

VALIDACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES H-10 FABRICADOS EN OCAÑA NORTE DE SANTANDER Y LA REGIÓN

VALIDATION OF THE PHYSICAL-MECHANICAL PROPERTIES OF H-10 BLOCKS MANUFACTURED IN OCAÑA NORTE OF SANTANDER AND THE REGION

MSc (c). Ricardo Andrés García León^a, MSc. Rafael Bolívar León^b, MSc. Eder Flórez Solano^c

^a Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, Grupo de Investigación INGAP, Vía Acolsure Sede el Algodonal, Ocaña - Norte de Santander, Colombia, ragarcial@ufpso.edu.co

^b Universidad de Pamplona, Grupo de Investigación GIMUP. Ciudad Universitaria, Pamplona – Norte de Santander, rbolivarl@unipamplona.edu.co

^c Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, Grupo de Investigación INGAP, Vía Acolsure Sede el Algodonal, Ocaña - Norte de Santander, Colombia, enflorezs@ufpso.edu.co

Fecha de recepción: 05-04-2016

Fecha de aprobación: 20-06-2016

Resumen: En la presente investigación se presentan los resultados de las propiedades físicas y mecánicas del bloque H-10, el cual es el producto más fabricado en las empresas dedicadas a la producción de materiales cerámico de mampostería para la construcción en Ocaña, norte de Santander y la región. Se seleccionó una de las empresas para la recolección de información y proceder a la elaboración de los ensayos en el laboratorio de resistencia de materiales y sísmica de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña siguiendo los lineamientos de la Norma Técnica Colombia NTC 4017 para realizar mediciones de absorción de agua, morfología, compresión y flexión. Los resultados obtenidos fueron comparados con los parámetros establecidos por la norma NTC 4205 y analizados con el software Stargraphics Centurion, con lo cual se logró validar la calidad de los bloques para su uso como productos de mampostería no estructural para uso interior o exterior. Además de proponer una mejora en la etapa de extracción y tratamiento de las materias primas, con la finalidad de optimizar los recursos económicos de la empresa.

Palabras clave: Bloque H-10, Propiedades, NTC 4017, NTC 4205, Laboratorio.

Abstract: The present research presents the results of the physical and mechanical properties of block H-10, which is the most manufactured product in the companies dedicated to the production of ceramic masonry materials for construction in Ocaña, Norte of Santander and region. One of the companies was selected to collect information and proceed with the

preparation of the tests in the materials and seismic resistance laboratory of the Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña following the guidelines of Technical Standard Colombia NTC 4017 for measurements of Water absorption, morphology, compression and bending. The results obtained were compared with the parameters established by the standard NTC 4205 and analyzed with the software Stargraphics Centurion, which was able to validate the quality of the blocks for use as non-structural masonry products for indoor or outdoor use. In addition to proposing an improvement in the extraction and treatment of raw materials, in order to optimize the economic resources of the company.

Keywords: Block H-10, Properties, NTC 4017, NTC 4205, Laboratory.

1. Introducción

Los ensayos destructivos en los bloques cerámicos dan una perspectiva de su comportamiento al someterlos a cargas ya sean horizontales o verticales, lo cual nos permite establecer parámetros y criterios específicos de los puntos donde podrían ocurrir fallas en cuanto al proceso de fabricación del producto, siendo de vital importancia a la hora de conocer las características de los materiales para mampostería; todo esto es validado por una serie de normas que explican los procedimientos a seguir de forma específica para cada uno de los ensayos que se deseen realizar (NTC 4205 y NTC 4017), las cuales aseguran la validez de los datos obtenidos en los ensayos (S. Rozo Rincón, Sánchez Molina, & Alvarez Rozo, 2014) (Díaz Rodríguez & Torrecillas, 2002).

Los ensayos más utilizados para medir las características físicas y mecánicas de los bloques de arcilla, son los siguientes: Módulo de rotura (resistencia a la flexión), resistencia a la compresión, absorción inicial y final, entre otras (Carvajalino Gentil & Hernandez Pallares, 2014) (Zuluaga Castrillón et al., 2016) (Velasco Sánchez, Sánchez Lozano, Peral Orts, & AME, 2016).

Teniendo en cuenta los estudios realizados, es seleccionaron bloques aleatoriamente de referencia H-10 (Ver Figura 1) del horno de la empresa objeto de estudio, con dimensiones de 10 ancho x 20 alto x 30 largo, siendo este el más comercial dentro de la región y sus alrededores (Afanador, Carolina, Jaime, Alberto, & Durán, 2013) (Morales Galoc, 2012) (S. M. Rozo Rincón, Sánchez Molina, & Gelves Díaz, 2015).



Figura 1. Muestras de bloques recolectadas después de cocción.
Fuente: Elaboración Propia.

2. Metodología

A continuación se detallan cada uno de los ensayos realizados en el laboratorio, teniendo en cuenta la siguiente figura 2:

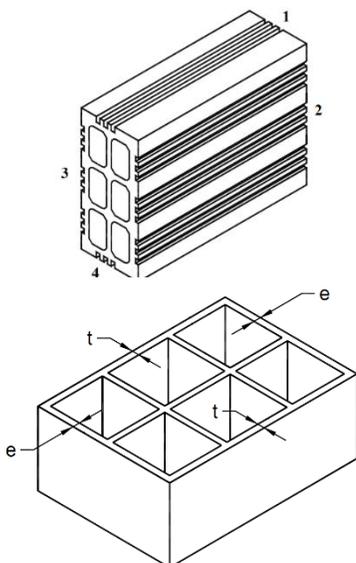


Figura 2. Medidas del tomadas al Bloque H-10.
Fuente: Elaboración Propia.

Para la realización de ensayos físicos de los bloques se secaron las muestras a 110°C en la estufa de secado marca Gabrielli, hasta alcanzar el peso constante. Los ensayos se realizaron para 1 muestra de bloque seleccionado aleatoriamente. Se tomaron las dimensiones de los bloques H10 (longitud y ancho) con el fin de observar la variabilidad entre las diferentes muestras para lo cual se empleó el calibrador pie de rey marca Baker. Igualmente, se tomaron los espesores de las paredes y tabiques. Los resultados fueron comparados con los datos establecidos en la norma NTC 4205. Asimismo, se tomó el peso de cada una de las muestras en la balanza analítica marca Series con 0,1 de precisión.

La caracterización de los bloques se realizó según los lineamientos de la norma NTC 4017 se llevaron a cabo los ensayos de absorción de agua y resistencia mecánica a la compresión para los 5 bloques de cada muestra, los resultados fueron comparados con los datos establecidos en la norma NTC 4205.

La empresa que fue objeto de estudio, fabrica en su mayoría bloques H10 de 6 huecos perforados debido a que son los de más de demanda en la región. La principal materia prima utilizada en la fabricación del bloque es la arcilla roja, debido a que la región cuenta con abundantes yacimientos seguidos también de arcilla gris, la mezcla se realiza con tres mezclas de diferentes arcillas de los patios de la empresa, formulando una mezcla idónea con la caracterización hidrométrica la cual ofrece los porcentajes de Arena, Limo y Arcilla.

Se realizan controles en el proceso productivo en cuanto a contracción al secado natural y forzado, además de adsorción de agua y dimensiones del bloque final.

Tasa de absorción inicial. Este ensayo tiene como finalidad conocer la capacidad de absorción capilar que tienen las unidades secas durante 1 min y su unidad de medida se expresa en g/cm²/min.

Se utiliza la siguiente ecuación para calcular el porcentaje de humedad:

$$\% \text{ Adsorción} = \frac{(W_{SS} - W_S)}{W_S} * 100$$

Donde:

W_S =Masa seca antes de la inmersión. Gramos

W_{SS} =Masa Sumergida después de la inmersión. Gramos.

Tasa de absorción final. El objeto de esta actividad es calcular el incremento en la masa de un material seco, cuando es sumergido en agua durante 24 horas a temperatura ambiente; este aumento de masa es debido al agua que se introduce en los poros del material y no incluye el agua adherida a la superficie de las partículas.

Resistencia mecánica a la compresión.

Este laboratorio consiste en someter una muestra de material que no tenga muchas irregularidades a compresión mediante una carga aplicada uniformemente sobre la superficie de una de las caras del bloque hasta alcanzar su falla. En este ensayo se toman los datos de la resistencia última de cada bloque y dividiéndola entre el área de la superficie en compresión se obtiene el valor del esfuerzo último correspondiente.

Espesores y Tabiques. Se denominan paredes exteriores de las unidades de mampostería, los elementos longitudinales que constituyen los dos lados de un muro; los tabiques son los elementos transversales que mantienen unidas las paredes de un lado con las opuestas o que separan celdas dentro de la pieza. Tanto en las unidades de perforación horizontal como vertical, las paredes exteriores pueden ser sólidas, perforadas o dobles (Ver Figura 3).



Figura 3. Medición de dimensiones de los productos de mampostería de perforación horizontal.
Fuente: Elaboración Propia.

Tolerancia Dimensional. Las dimensiones exteriores de las unidades de cualquier tipo o clase pueden variar en un 2% por encima o por debajo de las medidas nominales especificadas, para todas las formas y tamaños que se fabriquen.

Textura y Color. La textura y el color deben especificarse libremente por el fabricante. Toda modificación a la textura

lisa de la superficie de las unidades, tales como estrías, grabados, escarificaciones, etc., se debe realizar preferiblemente sobre el producto crudo o por cualquier método que no produzca fisuras o debilitamiento de las paredes. Las estrías, además de cubrir por lo menos el 50% de la superficie de colocación, no pueden disminuir el espesor de la pared en más de 5 mm, su profundidad mínima debe ser de 1,5 mm y el ancho menor que 10 mm.

El color varía dentro de una gama, según el tipo de arcilla y el proceso de fabricación, y no puede usarse como parámetro de evaluación de calidad, sin que antes se realicen los ensayos de resistencia y absorción.

Fisuras. Las caras expuestas en las unidades de fachada no pueden tener fisuras que atraviesen el espesor de la pared o que tengan una longitud mayor que el 25 % de la dimensión de la pieza en la dirección de la fisura.

Criterios de aceptación o rechazo

En los resultados de los ensayos de absorción y resistencia, se admite que una de las cinco muestras ensayadas supere o no logre el límite individual en un 10 %, siempre y cuando se cumpla para el valor promedio señalado. En el evento de no cumplir con la exigencia, se debe hacer un nuevo muestreo del lote y se deben repetir los ensayos que, de resultar nuevamente negativos, dará lugar a que se rechace definitivamente el lote (ICONTEC, 2000).

Los parámetros de defectos superficiales y tolerancia dimensional se consideran satisfechos si al menos el 95 % del despacho o del lote cumple enteramente con los requisitos.

3. Resultados

Los análisis realizados se llevaron a cabo en el software Stargraphics Centurion, en donde se obtuvieron los siguientes resultados para cada una de las variables.

La variación del ancho de los productos de mampostería de perforación horizontal está relacionada con el ancho del molde. El ancho de los productos extruidos es el valor inicial, el cual se ve afectado posteriormente por las contracciones que sufre durante el secado y la cocción. Esta contracción es característica de cada materia prima usada en el proceso, razón por la cual el molde debe ser diseñado teniendo en cuenta este parámetro. Los valores del ancho de los bloques seis huecos se encuentran entre 92,43 – 97,28 mm (Ver Figura 4).

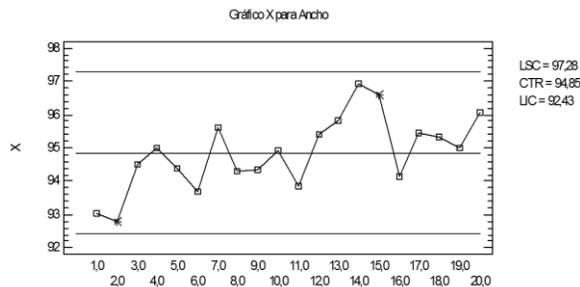


Figura 4. Análisis estadístico para el Ancho.
 Fuente: Elaboración Propia.

Las gráficos de control se construyen bajo el supuesto de que los datos provienen de una distribución normal con una media igual a 94,855 y una desviación estándar igual a 0,807204. De los 20 puntos no excluidos mostrados en la figura 4, 0 se encuentran fuera de los límites de control en el primer gráfico. Por lo anterior, el proceso se encuentra en estado de control estadístico con un nivel de confianza del 95% (Ver Tabla 1).

Tabla 1. Resumen Estadístico para el Ancho.

Recuento	1 – 20
Media o Promedio	94,855
Desviación Estándar	1,09247
Coefficiente de Variación	1,15173%
Mínimo	92,78
Máximo	96,93
Rango	4,15
Sigma de proceso	0,807204

Fuente: Elaboración Propia.

El alto de los productos varía en los bloques H10 seis huecos para las muestras recolectadas entre 196,28 – 190,69 mm (Ver Figura 5). Esta medida depende del molde usado en la extrusora y de las contracciones de la materia prima.

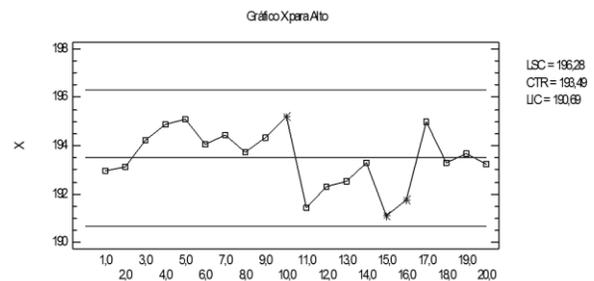


Figura 5. Análisis estadístico para el Alto.
 Fuente: Elaboración Propia.

Las gráficos de control se construyen bajo el supuesto de que los datos provienen de una distribución normal con una media igual a 193,487 y una desviación estándar igual a 0,931784. De los 20 puntos no excluidos mostrados la figura 5, 0 se encuentran fuera de los límites de control en el primer gráfico. Por lo anterior, el proceso se encuentra en estado de control estadístico con un nivel de confianza del 95% (Ver Tabla 2).

Tabla 1. Resumen Estadístico para el Alto.

Recuento	1 – 20
Media o Promedio	193,487
Desviación Estándar	1,20951
Coefficiente de Variación	0,62511%
Mínimo	191,09
Máximo	195,20
Rango	4,11
Sigma de proceso	0,931784

Fuente: Elaboración Propia.

Los productos de mampostería de perforación horizontal presentan gran rango de uniformidad en el largo en las diferentes muestras recolectadas (Ver Figura 6). Esto se debe al corte realizado al producto por la extrusora, además de un buen cálculo de las contracciones que sufre este tipo de producto en el secado y la cocción. Para el bloque seis huecos, los valores oscilan entre 289,25 – 300,21 mm.

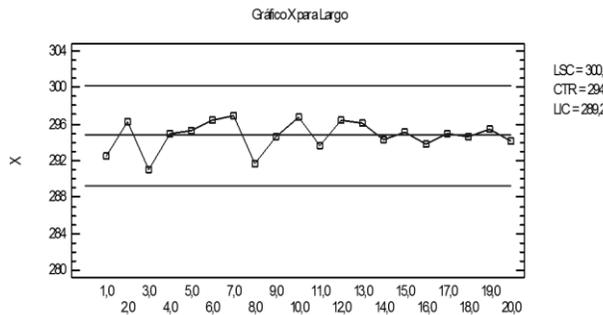


Figura 6. Análisis estadístico para el Largo.
 Fuente: Elaboración Propia.

Las gráficas de control se construyen bajo el supuesto de que los datos provienen de una distribución normal con una media igual a 294,731 y una desviación estándar igual a 1,82577. De los 20 puntos no excluidos mostrados en la figura 6, 0 se encuentran fuera de los límites de control en el primer gráfico. Por lo anterior, el proceso se encuentra en estado de control estadístico con un nivel de confianza del 95% (Ver Tabla 3).

Recuento	1 – 20
Promedio	294,731
Desviación Estándar	1,64162
Coefficiente de Variación	0,556987%
Mínimo	291,01
Máximo	296,96
Rango	5,95
Sigma de proceso	1,82577

Fuente: Elaboración Propia.

La toma de los datos de Tabique y espesores, se tuvo en cuenta la representación establecida por la norma como se puede observar en las figura 2. Además, teniendo en cuenta el tabique

mínimo según la norma NTC 4205 que debe ser de 10,00 mm para mampostería estructural y 6,00 mm para mampostería no estructural. En la figura 7, se observa que los bloques están cumpliendo con el espesor de tabiques para productos de mampostería no estructural en un 100% pero el 45% está ubicado en productos de mampostería estructural. Se encuentra bajo lo establecido por la norma.

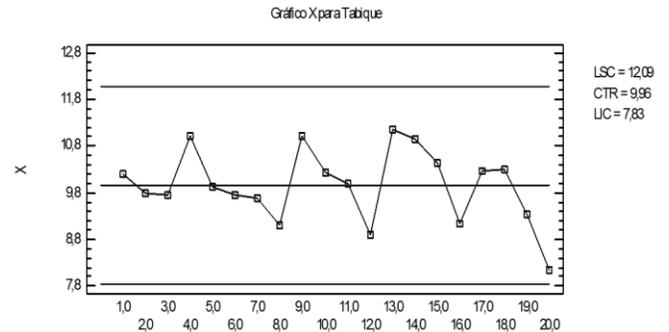


Figura 7. Análisis estadístico para el Tabique.
 Fuente: Elaboración Propia.

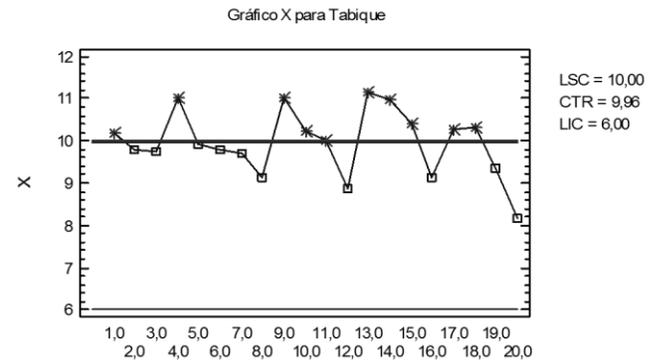


Figura 8. Análisis estadístico para Tabique con los controles de calidad.
 Fuente: Elaboración Propia.

Las gráficas de control se construyen bajo el supuesto de que los datos provienen de una distribución normal con una media igual a 9,959 y una desviación estándar igual a 0,710153. De los 20 puntos no excluidos mostrados en las Figuras 8, 9 se encuentran fuera de los límites de control en la segunda gráfica (Ver Tabla 4).

Tabla 3. Resumen Estadístico para el Tabique.

Recuento	1 – 20
Media o Promedio	9,959
Desviación Estándar	0,780485
Coefficiente de Variación	7,83698%
Mínimo	8,16
Máximo	11,16
Rango	3,0
Sigma de proceso	0,710153

Fuente: Elaboración Propia.

Teniendo en cuenta el espesor de pared mínimo según la norma NTC 4205 que debe ser de 16,00 mm para mampostería estructural y 10,00 mm mampostería no estructural. En la figura 10, se observa que los bloques están cumpliendo con el espesor de tabiques para productos de mampostería no estructural en un 100% pero no cumple para los productos de mampostería estructural en ningún porcentaje. Se encuentra bajo lo establecido por la norma.

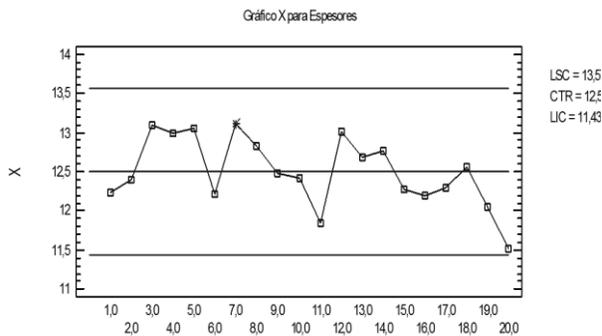


Figura 9. Análisis estadístico para los Espesores.

Fuente: Elaboración Propia.

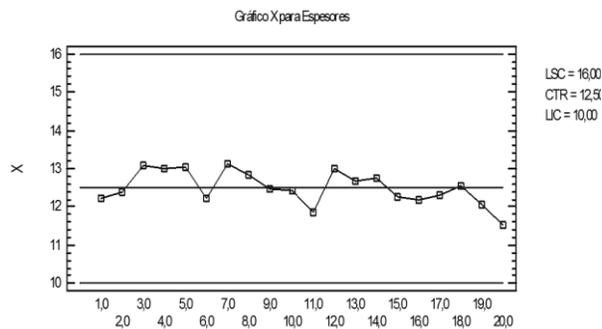


Figura 10. Análisis estadístico para Espesores con los controles de calidad.

Fuente: Elaboración Propia.

Las gráficos de control se construyen bajo el supuesto de que los datos provienen de

una distribución normal con una media igual a 12,5025 y una desviación estándar igual a 0,35601. De los 20 puntos no excluidos mostrados en el gráfico, 0 se encuentran fuera de los límites de control en la figura 10. Por lo anterior, el proceso se encuentra en estado de control estadístico con un nivel de confianza del 95% (Ver Tabla 5).

Tabla 4. Resumen Estadístico para los Espesores.

Recuento	1 – 20
Media o Promedio	12,5025
Desviación Estándar	0,444059
Coefficiente de Variación	3,55176%
Mínimo	11,51
Máximo	13,12
Rango	1,61
Sigma de proceso	0,35601

Fuente: El autor

La Absorción de agua tiene una relación directa con la porosidad, propiedades mecánicas, densidad aparente y compactación de un producto cerámico. Se considera un parámetro importante, ya que refleja la calidad del producto y, por esta razón, es uno de los ensayos realizados con mayor frecuencia. Menores valores de absorción de agua indican que el producto tiene menor porosidad abierta, lo cual representa una ventaja debido a que el producto tiene menor capacidad de absorber agua del ambiente.

La baja porosidad tiene relación con el grado de compactación de la mezcla arcillosa durante su fabricación. Los valores máximos de absorción de agua según la norma NTC 4205 deben ser menores a 0,15. Estos valores son de igual magnitud para mampostería estructural y no estructural. En la Figura 11 se observa que los bloques muy por encima de la norma, razón por la cual este tipo de producto no cumple con uno de los requisitos establecidos por la norma.

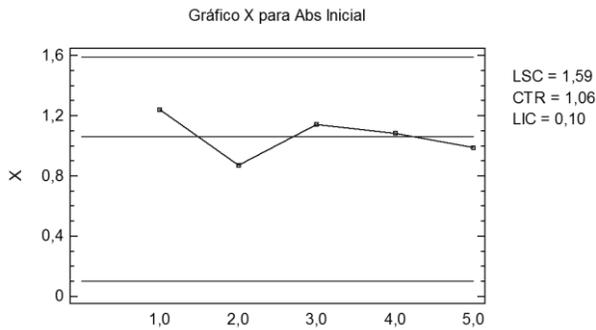


Figura 11. Análisis estadístico para Absorción Inicial.
 Fuente: Elaboración Propia.

Las gráficos de control se construyen bajo el supuesto de que los datos provienen de una distribución normal con una media igual a 1,064 y una desviación estándar igual a 0,175089. De los 5 puntos no excluidos mostrados en el gráfico, 0 se encuentran fuera de los límites de control en el primer gráfico. Por lo anterior, el proceso se encuentra en estado de control estadístico con un nivel de confianza del 95% (Ver Tabla 6).

Tabla 5. Resumen Estadístico para Absorción Inicial.

Recuento	1 – 5
Media o Promedio	1,064
Desviación Estándar	0,141527
Coefficiente de Variación	13,3014%
Mínimo	0,87
Máximo	1,24
Rango	0,37
Sigma de proceso	0,175089

Fuente: Elaboración Propia.

Los valores máximos de absorción de agua según la norma NTC 4205 deben ser de 13 % para uso interior y 13,5 % para uso exterior respectivamente. Estos valores son de igual magnitud para mampostería estructural y no estructural. En la Figura 12 se observa que los bloques que solo 2 bloques de 5 cumplen esta condición es decir un 40%. Por lo tanto, se debe aumentar el vacío de la extrusora para cumplir con lo establecido por la norma.

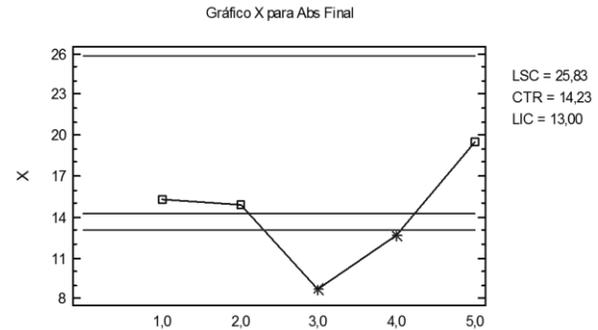


Figura 12. Análisis estadístico para Absorción Final
 Fuente: Elaboración Propia.

Las gráficos de control se construyen bajo el supuesto de que los datos provienen de una distribución normal con una media igual a 14,232 y una desviación estándar igual a 3,86746. De los 5 puntos no excluidos mostrados en el gráfico 12, 0 se encuentran fuera de los límites de control en el primer gráfico. Por lo anterior, el proceso se encuentra en estado de control estadístico con un nivel de confianza del 95% (Ver Tabla 7).

Tabla 6. Resumen Estadístico para Absorción Final.

Recuento	1 – 5
Media o Promedio	14,232
Desviación Estándar	3,966
Coefficiente de Variación	27,8668%
Mínimo	8,7
Máximo	19,56
Rango	10,86
Sigma de proceso	3,86746

Fuente: Elaboración Propia.

La posición de la materia prima dentro del proceso de la fabricación de bloques cerámicos es de suma importancia, debido a estudios realizados se ha demostrado la presencia de arcillas montmorilloníticas, por lo cual el proceso de la cocción del bloque de hace más complicado, debido a que los espacios intersticiales entre las partículas son mayores por lo que la mezcla de arcilla posee grandes porcentajes de arena, por ende los bloques tienen mayor absorción de agua, encadenando reacciones químicas que perjudican las propiedades finales del bloque. Lo anterior se demuestra en los

ensayos de absorción inicial y final de agua, que revelan un porcentaje promedio del 13.05% estando dentro del límite máximo permisible según la norma (Payares Perez, 2014) (ICONTEC, 2005)

4. Conclusiones

El espesor de las paredes de los bloques H10 no cumple con los parámetros establecidos en la norma NTC 4205, debido a que se encuentran por debajo del valor mínimo requerido, mientras que el espesor de los tabiques y el nervio se encuentran por encima del valor mínimo establecido en la norma.

La norma NTC 4205 establece que para productos cerámicos de mampostería no estructural el porcentaje la absorción de agua debe ser máximo de 13,5 %. Como resultado de los datos obtenidos se pudo concluir que los bloques seis huecos y ocho huecos fabricados en la región cumplen con lo estipulado por la norma, por lo que pueden ser empleados tanto para interiores como para exteriores.

La resistencia mecánica a la compresión depende directamente del porcentaje de absorción de agua que tengan las piezas. Los valores de resistencia entre los bloques son valores de magnitudes similares por lo cual se puede decir que estos bloques tienen una resistencia mecánica semejante para emplearlos como mampostería no estructural.

Es de gran importancia realizar el control sobre el producto terminado debido a que permite clasificar si el producto es de primera, segunda o tercera clase, así como también garantizar la reproductibilidad de

los productos que se ofrecen en el mercado.

Para mejorar las propiedades morfológicas, se debe realizar un diseño de experimentos con mezclas analizando diferentes factores con los que se pueda optimizar la mezcla de arcilla. Las cuales demuestren una combinación (Arena – Limo – Arcilla) que se encuentren en la Zona 2 del diagrama de Winler para la caracterización de productos cerámicos.

5. Financiación

Los autores agradecen a la División de Investigación y Extensión y a los Departamentos de Ingeniería Mecánica y Civil de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, por su apoyo en la realización de las pruebas de caracterización de los de materiales cerámicos.

6. Bibliografía

- Afanador, N., Carolina, A., Jaime, I., Alberto, C., & Durán, L. (2013). Caracterización de arcillas empleadas en pasta cerámica para la elaboración de ladrillos en la zona de Ocaña , Norte de Santander. *Epsilon*, 20(ISSN 1692-1259), 101–119.
- Carvajalino Gentil, G. A., & Hernandez Pallares, J. P. (2014). *Estudio de las Propiedades Físicas y Mecánicas de los Bloques H-10 Utilizados en el Municipio de Ocaña. Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña.*
- Díaz Rodríguez, L. A., & Torrecillas, R. (2002). Arcillas cerámicas: Una revisión de sus distintos tipos,

- significados y aplicaciones. *Boletín de La Sociedad Española de Cerámica Y Vidrio*, 41(5), 459–470.
- ICONTEC. (2000). NTC-4205. Unidades de mampostería de arcilla cocida. Ladrillos y bloques cerámicos. *Norma Técnica Colombiana*, (571), 14.
- ICONTEC. (2005). NTC-4017. Métodos para muestreo y ensayos de unidades de mampostería y otros productos de arcilla. *Norma Técnica Colombiana*, 1–30.
- Morales Galoc, M. A. (2012). *Ladrillos, Tecnología de los materiales en la construcción. Universidad Católica de Santo Toribio de Mogrovejo*. Peru.
- Payares Perez, C. A. (2014). *Estudio de la relación entre las propiedades físicas finales de los bloques cerámicos para mampostería y los perfiles de temperatura presentados en el horno durante su cocción en la ladrillera Ocaña. Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña*.
- Rozo Rincón, S. M., Sánchez Molina, J., & Gelves Díaz, J. F. (2015). Evaluación de minerales alumino silicatos de Norte de Santander para fabricar piezas cerámicas de gran formato Norte de Santander Alumino silicates Minerals ' Evaluation for the Big Scale Ceramic Pieces Manufacturing Avaliação de minerais aluminossilicato. *Facultad de Ingeniería*, 24, 53–61.
- Rozo Rincón, S., Sánchez Molina, J., & Alvarez Rozo, D. (2014). Propiedades físico mecánicas de bloques H10 fabricados en el área metropolitana de Cúcuta. *Ciencia E Ingeniería Neogranadina*, 24(1), 67–78.
- Velasco Sánchez, E., Sánchez Lozano, M., Peral Orts, R., & AME, G. (2016). *Libro de artículos del XXI Congreso Nacional de Ingeniería Mecánica* (Universita). Elche. España.
- Zuluaga Castrillón, D., Henao Arrieta, A. P., García Palacio, D. F., Rodríguez, J. E., Hoyos Machado, Á. M., López, M. E., & Gómez Álvarez, C. (2016). Caracterización térmica, química y mineralógica de un tipo de arcilla roja propia de la región andina Colombiana, empleada para la producción de ladrillos para construcción. *Revista Colombiana de Materiales*, (9), 53–63.