



Producción de bloques de tierra comprimida (BTC) como alternativa en la construcción de vivienda rural sustentable en el municipio de Dosquebradas, Risaralda

Production of earth blocks compressed (BTC) as an alternative in the construction of sustainable rural housing in the municipality of Dosquebradas, Risaralda





Resumen

En este artículo se planteó la producción de bloques en tierra comprimida compuestos por una mezcla de cenizas volcánicas, limos y arcillas, como alternativa de construcción de muros no estructurales en vivienda rural sostenible en el municipio de Dosquebradas. Los bloques elaborados permitieron comprobar y obtener una buena resistencia mecánica a la compresión, en comparación con ladrillos convencionales, generando una alternativa de construcción sustentable una vez que la materia prima se obtuvo de suelos sobrantes de excavación.

Abstract

In this article, the production of compressed earth blocks composed of a mixture of volcanic ash, silt and clay, was proposed as an alternative for the construction of non-structural walls in sustainable rural housing in the municipality of Dosquebradas. The blocks produced allowed us to verify and obtain good mechanical resistance to compression, compared to conventional bricks, generating a sustainable construction alternative once the raw material was obtained from soil left over from excavation.

Palabras claves: Bloque, Arcillas, Limos, Cenizas Volcánica, Compresión, Autosostenible, Construcción, Vivienda Rural.

Keywords: Block, Clays, Silt, Volcanic Ash, Compression, Self-sustainable, Construction, Rural Housing.

Introducción

Los sobrantes de Excavación representan un problema medioambiental en el Municipio de Dosquebradas ante la ausencia de sitios de disposición legalizados ante la Corporación Ambiental y la mayor parte de estos si no se obra se desecha y en algunos casos de forma arbitraria se quema o se deposita en cauces y lotes baldíos.

Adicionalmente si consideramos que en el sector vivienda los costos de los materiales de construcción y su transporte son muy elevados, encontramos dos problemáticas que nos dan la idea de emplear este material sobrante de

excavación, como una alternativa más económica y sustentable para la elaboración de bloques bioecológicos como opción en la construcción de muros no estructurales en vivienda rural sostenible.

Al mencionar que es sustentable y ecológica nos basamos en que toda la materia prima se puede obtener del terreno natural y que durante su procesamiento no impacta el medio ambiente con el secado en horno o la adición de químicos contaminantes.

Cuando se fabrica un nuevo producto se debe considerar si este es apropiado o no, por lo que la elaboración de este tipo de bloques estará basada en la caracterización física/mecánica de los suelos que componen la materia prima y si resistente principalmente a compresión. Además, debemos tener en cuenta las diferentes técnicas usadas en la fabricación de los mismos.

Localización de las muestras

Las muestras de suelo se tomaron en el Municipio de Dosquebradas, en el barrio Frailes en las coordenadas: 4°48'35.96"N y 75°39'28.69"O.

Imágen Imagen 1. Localización de Apiques

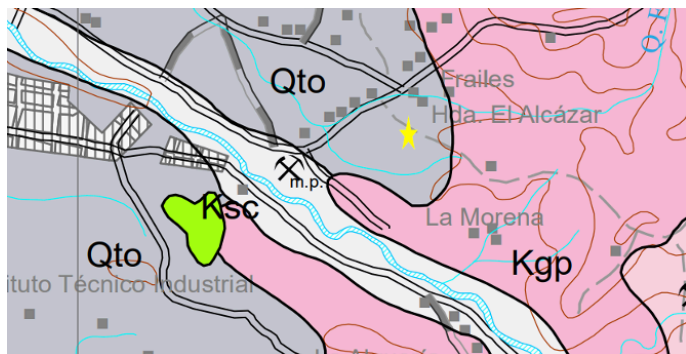


Fuente: Satellite Imagery (2023). en Airbus. www.airbus.com

3. Descripción geológica de las muestras

Litológicamente el Municipio de Dosquebradas se caracteriza por el predominio de los flujos volcanoclásticos que están conformados por niveles de rocas volcánicas, rocas metamórficas y lapilli y su origen, puede relacionarse con eventos de deshielo súbitos asociados con el volcanismo reciente que caracteriza a la cordillera central del Complejo Volcánico Ruiz – Tolima.

Imágen 2
Geología del sector. Flujo de lodo y cenizas recientes (Qto) 1



Fuente: Satellite Imagery (2023). en Airbus. www.airbus.com

Metodología

Recolección de materia prima. Consiste en recolectar el suelo mediante muestras extraídas en campo en el área de excavación.

Depuración de la materia prima. Se refiere a la clasificación del material mediante tamizado en cribas metálicas, eliminando raíces y material granular.

Clasificación del suelo para elaboración de los BTC. A través de Quince (15) pruebas de laboratorio como granulometría, límites de Atterberg para los suelos producto del movimiento de tierras se clasifican y se obtienen parámetros como Contenido de Humedad, Límite Líquido, Límite Plástico, Índice de Plasticidad y se clasifican mediante el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

Moldeado de material Consiste en llenar el molde de la prensa de accionamiento manual con el material cribado y aplicarle la compresión necesaria para la generación del bloque.

Secado de los bloques. Los BTC se dejaron secando a temperatura ambiente sin uso de hornos y bajo cubierta para evitar el deterioro y el impacto medio ambiental. La fabricación y secado se realizó con intervalos de 3 semanas.

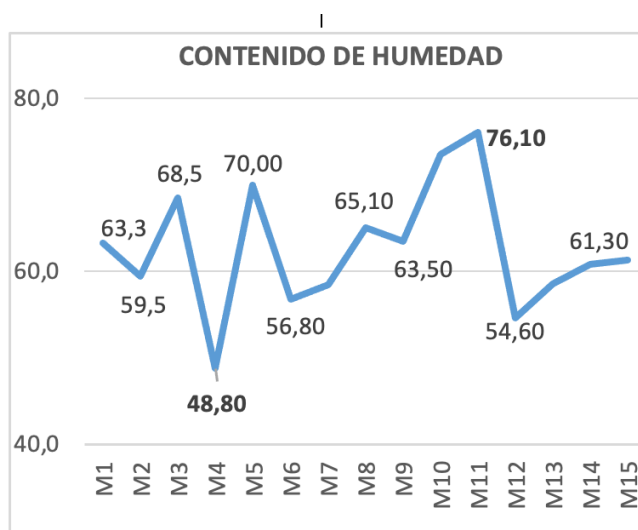
Pruebas de laboratorio. Se realizaron pruebas de variabilidad dimensional, Porcentaje de absorción de los BTC, además de la prueba de resistencia a la compresión.

Restricciones y limitaciones se puede mencionar que los BTC no quedan con dimensiones específicas respecto a la altura debido a la variación en la aplicación de la fuerza a la prensa y de la cantidad de material en el molde.

Resultados

Clasificación del suelo para elaboración de los BTC. Se observan las características físicas e intrínsecas del suelo mediante el ensayo de granulometría, límites de Atterberg para los suelos producto del movimiento de tierras se clasifican y se obtienen parámetros como Contenido de Humedad, Límite Líquido, Límite Plástico, Índice de Plasticidad y se clasifican mediante el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). Como se observa en la Gráfica 1, el contenido de humedad máximo es de 76.1 % y el mínimo de 48.8% con valor promedio de 62.6%.

Gráfica 1
Contenido de humedad (W%)



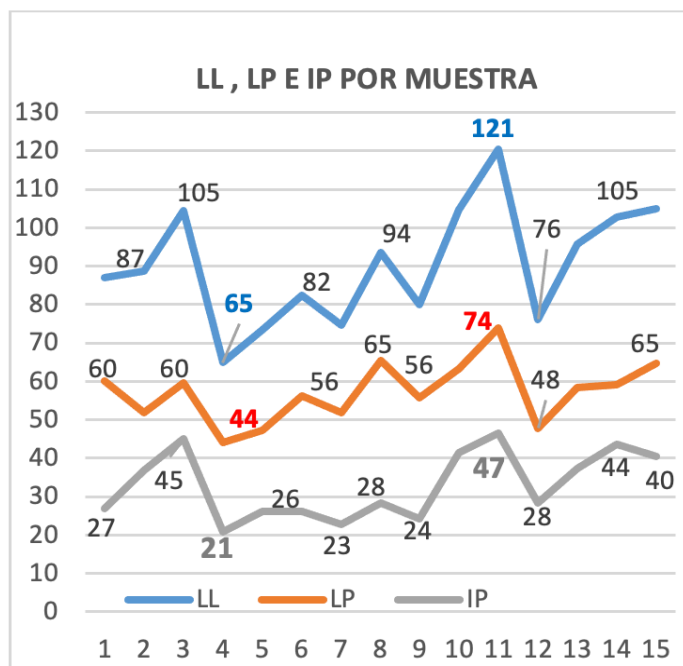
Fuente: Elaboración propia.

En la Gráfica 2 encontramos que el cálculo del índice de plasticidad en función del límite líquido y el límite plástico genera valores altos donde el Índice e Plasticidad máximo es de 46.6 y el mínimo de 20.9% con valor promedio de 33%, valores que de acuerdo al SUCS nos permiten clasificar todas nuestras muestras como MH (Silt High Liquid Limit) Limo de Alta Plasticidad.

Elaboración del primer BTC

En la primera muestra, no se realizaron mediciones de la cantidad de material usado y se agregó a la prensa un material adicional como fue el aceite con el ánimo de desmoldar el bloque con mayor facilidad. Sin embargo el BTC se hizo pedazos al desmoldarlo y se quedaron muchos fragmentos adheridos en la prensa.

Gráfica 2
Límite Líquido, límite Plástico e índice de Plasticidad de las muestras.



Fuente: Elaboración propia.

Elaboración del segundo BTC

Para esta segunda muestra se eliminó el uso del aceite, pero al desmoldar el bloque, también se hizo pedazos. Sin embargo no quedaron fragmentos adheridos en la prensa.

Elaboración del Tercer BTC

Para esta tercera muestra se agregó una formaleta de bloque adicional en la base de forma tal que sirviera de apoyo en el momento de desmoldar el bloque y de esta forma se logró retirarlo con éxito sin embargo el proceso debe realizarse con sumo cuidado ya que las esquinas tienden a desprenderse.

Pruebas de variabilidad dimensional

Respecto a este ensayo la norma indica que para Ladrillos artesanales Tipo I se debe cumplir lo indicado en la Tabla 1.

Tabla 1
Variabilidad dimensional.

Norma	Largo	Ancho	Alto
	Más de 150 mm	Hasta 150 mm	Hasta 100 mm
Valor	± 4	± 6	± 8
Muestras	3.19	5.49	1.09
Cumple	SI	SI	SI

Fuente: Elaboración propia.

Pruebas de Absorción de humedad en %.

La NTC 42053 establece que para Cinco (5) Unidad de ladrillos no estructurales el porcentaje de absorción debe estar entre el 13,5% y el 20% y en los BTC se encontró valor promedio de 13.33 como se indica en la Tabla 2.

Tabla 2
Prueba de Absorción de humedad.

BTC	Peso Seco BTC (g)	Peso Saturado (g)	Absorción (%)
1	3,518	3,975	12.98
2	3,472	3,935	13.34
3	3,581	3,947	10.21
4	3,498	4,004	14.45
5	3,504	4,053	15.66
Promedio			13.33

Fuente: Elaboración propia.

Pruebas de compresión. Cada una de las pruebas fueron realizadas en el laboratorio de suelos del Centro de Diseño e Innovación tecnológica en Industrial (CDITI) ubicado en las instalaciones del Sena en el Municipio de Dosquebradas y en estas pruebas se usó una maquina especializada para ensayos de compresión, que consiste en aplicar una carga axial de compresión mediante un bastidor a cada BTC, con la que se obtuvieron los datos de la fuerza que soportan en el punto de falla, que relacionamos a continuación en la Tabla 3 y las Gráficas 3 y 4.

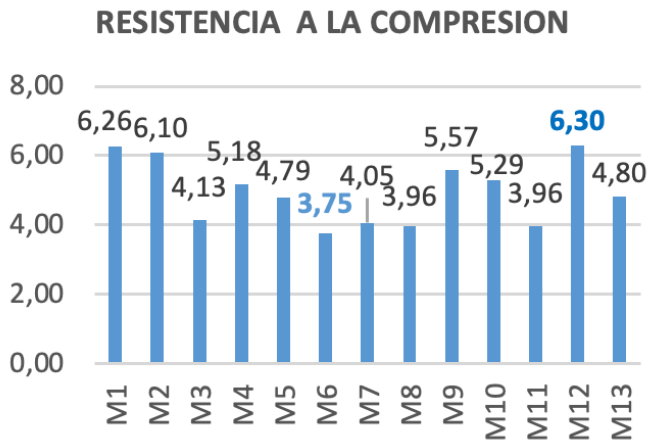
Tabla 3
Peso (Kg) y Resistencia a la Compresión (Kg/cm²)

MUESTRA	PESO BTC (KG)	R (KG/CM ²)
1	4.6	6.26
2	3.3	6.10
3	3.9	4.13
4	4.0	5.18
5	3.5	4.79
6	3.1	3.75
7	4.4	4.05
8	3.3	3.96
9	5.0	5.57
10	4.0	5.29
11	3.2	3.96
12	3.5	6.30
13	3.7	4.80

Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 3

Resistencia a la Compresión (Fb) (Kg/cm²)



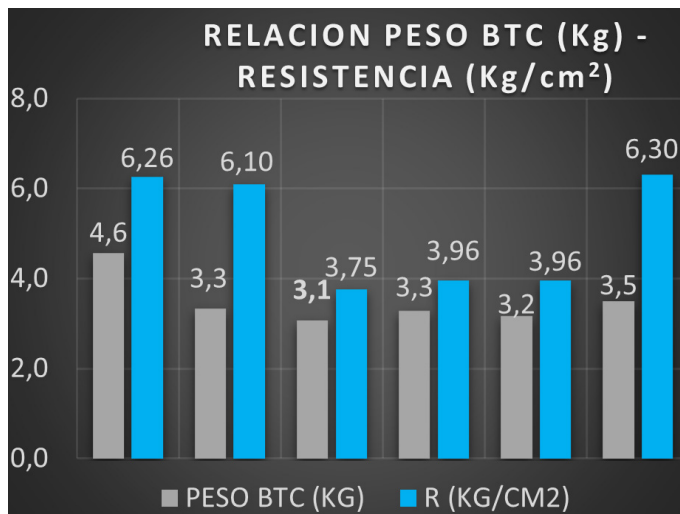
Fuente: Elaboración propia.

En los resultados mostrados en la gráfica 3 se observa la resistencia a la compresión para cada una de las muestras. La diferencia de color mostrada en dos de los resultados indica el máximo y el mínimo obtenido.

En la gráfica 4 podemos observar la relación entre el peso y la resistencia a la compresión de una muestra compuesta por Tres (3) resultados máximos y Tres (3) resultados mínimos.

Gráfica 4

Relación Peso BTC Vs (Fb) (Kg/cm²)



Fuente: Elaboración propia.

Si nos apoyamos de la norma NTC 4205 y tomamos los BTC como unidades que se usaran en interiores como muros divisorios tomarían el nombre de BTC-I No Estructural y cuando verificamos que sus 2 perforaciones Verticales no superan el 65% del área bruta de la sección transversal en la que

será apoyado el muro, podemos concluir que se cumple con el criterio de BTC-I No Estructural con Perforación vertical.

Sin embargo el requisito referente a la resistencia a la compresión no se cumple a causa de que para esta tipología de ladrillo que ha sido previamente secado en horno a altas temperaturas la norma solicita un valor mínimo de 15 Pa y la norma no considera los ladrillos o bloques artesanales secados a temperatura ambiente en un mayor lapso de tiempo, así que no ha sido posible encontrar un referente de comparación para nuestros BTC.

Pruebas futuras

Se pretende continuar con las pruebas para caracterizar mejor aún el material, realizando varias composiciones ya que a partir de los resultados obtenidos durante la fabricación y pruebas de los BTC se presentaron propuestas para mejorar las dimensiones y cuantificar las proporciones del suelo. Adicionalmente el secado de los BTC se dio de manera natural y por ello se podría realizar su secado al horno buscando incrementar su resistencia y obtener un punto de comparación con la normatividad actual.

En la segunda fase, se pueden obtener mejoras en las propiedades mecánicas relacionadas a la resistencia a la compresión, con nuevas dosificaciones, métodos de compactación, cambios en el proceso de secado y teniendo en cuenta que el molde juega un papel importante en la variabilidad del área que va ligada directamente a la resistencia.

Se espera evaluar el impacto ambiental que provocaría el secado de los BTC cuando se secan en un horno a diferentes temperaturas y fabricar un elemento de compactación del tamaño del molde para mejorar este proceso.

Se podría realizar una mayor cantidad de ensayos para validar los resultados preliminares obtenidos y no sólo fallarlos a Compresión como ladrillos de perforación vertical sino como ladrillos Macizos garantizando que sus 2 perforaciones sean menores al 25% del volumen como solicita la norma.

Discusión

Durante la fabricación de los BTC con suelo proveniente de material sobrante de excavación se elaboraron de forma artesanales uno a uno en una prensa manual, considerando un tiempo de secado que oscilaba entre 3 y 4 semanas a temperatura ambiente y usando la proporción del material en su estado natural.

El resultado de estudio en la prueba de compresión del BTC #12 se logra la mayor resistencia del material de 6.3 Kg/cm² y este mismo ensayo fue aplicado para el BTC #6 en el que se dio resistencia de 3.75 Kg/cm², a pesar que la diferencia de área y peso es mínima, nos indica que dicha variación radica en la composición que tenía el BTC #12 con respecto al BTC #6.

Conclusiones

Con la elaboración de este Proyecto se pudo realizar un procedimiento para la producción de bloques en tierra comprimida BTC, así como el análisis de la normativa del sector y comprobar que este material, presenta un buen comportamiento ante diversas pruebas que exige dicha norma, pese a no tener un referente respecto a la resistencia obtenida por mampuestos que no han sido secados en horno y que si se compara sus valores obtenidos no cumpliría con la resistencia esperada en los procesos de fabricación tradicional.

Por esta razón podríamos pensar que se cumple en cierta medida los objetivos propuestos inicialmente pero se plantea la ampliación del estudio mediante la realización de una mayor cantidad de ensayos que permitirán probar nuevas variantes en busca de una mayor resistencia.

En virtud de que la producción de los BTC se realizó de manera artesanal, se considera en el futuro continuar con el estudio para mejorar los procesos planteados buscando controlar algunas propiedades físicas, mecánicas y térmicas, así como cambiar el proceso de secado y estandarizar las medidas en la producción del BTC, para generar una muestra más uniforme y con menos variabilidad dimensional.

Agradecimientos

Expreso mis agradecimientos a la Doctora Sandra Yulieth García Subdirectora de centro CDITI,

al Ingeniero Rodolfo Antonio Ramírez Coordinador Académico del Área de Procesos Constructivos CDITI por brindarme la oportunidad de desarrollar este proyecto y gestionar la creación del laboratorio del primer laboratorio de suelos del CDITI y a los Investigadores SENNOVA Martha Elizabeth Cortés y Juan Carlos García, por su asesoría en el desarrollo del proyecto.

Un agradecimiento muy especial a los aprendices de los grupos 2366900, 2658906 y 2716120 que participaron en diferentes etapas del proyecto. Este proyecto forma parte del Grupo Teinnova, Procesos Constructivos. Cimientos de Paz del Sena Sede CDITI, Dosquebradas Risaralda.

Referencias bibliográficas

Geología y Geoquímica de la Plancha 224 Pereira. Ingeominas,1984.

José Luis Maure, María Candanedo, Jean Carlos Madrid, Marco Bolobosky, Nacarí Marín, "Fabricación de Ladrillo a base de polímeros PET y virutas metálicas". Universidad Tecnológica de Panamá. Licenciatura en Ingeniería Mecánica. Panamá, 2018.

NTC 4205: Unidades de mampostería de arcilla cocida, ladrillos y bloques cerámicos. ICONTEC, 2000.