

Caracterización de las propiedades mecánicas de las arcillas para tejas de barro producidas por alfareros de la parroquia la victoria, catón Pujilí

Characterization of the mechanical properties of clay for clay tiles produced by potters from La Victoria parish, Pujilí neighborhood

Héctor Luis Laurencio Alfonso¹, Willington Renán Bautista Suárez², Mauro Darío Albarracín Álvarez³, Enrique Torres Tamayo⁴

RESUMEN:

En la investigación se realiza la caracterización de las propiedades mecánicas de las tejas de barro producidas por alfareros de la parroquia La Victoria". Se realizó el análisis de la composición química las arcillas, fracción de partículas finas, granulometría, límites líquidos y el límite plástico. Las pruebas de compresión se realizaron bajo las normas ASTM C-42, mientras que las pruebas a flexión están realizadas bajo normas Ecuatorianas INEN 990. De los resultados obtenidos se concluye que la arcilla del sector el Tingo tiene mejores valores tanto en del índice plástico, el límite líquido y de textura. Se identifican las características para la elaboración de la teja, por ser un suelo arcilloso, donde se presenta una mayor resistencia a la flexión, teniendo como resultado 471 N.

Palabras claves: Arcilla, Propiedades mecánicas, resistencia a la compresión, granulometría.

Recibido 12 de diciembre de 2019; revisión aceptada 26 de abril de 2020

ABSTRACT:

In this research, are characterization of the mechanical properties of the clay tiles produced by potters from La Victoria parish is carried out ". The analysis of the clays chemical composition, fraction of fine particles, granulometry, liquid limits and the plastic limit was carried out. The compression tests were carried out under the ASTM C-42 standards, while the flexural tests are carried out under the Ecuadorian standards INEN 990. From the results obtained, it is concluded that the clay of the El Tingo sector has better values both in the plastic index, the liquid and texture limit. The characteristics for the elaboration of the tile are identified, as it is a clay soil, where there is a greater resistance to bending, resulting in 471 Newton.

Keywords: Clay, mechanical properties, compressive strength, granulometry.

¹ Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Cotopaxi, Ecuador, hector.laurencio@utc.edu.ec

² Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Cotopaxi, Ecuador, mauro.albarracin@utc.edu.ec

³ Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Cotopaxi, Ecuador, willington.bautista1@utc.edu.ec

⁴ Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Cotopaxi, Ecuador, enrique.torres@utc.edu.ec

1. INTRODUCCIÓN

Los materiales cerámicos son típicamente duros y frágiles con baja tenacidad y ductilidad, normalmente poseen temperaturas de fusión relativamente altas, debido a estas propiedades los materiales cerámicos son indispensables para muchos diseños en ingeniería [1], [2].

En el caso de las tejas de La Victoria se ha detectado que las fallas mecánicas se presentan principalmente por defectos estructurales. Las principales fuentes de fractura en policristales cerámicos son las grietas superficiales producidas durante el acabado superficial, los huecos (porosidad), las inclusiones y los granos grandes que se forman durante el procesamiento [3].

Debido a su combinación de enlace iónico y covalente, los materiales cerámicos, tienen una baja tenacidad inherente [4]. Múltiples investigaciones para mejorar la tenacidad de los materiales cerámicos han recomendado el uso de ciertos procesos, como cerámicas prensadas en caliente con aditivos y reacciones de enlace.

El uso de tejas cerámicas se debe a las bajas conductividades térmicas del material con que están fabricadas, debido a sus fuertes enlaces iónico-covalentes. Para garantizar una adecuada dureza, se debe lograr la transformación de fase de la circonia combinada con otros óxidos refractarios, como CaO, MgO o Y₂O₃ [5].

En la actualidad no existen estudios que aborden el problema latente en las producciones de tejas de barro de la Victoria. Generalmente la arcilla está constituida por agregados de silicatos de aluminio hidratados, procedentes de la descomposición de minerales de aluminio, y se encuentran en lugares estratégicos, no en todos lugares existe este tipo de material. En el Ecuador las minas más conocidas están ubicadas en Cuenca, en el Oriente en el Tena, Macas y Puyo, en la provincia de Cotopaxi en el Cantón Sigchos, son las más cercanas para los alfareros o ceramistas de La Victoria [6].

El proceso de elaboración de tejas se inicia con la extracción de la materia prima en el campo; esta actividad es desarrollada por terceras personas, la cual consiste en la extracción de suelo arcilloso (se desconoce su composición química) de las minas ubicadas en el sector del Tingo del Cantón Pujilí. En este proceso, el material no es seleccionado adecuadamente dada la actividad productiva, según los artesanos no se requieren “pureza” en la arcilla [7].

Objetivo

Caracterizar las propiedades mecánicas mediante el estudio de pruebas de compresión de probetas y flexión de las tejas.

Caracterización de las propiedades mecánicas de las arcillas para tejas de barro producidas por alfareros de la parroquia la victoria, catón Pujilí

2. METODOLOGÍA

2.1. Ensayo de las tejas curvas sometidas a flexión

Para realizar el ensayo de flexión de tejas, en la Norma INEN 988 se da a conocer que este tipo de ensayo se genera con la aplicación de una carga vertical progresiva sobre una teja colocada de forma horizontalmente sobre unos soportes separados hasta llegar a la rotura de la misma.

Según la norma [8] en su literal 4.3, puntualiza aspectos a cumplirse para realizarse los ensayos a flexión para lo cual considera los siguientes aspectos:

- Colocar la muestra con el lomo hacia arriba centrado sobre cuatro puntos de apoyo dos en cada extremo o boca.
- Situar dos soportes en cada extremo a 15 cm de la línea transversal del centro de la teja, generando un espacio libre de 30 cm entre los apoyos.
- Aplicar la carga sobre la superficie preparada a una velocidad de 40 a 50 kg/min.

Al realizar este ensayo se debe considerar que la resistencia a flexión de cada muestra está dada por la carga de rotura que emite la máquina; el resultado será la media aritmética de los valores obtenidos de 5 muestras ensayadas.

2.1.1. Condición de pruebas a flexión

El tramo para la prueba se tomó 30,5 cm, con tolerancia del 5%, según [9]. Para conseguir esto el tramo debe ser medido entre los centros de los miembros de soporte inferiores.

Según la norma ASTM C-1127, se especifican los requisitos para cumplimiento de calidad de las tejas, según tabla 1.

Tabla 1. Requisitos de resistencia transversal de ruptura, ASTM C-1127.

Type (All Grades)	Wet Transverse Strength, min, lbf (N)		Dry Transverse Strength, min, lbf (N)	
	Average of Five Tiles	Individual Tile	Average of Five Tiles	Individual Tile
Type I—High Profile	300 (1334)	260 (1157)	400 (1779)	350 (1556)
Type II—Low Profile	225 (1001)	200 (890)	300 (1334)	250 (1112)
Type III—Other Tiles	225 (1001)	200 (890)	300 (1334)	250 (1112)

Fuente. [9]

2.1.2. Pruebas a flexión

Las tejas deben estar sometidas a una carga uniforme, continua y sin golpes, a una velocidad que no exceda los 4550 N/min hasta el momento de fractura. Se debe considerar el promedio de las cinco pruebas y el resultado individual mínimo.

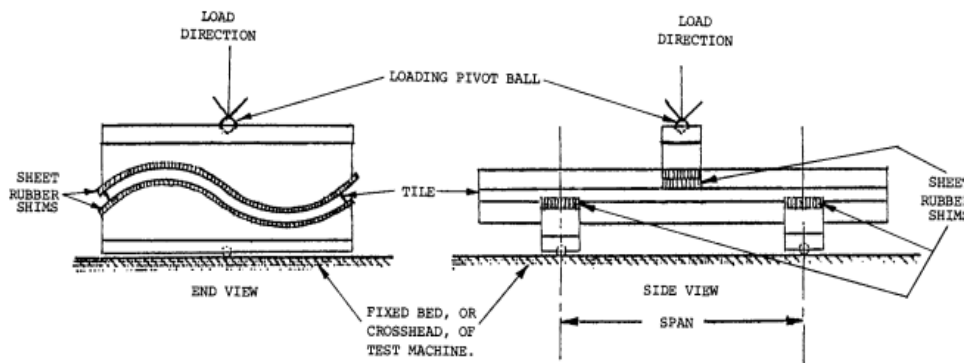


Figura 1. Disposición para aplicación de fuerza de ensayos a flexión

Fuente. [9]

Según la norma [10], con relación al módulo de pruebas de flexión da a conocer varios aspectos a ser tomados en cuenta para la realización del mismo, para esto se debe tomar un número de cinco especímenes de prueba que deberán tener unidades de tamaño completo secas.

2.2. Ensayo por compresión

2.2.1. Fabricación de las probetas cerámicas

El material arcilloso, se amasa con un 5 % en peso de agua para su conformado y se dejó reposar durante 72 horas en bolsas herméticas; con el cual se elaboraron probeta cilíndrica de 40 mm de diámetro y 40 mm de altura, cumpliendo con lo recomendado por [11]; figura 2.



Figura 2. Probetas para ensayo de compresión.

Las probetas para el las pruebas de compresión se elaboraron con una adición de 5, 10, 15, 20 y 25 -5 de cal, en usca de la influencia de la cal en la dureza del material final.

2.3. Características de la prensa para ensayos de compresión

Para la realización de los ensayos se utilizó la Prensa Hidráulica de la marca Tinius Olsen Máquina de prueba universal hidráulica Super "L".



Figura 3. Prensa universal Tinius Olsen.

- Espacio libre de 20 "entre los tornillos.
- Aclaramiento máximo de compresión de 24 ".
- Recorrido hidráulico de 6 ".
- Velocidad de prueba de 0 a 3 pulgadas por minuto.
- Cabeza transversal ajustable de 12 "por minuto (motor montado en brida en la cruceta).

Herramientas estándar:

- Un conjunto de revestimientos, ejes de piñón y manivelas (para uso con empuñaduras de cuña opcionales).
- Una placa de compresión de 9 "de diámetro.

2.4. Materiales empleados

Se emplearos los siguientes materiales para la realización del estudio.

Tabla 2. Materiales utilizados.

N.-	MATERIAL	Cantidad	Unidad
1	Molde para teja	2	S/N
2	Arcilla	100	Lb
3	Teja	15	S/N
4	Soportes de madera	9	S/N
5	Placas de acero	3	S/N
6	Prensa para ensayo a Flexión	1	S/N

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1. Caracterización de los componentes químicos

De acuerdo a los datos obtenidos de la caracterización de los componentes químicos cuantificados (tabla 3), observamos que presenta un alto contenido de N, P, Cu, Zn y Fe, favoreciendo el contenido de nutrientes.

Tabla 3. Composición química de las arcillas.

La Victoria								
Elemento	N	P	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B
ppm	28,0	23,0	4,40	0,30	7,00	29,0	0,60	0,90
El Tingo								
Elemento	N	P	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B
ppm	56,0	57,0	3,80	2,40	8,40	54,0	0,60	1,10

Para este caso la arcilla recomendada para realizar las tejas de mejor calidad, es la del sector del Tingo, dado que presenta mejores valores frente a los resultados obtenidos del sector de La Victoria; en sentido general, se caracterizan como arcillas de baja calidad por no presentar silicato hidratado de alúmina.

3.2. Pruebas a compresión

Mediante la experimentación con las probetas sometidas a compresión se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 3. Resultados de las pruebas a compresión de la arcilla del Tingo.

No .	Muestra	% de cal	% de arcilla	Sección mm ²	Carga kN	Esfuerzo o MPa	Factor de corrección	Esfuerzo corr. (MPa)	Dimensiones (mm) diámetro alto
1	1-a. el tingo cal: 5 g arcilla: 40 g	11,11	88,89	1020,71	27,91	27,34	0,888	24,3	36,1 - 38,3
2	2-a. el tingo cal: 10 g arcilla: 35 g	22,22	77,78	1023,54	25,40	24,82	0,884	21,9	36,1 - 37,8
3	3-a. el tingo cal: 15 g arcilla: 30 g	33,33	66,67	1040,62	25,83	24,82	0,891	22,1	36,4 - 39,1
4	4-a. el tingo cal: 20 g arcilla: 25 g	44,44	55,56	998,18	26,95	27,00	0,898	24,3	35,7 - 39,3
5	5-a. el tingo cal: 25 g arcilla: 20 g	55,56	44,44	1046,35	24,77	23,67	0,892	21,1	36,5 - 39,3

En el proceso de experimentación, se observaron fisuras verticales columnar, a través de ambos extremos, conos no muy definidos, en todos los casos (figura 4).



Figura 4. Pruebas a compresión, El Tingo.

Mediante la experimentación con las probetas elaboradas con la materia prima de La Victoria, se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 4. Resultados de las pruebas a compresión de la arcilla de La Victoria.

No.	Muestra	% de cal	% de arcilla	Sección mm ²	Carga kN	Esfuerzo MPa	Factor de corrección	Esfuerzo corr. (MPa)	Dimensiones (mm) diámetro alto
1	1-a. la victoria cal: 5 g arcilla: 40 g	11,11	88,89	878,78	6,14	6,99	0,926	6,5	33,5 - 41,1
2	2-a. la victoria cal: 10 g arcilla: 35 g	22,22	77,78	1081,0 3	6,18	5,72	0,887	5,1	37,1 - 39,2
3	3-a. la victoria cal: 15 g arcilla: 30 g	33,33	66,67	1057,8 4	9,93	9,39	0,892	8,4	36,7 - 39,5
4	4-a. la victoria cal: 20 g arcilla: 25 g	44,44	55,56	1104,4 7	8,01	7,25	0,893	6,5	37,5 - 40,6

En este caso, durante el proceso de experimentación, se observaron fisuras verticales columnar a través de ambos extremos y conos no muy definidos en todos los casos (figura 5).



Figura 5. Pruebas a compresión, La Victoria.

Según las pruebas realizadas a compresión, se logró evidenciar que las probetas elaboradas con la materia prima del sector del Tingo tienen mayor resistencia, para todos los casos analizados de concentración de cal; según lo observado en la figura 6.

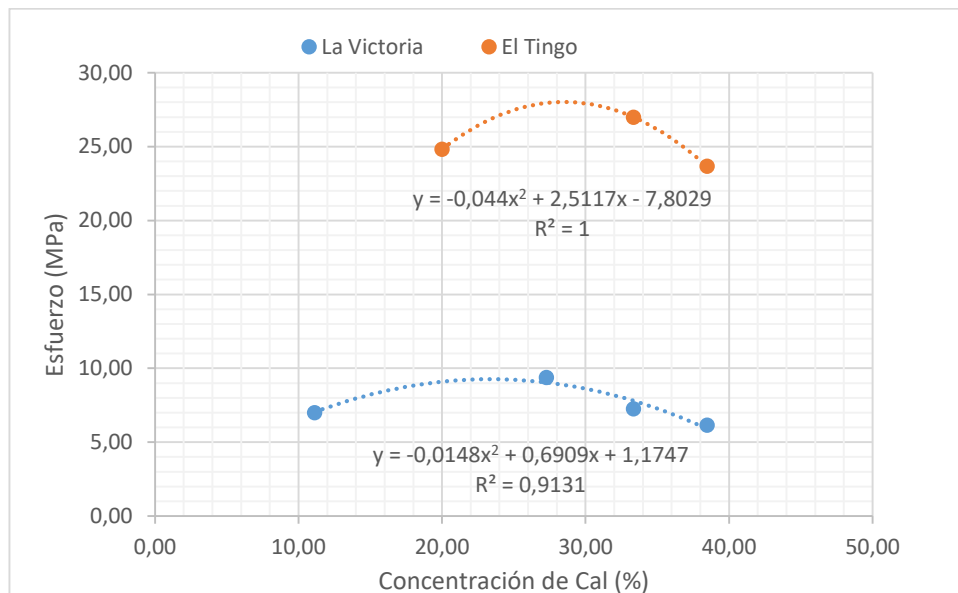


Figura 6. Pruebas a compresión bajo normas ASTM C42.

La mayor resistencia se logra para la concentración de cal entre el 25 al 30 %, con un esfuerzo de rotura de 27 MPa, para el caso de las probetas elaboradas con la arcilla del Tingo. En el caso de las probetas elaboradas con la arcilla de La victoria se alcanza un valor máximo de esfuerzo de rotura de 9 MPa; valores muy bajo para uso en elementos cerámicos como las tejas.

3.3. Pruebas a flexión de las tejas

Las pruebas a flexión de las tejas se realizaron comparando las tejas elaboradas de forma tradicional y las tejas elaboradas según las recomendaciones de los resultados obtenidos de las pruebas de compresión de las probetas cilíndricas. Los resultados se indican en la tabla 5.

Tabla 4. Pruebas a flexión tejas comunes, según INEN 990.

VALOR DE PRUEBA (FUERZA)	UNIDAD DE MEDICIÓN	TAMAÑO DE TEJA
	NEWTON (N)	
157	(N)	PEQUEÑO
258	(N)	PEQUEÑO
308	(N)	PEQUEÑO

De acuerdo a las pruebas de flexión realizadas de las tejas que elaboran los artesanos en la Parroquia La Victoria, se puede evidenciar notablemente la baja resistencia en cada uno de los ensayos realizados, evidenciando que el material utilizado no es el adecuado ya que contiene un 22% de Arena y un 78% de finos.

En este caso se ensayaron las tejas mejoradas con beneficio del material y adición de cal, los resultados se muestran en la tabla 5.

Caracterización de las propiedades mecánicas de las arcillas para tejas de barro producidas por alfareros de la parroquia la victoria, catón Pujilí

Tabla 5. Pruebas a flexión tejas mejoradas, según INEN 990, con material puro lavado.

VALOR DE PRUEBA (FUERZA)	UNIDAD DE MEDICIÓN	TAMAÑO DE TEJA
	NEWTON (N)	
345	(N)	PEQUEÑO
367	(N)	PEQUEÑO
397	(N)	PEQUEÑO
426	(N)	PEQUEÑO
471	(N)	PEQUEÑO

Estas tejas fueron realizadas con arcilla del sector del Tingo, las cuales pasaron por un proceso de mejora. La arcilla del sector del Tingo presenta altos valores en su composición química, ya que según la clasificación es un suelo arcilloso. Se puede visualizar que los valores obtenidos de resistencia, luego de haber realizado varias pruebas de separación de las partículas gruesas, se obtuvo el resultado mayor de resistencia flexión con el valor de 471 N, en correspondencia para las tejas elaboradas con un 25 % de cal. A pesar de haber realizado el mejoramiento en el proceso de elaboración, no se llega a obtener los resultados establecidos en la normativa INEN 990 que es de 800N.

4. CONCLUSIONES

- Una vez realizadas las pruebas a las tejas y a las probetas se logra definir que la arcilla de sector El Tingo presenta una mayor resistencia a la flexión teniendo como resultado 471 N, mientras que las tejas y probetas elaboradas con la arcilla de La Victoria presenta un valor de 308 N.
- Cabe mencionar que según los resultados de laboratorio la arcilla del sector El Tingo tiene la presencia de nutrientes como el N (56,00 ppm), P (57,00 ppm), (Zn 2,40 ppm) y (Fe 54,00 ppm) en valores relevantes actúan en mantener la dureza, flexibilidad y durabilidad de las tejas por ende incrementado el tiempo de vida útil de las mismas, mientras que la arcilla de la Victoria arroja valores tales como N (28 ppm), (P 23,00 ppm), (Zn 0,30 ppm) y (Fe 29,00 ppm) en bajos valores es decir no logra obtener las características deseadas de resistencia y durabilidad deseadas.

5. BIBLIOGRAFÍA

- ASTMC1167 International, W. C. (2003). *www.astm.org*. Obtenido de <https://www.astm.org> › Standards & Publications
- ASTMC42. (s.f.). *Standards & Publications*. <https://www.astm.org> › Standards & Publications.
- ASTMC67. (2008). *www.metrotec.es*. Obtenido de <https://www.metrotec.es/normas/astm/astm-c67/>
- Benveniste, G., Gazulla, C., Fullana, P., Celades, I., Ros, T., & Zaera, V. (2011). Análisis de ciclo de vida y reglas de categoría de producto en la construcción. el caso de las baldosas cerámicas. *Informes de la Construcción*, 63(3), 71-81.
- Chavez, L. (Abril de 2014). *El Telégrafo*, págs. 4-5.
- Guetto, J. (2012). *Materias primas para pastas cerámicas*. Madrid España: (1ra e.d) Dias de Santos.
- INEN988. (2009). *Determinación de la resistencia a flexión*. Caracas.
- Jorba, J. (s.f). Por que cilindros de 15x30cm. *Informes de la Construcción*, 56-57.
- Martínez, J., Valera, E., Domínguez, A., & Singh, M. (2001). Microestructura y comportamiento mecánico a altas temperaturas de cerámicas biomórficas de carburo de silicio. *Metalurgia*, 37(3), 37-48.
- Meléndez, J., Ramírez, A., & Juménes, M. (2001). Comportamiento mecánico a altas temperaturas de cerámicas de nitruro de silicio. *Revista Metalurgia*, 37(2), 7-21.
- Monroy, R., Valencia, B., & Romero, Y. (2014). Efecto de la concentración de silicato de sodio y ácido fosfórico en la reducción de la temperatura de cocción de baldosas cerámicas. *Respuestas*, 19(2), 25-31.
- Romero, M. (22 de Abril de 2018). Secado de las tejas de La Victoria. (W. R. Bautista, Entrevistador)
- Vaca, H. (19 de Abril de 2017). Procesos de elaboración de las artesanías Datos de integrantes sociedad de artesanos La Victoria. (D. A. M, Entrevistador)
- Vidal, J., San Fe, L., & Fuente, C. (2000). Resistencia mecánica y soportes para revestimientos cerámicos. *Materiales de Construcción*, 15(2), 28-32.
- Viera, C. (2014). Construction and Building Materials. *Rio de Janeiro*.