

ANÁLISIS TÉCNICO DEL DESARROLLO DE BLOQUES Y TEJAS COMO AISLANTES TÉRMICOS A PARTIR DE BIOMASA DE CASULLA DE CAFÉ

Resumen —El cambio climático es la variación global del clima de la Tierra, que a lo largo de los años ha ido incrementando debido al uso de hidrocarburos en la generación de energía eléctrica, emitiendo gases de efecto invernadero por lo que aumenta la temperatura global. En Honduras el sector residencial e industrial son los sectores que mayor consumo energético tienen debido a la climatización de espacios para el confort térmico de las personas, lo que representa un 61.3% en el consumo de dichos sectores. Tener espacios con el confort térmico deseado, ha sido uno de los problemas del sector de construcción, para retener por mayor tiempo las temperaturas en las edificaciones. Esta investigación se centró en evaluar la casulla de café y agregarla como un nuevo elemento en la fabricación de bloques de hormigón y tejas de arcilla por su conductividad térmica. Se evaluaron dos tipos de propiedades, propiedades térmicas y físicas. Dentro de las propiedades térmicas evaluadas se encuentran la tasa de transferencia de calor y el flujo de calor; en las propiedades físicas se encuentran la degradación por humedad, absorción de humedad y la resistencia a la compresión. Se consideraron cuatro escenarios, donde se les agregó diferentes porcentajes de volumen de casulla de café en los bloques y tejas. El escenario 1 representó el bloque y teja convencional sin agregado de casulla de café, el escenario 2 se le agregó un 20% de casulla de café, el escenario 3 un 50% y el escenario 4 un 80%. En los bloques con un 80% de agregado de casulla de café se muestran resultados favorables con respecto a la eficiencia energética y en el caso de las tejas se dio en el 50% de agregado de casulla de café. El desarrollo de esta investigación busca incentivar la experimentación con materiales orgánicos provenientes de desechos agroindustriales y que posean una conductividad térmica baja e implementarlos en materiales de construcción con la finalidad de construir edificaciones sostenibles.

Palabras clave: *Aislante térmico, Biomasa, Casulla de café, Conductividad térmica, Transferencia de calor*

I. INTRODUCCIÓN

El cambio climático es un fenómeno que se ha venido experimentando a lo largo de los años, observando un incremento gradual en la temperatura global, debido a la emisión de gases de efecto invernadero. Como consecuencia del cambio climático se observan cada año océanos más calientes e incrementos de la temperatura a nivel global. Una de las causas del cambio climático es el desmedido consumo de energía eléctrica.

En Honduras los sectores que mayormente consumen energía eléctrica es el sector residencial e industrial. La climatización en estos sectores representa un consumo del 17.2% en el sector residencial y un 44.1% en el sector

industrial [1]. Los consumos de energía eléctrica por climatización están relacionados con el confort térmico de las personas que, al no sentirse cómodos dentro de sus espacios, tienden a incrementar el uso de los electrodomésticos para alcanzar una climatización de confort, utilizando los aires acondicionados en los espacios que usan o que ocupan. Dentro de esta problemática es válido destacar que, en el sector de la construcción, se tiene la dificultad de retener las temperaturas un mayor tiempo en las edificaciones para el sector residencial o en el sector industrial.

En las décadas recientes del siglo XXI se ha tratado de proporcionar soluciones a lo que es la problemática de conservar la temperatura confort dentro de las edificaciones. Dylewski & Adamczyk [2] que realiza un estudio de los beneficios económicos y medioambientales de implementar aislante térmico en paredes exteriores en las edificaciones, la investigación de Carrera Hidalgo [3], incorpora la biomasa de cascarilla de cacao en el sector de construcción en la elaboración de los bloques de hormigón. Papadopoulos & Giama [4], evalúan el desempeño ambiental de los aislantes térmicos y el impacto en la edificación, Montero et al [5], estudio la implementación de la fibra de coco en la elaboración de placas como aislante térmico y el aprovechamiento de los residuos del coco, Velasco et al. [6] también utiliza residuos de biomasa como el bagazo de caña y los implementa en la elaboración de aislantes térmicos para hacer frente a la insostenibilidad energética que presentan los sistemas constructivos convencionales. Muñoz & Cifuentes [7] introducen la experimentación de la fibra de fique, como aislante térmico, mostrando resultados promedios de conductividad térmica de $0.045 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$, finalmente Quezada Pesántez [8], presenta la elaboración de bloques de adobe con aislante térmico a partir de la planta Junco, con el fin de promover su utilización como aislante térmico en edificaciones de viviendas.

Partiendo de trabajos similares, esta investigación se centra en evaluar la factibilidad técnica de utilizar casulla de café como un agregado en la elaboración de bloques de hormigón y tejas de arcilla para aumentar sus resistividades térmicas. La casulla de café presenta una conductividad térmica de $0.0110 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$, potenciándose como un material que puede incrementar la resistividad térmica del bloque y la teja. A estos bloques y tejas con casulla de café se les hará comparaciones con los bloques y tejas convencionales en las características térmicas como la tasa de transferencia de calor y flujo de calor, y las características físicas como la absorción de humedad, degradación por humedad y resistencia a la compresión de los bloques, con la finalidad de determinar si se podría implementar los bloques y tejas con aislamiento

térmico proveniente de la casulla de café en el sector de construcción.

II. CONTEXTO

La propiedad natural de los aislantes térmicos es oponer resistencia al intercambio de calor, es debido a esta propiedad que los aislantes térmicos se potencian como una alternativa para reducir el consumo energético mediante la reducción del uso de aires acondicionados o calefacciones. Según la Empresa Nacional de Energía Eléctrica (ENEE) en su Cuadro de Consumo Promedio Mensual de Electrodomésticos menciona que los aires acondicionados tienen una potencia que ronda entre los 900 a 1,100 watts, teniendo un rango promedio mensual de consumo de 158 a 200 kWh en un intervalo de ocho horas. Sin embargo, en Honduras debido a la falta de normativas eficientes de construcción en las edificaciones, se ignora la conductividad térmica y como consecuencia no se utiliza el aislante térmico, por tanto, la población opta por usar los electrodomésticos un mayor tiempo que el intervalo de ocho horas, incrementando el consumo energético.

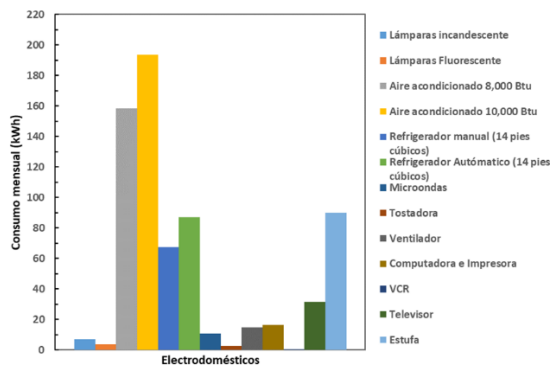


Ilustración 1. Gráfico de consumo de energía eléctrica de electrodomésticos

III. METODOLOGÍA

A. Enfoque

El proyecto de investigación que se presenta tiene este enfoque y de tipo experimental, porque se elaborarán bloques de hormigón y tejas de arcilla que conllevan procesos secuenciales para su elaboración. En los procesos se agregará un elemento más que será la casulla de café para aprovechar la resistividad térmica de dicho material. Los bloques de hormigón y tejas de arcilla que resulten de esta mezcla se le realizarán diferentes pruebas y se compararán con los bloques de hormigón y tejas de arcilla convencionales, al realizar esta comparación se determinará la correlación de las variables en estudio.

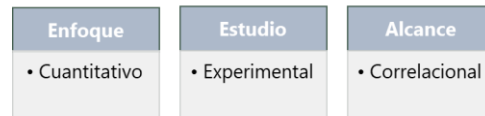


Ilustración 2. Esquema metodológico de la investigación

B. Variables

Las variables son todo aquello que se puede medir, también la información que se recolecta, o los datos que se obtienen para responder las preguntas de investigación que se plantean en los objetivos [9]. Existen dos tipos de variables, las variables dependientes que son aquellas variables que resultan y que deben ser acompañadas de una explicación [10] y las variables Independientes que son aquellas que tratan de explicar la ocurrencia de un fenómeno o son las variables que puede el investigador manipular [10].

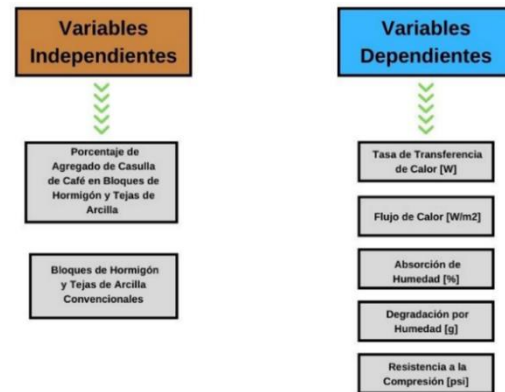


Ilustración 3. Esquema de variables de investigación

C. Técnicas e instrumentos

1. La máquina vibro-compactadora es una máquina importante para la realización de los bloques. En ella se coloca la mezcla de hormigón para la elaboración de los mismos.
2. La prensa hidráulica es esencial para la medición de compresión de los bloques. En ella se colocan los bloques de hormigón convencionales y los que contienen casulla de café para conocer la fuerza máxima que estos resisten hasta su rotura o fractura, cabe mencionar que la fuerza que ejerce la prensa es en libras.
3. El horno para la cocción de tejas es utilizado para el último proceso que conlleva la elaboración de las tejas.
4. Las piezas de platina tienen la finalidad de transmitir el calor en los bloques de hormigón y las tejas de arcilla elaboradas.
5. Microsoft Excel es un software que es necesario para la tabulación de los resultados obtenidos, elaboración de gráficos y ecuaciones, así mismo permite la comparación de datos.

6. Google Earth es un software que ofrece información geográfica e imágenes satelitales del mundo, mediante un globo terráqueo virtual que incluye rutas de diferentes ubicaciones, información del tráfico y navegación GPS.

D. Población y muestra

La casulla de café fue proporcionada por la empresa GENMANA, ubicada en el km 3 del Boulevard del Sur, salida a Chamelecón, municipio de San Pedro Sula, departamento de Cortés Para la elaboración de los bloques se utilizaron las instalaciones de Argueta Industrial, donde se utilizó la máquina vibro compactadora de bloques, así como la preparación de la dosificación de los bloques y agregada la casulla de café. La elaboración de las tejas se realizó en la Ladrillera Buena Esperanza, ubicada en la ciudad de Comayagua en el departamento de Comayagua.

E. Metodología de estudio

La metodología se puede apreciar en la Ilustración 4.



Ilustración 4. Metodología de estudio.

1) Fabricación de Bloques y Tejas

a) Fabricación de Bloques

La dosificación que se utilizó fue de 1/3 cemento -1/3 arena-1/3 grava, tomando como medida un pie cúbico para el total de la mezcla. El agua fue utilizada para humedecer la mezcla, aproximadamente tres litros. Se realizaron cuatro escenarios siendo el escenario 1 los bloques convencionales, en el escenario 2 se le agregó 20% de casulla de café con respecto a la mezcla total, en escenario 3 un 50% y en el escenario 4 un 80%.

Tabla 1. Escenarios de mezcla y agregados de casulla de café para la elaboración de bloques de hormigón

Escenarios	Descripción	Cemento	Arena	Grava	Casulla de Café
1	Bloque convencional	0.33 ft ³	0.33 ft ³	0.33 ft ³	-
2	20% de agregado de casulla de café	0.33 ft ³	0.33 ft ³	0.33 ft ³	0.20 ft ³
3	50% de agregado de casulla de café	0.33 ft ³	0.33 ft ³	0.33 ft ³	0.50 ft ³
4	80% de agregado de casulla de café	0.33 ft ³	0.33 ft ³	0.33 ft ³	0.80 ft ³

b) Fabricación de Tejas

La arcilla de la Ladrillera Buena Esperanza se extrajo de lotificaciones que se realizan en Comayagua. La preparación de la arcilla se hace en una carretilla (véase la Ilustración 44) donde se trabaja con un pie cúbico de arcilla y 0.4 pies cúbicos de arena, agregando aproximadamente dos litros de agua. Esta es moldeada con los pies o las manos con el propósito de detectar impurezas como piedras o poros en la arcilla, ya que cualquiera de estas daña la teja, luego se deja fermentar por un día.

Tabla 2. Escenarios de mezcla y agregados de casulla de café para la elaboración de las tejas de arcilla

Escenarios	Descripción	Arcilla Fermentada	Casulla de Café
1	Teja Convencional	5 Tazas	-
2	20% de agregado de casulla de café	5 Tazas	1 Taza
3	50% de agregado de casulla de café	5 Tazas	2 Taza
4	80% de agregado de casulla de café	5 Tazas	4 Tazas

2) Medición de Tasa de Transferencia de Calor

La medición de la tasa de transferencia de calor consiste en tres etapas.

a) Etapa uno

La etapa uno tiene como objetivo obtener la conductividad térmica media de los bloques de hormigón y tejas de arcilla con el aislamiento térmico proveniente de la biomasa de casulla de café. En esta etapa se hacen uso de los valores de conductividad térmica presentados en la Tabla 1. Para el cálculo de la conductividad térmica se debe utilizar la ecuación de la conductividad térmica [11].

$$R = \frac{e}{\lambda} \quad (1)$$

Donde:

R: Corresponde a la resistividad térmica [(m²•K) /W]

e: Corresponde al espesor del bloque [m]

λ: Corresponde a la conductividad térmica del material [W/(m•K)].

$$R1 = \frac{e}{\lambda_{Hormigón}} \quad R2 = \frac{e}{\lambda_{Casulla de Café}} \quad (2)$$

$$R1 = \frac{0.127m}{1.63 \frac{W}{m \cdot K}} \quad R2 = \frac{0.127m}{0.0110 \frac{W}{m \cdot K}} \quad (3)$$

$$R1 = 0.078 \frac{m^2 \cdot K}{W} \quad R2 = 11.55 \frac{m^2 \cdot K}{W} \quad (4)$$

Una vez que se conocen las dos resistividades térmicas de cada uno de los materiales se procede a calcular la transmitancia térmica con la siguiente ecuación [11]:

$$U = \frac{1}{R} \quad (5)$$

Donde:

U: Corresponde a la transmitancia térmica [W/(m²•K)]

R: Corresponde a la resistividad térmica [(m²•K)/W].

$$U1 = \frac{1}{R1} \quad U2 = \frac{1}{R2} \quad (6)$$

$$U1 = \frac{1}{0.078 \frac{m^2 \cdot K}{W}} \quad U2 = \frac{1}{11.55 \frac{m^2 \cdot K}{W}} \quad (7)$$

$$U1 = 12.82 \frac{W}{m^2 \cdot K} \quad U2 = 0.086 \frac{W}{m^2 \cdot K} \quad (8)$$

Una vez que se han calculado las dos transmitancia térmicas se procede a calcular la transmitancia térmica media, este cálculo se realiza utilizando la Tabla 2 y la Tabla 3, donde se describen los volúmenes en cada uno de los escenarios. Para el cálculo se utiliza la siguiente ecuación [12]:

$$Um = \frac{U1 \cdot Volumen 1 + U2 \cdot Volumen 2}{Volumen 1 + Volumen 2} \quad (9)$$

Donde:

Um: Corresponde a la transmitancia media [W/(m²•K)]

U1: Corresponde a la transmitancia del Hormigón [W/(m²•K)]

U2: Corresponde a la transmitancia de la Casulla de café [W/(m²•K)]

Volumen1: Corresponde al volumen total de los escenarios de mezcla del hormigón o la arcilla para la elaboración de bloques o tejas descritos en la Tabla 2 y la Tabla 3.

Volumen2: Corresponde al volumen del agregado de casulla de café de los escenarios de mezcla y agregado de casulla de café para la elaboración de bloques o tejas descritos en la Tabla 2 y la Tabla 3.

$$Um = \frac{12.82 \frac{W}{m^2 \cdot K} \cdot 1ft^3 + 0.086 \frac{W}{m^2 \cdot K} \cdot 0ft^3}{1ft^3 + 0ft^3} \quad (10)$$

b) Etapa dos

En esta etapa consiste en utilizar dos piezas de platina para obtener la transferencia de calor. Una de las platinas debe calentarse, para ello utilizaremos una estufa. La platina

deberá llegar a una temperatura de 100 °C o superior, mientras que la otra platina debe estar a una temperatura ambiente, y debe instalarse en una cara lateral del bloque o teja. Una vez que la platina que se está calentando alcance la temperatura de 100 °C o mayor, se debe colocar en la otra cara lateral del bloque o teja. Se tomarán los datos de los cambios de temperatura que ocurra en la platina que inicialmente tenía temperatura ambiente, dicha medición se hará en intervalos de quince minutos, hasta alcanzar 45 minutos. Cada uno de los datos obtenidos del ensayo se tabulará en una tabla para registrar los posibles cambios de temperatura. El cambio de temperatura deberá ser medido con un termómetro.



Ilustración 5. Medición de temperatura de platinas en tejas

c) Etapa tres

Una vez que se obtenga la conductividad térmica y los cambios de temperatura de cada uno de los escenarios tanto de los bloques y tejas, se debe utilizar la ecuación de la tasa de transferencia de calor y sustituir los datos. La ecuación es la siguiente [13]:

$$Q = \lambda A \frac{\Delta T}{L} \quad (11)$$

Donde:

Q: Corresponde a la tasa de transferencia de calor [W]

λ: Corresponde a la conductividad térmica [W/(m•K)]

A: Corresponde al Área del material [m²]

ΔT: Corresponde al cambio de temperatura [°C]

L: Corresponde a la distancia de donde se transfiere el calor de un punto a otro [m].

3) Medición de flujo de calor

El flujo de calor es la tasa de transferencia de calor por unidad de área. Esta se calcula con la siguiente ecuación [14]:

$$q = \frac{Q}{A} \quad (12)$$

Donde:

q: Corresponde al flujo de calor [W/m²]

Q: Corresponde a la tasa de transferencia de calor [W]

A: Corresponde al área del material [m²].

4) Medición de absorción de humedad

La medición de absorción de humedad se calcula con la siguiente ecuación [15]:

$$H\% = \frac{\text{Peso Final} - \text{Peso Inicial}}{\text{Peso Inicial}} \cdot 100 \quad (13)$$

Donde:

H%: Corresponde al porcentaje de humedad absorbida

Peso Inicial: Corresponde al bloque en seco [kg]

Peso Final: Corresponde al bloque húmedo [kg].

Para la medición de esta prueba se debe pesar el bloque o teja en una báscula antes de introducirlo a un recipiente con agua, este deberá estar 24 horas sumergido, luego se deberá extraer el bloque o teja y se deberá pesar estando húmedo para determinar la absorción de humedad en porcentaje.



Ilustración 6. Bloque sumergido en el agua

5) Medición de degradación por humedad

La medición de degradación de humedad consiste en introducir el bloque o teja en el agua por 40 segundos, luego se extrae del agua y se deja escurrir por el mismo tiempo, se sumerge nuevamente, repitiendo este procedimiento por cinco veces. Una vez concluido el procedimiento, se debe observar el agua del recipiente, para analizar si quedan restos del bloque o teja en el agua, los cuales deberán ser pesados en la báscula granataria. El propósito de esta medición es conocer la porosidad del bloque o teja que se está evaluando.



Ilustración 7. Extracción de residuo de bloque y teja

IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS

A. Bloques y Tejas con casulla de café

1) Escenario 1. Bloques y tejas convencionales



Ilustración 8. Bloque convencional



Ilustración 9. Teja convencional

2) Escenario 2. Bloques y tejas con 20% de agregado de casulla de café



Ilustración 10. Bloque con 20% de agregado de casulla de café



Ilustración 11. Teja con 20% de agregado de casulla de café

3) Escenario 3. Bloques y tejas con 50% de agregado de casulla de café



Ilustración 12. Bloques con 50% de agregado de casulla de café



Ilustración 13. Teja con 50% de agregado de casulla de café

4) Escenario 4. Bloques y tejas con 80% de agregado de casulla de café



Ilustración 14. Bloque con 80% de agregado de casulla de café



Ilustración 15. Teja con 80% de agregado de casulla de café

B. Medición de Tasa de transferencia de calor

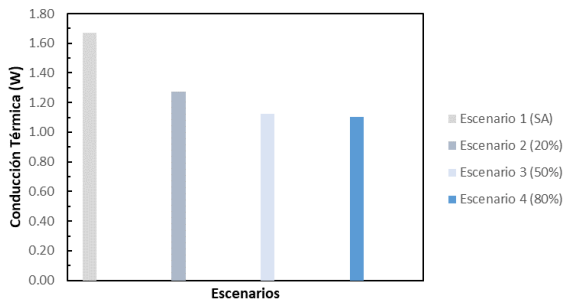


Ilustración 16. Gráfico de conducción térmica de los escenarios de mezcla y agregado de casulla de café de los bloques de hormigón

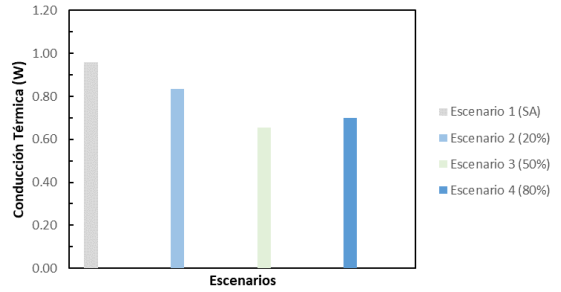


Ilustración 17. Gráfico de conducción térmica de los escenarios de mezcla y agregado de casulla de café de las tejas de arcilla

C. Medición de flujo de calor

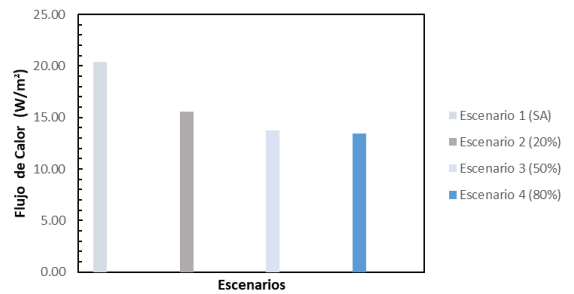


Ilustración 18. Gráfico del flujo de calor de los escenarios de mezcla y agregado de casulla de café de los bloques de hormigón

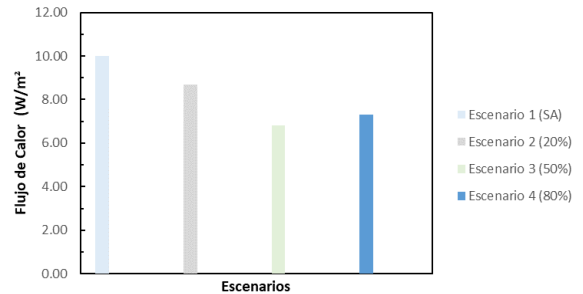


Ilustración 19. Gráfico del flujo de calor de los escenarios de mezcla y agregado de casulla de café de las tejas de arcilla

D. Medición de absorción de humedad

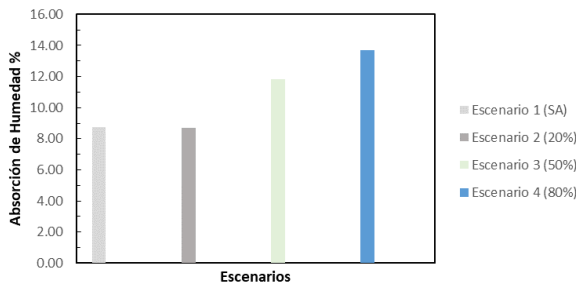


Ilustración 20. Gráfico de la absorción de humedad de los escenarios de mezcla y agregado de casulla de café de los bloques de hormigón

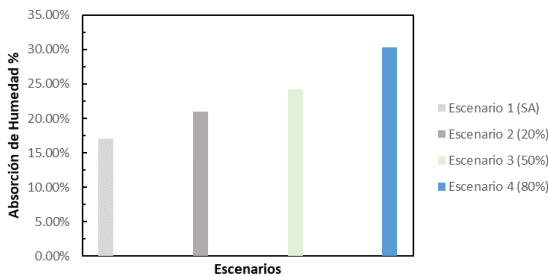


Ilustración 21. Gráfico de la absorción de humedad de los escenarios de mezcla y agregado de casulla de café de las tejas de arcilla

E. Medición de degradación por humedad

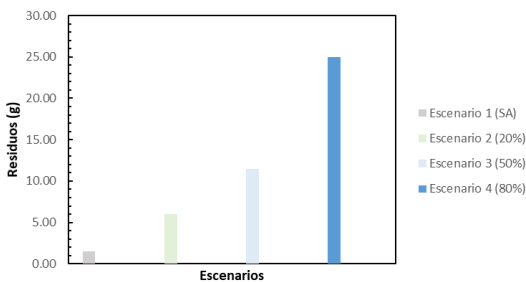


Ilustración 22. Gráfico del peso de residuos de la degradación por humedad de los escenarios de mezcla y agregado de casulla de café de los bloques de hormigón

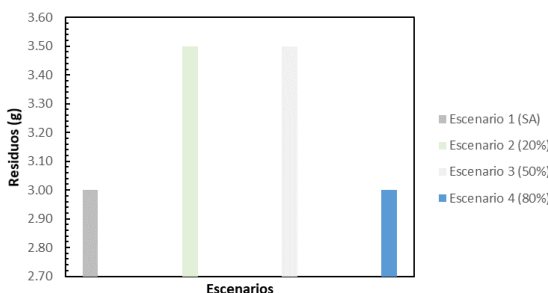


Ilustración 23. Gráfico del peso de residuos de la degradación por humedad de los escenarios de mezcla y agregado de casulla de café de las tejas de arcilla

F. Resistencia a la compresión en los bloques

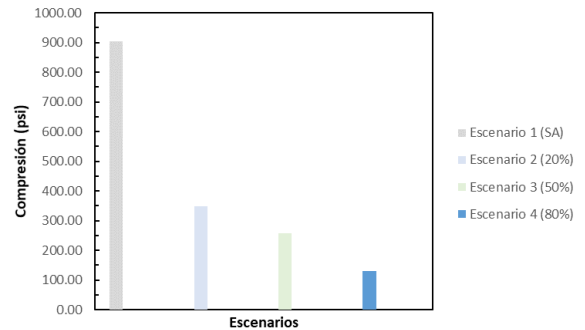


Ilustración 24. Gráfico de resultados de la resistencia por compresión de los escenarios de mezcla y agregado de casulla de café de los bloques de hormigón

G. Medición de eficiencia energética en los bloques y tejas

Tabla 3. Tabla de resultados de eficiencia energética de los escenarios de mezcla y agregado de casulla de café de los bloques de hormigón

Escenarios	Descripción	Código	Conducción Térmica [W]	Promedio de Conducción Térmica [W]	Promedio de Conducción Térmica de Bloque Convencional [W]	Eficiencia Energética [W]	Eficiencia Energética [%]
Escenario 2	20% de agregado de casulla de café	B3	0.91	1.275	1.67	0.395	23.65
		B4	1.64				
Escenario 3	50% de agregado de casulla de café	B5	1.38	1.125	1.67	0.545	32.63
		B6	0.87				
Escenario 4	80% de agregado de casulla de café	B7	1.32	1.105	1.67	0.565	33.83
		B8	0.89				

Tabla 4. Tabla de resultados de eficiencia energética de los escenarios de mezcla y agregado de casulla de café de las tejas

Escenarios	Descripción	Código	Conducción Térmica [W]	Promedio de Conducción Térmica [W]	Promedio de Conducción Térmica de Teja Convencional [W]	Eficiencia Energética [W]	Eficiencia Energética [%]
Escenario 2	20% de agregado de casulla de café	T3	0.78	0.835	0.96	0.125	13.02
		T4	0.89				
Escenario 3	50% de agregado de casulla de café	T7	0.52	0.655	0.96	0.305	31.77
		T8	0.79				
Escenario 4	80% de agregado de casulla de café	T9	0.28	0.7	0.96	0.26	27.08
		T10	1.12				

H. Costos de elaboración de bloques y tejas

1) Costo de elaboración de bloques

Tabla 5. Costo de elaboración de bloque convencional

Cantidad	Descripción	Volumen [ft ³]	Costo Unitario	Total
3	Cemento	0.1	L 21.70	L 65.10
3	Arena	0.1	L 11.37	L 34.11
3	Grava	0.1	L 8.07	L 24.21
Costo por dos Bloques				L 123.42
Costo unitario de Bloque				L 61.71

Tabla 6. Costo de elaboración de bloque con 20% de agregado de casulla de café

Cantidad	Descripción	Volumen [ft ³]	Costo Unitario	Total
3	Cemento	0.1	L 21.70	L 65.10
3	Arena	0.1	L 11.37	L 34.11
3	Grava	0.1	L 8.07	L 24.21
2	Casulla de Café	0.1	L 1.27	L 2.54
Costo por dos Bloques				L 125.96
Costo unitario de Bloque				L 62.98

Tabla 7. Costo de elaboración de bloque con 50% de agregado de casulla de café

Cantidad	Descripción	Volumen [ft ³]	Costo Unitario	Total
3	Cemento	0.1	L 21.70	L 65.10
3	Arena	0.1	L 11.37	L 34.11
3	Grava	0.1	L 8.07	L 24.21
5	Casulla de Café	0.1	L 1.27	L 6.35
Costo por dos Bloques				L 129.77
Costo unitario de Bloque				L 64.89

Tabla 8. Costo de elaboración de bloque con 80% de agregado de casulla de café

Cantidad	Descripción	Volumen [ft ³]	Costo Unitario	Total
3	Cemento	0.1	L 21.70	L 65.10
3	Arena	0.1	L 11.37	L 34.11
3	Grava	0.1	L 8.07	L 24.21
8	Casulla de Café	0.1	L 1.27	L 10.16
Costo por dos Bloques				L 133.58
Costo unitario de Bloque				L 66.79

2) Costo de elaboración de tejas

Tabla 9. Costo de elaboración de teja convencional

Cantidad	Descripción	Volumen	Costo Unitario	Total
5	Arcilla	tazas	L 2.00	L 10.00
Costo Total				L 10.00

Tabla 10. Costo de elaboración de teja con 20% de agregado de café

Cantidad	Descripción	Volumen	Costo Unitario	Total
5	Arcilla	tazas	L 2.00	L 10.00
1	Casulla de Café	tazas	L 0.21	L 0.21
Costo Total				L 10.21

Tabla 11. Costo de elaboración de teja con 50% de agregado de café

Cantidad	Descripción	Volumen	Costo Unitario	Total
5	Arcilla	tazas	L 2.00	L 10.00
2	Casulla de Café	tazas	L 0.21	L 0.42
Costo Total				L 10.42

Tabla 12. Costo de elaboración de teja con 80% de agregado de café

Cantidad	Descripción	Volumen	Costo Unitario	Total
5	Arcilla	tazas	L 2.00	L 10.00
4	Casulla de Café	tazas	L 0.21	L 0.84
Costo Total				L 10.84

V. CONCLUSIONES

En esta investigación se le agregó casulla de café, como un nuevo elemento a la mezcla de cemento, arena y grava para la elaboración de bloques y tejas con la finalidad de aprovechar la conductividad térmica de la casulla de café, también se propuso conocer las propiedades tanto térmicas como físicas que presentan los bloques y tejas con agregado de casulla de café para después compararlos con los bloques y tejas convencionales con el objetivo de determinar si es viable utilizarla en el sector de la construcción. Las conclusiones de esta investigación son las siguientes:

1. Se elaboraron bloques de hormigón y tejas de arcilla representando cuatro escenarios, siendo el escenario 1 los bloques y tejas convencionales, el escenario 2 con un 20% de agregado de casulla de café, el escenario 3 un 50% y el escenario 4 un 80%. Con una dosificación en los bloques de una unidad de cemento, una de arena, una de grava más el porcentaje de casulla en cada uno de los escenarios y en la teja fue de cinco unidades de arcilla más el porcentaje de casulla de café en cada uno de los escenarios.
2. La tasa de transferencia de calor en el escenario 4, presenta una menor tasa de transferencia en los bloques y en las tejas con valores de 1.11 W y 0.70 W respectivamente, debido a que es el escenario que mayor casulla de café tiene, concluyendo así, a mayor cantidad de casulla de café, se obtiene una menor tasa de transferencia de calor. En el flujo de calor en el escenario 4, en los bloques fue de 13.48 W/m² y en las tejas fue de 7.29 W/m², siendo este escenario el que presenta un menor flujo de calor, como se dio en la tasa de transferencia de calor. Para la absorción de humedad de los bloques y tejas es el escenario 2, el que presentó una absorción cercana a los bloques y tejas convencionales con valores de 8.71% para los bloques y en las tejas fue de 20.98%, demostrando que, al agregar una mayor cantidad de casulla de café, la absorción de humedad tendera a incrementar. En la prueba de degradación por humedad, los pesos de los residuos de los bloques y tejas en el escenario 2 fue de 6 gramos para los bloques y de 3.5 gramos en las tejas, en las tejas el residuo no se vio tan afectado como en los bloques que se demuestra que al

- tener una mayor cantidad de casulla de café tiene una mayor degradación de humedad por su porosidad. Finalmente, en la prueba de resistencia a la compresión en los bloques, el escenario que obtuvo mayor resistencia a la compresión fue el escenario 1 con 903.75 psi, en el escenario 2 fue de 349.60 psi, demostrándose así, que al agregar una cantidad de casulla de café, la resistencia a la compresión se disminuye drásticamente.
3. Los costos de elaboración del bloque para el escenario 4 con un 80% de casulla de café, que cumple con los parámetros de las características térmicas como la transferencia de calor y flujo de calor es de L 66.79. En el caso de las tejas de arcilla el que cumple con los parámetros de la transferencia de calor y el flujo de calor es de L 10.84. En las características físicas el escenario 2 con el 20% de casulla de café, fue el escenario que se acercó a los parámetros de los bloques y tejas convencionales, siendo los costos para el bloque L 62.98 y para las tejas L 10.21.
 4. La eficiencia energética presentada en los bloques de hormigón y las tejas de arcilla con casulla de café comparadas con los bloques de hormigón y las tejas de arcilla convencionales; el escenario 4 con un 80% de casulla de café resultó ser el más eficiente en los bloques con un 33.83% y en las tejas fue el escenario 3, que contiene un 50% de casulla de café, con un 31.77% de eficiencia.
 5. A pesar de las propiedades térmicas que resultaron favorables para los bloques de hormigón y las tejas de arcilla con agregado de casulla de café, no es factible sustituir los bloques de hormigón y las tejas de arcilla convencionales por los bloques de hormigón y las tejas de arcilla con agregado de casulla de café, debido a que sus propiedades físicas, como la absorción de humedad y la resistencia a la compresión, se ven afectadas al agregar un material orgánico como la casulla de café, en los bloques podría requerirse mayor estudios enfocados en mejorar la compresión de los bloques, en las tejas no se puede agregar un material orgánico como la casulla de café ya que al mezclarlo en la arcilla, está resulta hueca o poroso por el material orgánico, este se seca como impureza y debilita la teja.

La limitación que se dio en esta investigación es que no se pudo utilizar un termómetro para medición de conducción térmica para obtener un dato más preciso en la transferencia de calor con las platinas, por lo que se optó por un termómetro infrarrojo.

A pesar de la limitación que se presentó en esta investigación, se propone como referencia a futuros trabajos y se incentiva a la experimentación con materiales orgánicos con baja conductividad térmica e implementarlos en materiales de construcción con el fin de construir edificaciones sostenibles.

VI. REFERENCIAS

- [1] R. Shroerer, «Manual de eficiencia energética en la construcción de edificaciones Honduras», 2012. https://www.sica.int/documentos/manual-de-eficiencia-energetica-en-la-construccion-de-edificaciones-honduras_1_96986.html (accedido 11 de diciembre de 2022).
- [2] R. Dylewski y J. Adamczyk, «Economic and environmental benefits of thermal insulation of building external walls», *Build. Environ.*, vol. 46, n.º 12, pp. 2615-2623, dic. 2011, doi: 10.1016/j.buildenv.2011.06.023.
- [3] Á. I. Carrera Hidalgo, «Análisis y desarrollo para la fabricación de bloques de hormigón como aislantes térmicos basado en la biomasa de la cascarrilla cacao apto para construcción en edificaciones», 2015.
- [4] A. M. Papadopoulos y E. Giama, «Environmental performance evaluation of thermal insulation materials and its impact on the building», *Build. Environ.*, vol. 42, n.º 5, pp. 2178-2187, may 2007, doi: 10.1016/j.buildenv.2006.04.012.
- [5] J. A. E. Montero, G. M. A. Vargas, J. D. N. Navarro, y K. M. R. Mora, «Elaboración de Placas de Aislamiento Térmico a partir de Fibra de Coco», *InterSedes*, pp. 290-307, jul. 2022, doi: 10.15517/isucr.v23i48.49852.
- [6] L. Velasco, L. Goyos, F. Nicolas, C. Naranjo, y S. Ecuador, «Investigación y desarrollo de aislantes térmicos naturales basados en residuos de biomasa para su aplicación en la mejora de la eficiencia energética de las edificaciones en América Latina», *Ing. Soc. UC*, vol. 10, n.º 1, pp. 08-21, 2015.
- [7] D. M. Muñoz y G. C. Cifuentes, «El fique como aislante térmico», *Biotechnol. En El Sect. Agropecu. Agroindustrial*, vol. 5, n.º 1, pp. 9-16, 2007.
- [8] Y. M. Quezada Pesántez, «Análisis, desarrollo y evaluación de aislantes térmicos naturales utilizando Totorá (Schoenoplectus californicus) en bloques de adobe y placas rígidas», masterThesis, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Maestría en Energías Renovables., 2015. Accedido: 16 de octubre de 2022. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/12357>
- [9] M. Á. Villasis-Keever y M. G. Miranda-Novales, «El protocolo de investigación IV: las variables de estudio», *Rev. Alerg. México*, vol. 63, n.º 3, Art. n.º 3, ago. 2016, doi: 10.29262/ram.v63i3.199.
- [10] J. Amiel Pérez, «Las variables en el método científico», *Rev. Soc. Quím. Perú*, vol. 73, n.º 3, pp. 171-177, jul. 2007.
- [11] J. T. Franco, «¿Cómo calcular la transmitancia térmica (Valor U) en la envolvente material de un edificio?», *ArchDaily en Español*, 24 de julio de 2018. <https://www.archdaily.cl/cl/898485/como-calcular-la-transmitancia-termica-valor-u-en-la-envolvente-material-de-un-edificio> (accedido 7 de noviembre de 2022).
- [12] INN, «Norma chilena Nch 853.Of2007 Acondicionamiento Térmico - Arquitectura de Computadores/Laboratorio», *StuDocu*, 28 de mayo de 2007. <https://www.studocu.com/cl/document/universidad-de-los-lagos/arquitectura-de-computadoreslaboratorio/norma-chilena-nch-853of2007-acondicionamiento-termico/18172203> (accedido 11 de octubre de 2022).
- [13] Y. A. Çengel, «Termodinámica», 2019.
- [14] Y. A. Çengel y A. J. Ghajar, *Heat and mass transfer: fundamentals & applications*, 4th ed. New York: McGraw-Hill, 2011.
- [15] E. Cerrato, «Gestión Integral de Residuos Sólidos. Atlantic International University: bachelor, master, doctoral degree», *Press Room*, 2006. <https://www.aiu.edu/spanish/publications/student/spanish/Integrate-d-Management-of-Residual-Solids.htm> (accedido 30 de octubre de 2022).