

CAPÍTULO 7

CASOS DE ESTUDIO: FASE DE DESARROLLO A ESCALA DE LABORATORIO

Este último capítulo recopila los procesos de desarrollo de producto a escala de laboratorio con el fin de demostrar la infinidad de posibilidades de soluciones constructivas para mampostería. La escala de laboratorio es una estrategia de innovación para corregir problemas comunes como fisuras, patologías, deformaciones, entre otras; además de conocer la viabilidad industrial del producto.

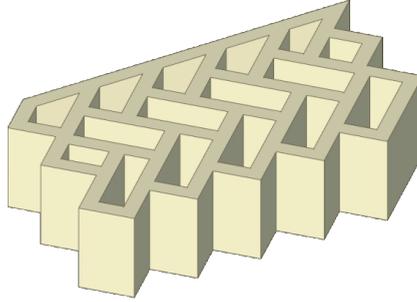
Los resultados demuestran que la incorporación de residuos agroindustriales compromete las propiedades mecánicas de los productos, por ende, es una premisa para profundizar el tema en futuras investigaciones relacionadas al aprovechamiento de residuos en mezclas para productos de la construcción.

Los productos desarrollados son:

- » Ladrillo ventilado CAV-4 en arcilla y cisco de café
- » Patente de invención “ladrillo para aislamiento térmico que comprende canales pasantes y un tabique frontal” en arcilla y cisco de café
- » Eco-D en arcilla y cisco de café
- » Bloque macho-hembra en arcilla y chamota

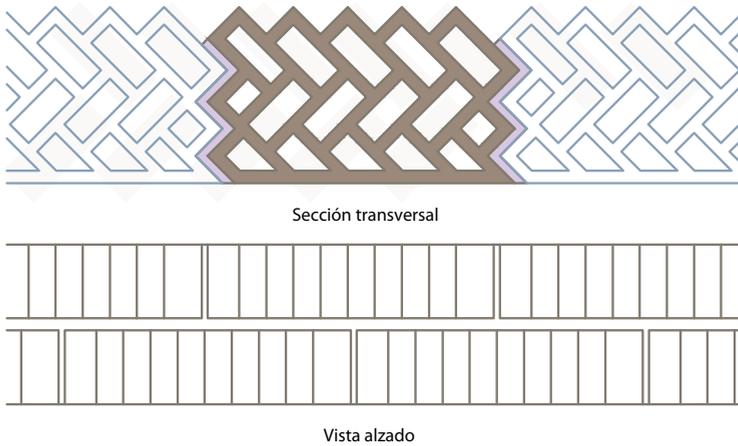
Ladrillo ventilado CAV-4 en arcilla y cisco de cafe

Figura 102. Ladrillo ventilado CAV-4



Fuente: Colmenares-Urbe *et al.* (2022).

Figura 103. Sección transversal



Fuente: Colmenares-Urbe *et al.* (2022).

Geometrías disipadoras Tratamiento de junta de mortero

Cámara de aire ventilada

Aditivos de nutrientes tecnológicos Superficie autosombreada

El ladrillo ventilado CAV-4 es uno de los productos desarrollados a escala de laboratorio en el proyecto de Joven Investigador llamado “*Diseño de prototipos de producto cerámico arquitectónico para mampostería con propiedades estéticas y de aislamiento térmico*”.

El ladrillo ventilado CAV-4 es una variación de ladrillo ventilado CAV-1.

La característica principal de este formato son los planos inclinados en la superficie exterior y laterales para la generación de sombras y recorridos más largos de la junta de mortero.

La variación transforma la geometría de las perforaciones en rectángulos, como resultado de la fusión de 2 rombos del ladrillo ventilado CAV-1. Lo anterior resulta en perforaciones más grandes en la cámara ventilada, lo cual significa una mejora de 1,50°C respecto a ladrillo ventilado CAV-1.

La forma del producto varía la concentración de energía en las superficies con cámara de aire ventilada (88,5 %-96,73 %), juntas de mortero con tratamiento (28 % - 63,5 %) y diseño de perforaciones (67,51 % - 94,77 %). La distribución de temperaturas reduce entre 0,99°C y 1,08°C la temperatura de la superficie exterior y entre 2,52°C y 4,02°C la temperatura de la superficie interior, comparado con el ladrillo tradicional.

Las propiedades fisicomecánicas demuestran alteraciones en peso, resistencia y texturas, no solo por la forma del producto, sino por la incorporación de cisco de café en la mezcla de arcilla.

Distribución de temperaturas

Figura 104. Distribución de temperaturas de CAV-4

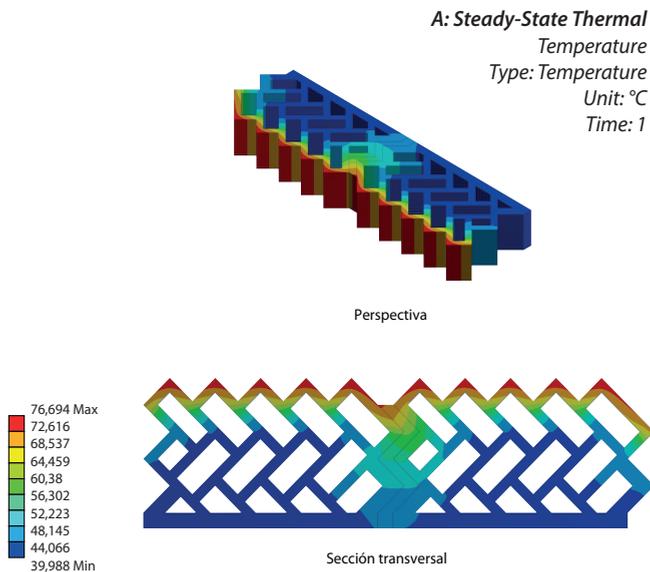
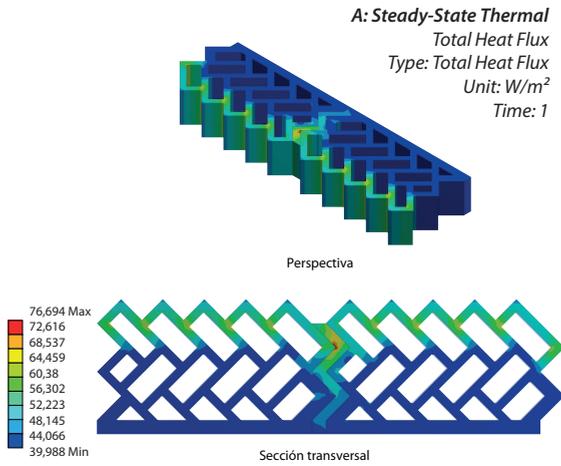
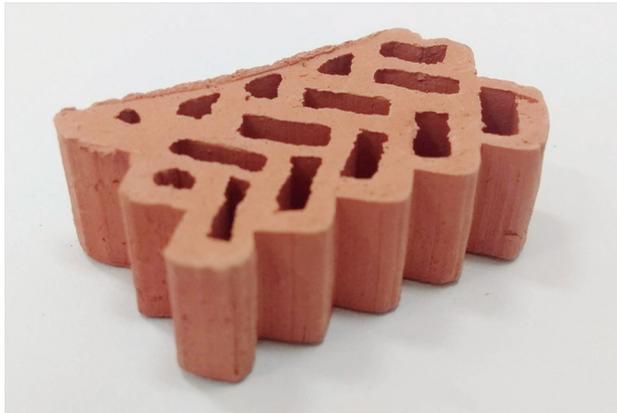


Figura 105. Flujos de calor de CAV-4



Fuente: Colmenares-Urbe *et al.* (2022).

Figura 106. Ladrillo ventilado CAV-4 en arcilla cocida



Fuente: elaboración propia.

Tabla 7. Caracterización técnica de CAV-4

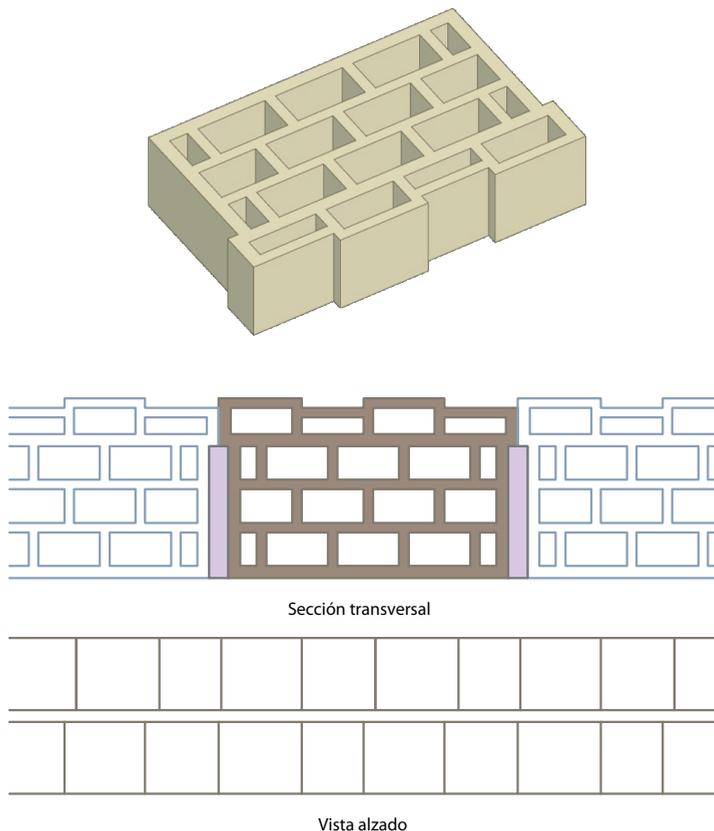
Clasificación	Tipo PV	Unidad de mampostería de perforación vertical
Aplicación constructiva	Muros de fachada	
Material	Arcilla	Arcilla y cisco de café
Resistencia a la compresión	2,1 kgf/cm ²	2 kgf/cm ²
Absorción de agua	9,93 %	14,15 %
Porosidad aparente	7,45 %	7,24 %

Clasificación	Tipo PV	Unidad de mampostería de perforación vertical
Eflorescencias	Muy eflorecido	Muy eflorecido
Densidad aparente	2,08 g/cm ³	1,89 g/cm ³
Normas aplicadas	NTC 4017. Métodos para muestreo y ensayos de unidades de mampostería y otros productos de arcilla.	
	NTC 4205. Ingeniería civil y Arquitectura. Unidades de mampostería de arcilla cocida. Ladrillo y bloques.	
	Norma ASTM-C373. Determinación de la absorción de agua, Porosidad aparente y densidad aparente.	

Fuente: elaboración propia.

ECO Diseño en arcilla y cisco de café

Figura 107. Ecodiseño



Fuente: Sánchez-Molina *et al.* (2020).

Geometrías disipadoras

Tratamiento de junta de mortero

Cámara de aire ventilada

Aditivos de nutrientes tecnológicos

Superficie autosombreada

Ecodiseño es una propuesta cerámica de perforaciones verticales para muros de fachada. Su objetivo es mitigar la transferencia de calor desde el exterior hacia la superficie interior del ladrillo mediante una cámara de aire ventilada vertical, aislamiento del puente térmico y la modificación de las celdas.

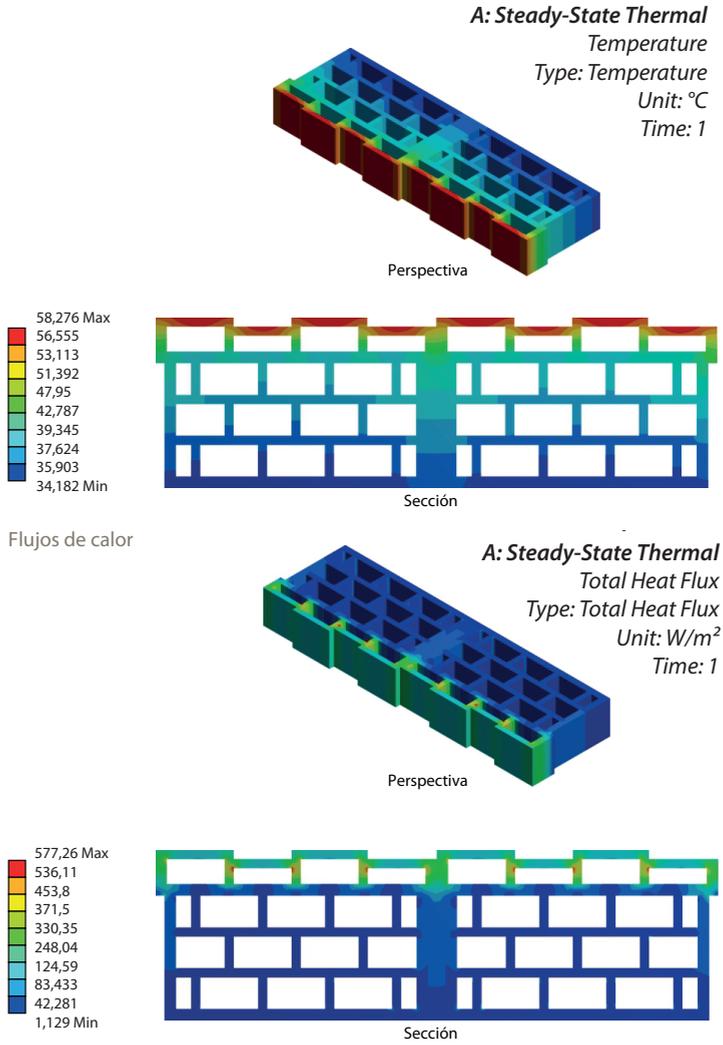
La geometría de las perforaciones son rectángulos paralelos que se traban entre sí para retardar la transferencia de calor por conducción. Asimismo, la cámara de aire se divide en 4 conductos verticales que alteran sus dimensiones (ancho) para alterar la forma de la superficie exterior del producto.

Las propuestas de Eco D plantean pestañas laterales para aislar completamente los puentes térmicos generado por las juntas de mortero. Además, estas tipologías de producto están pensadas para combinarse con el ladrillo multiperforado y generar diferentes patrones de fachada.

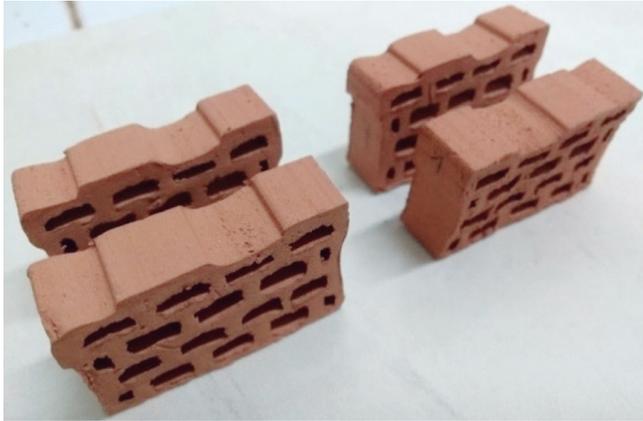
El desarrollo de este producto se realizó a nivel de diseño en mezclas M Ab, M-ACC-5, M ACC-15 y M ACC-30, y a nivel de laboratorio en mezclas M Aa, M-ACC-5.

Los resultados indican que la cámara de aire ventilada y el aislamiento de la junta de mortero mitigan el calentamiento de la superficie exterior. Por lo tanto, la temperatura de la superficie interior disminuye hasta 34 °C, lo cual significa un beneficio térmico interior de 7,5 °C en ECO-D1 (M-A y M ACC-5), comparado con el ladrillo.

Figura 108. Distribución de temperaturas y flujos de calor de ECO D



Fuente: Sánchez-Molina *et al.* (2020).

Figura 109. Ecodiseño en arcilla cocida

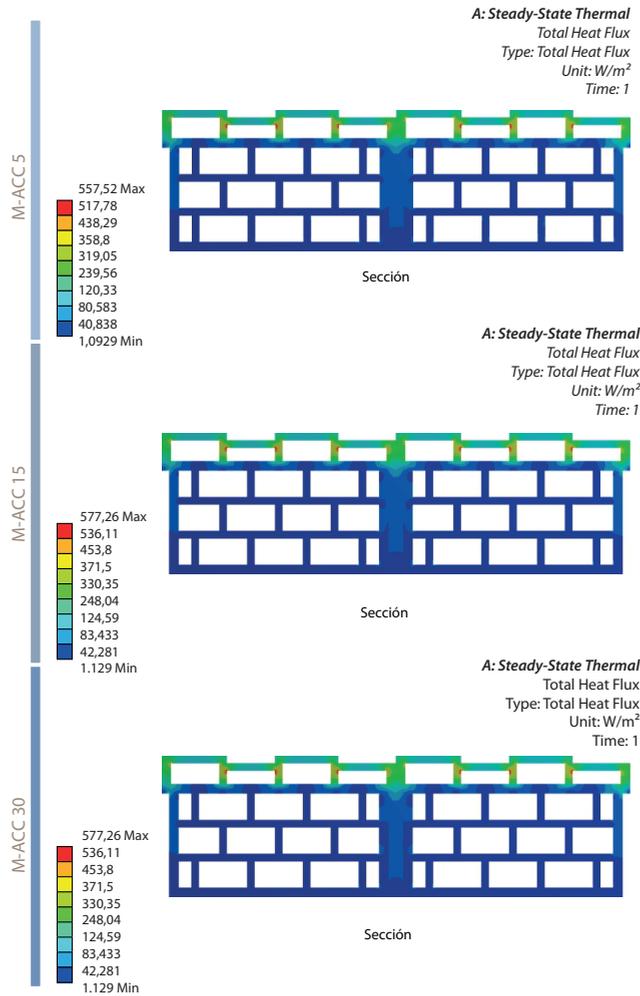
Fuente: elaboración propia.

Tabla 8. Caracterización técnica de Ecodiseño

Clasificación	Tipo PV	Unidad de mampostería de perforación vertical
Aplicación constructiva	Muros de fachada	
Material	Arcilla	Arcilla y cisco de café
Resistencia a la compresión	2,71 kgf/cm ²	1,84 kgf/cm ²
Absorción de agua	9,87 %	14,47 %
Porosidad aparente	20,35 %	27,51 %
Eflorescencias	Eflorecido-amarillo	Eflorecido-Amarillo
Densidad aparente	2,06 g/cm ³	1,90 g/cm ³
Normas	NTC 4017. Métodos para muestreo y ensayos de unidades de mampostería y otros productos de arcilla.	
Aplicadas	NTC 4205. Ingeniería civil y Arquitectura. Unidades de mampostería de arcilla cocida. Ladrillo y bloques.	
	Norma ASTM-C373. Determinación de la absorción de agua, porosidad aparente y densidad aparente.	

Fuente: elaboración propia.

Figura 110. Flujos de calor de ECO D en arcilla cocida y diferentes concentraciones de cisco de cafe



Fuente: elaboración propia.

Tabla 9. Temperaturas de superficies exteriores en diferentes mezclas con arcilla y aditivos de cisco de café

Mezcla	Temperatura exterior (°C)	Temperatura Interior (°C)
M A	58,27	34,18
M-ACC 5	58,30	34,14
M-ACC 15	58,37	34,05
M-ACC 30	58,64	33,91

Por otra parte, la variación de porcentajes de la mezcla no representa un beneficio térmico considerable en comparación con el beneficio térmico obtenido gracias a la innovación de la forma. La temperatura de la superficie interior disminuye entre 0,037 y 0,268 °C en M ACC-15 y M ACC-30.

Una demostración del impacto del diseño y la variación de la conductividad son las simulaciones de flujos de calor en las diferentes mezclas, las cuales exponen esquemas de concentración de calor similares a pesar de tener formulaciones diferentes.

El diseño de Eco D permite que sea un producto ligero por el ancho de sus tabiques y la amplitud de sus perforaciones, reduciendo su porcentaje de absorción de agua y porosidad aparente. Sin embargo, estas variables disminuyen la capacidad de la resistencia mecánica en comparación con el ladrillo multiperforado.

Patente de invención “Ladrillo para aislamiento térmico que comprende canales pasantes y un tabique frontal” en arcilla y cisco de café

El ladrillo ventilado CAV-5 es una patente de invención titulada “*Ladrillo para aislamiento térmico que comprende canales pasantes y un tabique frontal*”, producto del proyecto de Joven Investigador “*Diseño de prototipos de producto cerámico arquitectónico para mampostería con propiedades estéticas y de aislamiento térmico*”.

La geometría de las celdas es una serie de polígonos conformados por semicírculos con arcos invertidos, cisoide. Su geometría interna se distribuye en celdas orgánicas con el fin de crear recorridos más largos para la conducción de energía desde la superficie exterior hacia la interior.

La invención se caracteriza porque su diseño genera cámaras de aire ventiladas al unirse con otras piezas y, de esta manera, las pestañas protegen las juntas de mortero de la radiación solar directa con sombra. La reducción de la temperatura de la superficie interior es 4,54°C comparado con el comportamiento térmico del ladrillo multiperforado.

El desarrollo a escala de laboratorio se realizó en M A (conductividad: 0,30 W/. °C) y en M ACC-5.

Geometrías disipadoras

Tratamiento de junta de mortero

Cámara de aire ventilada

Aditivo de nutrientes tecnológicos

Figura 111. Ladrillo ventilado CAV-5

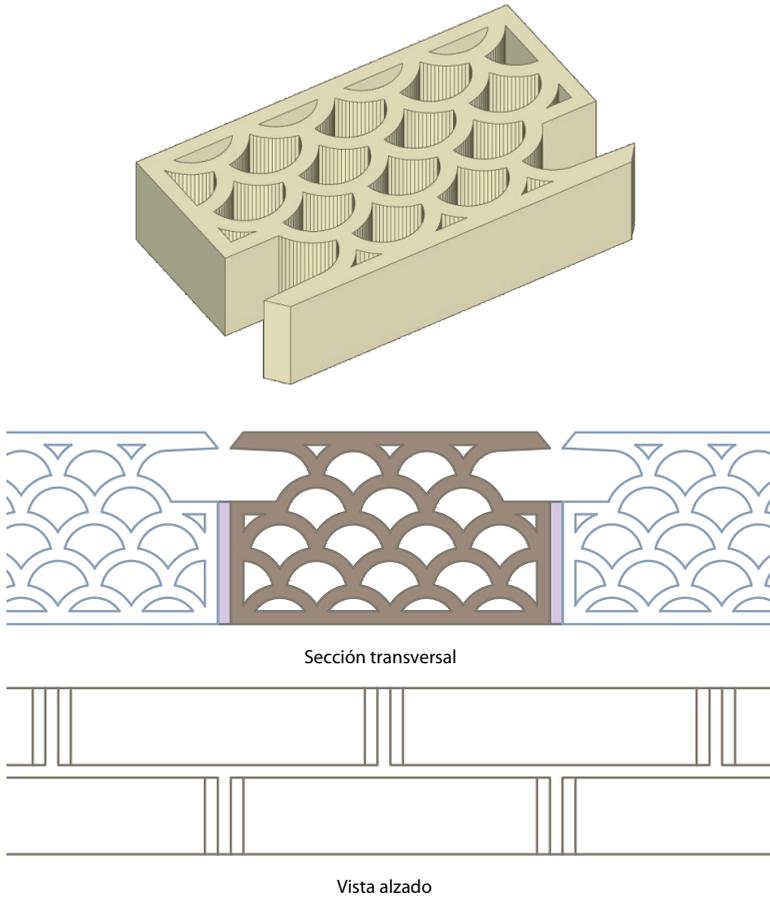
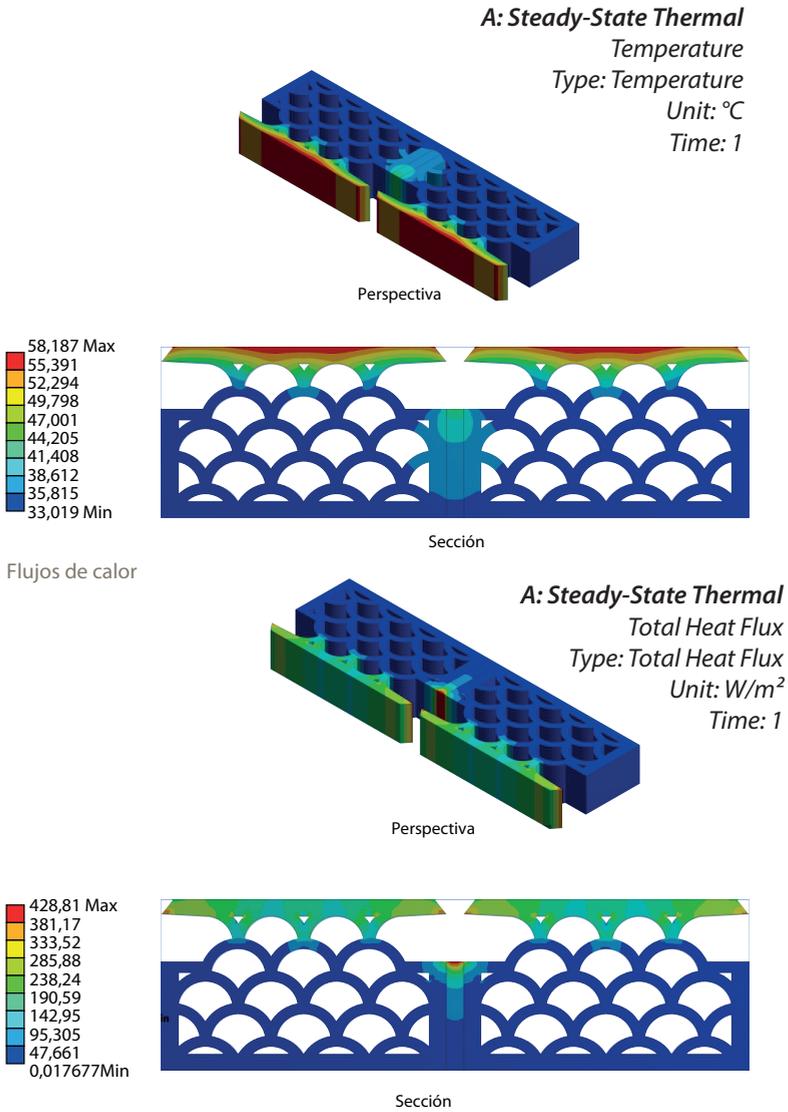
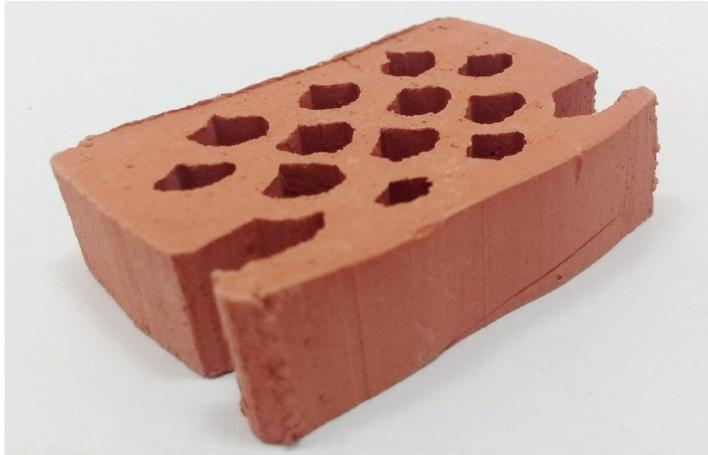


Figura 112. Distribución de temperaturas y flujos de calor de CAV-5



Fuente: Colmenares-Urbe *et al.* (2018).

Figura 113. Patente de invención
“Ladrillo para aislamiento térmico que comprende canales pasantes y un tabique frontal”
en arcilla cocida



Fuente: elaboración propia.

Tabla 10. Caracterización técnica de CAV-5

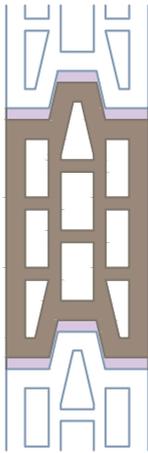
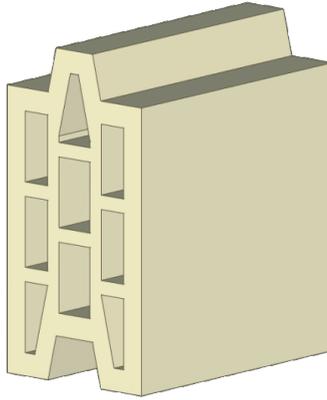
Clasificación	Tipo PV	Unidad de mampostería de perforación vertical
Aplicación constructiva	Muros de fachada	
Material	Arcilla	Arcilla y Cisco de café
Resistencia a la compresión	2,68 kgf/cm ²	3 kgf/cm ²
Absorción de agua	8,39%	12,16%
Porosidad aparente	10,08%	9,98%
Eflorescencias	Ligeramente eflorecido	Ligeramente eflorecido
Densidad aparente	2,13 g/cm ³	1,88 g/cm ³
Normas aplicadas	NTC 4017. Métodos para muestreo y ensayos de unidades de mampostería y otros productos de arcilla.	
	NTC 4205. Ingeniería civil y arquitectura. Unidades de mampostería de arcilla cocida. Ladrillo y bloques.	
	Norma ASTM-C373. Determinación de la absorción de agua, porosidad aparente y densidad aparente.	

Fuente: elaboración propia.

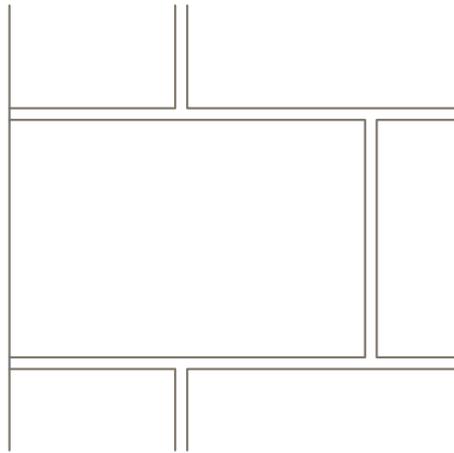
Bloque Macho-hembra en arcilla y chamota

*Radicado ante la Superintendencia de Industria y comercio
NC2021/0015175*

Figura 114. Bloque macho-hembra



Sección transversal



Vista alzado

Geometrías disipadoras -

Tratamiento de junta de mortero

Cámara de aire ventilada -

Aditivo de nutrientes tecnológicos

Es un elemento constructivo para mampostería. El formato es una variación del bloque H10 con la alteración de las superficies superiores e inferiores destinadas al apilamiento, las cuales generan un apéndice y una concavidad para generar el efecto macho-hembra.

La configuración de las celdas comprende una geometría de rectángulos traslapados que bloquean el paso directo de la entrada de calor. El diseño del producto está pensado como bloque (perforaciones horizontales) o ladrillo (perforaciones verticales), dependiendo del sentido de las perforaciones.

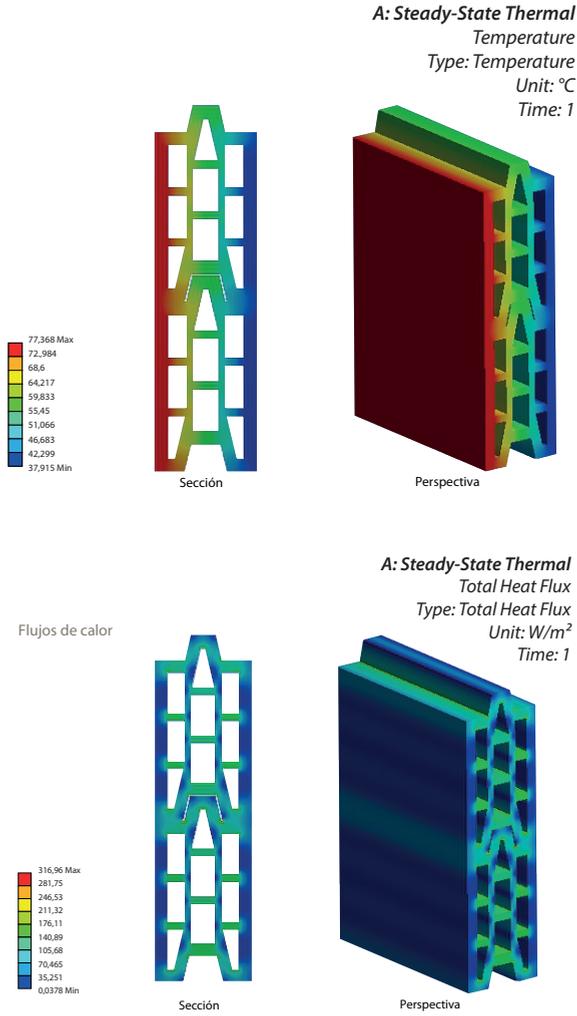
Teniendo en cuenta que la temperatura interior promedio del bloque H10 es 48,3. °C, y la temperatura del bloque macho-hembra es 42,1. °C, se concluye que el beneficio térmico es de 6,1. °C.

La composición de la unidad constructiva es de arcilla o material base (90 % - 95 %) y residuos industriales (5 % -10 %). El aditivo implementado en este proyecto fue la chamota u residuo de la industria cerámica.

Durante el proceso de fabricación por extrusión se presentaron imprevistos debido al diseño de las boquillas y la granulometría de las partículas de la materia prima. Por tal motivo, se realizaron diferentes pruebas hasta lograr los acabados deseados en la etapa de diseño. Finalmente, las mezclas utilizadas fueron M A y M ACH-2,5.

Esta invención está radicada ante la Superintendencia de Industria y Comercio (NC2021/0015175).

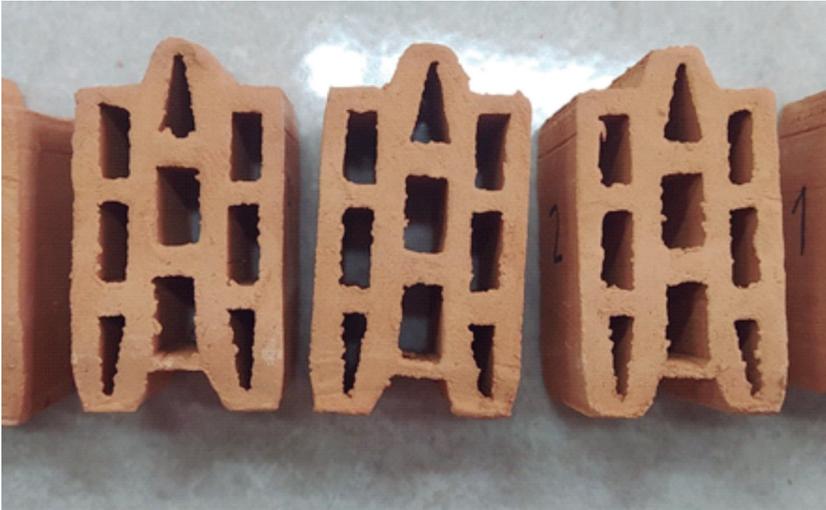
Figura 115. Distribución de temperaturas y flujos de calor del Bloque Macho-Hembra



Nota: Radicado ante la Superintendencia de Industria y comercio NC2021/0015175.

Fuente: elaboración propia.

Figura 116. Bloque Macho-hembra en arcilla cocida



Fuente: elaboración propia.

Tabla 11. Caracterización técnica de Bloque Macho-hembra

Clasificación	Tipo PH	Unidad de mampostería de perforación horizontal
Aplicación constructiva	Muros de fachada	
Material	Arcilla	Arcilla y chamota
Resistencia a la compresión	74,12 kgf/cm ²	80,51 kgf/cm ²
Absorción de agua	13,31 %	13,65 %
Porosidad aparente	26,30 %	26,73 %
Eflorescencias	Ligeramente eflorecido	Ligeramente eflorecido
Densidad aparente	1,98 g/cm ³	1,96 g/cm ³
Normas Aplicadas	NTC 4017. Métodos para muestreo y ensayos de unidades de mampostería y otros productos de arcilla.	
	NTC 4205. Ingeniería civil y arquitectura. Unidades de mampostería de arcilla cocida. Ladrillo y bloques.	
	Norma ASTM-C373. Determinación de la absorción de agua, porosidad aparente y densidad aparente.	

Fuente: elaboración propia.