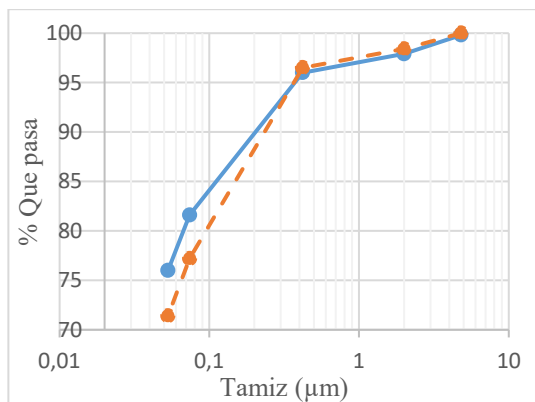


Figura 1. Granulometría por vía húmeda, línea continua arcilla A, línea de trazo arcilla B.

En la Tabla 1 se muestran los resultados obtenidos para los límites de Atterberg de las muestras ensayadas.

Tabla N°1. Límites de Atterberg: LL (límite líquido), LP (Límite plástico), IP (Índice de plasticidad)

Muestra	L.L. (%)	L.P. (%)	I.P. (%)
Arcilla A	24,8	19,6	5,2
Arcilla B	24,1	19,6	4,5

Es sabido que proceso de secado y bizcochado de arcillas conlleva cambios de dimensiones, encogimientos de las mismas, que dependen de los elementos que componen las arcillas, por tal motivo se tomaron las medidas de las dimensiones de las probetas desde el conformado, secado y bizcochado para poder determinar el cambio dimensional sufrido por las muestras. En la tabla 2 se indican los porcentajes de encogimiento durante el secado y durante el bizcochado. De la misma podemos observar que el encogimiento de secado de la arcilla B es despreciable, también se observa que para ambas arcillas el encogimiento por bizcochada es mayor que el encogimiento por secado.

Tabla 2. Encogimiento promedio de las muestras secadas y bizcochadas.

Muestra	Encogimiento de secado (%)	Encogimiento en bizcochado (%)
Arcilla A	3,92	7,52
Arcilla B	0,00	3,71

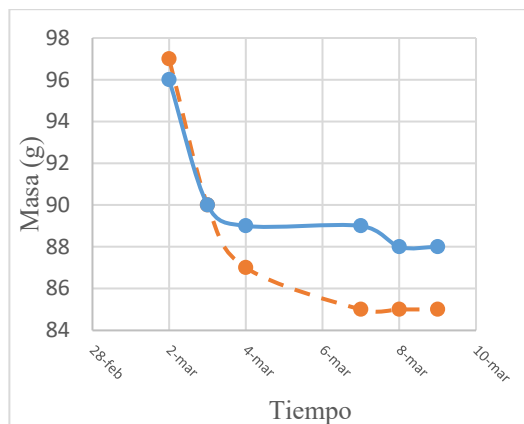


Figura 2. Curvas de secado, curva continua Arcilla A, Curva de trazos Arcilla B.

Finalizado el proceso de bizcochado, se procedió a caracterizar el cerámico obtenido determinando la densidad aparente, la porosidad aparente y la tensión de ruptura por compresión.

Para la determinación de la densidad aparente y la porosidad aparente, se determinó el Pd peso seco, el Ps peso saturado en agua y Pss peso saturado sumergido en agua de cada probeta, donde δ_a corresponde a la densidad del agua. Luego mediante la ecuación (1) se calcula la densidad aparente y para calcular la porosidad aparente se emplea la ecuación (2).

$$\delta_{aparente} = \frac{P_d}{P_s - P_{ss}} \delta_a \quad (1)$$

$$P_o \text{ aparente} = \frac{P_s - P_d}{P_s - P_{ss}} \quad (2)$$

Por medio de determinaciones de laboratorio standard se determinaron los pesos secos, pesos saturados y peso saturado sumergido de las muestras, con los cuales se determinaron las densidades y porosidades aparentes indicadas en la Tabla 3.

Los ensayos de compresión indican que la tensión de ruptura de ambas cerámicas tiene valores del orden a los informados en la bibliografía tal como lo hace García (2012)

Los resultados de los ensayos de rotura por compresión se encuentran plasmados en la Fig. 3.

Tabla 3. Densidad aparente promedio y porosidad aparente promedio de las muestras ensayadas.

Muestra	Densidad aparente (gr/cm ³)	Porosidad aparente (%)
Cerámica A	1,88	28,36
Cerámica B	1,81	29,07

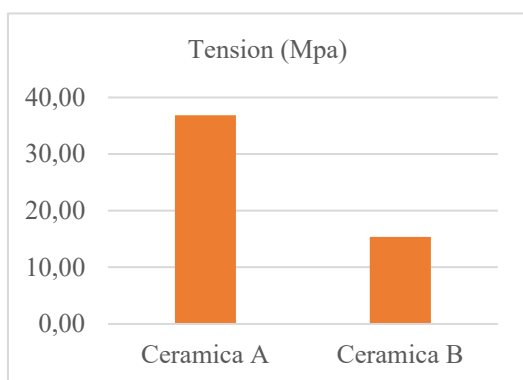


Figura 3. Resultados ensayo de rotura por compresión.

Se observa de la Fig. 3 que la resistencia a la compresión de la Cerámica A es un 140 % superior a la resistencia a la compresión de la Cerámica B

En la Fig. 4 se muestra la micrografía óptica con 160X de la probeta de Arcilla A seca previo al proceso de bizcochado, en la que se pueden observar algunos pequeños granos de arena distribuidos uniformemente.

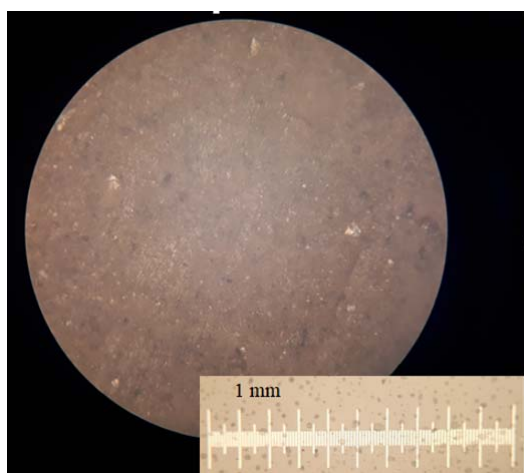


Figura 4 micrografía óptica de la probeta de Arcilla A seca, aumento 160X.

En la Fig.5 se muestra la micrografía óptica con 160X de la probeta de Cerámica A sacada del horno, al final del proceso de bizcochado, en la cual se pueden observar la distribución de granos de arena en la misma.

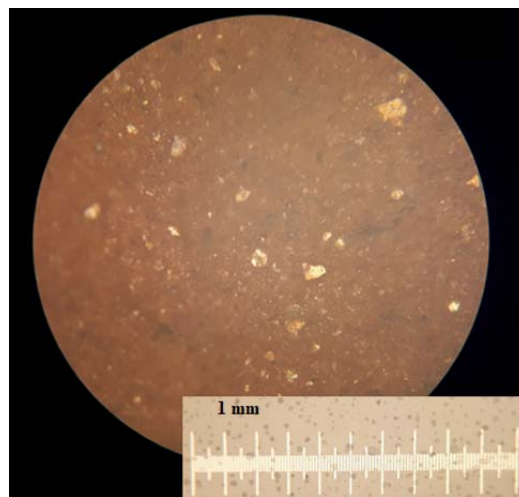


Figura 5 micrografía óptica de la probeta de Cerámica A seca, aumento 160X.

4. DISCUSIONES.

Los resultados presentados, forman parte de estudios preliminares que necesitan repetirse y ampliarse para lograr una caracterización de las arcillas utilizadas y de los cerámicos obtenidos.

De los resultados obtenidos en el ensayo de rotura por compresión se detecta una importante diferencia en los valores de rotura de las muestras ensayadas a pesar de tener fracción de arcilla semejantes, diferencia que en primera instancia se infiere se podría deber a la diferencia en la cantidad de arena en las muestras, a pesar de ser reducida s asume provocaría semejante diferencia en la propiedades mecánicas de las muestras.

Para una caracterización de las arcillas se propone a futuro el planteo de llevar a cabo estudios de sedimentometría para determinar la cantidad de limo y arcilla presente, además de analizar las muestras con técnicas de espectrometría como lo son DRX, FRX, (SEM-EDS) y Raman, para obtener la composición química de las arcillas.

Para caracterizar cerámicos se deberían realizar ensayos de rotura a la flexión y resistencia al shock térmico, para tener una evaluación termomecánica del material.

5. CONCLUSIONES.

Se observa que ambas arcillas tienen un porcentaje elevado de arena y un bajo límite de plasticidad, pero el proceso de hidratación realizado permitió tener muestras de gran maleabilidad para conformar las probetas.

Las cerámicas obtenidas presentan una porosidad aparente próxima al 30%, una densidad aparente aproximadamente 1,85 gr/cm³ y valores de resistencia a la rotura por compresión superior a 15 MPa, lo que indica que las cerámicas elaboradas son aceptables para aplicaciones en construcción y para la elaboración de cerámicas artesanales.

Los cerámicos obtenidos con la arcilla A presentan mejores propiedades mecánicas (mayor tensión de rotura a la compresión) que las cerámicas elaboradas con la arcilla B, donde esta importante diferencia se podría atribuir al diferente contenido de arcilla y arena entre ambas muestras.

6. REFERENCIAS.

- Aguilar R.E.G., “*Caracterización de las arcillas del norte de Cuaca, Colombia enclave para la optimización del proceso productivo de la industria ladrillera*” Journal de Ciencia e Ingeniería, Vol. 9, pp. 34-41, agosto 2017
- Bernal I. et al; “*Análisis próximo de arcillas para cerámica*” Revista Académica Colombiana de Ciencia, vol. XXVII, no. 105, 569–578, 2003.
- García N.A., Gómez G. G., “*Propiedades físicas y mecánicas de ladrillos macizos cerámicos para mampostería*” Ciencia e Ingeniería Neogranadina, vol. 22-1, pp. 43 - 58, Bogotá junio de 2012
- Ginés F., “*Análisis de los métodos tradicionales para evaluar la plasticidad*”, Cerámicas y vidrios, vol. 36, pp 25-30, 1997.
- Iglesias I., “*Estudio de caracterización mecánica de probetas cerámicas a partir de una adaptación del ensayo brasileño*”, Materiales de Construcción Vol. 61, 417-429, (2011).
- Tebar, D. “*Arcillas y Ladrillos*” Impresiones Morato, Segunda edición, Madrid, 1977.