

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

Análisis del impacto del factor U en el comportamiento térmico y energético en las residencias de Cuenca, Ecuador

Paola Catalina Vásquez Méndez   & Jefferson Torres Quezada 

Universidad Católica de Cuenca, Cuenca EC010105, Ecuador

 Correspondencia: pao.v.62@gmail.com  + 593 99 869 1943

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj41-005>

Resumen: El sector inmobiliario esta implementado nuevos sistemas constructivos para las fachadas de las residencias de la ciudad de Cuenca. En la actualidad no se considera como las envolventes verticales aportan a la habitabilidad térmica del usuario. Si bien, en otros países existen normativas rigurosas que controlan los estándares de confort térmico en una vivienda. En países como Ecuador no poseen normativas que regulen las envolventes de las fachadas. Por lo cual, este estudio se enfoca en determinar la influencia de los factores U de las envolventes verticales de mayor uso en la ciudad de Cuenca. La metodología usada consistió en recolección bibliográfica, investigación de campo culminado en simulaciones digitales. Los resultados demuestran el comportamiento térmico de las envolventes verticales de mayor uso dentro de un contexto de la sierra andina ecuatorial.

Palabras claves: envolvente vertical; factor U; consumo energético; climas andinos; comportamiento térmico

Analysis of the impact of the U-factor on the thermal and energy performance of residences in Cuenca, Ecuador

Abstract: The real estate sector is implementing new construction systems for the facades of residences in the city of Cuenca. Currently, it is not considered how vertical envelopes contribute to the thermal habitability of the user. However, in other countries there are strict regulations that control the standards of thermal comfort in a house. In countries such as Ecuador, there are no regulations governing facade envelopes. Therefore, this study focuses on determining the influence of the U-factors of the most commonly used vertical envelopes in the city of Cuenca. The methodology used consisted of



Cita: Vásquez Méndez, P. C., & Torres Quezada, J. (2021). Análisis del impacto del factor U en el comportamiento térmico y energético en las residencias de Cuenca, Ecuador. Green World Journal, 4(1), 005. <https://doi.org/doi-v4-n1-005-gwj-2021>.

Recibido: 31/Marzo/2021

Aceptado: 22/Abril/2021

Publicado: 26/Abril/2021

Prof. Carlos Mestanza-Ramón, PhD.
Editor en Jefe / CaMeRa Editorial
editor@greenworldjournal.com

Nota del editor: CaMeRa se mantiene neutral con respecto a las reclamaciones legales resultado del contenido publicado. La responsabilidad sobre la información publicada es integra de los autores.



© 2021 Licencia CaMeRa, Green World Journal. Este artículo es un documento de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Attribution (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

bibliographic collection, field research culminating in digital simulations. The results demonstrate the thermal behavior of the most used vertical envelopes within a context of the equatorial Andean highlands.

Keywords: vertical envelope; U-factor; energy consumption; Andean climates; thermal behavior; thermal performance

1. Introducción

Las personas desarrollan la mayor parte de la vida dentro de una edificación, independientemente si es del ámbito residencial o laboral. En la actualidad el confort térmico juega un papel crucial en las condiciones de habitabilidad, puesto que influye en la salud, el bienestar y la productividad de las personas, y además, tiene un alto impacto en el consumo energético de la edificación, lo cual tiene consecuencias a escala global [1].

En regiones con bajas temperaturas, el sector residencial consume elevadas cantidades de energía al incorporar sistemas activos de climatización para alcanzar el confort térmico de los usuarios [2,3]. Bajo este contexto climático, el uso del aislamiento en la envolvente resulta en una estrategia primordial para reducir la demanda energética tanto por calefacción como refrigeración, este elemento constructivo es esencial para los países europeos, sobre todo en los países con inviernos severos, puesto que el rendimiento del aislamiento del edificio está estrechamente relacionado con el entorno físico [4]. Por estos motivos existen continuos esfuerzos que se reflejan en regularizaciones enfocadas al uso de materiales aislantes para reducir las pérdidas de calor en el invierno. Tal como los países nórdicos por su particular clima frío, tomaron acciones desde la década de los 70, como respuesta a la crisis petrolera, se vieron obligados a reducir el consumo de energía [5], impartiendo normativas como: SBN 75, la cual se trata de un código específico para cada elemento de la edificación estableciendo los valores de transmitancia térmica más bajos, destacando el cumplimiento de confort y accesibilidad económica. Esta norma entabla que para el año 1970 el valor de U para paredes hacia el ambiente $0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$ [5]. Sin embargo, a partir de 1984 se aplicaron códigos más estrictos con la norma ELAK, se exigieron valores U de $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$ para los envolventes de las viviendas [5].

A medida que se han intensificado los requisitos de eficiencia energética, han surgido normativas para los envolventes de las edificaciones. Según varios autores, Alemania, Canadá, Italia y España son pioneras en la regulación concerniente el desempeño térmico de las viviendas [6]. Tal es el caso de España que en el año 1999 decreta la Ordenación de la Edificación [7], precisando que la transmitancia térmica de los muros exteriores de los edificios sea de $1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$, no obstante, para el 2006 ya se presentan parámetros más rigurosos con el objetivo de reducir los valores máximos de transmitancia térmica mejorando la habitabilidad térmica de las viviendas, reglamentando a través del Código Técnico de la Edificación [8], en donde la envolvente externa de las edificaciones demanda un factor U de $0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Un caso representativo es Chipre, al ser considerado como un punto de referencia para la redacción de política vinculada con el ahorro energético de las edificaciones [9]. esto se debe a planteamientos estratégicos en sus normativas constructivas, las mismas que fueron promulgadas en el 2007, iniciando la primera normativa legislativa con la Ley N.142 (I)/2006, la cual hace referencia al uso obligatorio de aislamiento en la envolvente de los edificios, obteniendo altas reducciones en el consumo energético a nivel nacional [9], posteriormente por los favorables resultados Chipre adoptó también la directiva 2006/32/CE con la finalidad de fortalecer la normativa inicialmente propuesta [9].

De igual manera en Latinoamérica en las últimas décadas se ha ido introduciendo estos criterios del uso de aislamiento o materiales de baja transmitancia térmica. Por ejemplo, Chile, viene

desarrollando desde 1990 las normativas de desempeño térmico, convirtiéndose en el primer país Latinoamericano en exigir acondicionamiento térmico en todas las viviendas [10]. No obstante la normativa planteada en los 90, no fue suficiente, puesto que se trataba de una normativa universal y genérica, simplificando las condiciones climáticas y ambientales de los diferentes pisos climáticos de este país [11]. Pero a partir del año 2007 con el propósito de tener ambientes interiores confortables térmicamente, ocurren cambios significativos mediante la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (O.G.U.C.) específicamente en su artículo 4.1.10, la misma que dispone, para los muros exteriores el factor U dependerá según el piso climático, teniendo valores desde 4.0 W/m²K a 0,6 W/m²K [11]. Lo que destaca que las regulaciones térmicas constructivas que promueve Chile se enfocan en las necesidades propias de cada localidad, llegando a estándares térmicos óptimos para espacios interiores de viviendas residenciales.

Otro ejemplo latinoamericano es Argentina, es un país que ha desarrollado leyes relacionadas con la eficiencia energética desde el año de 1964 [12], pero a partir del 2001, con el Protocolo de Kyoto, la Provincia de Buenos Aires desarrolla normativas obligatorias para todas las construcciones públicas y privadas que se ubiquen dentro de esta localidad, garantizando un correcto aislamiento térmico, conforme a las variables climatológicas y en función de las características de los materiales empleados [13]. Entre estas regulaciones se destaca la norma IRAM 11625 cuyo objetivo se enfoca en mejorar el confort térmico de las viviendas a través del uso del aislamiento térmico de edificios en donde la transmitancia térmica corresponde a valores entre 1,85– 0,38 W/m²K para invierno, que dependerá de la zona climática de la provincia [12]. Antagónicamente las demás provincias que conforman Argentina, en donde la normativa expuesta es informativa, causando discordancias de confort térmico, al no ser un requisito ejecutar dicha normativa, demostró que en el 2013 el consumo energético sea insostenible, nunca antes visto por la alta demanda de sistemas de climatización [12].

Más aún, resulta incomprensible que existen países como el Ecuador, que actualmente no han contado y no poseen una normativa específica que regularice esta situación para cada región, los pocos lineamientos que se plantean son reinterpretaciones estándares de otros países de latitudes altas con climas extremos. Cabe destacar que varias ciudades de América del Sur se encuentran en la misma zona climática, en donde el común denominador es la cordillera de los Andes, este cordón montañoso dota climas fríos a lo largo de todo el perfil montañoso, siendo indiscutible como en diferentes localidades con climas fríos similares al de la ciudad de Cuenca ya han actuado sobre los lineamientos térmicos que se deben cumplir en las edificaciones con la finalidad de brindar habitabilidad térmica confortable con bajo consumo energético.

La ciudad de Cuenca se encuentra rodeada de sinuosas montañas que integran una parte de la cordillera de los Andes, otorgando a la urbe el característico clima frío andino y un paisaje propio de la localidad. Cabe destacar que la urbe ha crecido drásticamente en las últimas décadas [14]. En efecto, al no poseer una normativa que enfatice la habitabilidad térmica, la ciudad se está enfrentado a nuevos sistemas constructivos en cuanto a envolventes se refiere. Dentro de este contexto los nuevos sistemas proponen una respuesta rápida, solventando el incremento de la demanda habitacional. Para ello los constructores se ven influenciados por 3 factores principales: mano de obra, materiales y maquinaria. Procuran optimizar tiempo y recursos con la finalidad de edificar la mayor cantidad viviendas en el menor tiempo posible, por consiguiente, se manifiesta mejor utilidad económica, convirtiéndose actualmente en una opción muy atractiva usar sistemas constructivos no populares de la ciudad.

En la ciudad de Cuenca se puede observar como la construcción de muros tradicionales como el adobe, tapial y el ladrillo se van reemplazando por envolventes prefabricados o elementos

industrializados como muros de hormigón, paredes de bloque y tabiquerías de yeso cartón o fibrocemento. Estas nuevas modalidades son adaptaciones de modelos de construcción de otros países, en donde es una obligación cumplir con códigos de construcción y normativas severas garanticen al usuario su habitabilidad térmica dentro de la edificación. Sin embargo la realidad en Cuenca es otra, actualmente la comunidad constructora se está olvidando de satisfacer necesidades básicas que debe ofrecer una vivienda, como es confort térmico. Los nuevos sistemas incorporados son efectuados de manera precaria sin considerar todo lo que implica ese sistema imitado, lo que conlleva al mercado inmobiliario ofrecer edificaciones con problemas de habitabilidad y confort térmico.

Dentro de este contexto, el presente estudio aborda un análisis comparativo de las 4 últimas décadas en la ciudad de Cuenca-Ecuador, identificando las envolventes de mayor uso en la urbe, con la finalidad de determinar las características de la envolvente, así como el comportamiento térmico de los sistemas de envolventes de mayor uso en Cuenca. En efecto se evalúa la influencia de los diferentes valores de transmitancia térmica de las tipologías de paredes más utilizadas en Cuenca, en relación con la temperatura interior de la vivienda y la demanda energética.

2. Materiales y métodos

La metodología planteada para el presente estudio se basa en un análisis cuantitativo, dividido en dos partes. En primer lugar, la recolección de bases de datos estadísticos para posteriormente acompañar de un análisis de campo, para ello empleó un proceso deductivo, logando determinar las envolventes verticales de uso recurrente en la ciudad de Cuenca. En segundo lugar, se ejecutan simulaciones digitales a través de modelos base de estudio, con la finalidad de establecer el comportamiento y el consumo energético de los envolventes seleccionados. Las dos partes de esta metodología se explican a continuación de manera detallada.

2.1 Recolección de Datos Bibliográficos e Investigación de Campo.

Con el objeto de evaluar el factor U y el comportamiento térmico de las envolventes, es necesario identificar las paredes exteriores más utilizadas en el sector residencial durante las últimas 4 décadas de la ciudad de Cuenca. De este modo se inicia recolectando información estadística desde 1980 hasta el 2019, con el propósito de identificar y clasificar los principales materiales empleados para las fachadas de la urbe. Para ello se analizaron períodos de 10 años, al ser un lapso de tiempo que define la participación, evolución o implementación de nuevas técnicas constructivas. La información fue tomada del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), a partir de sus plataformas Ecuador en cifras y REDATAM [15], la cual se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Materiales más usados en las envolventes verticales de la ciudad de Cuenca 1980-2019.

Envolventes de mayor uso en la ciudad de Cuenca 1990 - 2019								
Material de paredes exteriores	Período 1990-1980		Período 2001-1991		Período 2010-2000		Período 2019-2011	
	Cantidad	%	Cantidad	%	Cantidad	%	Cantidad	%
Adobe o tapia	26233	36	21537	21,5	19806	15,21	531	0,48
Caña no revestida	97	0,13	371	0,37	35	0,03	18	0,016
Caña revestida o bahareque	3885	5	2930	2,93	1438	1,1	794	0,72
Hormigón	-	-	-	-	4454	3,42	75	0,450
Ladrillo o bloque	39255	55	69224	69	99873	76,72	108183	90,96
Madera	1938	3	4005	4	4357	3,35	4357	3,35
Prefabricados	-	-	-	-	-	-	320	0,29
Otros materiales	520	1	1882	2	213	0,16	245	0,22
Total	71928	100	99949	100	130176	100	110091	100

De acuerdo con esta información. Las fachadas de ladrillo y bloque despuntan durante todos los períodos, iniciando con el 55% para finalmente en los años 2011-2019 convertirse en el

elemento constructivo más empleado en la urbe con el 90,96%. En segundo lugar, se encuentra la envolvente de adobe, durante la década de los 80 y 90 es un material con alta demanda con el 36%, pero con en el transcurso de los años ha sido desplazado por la modernidad, innovación tecnológica de otros sistemas constructivos, hasta llegar actualmente a un 0,48%. El hormigón armado está incrementando paulatinamente la demanda, esto se debe por su versatilidad de uso, convirtiéndolo en un elemento estructural y a su vez en la envolvente vertical de la edificación. El aprovechamiento como fachada inicia en el año 2000 hasta la actualidad. Finalmente, a partir del año 2011 emerge el sistema de prefabricados o junta seca, con un 0,29% en las construcciones cuencanas, los cuales se están integrando de manera gradual en el mercado constructor de la urbe, debido a su rápido montaje, fácil mantenimiento y relativamente económico.

Bajo esta perspectiva la investigación considera como universo de estudio los 5 sistemas de envolventes verticales que se destacan según los datos analizados de la INEC. La selección obedece a criterios de inserción, aceptación en base en la tradición constructiva local y permanencia en el mercado constructor de la ciudad de Cuenca, siendo partícipes del análisis los siguientes cerramientos arquitectónicos: El ladrillo, el bloque, el adobe, muros portantes de hormigón armado y sistemas prefabricados. Al hablar de sistema prefabricado de acuerdo con Cueva, hace referencia a los sistemas constructivos que permiten un montaje en seco, mediante el uso de tornillos, sellantes o adhesivos que facilitan la construcción, prescindiendo de tiempo de espera de fraguados y control de calidad [16].

A partir de esta investigación bibliográfica, se realizó un trabajo de conocer y obtener las tipologías de los sistemas constructivos planteados. A través de esta investigación de campo se pudo precisar de un detalle constructivo, el mismo que describe el número de capas, espesor y orden de los materiales que componen cada uno de los envolventes verticales. Toda esta investigación in situ fue apoyada con la colaboración de los arquitectos y los usuarios, autores y dueños de cada una de las viviendas analizadas.

El primer caso de estudio corresponde a una vivienda edificada en el año de 1980, se encuentra ubicada al noroeste de la ciudad, en la parroquia de San Joaquín. La técnica de construcción del adobe consta de un muro de 40 cm de espesor que está acompañada de revoque cuyo espesor es de 4 cm con el objetivo de proteger al muro y otorgarle mayor durabilidad. Tabla 2

Tabla 2. Sistema de envolvente vertical 1- Adobe.

		Adobe						
ubicación	San Joaquín	Componentes del Envolvente Vertical		Espesor		Conductividad térmica		Referencia- normativa
año de const:	1980							
		1	empañetado	0,04	m	0,87	W/mK	NCh853
		2	adobe	0,40	m	0,9	W/mK	NCh853
		3	empañetado	0,04	m	0,87	W/mK	NCh853

El segundo sistema de envolvente concierne al ladrillo, este es un material que data de una larga travesía en la ciudad de Cuenca. Por ello se eligió una vivienda de interés popular ubicada en el área de expansión urbana, fue fabricada en el año 2004, forma parte de un condominio de 24 viviendas de la misma tipología. Este conjunto de residencias posee como envolvente vertical al ladrillo panelón de 10x27x15, se emplea mortero de cemento portland para erigir la pared. Además,

tiene una capa de enlucido de 2 cm de espesor y por acabado una capa de pintura blanca hacia el interior, hacia el exterior se conserva al ladrillo visto. Tabla 3

Tabla 3. Sistema de envolvente vertical 2- Ladrillo.

Ladrillo							
ubicación	Los Cerezos	Componentes del Envolvente Vertical		Espesor		Conductividad térmica	Referencia-normativa
año de construcción:	2004						
		1	ladrillo panelón	0,1	m	0,52 W/mK	NCh853 [17].
		2	mortero de hormigón	0,02	m	1,3 W/mK	NCh853 [17].
		3	pintura blanca	0,002	m	-	-

La siguiente residencia, forma parte de un plan de viviendas de interés social, ubicada el noreste de la ciudad de Cuenca, el plan de viviendas se ejecutó el año 2013, estas viviendas emplean el bloque como envolvente, la fachada consta de un bloque hueco de 40x20x15 cm, para los acabados emplean paredes enlucidas a las 2 caras, finalizando con una capa de pintura blanca tanto al interior como al exterior. Tabla 4

Tabla 4. Sistema de envolvente vertical 3- Bloque.

Bloque							
ubicación	Miraflores	Componentes del Envolvente Vertical		Espesor		Conductividad térmica	Referencia-normativa
año de construcción:	2013						
		1	pintura blanca	0,002	m	-	-
		2	mortero	0,02	m	1,3 W/mK	NCh853 [17].
		3	bloque	0,15	m	0,49 W/mK	NEC
		4	mortero	0,02	m	1,30 W/mK	NCh853 [17].
		5	pintura blanca	0,002	m	-	-

Se emplea el conjunto habitacional de las Praderas de Bemani, ubicada al noroeste de la ciudad de estudio. Este conjunto emplea un sistema modular de muros portantes de hormigón, para ello el hormigón cumple una resistencia de 240 kg/cm², con una dosificación de 1:3:5 (cemento, arena y ripio). Además, se suman aditivos impermeabilizantes e incursores de aire que permiten obtener el producto deseado, pero como parte fundamental son los refuerzos de la malla electro soldada varillas de acero de 8 mm, colocadas cada 15 cm entre ellas. El espesor de este muro corresponde a 14 cm Tabla 5.

Tabla 5. Sistema de envolvente vertical 4- Hormigón Armado.

Hormigón Armado							
ubicación	Mayancela	Componentes del Envolvente Vertical		Espesor		Conductividad térmica	Referencia-normativa
año de construcción:	2011						
		1	pintura blanca	0,001	m	-	-
		2	mortero	0,02	m	1,30 W/m-K	NCh853 [17].
		3	Hormigón arm	0,10	m	1,63 W/m-K	NCh853 [17].
		4	mortero	0,02	m	1,30 W/m-K	NCh853 [17].
		5	pintura blanca	0,001	m	-	-

Finalmente, la tabla 6, selecciona una vivienda prefabricada, la misma que se construyó en el año 2015. Se emplaza en la parroquia de Baños. Esta casa presenta como envolventes a los tableros de OSB (*Oriented strand board*) de 12 mm de espesor, previamente impermeabilizados con productos químicos con el objeto de repeler el agua, este sistema busca innovar con un tablero versátil gracias a su resistencia, bajo precio y fácil reemplazo, a este sistema de fachadas se suma lana de vidrio como material aislante y estructura metálica que permite anclar los tableros de OSB.

Tabla 6. Sistema de envolvente vertical 5- Muro con paneles de OSB.

Muro con paneles de OSB								
ubicación	Baños	Componentes del Envolvente Vertical		Espesor		Conductividad térmica		Referencia- normativa
año de construcción:	2014							
		1	Panel OSB	0,012	m	0,23	W/mK	NCh853 [17].
		2	Lana de vidrio	0,03	m	0,036	W/mK	IRAM 11601:2002 [18].
		3	Panel OSB	0,012	m	0,23	W/mK	NCh853 [17].

2.2 Procesos de evaluación a través de simulaciones digitales

Como siguiente punto de la metodología se realizaron simulaciones digitales. Tomando como variantes cada una de las envolventes previamente establecidas. Dichas paredes se enfrentan a las condiciones climatológicas de la sierra andina ecuatorial. De igual manera se someten a una misma configuración espacial. Para ello se hace uso de software Design Builder que emplea Energy Plus como motor de cálculo. En este sentido se configura el modelo de análisis y un modelo de estudio.

Configuración del Modelo de Análisis

El parámetro de referencia para evaluar estos sistemas constructivos de la envolvente vertical, corresponde, al comportamiento térmico interior. Dentro de este contexto se analiza la temperatura interior y la demanda energética del modelo base de estudio.

Para evaluar el comportamiento térmico interior, se han escogido dos días de análisis. El primer día corresponde a un día promedio de la ciudad de Cuenca. Identificando que la temperatura exterior máxima alcanza a los 22,88°C y mínima de 8,7°C; mientras que el segundo día de análisis se refiere al día promedio frío, notificando una temperatura del aire exterior máxima de 18,92°C y mínima de 8,52°C. Un aspecto que influencia directamente al comportamiento térmico del material, es la orientación [19]. De tal modo que se evalúa en sentido Norte y sentido Este. Del mismo modo, un factor importante para la valoración de las envolventes verticales, es el confort térmico. Según Quezada y Bustillos determinan que el rango de confort térmico para una vivienda en la ciudad de Cuenca se considera óptimo entre los 17,62°C y 22°C [20]. El parámetro de la demanda energética se manejó por un periodo de análisis mensual y anual con orientación Norte y Este.

Configuración del Modelo de Estudio

Se efectuó la caracterización del modelo base de estudio, rigiéndose en las normativas establecidas por la ordenanza de plan de ordenamiento territorial del cantón Cuenca (16). Como resultado se ha modelado una vivienda unifamiliar de dos plantas, que cumplió con características similares a los casos descritos anteriormente, con adosamientos laterales, con área de 83,9m² por cada planta. El lugar de emplazamiento de la vivienda modelo se encuentra en la ciudad de Cuenca, dentro de una zona periurbana de expansión urbana que considera los factores climáticos de la sierra ecuatorial a una altura de 2665 m.s.n.m.

Al Interior de la vivienda modelo, se estableció como área de estudio, un dormitorio (Figura 1). Porque según el censo de población y vivienda (2010) realizado por el Instituto Ecuatoriano de

Estadísticas y Censos (INEC), en el cantón de Cuenca existe un promedio de 1,25 persona por habitación, mientras que en las habitaciones destinadas a dormitorios éste promedio se eleva a 2,53 personas por cuarto; en consecuencia, el dormitorio se ha convertido en el espacio más habitado en la ciudad. Sumado a esto, según Landázuri, expresa que un dormitorio, es considerado como el espacio de mayor nivel de profundidad en las viviendas, el cual debe satisfacer las necesidades y proteger a sus residentes de diversas condiciones climáticas, cumpliendo el índice de habitabilidad mínimo para vivienda [21].



Figura 1. Planta alta del modelo base

Es así, que el dormitorio modelo analizado, figura 1, tabla 7. Se ha presentado con dimensiones de 3,5m por 3,5m, medidas mayores a las establecida por la Ordenanza municipal de Cuenca [22].

Con respecto al área de iluminación y ventilación natural es del 30%, un 15% por encima del porcentaje establecido por la ordenanza de la ciudad. Finalmente se ha establecido una altura de piso a cielo raso de 2,4m superando los 2,2m establecidos por la normativa de la ciudad.

Tabla 7. Parámetros para diseño de modelo base.

Modelo de estudio					
Dimensión			Área	% de Ventana	Área de muros
x	y	z			
(m)	(m)	(m)	(m ²)	(%)	(m ²)
3,5	3,5	2,4	10,4	30	29,19

Una vez definido el dimensionamiento del modelo base, se establecieron constantes dentro del sistema constructivo: se planteó una vivienda en planta alta con cubierta de estructura metálica con paneles de fibrocemento ondulado y recubrimiento de teja artesanal, el cielo falso fue elaborado con paneles de yeso cartón sin aislamiento térmico ni acústico y entrepiso losa de hormigón en placa colaborante con un recubrimiento cerámico. Para la planta baja las constantes constructivas se limitaron a la construcción de un cielo falso de yeso cartón sin aislamiento térmico ni acústico y un contrapiso de hormigón macizo recubierta de material cerámico (tabla 8).

Tabla 8. Características de las constantes del modelo base.

Componentes del modelo base					
Material		Espesor		Conductividad térmica	
Cubierta					
1	teja	0,01	m	–	
2	plancha de asbesto cemento	0,02	m	0,6	W/m-K
Losa de entrepiso					
1	cerámica	0,01	m	1,3	W/m-K
2	mortero de cemento	0,01	m	1,3	W/m-K
3	hormigón armado	0,1	m	1,63	W/m-K
4	capa de aire	0,15	m		
5	cielo raso gypsum	0,01	m	0,16	W/m-K
Losa de piso					
1	cerámica	0,01	m	1,3	W/m-K
2	mortero de cemento	0,02	m	0,72	W/m-K
3	hormigón armado	0,1	m	1,63	W/m-K

3. Resultados

Los resultados obtenidos permitirán determinar el comportamiento térmico interior del dormitorio. Primero se puntualiza la descripción del cálculo del factor U de cada envolvente analizado. En segundo lugar, se indican de los resultados obtenidos en las simulaciones del día más frío y un día promedio, con orientación Norte y Este. Por último, se detallan las evaluaciones de consumo energético de cada fachada

3.1 Resultados de transmitancia térmica (Factor U)

Una vez establecidos los sistemas de envolvente más recurrentes de la ciudad de Cuenca, siendo: el adobe, el ladrillo, el bloque, el muro de hormigón armado y el sistema prefabricado de OSB. En la tabla 1,2,3,4 se establecen los factores que componen cada pared, determinado la materialidad, número de capas, espesor y bajo que parámetros son evaluados. La figura 2 muestra los resultados obtenidos del cálculo del factor U de cada envolvente. El sistema prefabricado con paneles de OSB, se determina con el menor factor U equivalente a 0,842 W/m²K, posteriormente se ubica el adobe con 1,416 W/m²K, el bloque y el ladrillo con 1,912 W/m²K, 2,059 W/m²K respectivamente, para finalizar se encuentra la envolvente de factor U más elevado, con 3,815 W/m²K

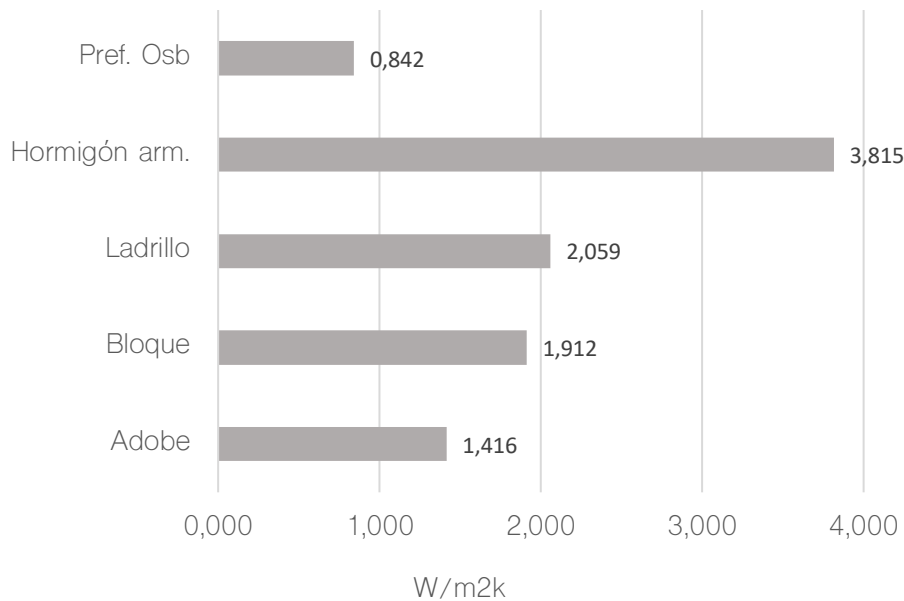


Figura 2. Factor U de las envolventes.

3.2 Evaluación térmica con orientación norte

En este apartado se evaluarán los resultados del comportamiento térmico interior, tanto en el día promedio como en el día frío, para la orientación norte y orientación Este. Según las simulaciones ejecutadas en el día promedio y en un día más frío con disposición hacia el norte, se muestran en la figura 2 y 3. De acuerdo con los resultados, se pudo determinar el comportamiento de los sistemas de envolventes en el día promedio figura 2. El adobe presenta una variación térmica del aire interior de $3,12^{\circ}\text{C}$. En cuanto al bloque y al ladrillo, a pesar de su morfología, estos envolventes se comportan entre sí de manera semejante. El ladrillo registra una oscilación de temperatura de $3,87^{\circ}\text{C}$, mientras que el bloque varía por $3,29^{\circ}\text{C}$. En cuanto a la pared de hormigón armado establece una diferencia térmica de $4,54^{\circ}\text{C}$. Así mismo, se determina la oscilación térmica de la envolvente de OSB, con $6,54^{\circ}\text{C}$, siendo esta la mayor variación térmica registrada en el día promedio.

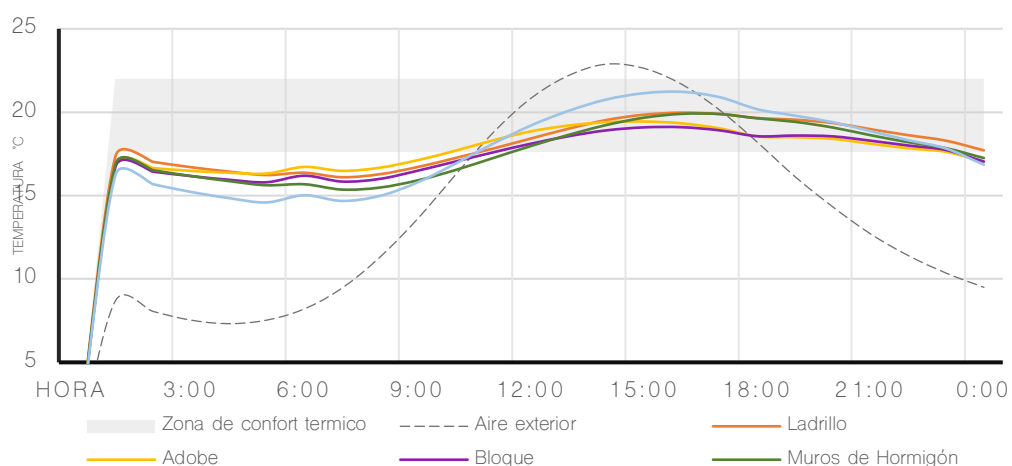


Figura 2. Comportamiento térmico de las envolventes verticales en un día promedio orientación norte

Analizando de forma simultánea, en la misma ilustración se evidencia el confort térmico que ofrecen estas envolventes en el día promedio con orientación norte. Determinando los siguientes aspectos: El adobe y el ladrillo ofrecen 13 horas de confort térmico. Por un lado, el adobe inicia a las 10:00 de la mañana y culmina a las 23:00, mientras que el ladrillo inicia a las 11:00 de la

mañana concluyendo a las 0:00 horas del día siguiente. Dentro de este contexto la envolvente de OSB establece un confort térmico de 12 horas, iniciando a las 11:00 y acabando a las 23:00. Finalmente se ubica la fachada de bloque y el muro de hormigón armado. Estos sistemas establecen confort térmico por 11 horas consecutivas. Arrancando a las 12:00 del mediodía y finalizando a las 23:00 horas.

Así mismo, analizando los resultados (figura 3) corresponden al día más frío con orientación Norte. Se evidencian los siguientes resultados: El adobe manifiesta una variación térmica de 2,56°C. En cuanto al bloque y al ladrillo, se puede determinar una variación de 2,11°C y 2,62°C respectivamente, mientras que la amplitud térmica que presenta la envolvente de hormigón armado es de 2,98°C, finalmente se ubica la fachada prefabricada de OSB, con una diferencia térmica de 4,97°C. Ahora bien, al identificar las horas de confort térmico con orientación norte en un día frío. Únicamente dos tipologías de paredes establecen horas de confort. Siendo el sistema de envolvente de OSB, brindando 8 horas de confort térmico arranca a las 12:00 del mediodía a 20:00 horas; mientras que el adobe establece 4 horas de habitabilidad térmica, iniciando a las 13:00 hasta las 16:00 horas.

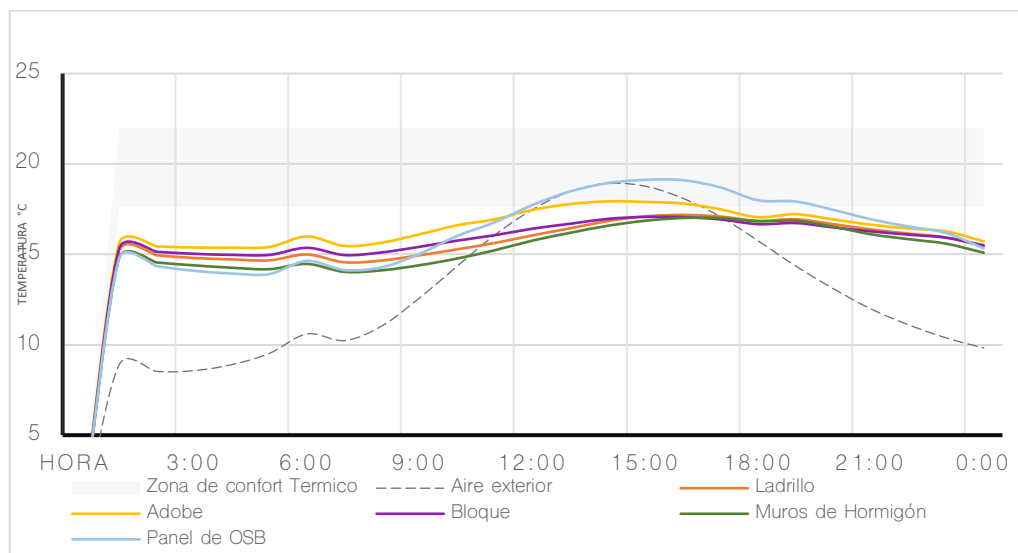


Figura 3. Comportamiento térmico de las envolventes verticales en un día frío-orientación norte

3.3 Evaluación térmica con orientación este

La figura 4 y 5 abarca los resultados del aire interior del dormitorio en un día promedio, y un día frío, con orientación Este.

La figura 4 demuestra los resultados obtenidos de un día promedio, con orientación Este. Así pues, se evidencia que la envolvente de adobe, tiene una variación térmica de 2,68°C. en lo que respecta al bloque, la diferencia térmica es de 3,24°C, seguido de la fachada de ladrillo, con una oscilación de temperatura de 3,88°C. De igual forma, con el sistema de hormigón armado, se establece una amplitud térmica de 4,7°C mientras que el sistema de pared de OSB establece una variación de temperatura de 8,48°C. Continuando con el análisis del confort térmico, se puede identificar, que la envolvente de adobe, establece 24 horas de habitabilidad térmica, en segundo lugar se encuentra la tipología de pared del bloque y ladrillo el rango de confort térmico es de 18 horas, iniciando a las 8am y culminando a 2am del siguiente día para el bloque, mientras que para el ladrillo el confort térmico inicia a las 9:00 y finaliza a las 3:00 del siguiente día. En tercer lugar, se ubica la fachada de hormigón armado, este sistema brinda habitabilidad térmica por un lapso de 15 horas. Comienza a las 9:00 de la mañana y finaliza a las 0:00 del siguiente día. Finalmente se encuentra el sistema prefabricado de OSB, registrando confort de 7 horas, que se

dividen en dos fases. La primera etapa consiste en una hora, 9:00–10:00, la segunda etapa inicia a las 18:00 hasta 0:00. Este sistema de envoltente también manifiesta horas muy calurosas, que superan los 22° , esto ocurre a partir de las 10:00–17:00pm.

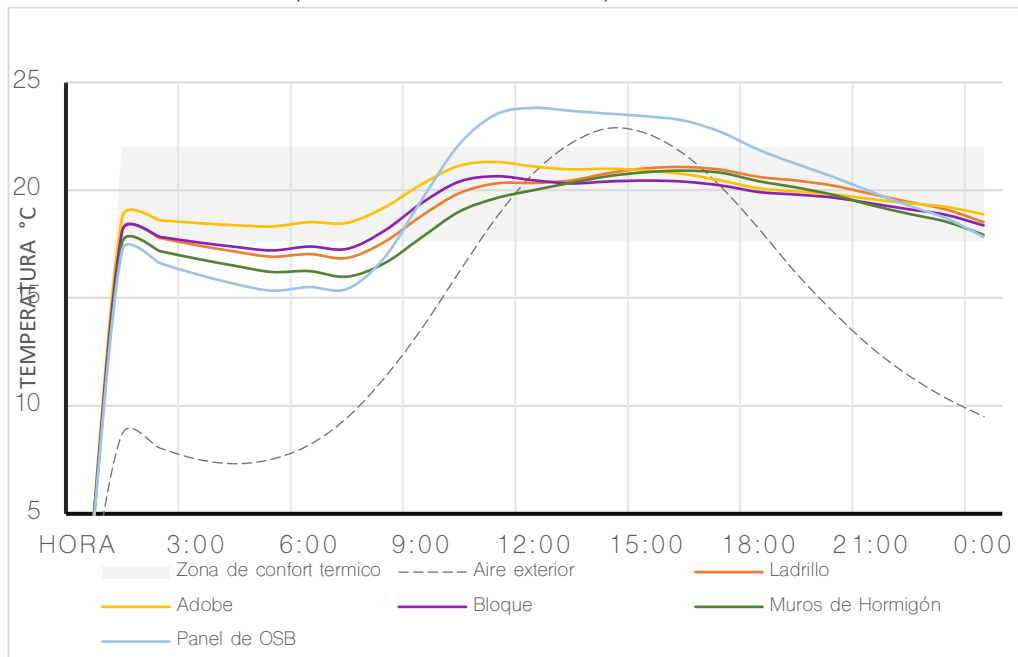


Figura 4 Comportamiento de las Envolventes verticales en un día promedio, orientación norte.

De la misma forma, cuantificando el día más frío con orientación Este, los resultados se manifiestan en la figura 5. Para el adobe, la oscilación de temperatura corresponde a 1.93°C . continuando con el análisis, se termina que el bloque presenta una amplitud térmica de 2.48°C , seguido del ladrillo, con una variación térmica de 3.17°C , de manera consecutiva se encuentra la envoltente de hormigón armado, identificado una variación de 3.63°C . Finalmente se ubica la tipología de pared de OSB. Este sistema presenta la mayor variación con respecto a los casos ya mencionados. La variación corresponde a 6.01°C .

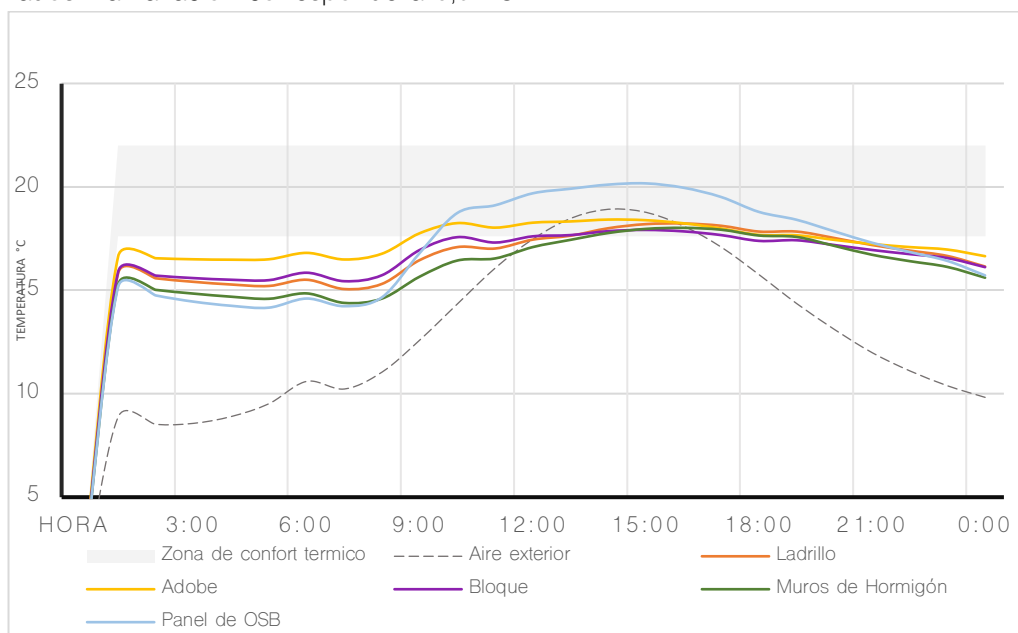


Figura 5 Comportamiento de las Envolventes verticales en un día frío, orientación norte.

En lo que respecta al Confort térmico en relación a los parámetros del día más frío, con orientación Este. Los resultados determinan que los sistemas de envoltentes, tanto para adobe y prefabricados de OSB, brindan 10 horas de confort térmico. Para el adobe se establecen un rango

desde las 9:00 hasta las 19:00, mientras que para la envolvente de OSB, el horario de habitabilidad térmica inicia a las 10:00 terminando a las 20:00, pm. Bajo estos parámetros de evaluación también se encuentra la fachada de ladrillo, brinda confort térmico por 6 horas a partir de las 13:00 hasta las 19:00. Finalmente se ubica los muros de bloque y hormigón, estos envoltentes son los que menor horas de confort brindan, identificando 4 horas, para el bloque el rango de confort se establece a partir de las 13:00– 17:00, de igual forma, el hormigón marca su horario de confort iniciando a las 14:00 hasta las 18:00.

3.4 Demanda Energética

En este punto se manifiestan los resultados de la demanda energética por sistemas activos de calefacción o refrigeración realizadas en el modelo base de estudio. El consumo energético será el parámetro de análisis utilizado para evaluar el acondicionamiento de los 5 sistemas de las envoltentes. Las especificaciones de la temperatura de ajuste de calefacción y refrigeración han sido tomadas en referencia del estudio realizado por Quezada y Bustillos en la ciudad de Cuenca, señalando, que la zona de confort para los cuencanos se encuentra en un rango entre 17,62°C – 22°C [20].

Este análisis tiene dos objetivos, primero corroborar los resultados que se obtuvieron en el análisis anterior, en el día frío y en el día promedio, y segundo, este análisis servirá para determinar cuantitativamente el impacto energético que cada sistema constructivo requiere para brindar estándares de habitabilidad térmica.

3.4.1 Demanda Energética Mensual

Detallando los resultados de la figura 6, enfatizan en establecer los consumos energéticos máximos mensuales de cada envolvente con orientación Norte. En efecto, las envoltentes verticales de hormigón armado, ladrillo, bloque y adobe registran su máximo consumo en el mes de julio. De tal modo que para la tipología de pared de hormigón armado incorpora un consumo energético de 193.77 kWh, mientras que la envolvente de ladrillo requiere de 139.72 kWh, de la misma manera la fachada de bloque demanda de 111.14 kWh y el muro de adobe requiere de 60.40 kWh. Sin embargo, el sistema prefabricado de OSB, reporta su mayor consumo energético en el mes de agosto con 151.35 kWh. Continuando con estos parámetros de análisis, se puede determinar la demanda energética, promedio mensual. Para el envolvente de hormigón armado incorpora una de 117,49 kWh, de igual manera la fachada de OSB necesita de 130,52 kWh energía, mientras que el muro de ladrillo presenta una demanda energética de 127,22 kWh, seguido por la envolvente de bloque que demanda de 103,82 kWh y finalmente el adobe demanda un consumo energético promedio mensual de 57,28 kWh.

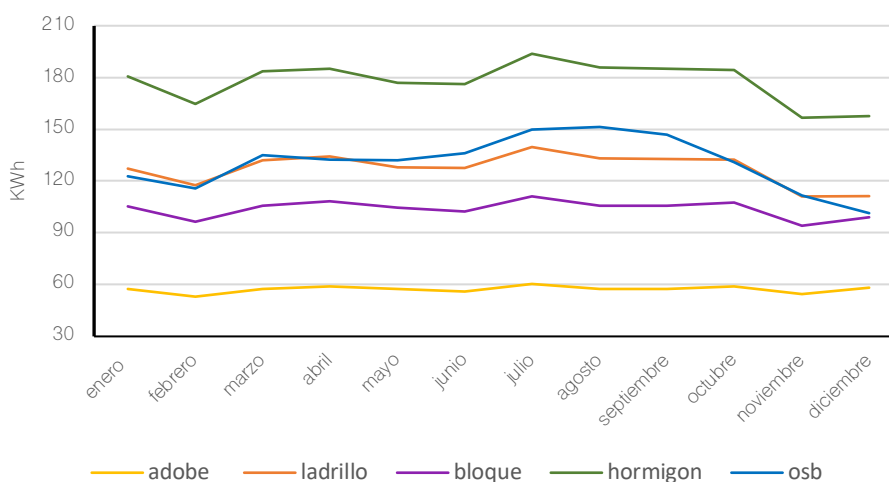


Figura 6. Demanda energética mensual, orientación norte.

De igual modo, la figura 7 expone los resultados de los consumos energéticos máximos mensuales que necesita cada envolvente con orientación Este. Dichos resultados establecen a julio como el mes de mayor consumo energético. Iniciando por el muro de hormigón armado, este evolvente necesita de 184,69 kWh, en segundo lugar, se ubica la envolvente prefabricada de OSB requiere de 124,96 kWh, en tercer lugar, de demanda energética se ubica el ladrillo con 122,04 kWh, seguido por la envolvente de bloque con un consumo máximo de 100,93 kWh y finalmente se ubica la fachada de adobe, manifestado un consumo energético de 60,24 kWh. Dentro de este contexto de resultados, se establece el consumo promedio mensual de cada sistema. Identificando a la envolvente de hormigón armado con un consumo de 168,25 kWh, mientras que el OSB requiere mensualmente de 124,96 kWh, la fachada de ladrillo necesita de 122,04 kWh mensual, de igual manera la tipología de pared de bloque determina un consumo energético de 100,93 kWh y finalmente el muro de adobe con 60,21 kWh

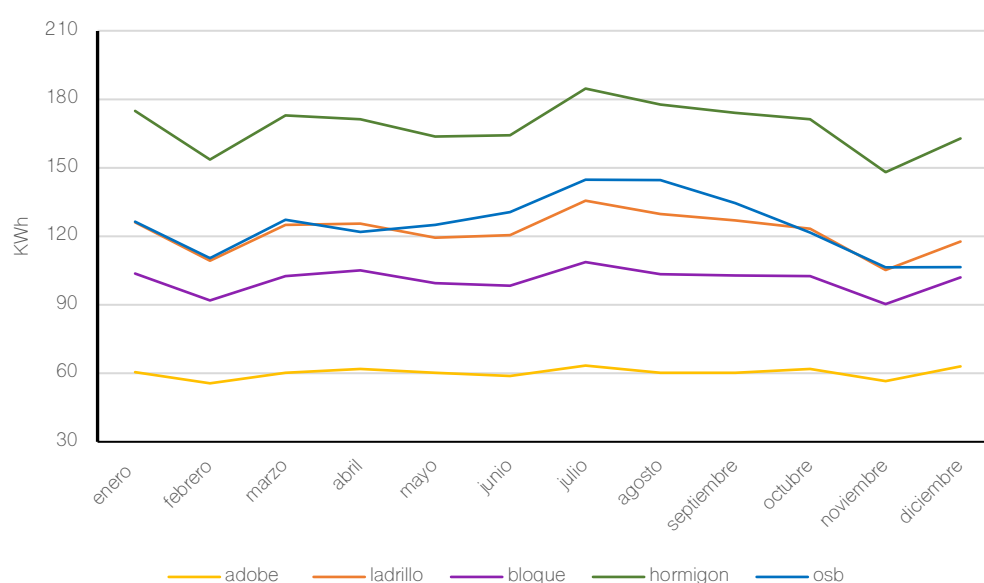


Figura 7 Demanda energética mensual, orientación este.

3.4.2 Demanda Energética Anual

Finalmente, las figuras 8 y 9 detallan el consumo energético anual requerido por cada envolvente. En primera instancia se demostraron los resultados con orientación Norte para posteriormente analizar los resultados obtenidos con orientación Este.

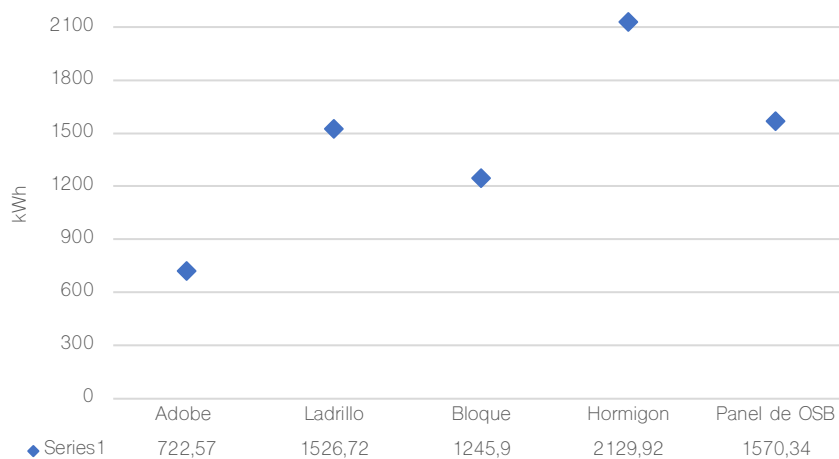


Figura 8. Demanda energética anual, orientación este.

Los resultados obtenidos de la tabla 8, reportan que el consumo energético de la envolvente de hormigón armado alcanza un consumo anual de 2129,92 kWh, mientras que la pared de OSB requiere de 1570,34 kWh anuales. La siguiente envolvente es el ladrillo con un consumo energético anual de 1526,72, kWh. El cuarto lugar concierne a la fachada de bloque, consumiendo anualmente 1211,26 kWh, ubicándose al final, el adobe con un consumo anual de 722,57 kWh.

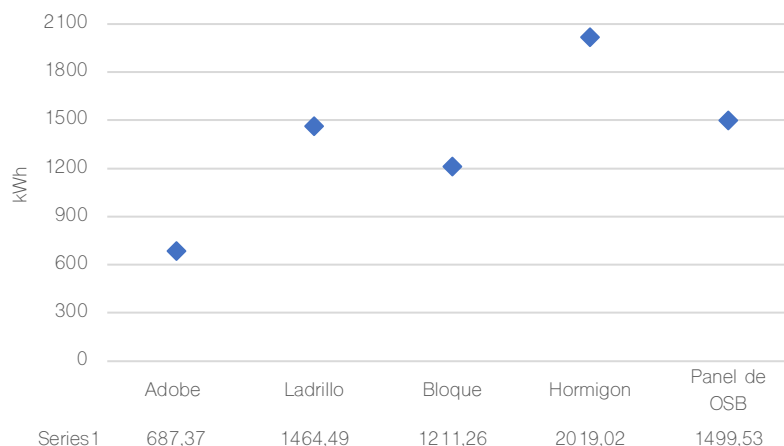


Figura 9 Demanda energética anual, orientación Norte

Continuando con los reportes anuales con orientación Este, figura 8, se determina que el hormigón armado necesita de 2019,02 kWh anualmente, seguido de la envolvente de OSB con 1499,53, en tercer lugar, se ubica el ladrillo con una demanda energética anual de 1211,26 kWh la siguiente fachada es de bloque con 1211,26 kWh, y finalmente el que menor consumo anual reporta es la envolvente de adobe.

4. Discusión

Bajo este contexto de análisis, se puede destacar los siguientes aspectos:

En lo que respecta a los valores obtenidos del factor U , se pone en consideración 2 aspectos relevantes: El primer factor concierne el espesor del muro y el segundo aspecto corresponde a los materiales que componen la pared. Dentro de estas apreciaciones se determina que la envolvente que emplea OSB posee el menor factor U . Esto se debe a que emplea aislamiento de fibra de vidrio, entre sus componentes. El aislamiento permite que la fachada pueda incrementar la resistencia térmica, manifestando que el factor U sea inversamente proporcional a la resistencia térmica. Considerando que, a mayor resistencia térmica del material, menor es la cantidad de calor que pierde [23].

En lo que respecta al adobe, este sistema de envolvente no posee dentro de su composición aislante térmico, otorgando un factor U de 1,41W/m²k. En esta instancia la característica que influye en este valor, es el espesor del muro. De la misma forma, el bloque, ladrillo y hormigón carecen de aislante, su espesor disminuye en comparación al adobe, como consecuencia el factor U de estos envoltentes incrementa.

A partir de estas percepciones sobre la transmitancia térmica, se integra el análisis al establecer el comportamiento del aire interior del dormitorio en el día promedio y frío con orientación Norte y Este. Evidentemente el adobe es la envolvente que menor oscilación térmica presenta, estableciendo rangos prolongados de confort térmico. En este sentido se comprende que el factor U se complementa con el espesor del muro y con la capacidad calorífica del propio material, lo cual implica que se guarde el calor por mayor tiempo, por esta razón se obtienen los resultados de confort durante las 24 horas del día promedio con orientación Este. Por tanto, este sistema de

envolvente con un factor $U = 1,41 \text{ W/m}^2\text{K}$ y masa térmica de $0,44 \text{ m}$, no necesitan de un valor extra de aislamiento, siempre y cuando se ubique con orientación este. Sin embargo, con orientación norte, necesita un análisis más profundo para implementar estrategias que puedan ayudar a mejorar los resultados.

En cuanto a los otros sistemas, en primer lugar, el muro de hormigón armado posee un espesor $0,10 \text{ m}$ y un factor $U = 3,815 \text{ W/m}^2\text{K}$. En los resultados del confort del aire interior demuestran altos cambio de temperatura, como es el caso del día promedio con orientación Este. El sistema de fachada registra una variación térmica de $4,7^\circ\text{C}$, lo cual implica que por su alto factor U y menor espesor, el sistema pierde y gana rápidamente calor, perjudicando a la habitabilidad térmica.

Con respecto al sistema de fachadas de OSB cuyo espesor es de $0,054 \text{ m}$, y el factor $U = 0,86 \text{ W/m}^2\text{K}$. Siendo la envolvente con mayor aislamiento, se trata de la fachada que registra la mayor variación térmica entre los envoltentes analizados, lo cual se evidencia en el día promedio con orientación Este, registrando una variación de $8,48^\circ\text{C}$. Si bien este sistema constructivo alcanza las temperaturas mas altas, comparadas con los otros envoltentes verticales. Estos resultados determinan que la envolvente e OSB presenta un comportamiento térmico interior voluble entre el día y la noche, por ello es recomendable que se incremente el uso de masas acumuladoras, con el objeto de establecer un comportamiento térmico continuo.

En referencia a la fachada de bloque y ladrillo, los cuales poseen espesores semejantes, siendo el caso de $0,19 \text{ m}$ para el bloque y $0,17 \text{ m}$ para el ladrillo. Estos sistemas se comportan de forma semejante, tal es el caso del día promedio con orientación Este, las dos envoltentes otorgan 14 horas de confort, sin embargo, para el día más frío con orientación Este, la envolvente de ladrillo establece una variación térmica de $3,17^\circ\text{C}$, mientras que el bloque varía $2,48^\circ\text{C}$. Ahora bien, al analizar el factor U , para el bloque con $1,912 \text{ W/m}^2\text{K}$ y para la envolvente de ladrillo con $2,059 \text{ W/m}^2\text{K}$. Como resultado de este análisis, se puede determinar que a mayor espesor de muro y menor factor U , el material se comporta de manera más estable.

En lo que concierne a los resultados del consumo energético, se establece a julio como el mes que mayor demanda energética que presentan las envoltentes. La demanda energética está relacionada directamente con el comportamiento térmico de los sistemas de envoltentes evaluados, puesto que, la envolvente de hormigón armado es la que menor horas de confort establece, determinado altos consumos energéticos anuales. De igual manera con el adobe, esta envolvente ofrece los rangos mas alto de confort, evidenciado un bajo consumo energético.

Si bien se determinan evaluaciones en sentido norte y sentido este, la orientación para el presente estudio energético fue de escasa significancia, puesto que la diferencia de resultados fue mínima. Para realizar esta comparativa energética se toma de referencia la envolvente de adobe, al ser la fachada que demostró un comportamiento continuo, también presenta bajos consumos energía para establecer confort térmico. Evidentemente el consumo energético del adobe esta por debajo de las demás envoltentes con $722,57 \text{ kWh}$ anual. En base a esta referencia se identifica los siguientes aspectos energéticos: El bloque requiere de 1,72 veces más de energía que el adobe, con $1245,9 \text{ kWh}$ anual, del mismo modo, el ladrillo es 2,11 veces mayor el consumo energético con respecto al adobe, con un valor de $1526,72 \text{ kWh}$ anual, el consumo energético de la envolvente de OSB es mayor por 2,17 con $1570,34 \text{ kWh}$ anual finalmente el hormigón demanda 2,94 veces la cantidad de energía que el adobe con $2129,92 \text{ kWh}$ anual.

5. Conclusiones

Este trabajo revisa el comportamiento térmico de los 5 sistemas constructivos más usados en las últimas 4 décadas en la ciudad de Cuenca-Ecuador. En particular se analiza la influencia del factor U que proporcionan los diferentes sistemas de envoltentes, y la demanda energética necesaria

para establecer confort. Para ello se ha generado simulaciones en un modelo base, con las 5 envolventes verticales más utilizados en la ciudad de estudio. A partir de este análisis se han podido extraer las siguientes conclusiones:

Por un lado, la envolvente vertical de Adobe es el sistema que presenta el mejor comportamiento térmico de los 5 analizados en el clima de estudio, a pesar de poseer un factor U mayor que el sistema de OSB. Esto responde al valor de U que presenta sumado a la alta masa térmica que posee. Por otro lado, el sistema que mayor variación térmica registra y el que se aleja más del rango de confort, es la fachada de hormigón armado, dado que su factor U es el mayor de todos, y su masa térmica es reducida. De igual forma, la envolvente de OSB aun cuando posee el factor U más bajo, reflejó un comportamiento térmico oscilante, similar al hormigón armado, debido a su espesor reducido. Esto indica que el valor reducido de transmitancia térmica, no es siempre un indicador que asegura el confort térmico, pues existen otros parámetros que como el espesor y la masa térmica que intervienen en gran medida sobre los índices de habitabilidad.

Bajo estos argumentos, se puede inferir que las normativas constructivas y de eficiencia energética de la ciudad de estudio, no deben centrarse solamente en el factor U , sino enfocarse en otros parámetros como la masa térmica y el espesor de los elementos verticales de cerramiento. Este estudio recomienda el uso de masas acumuladoras, que permitan regularizar la temperatura interior y con una orientación este alcanzar el confort.

Contribución de autores: Idea, tabulación, trabajo de campo, revisión, redacción, metodología, software, validación, edición (P.V-J.T), revisión, supervisión (J.T).

Financiamiento: Los autores financiaron a integridad el estudio.

Conflictos de interés: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias

1. Mishra, A.K.; Ramgopal, M. Field studies on human thermal comfort – An overview. *Build. Environ.* **2013**, *64*, 94–106, doi:10.1016/j.buildenv.2013.02.015.
2. Sarmiento, M.; Hormazábal, P.; M, P.S.; P, N.H. Habitabilidad térmica en las viviendas básicas de la zona central de Chile, a la luz de los resultados preliminares del proyecto FONDEF D0011039. *Invi* **2003**, *18*, 23–32.
3. Soler, D.; Salandin, A.; Micó, J.C. Lowest thermal transmittance of an external wall under budget, material and thickness restrictions: An integer linear programming approach. *Energy Build.* **2018**, *158*, 222–233, doi:10.1016/j.enbuild.2017.09.078.
4. Yoo, J.; Chang, S.J.; Yang, S.; Wi, S.; Kim, Y.U.; Kim, S. Performance of the hygrothermal behavior of the CLT wall using different types of insulation; XPS, PF board and glass wool. *Case Stud. Therm. Eng.* **2021**, *24*, 100846, doi:10.1016/j.csite.2021.100846.
5. Smeds, J. Energy Aspects in Swedish Building Legislation th of the 20 Century Concerning Dwellings. *Lund Inst. Technol.* **2004**, *7*.
6. Reus, G.; Czajkowski, J. COMPARACIÓN ENTRE LAS NORMATIVAS DE DESEMPEÑO TERMICO EDIFICIO DE ARGENTINA, BRASIL Y CHILE. APLICACIÓN A VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL. EJE.; 2014.
7. Estado, J. Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación. Modificación 15 de julio de 2015. *Boletín Of. del Estado* **1999**, *BOE Nº 266*, 1–24.
8. Vivienda, M. de *Código Técnico de la Edificación Partes I y II*; 2006; p. 1061.
9. Panayiotou, G.P.; Kalogirou, S.A.; Florides, G.A.; Maxoulis, C.N.; Papadopoulos, A.M.; Neophytou, M.; Fokaides, P.; Georgiou, G.; Symeou, A.; Georgakis, G. The characteristics and the energy behaviour of the residential building stock of Cyprus in view of Directive 2002/91/EC. *Energy Build.* **2010**, *42*, 2083–2089, doi:10.1016/j.enbuild.2010.06.018.
10. Schilling, M.B. "Evaluación técnico-económica del mejoramiento térmico en utilización de estrategias

- pasivas: caso de estudio en la ciudad de Temuco ” tesis para optar al grado de magíster en hábitat sustentable y eficiencia energética autor : Manuel Bravo Schilling pr, 2014.
11. Damico, F.C.; Alvarado, R.G.; Kelly, M.T.; Oyola, O.E.; Oyola, O.E.; Diaz, M. Análisis energético de las viviendas del centro-sur de Chile. *Arquitetura revista* **2012**, *8*, 62–75, doi:10.4013/arq.2012.81.07.
 12. Reus, G.; Czajkowski, J.D. Comparación entre las normas de desempeño térmico edilicio de Argentina y Brasil. *Ambient. Construido* **2016**, *16*, 105–122, doi:10.1590/s1678-86212016000100063.
 13. Czajkowski, D.B.; G.R.N.; J. ASADES. *ASADES* **2015**, *3*, 125–134.
 14. Carrasco Castro, F. Las transformaciones en el paisaje generadas por la expansion Urbana de Cuenca. *Rev. ESTOA* **2015**, *37*.
 15. Censos, I.N. de E. y Redatam ECLAC_CELADE – R+SP WebServer.
 16. Cueva Pérez, J.S. Sistematización en el diseño de una vivienda modular con estructura metálica y paneles de concreto, 2012.
 17. Instituto Nacional de Normalización INN *Norma Chilena NCh853-2007. Acondicionamiento térmico-Envoltura térmica de edificios-Cálculo de resistencias y transmitancias térmicas*; 2007;
 18. Instituto Argentino de Normalización y Certificación IRAM 11601: Aislamiento termico de edificios, Metodos de calculo. 2002, 47.
 19. Cordero, X.; Vanessa, G. Diseño y validación de vivienda bioclimática para la ciudad de Cuenca Introducción : *Desing Valid. bioclimatic Hous. city cuenca* **2013**, 61–75.
 20. Quesada, F.; Bustillos, D. Indoor environmental quality of urban residential buildings in Cuenca-Ecuador: Comfort standard. *Buildings* **2018**, *8*, doi:10.3390/buildings8070090.
 21. Landázuri, A.M.; Mercado, S.J. Algunos factores fisicos y psicologicos relacionados con la habitabilidad interna de la vivienda. *Medio Ambient. y Comport. Hum.* **2004**, *5*, 89–113.
 22. GAD descentralizado del Canton Cuenca Ordenanzas | GAD MUNICIPAL DEL CANTÓN CUENCA Available online: http://www.cuenca.gov.ec/?q=vista_ordenanzas.
 23. Pérez, J.B.; Cabanillas, R.E.; Hinojosa, J.F.; Borbón, A.C. Estudio Numérico de la Resistencia Térmica en Muros de Bloques de Concreto Hueco con Aislamiento Térmico. *Inf. Tecnol.* **2011**, *22*, 27–38, doi:10.4067/S0718-07642011000300005.

Reseña de los autores:



Paola Catalina Vásquez Méndez. Arquitecta de la universidad del Azuay, ha colaborado con varios arquitectos de la ciudad de Cuenca en proyectos urbano-arquitectónicos. Actualmente estudiante de la maestría de Construcciones de la universidad Católica de Cuenca y forma parte del consorcio A.A.V, enfocándose en la dirección y construcción de proyectos inmobiliarios privados.



Jefferson Torres Quezada. Doctor en Arquitectura, graduado en la Universidad Politécnica de Catalunya (UPC), ha colaborado como Profesor Auxiliar del Programa de Master Oficial MBArch de la UPC. Actualmente docente-investigador de la Universidad Católica de Cuenca, y director del proyecto de investigación DAMA-215543. Sus investigaciones se centran en la eficiencia energética de edificios.