



UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DE CUENCA

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**

*Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo*

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERIA,  
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA DE ARQUITECTURA**

**OPTIMIZACIÓN DE ENVOLVENTES PARA EL AISLAMIENTO  
TÉRMICO EN EL DISEÑO DE VIVIENDAS RURALES DE TARQUI**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE ARQUITECTA**

**AUTOR: JENNIFER LORENA FAJARDO LOJANO**

**MARÍA BELÉN CALLE MOSCOSO**

**DIRECTOR: ARQ. JEFFERSON ELOY TORRES QUEZADA**

**CUENCA - ECUADOR**

**2025**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**

*Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo*

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA  
Y CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA DE ARQUITECTURA**

**OPTIMIZACIÓN DE ENVOLVENTES PARA EL AISLAMIENTO  
TÉRMICO EN EL DISEÑO DE VIVIENDAS RURALES DE TARQUI**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE ARQUITECTA**

**AUTOR: JENNIFER LORENA FAJARDO LOJANO, MARÍA BELÉN  
CALLE MOSCOSO**

**DIRECTOR: ARQ. JEFFERSON TORRES**

**CUENCA - ECUADOR**

**2025**

**DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO**

## DECLARATORIA DE AUTORÍA Y RESPONSABILIDAD

Jennifer Lorena Fajardo Lojano portador de la cédula de ciudadanía N° 0107450850 y María Belén Calle Moscoso portador de la cédula de ciudadanía N° 0106784747. Declaro ser el autor de la obra: "Optimización de envoltentes verticales para el aislamiento térmico en el diseño de las viviendas rurales de Tarqui", sobre la cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que mi obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, 20 de marzo de 2025



F: .....

Jennifer Lorena Fajardo Lojano

0107450850



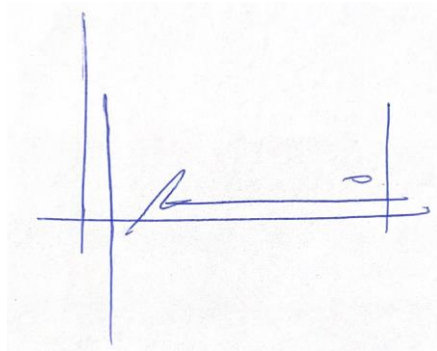
F: .....

María Belén Calle Moscoso

0106784747

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Jennifer Lorena Fajardo Lojano y María Belén Calle Moscoso, bajo mi supervisión.

A handwritten signature in blue ink, consisting of a vertical line on the left, a horizontal line across the middle, and a vertical line on the right, with a stylized flourish in the center.

---

**ARQ. JEFFERSON ELOY TORRES  
QUEZADA  
DIRECTOR**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mi querida familia y amigos, quienes han sido mi mayor apoyo y fuente de inspiración a lo largo de este camino. A mi familia, por su amor incondicional y por enseñarme el valor del esfuerzo y la perseverancia; cada sacrificio que han hecho por mí ha sido un impulso para alcanzar mis metas. Su confianza en mí me ha dado la fortaleza necesaria para enfrentar los desafíos.

A mis amigos, gracias por su compañía, risas y por estar a mi lado en los momentos difíciles. Su apoyo constante y alentador ha hecho que este viaje sea mucho más enriquecedor y placentero. Cada uno de ustedes ha contribuido de manera única a mi crecimiento personal y académico, y este logro es tanto mío como de ustedes.

¡Gracias por ser parte de mi vida y por hacer de este momento algo verdaderamente especial!

## **AGRADECIMIENTOS**

Es un honor para mí dedicar este espacio para expresar mi más sincero y profundo agradecimiento a quienes han sido fundamentales a lo largo de mi formación universitaria y la culminación de la misma con este proyecto de titulación, un logro que simboliza no solo un avance académico, sino también un importante capítulo en mi desarrollo personal.

En primer lugar, mi profundo reconocimiento va dirigido a mis padres, quienes han sido un pilar indispensable en mi vida. Su amor y compromiso han sido la fuerza que me ha motivado a alcanzar mis metas. Gracias a su dedicación constante, he tenido la oportunidad de llegar a este punto significativo. No solo han sido una madre y un padre excepcionales, sino también un modelo a seguir; admiro enormemente su tenacidad y valentía frente a las dificultades. Su capacidad para enfrentar los retos con determinación y optimismo me ha enseñado a nunca rendirme.

Quiero también resaltar la importancia de mi hermano, quien ha sido un rayo de luz en mi camino. Su apoyo constante y su compañía han sido esenciales en los momentos de dificultad, él siempre ha sabido ofrecerme una visión positiva, convirtiendo mis días difíciles en oportunidades de crecimiento y esperanza. Más que un hermano, se ha convertido en un amigo incondicional que me ha acompañado en todas las adversidades. Aprecio profundamente cada instante compartido y confío en seguir contando con su apoyo en el futuro.

No puedo dejar de mencionar a la Universidad Católica de Cuenca y a todo el personal docente que ha contribuido a mi formación. Su dedicación y pasión por la enseñanza han sido claves en mi desarrollo académico, no solo me han brindado conocimientos técnicos, sino que también me han inspirado a adoptar valores que serán esenciales en mi camino profesional y personal.

Deseo expresar mi gratitud de manera especial a mi tutora, el Arq. Jefferson Torres, su inagotable paciencia y apoyo constante han sido pilares fundamentales en este proceso. Su orientación ha iluminado mi trayecto y ha dejado una huella imborrable en mi crecimiento académico y personal, por la cual siempre le estaré profundamente agradecida.

Finalmente, quiero agradecer a los amigos que he hecho a lo largo de mi trayectoria universitaria. Cada uno de ustedes ha aportado un matiz único a esta experiencia. En particular, a mis mejores amigos, quienes han estado a mi lado en cada paso de este arduo camino. Gracias por los momentos inolvidables, por su apoyo constante y por compartir sus vivencias conmigo, me llena de alegría ver cómo se han convertido en parte de mi familia, y anhelo que nuestra amistad perdure a lo largo de los años.

## RESUMEN

La investigación se centra en la importancia de las envolventes arquitectónicas en las viviendas rurales de Tarqui, Ecuador, y su optimización para mejorar el aislamiento térmico. En un entorno con bajas temperaturas y alta humedad, se analizan las técnicas constructivas y materiales, desde el adobe hasta el ladrillo y el bloque de cemento, evaluando su impacto en el confort térmico y la eficiencia energética.

Se identifican problemas significativos en el aislamiento, que resultan en un mayor consumo energético y afectan la calidad de vida de los habitantes. Aunque la normativa ecuatoriana establece directrices para un adecuado aislamiento, muchas construcciones en Tarqui no las cumplen, lo que resalta la necesidad de estrategias sostenibles adaptadas al clima local.

La investigación utiliza mediciones in situ y simulaciones energéticas para proponer soluciones que integren materiales tradicionales y modernos. Se sugieren técnicas como el aislamiento insuflado, sistemas SATE, paneles aislantes y pinturas térmicas, cada una contribuyendo a la reducción de la transmitancia térmica. Los resultados indican que las viviendas en Tarqui superan los límites establecidos, sugiriendo la adopción de nuevas estrategias constructivas para alcanzar niveles adecuados de confort térmico. La integración de soluciones bioclimáticas puede mejorar el confort de los residentes y contribuir al desarrollo sustentable de la región.

*Palabras clave:* Aislamiento térmico, envolventes, eficiencia energética, Transmitancia, Sostenibilidad.

## ABSTRACT

The research focuses on the importance of architectural envelopes in rural housing in Tarqui, Ecuador, and their optimization to improve thermal insulation. In an environment characterized by low temperatures and high humidity, various construction techniques and materials are analyzed, ranging from adobe to brick and cement blocks, evaluating their impact on thermal comfort and energy efficiency.

Significant problems in insulation are identified, resulting in increased energy consumption and affecting the quality of life of the inhabitants. Although Ecuadorian regulations establish guidelines for adequate insulation, many constructions in Tarqui do not comply, highlighting the need for sustainable strategies adapted to the local climate.

The research employs on-site measurements and energy simulations to propose solutions that integrate traditional and modern materials. Techniques such as blown insulation, SATE systems, insulating panels, and thermal paints are suggested, each contributing to the reduction of thermal transmittance. The results indicate that the houses in Tarqui exceed the established limits, suggesting the adoption of new construction strategies to achieve adequate levels of thermal comfort. The integration of bioclimatic solutions can enhance the comfort of residents and contribute to the sustainable development of the region.

*Keywords:* Thermal insulation, envelopes, energy efficiency, transmittance, sustainability.

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARATORIA DE AUTORÍA Y RESPONSABILIDAD.....	- 1 -
CERTIFICACIÓN .....	- 2 -
DEDICATORIA.....	- 3 -
AGRADECIMIENTOS.....	- 4 -
RESUMEN.....	- 5 -
ABSTRACT.....	- 6 -
LISTA DE FIGURAS.....	- 9 -
LISTA DE TABLAS .....	- 10 -
CAPÍTULO I.....	- 11 -
<b>1. FUNDAMENTACIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.....</b>	<b>- 11 -</b>
1.1 INTRODUCCIÓN.....	- 11 -
1.2 EL PROBLEMA .....	- 12 -
1.2.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN.....	- 12 -
1.3 DEFINICIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO .....	- 13 -
1.4 OBJETIVOS .....	- 14 -
1.4.1 GENERAL .....	- 14 -
1.4.2 ESPECÍFICOS .....	- 14 -
1.5 ANTECEDENTES .....	- 14 -
1.6 MARCO TEÓRICO.....	- 15 -
CAPÍTULO II.....	- 17 -
<b>2. REFERENTES TEÓRICOS, ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS Y NORMATIVA .....</b>	<b>- 17 -</b>
2.1 MARCO HISTÓRICO .....	- 18 -
2.1.1 Contexto de Tarqui.....	- 18 -
2.1.2 Desarrollo histórico y cultural .....	- 19 -
2.1.3 Factores sociales y económicos .....	- 20 -
2.2 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS.....	- 22 -
2.2.1 Temperaturas.....	- 22 -
2.2.2 Precipitaciones .....	- 24 -
2.2.3 Humedad.....	- 26 -
2.2.4 Vientos.....	- 27 -
2.2.5 Radiación solar y soleamiento .....	- 29 -
2.3 EVOLUCIÓN DE LAS VIVIENDAS EN TARQUI.....	- 30 -
2.3.1 Época Prehispánica: Las Viviendas de los Cañaris.....	- 30 -
2.3.2 La Influencia Colonial y el Surgimiento de Nuevos Estilos .....	- 31 -
2.3.3 Viviendas en la Actualidad: Combinación de lo Tradicional y lo Moderno .....	- 34 -
2.4 SISTEMAS CONSTRUCTIVOS UTILIZADOS EN TARQUI.....	- 34 -
2.4.1 El ladrillo.....	- 35 -
2.4.2 El bloque de cemento.....	- 36 -
2.4.3 El adobe .....	- 37 -
2.5 MARCO CONCEPTUAL.....	- 37 -
2.5.1 ¿Qué es la u?.....	- 37 -
2.5.2 Fundamentos de la transferencia de calor.....	- 38 -
2.5.3 Cálculo de la u.....	- 38 -
2.5.4 Coeficiente "U" en Materiales de Construcción: .....	- 40 -

2.6	MARCO NORMATIVO.....	- 41 -
2.6.1	<i>Determinación de la zona climática</i> .....	- 42 -
<b>CAPÍTULO III .....</b>		<b>- 46 -</b>
<b>3.</b>	<b>CASOS DE ESTUDIO Y RECOLECCIÓN DE DATOS.....</b>	<b>- 46 -</b>
3.1	METODOLOGÍA.....	- 46 -
3.2	CASOS DE ESTUDIO.....	- 47 -
3.2.1	<i>Sistema Constructivo de Bloque</i> .....	- 47 -
3.2.2	<i>Sistema Constructivo de Ladrillo</i> .....	- 49 -
3.3	EXPERIMENTACIÓN .....	- 51 -
3.3.1	<i>Testo 365</i> .....	- 52 -
3.3.2	<i>Instrumentos utilizados en la medición</i> .....	- 52 -
3.3.3	<i>Funcionamiento</i> .....	- 52 -
3.3.4	<i>Medición de la transmitancia térmica (U)</i> .....	- 53 -
3.3.5	<i>Medición en muro de ladrillo</i> .....	- 54 -
3.3.6	<i>Medición del muro de bloque</i> .....	- 55 -
3.4	RESULTADOS.....	- 56 -
3.4.1	<i>Resultados Experimentales</i> .....	- 56 -
3.4.2	<i>Resultados Teóricos</i> .....	- 56 -
3.5	COMPARACIÓN .....	- 58 -
<b>4.</b>	<b>CAPÍTULO IV – PROPUESTA .....</b>	<b>- 60 -</b>
<b>PROPUESTAS.....</b>		<b>- 61 -</b>
4.1	AISLAMIENTO INSUFLADO .....	- 61 -
4.2	APLICACIÓN DEL SISTEMA SATE .....	- 65 -
4.3	PANELES AISLANTES ADHERIDOS AL MURO .....	- 70 -
4.4	AISLAMIENTO CON MORTERO TÉRMICO.....	- 73 -
4.5	PARED VERDE O JARDÍN VERTICAL .....	- 76 -
4.6	PINTURAS TÉRMICAS .....	- 79 -
<b>CAPÍTULO V.....</b>		<b>- 81 -</b>
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>- 81 -</b>
5.1	CONCLUSIONES .....	- 81 -
5.2	RECOMENDACIONES .....	- 82 -
<b>6.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>- 83 -</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Delimitación de la parroquia Tarqui _____	19
Figura 2: Vivienda tradicional cañari _____	31
Figura 3: Detalle constructivo de vivienda tradicional cañari _____	32
Figura 4: Ejemplo de vivienda colonial _____	33
Figura 5: Detalle constructivo de vivienda colonial _____	33
Figura 6: Vivienda de Tarqui _____	34
Figura 7: Detalle constructivo de vivienda de Tarqui _____	34
Figura 8: Comparación de la conductividad térmica, espesor y valor-U de 3 paredes con diferentes sistemas constructivos _____	36
Figura 9: Detalle constructivo de construcción de ladrillo _____	37
Figura 10: Detalle constructivo de construcción en bloques de cemento _____	37
Figura 11: Detalle constructivo de construcción en adobe _____	38
Figura 12: Flujo de calor a través de los muros _____	39
Figura 13: Zonas climáticas del Ecuador _____	43
Figura 14: Imagen Vivienda de Bloque _____	49
Figura 15: Imagen Vivienda de Bloque _____	49
Figura 16: Planta baja de la Vivienda _____	49
Figura 17: Detalle constructivo vivienda bloque _____	49
Figura 18: Imagen vivienda de Ladrillo _____	51
Figura 19: Detalle constructivo _____	51
Figura 20: Planta de la Vivienda _____	51
Figura 21: Detalle Constructivo vivienda ladrillo _____	51
Figura 22: Toma de muestreo con el Testo 365 pared 1 _____	52
Figura 23: Testo 365, Termo pares _____	54
Figura 24: Testo 365 , sonda de temperatura _____	54
Figura 25: Testo 365 _____	54
Figura 26: Resultado Testo 365 pared de ladrillo 1 _____	55
Figura 27: Resultado Testo 365 pared de ladrillo 2 _____	55
Figura 28: Resultado Testo 365 pared de Bloque 1 _____	56
Figura 29: Resultado Testo 365 pared de Bloque 2 _____	56
Figura 30: Función del aislamiento insuflado _____	63
Figura 31: Detalle constructivo del aislamiento insuflado _____	66
Figura 32: Funcionamiento del sistema SATE _____ - _____	68
Figura 33: Detalle constructivo del sistema SATE _____	70
Figura 34: Funcionamiento de los paneles aislantes adheridos al muro _____	71
Figura 35: Detalle constructivo de los paneles aislantes adheridos al muro _____	73
Figura 36: Funcionamiento del aislamiento con mortero térmico _____	74
Figura 37: Detalle constructivo del aislamiento con mortero térmico _____	76
Figura 38: Funcionamiento de las paredes verdes _____	77
Figura 39: Detalle constructivo de las paredes verdes _____	79
Figura 40: Representación gráfica del funcionamiento de la pintura reflectante _____	80

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Temperaturas de Tarqui _____	-24-
Tabla 2: Temperatura media de Tarqui _____	-25-
Tabla 3: Precipitaciones de Tarqui _____	-26-
Tabla 4: Cantidad de precipitación de Tarqui _____	-27-
Tabla 5: Porcentaje de humedad relativa de Tarqui _____	-27-
Tabla 6: Velocidad de viento de Tarqui _____	-29-
Tabla 7: Conductividad térmica de los materiales utilizados en Tarqui _____	-36-
Tabla 8: Materiales que se utilizan comúnmente en Tarqui _____	-42-
Tabla 9: Requisitos de envolvente para la zona climática continental templada _____	-44-
Tabla 10: Multiplicadores de SHGC para elementos de sombra _____	-45-
Tabla 11: Materiales aplicables al sistema SATE _____	-67-
Tabla 12: Mortero base del sistema SATE _____	-67-
Tabla 13: Materiales aplicables a los acabados del sistema SATE _____	-68-
Tabla 14: Tipos de paneles recomendados para Tarqui _____	-72-
Tabla 15: Materiales para mortero recomendados para Tarqui _____	-75-

## CAPÍTULO I

### 1. FUNDAMENTACIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

#### 1.1 INTRODUCCIÓN

La optimización del confort térmico en las casas rurales ha cobrado una importancia notable, sobre todo en áreas con climas fríos, como Tarqui, situado en el cantón Cuenca, en la provincia de Azuay. Las condiciones climáticas de esta zona, marcadas por temperaturas bajas durante la mayor parte del año, representan un reto considerable para la calidad de vida de sus residentes. En este marco, el confort térmico se entiende como la situación en la que los habitantes de una casa se sienten satisfechos con su entorno térmico, el cual está influenciado por aspectos como la temperatura exterior, la ventilación, el aislamiento y la eficiencia energética de los edificios (Castro, 2021). A pesar de estar cerca de la ciudad de Cuenca, Tarqui ha preservado su carácter rural, lo cual se refleja en su arquitectura tradicional y en el uso de materiales autóctonos para la construcción de viviendas. Sin embargo, la expansión urbana ha ido modificando gradualmente el uso del suelo, favoreciendo la edificación de nuevas casas que, en muchas ocasiones, no tienen en cuenta adecuadamente las características climáticas locales ni implementan diseños que mejoren el confort térmico. Según Martínez (2020), "la urbanización de áreas rurales como Tarqui plantea importantes desafíos, incluyendo la necesidad de servicios básicos y la adaptación de las construcciones a nuevas realidades demográficas".

Uno de los problemas más destacados en esta área es la falta de estrategias efectivas de aislamiento térmico en las casas rurales de Tarqui. Las construcciones tradicionales, que suelen emplear materiales como adobe y caña, no poseen las cualidades necesarias para asegurar un confort térmico adecuado, resultando en interiores fríos durante gran parte del año. Esta carencia no solo afecta el bienestar y la salud de los habitantes, sino que también incrementa el consumo energético debido a la mayor necesidad de calefacción (Pérez & Gómez, 2022). Según López (2023), la ausencia de un aislamiento térmico efectivo puede generar un aumento del 30% en los costos de energía durante los meses más fríos.

La normativa ecuatoriana, en especial la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), establece pautas esenciales para el diseño y la edificación de construcciones que aseguren un aislamiento térmico adecuado y, por ende, un óptimo confort en las viviendas. El cumplimiento de estas regulaciones no solo es vital para garantizar la seguridad y durabilidad de las edificaciones, sino que también fomenta la eficiencia energética y el bienestar de los ocupantes. Al aplicar las disposiciones de la NEC en el diseño de viviendas, se puede disminuir de manera significativa la pérdida de calor, optimizando así el uso de recursos energéticos y mejorando la habitabilidad en climas fríos como el de Tarqui.

El crecimiento poblacional y la expansión urbana en Tarqui han generado la necesidad de integrar prácticas sostenibles en el diseño y la construcción de nuevas viviendas. Aunque los materiales locales empleados en las construcciones rurales son accesibles y económicos, a menudo no proporcionan las prestaciones necesarias en términos de aislamiento térmico en climas fríos. La implementación de soluciones modernas, como el uso de materiales aislantes de mayor eficiencia, puede contribuir de manera significativa a la mejora del confort térmico en la región. Yan et al. (2020) destacan que "la orientación del edificio y el uso de materiales aislantes pueden maximizar la ganancia solar y reducir las pérdidas de calor, lo que disminuye considerablemente el consumo energético". Además, el uso de tecnologías como los sistemas de calefacción pasiva y el diseño bioclimático puede representar un avance significativo en la sostenibilidad de las viviendas rurales (Rojas & Pérez, 2021).

## **1.2 EL PROBLEMA**

### **1.2.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN**

En primer lugar, el clima frío, especialmente durante las noches, representa un desafío considerable para el confort térmico de las viviendas. La relevancia del aislamiento térmico se vuelve aún más crucial en este contexto, ya que un manejo adecuado de la temperatura interior puede mejorar notablemente la calidad de vida de los residentes (Parker, 2020). La región andina de Ecuador se distingue por su clima frío y montañoso, con temperaturas que varían entre 10 y 20 °C; sin embargo, hay áreas donde las temperaturas son más bajas debido a la ausencia de un entorno urbano que las proteja del viento, como es el caso de la parroquia Tarqui, situada en el cantón Cuenca, Ecuador, que presenta un clima templado con temperaturas que oscilan entre 5 °C y 19 °C (INAMHI, 2021). Esta región tiene una alta pluviosidad, especialmente durante los meses de verano. Este clima es esencial para la agricultura local, pero también plantea retos para el confort térmico en las viviendas.

La normativa ecuatoriana de construcción, conocida como la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), establece pautas sobre el aislamiento térmico que son fundamentales para asegurar el confort y la eficiencia energética en las viviendas (Biblioguías UCM, 2024). Estas regulaciones están diseñadas para promover prácticas constructivas que reduzcan el consumo energético y maximicen el bienestar de los habitantes. Sin embargo, en áreas rurales como Tarqui, el cumplimiento de estas normas puede variar considerablemente. Esto se debe, en gran medida, a la diversidad de tipos de construcción en la zona, donde muchas casas aún emplean técnicas tradicionales que pueden no estar alineadas con los estándares modernos de la NEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC], 2024). Uno de los aspectos más significativos que contribuyen a la problemática de eficiencia energética en Tarqui es el aislamiento térmico inadecuado en muchas viviendas. Especialmente en aquellas de construcción informal, este aislamiento suele ser deficiente, lo que provoca pérdidas de calor durante las noches frías. Además, la arquitectura vernácula o tradicional, que se caracterizaba por muros gruesos que ofrecían un

mejor aislamiento térmico, ha sido sustituida por edificaciones con muros más delgados, lo que agrava aún más la situación. Esto se traduce en un mayor consumo de energía para calefacción, aumentando no solo los costos para los residentes, sino también su huella de carbono (Biblioguías UCM, 2024). Estudios recientes indican que las viviendas con un buen aislamiento térmico pueden reducir su consumo energético hasta en un 30%, lo que representa un ahorro significativo a largo plazo (Parker, 2020).

El uso de materiales locales en la construcción, si no se aborda desde una perspectiva sostenible, puede empeorar la situación. Aunque estos materiales suelen ser más accesibles y económicos, su uso sin criterios adecuados de eficiencia energética resulta en edificaciones con un aislamiento térmico deficiente, incrementando el consumo de energía y disminuyendo el confort térmico de los habitantes. La falta de información sobre opciones más efectivas puede llevar a los residentes a optar por materiales que no optimizan el confort térmico en sus hogares (Biblioguías UCM, 2024). Por ejemplo, aunque el barro o el carrizo pueden ser adecuados para el clima local, hoy en día existen materiales modernos que mejoran la capacidad térmica, como la fibra de vidrio o el poliestireno expandido (INEC, 2024). La educación sobre los beneficios de estos materiales más eficientes es esencial para mejorar la situación en Tarqui.

La expansión urbana de Cuenca hacia Tarqui añade otra dimensión a esta problemática. Este crecimiento ha incrementado la demanda de vivienda y servicios, lo que podría transformar las prácticas de construcción en la región (INEC, 2024). A medida que más personas se trasladan a Tarqui, la presión sobre los recursos locales y la infraestructura aumenta. Por lo tanto, es necesario investigar cómo estas dinámicas afectan la calidad del aislamiento térmico en las viviendas, tanto existentes como nuevas, y las implicaciones que esto tiene para la comunidad local. La planificación urbana debe considerar no solo la cantidad de viviendas que se construyen, sino también la calidad de estas edificaciones en términos de eficiencia energética y confort térmico.

### **1.3 DEFINICIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO**

Tarqui, una parroquia rural situada en el cantón Cuenca, Azuay, Ecuador, se distingue por su entorno natural y su arquitectura tradicional, lo que la convierte en un lugar interesante para investigar el confort térmico en viviendas rurales. Su clima frío es clave para analizar cómo optimizar el diseño y los materiales de las casas, mejorando así la calidad de vida de sus residentes. Según Castro (2021), este clima ofrece un entorno ideal para evaluar estrategias de aislamiento y ventilación en las edificaciones locales.

La expansión urbana hacia Tarqui, motivada por su proximidad a Cuenca, ha alterado el uso del suelo y la dinámica social de la comunidad. Este fenómeno ha provocado un incremento en la construcción de nuevas viviendas, pero también ha presentado retos en infraestructura y calidad de vida. Martínez (2020) señala que la urbanización de áreas rurales plantea la necesidad de servicios básicos y la adaptación de las edificaciones a nuevas realidades demográficas. En este contexto, la

investigación puede examinar cómo mejorar el confort térmico en las viviendas para enfrentar estos retos.

Además, la llegada de nuevos habitantes a Tarqui subraya la relevancia de incorporar prácticas sostenibles en el diseño de viviendas. Pérez y Gómez (2022) destacan que la implementación de soluciones sostenibles es crucial para disminuir el impacto ambiental de la urbanización y mejorar el bienestar comunitario. La investigación podría enfocarse en cómo adaptar las viviendas para que sean más eficientes energéticamente, utilizando materiales y técnicas constructivas que se ajusten al clima local.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 GENERAL**

Analizar y proponer estrategias efectivas para la optimización del aislamiento térmico en el diseño de viviendas unifamiliares del sector rural Tarqui, a través de mediciones in situ y simulaciones energéticas, con el fin de mejorar el confort térmico y reducir el consumo de energía por climatización.

### **1.4.2 ESPECÍFICOS**

- Investigar las características constructivas más representativas de las viviendas en Tarqui para la determinación de la transmitancia térmica de su envolvente vertical y horizontal.
- Contrastar los valores de transmitancia térmica de casos de estudio de los sistemas constructivos más representativos de la zona a través de mediciones in situ.
- Evaluar estrategias enfocadas en el aislamiento térmico para la reducción del consumo energético de los casos de estudio.

## **1.5 ANTECEDENTES**

La envolvente térmica de un edificio abarca todos los componentes constructivos que separan el ambiente interior del exterior, cumpliendo una función clave en la regulación del flujo de calor. Este control térmico impacta directamente en el confort de los habitantes. Häfner y Huber (2019) señalan que entender el comportamiento de la envolvente resulta esencial para incrementar tanto la eficiencia energética como la calidad de vida en los espacios habitables. Uno de los factores más determinantes en el rendimiento energético de las edificaciones es el aislamiento térmico, especialmente en regiones con climas extremos. Una envolvente bien aislada contribuye notablemente a disminuir el consumo de energía destinado a calefacción y climatización, fortaleciendo la sostenibilidad arquitectónica. Sartori y Hestnes (2007) destacan que una adecuada estrategia de aislamiento no solo contribuye a la conservación ambiental, sino que además representa una ventaja económica para los usuarios al reducir sus facturas energéticas.

En años recientes, el interés por la arquitectura sostenible y los edificios pasivos ha crecido significativamente. Este enfoque busca reducir el uso energético mediante un diseño eficiente de la envolvente y la elección consciente de materiales. Rode et al. (2014) subrayan que la integración de criterios de sostenibilidad en la etapa de diseño arquitectónico es esencial para afrontar los desafíos del cambio climático y los crecientes costos energéticos. La evaluación del comportamiento térmico de los materiales de construcción constituye un pilar para optimizar la envolvente. Investigaciones de Khedari et al. (2011) muestran que materiales como el ladrillo cocido y el aislamiento de fibra de vidrio pueden mejorar sustancialmente el rendimiento energético de las edificaciones, siendo especialmente beneficiosos en contextos rurales donde el acceso a tecnologías eficientes puede ser limitado. En este sentido, la implementación de normativas de eficiencia energética desempeña un papel decisivo. Según la International Energy Agency (2019), la adopción de estándares más rigurosos en construcción se ha consolidado como una tendencia global con impactos positivos tanto para el ambiente como para los propietarios de viviendas.

El coeficiente de transmitancia térmica, conocido como valor U, es un parámetro esencial para determinar el grado de aislamiento de un elemento constructivo (ISO 6946:2017). A menor valor U, mayor es la capacidad de aislamiento, lo que conlleva una reducción de la demanda energética (Givoni, 1998). En Ecuador, las condiciones climáticas variables condicionan la elección de materiales. En zonas de la sierra se da prioridad al aislamiento para evitar pérdidas térmicas, mientras que en la costa se enfoca en limitar la ganancia de calor (Molina & Carrasco, 2020). La normativa técnica establecida por el MIDUVI contempla lineamientos orientados a mejorar la eficiencia energética en edificaciones (MIDUVI, 2021). Así, la aplicación de diseño pasivo, el uso de materiales apropiados y aislantes térmicos efectivos se presentan como estrategias fundamentales para maximizar el confort térmico y reducir el consumo energético en las construcciones ecuatorianas (Pérez-Lombard et al., 2008).

## **1.6 MARCO TEÓRICO**

### ***a. Evaluación de los Sistemas Constructivos***

- Revisión de Datos: Acceder a los informes y bases de datos del INEC relacionados con la construcción en Tarqui.
- Análisis Cuantitativo: Evaluar la frecuencia y distribución de los diferentes sistemas constructivos en la región.
- Identificación de Tendencias: Determinar las tendencias en el uso de materiales y técnicas constructivas a lo largo del tiempo.

### ***b. Identificación de los Sistemas Constructivos Más Comunes en Tarqui***

- Investigación de Campo: Realizar observaciones y revisar datos oficiales para identificar los sistemas más utilizados.

- Revisión Bibliográfica: Consultar estudios previos y literatura sobre la construcción en Tarqui para complementar la información obtenida.
- Clasificación de Sistemas: Clasificar los sistemas constructivos según su tipo y características.

#### ***c. Selección de Casos de Estudio***

- Criterios de Selección: Definir criterios claros para la selección de casos, como la diversidad de sistemas, la ubicación geográfica y el tamaño de las viviendas.
- Visitas a Sitios: Realizar visitas a las viviendas seleccionadas para observar y documentar los sistemas constructivos en uso.
- Documentación: Recopilar información sobre cada caso, incluyendo planos, fotografías y descripciones detalladas.

#### ***d. Análisis del Caso de Estudio (Viviendas) y del Sistema Constructivo***

- Análisis Estructural: Evaluar la estructura de las viviendas, incluyendo materiales, técnicas de construcción y diseño arquitectónico.
- Evaluación de Funcionalidad: Analizar cómo los sistemas constructivos afectan la funcionalidad y habitabilidad de las viviendas.
- Conclusiones y Recomendaciones: Elaborar conclusiones basadas en el análisis y proponer recomendaciones para mejorar los sistemas constructivos en Tarqui.

#### ***e. Definición de las Variables***

##### **Variables Independientes:**

- Tipo de Material de Aislamiento: Diferentes materiales como lana mineral, poliestireno expandido, celulosa, etc.
- Grosor del Aislamiento: Espesor del material aplicado en las paredes, techos, y suelos.

##### **Variables Dependientes:**

- Confort Térmico: Medido a través de la temperatura interna de la vivienda, la variación de temperatura, y la percepción del confort de los ocupantes.
- Eficiencia Energética: Evaluada mediante el consumo de energía para calefacción y refrigeración, y la reducción de pérdidas térmicas.

##### **Variables Controladas:**

- Condiciones Climáticas Externas: Para asegurar que las variaciones en el confort térmico y eficiencia energética no se deban a cambios en el clima.
- Diseño de la Vivienda: Mantener un diseño estandarizado en las viviendas estudiadas para minimizar variables de confusión.

## **CAPÍTULO II**

### **2. REFERENTES TEÓRICOS, ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS Y NORMATIVA**

La envolvente térmica vertical de un edificio es fundamental para su rendimiento energético y para la calidad de vida de sus ocupantes. En áreas rurales como Tarqui, donde las condiciones climáticas pueden ser cambiantes, la eficiencia térmica de las viviendas se convierte en un aspecto clave para asegurar el confort térmico y disminuir el consumo de energía. La relevancia de los envolventes verticales reside en su capacidad para regular la transferencia de calor, protegiendo a los residentes de temperaturas extremas y contribuyendo a la sostenibilidad en la construcción.

La parroquia de Tarqui, ubicada en el cantón Cuenca, Ecuador, presenta una arquitectura que ha evolucionado en función de la disponibilidad de materiales locales y las necesidades de su población. Durante siglos, los habitantes han empleado sistemas constructivos basados en materiales como adobe y piedra, que han demostrado ser efectivos en términos de aislamiento térmico. Sin embargo, en las últimas décadas, el crecimiento urbano y el acceso a nuevos materiales han incentivado el uso de bloques de cemento y ladrillos, alterando las propiedades térmicas de las viviendas y generando nuevos desafíos en la eficiencia energética.

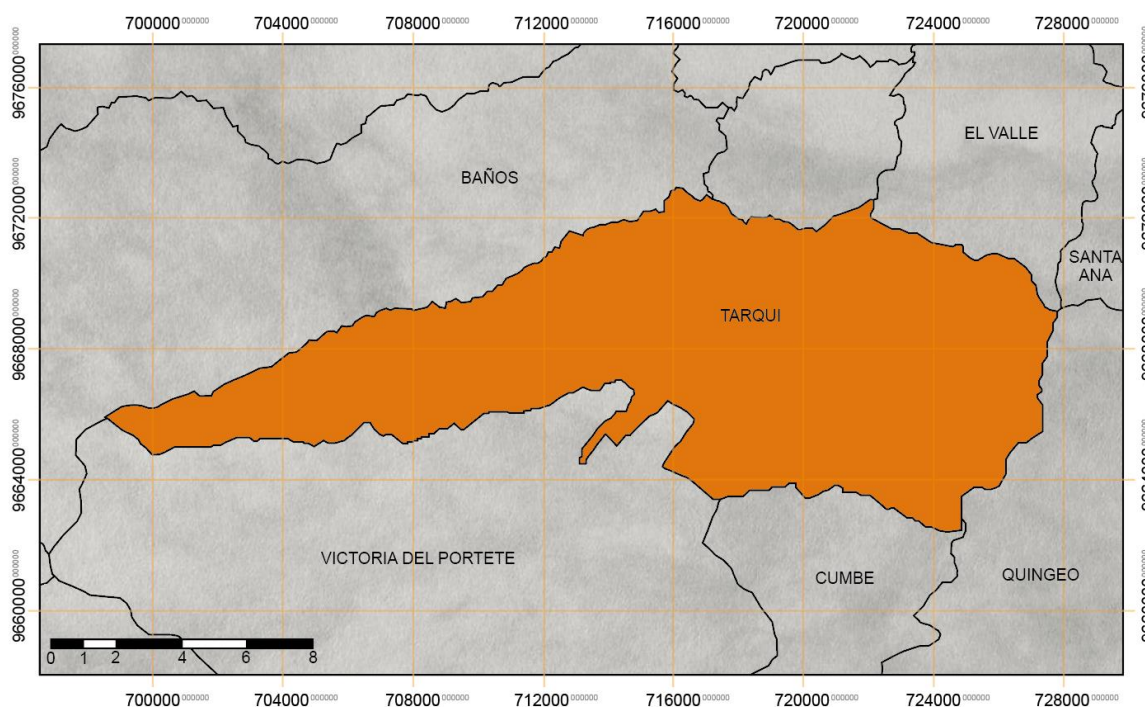
En este contexto, es crucial examinar cómo la evolución de los sistemas constructivos en Tarqui ha influido en el rendimiento térmico de los edificios, especialmente en sus envolventes verticales. Por otro lado, la introducción de materiales modernos ha traído consigo beneficios estructurales y económicos, pero también ha originado problemas relacionados con la pérdida de calor y la inadecuada regulación de la temperatura interna de los espacios habitables. Entender la relación entre estos aspectos permitirá desarrollar estrategias que mejoren la eficiencia térmica sin sacrificar la accesibilidad y el costo de la construcción.

Por ello, se pretende analizar la evolución de los sistemas constructivos en Tarqui y su efecto en la eficiencia térmica de las viviendas; es esencial identificar los principales materiales utilizados en las envolventes verticales a lo largo del tiempo, así como sus propiedades térmicas y su nivel de cumplimiento con la normativa ecuatoriana vigente. Además, se debe complementar con datos climáticos específicos de Tarqui y su influencia, así como el coeficiente de transmitancia térmica (valor U), que permite medir la eficiencia de los materiales empleados en los muros de las edificaciones. Este análisis facilitará la identificación de las soluciones constructivas que más contribuyen al ahorro energético y al confort térmico, estableciendo comparaciones entre los valores normativos recomendados y los valores reales de los sistemas utilizados en Tarqui.

## 2.1 MARCO HISTÓRICO

### 2.1.1 Contexto de Tarqui

La parroquia Tarqui, situada al suroeste del cantón Cuenca de la provincia de Azuay, Ecuador, conformada por 26 comunidades. Está atravesada por una vía principal llamada Cuenca-Girón-Pasaje, que facilita la conexión entre la ciudad de Cuenca, las comunidades locales, la cabecera parroquial y otros cantones del sur; ha experimentado un contexto geográfico, social y económico en constante evolución, influenciado por su proximidad a la ciudad. Este fenómeno ha contribuido al proceso de expansión urbana de Cuenca, lo que ha propiciado transformaciones significativas en la infraestructura y en las estructuras sociales y económicas de la parroquia. Localizada al sur de Cuenca, Tarqui se encuentra a una altitud de 2628 m.s.n.m., lo que le confiere un clima templado. Este clima es caracterizado por temperaturas frescas y un régimen de precipitación relativamente elevado, condiciones que favorecen la práctica agrícola, especialmente en el cultivo de hortalizas (Zambrano & Romero, 2017).



**Figura 1:** Delimitación de la parroquia Tarqui

**Fuente:** Propia.

La parroquia Tarqui muestra una población que integra rasgos tanto rurales como urbanos. A pesar de su cercanía a la ciudad, conserva una fuerte identidad rural, con muchas comunidades dedicadas a la agricultura. La migración desde áreas rurales vecinas y de la ciudad de Cuenca ha sido un factor clave en la transformación social de la parroquia, influenciando la modernización de la infraestructura y la creación de nuevos servicios (Álvarez, 2020). La composición demográfica de Tarqui es principalmente mestiza, aunque todavía se pueden observar manifestaciones culturales de los pueblos indígenas. Las festividades tradicionales, como la celebración de la Virgen del

Carmen, son eventos significativos que reflejan una mezcla de elementos indígenas y españoles en las prácticas culturales y religiosas de la comunidad (Rivadeneira, 2016).

Desde el punto de vista económico, Tarqui sigue dependiendo en gran medida de la agricultura, aunque ha comenzado a diversificarse hacia áreas como el comercio y los servicios, beneficiándose de su proximidad a Cuenca. El cultivo de productos agrícolas, como maíz, hortalizas y cebada, continúa siendo esencial para la economía local, dado que una parte considerable de la población se dedica a estas actividades. Sin embargo, la influencia urbana ha permitido una diversificación hacia el sector de servicios, que abarca transporte, comercio local y pequeñas industrias (Gutiérrez, 2019). En los últimos años, las autoridades locales han impulsado el desarrollo económico mediante inversiones en infraestructura y la mejora de servicios básicos, tales como agua potable y electricidad. La cercanía a la ciudad ha sido fundamental en este proceso, facilitando el acceso a mercados más amplios, lo que, a su vez, favorece la venta de productos agrícolas y la entrada de nuevos actores económicos en la región (Álvarez, 2020).

El proceso de urbanización en Tarqui ha sido gradual. Aunque muchas de las viviendas históricas fueron construidas con materiales tradicionales como adobe, madera y tejas, la llegada de nuevos residentes y la modernización de la infraestructura han propiciado la edificación de construcciones que emplean materiales más duraderos y modernos, como concreto, bloques y ladrillos (Gutiérrez, 2019). Esto ha facilitado el acceso a servicios esenciales, como agua potable, electricidad y telecomunicaciones, mejorando así la calidad de vida de los habitantes. La expansión de la red de transporte, la pavimentación de calles y la mejora de los servicios básicos son parte de un proceso más amplio de modernización que ha impactado tanto las áreas urbanas como rurales de Cuenca y sus alrededores. En este sentido, la relación de Tarqui con Cuenca ha sido un factor determinante en la transformación de la parroquia en términos de infraestructura y servicios (Zambrano & Romero, 2017).

### **2.1.2 Desarrollo histórico y cultural**

Tarqui, situada cerca de Cuenca, fue un asentamiento fundamental de la Confederación Cañari, una civilización prehispánica que implementó avanzados sistemas de cultivo en terrazas y redes de riego, adaptándose a su entorno montañoso (Salomon & Urioste, 1991). Con la llegada de los incas en el siglo XV, la región se integró al Qhapaq Ñan, lo que introdujo innovaciones arquitectónicas y urbanísticas que todavía influyen en la identidad local (Rostworowski, 1988). El nombre "Tarqui", de origen kichwa, se refiere a su función como punto de enlace entre comunidades. Otra interpretación vincula el término con los "tarquies", instrumentos de viento utilizados en rituales y en la resistencia contra los incas (Cordero Palacios, 1920). Su importancia histórica también se fortaleció con la Batalla del Portete de Tarqui en 1829, un evento crucial para la independencia de Ecuador. Este lugar hoy se erige como un monumento histórico que preserva la memoria del conflicto y atrae turismo patriótico (Primicias, 2024).

En términos arquitectónicos, Tarqui muestra una combinación de herencias prehispánicas, coloniales y mestizas. Entre sus edificaciones tradicionales se encuentran viviendas con muros de adobe, techos de teja y patios centrales, elementos característicos de la arquitectura vernácula andina y colonial. Con la Reforma Agraria en el siglo XX, la parroquia vivió transformaciones en la organización de su territorio y en la evolución de su infraestructura, marcando una transición hacia construcciones más modernas sin sacrificar su identidad cultural (El Telégrafo, 2013). Las festividades, como el Ritual del Pucará y las celebraciones en honor a la Virgen del Carmen, amalgaman tradiciones indígenas y católicas, reflejando su sincretismo cultural en la ornamentación de plazas, iglesias y viviendas (Encalada, 2015). Tarqui cuenta con un notable potencial turístico arquitectónico, con miradores, senderos y vestigios arqueológicos que evidencian su pasado prehispánico e histórico. Sin embargo, enfrenta retos como la migración de jóvenes y la conservación de su patrimonio edificado, lo que impulsa iniciativas de desarrollo sostenible y revitalización cultural para preservar su identidad arquitectónica y social (El Telégrafo, 2013).

### **2.1.3 Factores sociales y económicos**

Tarqui, una parroquia en fase de desarrollo, se distingue por una economía fundamentada en la agricultura, la ganadería y la manufactura artesanal, con una notable influencia de la migración internacional y la dependencia de remesas, lo que ha impactado su estructura social y económica.

- **Factores Sociales**

Según el INEC, la población de Tarqui es de 14,144 habitantes, predominantemente joven y activa económicamente. Sin embargo, la emigración, en particular hacia Estados Unidos y Europa, ha alterado la estructura familiar, resultando en hogares liderados por mujeres y abuelos (Mendoza et al., 2018). Esto resalta la necesidad de políticas que apoyen a estas familias, ya que la ausencia de los padres puede afectar el desarrollo emocional y educativo de los jóvenes. Las remesas constituyen una fuente significativa de ingresos, mejorando la calidad de vida, pero también generando vulnerabilidad económica y afectando la cohesión social (Borrero, 2016; Espinoza & Castro, 2020). Es crucial encontrar un equilibrio entre la dependencia de las remesas y el fomento de la economía local para garantizar un desarrollo sostenible. El acceso a educación superior es limitado, lo que contribuye a la fuga de talentos (Quinde, 2019). Esto pone de manifiesto la importancia de invertir en educación y formación profesional para retener a la juventud en la comunidad. A pesar de los avances en servicios básicos como electricidad y agua potable, la atención médica sigue siendo insuficiente (INEC, 2022). Una mejora en el sistema de salud local podría tener un impacto positivo en la calidad de vida y en la productividad de la población.

- **Factores Económicos**

La agricultura es el pilar económico de Tarqui, con cultivos de maíz, papa y fréjol que se destinan principalmente al autoconsumo y al comercio local (Quinde, 2019). Esto muestra la resiliencia de la

comunidad en la producción de alimentos, aunque también indica la necesidad de diversificar los cultivos para mejorar la seguridad alimentaria. La ganadería bovina también juega un papel crucial, con sistemas de manejo que varían según los recursos de los productores (Borrero, 2016). Es importante promover prácticas sostenibles en la ganadería para minimizar el impacto ambiental y mejorar la productividad.

Aunque la manufactura artesanal opera a pequeña escala, genera empleo local, y la minería contribuye a los ingresos, aunque con tensiones sociales y ambientales (ARCOM, 2019). La minería, aunque puede ser lucrativa, debe ser gestionada cuidadosamente para evitar conflictos y daños al medio ambiente. El turismo comunitario, impulsado por el patrimonio cultural y paisajístico, ha surgido como una opción económica (Quinde, 2019). Fomentar el turismo sostenible podría ser una vía para diversificar la economía y promover el orgullo cultural. Las remesas continúan siendo una dependencia fundamental para muchas familias (Espinoza & Castro, 2020). Sin embargo, es vital trabajar en la creación de oportunidades laborales para reducir esta dependencia.

- **Impactos en la Arquitectura Local**

La arquitectura en Tarqui ha evolucionado en respuesta a diversos factores sociales, económicos, ambientales y tecnológicos. Estos impactos han moldeado los sistemas constructivos empleados en la parroquia, especialmente en los envolventes verticales (muros y paredes), que desempeñan un papel esencial en la eficiencia térmica y en la adaptación a las condiciones climáticas locales. En primer lugar, las dinámicas sociales y económicas han influido de manera profunda en la arquitectura de Tarqui, evidenciándose un claro contraste entre modernización y tradición. Las viviendas modernas, financiadas por remesas, han alterado el paisaje arquitectónico, ya que actualmente se utilizan materiales industrializados como bloques de hormigón y techos de zinc, generando así una desconexión con el entorno rural y provocando el progresivo abandono de las construcciones tradicionales (Arcos & Martínez, 2017).

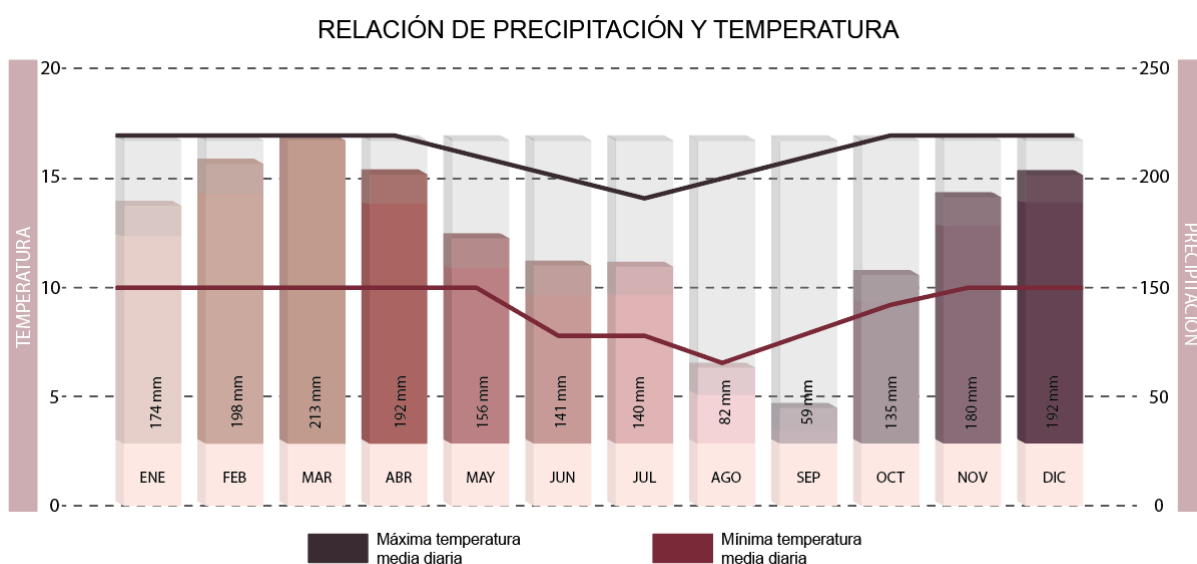
Este cambio arquitectónico plantea la necesidad de conservar la identidad cultural mientras se avanza hacia la modernización. A pesar de esto, la conservación del patrimonio arquitectónico tradicional sigue siendo de vital importancia. Elementos como muros de adobe y techos de teja inclinada son representativos de la arquitectura vernácula, aunque la modernización ha puesto en riesgo su preservación (Pérez & Vallejo, 2020). Es fundamental implementar políticas de conservación que protejan estos elementos patrimoniales. Además, la arquitectura local, vinculada a la producción agropecuaria, debe adaptarse a los desafíos del cambio climático, mejorando la durabilidad y eficiencia energética de las viviendas (Hurtado & López, 2018; Ortega & Ramírez, 2019). La integración de prácticas de construcción sostenibles no solo beneficiará el medio ambiente, sino que también mejorará la calidad de vida de los habitantes.

## 2.2 Características climáticas

Tarqui, una parroquia rural del cantón Cuenca en la provincia de Azuay, Ecuador, presenta un clima característico de la región andina, influenciado por su altitud, ubicación geográfica y los patrones climáticos globales. Las principales características climáticas y su relación con las actividades humanas y naturales son:

### 2.2.1 Temperaturas

Las temperaturas en Tarqui presentan un promedio anual que oscila entre 5 °C y 18 °C (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología [INAMHI], 2021). La altitud, que ronda los 2,628 m.s.n.m., regula estas condiciones, generando un ambiente frío, especialmente durante las noches y las primeras horas de la mañana. Este rango de temperaturas favorece el cultivo de productos agrícolas adaptados al clima templado, como maíz y diversas hortalizas; sin embargo, también conlleva el riesgo de heladas en ciertas épocas del año, lo que obliga a los habitantes a implementar sistemas de protección y calefacción en sus viviendas (Pérez, 2018).



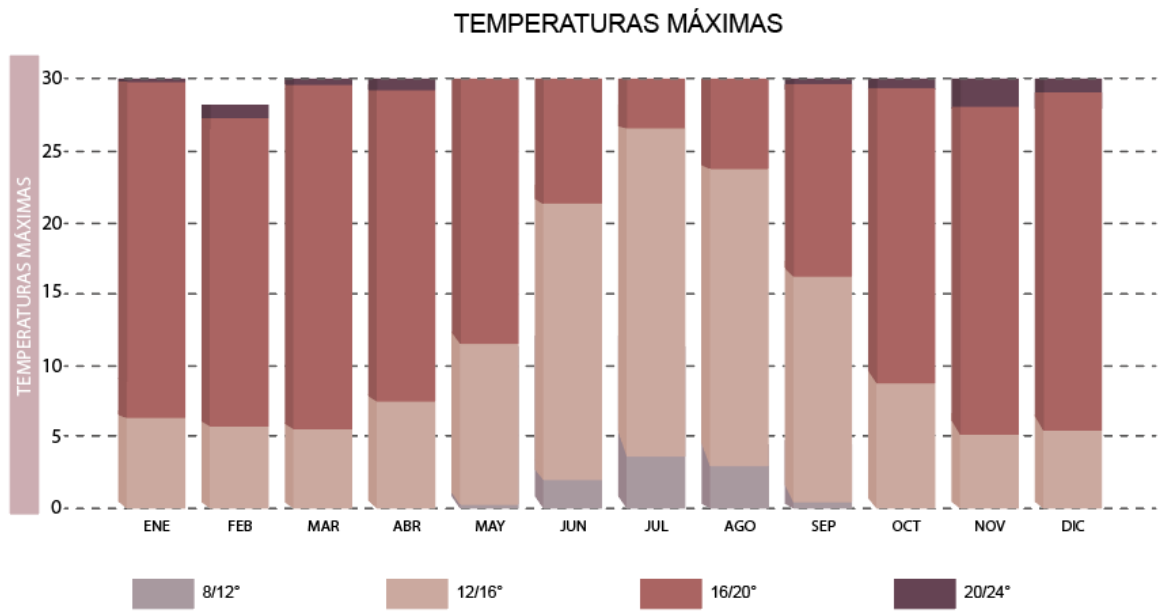
**Gráfica 1:** Temperatura media de Tarqui

**Fuente:** Meteoblue

	Precipitación	Días Calurosos	Noches frías	Máxima media diaria	Mínima media diaria
Enero	174 mm	20° C	8° C	17° C	10° C
Febrero	198 mm	20° C	8° C	17° C	10° C
Marzo	213 mm	20° C	8° C	17° C	10° C
Abril	192 mm	19° C	8° C	17° C	10° C
Mayo	156 mm	19° C	7° C	16° C	10° C

Junio	141 mm	18° C	6° C	15° C	8° C
Julio	140 mm	17° C	5° C	14° C	8° C
Agosto	82 mm	17° C	4° C	15° C	7° C
Septiembre	59 mm	19° C	5° C	16° C	8° C
Octubre	135 mm	20° C	6° C	17° C	9° C
Noviembre	180 mm	20° C	7° C	17° C	10° C
Diciembre	192 mm	20° C	7° C	17° C	10° C

**Tabla 1:** Temperaturas de Tarqui  
**Fuente:** Meteoblue



**Gráfica 2:** Temperatura máxima de Tarqui  
**Fuente:** Meteoblue.  
**Elaboración:** Propia

	8 / 12° C	12 / 16° C	16 / 20° C	20 / 24° C
Enero	0,0 días	6,4 días	23,5 días	1,1 días
Febrero	0,0 días	5,8 días	21,6 días	0,9 días
Marzo	0,0 días	5,6 días	24,1 días	1,3 días
Abril	0,1 días	7,4 días	21,8 días	0,7 días
Mayo	0,2 días	11,4 días	19,1 días	0,3 días
Junio	2,0 días	19,2 días	8,9 días	0,0 días

Julio	3,6 días	23, 0 días	4,4 días	0,0 días
Agosto	3,0 días	20,8 días	7,2 días	0,0 días
Septiembre	0,4 días	15,8 días	13,6 días	0,2 días
Octubre	0,0 días	8,8 días	20, 6 días	1,5 días
Noviembre	0,0 días	5,2 días	23,0 días	1,8 días
Diciembre	0,0 días	5,5 días	23,6 días	0,9 días

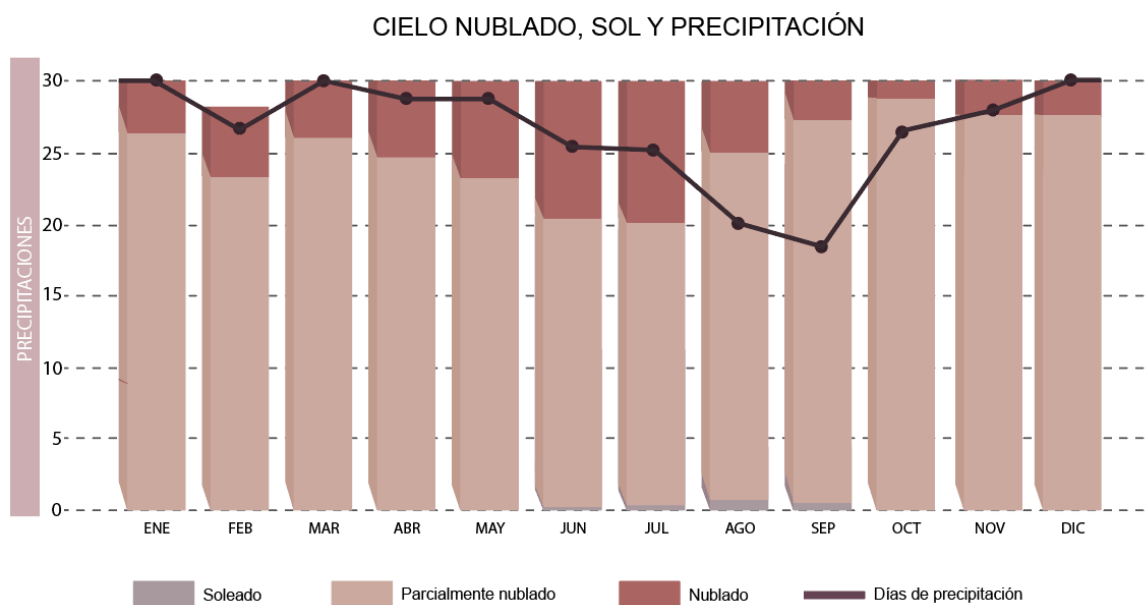
**Tabla 2:** Temperatura media de Tarqui

**Fuente:** Meteoblue

**Elaboración:** Propia

### 2.2.2 Precipitaciones

La parroquia experimenta un régimen pluvial significativo, con un promedio anual que supera los 657,9 mm (Aguilar & González, 2020). Las lluvias son más intensas entre octubre y abril, durante la temporada húmeda de la región andina; sin embargo, los períodos prolongados de lluvias pueden generar riesgos de erosión de los suelos y deslaves en áreas más inclinadas, afectando la estabilidad de los terrenos (Vargas & Ramírez, 2019). Por otro lado, la temporada seca, que abarca entre mayo y septiembre, exige estrategias de almacenamiento de agua para garantizar la continuidad de las actividades agrícolas.



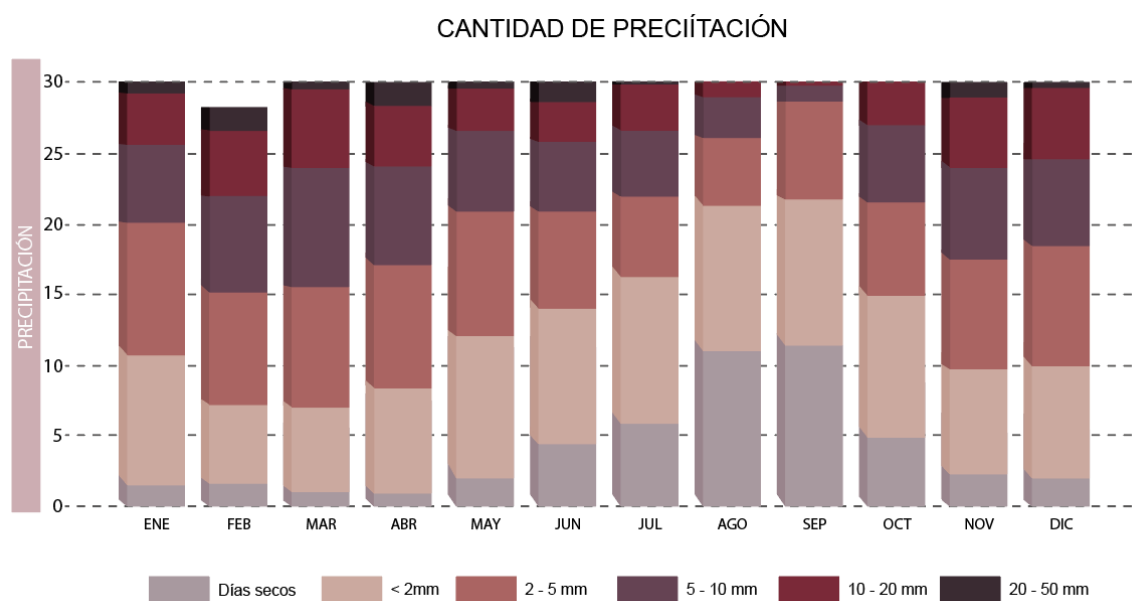
**Gráfica 3:** Cuelo nublado, sol y días de precipitación

**Fuente:** Meteoblue

**Elaboración:** Propia

	Precipitación	Días de precipitación	Soleado	Parcialmente nublado	Nublado
Enero	174 mm	29,5 días	0,0 días	26,4 días	4,6 días
Febrero	198 mm	26,6 días	0,0 días	23,3 días	5,0 días
Marzo	213 mm	30,0 días	0,0 días	26,0 días	5,0 días
Abril	192 mm	29,1 días	0,0 días	24,7 días	5,2 días
Mayo	156 mm	29,0 días	0,0 días	23,2 días	7,8 días
Junio	141 mm	25,6 días	0,1 días	20,2 días	9,7 días
Julio	140 mm	25,1 días	0,3 días	19,8 días	10,9 días
Agosto	82 mm	20,0 días	0,7 días	24,4 días	5,8 días
Septiembre	59 mm	18,6 días	0,5 días	26,8 días	2,7 días
Octubre	135 mm	26,1 días	0,0 días	28,8 días	2,2 días
Noviembre	180 mm	27,7 días	0,0 días	27,7 días	2,3 días
Diciembre	192 mm	29,0 días	0,0 días	27,6 días	3,3 días

**Tabla 3:** Precipitaciones de Tarqui  
**Fuente:** Meteoblue  
**Elaboración:** Propia



**Gráfico 4:** Cantidad de precipitación de Tarqui  
**Fuente:** Meteoblue  
**Elaboración:** Propia

	Días secos	< 2 mm	2 - 5 mm	5 - 10 mm	10 - 20 mm	20 - 50 mm	50 – 100 mm
Enero	1,5	9,2	9,4	5,5	3,6	1,8	0
Febrero	1,6	5,6	8	6,8	4,6	1,6	0,1
Marzo	1	6	8,6	8,4	5,5	1,5	0
Abril	0,9	7,5	8,7	7	4,3	1,6	0
Mayo	2	10,1	8,8	5,7	3	1,3	0
Junio	4,4	9,6	6,9	4,9	2,8	1,3	0
Julio	5,9	10,3	5,8	4,6	3,3	1,1	0
Agosto	11	10,3	4,8	2,7	1,5	0,6	0
Septiembre	11,4	10,4	4,7	2,1	1,2	0,2	0
Octubre	4,9	10	6,7	5,4	3,2	0,7	0,1
Noviembre	2,3	7,4	7,8	6,5	4,9	1,1	0
Diciembre	2	7,9	8,6	6,1	5	1,4	0

**Tabla 4:** Cantidad de precipitación de Tarqui

**Fuente:** Meteoblue

**Elaboración:** Propia

### 2.2.3 Humedad

La humedad relativa en Tarqui se mantiene elevada durante todo el año, superando en ocasiones el 85% (INAMHI, 2021). Este nivel de humedad contribuye a una sensación de frescura en el ambiente, lo cual es característico de las regiones montañosas. Además, favorece el crecimiento de vegetación densa, especialmente en los páramos adyacentes, que funcionan como reservorios de agua. La elevada humedad también propicia el desarrollo de ecosistemas ricos en biodiversidad, incluyendo especies endémicas que son exclusivas de los Andes ecuatorianos (Mena, 2020).

Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Hum. Relativa (%)	86%	88%	87%	88%	86%	85%	83%	80%	77%	83%	84%	86%

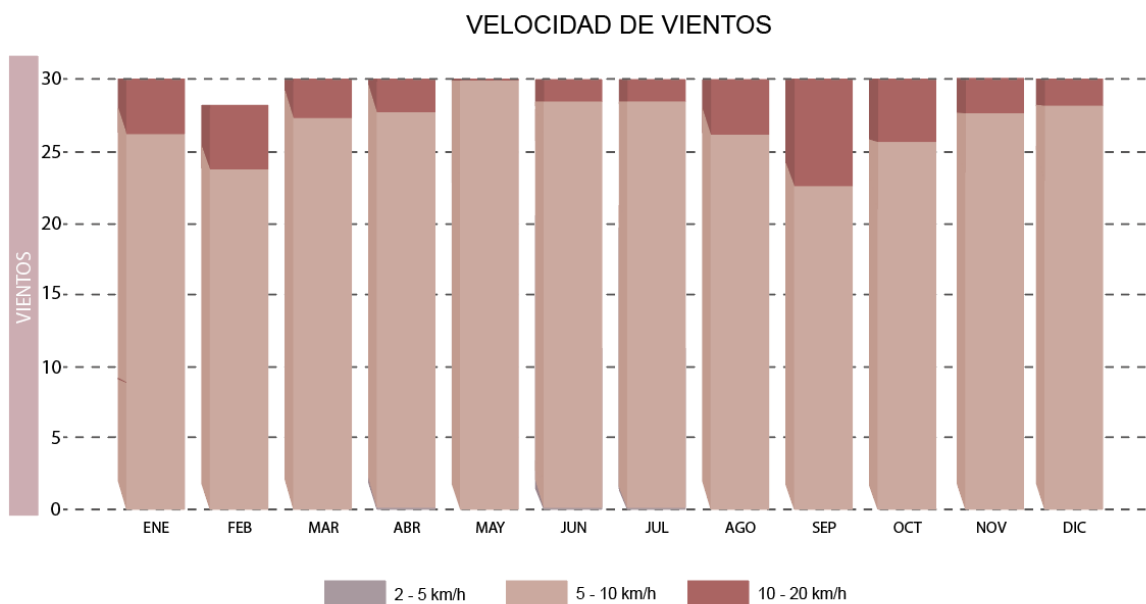
**Tabla 5:** Humedad relativa de Tarqui

**Fuente:** Meteoblue

**Elaboración:** Propia

### 2.2.4 Vientos

En Tarqui, la velocidad promedio del viento varía entre 5 y 15 km/h, aunque puede aumentar durante los meses más secos (Pérez, 2018). Este fenómeno tiene un efecto beneficioso en la dispersión de semillas y polen, lo que favorece la regeneración natural de los ecosistemas. Sin embargo, los vientos más intensos pueden representar un reto para las viviendas, lo que requiere la implementación de sistemas de protección, como barreras vivas o cortavientos que se planten estratégicamente.



**Gráfica 5:** Velocidad de viento de Tarqui

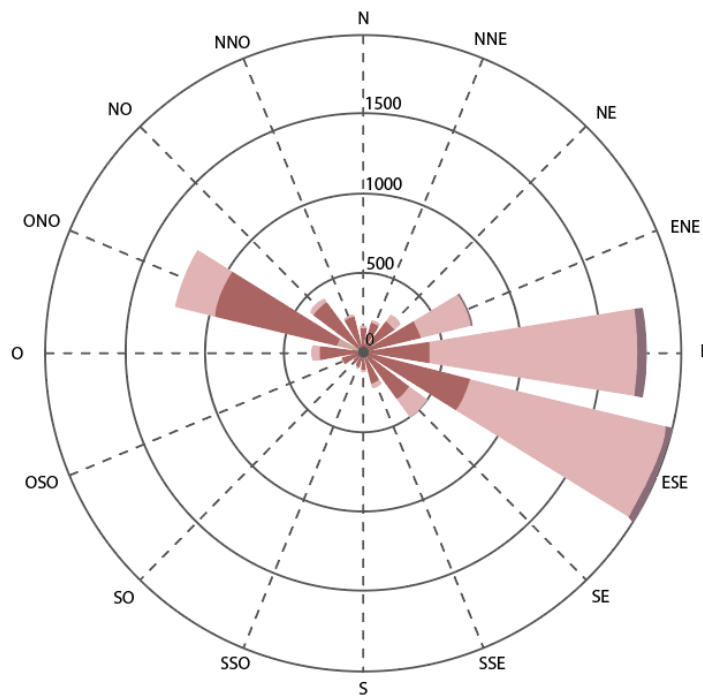
**Fuente:** Meteoblue

**Elaboración:** Propia

	2 - 5 km/h	5 - 10 km/h	10 - 20 km/h	Velocidad promedio
Enero	0,0 días	26,2 días	4,8 días	12,2 km/h
Febrero	0,0 días	23,7 días	4,6 días	12,6 km/h
Marzo	0,1 días	27,2 días	3,7 días	11,5 km/h
Abril	0,2 días	27,5 días	2,3 días	11,9 km/h
Mayo	0,1 días	29,8 días	1,2 días	13,3 km/h

Junio	0,2 días	28,3 días	1,4 días	15,8 km/h
Julio	0,2 días	28,3 días	2,5 días	16,9 km/h
Agosto	0,1 días	26,0 días	5,0 días	17,3 km/h
Septiembre	0,0 días	22,5 días	7,5 días	15,1 km/h
Octubre	0,1 días	25,5 días	5,4 días	13,7 km/h
Noviembre	0,0 días	27,7 días	2,2 días	13,3 km/h
Diciembre	0,1 días	28,1 días	2,8 días	12,6 km/h

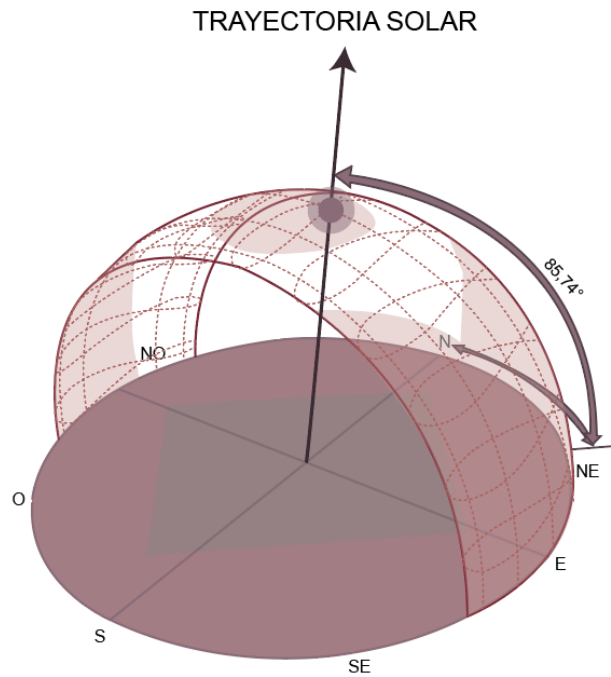
**Tabla 6:** Velocidad de viento de Tarqui  
**Fuente:** Meteoblue  
**Elaboración:** Propia



**Gráfica 6:** Cantidad de precipitación de Tarqui  
**Fuente:** Meteoblue  
**Elaboración:** Propia

### 2.2.5 Radiación solar y soleamiento

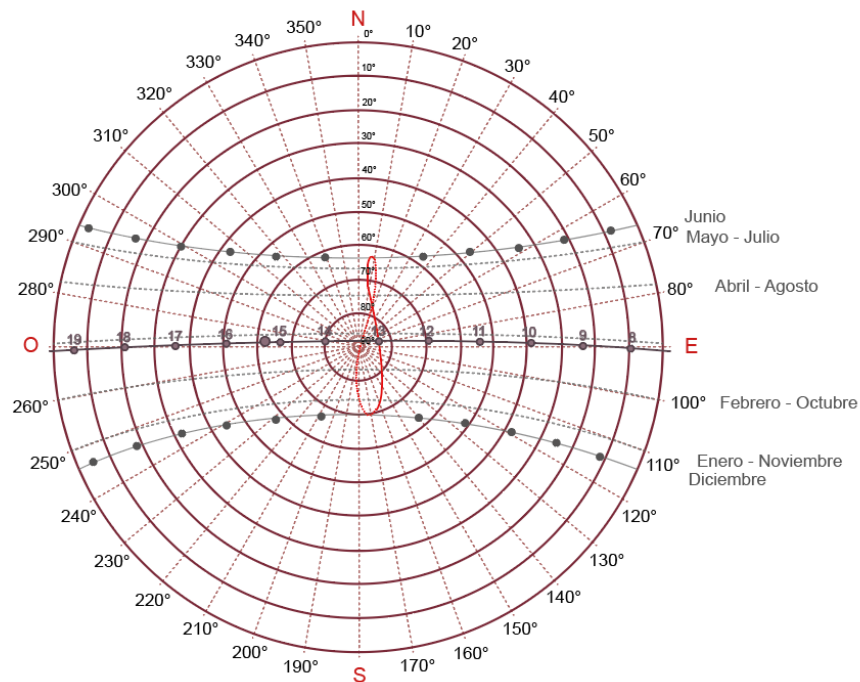
La cantidad de energía que llega a la Tierra depende de la inclinación con la que los rayos solares inciden sobre su superficie, la cual está determinada por la inclinación del eje terrestre, que es de  $23,5^\circ$ .



**Gráfica 7:** Trayectoria solar y soleamiento

**Fuente:** Sunpath

**Elaboración:** Propia



**Gráfica 8:** Trayectoria solar y soleamiento  
**Fuente:** Sun Earth Tools  
**Elaboración:** Propia

## 2.3 Evolución de las viviendas en Tarqui

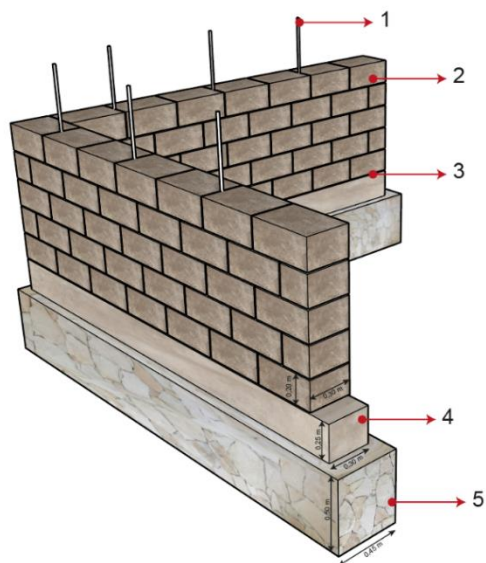
### 2.3.1 Época Prehispánica: Las Viviendas de los Cañaris

Durante la época prehispánica, las viviendas de los cañaris se caracterizaban por su simplicidad y su adecuada adaptación al entorno ecológico. Este grupo étnico originario de la región andina utilizaba materiales locales como adobe y piedra para la construcción de sus muros, optimizando así los recursos disponibles en su entorno. La configuración arquitectónica básica de estas casas era principalmente circular o semiesférica, con techos de paja y muros de adobe. Este diseño no solo satisfacía necesidades funcionales, sino que también reflejaba una cosmología en la que la simetría y la orientación de la vivienda eran aspectos esenciales (Totorillas, 2003).

En este contexto, la arquitectura iba más allá de las funciones domésticas y adquiría un carácter simbólico, dado que las viviendas a menudo servían como centros para actividades comunitarias y ceremoniales (Rivadeneira, 2010). Por ejemplo, los cañaris construían pircas, estructuras de piedra que delimitaban las viviendas y brindaban protección a la comunidad. La disposición de las viviendas seguía principios de organización comunal, agrupándose alrededor de plazas o espacios de encuentro (Mera, 2011).



**Figura 2:** Vivienda tradicional cañari  
**Fuente:** Revista. Visita Ecuador



1. Carrizo como refuerzo vertical
2. Adobe de barro y fibra natural (30x45 cm y altura de 20 cm)
3. Mortero de barro, fibra natural y estiércol de animal (1 cm de espesor)
4. Sobrecimiento de piedra fraguado con mortero (30x25 cm)
5. Cimiento de piedra (45x50cm)

**Figura 3:** Detalle constructivo de vivienda tradicional cañari

**Fuente:** Manual popular del Adobe

**Elaboración:** propia

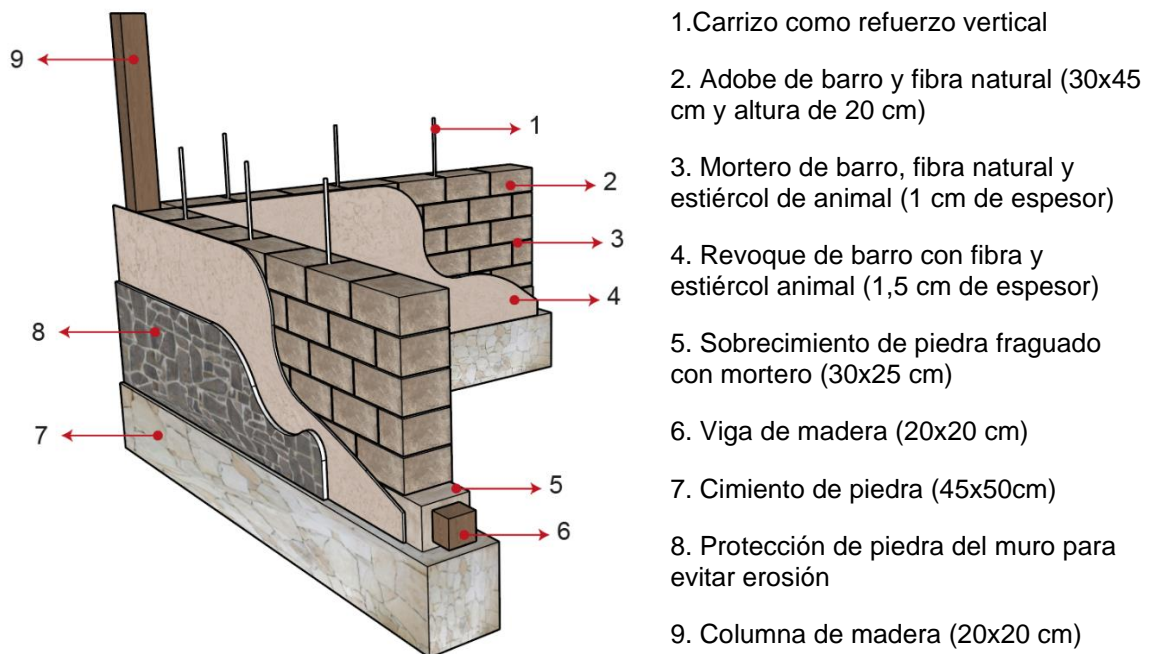
### 2.3.2 La Influencia Colonial y el Surgimiento de Nuevos Estilos

Con la llegada de los colonizadores españoles en el siglo XVI, la arquitectura de Tarqui experimentó una transformación significativa, especialmente en los métodos de construcción de las paredes. Las viviendas coloniales comenzaron a incorporar muros de adobe más gruesos, lo que mejoró la estabilidad de las estructuras. Además, se introdujeron técnicas de mampostería que utilizaban piedras y cal, lo que reforzó aún más la resistencia de las edificaciones (Rodríguez, 2007). En algunas casas más elaboradas, se utilizaron ladrillos, lo que representó un avance notable en la construcción local.

Estas innovaciones no solo respondían a necesidades prácticas, sino que también reflejaban un cambio en el estatus social y la influencia de la arquitectura europea, que se fusionó con las prácticas constructivas indígenas. La combinación de estos elementos permitió que las viviendas coloniales no solo fueran más duraderas, sino que también exhibieran una estética que perduró en las construcciones rurales de la región a lo largo de los siglos (Lozano, 1996). El siglo XIX marcó un período de estabilidad económica para la región de Tarqui, impulsado principalmente por el crecimiento de la agricultura y la ganadería. Este progreso se reflejó en la evolución de las viviendas, que se volvieron más espaciosas y funcionales. Las casas de campo comenzaron a construirse en dos niveles: la planta baja se destinaba a actividades domésticas y laborales, mientras que la planta superior albergaba los dormitorios. Esta distribución no solo favoreció una mejor organización interna, sino que también permitió aprovechar el espacio para almacenar productos agrícolas, como granos (Arévalo, 2000).



**Figura 4:** Ejemplo de vivienda colonial  
**Fuente:** Diario el Mercurio



**Figura 5:** Detalle constructivo de vivienda colonial  
**Fuente:** Archdaily, 2024  
**Elaboración:** Propia

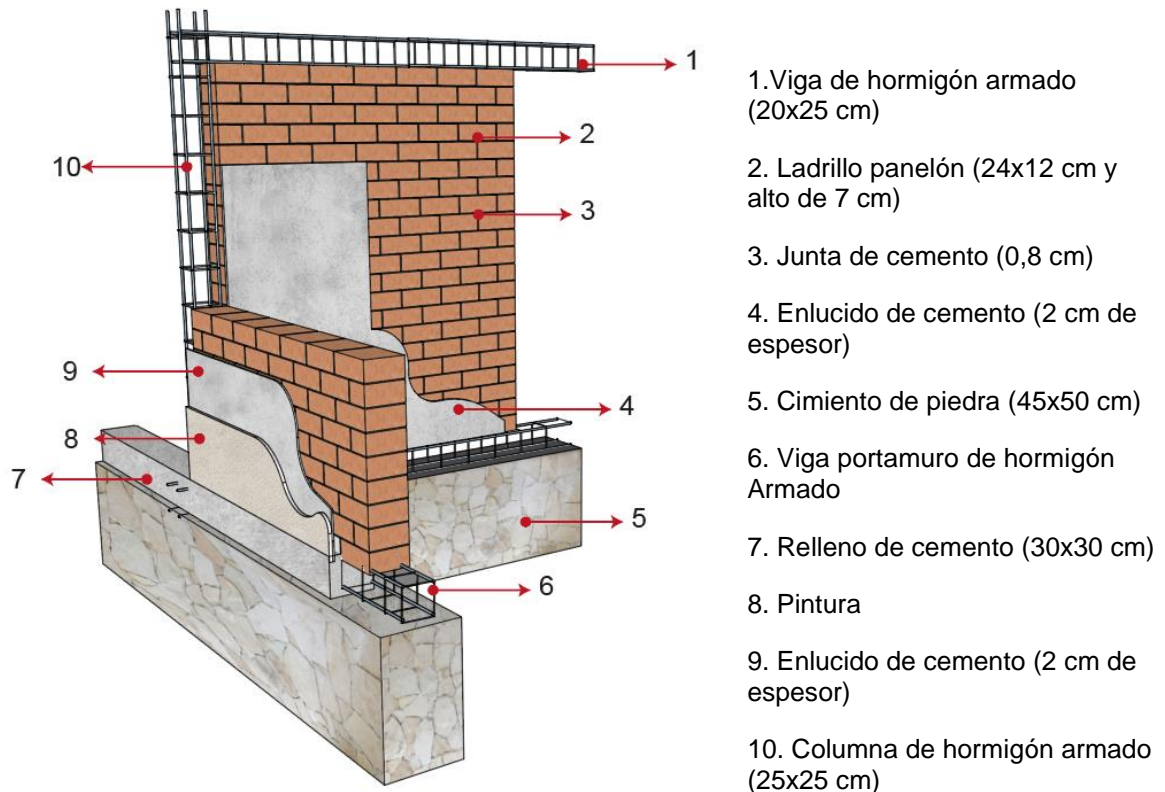
#### **f. Siglo XX: Modernización y Transición hacia Materiales Industriales**

Durante el siglo XX, la arquitectura de las viviendas en Tarqui experimentó una transformación notable debido a la urbanización y la incorporación de materiales industriales. La mejora en la infraestructura vial y el transporte facilitó la importación de cemento, hierro y vidrio, lo que permitió modificar los métodos de construcción tradicionales y desarrollar estructuras más resistentes y duraderas (Paredes, 2005).

En este periodo, las paredes de adobe fueron reemplazadas por muros de bloques de cemento y ladrillo. Además, la inclusión de hierro en las conexiones estructurales fortaleció las edificaciones, especialmente en construcciones de varios pisos. El uso de vidrio en las ventanas optimizó la iluminación natural, mientras que los techos de zinc o asbesto comenzaron a sustituir gradualmente a las tejas de barro, adaptándose a las nuevas exigencias de funcionalidad y modernidad. Al mismo tiempo, la introducción de servicios básicos como electricidad, agua potable y alcantarillado transformó las viviendas, permitiendo la incorporación de cocinas más modernas, baños interiores y una mejor distribución del espacio. Estos cambios redefinieron la arquitectura residencial de Tarqui, combinando tradición y modernización en respuesta a las necesidades de la población (Paredes, 2005).



**Figura 6:** Vivienda de Tarqui  
**Fuente:** GAD de Tarqui



**Figura 7:** Detalle constructivo de vivienda de Tarqui

**Fuente:** Daniel Marques, 2025

**Elaboración:** Propia

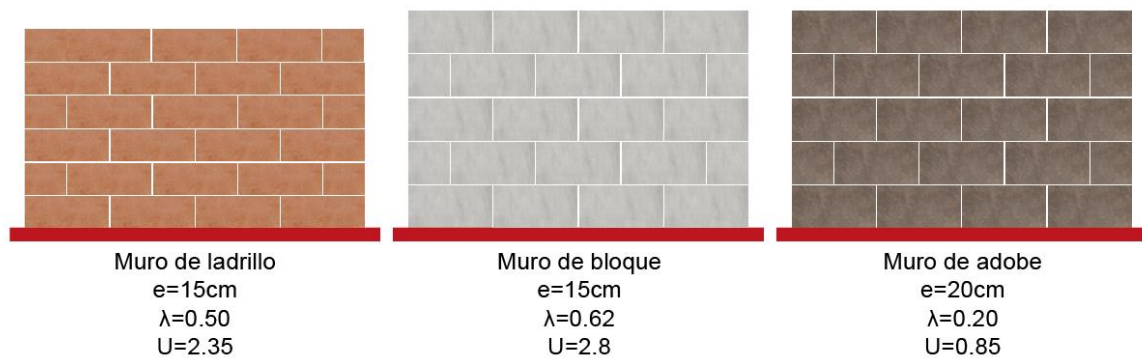
### **2.3.3 Viviendas en la Actualidad: Combinación de lo Tradicional y lo Moderno**

En la actualidad, las viviendas en Tarqui reflejan una fusión entre lo tradicional y lo moderno. Aunque el cemento y el ladrillo predominan en las construcciones recientes, todavía es posible encontrar casas de adobe en áreas rurales, especialmente en comunidades que buscan preservar sus tradiciones arquitectónicas. Las viviendas contemporáneas suelen contar con varias habitaciones, baños, cocinas amplias e incluso áreas exteriores como jardines y espacios comunes, respondiendo así a las exigencias de comodidad que caracterizan la vida moderna (Cevallos, 2020). En lo que respecta a la construcción de muros y paredes, el uso del adobe, que ha sido tradicionalmente valorado por su capacidad para regular la temperatura interior y resistir las inclemencias del clima, sigue siendo común en muchas casas rurales. Sin embargo, en las edificaciones más modernas, los muros de concreto y ladrillo se han vuelto predominantes, ya que ofrecen una mayor durabilidad y protección frente a fenómenos naturales.

El diseño arquitectónico actual también refleja una creciente preocupación por la sostenibilidad y el respeto por el medio ambiente. Algunas edificaciones han comenzado a incorporar tecnologías innovadoras, como paneles solares, sistemas de recolección de agua de lluvia y materiales ecológicos. Además, la arquitectura moderna en Tarqui se esfuerza por integrar las viviendas con el paisaje circundante, utilizando colores y materiales que se armonizan con el entorno montañoso, lo que no solo embellece la zona, sino que también promueve un estilo de vida más sostenible (Universidad de Cuenca, 2022).

## **2.4 Sistemas constructivos utilizados en Tarqui**

En Tarqui existen diversos sistemas constructivos, pero, según el INEC, tres de ellos destacan, estos son el ladrillo, el bloque y el adobe. Se cree que los dos primeros mencionados se usan por su eficiencia, costo y rapidez de ejecución, y el adobe es un sistema que aún prevalece porque representan el patrimonio arquitectónico y cultural. El ladrillo y el bloque son los materiales más utilizados, representando el 67,45 % del total de las construcciones, mientras que el adobe, aunque aún presente por los motivos ya mencionados, constituye el 28,91 %.



**Figura 8:** Comparación de la conductividad térmica, espesor y valor-U de 3 paredes con diferentes sistemas constructivos

**Fuente:** Jefferson Torres

**Elaboración:** Propia.

Material	Conductividad Térmica (W/m·K)
Adobe de tierra y fibra natural	<b>0,22 W/m·K</b> (Instituto de investigación geológico y energético)
Ladrillo Panelón	<b>0,53 W/m·K</b> (SciELO Colombia)
Ladrillo Hueco	<b>0,78 W/m·K</b> (Pedro J Hernández)
Bloque de Concreto	<b>0,87 W/m·K</b> (Sappi México)

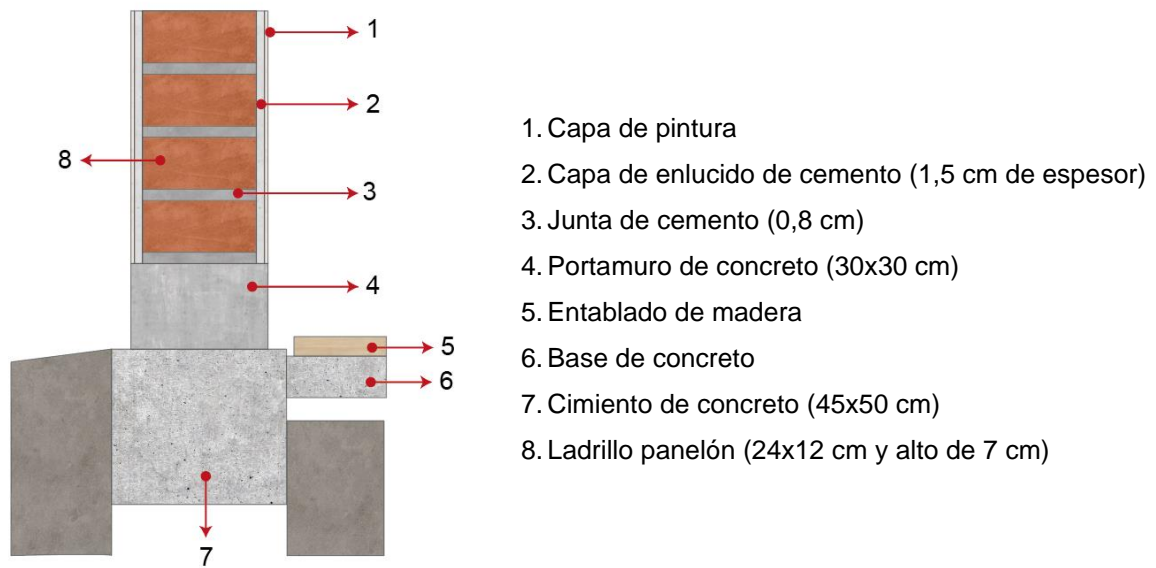
**Tabla 7:** Velocidad de viento de Tarqui

**Fuente:** Instituto de investigación geológico y energético

**Elaboración** Propia

### 2.4.1 El ladrillo

El ladrillo ha sido uno de los materiales más utilizados en la arquitectura de Tarqui debido a su disponibilidad, resistencia y adaptabilidad a las condiciones climáticas locales. Su evolución ha permitido que las edificaciones sean más duraderas y seguras, aunque su impacto en la eficiencia térmica ha generado ciertos desafíos.



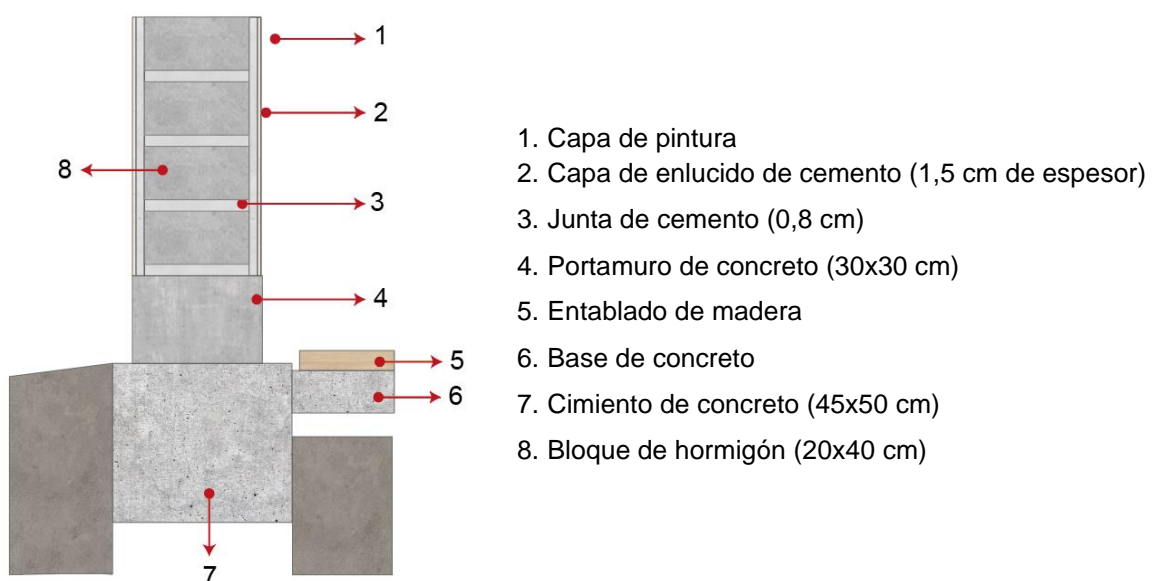
**Figura 9:** Detalle constructivo de construcción de ladrillo

**Fuente:** Archdaily

**Elaboración:** propia

#### 2.4.2 El bloque de cemento

El bloque es el material que más se utiliza en el sitio, debido a que es una alternativa moderna y accesible, lo que permite que las edificaciones se realicen más rápido y garantizando una buena resistencia mecánica; sin embargo, no es un buen aislante térmico debido a su composición y su forma hueca, por ende, requiere sistemas adicionales para optimizar el confort térmico.



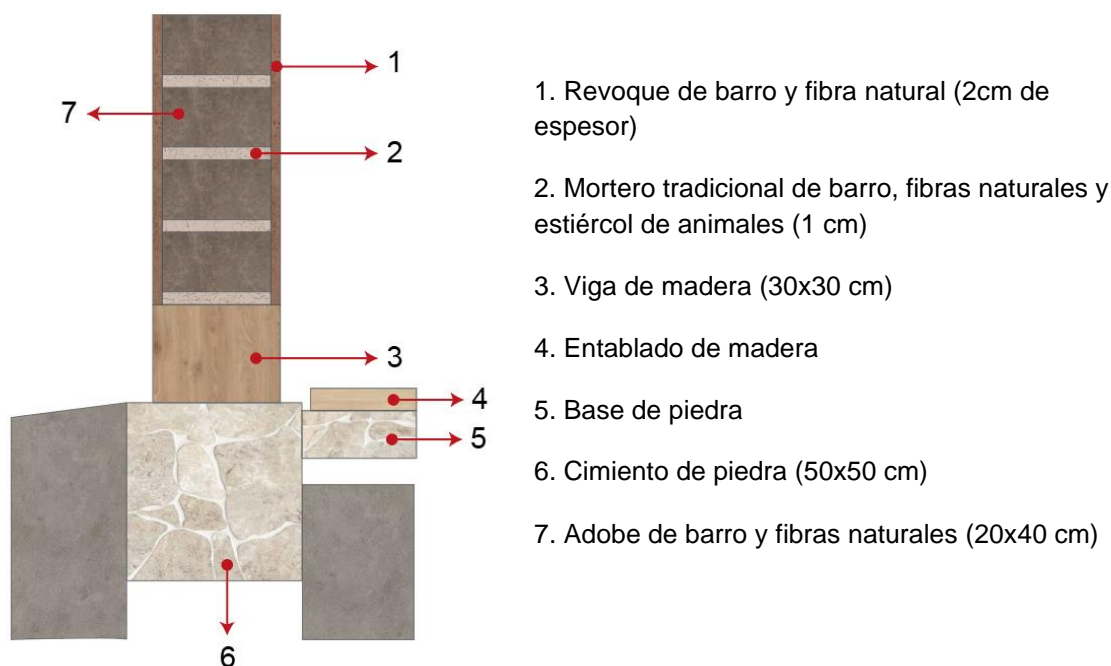
**Figura 10:** Detalle constructivo de construcción en bloques de cemento

**Fuente:** Poli Santa Fé

**Elaboración:** propia

### 2.4.3 El adobe

Actualmente, en la parroquia ya no se hacen construcciones con adobe, sin embargo, existen viviendas hechas de este material que han trascendido en el tiempo y que aún son habitables. Estas viviendas gozan de un buen confort térmico debido a su excelente capacidad de regulación, permitiendo ambientes frescos en el calor y cálidos en el frío. No obstante, su vulnerabilidad a la humedad y su menor resistencia estructural en comparación con otros materiales requieren un mantenimiento adecuado y técnicas constructivas complementarias.



**Figura 11:** Detalle constructivo de construcción en adobe

**Fuente:** Marco Aresta

**Elaboración:** propia

## 2.5 MARCO CONCEPTUAL

### 2.5.1 ¿Qué es la u?

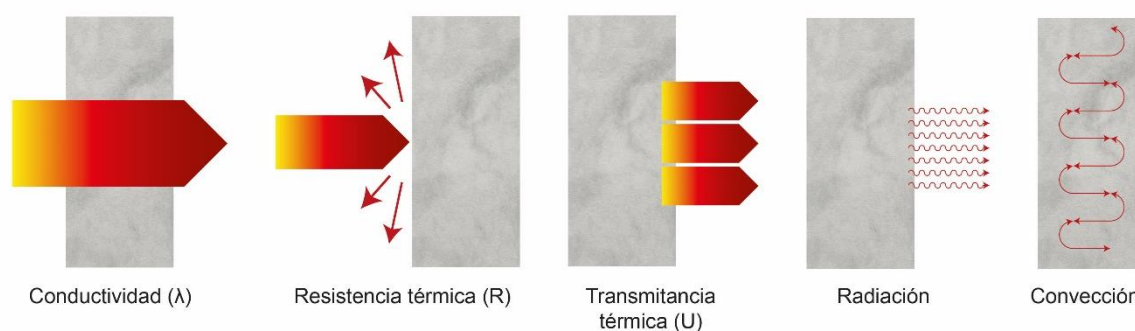
En el marco de la normativa ecuatoriana, la letra "U" hace referencia al coeficiente global de transferencia de calor de una estructura, un aspecto esencial para la optimización térmica de los edificios. Este coeficiente es fundamental porque mide la cantidad de calor que se transfiere a través de un material o elemento constructivo, considerando tanto su espesor como sus propiedades térmicas. Un valor bajo de "U" indica un mejor aislamiento térmico, lo que a su vez se traduce en una menor transferencia de calor. Esto resulta en un consumo reducido de energía para calefacción o refrigeración (González, 2020).

El coeficiente "U" no es solo un número; es una herramienta utilizada para evaluar el desempeño energético de los edificios. Según la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), que establece las condiciones térmicas y energéticas que deben cumplir las edificaciones en Ecuador, este coeficiente desempeña un papel crucial. La NEC estipula que los elementos constructivos, como muros, ventanas y techos, deben tener un coeficiente "U" apropiado para asegurar la eficiencia energética y, en consecuencia, reducir el consumo de energía destinado al acondicionamiento térmico.

La relevancia de cumplir con estos estándares no puede ser subestimada. Un diseño que incorpora materiales con un bajo coeficiente "U" no solo contribuye a la sostenibilidad ambiental, sino que también puede resultar en ahorros significativos en costos de energía a lo largo del tiempo. Por lo tanto, la correcta implementación de estos principios en la construcción no solo es una cuestión de cumplir con la normativa, sino también una estrategia inteligente para la gestión de recursos energéticos en el país.

### 2.5.2 Fundamentos de la transferencia de calor

En el marco de la legislación ecuatoriana, la transmisión de calor puede ocurrir a través de tres procesos fundamentales: conductividad, convección y radiación. Cada uno de estos métodos de transferencia de calor se basa en principios físicos universales que pueden aplicarse en diversas situaciones. Sin embargo, en contextos específicos como la construcción, la eficiencia energética y el diseño de sistemas, estas formas de transferencia de calor se adaptan a normativas específicas. Estas regulaciones están diseñadas para asegurar un uso eficiente de los recursos térmicos.



**Figura 12:** Flujo de calor a través de los muros

**Fuente:** OVACEN

**Elaboración:** Propia

### 2.5.3 Cálculo de la u

En Ecuador, el cálculo del coeficiente de transmitancia térmica, conocido como "U", está regulado por la norma INEN 1586, que se aplica en el sector de la construcción. Este coeficiente

representa la cantidad de calor que se pierde o se gana a través de un material o una pared específica. Su cálculo es fundamental para evaluar el rendimiento térmico de los edificios y mejorar la eficiencia energética. La unidad de medida para la "U" es comúnmente  $W/m^2 \cdot K$ , que se traduce como vatios por metro cuadrado por grado Kelvin.

### Procedimiento para calcular el valor "U" según la normativa ecuatoriana

1. **Identificación de los componentes de la estructura:** En primer lugar, es esencial reconocer los materiales que componen las distintas capas de la pared, el techo o cualquier otra estructura que se esté evaluando. Esto incluye elementos como paredes, ventanas, techos y suelos.
2. **Obtención de la conductividad térmica de cada material:** Cada material tiene un valor específico de conductividad térmica ( $k$ ), que se mide en  $W/m \cdot K$  (vatios por metro por grado Kelvin). La normativa INEN proporciona una tabla con los valores aproximados de conductividad térmica para los materiales más comunes.
3. **Determinación de los espesores de cada capa:** Es crucial conocer el grosor de cada capa de material que forma la estructura, y estos valores deben expresarse en metros (m).
4. **Cálculo de la resistencia térmica de cada capa (R):** La resistencia térmica de cada capa se calcula utilizando la fórmula siguiente.

$$R = \frac{d}{k}$$

Donde:

- $R$  es la resistencia térmica en  $m^2 \cdot K/W$ .
- $d$  es el espesor de la capa de material en metros (m).
- $k$  es la conductividad térmica del material en  $W/m \cdot K$ .

### 5. Sumar las resistencias térmicas:

Si el elemento constructivo tiene varias capas, se suman las resistencias térmicas de cada capa para obtener la resistencia térmica total del elemento, así:

$$R_{total} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

Los términos  $R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$  son las resistencias térmicas de cada capa individual.

### **Ejemplo de pared con dos capas:**

Si una pared tiene dos capas: una capa de ladrillo con una resistencia térmica de 0.417 m<sup>2</sup>·K/W y una capa de yeso con una resistencia térmica de 0.08 m<sup>2</sup>·K/W. La resistencia térmica total sería:

$$R_{total} = 0,417 + 0,08 = 0,497m^2$$

## **6. Determinación de las Resistencias Térmicas de las Superficies Externa e Interna**

Las superficies externas e internas de los elementos constructivos también poseen resistencias térmicas que deben ser tenidas en cuenta al calcular el valor de "U". Estas resistencias dependen completamente de las condiciones ambientales en las que se encuentran y de la geometría de las superficies.

- $R_{ext}$ : Resistencia térmica de la superficie exterior (generalmente 0.04 m<sup>2</sup>·K/W en condiciones estándar de exposición al aire exterior).
- $R_{int}$ : Resistencia térmica de la superficie interior (generalmente 0.13 m<sup>2</sup>·K/W, que es un valor estándar para superficies interiores en contacto con el aire de la habitación).

## **7. Cálculo Final del Valor "U"**

Utilizando la resistencia térmica total del elemento, así como las resistencias térmicas de las superficies exterior e interior, se puede determinar el valor de la transmitancia térmica "U" mediante la fórmula correspondiente.

$$U = \frac{1}{R_{total} + R_{ext} + R_{int}}$$

### **2.5.4 Coeficiente "U" en Materiales de Construcción:**

#### **Importancia**

El valor U es un indicador crucial que determina la cantidad de calor que se pierde o se gana a través de los elementos constructivos de un edificio, como muros, ventanas, techos y pisos. Los edificios que emplean materiales con baja conductividad térmica (es decir, aquellos con un valor U bajo) son más eficientes en términos energéticos, ya que requieren menos energía para mantener una temperatura interior constante.

Es esencial conocer el valor U adecuado en los materiales de construcción para asegurar el confort térmico dentro del edificio, evitando las fugas de calor en invierno y la ganancia excesiva en verano, lo que beneficia el bienestar de los ocupantes. La normativa ecuatoriana (NEE - Normas Ecuatorianas de la Construcción) establece valores máximos para el coeficiente U en diferentes componentes de la envolvente de un edificio, tales como fachadas, cubiertas y ventanas. Estas regulaciones garantizan que los edificios cumplan con requisitos mínimos de eficiencia energética y confort, ayudando a reducir la demanda energética en los sectores residencial y comercial, lo que contribuye a un entorno más sostenible.

### Materiales comúnmente utilizados en Tarqui

Material	Conductividad Térmica (k) [W/m·K]	Coficiente de Transferencia de Calor (U) [W/m <sup>2</sup> ·K]	Grosor Típico de Pared [cm]
Ladrillo	0.6 - 1.0	1.2 - 1.5	15 - 30
Bloques de concreto	1.4 - 1.6	1.3 - 1.7	20 - 30
Concreto armado	1.4 - 2.0	2.0 - 3.0	15 - 30
Adobe	0.4 - 0.8	0.8 - 1.3	20 - 40

**Tabla 8:** Materiales que se utilizan comúnmente en Tarqui

**Fuente:** Pedro J Hernandez

**Elaboración:** Propia

## 2.6 MARCO NORMATIVO

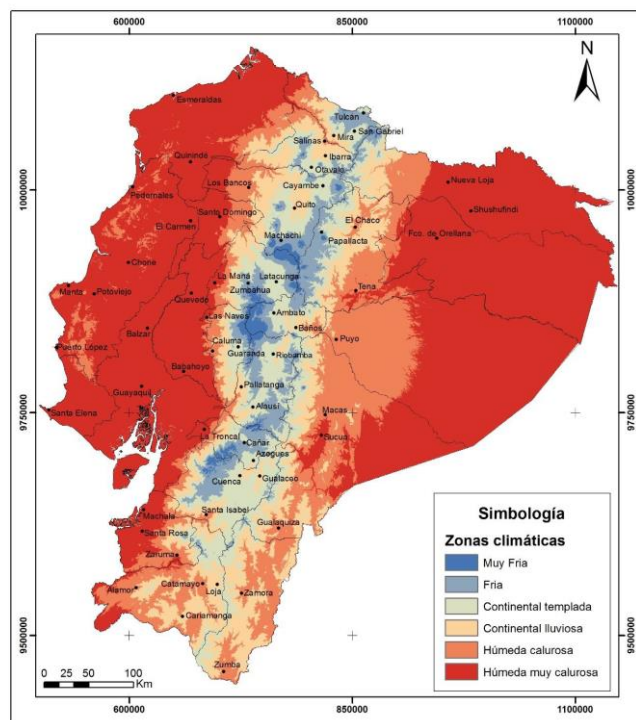
La Norma Ecuatoriana de la Construcción – Habitabilidad y Salud – Eficiencia Energética (NEC-HS-EE) establece los estándares fundamentales de diseño y edificación para garantizar el confort térmico y optimizar el uso de energía en las construcciones residenciales en Ecuador. Esta regulación se aplica a:

- **Construcciones residenciales recientes:** Cada hogar debe cumplir con los criterios de eficiencia térmica desde la fase de diseño y construcción.
- **Modificaciones que afecten la envoltura térmica del inmueble:** Si se efectúan cambios en muros, techos, ventanas o suelos, es necesario adaptarlos a los valores de transmitancia térmica (U) y resistencia térmica (R) estipulados.

- **Excepción:** Esta norma no se aplica a edificaciones reconocidas como patrimonio, debido a las limitaciones que existen para realizar cambios estructurales.

### 2.6.1 Determinación de la zona climática

Para implementar la normativa, es fundamental comprender el clima de la ubicación de la construcción. Ecuador se divide en seis áreas climáticas: muy calurosa y húmeda, calurosa y húmeda, continental lluviosa, continental templada, fría y muy fría, cada una con diferentes requerimientos térmicos que dependen de la temperatura y la humedad. Tarqui se encuentra en una zona climática de tipo continental templada.



**Figura 13:** Zonas climáticas del Ecuador  
**Fuente:** NEC-HS-EE, 2018

El mapa de zonas climáticas que se incluye en la normativa es una herramienta fundamental para clasificar las diversas regiones según sus características climáticas. Este mapa permite identificar las demandas específicas de calefacción o refrigeración en cada área, lo que facilita el diseño de sistemas energéticos más eficientes y adaptados a las condiciones locales. Además, se puede realizar un análisis más detallado mediante el uso de los grados diarios de calefacción (HDD18°C) y los grados diarios de refrigeración (CDD10°C). Estos indicadores se utilizan para evaluar numéricamente la necesidad energética de un lugar particular.

- **HDD (Heating Degree Days):** Se refiere a la cantidad de grados que se encuentran por debajo de una temperatura de referencia (18°C en este caso), acumulados durante un

periodo de tiempo, normalmente un año. Indican el nivel de demanda de calefacción en una zona.

- **CDD (Cooling Degree Days):** Se refiere al número de grados que superan una temperatura de referencia (10°C en este contexto), acumulados en un periodo similar. Son útiles para calcular la necesidad de refrigeración.

Dentro de cada tipo de clima, se establecen requisitos específicos para las envolturas de las edificaciones, con el objetivo de asegurar un desempeño energético eficiente y acorde a las condiciones climáticas locales. En el caso del clima de Cuenca, clasificado como continental lluvioso, los requisitos establecidos son los siguientes:

Elementos opacos	Habitable				No habitable	
	Climatizado		No climatizado		Montaje máximo	Valor Min. R de aislamiento
	Montaje máximo	Valor Min. R de aislamiento	Montaje máximo	Valor Min. R de aislamiento		
Techos	U-0.273	R-3.5	U-2.9	R-0.89	U-4.7	R-0.21
Paredes sobre nivel del terreno	U-0.513	R-2.0	U-2.35	R-0.4	U-5.46	NA
Paredes bajo nivel de terreno	C-0.678	R-1.3	C-6.473	NA	C-6.473	NA
Pisos	U-0.420	R-1.8	U-3.2	R-0.31	U-3.4	NA
Puertas opacas	U-2.839	NA	U-2.6	R-0.4	U-3.124	
Ventanas	Transmitancia máxima	Montaje Máxima SHGC	Transmitancia máxima	Montaje máximo SHGC	Transmitancia máxima	Montaje máximo SHGC
Área translúcida vertical $\geq 45^\circ$	U-2.27	SHGC-0.40	U-5.78	SHGC-0.82	U-6.81	NA
Área translúcida horizontal $< 45^\circ$	U-5.56	SHGC-0.36	U-6.64	SHGC-0.36	U-11.24	NA

**Tabla 9:** Requisitos de envolvente para la zona climática continental templada

**Fuente:** NEC-HD-EE, 2018

**Elaboración:** Propia

La tabla muestra los valores del coeficiente de ganancia de calor solar (SHGC) aplicables a los elementos translúcidos verticales. Este coeficiente debe cumplir con el límite máximo establecido para todas las orientaciones, en función del área total correspondiente a dichos elementos. Sin embargo, hay excepciones:

1. En el caso de los elementos translúcidos verticales que representen más del 40% del área neta de cerramiento opaco, o de los elementos translúcidos horizontales

que superen el 5%, el SHGC debe ser inferior al valor estipulado para todas las orientaciones.

2. Para los elementos translúcidos verticales que estén permanentemente sombreados por proyecciones opacas diseñadas para tener la misma vida útil que el edificio, se puede demostrar el cumplimiento del SHGC ajustando el valor mediante los factores correctivos indicados en la tabla siguiente.

Proyección	Multiplicador SHGC (orientación este/oeste)	Multiplicador SHGC (orientación norte/sur)
0-0.10	1.00	1.00
>0.10-0.20	0.91	0.95
>0.20-0.30	0.82	0.91
>0.30-0.40	0.74	0.87
>0.40-0.50	0.67	0.84
>0.50-0.60	0.61	0.81
>0.60-0.70	0.56	0.78
>0.70-0.80	0.51	0.76
>0.80-0.90	0.47	0.75
>0.90-1.00	0.44	0.73

**Tabla 10:** Multiplicadores de SHGC para elementos de sombra

**Fuente:** NEC- HS-EE, 2018

**Elaboración:** Propia

Según la NEC, para garantizar el cumplimiento normativo en los elementos translúcidos verticales que superen el 40% del área neta de cerramiento opaco, así como en los elementos translúcidos horizontales que sobrepasen el 5%, es necesario considerar ciertos ajustes. Asimismo, esta disposición aplica a los elementos translúcidos verticales que están permanentemente sombreados mediante proyecciones parcialmente opacas, tales como marcos de vidrio o estructuras de metal perforado, diseñados para tener una durabilidad equivalente a la del edificio. En estos casos, el factor de proyección (PF) debe ser ajustado mediante la multiplicación por un factor de sombreado ( $O_s$ ). Este factor  $O_s$  se determina de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$O_s = (A_i \times O_i) + (A_f \times O_f)$$

Donde:

- $O_s$  = Es el porcentaje de opacidad del dispositivo de sombreado.
- $A_i$  = Es el porcentaje de área del dispositivo de sombreado con relleno parcialmente opaco.
- $O_i$  = Es el porcentaje de opacidad del relleno para acristalamientos  $O_i = (100 \% - TS)$ , donde TS es la transmitancia solar determinada de acuerdo con NFRC 300 para paneles metálicos perforados o decorativos; para paneles de metal perforados o decorativos.
- $O_i$  = Es el porcentaje de material sólido
- $A_f$  = Es el porcentaje del área del dispositivo de sombreado que forma parte de los elementos del marco.
- $O_f$  = Es el porcentaje de opacidad de los elementos que conforman el marco; si es sólido, entonces se considera el 100 %.

## CAPÍTULO III

### 3. CASOS DE ESTUDIO Y RECOLECCIÓN DE DATOS

El análisis del confort térmico en edificaciones es crucial para evaluar tanto la eficiencia energética como la habitabilidad de las viviendas, especialmente en regiones donde las variaciones climáticas son notables. En este estudio, se llevó a cabo una evaluación comparativa de la transmitancia térmica  $U$  en viviendas de la parroquia Tarqui, considerando sistemas constructivos de ladrillo y bloque de hormigón. Para ello, se realizaron visitas técnicas a dos viviendas seleccionadas por sus características representativas de la zona, donde se tomaron mediciones térmicas utilizando el equipo Testo 365. El equipo de medición Testo 365, proporcionado por el laboratorio Sisolab, fue esencial para determinar la transmitancia térmica ( $U$ ) de los envolventes verticales durante la visita técnica. Se analizaron dos habitaciones por vivienda, calentándolas con un calefactor durante 30 minutos para evaluar su comportamiento térmico. Posteriormente, se midió la transmitancia térmica en dos paredes de cada habitación.

Los resultados mostraron diferencias significativas en la capacidad de aislamiento térmico entre los sistemas constructivos, estableciendo que el bloque de hormigón presenta un coeficiente  $U$  más alto que el del ladrillo, lo que indica una menor resistencia térmica y una mayor pérdida de calor. Además, se calcularon los valores teóricos de la transmitancia térmica para cada material, utilizando la ecuación  $R = e/\lambda$ , donde se consideraron los espesores y coeficientes de conductividad térmica de los materiales analizados.

La comparación entre los resultados experimentales y los valores calculados permitió evaluar la eficiencia térmica de los muros y su conformidad con las normativas vigentes, como la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC). Este estudio proporciona una base sólida para futuras mejoras en el diseño de viviendas en Tarqui, con el objetivo de optimizar el aislamiento térmico y reducir el consumo energético en calefacción y refrigeración.

#### 3.1 Metodología

Para llevar a cabo un análisis del confort térmico y la capacidad de aislamiento en las viviendas de la parroquia Tarqui, se seleccionaron dos edificaciones que presentan características constructivas diferenciadas. Esta selección se realizó teniendo en cuenta diversos aspectos, como los materiales predominantes en la construcción, la orientación de las viviendas y su exposición a diferentes factores climáticos. El objetivo fue que las viviendas elegidas representaran las condiciones típicas de la zona, lo que permitiría obtener resultados que sean aplicables a un contexto más amplio y que reflejen la realidad habitacional de la región.

Una vez seleccionadas las edificaciones, se llevó a cabo una visita técnica destinada a recopilar información detallada sobre las condiciones térmicas de cada una de ellas. Durante esta inspección, se identificaron los materiales utilizados en los muros, techos y pisos, así como el estado de las aberturas, dado que estos factores pueden influir considerablemente en la transferencia de calor y, por ende, en la eficiencia energética de la vivienda. Además, se registraron datos sobre el entorno inmediato, considerando aspectos como la presencia de vegetación, las sombras que proyectan edificaciones cercanas y la dirección predominante del viento, pues todos estos elementos tienen un impacto notable en la estabilidad térmica de los espacios interiores.

Para el proceso de medición, se seleccionaron dos habitaciones en cada vivienda. La elección de estos espacios se fundamentó en su ubicación dentro de la casa, el uso que se les da y su nivel de exposición tanto a la radiación solar como al viento. Se procuró que las habitaciones compartieran condiciones similares en términos de tamaño y ventilación, lo que aseguraría la comparabilidad de los datos obtenidos. De este modo, se establecieron las bases para un análisis exhaustivo que permita evaluar de manera precisa el confort térmico y la eficiencia energética de las viviendas en la parroquia Tarqui.

## **3.2 Casos de estudio**

### **3.2.1 Sistema Constructivo de Bloque**

El primer caso de estudio se centra en el sistema constructivo que utiliza bloque de hormigón. Este material es ampliamente apreciado en el sector de la construcción por su notable resistencia estructural y durabilidad a lo largo del tiempo. Sin embargo, presenta una conductividad térmica relativamente alta, lo que significa que su coeficiente de transmitancia térmica es considerablemente elevado en comparación con otros materiales tradicionales, como el adobe o el ladrillo (Neville, 2011). Debido a su densidad y a su baja resistencia térmica intrínseca, el bloque de hormigón facilita una rápida transferencia de calor desde el exterior hacia el interior de la vivienda durante las horas diurnas, lo que puede resultar en un sobrecalentamiento en los períodos de mayor radiación solar.

Además, durante la noche, este material tiende a perder calor de manera acelerada, lo que puede contribuir a una sensación de frío en el interior de la vivienda (Santamouris, 2015). Para mitigar este efecto adverso, es común complementar los muros de bloque con materiales aislantes o recubrimientos térmicos que ayudan a reducir la transferencia de calor. Asimismo, el espesor del muro y la disposición de los bloques son factores que pueden influir en su desempeño térmico; se ha observado que son más eficientes cuando se incorporan cámaras de aire internas o sistemas de doble muro con un aislamiento intermedio (Prieto, 2019). Esta estrategia no solo mejora la eficiencia energética de la vivienda, sino que también contribuye al confort térmico de sus ocupantes, haciendo del bloque de hormigón una opción viable si se implementan adecuadamente estas soluciones.



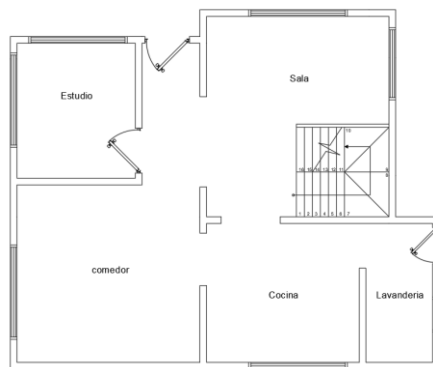
**Figura 14:** Imagen Vivienda de Bloque

**Elaboración:** Propia



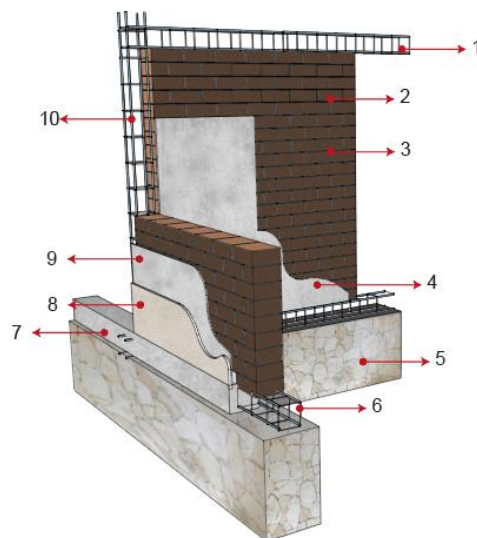
**Figura 15:** Imagen Vivienda de Bloque

**Elaboración:** Propia



**Figura 16:** Planta baja de la Vivienda

**Elaboración:** Propia



- |  |   |
|--|---|
| 1. Viga de hormigón armado (20x25 cm)            | 6. Viga portamuro de hormigón Armado      |
| 2. Bloque de hormigón (40x16 cm y alto de 20 cm) | 7. Relleno de cemento (30x30 cm)          |
| 3. Junta de cemento (0,8 cm)                     | 8. Pintura                                |
| 4. Enlucido de cemento (2 cm de espesor)         | 9. Enlucido de cemento (2 cm de espesor)  |
| 5. Cimiento de piedra (45x50 cm)                 | 10. Columna de hormigón armado (25x25 cm) |

**Figura 17:** Detalle constructivo de las viviendas

**Elaboración propia**

### **3.2.2 Sistema Constructivo de Ladrillo**

El segundo caso de estudio se centra en el sistema constructivo basado en ladrillo. Este material presenta propiedades térmicas que se sitúan en un punto intermedio entre las del bloque de hormigón y las del adobe, con un coeficiente de transmitancia térmica que se considera moderado (Pacheco-Torgal & Labrincha, 2013). El ladrillo cocido es uno de los materiales más utilizados en la construcción, gracias a su notable resistencia mecánica y su durabilidad a lo largo del tiempo. La eficiencia térmica del ladrillo es altamente dependiente de su composición y del tipo de mampostería que se emplee. En el caso de los muros macizos, el ladrillo proporciona una mayor inercia térmica, lo que se traduce en una mejor regulación de la temperatura interior en comparación con el bloque de hormigón.

No obstante, en configuraciones que incluyen huecos o perforaciones, su capacidad de aislamiento térmico puede disminuir, lo que incrementa la transferencia de calor a través de la envolvente del edificio (Balaras, 2007). Para optimizar su desempeño térmico, en ciertas ocasiones se utilizan ladrillos térmicos que cuentan con cavidades internas, las cuales ayudan a reducir la conductividad térmica del sistema constructivo. Además, el tipo de junta y el mortero que se utilicen pueden afectar significativamente la resistencia térmica del muro; se ha demostrado que el uso de morteros a base de cal, en lugar de cemento, mejora la eficiencia térmica global de la estructura (Fernández, 2018). Otra estrategia efectiva para aumentar el aislamiento térmico de los muros de ladrillo consiste en la inclusión de capas adicionales de aislamiento térmico, tales como paneles de poliestireno expandido o lana de roca, integrados en la estructura del muro. Esta combinación de enfoques no solo maximiza la eficiencia energética de las edificaciones, sino que también contribuye al confort térmico de los espacios interiores, haciendo del ladrillo una opción constructiva viable y adaptable a distintas condiciones climáticas.



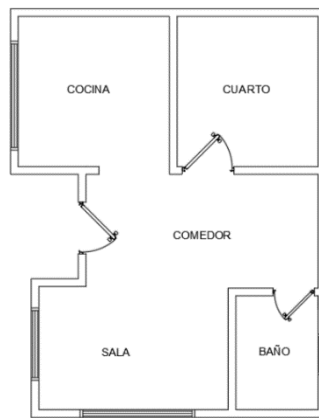
**Figura 18:** Imagen vivienda de Ladrillo

**Elaboración:** Propia



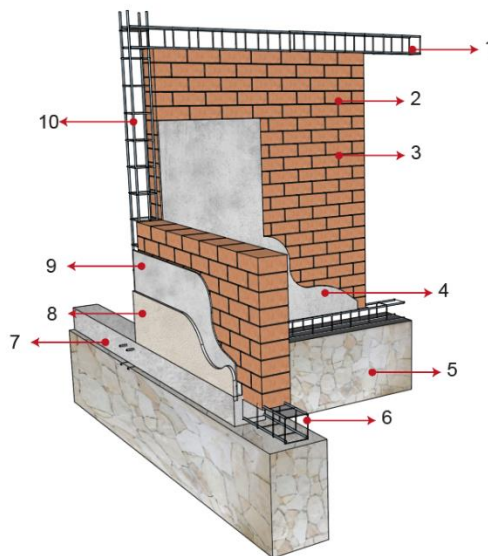
**Figura 19:** Detalle constructivo

**Elaboración:** Propia



**Figura 20:** Planta de la Vivienda

**Elaboración:** Propia



1. Viga de hormigón armado (20x25 cm)

2. Ladrillo panelón (24x12 cm y alto de 7 cm)

6. Viga portamuro de hormigón Armado

7. Relleno de cemento (30x30 cm)

- |  |   |
|--|---|
| 3. Junta de cemento (0,8 cm)             | 8. Pintura                                |
| 4. Enlucido de cemento (2 cm de espesor) | 9. Enlucido de cemento (2 cm de espesor)  |
| 5. Cimiento de piedra (45x50 cm)         | 10. Columna de hormigón armado (25x25 cm) |

**Figura 17:** Detalle constructivo de la vivienda de ladrillo en Tarqui

**Elaboración** propia

### 3.3 Experimentación

Para evaluar la respuesta térmica de las habitaciones, se utilizó un calefactor eléctrico con el objetivo de elevar la temperatura en cada espacio de manera controlada. El calefactor se mantuvo encendido durante un periodo de 30 minutos en cada habitación, un tiempo considerado suficiente para generar un incremento térmico significativo. Durante este proceso, se tomó la precaución de evitar la apertura de puertas y ventanas, con el fin de mantener condiciones estables y minimizar la influencia de factores externos en las mediciones realizadas.

Se registró la temperatura inicial antes de iniciar el calentamiento y se monitoreó su evolución en intervalos regulares hasta que se alcanzó la estabilización térmica. Este procedimiento no solo permitió observar la rapidez con la que el calor se distribuía en el ambiente, sino también evaluar la capacidad de los muros para retener la energía térmica proporcionada. De esta manera, se pudo obtener un análisis más completo sobre la efectividad del sistema constructivo en cuanto a su desempeño térmico, proporcionando información valiosa para futuras mejoras en el diseño y la eficiencia energética de las viviendas.



**Figura 22:** Toma de muestreo con el Testo 365 pared 1

**Elaboración:** Propia

### **3.3.1 Testo 365**

El Testo 365 es un sistema de medición diseñado para evaluar el confort térmico y el rendimiento energético de un espacio, especialmente en términos de aislamiento térmico. Su funcionamiento se basa en la medición de diferencias de temperatura entre el aire exterior y las superficies de una vivienda para analizar la eficiencia térmica del entorno.

### **3.3.2 Instrumentos utilizados en la medición**

#### **1. Sonda de temperatura del aire**

Se utiliza para medir la temperatura del aire afuera del ambiente evaluado.

Permite conocer las condiciones térmicas generales del exterior del espacio.

#### **2. Testo (Unidad principal de medición)**

Es el dispositivo principal que recibe y procesa los datos de los termo pares y la sonda.

Registra y almacena las mediciones de temperatura, permitiendo su análisis posterior.

Dependiendo del modelo, puede tener conectividad para transferencia de datos y análisis en software especializado.

#### **3. Termo pares**

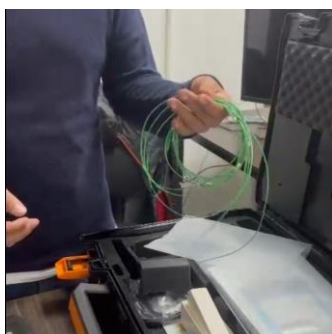
Se usa para medir la temperatura de las superficies (paredes, techos o pisos).

Permite evaluar la capacidad de aislamiento térmico del material de construcción.

Comparando la temperatura del aire con la de la pared, se pueden identificar pérdidas térmicas y determinar la eficiencia energética del edificio.

### **3.3.3 Funcionamiento**

1. Se colocan las sondas en sus respectivas ubicaciones: una que tome la temperatura exterior y los termo pares en contacto con la pared.
2. El Testo 365 registra las temperaturas de ambos puntos y calcula la diferencia térmica.
3. Con los datos obtenidos, se puede analizar la eficiencia del aislamiento térmico de la edificación.
4. Se identifican posibles problemas como puentes térmicos o deficiencias en el material aislante.



**Figura 23:** Testo 365, Termo pares

**Elaboración:** Propia



**Figura 24:** Testo 365, sonda de temperatura

**Elaboración:** Propia



**Figura 25:** Testo 365

**Elaboración:** Propia

### 3.3.4 Medición de la transmitancia térmica (U)

Una vez que se alcanzó el equilibrio térmico en cada habitación, se procedió a medir el coeficiente de transmitancia térmica (U) de las paredes. Para llevar a cabo este procedimiento, se utilizó el equipo Testo 365, que permite obtener datos precisos sobre la capacidad de aislamiento térmico de los materiales constructivos. En cada vivienda, se realizó el muestreo en dos paredes por habitación, seleccionadas cuidadosamente en función de su orientación y exposición a agentes externos. Se optó por realizar las mediciones en muros que tenían contacto directo con el exterior, ya que estos representan las principales vías de pérdida o ganancia de calor en la edificación.

Las mediciones se llevaron a cabo durante un periodo de 10 minutos por cada pared, registrando los valores en intervalos regulares para garantizar tanto la precisión como la representatividad de los datos obtenidos. Los valores registrados fueron procesados y analizados para evaluar la eficiencia térmica de los muros en ambas viviendas. A partir de estos resultados, se compararon las propiedades de los materiales utilizados en la construcción y su capacidad para transmitir calor de manera efectiva.

Además, se realizaron cálculos complementarios para determinar la relación entre la transmitancia térmica y la capacidad de los muros para minimizar las pérdidas energéticas bajo condiciones climáticas variables. Este análisis permitió identificar patrones de comportamiento térmico y posibles oportunidades de mejora en el aislamiento de las edificaciones, con el objetivo de optimizar el confort térmico en el sector estudiado. Finalmente, los resultados obtenidos fueron contrastados con los valores recomendados en normativas vigentes, como la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), con el fin de determinar el grado de cumplimiento y formular recomendaciones que puedan contribuir a mejorar la eficiencia energética de las viviendas en la parroquia Tarqui. Este enfoque integral no solo proporciona una visión clara del desempeño actual de las edificaciones, sino que también establece una base sólida para futuras mejoras en el diseño y la construcción.

### 3.3.5 Medición en muro de ladrillo

Durante la visita técnica, se realizaron mediciones de transmitancia térmica (U) en dos paredes de ladrillo utilizando el equipo Testo 365, proporcionado por el laboratorio Sisolab. Con el objetivo de asegurar la precisión en los resultados obtenidos, las mediciones se llevaron a cabo en condiciones controladas, garantizando un contacto adecuado del sensor con la superficie de cada muro. Este cuidado en el proceso es fundamental para obtener datos confiables que reflejen el verdadero desempeño térmico del material.

En la primera pared evaluada, el equipo registró un valor de 2,431 W/m<sup>2</sup>K, mientras que en la segunda pared se obtuvo un resultado de 2,478 W/m<sup>2</sup>K. Estas variaciones en los valores pueden atribuirse a diversos factores, tales como la uniformidad del material, el acabado superficial de los ladrillos o incluso pequeñas diferencias en las condiciones ambientales al momento de la medición. Estas consideraciones son importantes, ya que pueden influir en la capacidad de aislamiento térmico de las paredes.

Los valores obtenidos no solo proporcionan información clave sobre el desempeño térmico del ladrillo en las viviendas de la parroquia Tarqui, sino que también permiten realizar comparaciones de su eficiencia con respecto a otros materiales de construcción. Además, estos resultados son esenciales para verificar la alineación del ladrillo con las normativas de aislamiento térmico vigentes, lo que contribuye a una mejor comprensión de su idoneidad dentro del contexto de eficiencia energética y confort térmico en la región. Esta evaluación no solo destaca la importancia del ladrillo como material constructivo, sino que también abre la puerta a posibles mejoras en el diseño y la implementación de estrategias de aislamiento en futuras edificaciones.



**Figura 26:** Resultado Testo  
365 pared de ladrillo 1

**Elaboración:** Propia

**Figura 27:** Resultado Testo  
365 pared de ladrillo 2

**Elaboración:** Propia

### 3.3.6 Medición del muro de bloque

En lo que respecta a la vivienda construida con bloque de hormigón, se llevó a cabo el mismo procedimiento que se aplicó en la vivienda de ladrillo. En la primera pared de bloque que se midió, el equipo registró un valor de 2,523 W/m<sup>2</sup>K, mientras que, en la segunda pared, el valor obtenido fue de 2,568 W/m<sup>2</sup>K. Es importante señalar que, en esta segunda pared, el enlucido interior estaba presente, pero no así el enlucido exterior, a diferencia de la primera pared, que contaba con enlucido tanto interior como exterior. Estas mediciones revelan una leve variación en la capacidad de aislamiento térmico de las paredes de bloque, lo cual podría atribuirse a diferencias en la estructura interna del material, el tipo de acabado utilizado, o incluso a las condiciones ambientales que prevalecieron durante las mediciones.

Al igual que en el caso de las paredes de ladrillo, se tomaron en consideración factores adicionales que podrían influir en los resultados, tales como el grosor del muro y la posible existencia de defectos o fisuras que pudieran afectar la efectividad del aislamiento térmico. Estos datos serán fundamentales para realizar una comparación del rendimiento térmico del bloque de hormigón en relación con otros materiales que se utilizan en la construcción de viviendas dentro de la parroquia Tarqui. Además, se contrastarán con los valores teóricos de transmitancia térmica que están establecidos en las normativas vigentes. Esto permitirá evaluar de manera más precisa su desempeño en comparación con los requerimientos de eficiencia energética establecidos por la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC). Este enfoque no solo proporciona una visión clara sobre la efectividad del bloque de hormigón como material constructivo, sino que también sienta las bases para posibles recomendaciones que puedan mejorar la eficiencia energética de las edificaciones en la región.



**Figura 28:** Resultado Testo  
365 pared de Bloque 1

**Elaboración:** Propia

**Figura 29:** Resultado Testo  
365 pared de Bloque 2

**Elaboración:** Propia

### 3.4 Resultados

#### 3.4.1 Resultados Experimentales

Los resultados experimentales fueron obtenidos a partir de mediciones realizadas en diversas paredes con el propósito de evaluar su comportamiento térmico. En la primera pared de ladrillo, se registró un valor de 2.431 W/m<sup>2</sup>K, mientras que en la segunda pared del mismo material se obtuvo 2.478 W/m<sup>2</sup>K. Por su parte, la primera pared de bloque presentó un valor de 2.523 W/m<sup>2</sup>K, y la segunda alcanzó 2.568 W/m<sup>2</sup>K. Es importante señalar que esta última estaba compuesta únicamente por enlucido interior y bloque, sin contar con enlucido exterior. Estos resultados evidencian una ligera variación entre las estructuras analizadas, lo que sugiere diferencias en la capacidad de aislamiento térmico y en la disipación del calor de cada material.

#### 3.4.2 Resultados Teóricos

##### Calculo teórico del sistema constructivo de Bloque pared 1.

Se determina la transmitancia térmica U de un sistema constructivo de bloque a partir de datos aproximados. Para ello, se considera un muro compuesto por los siguientes materiales:

- Bloque de hormigón: 15 cm de espesor, con una conductividad térmica  $\lambda = 0.90$  W/mK.
- Enlucido interior: 2 cm de espesor, con  $\lambda = 0.25$  W/mK.
- Enlucido exterior: 2 cm de espesor, con  $\lambda = 1.00$  W/mK.
- Resistencias térmicas superficiales:
  - Interior:  $R_i = 0.13$  m<sup>2</sup>K/W.
  - Exterior:  $R_e = 0.04$  m<sup>2</sup>K/W.

A continuación, se calcula la resistencia térmica de cada material utilizando la ecuación:

$$R = e / \lambda$$

- Enlucido (interior):  $R_{enlucido} = 0.02 / 0.25 = 0.08$  m<sup>2</sup>K/W
- Bloque de hormigón:  $R_{bloque} = 0.15 / 0.90 = 0.167$  m<sup>2</sup>K/W
- Enlucido (exterior):  $R_{cemento} = 0.02 / 1.00 = 0.02$  m<sup>2</sup>K/W

La resistencia térmica total del sistema constructivo se obtiene sumando las resistencias individuales:

$$R_{total} = R_i + R_{hormigón} + R_{bloque} + R_{hormigón} + R_e$$

$$R_{total} = 0.13 + 0.08 + 0.167 + 0.02 + 0.04 = 0.437 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Finalmente, se calcula la transmitancia térmica del muro utilizando la ecuación:

$$U = 1 / R_{total} = 1 / 0.437 = 2.29 \text{ W/m}^2\text{K}$$

### Calculo teórico del sistema constructivo de Bloque pared 2.

Se determina la transmitancia térmica U de un sistema constructivo de bloque a partir de datos aproximados. Para ello, se considera un muro compuesto por los siguientes materiales:

- **Bloque de hormigón:** 15 cm de espesor, con una conductividad térmica  $\lambda = 0.90 \text{ W/mK}$ .
- **Enlucido interior:** 2 cm de espesor, con  $\lambda = 0.25 \text{ W/mK}$ .
- Resistencias térmicas superficiales:
  - Interior:  $R_i = 0.13 \text{ m}^2\text{K/W}$ .
  - Exterior:  $R_e = 0.04 \text{ m}^2\text{K/W}$ .

A continuación, se calcula la resistencia térmica de cada material utilizando la ecuación:

$$R = \frac{e}{\lambda}$$

- Enlucido (interior):  $R_{enlucido} = 0.02 / 0.25 = 0.08 \text{ m}^2\text{K/W}$
- Bloque de hormigón:  $R_{bloque} = 0.15 / 0.90 = 0.167 \text{ m}^2\text{K/W}$

La resistencia térmica total del sistema constructivo se obtiene sumando las resistencias individuales:

$$R_{total} = R_i + R_{hormigón} + R_{bloque} + R_{hormigón} + R_e$$

$$R_{total} = 0.13 + 0.08 + 0.167 + 0.04 = 0.417 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Finalmente, se calcula la transmitancia térmica del muro utilizando la ecuación:

$$U = 1 / R_{total} = 1 / 0.417 = 2.39 \text{ W/m}^2\text{K}$$

### Calculo teórico del sistema constructivo de Ladrillo.

Datos:

- **Muro de ladrillo:** 15 cm de espesor,  $\lambda = 0.72 \text{ W/mK}$
- **Enlucido interior:** 2cm de espesor,  $\lambda = 0.25 \text{ W/mK}$

- **Enlucido exterior:** 2 cm de espesor,  $\lambda = 1.00 \text{ W/mK}$
- Resistencias térmicas superficiales:
  - Interior:  $R_i = 0.13 \text{ m}^2\text{K/W}$ .
  - Exterior:  $R_e = 0.04 \text{ m}^2\text{K/W}$ .

A continuación, se calcula la resistencia térmica de cada material utilizando la ecuación:

$$R = \frac{e}{\lambda}$$

- Enlucido (interior):  $R_{enlucido} = 0.02 / 0.25 = 0.08 \text{ m}^2\text{K/W}$
- Bloque de hormigón:  $R_{bloque} = 0.15 / 0.72 = 0.208 \text{ m}^2\text{K/W}$
- Enlucido (exterior):  $R_{cemento} = 0.02 / 1.00 = 0.02 \text{ m}^2\text{K/W}$

La resistencia térmica total del sistema constructivo se obtiene sumando las resistencias individuales:

$$R_{total} = R_i + R_{hormigón} + R_{bloque} + R_{hormigón} + R_e$$

$$R_{total} = 0.13 + 0.08 + 0.208 + 0.02 + 0.04 = 0.478 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Finalmente, se calcula la transmitancia térmica del muro utilizando la ecuación:

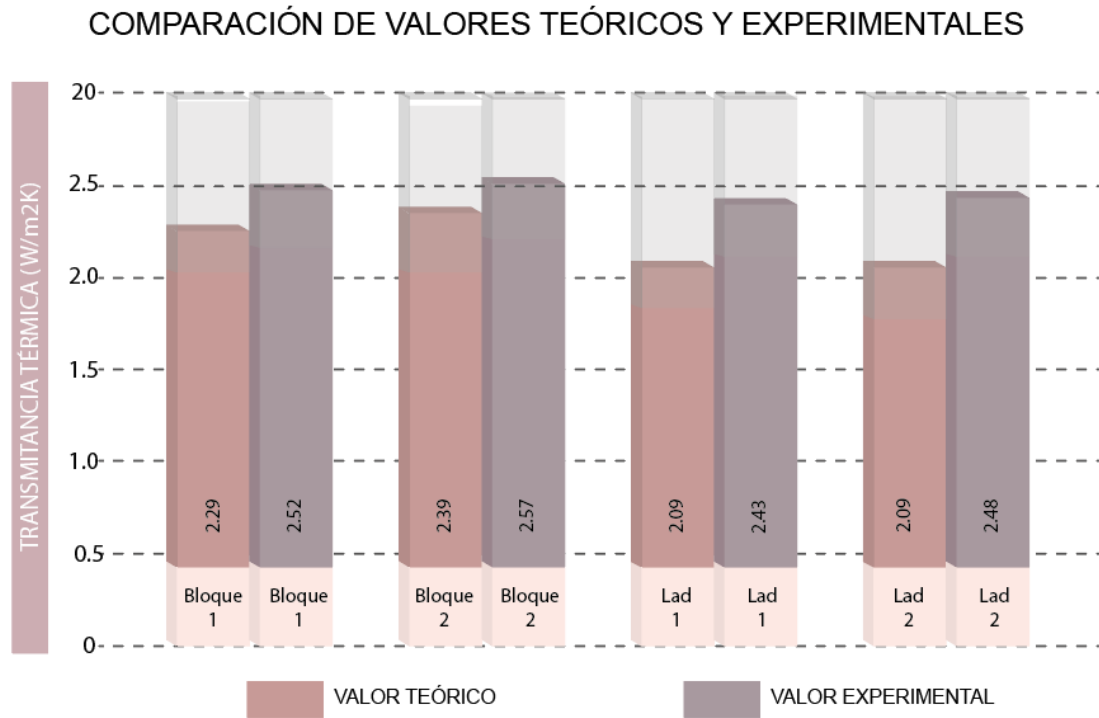
$$U = 1 / R_{total} = 1 / 0.478 = 2.09 \text{ W/m}^2\text{K}$$

### 3.5 Comparación

Para evaluar la precisión de los valores de transmitancia térmica (UU) obtenidos experimentalmente, se realizó una comparación con los cálculos teóricos basados en las propiedades térmicas de los materiales constructivos. En el caso del sistema de bloque de hormigón, el cálculo teórico de la transmitancia térmica para la primera pared arrojó un valor de  $2.29 \text{ W/m}^2\text{K}$ , mientras que para la segunda pared se obtuvo  $2.39 \text{ W/m}^2\text{K}$ . En contraste, las mediciones experimentales mostraron valores de  $2.523 \text{ W/m}^2\text{K}$  y  $2.568 \text{ W/m}^2\text{K}$ , respectivamente. Esta diferencia puede atribuirse a variaciones en la composición del material, imperfecciones en la construcción o condiciones ambientales que influyen en la medición real.

Por otro lado, en el sistema constructivo de ladrillo, el cálculo teórico determinó una transmitancia térmica de  $2.09 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Sin embargo, los valores obtenidos experimentalmente fueron  $2.431 \text{ W/m}^2\text{K}$  en la primera pared y  $2.478 \text{ W/m}^2\text{K}$  en la segunda. La discrepancia entre los resultados teóricos y experimentales podría estar relacionada con la presencia de puentes térmicos, la absorción de humedad o variaciones en la homogeneidad del material.

La comparación entre los valores teóricos y experimentales permite analizar el comportamiento real de los materiales frente a la transmisión de calor, proporcionando información clave para optimizar el diseño térmico de las viviendas. Además, estos resultados contribuyen a validar la aplicabilidad de los métodos de cálculo utilizados y a identificar posibles mejoras en la selección de materiales, con el objetivo de maximizar la eficiencia energética de las edificaciones en la parroquia Tarqui.



**Gráfica 9:** Comparación de valores teóricos y experimentales de transmitancia térmica  
**Elaboración** propia

## 4. CAPÍTULO IV – PROPUESTA

Después de llevar a cabo un exhaustivo estudio de los antecedentes, la normativa vigente, las medidas in situ y la simulación de los casos de estudio, se busca presentar y analizar los resultados obtenidos y desarrollados en los capítulos anteriores. A partir de estos datos, se evaluará el desempeño térmico de los sistemas constructivos presentes en las viviendas rurales de Tarqui, así como su relación con el confort térmico y la eficiencia energética. En este sentido, se presentan los valores obtenidos de la transmitancia térmica (U) de los materiales más representativos utilizados en las envolventes verticales, junto con las variaciones de temperatura y humedad registradas durante los casos de estudio. Estos valores no solo permiten identificar qué tipo de materiales ofrecen un mejor desempeño en términos de aislamiento térmico, sino que también resaltan cuáles presentan deficiencias que podrían afectar el confort de los habitantes.

El objetivo es examinar las condiciones de habitabilidad en relación con las normativas existentes. Posteriormente, se realizará una comparación con la normativa ecuatoriana vigente, en particular con la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-HS-EE), con el fin de determinar el grado de cumplimiento de los sistemas constructivos en relación con los estándares de eficiencia energética y confort térmico exigidos para edificaciones en zonas climáticas frías como Tarqui. En los casos de estudio seleccionados, se han identificado desviaciones con respecto a lo establecido en la normativa, lo que pone de manifiesto la necesidad de mejorar ciertos aspectos del diseño y la construcción de viviendas en esta región.

Es relevante destacar que al interpretar los resultados pueden surgir variaciones debido a condiciones climáticas específicas, la estación del año y la hora del día. Esto implica que algunas mediciones pueden no ser completamente precisas, ya que diversos factores externos podrían haber influido en la exactitud de los valores obtenidos. Sin embargo, los datos presentados ofrecen una aproximación confiable para evaluar el desempeño térmico de las viviendas, lo que permite proponer soluciones adecuadas y factibles para mejorar la situación actual.

En la sección de discusión, se analizarán los resultados obtenidos en comparación con estudios previos, subrayando sus implicaciones en la optimización del diseño de viviendas en la región. A partir de estos hallazgos, se propondrán estrategias de mejora en el diseño arquitectónico y la selección de materiales, con el objetivo de maximizar el confort térmico y reducir el consumo energético en las viviendas rurales de Tarqui. Además, se plantearán algunas recomendaciones adicionales basadas en estudios de referencia, que se considera podrían ser útiles para futuras implementaciones de mejoras en el ámbito de la construcción sostenible. Este enfoque integral no solo busca mejorar la calidad de vida de los habitantes, sino también fomentar prácticas constructivas más responsables y eficientes.

## **Propuestas**

El confort térmico en las viviendas rurales de Tarqui se ve influenciado por las condiciones climáticas de la región, que se caracterizan por temperaturas frías y una elevada humedad. La eficiencia térmica de estas edificaciones depende en gran medida de la calidad de la envolvente vertical, la cual desempeña un papel crucial en la regulación de la transferencia de calor y en la estabilidad de la temperatura interior. Sin embargo, la modernización en el ámbito de la construcción ha conducido al uso de materiales que presentan una baja capacidad de aislamiento térmico, lo que ha incrementado la demanda energética necesaria para la calefacción de los hogares.

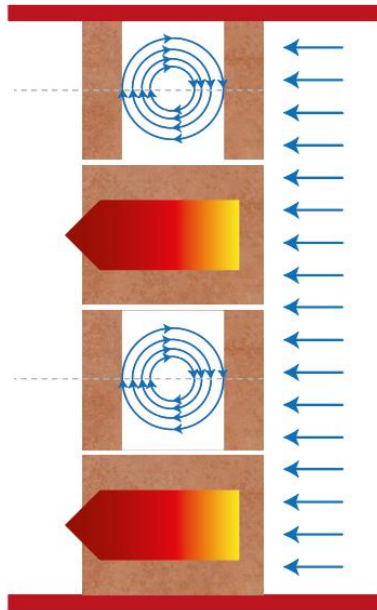
En este contexto, resulta esencial implementar estrategias que optimicen la capacidad térmica de las envolventes verticales, combinando de manera efectiva materiales tradicionales con modernos. Este enfoque busca mejorar la eficiencia energética de las viviendas, sin comprometer su accesibilidad económica ni su identidad arquitectónica característica. A continuación, se presentan diversas propuestas que se centran en potenciar la capacidad aislante de los muros, optimizar el diseño bioclimático de las edificaciones y reducir las pérdidas de calor. Estas medidas no solo contribuirán a la sostenibilidad de las construcciones, sino que también mejorarán significativamente el confort de los habitantes, propiciando un entorno más saludable y agradable para vivir. La integración de estas estrategias no solo asegura un mejor desempeño energético de las viviendas, sino que también respeta y realza las tradiciones constructivas locales, creando un equilibrio armonioso entre modernidad y patrimonio cultural.

### **4.1 Aislamiento Insuflado**

El aislamiento insuflado es una técnica que consiste en inyectar materiales aislantes en los espacios vacíos de los muros, con el fin de mejorar tanto la eficiencia térmica como la acústica de un edificio. Para llevar a cabo este proceso, se realizan pequeñas perforaciones de entre 2 a 5 cm de diámetro en la pared exterior.

#### **Funcionamiento**

El aislamiento insuflado se lleva a cabo mediante la inyección de materiales aislantes a través de una pequeña abertura en la pared. Durante este proceso, se introduce el material aislante, que se expande y se adapta a la forma del espacio, llenando cualquier vacío y creando una barrera efectiva contra la transferencia de calor y sonido. Esta técnica no solo optimiza el confort interior, sino que también contribuye a la eficiencia energética del edificio al reducir la necesidad de calefacción y refrigeración. Al utilizar esta metodología, se logra una mejora significativa en el rendimiento térmico del inmueble, brindando a los ocupantes un ambiente más agradable y eficiente.



**Figura 30:** Función del aislamiento insuflado  
**Fuente:** Passivehaus Cuenca  
**Elaboración:** Propia

### Ventajas

- Eficiencia Energética: Puede reducir significativamente la pérdida de calor, logrando ahorros en costos de calefacción y refrigeración.
- Costo: Es una opción relativamente económica en comparación con otros métodos de aislamiento.
- Mejora del Confort: Aumenta el confort térmico y acústico en el interior de las viviendas.
- Sostenibilidad: Algunos materiales, como la celulosa, son reciclados y tienen un menor impacto ambiental.

### Cálculo del Valor U

Existen varios materiales que también pueden ser utilizados para este tipo de aislamiento, cada uno con sus propias características y propiedades. Algunos de los materiales más comunes o más utilizados debido a sus propiedades y sus características son:

#### a. Celulosa

Está hecha principalmente de papel reciclado, la celulosa es tratada para ser ignífuga y resistente a insectos y plagas, tiene una conductividad térmica de aproximadamente  $0.038 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ . Esta se usa mucho porque es ecológica, buena capacidad de aislamiento térmico y acústico, y se adapta

bien a espacios irregulares, sin embargo, puede absorber humedad si no se instala correctamente, lo que podría afectar su rendimiento.

Para el cálculo:

$$U_{\text{aislamiento}} = \frac{\lambda}{\text{espesor}} = \frac{0,038}{0,15} \approx 0,253 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$U_{\text{ladrillo}} = \frac{\lambda}{\left(\frac{1}{2,09} + \frac{1}{0,253}\right)} \approx 1,73 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$U_{\text{bloque}} = \frac{\lambda}{\left(\frac{1}{2,3} + \frac{1}{0,253}\right)} \approx 1,85 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

### **b. Fibra de vidrio**

Está compuesta por hilos de vidrio, la fibra de vidrio es un material ligero y resistente con una conductividad térmica de aproximadamente 0.040 W/m·K. Tiene características como la resistencia al fuego y a la humedad, y tiene una buena relación costo-beneficio.

Para el cálculo:

$$U_{\text{aislamiento}} = \frac{\lambda}{\text{espesor}} = \frac{0,040}{0,15} \approx 0,267 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$U_{\text{ladrillo}} = \frac{\lambda}{\left(\frac{1}{2,09} + \frac{1}{0,267}\right)} \approx 1,74 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$U_{\text{bloque}} = \frac{\lambda}{\left(\frac{1}{2,3} + \frac{1}{0,267}\right)} \approx 1,87 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

### **c. Espuma de poliuretano**

Es un material que se expande al ser aplicado, creando una barrera continua, tiene una conductividad térmica de aproximadamente 0.025 W/m·K, lo que lo hace uno de los mejores aislantes. Este es excelente por su capacidad de aislamiento, resistencia a la humedad y a la compresión. Sin embargo, puede ser más costoso que otros materiales y tiene un impacto ambiental mayor debido a su producción.

Para el cálculo:

$$U_{\text{aislamiento}} = \frac{\lambda}{\text{espesor}} = \frac{0,025}{0,15} \approx 0,167 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$U_{ladrillo} = \frac{\lambda}{\left(\frac{1}{2,09} + \frac{1}{0,167}\right)} \approx 1,54 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$U_{bloque} = \frac{\lambda}{\left(\frac{1}{2,3} + \frac{1}{0,167}\right)} \approx 1,66 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

#### d. Lana de roca

Está hecha de fibras de roca volcánica, la lana de roca es un material aislante mineral, tiene una conductividad térmica de aproximadamente 0.035 W/m·K. Tiene varias ventajas, entre ellas su resistencia al fuego y a la humedad, y proporciona un buen aislamiento acústico, pero puede ser más pesada y costosa que otros materiales.

Para el cálculo:

$$U_{aislamiento} = \frac{\lambda}{\text{espesor}} = \frac{0,035}{0,15} \approx 0,233 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$U_{ladrillo} = \frac{\lambda}{\left(\frac{1}{2,09} + \frac{1}{0,233}\right)} \approx 1,66 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$U_{bloque} = \frac{\lambda}{\left(\frac{1}{2,3} + \frac{1}{0,233}\right)} \approx 1,78 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

#### e. Poliestireno expandido

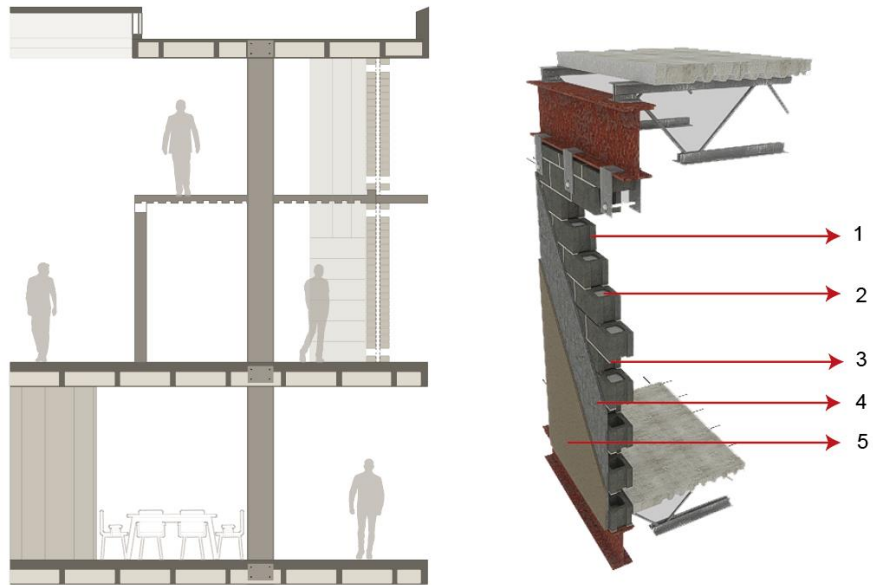
Es un material plástico ligero que se utiliza comúnmente en la construcción con una conductividad térmica de aproximadamente 0.035 W/m·K. Entre sus principales características está su resistencia a la humedad y ligero, lo que facilita su manejo. Sin embargo, suele ser menos efectivo en términos de aislamiento acústico en comparación con otros materiales.

Para el cálculo:

$$U_{aislamiento} = \frac{\lambda}{\text{espesor}} = \frac{0,035}{0,15} \approx 0,233 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$U_{ladrillo} = \frac{\lambda}{\left(\frac{1}{2,09} + \frac{1}{0,233}\right)} \approx 1,66 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$U_{bloque} = \frac{\lambda}{\left(\frac{1}{2,3} + \frac{1}{0,233}\right)} \approx 1,78 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$



1. Bloque de hormigón de 40 x 16
2. Aislante en forma de partículas
3. Mortero de adhesión

4. Enlucido de hormigón
5. Capa de acabado

**Figura 31:** Detalle constructivo del aislamiento insuflado

**Fuente:** Aislamientos Madrid.

**Elaboración** propia





#### 4.2 Aplicación del sistema SATE

El Sistema de Aislamiento Térmico por el Exterior utiliza una variedad de materiales para proporcionar un aislamiento efectivo en las fachadas de los edificios. Este sistema se compone de cuatro elementos clave: el material aislante, el mortero base, la capa de refuerzo y la capa de acabado.

##### Material Aislante

El material aislante es el componente principal del SATE y se selecciona según su conductividad térmica ( $\lambda$ ) y resistencia mecánica. Los más comunes son los que se muestran en la siguiente tabla.:

Material	Conductividad térmica ( $\lambda$ ) W/mK	Ventajas	Imagen
Poliestireno Expandido (EPS)	0,038 Polyfex	Ligero, fácil de manejar y económico.	

Poliestireno Extrudido (XPS)	0,033 Soprema Iberia	Mejor rendimiento térmico que el EPS y mayor resistencia a la humedad.	
Lana Mineral	0,040 Eurocoustic	Buen aislamiento térmico y acústico, además de ser resistente al fuego	
Espuma de Poliuretano	0,028 Gantrade Corporation	Alta capacidad de aislamiento en un espesor reducido	
Materiales Naturales (como celulosa o corcho)	0,045 EWI Pro	Opciones sostenibles y ecológicas, aunque pueden ser menos comunes.	

**Tabla 11:** Materiales aplicables al sistema SATE

**Fuente:** Isover

Elaboración: Propia

### Mortero base

El mortero base se aplica sobre el aislamiento para proporcionar resistencia mecánica y soporte al revestimiento final. Los más usados son:

Tipo de mortero	Conductividad térmica ( $\lambda$ ) W/mK	Espesor recomendado
Mortero base de cemento	1,2	5 mm

Mortero con fibras	0,8	5 mm
Mortero de cal	0,6	5mm

**Tabla 12:** Materiales aplicables al mortero base del sistema SATE

**Fuente:** Isover.

**Elaboración:** propia

### Capa de acabado

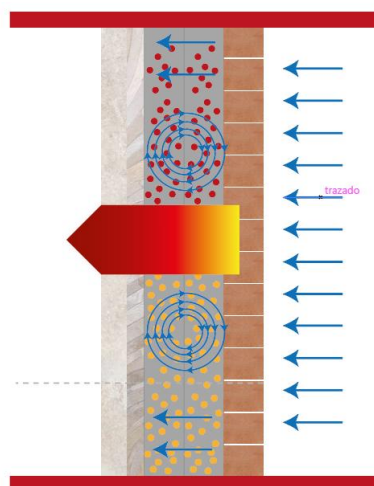
El revestimiento exterior protege el sistema de la intemperie y proporciona la apariencia final. Algunas opciones son:

Tipo de mortero	Conductividad térmica ( $\lambda$ ) W/mK	Propiedades
Revestimiento acrílico	0,8	Impermeable, flexible.
Revestimiento silicato	1,0	Permeable al vapor de agua, resistente.
Revestimiento siloxano	0,9	Hidrofóbico, autolimpiante.

**Tabla 13:** Materiales aplicables a los acabados del sistema SATE

**Fuente:** Isover.

**Elaboración:** propia



**Figura 32:** Funcionamiento del sistema SATE

**Fuente:** RT Arquitectura.

**Elaboración** propia

## Aplicación del sistema SATE

Para determinar el nuevo valor de U de la envolvente al incorporar el sistema SATE, es necesario considerar la resistencia térmica adicional que este proporciona. A continuación, se describe el procedimiento seguido para llevar a cabo este análisis:

- **Identificación del valor U de la envolvente original:** Se establece que la vivienda de referencia presenta un valor de  $U = 2.09 \text{ W/m}^2\text{K}$  en las paredes de ladrillo con enlucido de cemento en ambos lados. Por otro lado, la misma vivienda tiene un valor de  $U = 2.30 \text{ W/m}^2\text{K}$  en las paredes construidas con bloque de hormigón, también con enlucido de cemento por las dos caras.
- **Identificación del valor de la conductividad térmica del sistema SATE:** Dado que para implementar este sistema se pueden utilizar diversos materiales, se opta por ejemplificar el sistema con poliestireno expandido. Este material tiene una conductividad térmica de  $0.035 \text{ W/mK}$  y se considera un espesor de  $5 \text{ cm}$  para las paredes de ladrillo y de  $6 \text{ cm}$  para las de bloque de hormigón.

Este enfoque permite calcular con precisión el impacto del sistema SATE en la eficiencia energética de la vivienda, proporcionando así un marco claro para la evaluación de mejoras en el aislamiento térmico.

$$R_{\text{poliestireno}} = \frac{e_{\text{poliestireno}}}{\lambda_{\text{poliestireno}}}$$

$$R_{\text{poliestireno}} = \frac{0,05}{0,035} = 1,43 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{\text{poliestireno}} = \frac{0,06}{0,035} = 1,71 \text{ m}^2\text{K/W}$$

También hay que considerar que existen capas adicionales, el mortero y el acabado que entre las dos tienen un espesor de  $3 \text{ cm}$  y una conductividad térmica de  $1,0 \text{ W/mK}$ .

$$R_{\text{poliestireno}} = \frac{0,03}{1,0} = 0,03 \text{ m}^2\text{K/W}$$

- Determinar la transmitancia térmica equivalente

Cuando se tienen dos elementos en serie, en este caso una pared existente y un muro añadido, la resistencia térmica total se calcula como la suma de las resistencias individuales:

Para el muro de ladrillo:

$$R_{\text{vivienda}} = R_{\text{muro}} + R_{\text{poliestireno}} + R_{\text{mortero}}$$

$$R_{\text{vivienda}} = 0,104 + 1,43 + 0,03 = 1,564 \text{ m}^2\text{K/W}$$

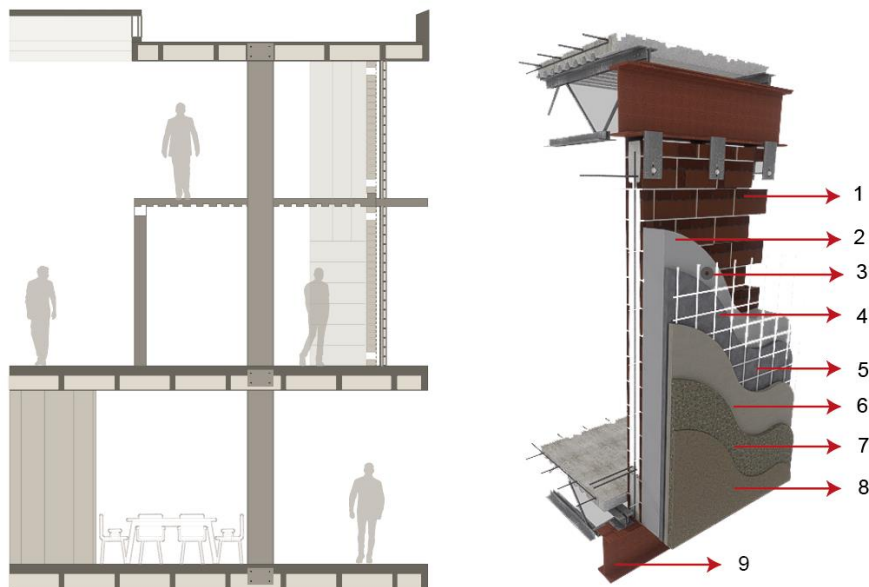
$$U = \frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{1,564} = 1,78 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Para el muro de bloque de hormigón:

$$R_{vivienda} = R_{muro} + R_{poliestireno} + R_{mortero}$$

$$R_{vivienda} = 0,136 + 1,71 + 0,03 = 1,876 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = \frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{1,876} = 1,66 \text{ W/m}^2\text{K}$$



1. Masa térmica

2. Aislante

3. Anclaje mecánico

4. Capa base

5. Malla de refuerzo

6. Mortero de adhesión de hormigón

7. Imprimación

8. Capa de acabado

9. Perfil de arranque

**Figura 33:** Detalle constructivo del sistema SATE.

**Fuente:** Terra construcciones.

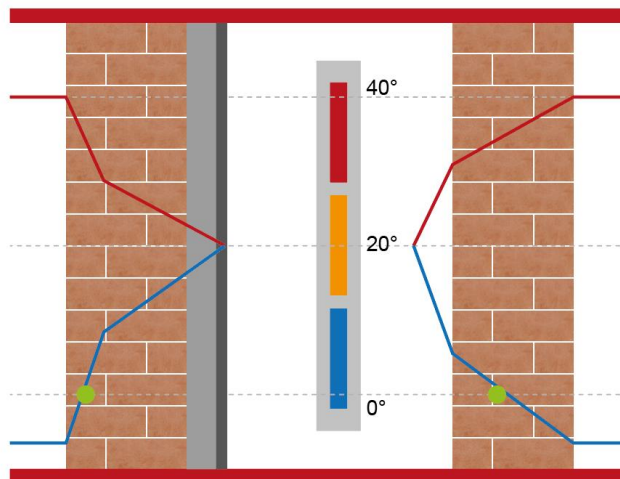
**Elaboración** propia.

### 4.3 Paneles aislantes adheridos al muro

Los materiales de aislamiento térmico se instalan directamente sobre las superficies de los muros exteriores o interiores de una vivienda. Su principal objetivo es mejorar la eficiencia energética del edificio, reducir el consumo de energía para calefacción y refrigeración, y aumentar el confort térmico en el interior de los espacios habitables.

#### Funcionamiento

Estos paneles actúan reduciendo la transmisión de calor a través de los muros al interrumpir los puentes térmicos, creando así una barrera efectiva contra las temperaturas externas. Dependiendo del tipo de material utilizado, estos paneles también pueden ayudar a minimizar la humedad y la condensación dentro del muro, lo que contribuye a prevenir problemas constructivos como el moho o el deterioro del acabado. De esta manera, no solo se optimiza el rendimiento energético de la vivienda, sino que también se promueve un ambiente interior más saludable y confortable para sus ocupantes.



**Figura 34:** Funcionamiento de los paneles aislantes adheridos al muro

**Fuente:** Détail bois

**Elaboración:** Propia.

El uso adecuado de estos paneles permite:

- Reducción del consumo energético en calefacción y refrigeración.
- Mayor confort térmico en el interior de la vivienda.
- Protección de la estructura al evitar la degradación por cambios térmicos bruscos.
- Aislamiento acústico adicional, dependiendo del tipo de material.

Material	Conductividad térmica ( $\lambda$ ) W/mK	Densidad kg/m <sup>3</sup>	Propiedades	Espesor recomendado
Paneles de Fibrocemento con núcleo aislante	0,04	1000	Alta resistencia mecánica, durabilidad, buena protección contra humedad	4 – 6 cm
Corcho expandido	0,038	125	Material ecológico y reciclable, buena resistencia a la humedad y al fuego, aislante acústico.	3 – 6 cm
Fibra de madera	0,044	190	Material sostenible, buena inercia térmica, regula la humedad.	4 – 8 cm
Paneles de Cáñamo	0,041	90	Biodegradable, buena regulación de la humedad, resistente a hongos.	4 – 8 cm
Paneles de Silicato de Calcio	0,045	250	Alta resistencia al fuego, buena transpirabilidad, absorbe la humedad sin deteriorarse.	3 – 5 cm
Paneles de Perlas de Vidrio Expandido	0,045	174	Resistente a la humedad, no inflamable, buena durabilidad.	3 – 5 cm

**Tabla 14:** Tipos de paneles recomendados para Tarqui

**Fuente:** AísloPol

**Elaboración:** Propia

### Aplicación de los paneles

Para determinar el nuevo valor U de la envolvente al agregar paneles al muro, se debe considerar la resistencia térmica adicional que este proporciona. Para ello se ha seguido el siguiente procedimiento:

- Identificar el valor U de la envolvente original

Se tiene que la vivienda de referencia tiene una  $U = 2.09 \text{ W/m}^2\text{K}$ . en las paredes de ladrillo y enlucido de cemento por los dos lados

Se tiene que la vivienda de referencia tiene una  $U = 2.30 \text{ W/m}^2\text{K}$ . en las paredes de bloque de hormigón y enlucido de cemento por los dos lados

- Identificar el valor de conductividad térmica del panel

Par ejemplificar el uso de este sistema se utiliza el corcho expandido, este tiene una conductividad térmica de  $0.038 \text{ W/mK}$

- Determinar la transmitancia térmica equivalente

Cuando se tienen dos elementos en serie, en este caso una pared existente y el panel añadido, la resistencia térmica total se calcula como la suma de las resistencias individuales:

Para el muro de ladrillo:

$$R_{ladrillo} = \frac{0,15}{\lambda}$$

$$U_{ladrillo} = \frac{1}{R_{ladrillo}} = 2,09$$

$$R_{ladrillo} = \frac{1}{2,09} = 0,478 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{corcho} = \frac{0,06}{0,038} = 1,58 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = \frac{1}{0,478 + 1,58 + 0,17} = 0,45 \text{ Wm}^2\text{K}$$

Para el muro de bloque de hormigón:

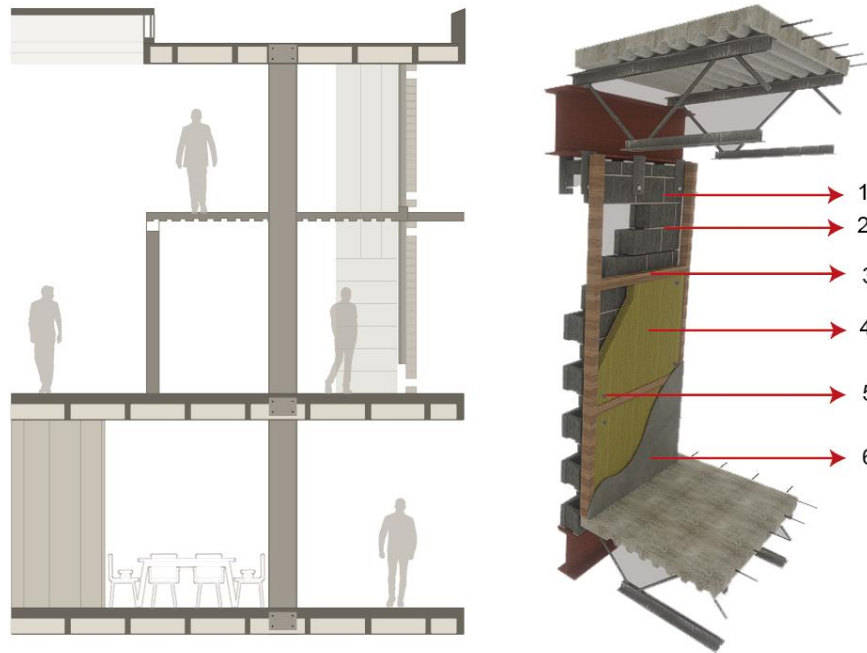
$$R_{ladrillo} = \frac{0,15}{\lambda}$$

$$U_{ladrillo} = \frac{1}{R_{ladrillo}} = 2,3$$

$$R_{ladrillo} = \frac{1}{2,3} = 0,435 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{corcho} = \frac{0,06}{0,038} = 1,58 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = \frac{1}{0,435 + 1,58 + 0,17} = 0,46 \text{ Wm}^2\text{K}$$



1. Bloques de hormigón de 40 x 20 cm
2. Mortero de adhesión de hormigón
3. Estructura de madera para los paneles

4. Paneles aislantes
5. Tornillos de fijación
6. Capa de acabado

**Figura 35:** Detalle constructivo de los paneles aislantes adheridos al muro

**Fuente:** Archi Expo

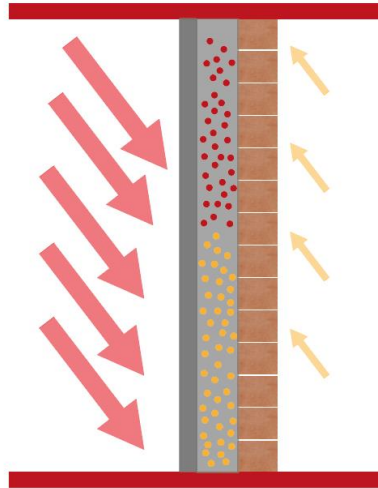
**Elaboración** propia.

#### 4.4 Aislamiento con mortero térmico

El mortero termoaislante es una mezcla especializada que incluye materiales con baja conductividad térmica, lo que contribuye a reducir la transferencia de calor a través de los muros. Este tipo de mortero se aplica de manera similar a un revoque convencional, ya sea en la parte exterior o interior del muro, según la estrategia térmica que se considere más adecuada para cada caso.

##### Funcionamiento

El mortero térmico funciona como una barrera aislante gracias a su estructura porosa y a los materiales de baja conductividad que lo componen. Su función principal es disminuir la transmitancia térmica del muro al incorporar aire atrapado en su estructura, lo que ralentiza el flujo de calor desde el interior hacia el exterior en climas fríos. De este modo, se logra una mejora significativa en la eficiencia energética del edificio, ofreciendo un entorno interior más confortable y reduciendo la necesidad de calefacción.



**Figura 36:** Funcionamiento del aislamiento con mortero térmico

**Fuente:** Soprema Iberia.

**Elaboración** propia.

Algunos de los materiales que más se utilizan para climas como Tarqui son:

Material	Características	Conductividad térmica ( $\lambda$ ) W/mK
Mortero de perlita y vermiculita	La perlita y la vermiculita son minerales expandidos que tienen baja conductividad térmica. Se mezclan con cemento y cal para formar un mortero ligero y aislante.	0,09
Mortero con agregados de poliestireno expandido	Se incorporan microesferas de poliestireno expandido en la mezcla del mortero para reducir su densidad y mejorar su capacidad de aislamiento térmico.	0,10
Mortero con aerogel de sílice	El aerogel es uno de los mejores aislantes térmicos disponibles, pero es más costoso. Se mezcla con morteros de cal o cemento para mejorar la eficiencia térmica del revoque.	0,017
Mortero de cal y corcho granulado	La cal actúa como aglomerante y el corcho aporta aislamiento térmico y acústico	0,9

**Tabla 15:** Materiales para mortero recomendados para Tarqui

**Fuente:** Soprema Iberia.

**Elaboración:** propia

## Aplicación del mortero

Para determinar el nuevo valor U de la envolvente al agregar un mortero, se debe considerar la resistencia térmica adicional que este proporciona. Para ello se ha seguido el siguiente procedimiento:

- Identificar el valor U de la envolvente original

Se tiene que la vivienda de referencia tiene una  $U = 2.09 \text{ W/m}^2\text{K}$ . en las paredes de ladrillo y enlucido de cemento por los dos lados

Se tiene que la vivienda de referencia tiene una  $U = 2.30 \text{ W/m}^2\text{K}$ . en las paredes de bloque de hormigón y enlucido de cemento por los dos lados

- Identificar el valor de la conductividad térmica del material

Para ejemplificar el uso de este sistema se utiliza el mortero de cal con corcho granulado tiene valor en su conductividad térmica aproximado de  $0.08 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ . y un grosor de 5 mm

- Determinar la transmitancia térmica equivalente

Cuando se tienen dos elementos en serie, en este caso una pared existente y el mortero añadido, la resistencia térmica total se calcula como la suma de las resistencias individuales:

Para el muro de ladrillo:

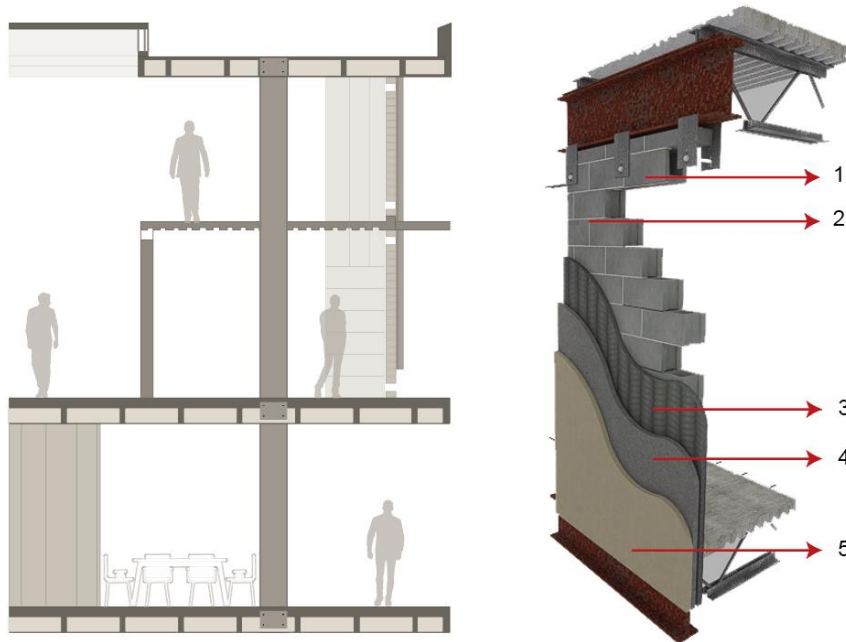
$$\text{Cociente del espesor del mortero y su conductividad térmica} = \frac{0,005 \text{ m}}{0,08} = 0,0625 \text{ Wm}^2\text{K}$$

$$U_{\text{ladrillo}} = \frac{1}{\frac{1}{2,09} + \frac{0,005}{0,008}} = 1,85 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Para el muro de bloque de hormigón:

$$\text{Cociente del espesor del mortero y su conductividad térmica} = \frac{0,005 \text{ m}}{0,08} = 0,0625 \text{ Wm}^2\text{K}$$

$$U_{\text{ladrillo}} = \frac{1}{\frac{1}{2,3} + \frac{0,005}{0,008}} = 2,01 \text{ m}^2\text{K/W}$$



1. Bloques de hormigón de 40 x 20 cm

2. Mortero de adhesión de hormigón

3. Mortero térmico de 3 cm

4. Enlucido de hormigón

5. Capa de acabado

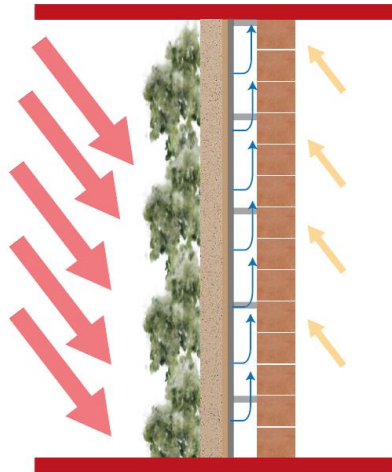
**Figura 37:** Detalle constructivo del aislamiento con mortero térmico

**Fuente:** Interempresas.

**Elaboración** propia.

#### 4.5 Pared verde o jardín vertical

Las paredes verdes, también conocidas como jardines verticales, tienen el potencial de mejorar el comportamiento térmico de las edificaciones al ofrecer una capa de aislamiento natural. Esta capa ayuda a reducir la radiación solar directa y el intercambio térmico entre el ambiente exterior e interior, contribuyendo a mantener una temperatura más estable dentro de la vivienda. Para que esta estrategia sea efectiva en muros de ladrillo panelón y de bloque de hormigón hueco, es fundamental que el sistema de vegetación, sustrato y soporte estructural logre disminuir la transmitancia térmica.



**Figura 38:** Funcionamiento de las paredes verdes

**Fuente:** Domótica Viva.

**Elaboración** propia.

### Implementación

Para alcanzar un aislamiento térmico óptimo, se sugiere implementar un jardín vertical modular que cuente con un sistema multicapa, compuesto por los siguientes elementos:

1. **Soporte estructural:** Se recomienda utilizar marcos metálicos o de madera tratada, fijados a la pared, con una cámara de aire de al menos 5 cm. Esto genera un efecto de ventilación que ayuda a reducir la transferencia de calor. Además, se pueden emplear paneles modulares de PVC o metálicos, lo que facilita tanto la instalación como el mantenimiento del sistema.
2. **Sistema de sustrato y riego:** Se puede optar por un sistema hidropónico que utilice geotextiles y bolsas de cultivo, o un sistema que incluya un sustrato de fibra de coco o perlita, ambos materiales son livianos y ofrecen un buen aislamiento térmico. Para optimizar el consumo de agua, se recomienda implementar un sistema de riego por goteo.
3. **Vegetación adecuada:** Es crucial seleccionar especies que estén bien adaptadas al clima templado de Tarqui, preferiblemente perennes y de hojas densas, para maximizar la capacidad de aislamiento. Se sugiere una combinación de plantas de crecimiento vertical y rastreras para lograr una cobertura uniforme y efectiva.
4. **Identificación del valor U de la envolvente original:** En la vivienda de referencia, se tiene que el valor de U es de  $2.09 \text{ W/m}^2\text{K}$  en las paredes de ladrillo con enlucido de cemento en ambos lados, mientras que, en las paredes de bloque de hormigón y enlucido de cemento por los dos lados, el valor de U es de  $2.30 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

5. **Identificación de la resistencia térmica del jardín vertical:** Para la creación de un jardín vertical, es necesaria una cámara de aire de 5 cm de espesor, lo que proporciona una resistencia térmica de 0.33 m<sup>2</sup>K/W. Según el Manual de soluciones constructivas bioclimáticas, el jardín vertical tiene un valor de resistencia térmica de 0.15 m<sup>2</sup>K/W. La vegetación también contribuye a reducir el impacto del viento y la radiación solar directa, aumentando la resistencia exterior de 0.04 a aproximadamente 0.15 m<sup>2</sup>K/W.
6. **Determinación de la transmitancia térmica equivalente:** Cuando se tiene en cuenta la combinación de dos elementos en serie, en este caso la pared existente, la cámara de aire y el jardín verde añadido, la resistencia térmica total se calcula como la suma de las resistencias individuales. Este enfoque permite una evaluación más precisa de la eficacia del sistema de aislamiento propuesto.

Para el muro de ladrillo:

$$R_{jardín} = R_{aire} + R_{verde} + (R_{ext} - 0,04)$$

$$R_{jardín} = 0,33 + 0,15 + (0,15 - 0,04) = 0,59 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{ladrillo} = 0,13 + 0,208 + 0,59 + 0,15 = 1,078 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U_{ladrillo} = \frac{1}{1,078} = 0,93 \text{ Wm}^2\text{K}$$

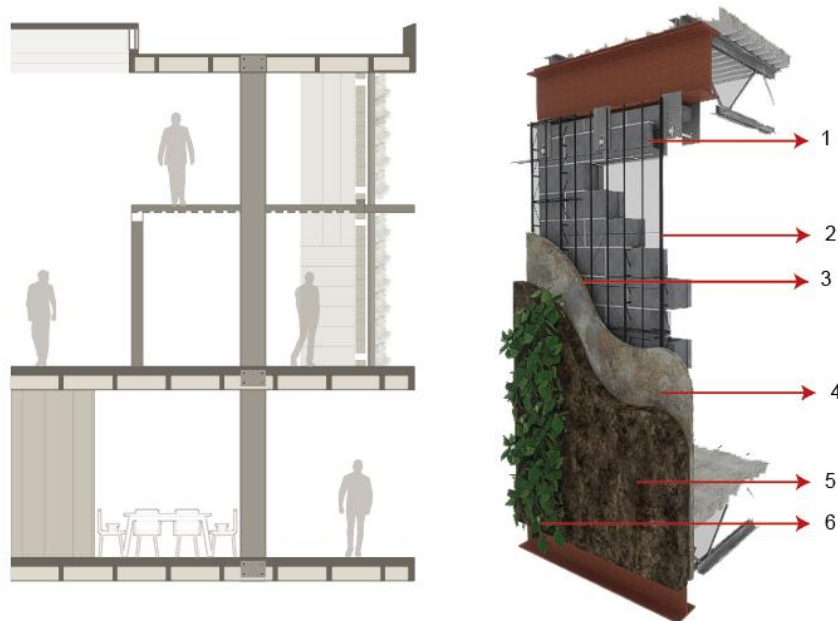
Para el muro de bloque de hormigón:

$$R_{jardín} = R_{aire} + R_{verde} + (R_{ext} - 0,04)$$

$$R_{jardín} = 0,33 + 0,15 + (0,15 - 0,04) = 0,59 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{bloque} = 0,13 + 0,231 + 0,59 + 0,15 = 1,101 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U_{ladrillo} = \frac{1}{1,101} = 0,91 \text{ Wm}^2\text{K}$$



1. Bloques de hormigón de 40 x 20 cm
2. Mortero de adhesión de hormigón
3. Sistema de riego

4. Estructura de soporte
5. Geotextil
6. Vegetación

**Figura 39:** Detalle constructivo de las paredes verdes

**Fuente:** Generación Verde.

**Elaboración:** propia.

#### 4.6 Pinturas Térmicas

Las pinturas térmicas son recubrimientos diseñados específicamente para mejorar el aislamiento térmico de las superficies en las que se aplican. Estas pinturas son particularmente útiles en la construcción y renovación de edificios, ya que contribuyen a reducir la transferencia de calor, presentando un valor U promedio de 0.30. Esto puede traducirse en un ahorro significativo en los costos de energía asociados al climatizado de los espacios.

##### Composición

Las pinturas térmicas suelen estar formuladas con microesferas cerámicas o partículas de corcho, las cuales funcionan como elementos aislantes. Estas microesferas son huecas y están diseñadas para atrapar el aire en su interior, lo que les otorga propiedades aislantes efectivas. Además, muchas de estas pinturas incluyen pigmentos reflexivos que ayudan a desviar la radiación solar, lo que contribuye a mantener las superficies más frescas en climas cálidos y a reducir la acumulación de calor en entornos fríos.

##### Función

Por otro lado, las pinturas reflectantes están específicamente diseñadas para reflejar la radiación solar. Su objetivo principal es disminuir la absorción de calor en las superficies expuestas al sol, lo que resulta especialmente beneficioso en climas cálidos. Al utilizar estas pinturas, se puede mejorar el confort interior y optimizar la eficiencia energética de los edificios, lo que es una consideración clave en la construcción moderna y sostenible.

### Aplicación de pintura térmica

Para el muro de ladrillo:

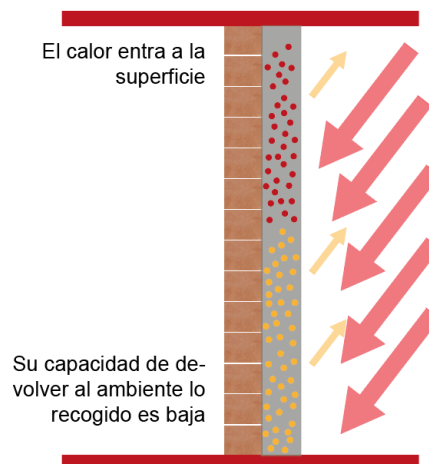
$$U_{combinado} = \frac{1}{\frac{1}{2,09} + \frac{1}{0,30}}$$

$$U_{combinado} = \frac{1}{0,478 + 3,33} = 0,262 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Para el muro de bloque de hormigón:

$$U_{combinado} = \frac{1}{\frac{1}{2,30} + \frac{1}{0,30}}$$

$$U_{combinado} = \frac{1}{0,435 + 3,33} = 0,266 \text{ W/m}^2\text{K}$$



**Figura 40:** Representación gráfica del funcionamiento de la pintura reflectante

**Fuente:** BRIDGE.

**Elaboración:** propia.

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

Tras el levantamiento de información de los casos de estudio en la parroquia Tarqui, se ha demostrado que los envolventes verticales de las viviendas presentan un aislamiento térmico deficiente, evidenciado por los valores de transmitancia térmica (U) que superan el límite recomendado por la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), que es de 2.15 W/m<sup>2</sup>K. Los resultados experimentales indican que los muros analizados alcanzan valores entre 2.431 W/m<sup>2</sup>K en el ladrillo y 2.568 W/m<sup>2</sup>K en el bloque, lo que sugiere un mayor consumo energético para calefacción y un impacto negativo en el confort térmico de los habitantes.

Se ha observado que los valores teóricos calculados mediante la ecuación  $R = e / \lambda$  no coinciden con los resultados experimentales. Esta discrepancia sugiere que los materiales utilizados en la construcción de las viviendas no poseen las propiedades térmicas esperadas, lo que influye en la eficiencia energética y el confort térmico.

A través de esta investigación se concluye que, la integración de las estrategias propuestas en el diseño arquitectónico de las viviendas no solo respondería a las exigencias normativas, sino que también contribuiría al desarrollo sostenible de la región, preservando su identidad cultural y arquitectónica a través de la adopción de tecnologías adecuadas y el uso de materiales eficientes para garantizar un futuro más sostenible y confortable para las comunidades rurales.

Al analizar los resultados de esta investigación con estudios previos, se evidencia que la problemática del aislamiento térmico en viviendas rurales no es única de Tarqui, sino que se presenta en diversas regiones con características climáticas similares. Esto refuerza la necesidad de adoptar un enfoque integral en la investigación y desarrollo de alternativas constructivas que sean aplicables en contextos rurales a nivel nacional.

## 5.2 RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar estudios adicionales que evalúen el rendimiento térmico de diferentes materiales en condiciones climáticas específicas de Tarqui. Esto permitirá identificar las soluciones más adecuadas para el contexto local y contribuirá a la creación de un banco de datos sobre materiales de construcción eficientes.

Se recomienda establecer un sistema de monitoreo para evaluar el rendimiento térmico de las viviendas en Tarqui después de implementar mejoras en el aislamiento. Esto permitirá ajustar las estrategias y materiales utilizados en función de los resultados obtenidos.

Se recomienda considerar principios de diseño bioclimático en el desarrollo de nuevas viviendas, tales como la orientación adecuada, el uso de ventanas estratégicamente ubicadas y direccionadas y la inclusión de elementos de sombra que maximicen la eficiencia energética y el confort interior.

Se recomienda abordar los problemas relacionados con las envolventes de las viviendas en la ciudad de Cuenca y en lugares con climas similares con la finalidad de generar soluciones constructivas, que se validen mediante simuladores.

Se aconseja realizar un análisis detallado de las problemáticas específicas de cada vivienda, esto debido a que la configuración arquitectónica, la ubicación y el clima influyen en las características únicas de cada hogar.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Castro, J. (2021). *Confort térmico en viviendas rurales: Una guía práctica*. Editorial Universitaria.
- López, M. (2023). *Impacto del aislamiento térmico en el consumo energético de viviendas en climas fríos*. *Revista de Energías Renovables*, 15(3), 45-60.
- Martínez, A. (2020). *Desafíos de la urbanización en áreas rurales: El caso de Tarqui*. *Journal of Rural Studies*, 12(2), 78-92.
- Pérez, R., & Gómez, L. (2022). *Estrategias de diseño para el confort térmico en viviendas rurales*. *Arquitectura y Ambiente*, 8(1), 22-34.
- Rojas, E., & Pérez, T. (2021). *Sostenibilidad en la arquitectura rural: Tecnologías y métodos*. *EcoArquitectura*, 5(4), 100-115.
- Yan, Z., Wang, Y., & Zhang, H. (2020). *Optimización del diseño arquitectónico para el ahorro energético en climas fríos*. *Energy Reports*, 6, 120-134.
- Castro, A. (2021). *Estrategias de aislamiento y ventilación en construcciones rurales*. *Journal of Rural Architecture*, 15(2), 45-60.
- Martínez, J. (2020). *Desafíos de la urbanización en comunidades rurales*. *Revista de Urbanismo y Sociedad*, 12(1), 30-42.
- Pérez, M., & Gómez, R. (2022). *Soluciones sostenibles en viviendas rurales: Un enfoque integral*. *Ecología y Desarrollo Sostenible*, 18(3), 88-101.
- López, S. (2023). *La importancia de la participación comunitaria en proyectos de mejora urbana*. *Sociología y Comunidad*, 10(4), 112-126.
- Aguilar, M., & González, R. (2020). *Clima y agricultura en la región andina ecuatoriana*. Quito: Editorial Andina.
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2021). *Reporte climático anual de Ecuador*. INAMHI.
- Mena, P., Suárez, J., & Torres, L. (2020). *Ecosistemas de montaña en el sur de Ecuador: Biodiversidad y conservación*. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2020). *Informe sobre prácticas agrícolas sostenibles en Tarqui*. MAG.
- Pérez, L., Vargas, H., & Ramírez, F. (2018). *Efectos del cambio climático en la producción agrícola de los Andes*. Cuenca: Editorial Regional.

Amelica. (s.f.). El Ritual del Pucará en la fiesta del Carnaval, parroquia Tarqui. Recuperado de <https://portal.amelica.org>

Cordero Palacios, O. (1920). *Toponimia kichwa en el sur del Ecuador*. Cuenca: Imprenta Municipal.

DSPACE Universidad de Cuenca. (s.f.). *Análisis del potencial turístico de la parroquia Tarqui para desarrollar...* Recuperado de <https://dspace.ucuenca.edu.ec>

El Telégrafo. (2013). Tarqui, su historia y prospectiva. Recuperado de <https://www.eltelegrafo.com.ec>

Encalada, O. (2015). *Etimología y significados de los nombres kichwas en el Ecuador*. Quito: Casa de la Cultura Ecuatoriana.

Primicias. (2024). ¿Qué se recuerda este 27 de febrero? Esto es lo que debe saber. Recuperado de <https://www.primicias.ec>

Rostworowski, M. (1988). *Historia del Tahuantinsuyo*. Lima: Instituto de Estudios Peruanos.

Salomon, F., & Urioste, J. (1991). *The Huarochirí Manuscript: A Testament of Ancient and Colonial Andean Religion*. Austin: University of Texas Press.

Arévalo, E. (2000). *El impacto del auge agrícola en la arquitectura rural de los Andes ecuatorianos*. Quito: Ediciones Abya-Yala.

Cevallos, M. (2020). *Arquitectura sostenible en zonas rurales: el caso de Tarqui*. Cuenca: Universidad de Cuenca.

Lozano, F. (1996). *La influencia colonial en la arquitectura rural de Ecuador*. Quito: Editorial CEC.

Mera, J. (2011). *La arquitectura cañari y su influencia en la construcción andina*. Cuenca: Corporación Editora Nacional.

Paredes, R. (2005). *El impacto de la modernización urbana en las viviendas rurales del Ecuador*. *Revista de Arquitectura Andina*, 12(3), 45-58.

Rodríguez, A. (2007). *La arquitectura del Ecuador colonial: entre la tradición indígena y la influencia europea*. Quito: Ediciones ABYA-YALA.

Rodríguez, A., & Cabrera, E. (2011). *La vivienda rural en Ecuador: procesos de modernización y cambio*. Cuenca: Editorial Universitaria.

Rivadeneira, F. (2010). *Las comunidades cañaris y su arquitectura simbólica*. Cuenca: Fundación de Estudios Culturales.

Sáenz, J. (2012). *Arquitectura y diseño en los Andes del Ecuador: evolución histórica y cultural*. Quito: Universidad Central del Ecuador.

Totorillas, S. (2003). *La organización social y arquitectónica de los cañaris*. Quito: Editorial Universitaria.

Universidad de Cuenca. (2022). *La integración de la arquitectura moderna y tradicional en Tarqui: hacia un diseño sostenible*. Recuperado de <https://dspace.ucuenca.edu.ec>.

ARCOM. (2019). *Informe anual sobre minería en Ecuador*. Agencia de Regulación y Control Minero.

Borrero, J. (2016). *Impacto de las remesas en el desarrollo rural ecuatoriano*. Cuenca: Universidad de Cuenca.

Espinoza, M., & Castro, L. (2020). *Patrimonio cultural y dinámicas rurales en el Azuay*. Quito: FLACSO.

INEC. (2010). *Censo de población y vivienda*. Quito: Instituto Nacional de Estadística y Censos.

Mendoza, R., Vintimilla, D., & Quinde, A. (2018). *La migración y su efecto en las estructuras familiares de Tarqui*. *Revista de Ciencias Sociales*, 15(2), 45-58

## AUTORIZACION DE PUBLICACION EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Yo, Jennifer Lorena Fajardo Lojano portador de la cédula de ciudadanía N.º 0107450850 y María Belén Calle Moscoso portador de la cédula de ciudadanía N.º 0106784747. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación "Proceso de consolidación urbana en las áreas de influencia inmediata del Cantón Chilla" de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizo a la Universidad para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 15 de abril de 2025



F: .....

Jennifer Lorena Fajardo Lojano

0107450850



F: .....

María Belén Calle Moscoso

0106784747