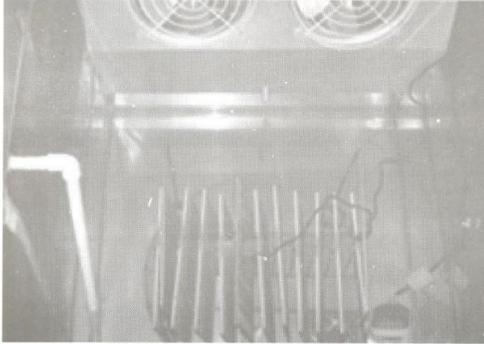


# PROTOTIPO UTILIZADO PARA EL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA HELADA EN BALDOSAS CERÁMICAS



**M. SC. EDER NORBERTO FLÓREZ SOLANO**

Ingeniero Mecánico, M. Sc. en Ingeniería Mecánica. Docente  
Facultad de Ingenierías - UFPS Ocaña,  
enflorezsl@ufps.edu.co

## ABSTRACT

The equipment used to simulate extreme weather conditions on materials, and standards which assess the quality of the products under these conditions, are of great importance for the ceramic industries of the region. For this reason we presented the design and construction of a computer to determine the frost resistance in glazed ceramic tiles according to the UNE EN ISO 10545-12. The process described in the rule is to subject the samples to freeze-thaw cycles in a temperature range between  $-5^{\circ}\text{C}$  and  $+5^{\circ}\text{C}$ . The team is composed of three systems of work. The first is the cold room, which is formed by a stainless steel tank of 50 liters, with a cooling system. The second consists of a hydraulic system required to perform the melting process. And, finally, an electrical system which allows easily manage the team in general, after construction was carried out to test a glazed tile company in the region. We have no knowledge of the existence of a similar device in the country; thereby the Francisco de Paula Santander University will pioneer the provision of this attempt.

## KEY WORDS

Resistance to frost, weathering, quality.

## PALABRAS CLAVES

Calidad, intemperie, resistencia al congelamiento.

## RESUMEN

Los equipos utilizados para simular condiciones extremas de intemperie en los materiales y las normas internacionales que evalúan la calidad de los productos bajo estas condiciones son de gran importancia para las industrias cerámicas de la región. Por esta razón se presenta el diseño y construcción de un equipo para determinar la resistencia a la helada en baldosas cerámicas

esmaltadas, según la norma UNE EN ISO 10545-12. El proceso descrito en la norma consiste en someter las muestras a ciclos de congelamiento y deshielo, en un rango de temperatura entre  $-5^{\circ}\text{C}$  y  $+5^{\circ}\text{C}$ . El equipo está compuesto de tres sistemas de trabajo. El primero es el cuarto frío, que está formado por un tanque de acero inoxidable de 50 litros, con un sistema de refrigeración. El segundo está formado por un sistema hidráulico, necesario para realizar el proceso de deshielo y por último, un sistema eléctrico que permite manejar fácilmente el funcionamiento del equipo en general; luego de la construcción, se realizaron pruebas a baldosas esmaltadas de una empresa de la región. No se tiene conocimiento de la existencia de un equipo similar en el país; por esto la universidad Francisco de Paula Santander Ocaña será pionera en la prestación de este ensayo.

## INTRODUCCIÓN

“La Heladicidad se define como la baja resistencia a la helada de una pieza cerámica y trae como consecuencia el deterioro de la misma por desprendimientos, exfoliaciones o roturas, ocasionadas por la presión que se origina dentro de la pieza al pasar agua en su interior del estado líquido al estado sólido, con el siguiente aumento de volumen”[1]; de ahí que esta propiedad sea de gran interés para las empresas que fabrican y exportan productos cerámicos de calidad, para garantizar su durabilidad ante este fenómeno.

Actualmente, se realiza el ensayo para determinar la resistencia a la helada en los productos cerámicos, aplicando la norma internacional UNE-EN ISO 10545-12:1997 resistencia a la helada en baldosas cerámicas [2], sometiendo las piezas a ciclos de hielo y deshielo para posteriormente, visualizar que, resultados presenta la pieza ante este ensayo.

Este trabajo se centra en la utilización de una herramienta para realizar ensayos a productos terminados y, específicamente,

para determinar la resistencia a la helada en las baldosas cerámicas, comenzando con el respectivo seguimiento de la norma para la elaboración del diseño, cálculo y construcción del equipo necesario para simular las condiciones de congelación y descongelamiento de las piezas sometidas al ensayo ya que, de otra manera, se deben someter las piezas a la intemperie por un largo tiempo para luego identificar su daños, por esto, la construcción del equipo hará que el análisis del ensayo de la resistencia a la helada en las baldosas cerámicas se desarrolle en un corto tiempo; por último, se realizan pruebas a un producto de una empresa de Norte de Santander, Colombia, en el año 2008.

Se espera, entonces, que los resultados obtenidos en este trabajo sean utilizados por las empresas cerámicas para mejorar los procesos y poder llegar con estos productos a mercados internacionales, garantizando la fabricación en la puesta en obras.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La determinación de la resistencia a la helada en los productos cerámicos, se establece de acuerdo con el procedimiento definido en la norma UNE-EN ISO 10545-12:1997[2], donde está escrito que:

- Se elige una muestra de diez baldosas de una línea de productos; estas deben ser enteras y estar libres de defectos.

En la preparación de las baldosas para el ensayo, estas deben pasar por un secado entre 95 °C y 105 °C, hasta que la diferencia de peso entre dos pesadas sucesivas efectuadas con 24 horas de intervalos sea inferior al 0.1%, m1.

- Seguidamente del enfriamiento a temperatura ambiente, las baldosas deben colocarse verticalmente en una cámara de vacío y se lleva a la presión de 40 ± 2.6 KPa, por debajo de la presión atmosférica. Se introduce agua en la cámara con las baldosas, manteniendo el vacío a la misma presión durante 15 minutos, y después se restablece la presión atmosférica; posteriormente, se seca ligeramente cada lado de la baldosa para realizar un segundo peso, m2.

La absorción inicial del agua E1 se expresa en porcentaje de masa.

$$E_1 = \frac{m_2 - m_1}{m_1} * 100 \% \quad (1)$$

Luego se taladra un agujero de 3 mm de diámetro desde el centro de un borde de la baldosa hasta un máximo de 40 mm y se le introduce un termopar (medidor de temperatura), con un aislante térmico para aislarlo. Después se colocan las baldosas verticalmente y separadas unas de otras para el siguiente paso, que es la refrigeración, donde se debe garantizar una corriente de aire por todas las caras. La baldosa con el termopar debe ir en el centro.

Se debe bajar la temperatura hasta -5 °C, a una velocidad no superior a 20 °C/h. Se mantiene la temperatura por debajo de -5 °C durante 15 minutos. Se sumergen las baldosas, hasta que la temperatura supere los +5 °C y se mantiene esto durante 15 minutos. Se debe repetir el ciclo por lo menos 100 veces.

Al terminar el ensayo se debe pesar cada baldosa m3 y, por último, seclarlas hasta que alcance una masa constante:

$$E_2 = \frac{m_3 - m_4}{m_4} * 100 \% \quad (2)$$

Después de 100 ciclos, se examina la cara esmaltada de las baldosas a simple vista, a una distancia de 25 cm a 30 cm y con una iluminación aproximada de unos 300 Lux.

Los resultados se presentan en el informe con las siguientes informaciones: número de probetas por muestra, absorción inicial de agua E1 (1), absorción final de agua E2 (2), descripción de los defectos existentes antes del ensayo, descripción del deterioro producido por el ensayo de congelación y deshielo, y el número de baldosas deterioradas tras 100 ciclos.

Para el proceso de congelar y descongelar las baldosas se requieren tres sistemas, necesarios para su funcionamiento:

### Sistema de congelamiento

Se requiere de una cámara climática de enfriamiento, la cual, está compuesto por el tanque de refrigeración y la unidad de refrigeración. En este es donde se lleva a cabo el ensayo de la resistencia a la helada en baldosas.

El tanque de refrigeración se diseña teniendo en cuenta las siguientes características establecidas por la norma:

- Muestra: 10 baldosas.
- Tamaño de las baldosas: 50X50 Cm
- Posición de las baldosas durante la prueba: vertical y separadas, para que no exista contacto entre ellas.

Para empezar a cumplir con esta normativa se diseña y construye un dispositivo innovador visto en figura 1, el cual, soporta las muestras de diferentes tipos de materiales cerámicos; es una estructura circular construida en acero inoxidable, con once separadores en forma de T que sostienen y separan verticalmente cada baldosa.



Figura 1. Soporte para la muestra (referencia)

En la figura 2 se observa el tanque de refrigeración con base en las dimensiones de diseño del soporte metálico de la figura 1.



Figura 2. Tanque de refrigeración

El tanque tiene las siguientes características:

- Dimensiones en el interior 75 x 75 x 90 cm y en el exterior 87 x 87 x 94 cm.
- Tapa: de alzada auto sostenible con cierre hermético.
- Material: acero inoxidable.
- Aislante: poliuretano rígido de una densidad del 35% y 4cm de espesor.

Para la selección de los componentes de refrigeración se requiere inicialmente [3], calcular las cargas de enfriamiento, que

es la suma de las cargas térmicas en las que se involucran diferentes fuentes de calor; entre las que interfieren en el diseño del equipo están:

- Cargas por conducción y convección [4].
- Cargas por el producto.
- Cargas por motores eléctricos.
- Cargas por descarche [5].

Carga enfriamiento:

$$Q=112413 \text{ Btu}/24\text{h} \quad (3)$$

De acuerdo con los datos anteriores y con conocimiento técnico de los elementos de estos equipos, las características del equipo de refrigeración son:

- 2 resistencias de 220 V a 900W cada una.
- Compresor de ¾ hp de 220 V.
- Refrigerante MO049 con (kilogramo) y medio de gas.
- Válvula de expansión R049.
- 2 ventiladores de 20 W cada uno, de 8 pulgadas de aspas para recircular el aire frío interno.

Sistema hidráulico:

Compuesto de un tanque de almacenamiento de agua y sistema de bombeo para llenado y vaciado de la cámara de refrigeración [6]. Las características de este tanque están sujetas a la cantidad de agua requerida para sumergir la muestra y la temperatura a la cual se debe almacenar.

Para calcular la cantidad de agua, se tiene en cuenta:

- El diseño interno del tanque de refrigeración: base (75 cm); ancho (75 cm).
- La norma: altura de las baldosas: 50 cm. En el proceso de deshielo las baldosas se sumergen, hasta aproximadamente 5 cm, por debajo del nivel del agua.

Por estas razones, el tanque debe tener un volumen en su interior mayor o igual a 0.31 m<sup>3</sup>.

Analizando la temperatura de líquido conservado en el tanque de almacenamiento de agua, se debe tener en cuenta la ubicación del mismo para que ningún fenómeno altere la temperatura interna recomendada por la norma [2].

Suministro y desalojo de agua del tanque de refrigeración

Cuando inicia el proceso de deshielo se suministra agua desde el tanque de almacenamiento al tanque de refrigeración por medio de una bomba, ilustrado en la figura 3; cuando empieza el proceso siguiente ocurre lo contrario. Por lo tanto, dos bombas son las encargadas de realizar el trabajo de suministro y desalojo del líquido al tanque de refrigeración.

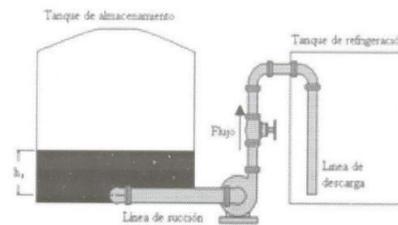


Figura 3. Sistema de suministro y desalojo de agua al tanque de refrigeración  
Fuente: Dibujo en solid eges

De acuerdo con lo anterior, se seleccionan dos bombas centrífugas de mínimo 26.1 W y 7.3 W de potencia, motor eléctrico de 60 Hz, 3500 RPM, voltaje de 110 V.

Sistema de control:

Para el sistema se utilizan elementos como; contactores, temporizadores, contadores, controladores y medidores de temperatura electrónicos; como dispositivos principales de control [7] y [8]. Para seleccionar cada uno de estos instrumentos se tienen en cuenta las siguientes variables:

- Los niveles de tensión (110 V y 220 V).
- Las cantidades máximas de corriente (consumidas por el sistema de refrigeración y las bombas).
- Los tiempos de funcionamiento en cada proceso.
- La duración total del ensayo.
- La temperatura máxima y mínima (en los ciclos de congelación y deshielo).
- Niveles de agua en los tanques.

Se utiliza sistema eléctrico para el diseño de los circuitos de control, porque es una técnica de diseño segura y ordenada que permite trabajar básicamente con contactores de potencia, relés temporizados, relés de protección, válvulas eléctricas y componentes electrónicos; se representan también los elementos de mando manuales y automáticos como los pulsadores, interruptores, contactores, el controlador SR, el temporizador, el medidor de temperatura, el contador de ciclos, el sistema de refrigeración, el sistema hidráulico y pilotos que por medio de convenciones se permite saber cómo está conectado cada dispositivo, su elemento de protección y la fuente de alimentación de energía[9]. Además, se puede identificar rápidamente cada una de las conexiones ya sea para realizar modificaciones o buscar solución a problemas e inconvenientes. El sistema de control implementado al cuarto frío y sistema hidráulico forman en conjunto la cámara de congelamiento. La figura 4 muestra el equipo totalmente terminado.

## RESULTADOS Y DISCUSIONES

La figura 5 muestra las pruebas en donde se realizaron ensayos con un producto de una empresa de la región, dando óptimos resultados a los 100 ciclos y observando que para bajar la temperatura hasta  $-5^{\circ}\text{C}$ , el tiempo estimado para ello es de 50 minutos y para subirla a  $+5^{\circ}\text{C}$  se produce en un tiempo de 38 minutos dentro del equipo. Para el ensayo de congelamiento y deshielo de otros productos cerámicos, se deben tener en cuenta otras normas [10] y [11], en donde se evalúan las muestras con diferentes rangos de temperaturas, datos que se tomaron del artículo que se presentó para el congreso latinoamericano llamado X IBEROMET [12].



Figura 5. Ensayo de congelamiento

## CONCLUSIONES

Se construyó un equipo de bajo costo comparado con los existentes en el mercado internacional, este fue probado usando baldosas cerámicas esmaltadas de una de las empresas de la región, mostrando buenos resultados.

El diseño de este equipo, permite no solo someter al ensayo baldosas esmaltadas, sino también, otros productos como tejas, ladrillos, y productos a fines.

Con la construcción de este equipo se puede analizar el comportamiento de los productos cerámicos bajo el efecto de la helada y así poder mejorar los procesos productivos para poder llegar a mercados internacionales.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Centro de Investigaciones de Materiales Cerámicos (CIMAC), al fondo FINU de la Universidad Francisco de Paula Santander, por el apoyo económico. De igual manera a la empresa Cerámica Italia S.A, y al estudiante de Ingeniería Electromecánica de la UFPS, Néstor Jair Cifuentes, por su participación en el proyecto.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] PÉREZ A. "Primer curso Internacional en Procesos de Producción Cerámica"[En línea]. Universidad Francisco de Paula Santander. [Cúcuta, Colombia]. Noviembre de 2005[Citado noviembre, 2005]. Disponible en la World Wide Web: <http://www.aitemin.es/toledo>
- [2] UNE-EN ISO 10545-12. Determinar la resistencia a la helada,(España): International Organization for Standardization .1997.
- [3] BOAST, M, "Refrigeración libro de bolsillo".1997.
- [4] INCROPERA, Frank P. Fundamentos de transferencia de calor. 4 ed. México : Prentice Hall, 1999.
- [5] DOSSAT, Roy, j. Principios de Refrigeración de DOSSAT.(1991). México: CECSA. 1999.
- [6] MOTT, Robert L. Mecánica de fluidos. 6 ed. México: Prentice Hall, 2006.
- [7] BOYLESTAD, Robert L. Análisis introductorio de circuitos. 8 ed. México : Prentice Hall, 1998.
- [8] KOSOW, Irving L. Control de máquinas eléctricas. 1 ed. Barcelona: Reverte, 1981 .
- [9] MALONEY, Timothy J. Electrónica industrial moderna. 3 ed. México: Prentice Hall, 1997.
- [10] ASTM C 67-03a. Standard Test Methods for Sampling and Testing Brick and Structural Clay Tile. EE.UU.: American Society for Testing and Materials, 2003
- [11] ASTM C 1167-03. Standard Specification for Clay roof Tiles. EE.UU.: American Society for Testing and Materials, 2003.
- [12] FLÓREZ, Eder. Estudios de resistencia a la helada en valdosa cerámicas. Congreso Internacional X IBEROMET (Ponencia). Octubre 2008.