

## Caracterización físico-mecánica de materiales cerámicos producidos en la zona de Tobatí

**Borba Núñez, Marco Antonio**

[borbamarco524@gmail.com](mailto:borbamarco524@gmail.com)

Facultad de Ciencias y Tecnología  
Ingeniería Civil

Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción

### RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo principal el análisis y verificación de las características físicas y mecánicas establecidas por las normas del área aplicadas a materiales cerámicos de construcción producidos en la zona de Tobatí. Con esto, se pretende determinar la calidad de dichos materiales provenientes tanto de producción industrial como artesanal de la zona mencionada. El proceso de desarrollo del trabajo ha requerido una selección adecuada de las fábricas analizadas, así como de los materiales por ellas producidas, de manera a obtener un universo representativo del conjunto analizado. A los efectos de tener parámetros comparativos apropiados se recurre a las Normas Técnicas Paraguayas del área, complementadas con otras de manera a disponer de datos complementarios no contemplados en aquellas. También se analizan las Normas Paraguayas utilizadas en el área de producción cerámica con otras similares de la región, con el objetivo de determinar si existe algún tipo de desfase o desajuste entre las mismas.

**Palabras clave:** *materiales cerámicos; construcción; normas técnicas.*

# **Physical-mechanical characterization of ceramic materials produced in the Tobatí area**

## **ABSTRACT**

The main objective of this work is the analysis and verification of the physical and mechanical characteristics established by the norms of the area applied to ceramic construction materials produced in the Tobatí area. The aim is to determine the quality of these materials from both industrial and artisanal production in the aforementioned area. The process of developing the work has required an adequate selection of the analyzed factories as well as the materials produced by them, in order to obtain a universe representative of the analyzed set. For the purpose of having appropriate comparative parameters, use is made of the Paraguayan Technical Standards of the area, complemented with others in order to have complementary data not contemplated in them. The Paraguayan Standards used in the ceramic production area are also analyzed with similar ones in the region, with the aim of determining whether there is any mismatch between them.

**Keywords:** *ceramic materials; construction; technical standards.*

*Artículo recibido 15 febrero 2023*

*Aceptado para publicación: 15 marzo 2023*

## INTRODUCCIÓN

Los materiales cerámicos utilizados en construcción han sido empleados tradicionalmente por las diferentes sociedades y culturas humanas desde tiempos muy remotos y hasta hoy día se constituyen en un recurso importante en el ámbito de la construcción civil. Esto se debe a la facilidad en la obtención de la materia prima necesaria para fabricarlos y por su presencia abundante en la naturaleza. Por esta razón existen muchas alternativas al momento de elegir un producto cerámico para una determinada función, presentando cada una de ellas ventajas y desventajas que deben considerarse en el momento de la elección.

En el Paraguay la utilización de materiales cerámicos está muy arraigada, con la condicionante de que muchos de ellos todavía proceden de una fabricación del tipo artesanal. Actualmente también se dispone como alternativa la producción industrializada de los mismos y la incorporación de otras opciones como bloques de hormigón, pero cuya penetración aún no ha alcanzado una alta proporción. Esto en parte se debe a que la producción artesanal proviene de zonas donde esta actividad es difícil sustituirla por otras alternativas y en muchos casos representa la fuente de ingresos de numerosas familias de escasos recursos. Se suma a esto la debilidad presente en el ámbito de las normas nacionales, las cuales deben ser la garantía de que se producen materiales aptos para su uso en la construcción civil.

Este trabajo consiste en realizar una inspección de la calidad físico-mecánica de materiales cerámicos producidos en la zona de Tobatí; tanto los provenientes de producción industrial como artesanal. La elección de la ciudad de Tobatí, en el departamento de Cordillera, es debido a que tiene como su principal rubro económico la elaboración y fabricación de materiales cerámicos; los cuales posteriormente son empleados en diferentes zonas del país.

Con relación a los procesos de control de calidad, en la práctica las verificaciones por parte de la institución reguladora no se realizan o por lo menos no con la efectividad necesaria que asegure una buena calidad de los mismos. Este seguimiento periódico en cuanto a las condiciones físico-mecánicas que presentan los materiales cerámicos, da una noción representativa de la calidad de los mismos.

El trabajo tiene como objetivo general realizar estudios de caracterización físico-mecánicos de materiales cerámicos producidos en la zona de Tobatí, a fin de encuadrarlos dentro de las especificaciones establecidas por las Normas Paraguayas del área. Y los objetivos específicos: Evaluar la influencia de los procesos de producción en el resultado de los materiales analizados. Establecer criterios de uso en la construcción conforme a los resultados obtenidos y comparar las Normas Paraguayas del área cerámica con otras similares de la región; buscando determinar las condiciones físico-mecánicas de los materiales producidos en la zona de Tobatí con objeto de establecer criterios técnicos de confiabilidad para su empleo en obras de construcción civil. En esta razón radica la importancia de establecer un conocimiento de la capacidad real de los materiales cerámicos de fabricación nacional, en este caso de la zona de Tobatí.

Es de carácter sumamente importante señalar que en nuestro país existe una tendencia muy arraigada por el uso de los materiales cerámicos constructivos tradicionales, antes que optar por otras alternativas que han ganado bastante terreno en los últimos tiempos y han desplazado en gran medida a los materiales cerámicos en otros países. Sin embargo, esto no ha ocurrido en Paraguay o al menos no en una gran proporción, siendo aún los materiales cerámicos por un margen bastante amplio la primera opción a la hora de edificar o de levantar las paredes de nuestras construcciones, al igual que nuestros techos y tejados.

También es destacable el hecho de que muchas veces la elaboración de ladrillos artesanales en zonas rurales ha prevalecido hasta ahora porque en su mayoría la gente ya desde muy temprana edad aprende este oficio por parte de sus padres o bien porque así se ha acostumbrado desde hace mucho tiempo atrás; generalmente en estas olerías la elaboración y fabricación de los ladrillos se realiza empíricamente, sin demasiados tecnicismos ni procesos rigurosos. Este punto es interesante, porque si bien esto puede ser cuestionable desde la perspectiva de que este tipo de elaboración de los materiales cerámicos no brinda una garantía de cómo serán sus características físico-mecánicas o su resistencia, calidad, etc., también deben ponerse a consideración y análisis las condiciones socio-económicas en que se encuentran, operan y subsisten estas pequeñas fábricas y olerías.

Antes que simplemente cuestionar la manera como son fabricados estos materiales cerámicos artesanales sin un control riguroso que asegure unas características físico- mecánicas finales lo

suficientemente confiables y que satisfagan todos los requisitos impuestos por las Normas Técnicas, es importante más bien ubicarse en el contexto y en la situación particular de cada pequeña fábrica y olería; sabiendo que en muchos casos un gran número de ellas subsiste “a pulmón” como suele decirse, gracias a un gran esfuerzo ya sea por parte del propietario, de los obreros o incluso de la comunidad algunas veces, refiriéndonos a las comunidades rurales que se encuentran un poco más apartadas de la zona urbana. Por ello se debe analizar la situación intentando abarcar una observación general, estudiando todos los factores que inciden en nuestro análisis; antes que cuestionar solamente el resultado final. De esta manera se podrá tener una visión mucho más amplia y acaparadora del problema, y al comprender mejor el contexto y las causas que generan las consecuencias posteriores o los resultados finales que de repente no satisfacen los requerimientos establecidos, se logrará de este modo plantear mejores soluciones o más bien alternativas razonables de solución.

Tal vez parte de este problema se deba a la falta de organización por parte de los fabricantes y elaboradores de materiales cerámicos de cada comunidad en particular. Una opción sería la creación de asociaciones o cooperativas que otorguen créditos a los pequeños productores y fabricantes para de este modo optimizar y mejorar su producción de materiales cerámicos; tal vez por otro lado sea necesario un mayor involucramiento del gobierno central para que incentive la producción nacional de materiales cerámicos, etc.

En fin, hay muchos factores y muchas aristas que envuelven al contexto general de esta problemática; los cuales requieren un análisis mucho más extenso, detallado y minucioso. La finalidad de este trabajo de investigación solamente es verificar el estado actual de los materiales cerámicos de la zona de Tobatí y si los mismos cumplen los requerimientos presentes en las Normas Técnicas vigentes.

El alcance de este trabajo está centrado en la zona de Tobatí, abarcando tanto fábricas de producción artesanal como industrial. Serán seleccionadas muestras de los tipos de materiales cerámicos producidos en la zona, en una cantidad que refleje de manera confiable una estimación de la producción total. Estas muestras o cuerpos de prueba posteriormente serán trasladadas hasta el Laboratorio de Ingeniería Civil de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Católica,

campus de Asunción, donde se efectuarán los ensayos físico-mecánicos respectivos a objeto de determinar finalmente las características técnicas que presentan estos materiales cerámicos.

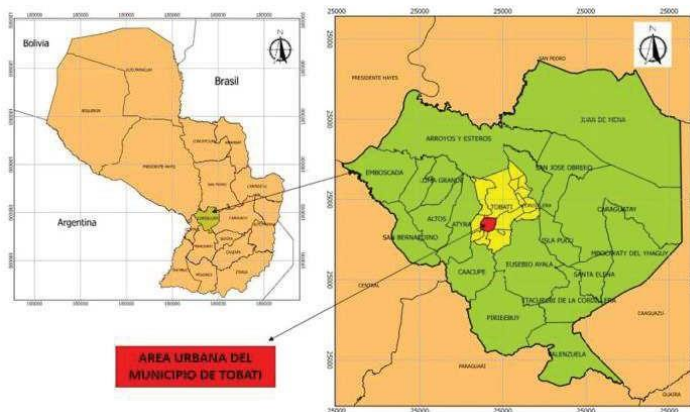
## 2. ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS O MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización geográfica del área de Tobatí

Tobatí es una ciudad del departamento de Cordillera (Paraguay), que está ubicada a 16 km. de Caacupé (capital departamental de la Cordillera) y a 63 km. de Asunción (capital de la República). Cuenta con una superficie de 1.345 Ha. 9.600 m<sup>2</sup> (Revista AIA, 2018).

En las figuras 1 y 2 se puede apreciar la localización geográfica de la ciudad de Tobatí.

**Figura 1.** Localización de Tobatí (mapa político).



**Fuente:** Revista AIA, copyright 2018 por [www.aia.com.py](http://www.aia.com.py)

**Figura 2.** Localización de Tobatí (mapa geográfico).



**Fuente:** Departamento de Cordillera. Copyright por [www.portaleducativo.gov.py](http://www.portaleducativo.gov.py), s. f.

La metodología empleada en la realización de este trabajo consistió en una investigación del tipo descriptiva – experimental, a través de la ejecución de ensayos físico- mecánicos a materiales cerámicos seleccionados procedentes de la zona de Tobatí. Primeramente, fue necesario el traslado hasta la ciudad de Tobatí para realizar una inspección previa de la zona, en la búsqueda de datos acerca de olerías y fábricas de materiales cerámicos para la construcción que se encuentran en dicha ciudad y alrededores. Esta inspección previa y relevamiento de datos en el área de estudio fue importante en el sentido de permitir una noción más clara del alcance del proyecto a ejecutar. También ha permitido un mayor conocimiento de las fábricas de producción de materiales cerámicos, la producción diaria por tipo de material (de manera aproximada o estimativa), la calidad

de los materiales producidos (de acuerdo a la opinión de los fabricantes), entre otros datos interesantes.

Posteriormente se ha procedido a seleccionar de entre los lugares de fabricación de materiales cerámicos recorridos algunos de ellos para obtener los materiales cerámicos objeto de estudio para los ensayos laboratoriales, los cuales fueron trasladados hasta el Laboratorio de Ingeniería Civil (LIC) de la Facultad de Ciencias y Tecnología para la ejecución de los ensayos físico-mecánicos previstos, de manera a realizar posteriormente el análisis de los resultados en el marco de las Normas Técnicas nacionales y extranjeras previstas en el presente trabajo. Los pasos en los que se ha basado este trabajo se especifican a continuación.

**Recopilación de información bibliográfica necesaria:** El paso inicial de la investigación, ha consistido en obtener información disponible sobre el tema en cuestión. Se ha recopilado el material bibliográfico necesario tales como libros, artículos científicos de la red de internet, publicaciones diversas referidas al tema y demás medios escritos o digitales a objeto de tener una perspectiva clara y segura sobre el alcance y aspectos a ser cubiertos por la investigación propuesta.

**Monitoreo del área de estudio y levantamiento de datos en la zona de Tobatí:** Consistió en un recorrido de la zona de Tobatí para averiguar lo concerniente a la producción de materiales cerámicos de construcción de algunas olerías artesanales y fábricas industriales del área de estudio; este monitoreo previo fue importante para que el investigador adquiriera un conocimiento más profundo del área de estudio como así también una mayor comprensión del alcance que tendría el proyecto, consistente en determinar la calidad en cuanto a resistencia y estructurabilidad de los materiales cerámicos de Tobatí.

**Selección de algunas fábricas de la zona para la adquisición de los materiales cerámicos objeto de estudio:** Una vez concluida la inspección previa del área de estudio, se procedió a seleccionar algunas de las fábricas recorridas para finalmente obtener de las mismas los materiales cerámicos de construcción necesarios para la realización de los ensayos.

**Traslado de los materiales de estudio hasta el LIC:** Una vez obtenidos los materiales cerámicos de construcción de las fábricas de Tobatí en la cantidad necesaria, se procedió al traslado de los mismos hasta el Laboratorio de Ingeniería Civil de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la

Universidad Católica, lugar en donde se efectuarían posteriormente los ensayos físico-mecánicos respectivos a los correspondientes materiales de estudio.

**Determinación de las Normas Paraguayas y extranjeras a considerar en los ensayos:** Teniendo los materiales de estudio dispuestos en el lugar de trabajo y en la cantidad suficiente, lo siguiente fue analizar las Normas Paraguayas en las cuales se apoyarían los ensayos realizados a los cuerpos de prueba. También en este punto se consideraron algunas normativas de países de la región con el propósito de cubrir algunos aspectos que no estaban presentes en las Normas Paraguayas; además de complementar éstas con otros criterios algo diferentes, pero de igual modo válidos en el objetivo final de determinar la calidad de los materiales cerámicos de construcción.

**Ejecución y desarrollo de los ensayos:** El siguiente paso dentro de la investigación fue proceder a la ejecución de los ensayos físico-mecánicos respectivos a los materiales cerámicos, previendo todos los instrumentos, materiales e insumos necesarios, aparte de los cuerpos de prueba respectivos.

**Elaboración del Informe Final de la Investigación:** Finalmente, una vez concluidos los ensayos de laboratorio, teniendo los resultados finales de los mismos, habiendo realizado los cálculos necesarios y obtenido las conclusiones respectivas en cuanto a la determinación del estado de calidad en el que se encontraban los materiales cerámicos ensayados, se procedió a la elaboración del informe final de la investigación realizada; en el cual se detallaron claramente todos los aspectos cubiertos por la investigación, además de tener presente la observación rigurosa que hace parte de la estructuración o contenido sobre la que debe asentarse cualquier trabajo elaborado en el marco de una investigación universitaria como ésta.

### **3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **3.1 Evaluación de los Resultados Obtenidos**

Sobre los resultados que se han obtenido en los ensayos físico-mecánicos, es importante mencionar que en muchos casos los materiales cerámicos no han cubierto las condiciones mínimas requeridas por las Normas Técnicas, lo cual se ha visto reflejado en un bajo promedio final con relación al promedio o valor mínimo requerido en cada caso. Sin embargo, algunos materiales cerámicos han



respondido satisfactoriamente a los ensayos y arrojaron resultados acordes a materiales aptos de construcción, lo cual indica que están debidamente preparados para soportar las sollicitaciones de carácter físico, mecánico y estructural a las que serán sometidas.

**El análisis por separado de cada tipo de material cerámico estudiado es el siguiente:**

### **3.1.1 Ladrillos macizos comunes y prensados.**

#### **3.1.1.1 Dimensiones del elemento (medidas) - NP 17 027 77:**

**Largo:** Los promedios finales fueron: Ladrillo macizo común tipo 1 → 21,33 cm; Ladrillo macizo común tipo 2 → 21,37 cm; Ladrillo macizo prensado → 22,96 cm.

Si se tiene en cuenta el largo nominal mínimo de 22,00 cm solo el ladrillo macizo prensado ha superado ese valor, mientras que los ladrillos macizos comunes arrojaron resultados por debajo del promedio establecido.

**Ancho:** Se obtuvieron los siguientes promedios: Ladrillo macizo común tipo 1 → 10,34 cm; Ladrillo macizo común tipo 2 → 10,27 cm; Ladrillo macizo prensado → 10,95 cm.

Se tiene un ancho nominal mínimo de 11,00 cm, ninguno de estos tres materiales ha superado el promedio de ancho mínimo establecido en la Norma.

**Alto:** Se obtuvieron los siguientes promedios: Ladrillo macizo común tipo 1 → 4,05 cm; Ladrillo macizo común tipo 2 → 4,06 cm; Ladrillo macizo prensado → 4,61 cm.

El alto nominal mínimo es 4,50 cm. Nuevamente solo el ladrillo macizo prensado ha superado el promedio mínimo de la Norma, quedando los ladrillos macizos comunes por debajo de dicho valor mínimo.

#### **3.1.1.2 Falta de Planicidad - IRAM 12.585:**

Los métodos de determinación de falta de planicidad fueron: concavidad, convexidad y alabeo. Como en la norma correspondiente no se halla especificado ningún valor mínimo para estos parámetros dimensionales, solo se dan los promedios finales obtenidos en cada caso.

**Concavidad:** Con respecto a la concavidad, se obtuvieron los promedios de los siguientes parámetros característicos: flecha relativa de concavidad respecto al largo [ $f_{rc}$  (largo)]; flecha relativa de concavidad respecto al ancho [ $f_{rc}$  (ancho)] y flecha relativa de concavidad respecto al alto [ $f_{rc}$  (alto)].

- frc (largo): Los promedios fueron éstos: Ladrillo macizo común tipo 1→ 0,00797 mm/cm<sup>2</sup>; Ladrillo macizo común tipo 2→ 0,00796 mm/cm<sup>2</sup>; Ladrillo macizo prensado→ 0,00377 mm/cm<sup>2</sup>.
- frc (ancho): Los promedios fueron éstos: Ladrillo macizo común tipo 1→ 0,00749 mm/cm<sup>2</sup>; Ladrillo macizo común tipo 2→ 0,00729 mm/cm<sup>2</sup>; Ladrillo macizo prensado→ 0,00338 mm/cm<sup>2</sup>.
- frc (alto): Los promedios obtenidos han sido éstos: Ladrillo macizo común tipo 1→ 0,01562 mm/cm<sup>2</sup>; Ladrillo macizo común tipo 2→ 0,01670 mm/cm<sup>2</sup>; Ladrillo macizo prensado→ 0,00427 mm/cm<sup>2</sup>.

**Convexidad:** Han sido obtenidos los promedios de los siguientes parámetros característicos de convexidad: flecha relativa de convexidad respecto al largo y ancho [frk (largo y ancho)] y flecha relativa de convexidad respecto al largo y alto [frk (largo y alto)].

- frk (largo y ancho): Se obtuvieron los siguientes promedios: Ladrillo macizo común tipo 1→ 0,00772 mm/cm<sup>2</sup>; Ladrillo macizo común tipo 2→ 0,00778 mm/cm<sup>2</sup>; Ladrillo macizo prensado→ 0,00257 mm/cm<sup>2</sup>.
- frk (largo y alto): Se obtuvieron los siguientes promedios: Ladrillo macizo común tipo 1→ 0,01621 mm/cm<sup>2</sup>; Ladrillo macizo común tipo 2→ 0,01732 mm/cm<sup>2</sup>; Ladrillo macizo prensado→ 0,00476 mm/cm<sup>2</sup>.

**Alabeo:** Se obtuvo el mayor alabeo en todas las dimensiones, el al (largo y ancho).

- al (largo y ancho): Los promedios obtenidos fueron éstos: Ladrillo macizo común tipo 1→ 0,00839 mm/cm<sup>2</sup>; Ladrillo macizo común tipo 2→ 0,00744 mm/cm<sup>2</sup>; Ladrillo macizo prensado→ 0,00378 mm/cm<sup>2</sup>.

### **3.1.1.3 Falta de Escuadría de las Aristas - IRAM 12.585:**

Se obtuvieron los promedios de la falta de escuadría en cada arista de los ladrillos, los cuales fueron: fe (largo), fe (ancho) y fe (alto).

**fe (largo):** Los promedios obtenidos fueron éstos: Ladrillo macizo común tipo 1→ 0,1635 mm/cm; Ladrillo macizo común tipo 2→ 0,1352 mm/cm; Ladrillo macizo prensado→ 0,0505 mm/cm.

*fe (ancho):* Se obtuvieron los siguientes promedios: Ladrillo macizo común tipo 1→ 0,1935 mm/cm; Ladrillo macizo común tipo 2→ 0,1758 mm/cm; Ladrillo macizo prensado→ 0,0939 mm/cm.

*fe (alto):* Los promedios obtenidos fueron éstos: Ladrillo macizo común tipo 1→ 0,1419 mm/cm; Ladrillo macizo común tipo 2→ 0,1367 mm/cm; Ladrillo macizo prensado→ 0,0932 mm/cm.

#### **3.1.1.4 Ensayo de Compresión - NP 17 027 77:**

Se han obtenido los siguientes promedios: Ladrillo macizo común tipo 1→ 37,23 kg/cm<sup>2</sup>; Ladrillo macizo común tipo 2→ 36,46 kg/cm<sup>2</sup>; Ladrillo macizo prensado→ 82,80 kg/cm<sup>2</sup>.

Al tener en cuenta las resistencias a la compresión nominales presentes en la Norma, se tiene que la resistencia nominal categoría A es 90 kg/cm<sup>2</sup>; categoría B→ 70 kg/cm<sup>2</sup> y categoría C→ 50 kg/cm<sup>2</sup>. Según esto los promedios de los ladrillos macizos comunes han sido muy bajos, sin alcanzar la resistencia nominal para la categoría C; por otro lado, el ladrillo macizo prensado tuvo un promedio por encima de la categoría B.

#### **3.1.1.5 Ensayo de Absorción de Agua – NP 17 027 77:**

Se han obtenido los siguientes promedios: Ladrillo macizo común tipo 1→ 32,38%; Ladrillo macizo común tipo 2→ 33,57%; Ladrillo macizo prensado→ 12,73%.

Las absorciones nominales máximas de acuerdo a la Norma son: categoría A→ 20%, categoría B→ 20% y categoría C→ 25%. Los ladrillos macizos comunes arrojaron promedios bastante malos, superando la máxima absorción permitida de la categoría C; el ladrillo macizo prensado tuvo un buen promedio de absorción, quedando dentro del rango de la categoría A.

#### **3.1.1.6 Ensayo de Flexión – NP 17 027 77:**

Se obtuvieron los siguientes promedios: Ladrillo macizo común tipo 1→ 7,58 kg/cm<sup>2</sup>; Ladrillo macizo común tipo 2→ 6,08 kg/cm<sup>2</sup>; Ladrillo macizo prensado→ 12,16 kg/cm<sup>2</sup>.

Las resistencias nominales presentes en la Norma son: categoría A→ 30 kg/cm<sup>2</sup>, categoría B→ 20 kg/cm<sup>2</sup> y categoría C→ 15 kg/cm<sup>2</sup>. Los ladrillos macizos comunes tuvieron bajos promedios, por debajo de la categoría C; también el ladrillo macizo prensado en este caso tuvo un promedio bajo, superior a los ladrillos comunes, pero sin lograr alcanzar la resistencia nominal de la categoría C.

### **3.1.2 Ladrillos huecos y laminados.**

#### **3.1.2.1 Dimensiones de los ladrillos huecos (medidas) – NP N° 130:**

**Largo:** Los promedios obtenidos fueron éstos: Ladrillo hueco tipo 1 → 22,07 cm; Ladrillo hueco tipo 2 → 22,28 cm; Ladrillo hueco tipo 3 → 21,87 cm; Ladrillo hueco tipo 4 → 24,94 cm.

El largo nominal mínimo de acuerdo a la Norma es 19 cm; por tanto, todos los ladrillos tuvieron un promedio de largo superior al largo nominal.

**Ancho:** Se han obtenido los siguientes promedios: Ladrillo hueco tipo 1 → 16,82 cm; Ladrillo hueco tipo 2 → 16,45 cm; Ladrillo hueco tipo 3 → 15,98 cm; Ladrillo hueco tipo 4 → 16,87 cm.

El ancho nominal mínimo según la Norma es 12 cm; por tanto, todos los tipos de ladrillos obtuvieron buenos promedios por encima del mínimo nominal.

**Alto:** Se obtuvieron los siguientes promedios: Ladrillo hueco tipo 1 → 11,13 cm; Ladrillo hueco tipo 2 → 11,09 cm; Ladrillo hueco tipo 3 → 10,55 cm; Ladrillo hueco tipo 4 → 11,24 cm.

De acuerdo a la Norma el alto nominal mínimo es 5 cm, por tanto, todos los tipos de ladrillos han obtenido un buen promedio superior al nominal mínimo presente en la Norma.

### **3.1.2.2 Falta de Planicidad – IRAM 12.585:**

#### **3.1.2.2.1 Concavidad:**

frc (*largo*): Se obtuvieron los siguientes promedios: Ladrillo hueco tipo 1 → 0,00310 mm/cm<sup>2</sup>; Ladrillo hueco tipo 2 → 0,00123 mm/cm<sup>2</sup>; Ladrillo hueco tipo 3 → 0,00143 mm/cm<sup>2</sup>; Ladrillo hueco tipo 4 → 0,00202 mm/cm<sup>2</sup>; Ladrillo laminado → 0,00325 mm/cm<sup>2</sup>.

frc (*ancho*): Se han obtenido los promedios siguientes: Ladrillo hueco tipo 1 → 0,00309 mm/cm<sup>2</sup>; Ladrillo hueco tipo 2 → 0,00109 mm/cm<sup>2</sup>; Ladrillo hueco tipo 3 → 0,00129 mm/cm<sup>2</sup>; Ladrillo hueco tipo 4 → 0,00167 mm/cm<sup>2</sup>; Ladrillo laminado → 0,00363 mm/cm<sup>2</sup>.

frc (*alto*): Fueron obtenidos los siguientes promedios: Ladrillo hueco tipo 1 → 0,00427 mm/cm<sup>2</sup>; Ladrillo hueco tipo 2 → 0,00243 mm/cm<sup>2</sup>; Ladrillo hueco tipo 3 → 0,00262 mm/cm<sup>2</sup>; Ladrillo hueco tipo 4 → 0,00231 mm/cm<sup>2</sup>; Ladrillo laminado → 0,00472 mm/cm<sup>2</sup>.

#### **3.1.2.2.2 Convexidad:**

frk (*largo y ancho*): Se han obtenido los siguientes promedios: Ladrillo hueco tipo 1 → 0,00244 mm/cm<sup>2</sup>; Ladrillo hueco tipo 2 → 0,00150 mm/cm<sup>2</sup>; Ladrillo hueco tipo 3 → 0,00172 mm/cm<sup>2</sup>; Ladrillo hueco tipo 4 → 0,00154 mm/cm<sup>2</sup>; Ladrillo laminado → 0,00190 mm/cm<sup>2</sup>.

frk (largo y alto): Se han obtenido los siguientes promedios: Ladrillo hueco tipo 1→ 0,00408 mm/cm<sup>2</sup>; Ladrillo hueco tipo 2→ 0,00305 mm/cm<sup>2</sup>; Ladrillo hueco tipo 3→ 0,00260 mm/cm<sup>2</sup>; Ladrillo hueco tipo 4→ 0,00214 mm/cm<sup>2</sup>; Ladrillo laminado→ 0,00427 mm/cm<sup>2</sup>.

#### **3.1.2.2.3 Alabeo:**

al (largo y ancho): Se obtuvieron los siguientes promedios: Ladrillo hueco tipo 1→ 0,00295 mm/cm<sup>2</sup>; Ladrillo hueco tipo 2→ 0,00259 mm/cm<sup>2</sup>; Ladrillo hueco tipo 3→ 0,00200 mm/cm<sup>2</sup>; Ladrillo hueco tipo 4→ 0,00213 mm/cm<sup>2</sup>; Ladrillo laminado→ 0,00306 mm/cm<sup>2</sup>.

#### **3.1.2.3 Falta de Escuadría de las Aristas – IRAM 12.585:**

*fe (largo)*: Se han obtenido los siguientes promedios: Ladrillo hueco tipo 1→ 0,0415 mm/cm; Ladrillo hueco tipo 2→ 0,0954 mm/cm; Ladrillo hueco tipo 3→ 0,0270 mm/cm; Ladrillo hueco tipo 4→ 0,0212 mm/cm; Ladrillo laminado→ 0,0211 mm/cm.

*fe (ancho)*: Fueron registrados los siguientes promedios: Ladrillo hueco tipo 1→ 0,0600 mm/cm; Ladrillo hueco tipo 2→ 0,0704 mm/cm; Ladrillo hueco tipo 3→ 0,0256 mm/cm; Ladrillo hueco tipo 4→ 0,0288 mm/cm; Ladrillo laminado→ 0,0287 mm/cm.

*fe (alto)*: Fueron obtenidos los siguientes promedios: Ladrillo hueco tipo 1→ 0,0665 mm/cm; Ladrillo hueco tipo 2→ 0,0812 mm/cm; Ladrillo hueco tipo 3→ 0,0294 mm/cm; Ladrillo hueco tipo 4→ 0,0480 mm/cm; Ladrillo laminado→ 0,0311 mm/cm.

#### **3.1.2.4 Ensayo de Compresión – NP N° 130:**

Se han obtenido los siguientes promedios: Ladrillo hueco tipo 2→ 14,63 kg/cm<sup>2</sup>; Ladrillo hueco tipo 3→ 15,40 kg/cm<sup>2</sup>; Ladrillo hueco tipo 4→ 15,92 kg/cm<sup>2</sup>; Ladrillo laminado→ 230,50 kg/cm<sup>2</sup>.

Si se consideran las resistencias nominales mínimas de la Norma, resistencias cuyos valores son los siguientes: Clase A→ 35 kg/cm<sup>2</sup> y Clase B→ 20 kg/cm<sup>2</sup>, de este modo se refleja que los ladrillos huecos tuvieron promedios muy bajos, los cuales no alcanzaron la resistencia nominal correspondiente a la Clase B. Por otra parte, el promedio obtenido para el ladrillo laminado fue un valor bastante alto, superando la resistencia nominal requerida de la Clase A.

#### **3.1.2.5 Ensayo de Absorción de Agua – NP N° 130:**

Se obtuvieron los siguientes promedios: Ladrillo hueco tipo 2→ 12,11%; Ladrillo hueco tipo 3→ 12,51%; Ladrillo hueco tipo 4→ 10,28%; Ladrillo laminado→ 12,40%.

Las absorciones nominales máximas de la Norma son: Clase A→ 11% y Clase B→ 15%. De esta manera tres tipos de ladrillos: hueco tipo 2, hueco tipo 3 y laminado, obtuvieron una absorción que los coloca dentro de la Clase B; en tanto que el ladrillo hueco tipo 4 obtuvo un porcentaje de absorción mejor que lo ubica dentro de la Clase A.

### **3.1.3 Tejas.**

#### **3.1.3.1 Dimensiones de los elementos (medidas) – PNA 020:**

**Largo:** Se han obtenido los siguientes promedios del largo: Tejas tipo 1→ 41,74 cm; Tejas tipo 2→ 42,70 cm; Tejas tipo 3→ 41,69 cm.

El largo nominal mínimo según la Norma es 42,00 cm; de acuerdo a este valor solo las tejas tipo 2 han superado el mínimo requerido, en tanto que los promedios de las tejas tipo 1 y 3 han sido levemente menores que el largo nominal mínimo.

**Ancho en la cabeza:** Se obtuvieron los siguientes promedios en esta dimensión: Tejas tipo 1→ 20,26 cm; Tejas tipo 2→ 18,99 cm; Tejas tipo 3→ 18,32 cm.

El ancho en la cabeza nominal mínimo de la Norma es 20 cm; de acuerdo a este valor solo las tejas tipo 1 obtuvieron un promedio superior a él, mientras que las tejas tipo 2 y 3 tuvieron promedios menores al valor nominal.

**Alto en la cabeza:** Se han obtenido los siguientes promedios: Tejas tipo 1→ 5,31 cm; Tejas tipo 2→ 5,48 cm; Tejas tipo 3→ 4,95 cm.

El alto en la cabeza nominal mínimo según la Norma es 8 cm; esto indica que los promedios obtenidos en los tres tipos de tejas se hallan por debajo del valor nominal mínimo establecido en la Norma.

**Ancho en la cola:** Se han obtenido los promedios siguientes: Tejas tipo 1→ 16,22 cm; Tejas tipo 2→ 15,28 cm; Tejas tipo 3→ 15,01 cm.

El ancho en la cola nominal mínimo de acuerdo a la Norma es 15 cm; según esta cifra los promedios obtenidos en los tres tipos de tejas se encuentran acordes al valor nominal mínimo presente en la Norma.

**Alto en la cola:** Se han obtenido los siguientes promedios: Tejas tipo 1→ 3,53 cm; Tejas tipo 2→ 3,40 cm; Tejas tipo 3→ 3,60 cm.

El alto en la cola nominal mínimo según la Norma es 6 cm; esto refleja que ninguno de los tres

tipos de tejas obtuvo un promedio acorde a este valor mínimo, sino que todos se ubicaron por debajo de él.

### **3.1.3.2 Ensayo de Absorción de Agua – PNA 020:**

Se han obtenido los siguientes promedios de absorción en las tejas: Tejas tipo 1→ 12,04%; Tejas tipo 2→ 12,77%; Tejas tipo 3→ 12,08%.

El porcentaje nominal máximo de absorción de acuerdo a la Norma es de 15%, lo cual indica que los porcentajes de absorción de las tejas fueron buenos y estuvieron todos ellos por debajo de la absorción máxima especificada en la Norma.

### **3.1.3.3 Ensayo de Flexión – PNA 020:**

Se han obtenido los siguientes promedios de flexión en las tejas: Tejas tipo 1→ 93,47 kg; Tejas tipo 2→ 99,87 kg; Tejas tipo 3→ 164,07 kg.

Las resistencias nominales mínimas de la Norma establecidas para flexión son éstas: Grado 1→ 120 kg y Grado 2→ 90 kg. Según estos valores nominales, las tejas tipo 1 y tipo 2 se hallan por encima del valor nominal del Grado 2; en tanto que las tejas tipo 3 se encuentran por encima del valor nominal para el Grado 1.

### **3.1.3.4 Ensayo de Impacto – PNA 024:**

Del ensayo de impacto solo se dan los promedios obtenidos, puesto que la Norma no establece un valor nominal mínimo requerido de altura para resistencia al impacto, registrándose en cada caso la altura correspondiente al impacto que produce la rotura del elemento analizado.

**Tejas secas:** Se han obtenido los siguientes promedios: Tejas tipo 1→ 520 mm; Tejas tipo 2→ 410 mm; Tejas tipo 3→ 500 mm.

**Tejas húmedas:** Se han obtenido los siguientes promedios: Tejas tipo 1→ 440 mm; Tejas tipo 2→ 360 mm; Tejas tipo 3→ 400 mm.

## **3.1.4 Tejuelones.**

### **3.1.4.1 Ensayo de Absorción de Agua – PNA 020:**

Se han obtenido los siguientes promedios de absorción de agua en tejuelones: Tejuelones tipo 1→ 12,57%; Tejuelones tipo 2→ 13,63%.

La absorción nominal máxima de la Norma es de 15%, por tanto, ambos tipos de tejuelones

obtuvieron un porcentaje de absorción apropiado por debajo del valor nominal máximo.

#### **3.1.4.2 Ensayo de Flexión – PNA 020:**

Se han obtenido los siguientes promedios en el ensayo de flexión: Tejuelones tipo 1→ 88,20 kg; Tejuelones tipo 2→ 130,80 kg.

Las resistencias nominales mínimas para flexión de la Norma son: Grado 1→ 120 kg y Grado 2→ 90 kg; entonces se tiene que los tejuelones tipo 1 quedaron levemente por debajo de la resistencia nominal Grado 2, y los tejuelones tipo 2 han superado incluso la resistencia nominal correspondiente al Grado 1.

#### **3.1.4.3 Ensayo de Impacto – PNA 024:**

Solo se dan los promedios obtenidos puesto que en la Norma no se hallaba especificada una altura nominal mínima de resistencia al impacto.

*Tejuelones secos:* Se obtuvieron los siguientes promedios: Tejuelones tipo 1→ 380 mm; Tejuelones tipo 2→ 540 mm.

*Tejuelones húmedos:* Se han obtenido los siguientes promedios: Tejuelones tipo 1→ 480 mm; Tejuelones tipo 2→ 680 mm.

#### **3.1.5 Baldosas.**

##### **3.1.5.1 Dimensiones de los elementos (medidas) – PNA 17 057 07:**

*Largo:* Se obtuvo un promedio de largo de 29,47 cm. El largo nominal mínimo según la Norma es 30 cm; entonces se tiene que el promedio obtenido fue levemente inferior al valor nominal.

*Ancho:* Se obtuvo en las baldosas un promedio de ancho de 27,28 cm. El ancho nominal mínimo de acuerdo a la Norma es 30 cm; por tanto, el promedio obtenido en las medidas fue algo inferior al valor nominal mínimo.

*Alto:* El promedio obtenido fue de 0,98 cm. De acuerdo a la Norma el alto nominal mínimo es 2,30 cm; en consecuencia, se obtuvo un promedio de alto bastante inferior al valor nominal.

##### **3.1.5.2 Ensayo de Absorción de Agua – PNA 17 057 07:**

Se ha obtenido un promedio de absorción en las baldosas de 12,47%. Según la Norma la absorción nominal máxima debe ser 8,50%; por tanto, el promedio de absorción obtenido ha rebasado el porcentaje máximo de absorción determinado por la Norma.



### **3.1.5.3 Ensayo de Flexión – PNA 17 057 07:**

Se ha obtenido en las baldosas un promedio de resistencia a la flexión de 44,92 kg/cm<sup>2</sup>. La resistencia nominal mínima para flexión en baldosas de acuerdo a la Norma debe ser de 35 kg/cm<sup>2</sup>; por tanto, el promedio obtenido ha sido satisfactorio y ha superado el valor mínimo requerido en la Norma correspondiente.

### **3.1.5.4 Ensayo de Impacto – PNA 17 057 07:**

Se ha obtenido un promedio de resistencia al impacto de 333,33 mm. De acuerdo a la Norma la altura nominal mínima de resistencia al impacto en baldosas debe ser de 700 mm; entonces se refleja de este modo que el promedio obtenido en los ensayos ha sido muy inferior a la altura nominal mínima requerida por la Norma correspondiente.

En conocimiento de los resultados obtenidos y analizando cada caso conforme a lo establecido en las normas, puede decirse que muchos factores pueden ser las causas de los bajos promedios obtenidos en algunos materiales cerámicos, lo cual finalmente deriva en la mala calidad como material de construcción y por lo tanto en una construcción con deficiencia. Algunas de las causas pueden ser la calidad de la materia prima, el proceso de amasado y conformado o falta de cocción adecuada. Puesto que los ladrillos artesanales no se fabrican con el mismo rigor que los industriales, muchas veces en su elaboración se sigue un proceso rudimentario y sin niveles de control, lo cual repercute en la calidad del producto. Es decir, la precariedad de las instalaciones e infraestructura de las olerías no permite tener calidad en la fabricación de los ladrillos o de otros materiales.

Sin embargo, es importante resaltar que el objetivo de este trabajo no es analizar en profundidad las causas de la mala calidad de los materiales cerámicos; sino establecer la caracterización físico-mecánica de los mismos a través de los ensayos de laboratorio que se han ejecutado.

## **4. CONCLUSIÓN O CONSIDERACIONES FINALES**

El objetivo de este trabajo fue realizar una inspección de la calidad de los materiales cerámicos de construcción que se producen en la zona de Tobatí, la cual se destaca precisamente por el procesado y fabricación de la industria cerámica para la construcción. En términos estadísticos se puede decir

que se tomó como muestra una pequeña porción de las fábricas entre el universo o población que estaba constituido por las numerosas fábricas cerámicas y olerías de la ciudad de Tobatí y que incluso se extendían por las compañías rurales cercanas. En conocimiento de los resultados de los ensayos físico-mecánicos respectivos de acuerdo a las Normas Técnicas, puede decirse que muchos de los materiales cerámicos que fueron ensayados no han alcanzado los requisitos de calidad que exigen las Normas, puesto que arrojaron en los ensayos promedios por debajo de los valores mínimos requeridos con relación a una característica específica, como ser por ejemplo porcentaje de absorción de agua, resistencia a la compresión, etc.

También debe decirse que no todos los materiales cerámicos que se ensayaron tuvieron malos resultados, algunos de ellos incluso sobrepasaron las magnitudes mínimas requeridas, indicando con ello que son materiales que cumplen con los requerimientos de las normas y son aptos para ser sometidos a las solicitaciones estructurales propias de su uso.

Con relación a las normas técnicas paraguayas del área de Construcciones, en muchos aspectos las mismas se encuentran incompletas y desactualizadas. Este hecho contribuye a que no sea posible una mejora progresiva y sustancial de la calidad de los productos, pues los mecanismos de control no funcionan adecuadamente ni tienen suficiente fuerza de aplicación al no ser de carácter obligatorio su uso.

Pueden mencionarse algunos puntos interesantes acerca de las consecuencias del uso de materiales de mala calidad o deficientes en una obra o edificación. Comenzando por la situación más extrema, los materiales deficientes pueden devenir en posibles fallas estructurales que eventualmente pueden producir derrumbes y desplome de elementos constructivos. Otros problemas son: aparición de grietas o fisuras en las paredes, filtraciones en paredes y techos. Otro inconveniente que se tiene es el desprendimiento de la pintura en acabados, producto del empleo de materiales de calidad pobre, los cuales no permiten una buena adherencia entre el material y la pintura de acabado o revestimiento.

Otro aspecto relativo al empleo de materiales deficientes proviene del punto de vista estético y de un buen diseño: es notoria la diferencia entre una edificación construida con materiales de calidad al compararla con otra que fue hecha con materiales deficientes observando el aspecto final que

ésta presenta. Otra situación que puede presentarse a causa de los materiales deficientes son las demandas de índole legal contra la empresa contratista producto de las fallas estructurales y daños generados.

Todas estas condiciones no deseadas que se generan finalmente conducen a gastos de reparación o mayor inversión en mantenimiento, por consiguiente, producen sobrecostos dentro de cualquier obra.

En nuestro país todavía queda mucho por hacer para alcanzar niveles de desarrollo propios de los países avanzados; por un lado, tal vez eso sea malo y desalentador, pero por otra parte invita a ser perseverante y es como un estímulo, saber que el desafío es grande, el camino es largo y de este modo solo queda tener la voluntad necesaria y apostar por mejorar cada vez más en la medida que se pueda.

Finalmente, se puede concluir que se ha alcanzado el objetivo de realizar la caracterización de los materiales estudiados, encuadrándolos conforme a lo exigido por las normas paraguayas con la mención general que, salvo contadas excepciones, la mayor parte de los requerimientos establecidos por las mismas no ha sido alcanzado, con un estimado de 25% de valores que positivamente han superado los rangos mencionados.

### **Propuestas Finales y Recomendaciones**

En lo concerniente a las normas paraguayas de construcciones que fueron utilizadas para este trabajo, así como de las instituciones encargadas de la elaboración y aplicación de las mismas, pueden mencionarse los siguientes aspectos negativos y pendientes de mejora:

- Las Normas NP del sector de materiales cerámicos se hallan desactualizadas y requieren revisión de parámetros, puesto que hoy día han variado mucho las características técnicas y estructurales de los materiales de construcción con relación a años anteriores de elaboración de las mismas.
- Hay aspectos técnicos y específicos de gran importancia que no están comprendidos dentro de las normas, como ensayo de flexión para ladrillos cerámicos macizos, determinación del porcentaje de humedad de materiales cerámicos, determinación de características geométricas de ladrillos, etc.

- Actualmente se encuentran dentro del mercado muchos materiales cerámicos para construcción que no están caracterizados e identificados en las normas y por lo tanto no poseen una estandarización o especificación adecuada para su uso. Ej.: tejuelones, ladrillos prensados, ladrillo para uso en entresijos de hormigón prefabricado.
- En las normas existen faltas de concordancia y de normas complementarias, por ejemplo, se da un valor mínimo de resistencia a la flexión para ladrillos cerámicos macizos, pero no se tiene un ensayo normalizado de resistencia a la flexión para esos materiales.
- No se cuenta con normas de caracterización de materia prima para producción de materiales cerámicos de construcción.

A los efectos de dar seguimiento a trabajos técnicos en la misma línea se recomienda que con los resultados que se han obtenido en este trabajo, así también como en otros similares a éste, se puedan realizar estudios específicos sobre la materia prima utilizada, proceso de elaboración del producto, así como su influencia en la calidad del producto final obtenido.

Para finalizar este proyecto de investigación, conviene decir que la industria cerámica en nuestro país se encuentra bastante consolidada y constituida. La perspectiva que se tiene es de crecimiento para los próximos años y ello hará que sea necesaria una cerámica constructiva de calidad para responder satisfactoriamente a la demanda que irá en aumento. Los ceramistas, fabricantes y demás personas que se dediquen a este rubro de la industria, deben continuar organizándose e innovando en el área, apuntando siempre a un progreso y mejora de la calidad de la producción y si es posible buscar nuevos mercados de expansión que posibiliten un mayor conocimiento y promoción de la industria cerámica constructiva nacional. Todo esto debe ser acompañado por las autoridades competentes del área por medio de normas actualizadas y que las mismas sean usadas en forma eficiente por los mecanismos de control de manera a garantizar la calidad de los productos utilizados en el área de la construcción.

## **5. LISTA DE REFERENCIAS**

ABNT NBR 6460. *Tijolo Maciço Cerâmico para Alvenaria – Verificação da Resistência à Compressão*. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Brasil. Junio, 1983.

- ABNT NBR 7170. *Tijolo Maciço Cerâmico para Alvenaria – Especificação*. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Brasil. Junio, 1983.
- ABNT NBR 8041. *Tijolo Maciço Cerâmico para Alvenaria – Forma e Dimensões – Padronização*. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Brasil. Junio, 1983.
- ABNT NBR 15270-1. *Componentes cerâmicos. Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação – Terminologia e requisitos*. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Brasil. Agosto, 2005.
- ABNT NBR 15310. *Componentes cerâmicos – Telhas – Terminologia, requisitos eméodos de ensaio*. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Brasil. Noviembre,2005.
- Andrade, Aguilar, Carpio, y Rivera (2015). *El Ladrillo – Técnicas y Proceso Constructivo*. Universidad Central del Ecuador. Recuperado de [http://www.academia.edu/14148439/UNIVERSIDAD\\_CENTRAL\\_DEL\\_ECUADOR\\_CARRERA\\_DE\\_INGENIERIA\\_CIVIL\\_CONSTRUCCIONES\\_II\\_PARALELO\\_PRIMERO\\_EL\\_LADRILLO\\_TECNICAS\\_Y\\_PROCESO\\_CONSTRUCTIVO](http://www.academia.edu/14148439/UNIVERSIDAD_CENTRAL_DEL_ECUADOR_CARRERA_DE_INGENIERIA_CIVIL_CONSTRUCCIONES_II_PARALELO_PRIMERO_EL_LADRILLO_TECNICAS_Y_PROCESO_CONSTRUCTIVO)
- Asociación Profesional de Alicatadores/Soladores (s, f). *Clasificación y Selección de la Baldosa Cerámica*. Recuperado de [http://www.proalso.es/images/pdf/manuales/M1\\_web.pdf](http://www.proalso.es/images/pdf/manuales/M1_web.pdf)
- Barluenga, G. (2008). *Materiales de Construcción – Cerámicos y Vidrios. Curso 2007-2008*. Escuela Técnica Superior de Arquitectura – Universidad de Alcalá. Recuperado de [http://portal.uah.es/portal/page/portal/GP\\_EPD/PG-MA-ASIG/PG-ASIG-32912/TAB42351/Tema%207%20\(Ceramica\)%20Materiales%20ETSA%20\(I\).pdf](http://portal.uah.es/portal/page/portal/GP_EPD/PG-MA-ASIG/PG-ASIG-32912/TAB42351/Tema%207%20(Ceramica)%20Materiales%20ETSA%20(I).pdf)
- Bianucci, M. A. (2009). *El Ladrillo – Orígenes y Desarrollo. Área de la Tecnología y la Producción FAU-UNNE*. Recuperado de <http://arquitectologicofau.files.wordpress.com/2012/02/el-ladrillo-2009.pdf>
- Bieber, O., Bieber, E., y Rojas, R. A. (2014). *Manual de Materiales de Obras Civiles– Nanomateriales, materiales compuestos y nuevos materiales*. 2(3). Asunción,Paraguay: A cargo de los autores.
- Callister, W. D. (s, f). *Introducción a la Ciencia e Ingeniería de los Materiales*. Estados Unidos: Reverté, S. A.

“Departamento de Cordillera”. (s, f). Recuperado de [www.portaleducativo.gov.py/Espanol/Departamento\\_de\\_Cordillera.html](http://www.portaleducativo.gov.py/Espanol/Departamento_de_Cordillera.html)

“Historia de la Cerámica”. (s, f). Recuperado de [http://files.valuart0.webnode.com/200000040-069dd07980/Historia\\_de\\_la\\_Ceramica.pdf](http://files.valuart0.webnode.com/200000040-069dd07980/Historia_de_la_Ceramica.pdf)

Martínez, M. L. (2018). Propuesta de Crecimiento Urbano asociado a los servicios básicos del Municipio de Tobatí, Departamento de Cordillera, Paraguay. *Revista AIA*. Recuperado de [www.aia.com.py/6041-propuesta-de-crecimiento-urbano-asociado-a-los-servicios-basicos-del-municipio-de-tobati-departamento-de-cordillera-paraguay](http://www.aia.com.py/6041-propuesta-de-crecimiento-urbano-asociado-a-los-servicios-basicos-del-municipio-de-tobati-departamento-de-cordillera-paraguay)

Mendes de Freitas, J. J. (2009). *Caracterización y Estudio Tecnológico de Arcillas del Estado Da Bahia (Brasil), para la obtención de materiales cerámicos tradicionales* (tesis doctoral). Universidad de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela, España.

NORMA IRAM 12528. *Tejas de Cerámica – Métodos de Ensayo Generales*. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. Buenos Aires, Argentina. Mayo, 1959

NORMA IRAM 12585. *Ladrillos y Bloques Cerámicos para la Construcción – Métodos de Determinación de las Características Geométricas*. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. Buenos Aires, Argentina. Julio, 1979.

NORMA IRAM 12586. *Ladrillos y Bloques Cerámicos para la Construcción de Muros – Método de Ensayo de Resistencia a la Compresión*. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. Buenos Aires, Argentina. Agosto, 1980.

NP 020. *Tejas Curvas y Planas de Arcilla Cocida – Especificaciones*. Instituto Nacional de Tecnología y Normalización. Asunción, Paraguay. Noviembre, 1979.

NP 021. *Tejas de Cerámica – Ensayo de Permeabilidad*. Instituto Nacional de Tecnología y Normalización. Asunción, Paraguay. Noviembre, 1979.

NP 022. *Tejas de Cerámica – Ensayo de Absorción de Agua*. Instituto Nacional de Tecnología y Normalización. Asunción, Paraguay. Noviembre, 1979.

NP 023. *Tejas de Cerámica – Ensayo de Resistencia a la Flexión*. Instituto Nacional de Tecnología y Normalización. Asunción, Paraguay. Noviembre, 1979.

- NP 024. *Tejas de Cerámica – Ensayo de Resistencia al Impacto*. Instituto Nacional de Tecnología y Normalización. Asunción, Paraguay. Noviembre, 1979.
- NP 130. *Ladrillo Arcilloso Hueco – Especificaciones*. Instituto Nacional de Tecnología y Normalización. Asunción, Paraguay. Mayo, 1976.
- NP 131. *Ladrillos Macizos de Barro Cocido para Albañilería – Ensayo de Compresión*. Instituto Nacional de Tecnología y Normalización. Asunción, Paraguay. Mayo, 1976.
- NP 132. *Ladrillos Huecos – Ensayo de Compresión*. Instituto Nacional de Tecnología y Normalización. Asunción, Paraguay. Mayo, 1976.
- NP 17 027 77. *Ladrillos Cerámicos Macizos. Requisitos Generales*. Instituto Nacional de Tecnología, Normalización y Metrología. Asunción, Paraguay. Diciembre, 2015.
- NTE INEN 295. *Ladrillos cerámicos. Determinación de la Resistencia a la Flexión*. Instituto Ecuatoriano de Normalización. Quito, Ecuador. (1978).
- PNA 17 056 07. *Baldosas – Terminología*. Instituto Nacional de Tecnología, Normalización y Metrología. Asunción, Paraguay. Diciembre, 2007.
- PNA 17 057 07. *Baldosas – Requisitos Generales*. Instituto Nacional de Tecnología, Normalización y Metrología. Asunción, Paraguay. Diciembre, 2007.
- Polanco, J. A., Soraya, D., y García, C. T. (s, f). *Materiales de Construcción – Cerámica y vidrio. Dpto. de Ciencia e Ingeniería del Terreno y de los Materiales –Universidad de Cantabria*. Recuperado de <http://ocw.unican.es/pluginfile.php/280/course/section/205/Leccion13.pdf>
- Primiano, J. (s, f). *Curso Práctico de Edificación*. Argentina: Construcciones Sudamericanas.
- Restrepo, O. J. (2011). *Baldosas cerámicas y gres porcelánico: Un mundo en permanente evolución*. [Versión DX Reader]. Medellín, Colombia: Centro Editorial Facultad de Minas.
- Rojas, R. A. (2013). *Manual de Materiales de Obras Civiles – Cerámicos y Morteros*. 2(2). Asunción, Paraguay: A cargo del autor.
- Smith, W. F. (1998). *Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de Materiales*. [Versión DX Reader]. Madrid, España: McGraw-Hill/Interamericana de España, S.A.
- Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Rosario. (2003). *Tecnología de la Construcción – Ingeniería Civil*. Argentina: Autor.