



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE
DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERIA, INDUSTRIA Y
CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

**TRABAJO DE TITULACIÓN
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

TEMA

**EVALUACIÓN DE LA RELACIÓN COSTO-BENEFICIO DEL SISTEMA
DE PANELES AISLANTES EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES**

TUTOR

PhD. LAURA DE JESUS CALERO PROAÑO

AUTORES

CRISTHIAN JACINTO OCAMPO TOMALÁ

DYLAN ALBERTO PIN ESCALANTE

GUAYAQUIL

2025

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA	
FICHA DE REGISTRO DE TESIS	
TÍTULO Y SUBTÍTULO: Evaluación de la Relación Costo-Beneficio del Sistema de Paneles Aislantes en Viviendas Unifamiliares	
AUTOR/ES: Ocampo Tomalá Cristhian Jacinto Pin Escalante Dylan Alberto	TUTOR: PhD. Calero Proaño Laura de Jesús
INSTITUCIÓN: Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil	Grado obtenido: Ingeniero Civil
FACULTAD: Ingeniería, Industria y Construcción	CARRERA: Ingeniería Civil
FECHA DE PUBLICACIÓN: 2025	N. DE PÁGS: 105
ÁREAS TEMÁTICAS: Arquitectura y Construcción	
PALABRAS CLAVE: Investigación, Software, Vivienda, Consumo de energía.	
RESUMEN: La presente investigación se centró en analizar la relación entre costos y beneficios del uso de paneles de aislamiento en casas unifamiliares ubicadas en Guayaquil, en contraposición a los métodos de construcción convencionales. Para llevar a cabo este estudio, se utilizó una metodología cuantitativa y comparativa que abarcó la evaluación de precios unitarios, simulaciones energéticas mediante el uso de software especializado y proyecciones económicas respecto al ahorro a largo plazo. Los hallazgos demostraron que, a pesar de que la instalación de paneles de aislamiento requiere una inversión inicial más alta, esta es justificada por la notable disminución en el gasto energético producto del uso de sistemas de climatización, el aumento en el confort térmico y la reducción de emisiones generadas por el consumo de electricidad. Además, se concluyó que el plazo para recuperar la inversión es relativamente breve, lo que hace que esta opción sea financieramente viable y ambientalmente responsable. En resumen, los paneles de aislamiento se	

presentan como una alternativa efectiva para incrementar la eficiencia energética en viviendas unifamiliares en Guayaquil, brindando ventajas económicas, sociales y ecológicas. Esta investigación proporciona fundamentos técnicos que pueden servir de guía a los profesionales de la construcción, autoridades y la comunidad en el proceso de decisión para promover edificaciones más eficientes y sostenibles en el entorno local.

N. DE REGISTRO (en base de datos):	N. DE CLASIFICACIÓN:	
DIRECCIÓN URL (Web):		
ADJUNTO PDF:	SI ☒	NO ☐
CONTACTO CON AUTOR/ES: Ocampo Tomalá Cristhian Jacinto Pin Escalante Dylan Alberto	Teléfono:	E-mail:
CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:	Dr. Marcial Sebastián Calero Amores Teléfono: 2596500 Ext. 241 E-mail: mcalero@ulvr.edu.ec Mgst. Jorge Enrique Torres Rodríguez Teléfono: 2596500 Ext. 242 E-mail: etorresr@ulvr.edu.ec	

CERTIFICADO DE SIMILITUD



CERTIFICADO DE ANÁLISIS
magister

TT_2025A_PIN-OCAMPO-
signed

18%
Textos
sospechosos

7% Similitudes

0% similitudes entre comillas

0% entre las fuentes mencionadas

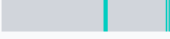
< 1% Idiomas no reconocidos (ignorado)

11% Textos potencialmente generados por la IA

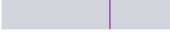
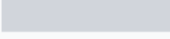
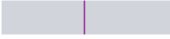
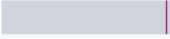
Nombre del documento: TT_2025A_PIN-OCAMPO-signed.pdf	Depositante: LAURA CALERO	Número de palabras: 17.108
ID del documento: 88898c43800a10426230ba431c4ec5a86b929291	Fecha de depósito: 3/9/2025	Número de caracteres: 123.590
Tamaño del documento original: 6,09 MB	Tipo de carga: Interface	
	fecha de fin de análisis: 3/9/2025	



Fuentes principales detectadas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	 www.lexis.com.ec Ley Orgánica de Vivienda de Interés Social Descargar PDF L... https://www.lexis.com.ec/biblioteca/ley-organica-vivienda-interes-social	6%		 Palabras idénticas: 6% (1085 palabras) 1 fuente similar
2	 www.habitatyvivienda.gob.ec https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2024/08/PNHV5_VALID...	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (191 palabras)
3	 repositorio.ulvr.edu.ec http://repositorio.ulvr.edu.ec/bitstream/44000/6046/1/IT-ULVR-4926.pdf	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (68 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

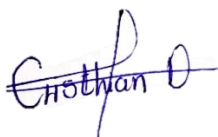
Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	 www.habitatyvivienda.gob.ec https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2022/10/anexo_1_propuesta_linea...	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (19 palabras)
2	 Documento de otro usuario #da5c0e Viene de de otro grupo	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (15 palabras)
3	 dehesa.unex.es https://dehesa.unex.es:8443/bitstream/10662/4159/1/TFGUEX_2015_Velazquez_Rodriguez.pdf	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (16 palabras)
4	 Documento de otro usuario #160e9f Viene de de otro grupo	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (17 palabras)
5	 sired.udenar.edu.co Diagnóstico teórico del grado de protección jurídico e insti... https://sired.udenar.edu.co/1018/1/90755.pdf	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (17 palabras)

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

Los estudiantes egresados CRISTHIAN JACINTO OCAMPO TOMALÁ Y DYLAN ALBERTO PIN ESCALANTE, declaramos bajo juramento, que la autoría del presente Trabajo de Titulación, EVALUACIÓN DE LA RELACIÓN COSTO-BENEFICIO DEL SISTEMA DE PANELES AISLANTES EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES, corresponde totalmente a los suscritos y nos responsabilizamos con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedemos los derechos patrimoniales y de titularidad a la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, según lo establece la normativa vigente.

Autor(es)



Firma:

CRISTHIAN JACINTO OCAMPO TOMALÁ

C.I. 0954598603



Firma:

DYLAN ALBERTO PIN ESCALANTE

C.I.0951001015

CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL DOCENTE TUTOR

En mi calidad de docente Tutor del Trabajo de Titulación Evaluación de la Relación Costo-Beneficio del Sistema de Paneles Aislantes en Viviendas Unifamiliares, designado(a) por el Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Trabajo de Titulación, titulado: Evaluación de la Relación Costo-Beneficio del Sistema de Paneles Aislantes en Viviendas Unifamiliares, presentado por los estudiantes CRISTHIAN JACINTO OCAMPO TOMALÁ Y DYLAN ALBERTO PIN ESCALANTE como requisito previo, para optar al Título de INGENIERO CIVIL, encontrándose apto para su sustentación.

Firma:

PhD LAURA DE JESÚS CALERO PROAÑO

C.C. 0924592678

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más sincera gratitud a todas las instituciones y personas que hicieron posible la culminación de este trabajo. En primer lugar, agradezco a Dios, por darme la vida necesaria para superar cada etapa de este proceso. A mi familia, especialmente a mis padres, quienes me enseñaron el valor de la perseverancia y el compromiso. A mi tía, por su apoyo incondicional que siempre fue una fuente de motivación y esperanza en este camino académico. A mis amigos que estuvieron a mi lado para brindarme todo el apoyo necesario para terminar esta linda etapa académica.

Cristhian Jacinto Ocampo Tomalá

Gracias infinitas a Dios y a mis padres, por su amor incondicional y su apoyo moral. Su fe en mí, incluso en los momentos más difíciles, ha sido el pilar de este logro. También expreso mi gratitud a mis hermanas, quienes supieron brindarme su tiempo para escucharme y apoyarme. Sin ustedes, todo esto no habría sido posible. Su amor y sacrificio han sido la luz que guio mi camino a través de este viaje académico.

Dylan Alberto Pin Escalante

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado principalmente a mis padres, quienes con su sacrificio, amor y esfuerzo han sido un pilar fundamental en mi vida. A mis hermanos quienes me brindaron la compañía necesaria y comprensión en los momentos mas difíciles. A ustedes, que me enseñaron a nunca rendirme y a mantener siempre la fe en mis sueños, les debo cada paso que hoy me acerca a la meta cumplida. A mi tía, quien con sus consejos y apoyo incondicional ha sido como una segunda madre para mí. Su ejemplo de esfuerzo, generosidad y dedicación me han inspirado a seguir adelante aún en momentos más difíciles. Finalmente dedico este logro a Dios, por permitirme avanzar, darme fortaleza y salud necesaria.

Cristhian Jacinto Ocampo Tomalá

A Dios y mi familia, por ser mi sostén incondicional en cada etapa de este camino. Gracias por enseñarme el valor del esfuerzo, por creer en mí cuando yo dudaba y por acompañarme con paciencia y amor. Cada logro que alcanzo lleva consigo su sacrificio silencioso. Esta tesis es fruto de sus enseñanzas, su ejemplo y su fe constante. No hay palabras suficientes para agradecer todo lo que han hecho por mí. Siempre llevaré conmigo y con mucho orgullo todo lo que me dieron: valores, fuerza y corazón.

Dylan Alberto Pin Escalante

RESUMEN

La presente investigación se centró en analizar la relación entre costos y beneficios del uso de paneles de aislamiento en casas unifamiliares ubicadas en Guayaquil, en contraposición a los métodos de construcción convencionales. Para llevar a cabo este estudio, se utilizó una metodología cuantitativa y comparativa que abarcó la evaluación de precios unitarios, simulaciones energéticas mediante el uso de software especializado y proyecciones económicas respecto al ahorro a largo plazo. Los hallazgos demostraron que, a pesar de que la instalación de paneles de aislamiento requiere una inversión inicial más alta, esta es justificada por la notable disminución en el gasto energético producto del uso de sistemas de climatización, el aumento en el confort térmico y la reducción de emisiones generadas por el consumo de electricidad. Además, se concluyó que el plazo para recuperar la inversión es relativamente breve, lo que hace que esta opción sea financieramente viable y ambientalmente responsable. En resumen, los paneles de aislamiento se presentan como una alternativa efectiva para incrementar la eficiencia energética en viviendas unifamiliares en Guayaquil, brindando ventajas económicas, sociales y ecológicas. Esta investigación proporciona fundamentos técnicos que pueden servir de guía a los profesionales de la construcción, autoridades y la comunidad en el proceso de decisión para promover edificaciones más eficientes y sostenibles en el entorno local.

Palabras Claves: Investigación, Software, Vivienda, Consumo de energía.

ABSTRACT

This research focused on analyzing the cost-benefit ratio of using insulated panels in single-family homes located in Guayaquil, as opposed to conventional construction methods. To conduct this study, a quantitative and comparative methodology was used, including unit price evaluation, energy simulations using specialized software, and long-term economic savings projections. The findings showed that, although installing insulation panels requires a higher initial investment, this is justified by the significant reduction in energy costs resulting from the use of air conditioning systems, the increase in thermal comfort, and the reduction in emissions generated by electricity consumption. Furthermore, it was concluded that the return on investment is relatively short, making this option financially viable and environmentally responsible. In summary, insulation panels are presented as an effective alternative for increasing energy efficiency in single-family homes in Guayaquil, providing economic, social, and ecological benefits. This research provides technical foundations that can guide construction professionals, authorities, and the community in the decision-making process to promote more efficient and sustainable buildings in the local environment.

Keywords: Research, Software, Housing, Energy Consumption.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	3
ENFOQUE DE LA PROPUESTA.....	3
1.1 Tema:	3
1.2 Planteamiento del Problema:	3
1.3 Formulación del Problema:	4
1.4 Objetivo General	5
1.5 Objetivos Específicos	5
1.6 Idea a Defender	5
1.7 Línea de Investigación Institucional / Facultad.	5
CAPÍTULO II	6
MARCO REFERENCIAL	6
2.1 Marco Teórico:	6
2.1.1 Antecedentes	6
2.1.2. <i>Fundamentación Teórica</i>	8
Sección Constructiva	8
La Tipología Unifamiliar	9
Temperatura Ambiental.....	10
Desempeño Térmico de los Materiales.....	11
Confort Ambiental	12
Detalles de Materiales — Sistema Tipo SAFE (poliestireno, masilla, adhesivo)	12
Costo-Beneficio de un Sistema de Aislamiento Térmico.....	13
Resultados Típicos y Variables que Afectan la Rentabilidad Factores que Influyen Fuertemente en el Costo-Beneficio:	13
Ejemplos Cuantitativos (resumen de casos y rangos observados)	14
Recomendaciones Prácticas y Criterios de Decisión	14
Sección Técnica	15
Materiales Aislantes Térmicos	15
Características Físicas de Materiales de Aislamiento Térmico	17
Clasificación de Materiales Aislantes Térmicos	18
Materiales de Origen Natural Orgánico	19

Tipos de Materiales Aislantes Térmicos.....	19
Principios Físicos de Materiales Aislantes Térmicos.....	20
Componentes de un Muro Térmico.....	28
Sistemas Constructivos.....	28
Tipos de Sistema Constructivo Más Usados.....	29
Sistema Manoportable	30
2.2 Marco Legal:	31
<i>Constitución de la República del Ecuador</i>	31
<i>Ley Orgánica de Vivienda de Interés Social</i>	33
<i>Código Orgánico de Organización Territorial</i>	35
CAPÍTULO III	36
MARCO METODOLÓGICO	36
3.1 Enfoque de la investigación:	36
3.2 Alcance de la investigación:	36
3.3 Técnica e Instrumentos para Obtener los Datos	37
3.4 Población y Muestra.....	39
CAPÍTULO IV	40
PROPUESTA O INFORME	40
4.1 Presentación y Análisis de Resultados	40
Resultados de Estudio Financiero	75
Resultados del Costo – Beneficio	75
Resultados de Temperaturas Interiores	78
CONCLUSIONES	79
RECOMENDACIONES	80
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81
ANEXOS	86

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Materiales Aislantes Térmicos.....	22
Tabla 2: Constitución de la Republica del Ecuador	31
Tabla 3: Ley Orgánica de Vivienda de Interés Social	33
Tabla 4: COOTAD	35
Tabla 5: Técnicas e Instrumentos	37
Tabla 6: Armado (inversión inicial) – Materiales, Mano de Obra y Tiempo de Construcción.	41
Tabla 7: Presupuesto de Aislamiento Termico.	41
Tabla 8: Presupuesto de Muro con Aislamiento	42
Tabla 9: Distribución de la Casa.....	46
Tabla 10: Materialidad de la EnvolventeElaborado por: Ocampo & Pin (2025) 51	
Tabla 11:Región Costa.....	53
Tabla 12: Siendo una Zona Climática Nivel 1.....	53
Tabla 13: Tabla NEC-HS-EE.....	54
Tabla 14: Equipos Electrónicos	55
Tabla 15: Cálculos para Todos los Espacios de la Vivienda	60
Tabla 16: 11 Aparatos.	61
Tabla 17: Carga de Equipos para Área Social	62
Tabla 18: Carga de Equipos para Área Social Piso 1	62
Tabla 19: Carga de Equipos para Dormitorios.	62
Tabla 20: Cargas para Dormitorio	63
Tabla 21: Cálculo de Infiltración	64
Tabla 22: Cargas de Calefacción y Refrigeración	69
Tabla 23: Simulación de Aislamiento Mensual	70
Tabla 24: Valores por Sistema y Comparativa	74
Tabla 25: Temperaturas Interior Promedio.....	77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Fachada Tipología Familiar	9
Figura 2: Fachada Tipología Familiar	10
Figura 3: Temperatura Ambiental.....	11
Figura 4: Modos de Transmisión de Calor Dentro de Viviendas	17
Figura 5: Diagrama de vivienda sin aislante térmica en muros	23
Figura 6: Ensamblaje de Muros y Techos	24
Figura 7: Variación de Temperatura.....	24
Figura 8: Temperaturas del Interior	25
Figura 9: Diseño de Construcción con Totora	26
Figura 10: Modelado de Construcción de Totora	26
Figura 11: Componentes de un Muro en Fachada Ventilada	28
Figura 12: Sistema Manoportable de Paneles Modulares	30
Figura 13: Sistema Manoportable para la Construcción de Viviendas Unifamiliares de Concreto	31
Figura 14: Sistema Manoportable para la Construcción de Viviendas Multifamiliares de Concreto	31
Figura 15: Descripción de la Vivienda	44
Figura 16: Plano Planta Baja, Plano Piso 1.....	45
Figura 17: Organización y Clasificación de Áreas en la Vivienda por Espacios	47
Figura 18: Espacios.....	47
Figura 19: Diagramas por Espacios	47
Figura 20: Ubicación	52
Figura 21: Archivo EPW con Datos Referentes a Guayaquil.	53
Figura 22: Revisar Focos y Ubicación para Cada Espacio	57
Figura 23: Planta Baja – Sin Aislamiento	65
Figura 24: Planta Baja - Con Aislamiento.....	65
Figura 25: Baño - Sin aislamiento	66
Figura 26: Baño - Con Aislamiento.....	66
Figura 27: Dormitorio - Planta Alta Sin aislamiento	67
Figura 28: Dormitorio - Con aislamiento.....	67
Figura 29: Área Social Piso 1, Balcón y Escaleras - Sin aislamiento	68
Figura 30: Área Social Piso 1, Balcón y Escaleras - Con aislamiento.....	68

Figura 31: Cubierta y Tumbados - Sin Aislamiento 69

Figura 32: Cubierta y Tumbados - Con Aislamiento..... 69

Figura 33: Consumo Energético..... 70

Figura 34: Consumo Energético..... 71

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Fotos de Cámara de Temperatura	86
Anexo 2: Planos y Cortes de la vivienda	89

INTRODUCCIÓN

En un contexto global donde la sostenibilidad y el uso eficiente de la energía son esenciales, la industria de la construcción tiene un papel crucial en la batalla contra el cambio climático y en la disminución notable del uso de recursos naturales y energéticos. A escala mundial, la eficiencia energética se considera una de las tácticas más económicas para abordar desafíos complicados como la seguridad energética, el cambio climático, la competitividad y la transferencia de tecnología. (Espinoza, 2015)

En naciones con economías en desarrollo, aparte de disminuir la presión económica ocasionada por la compra de petróleo, la eficiencia en el uso de energía puede facilitar la disminución de las necesidades de inversión en el sector energético, así como optimizar el aprovechamiento de la capacidad de suministro disponible para aumentar el acceso a la energía. (Consejo Mundial de la Energía , 2010). Al optimizar el uso de energía, garantizamos el suministro, volviéndonos más competitivos mientras contribuimos a la conservación y el cuidado del entorno. En años recientes, el desarrollo de tecnologías vinculadas a la eficiencia energética ha sido evidente, afectando casi todos los ámbitos y grados de la actividad humana. (Espinoza, 2015)

En este contexto, los sistemas de aislamiento térmico se establecen como elementos fundamentales para maximizar el aprovechamiento energético en los hogares. Su uso ayuda a incrementar la eficiencia térmica, disminuyendo las fugas de calor o frío a través de las partes del edificio, lo que contribuye notablemente a la disminución del uso de energía. El avance de nuevas técnicas de construcción que busca capitalizar las cualidades de los materiales resistentes y el uso creciente del concreto reforzado son factores que influyen en el diseño y confort interno de las casas contemporáneas. (Grupo Editorial Ceac, S.A, 1995)

No obstante, hay múltiples alternativas de sistemas de aislación térmica que se pueden encontrar en el mercado, cada uno con sus particularidades, beneficios y desventajas. La selección del sistema de aislación térmica más

idóneo para una casa unifamiliar varía según diferentes factores, tales como el clima, el tipo de edificación, el presupuesto disponible y las preferencias del propietario. Abordar este asunto es esencial no solo desde un punto de vista financiero, sino también por su repercusión en el medio ambiente y la sociedad. Mejorar estos sistemas de aislación térmica en hogares ayuda a disminuir la dependencia de recursos no sostenibles y a aumentar la calidad de vida de las personas, especialmente en condiciones climáticas extremas.

Este análisis busca evaluar diversos métodos de aislamiento térmico en casas unifamiliares, teniendo en cuenta aspectos energéticos, de durabilidad y del medio ambiente, para identificar la opción más eficaz y económica. Las conclusiones de esta investigación pueden ser muy beneficiosas para contratistas, dueños de viviendas y expertos en construcción, ya que les ofrecerá datos esenciales para hacer elecciones acertadas sobre el sistema de aislamiento térmico que mejor se adapte a sus proyectos.

¿Qué factores impulsan o impiden que las familias implementen soluciones de aislamiento térmico en sus viviendas?

¿Están los sistemas de aislamiento térmico avanzados al alcance de todas las familias?

CAPÍTULO I

ENFOQUE DE LA PROPUESTA

1.1 Tema:

Evaluación de la relación costo-beneficio del sistema de paneles aislante en viviendas unifamiliares.

1.2 Planteamiento del Problema:

La estructura del uso de energía en el mundo ha experimentado alteraciones notables, y su mezcla ha progresado debido a la variedad de fuentes energéticas más ecológicas. Es importante señalar el aumento en la utilización del gas natural, visto como el principal motor de cambio energético, así como de la electricidad. Con el avance de la industrialización y el desarrollo de infraestructuras en diversas naciones, la necesidad de electricidad continúa aumentando. (OLADE, 2018)

El BIEE (2018) indica que naciones como Paraguay, Argentina y Uruguay presentan un alto uso energético, superando los 3000 kWh por día y vivienda. Por otro lado, Nicaragua y Bolivia destacan por ser los que menos consumen, con cifras por debajo de los 1000 kWh. Ecuador, que se sitúa en la quinta posición (de menor a mayor), tiene un gasto de 1539 kWh por cada hogar. Este consumo no se distribuye de manera equitativa entre las diferentes áreas, ya que los países desarrollados constituyen una porción significativa del total global, mientras que muchos países en vías de desarrollo en el mundo están viendo un aumento continuo en su consumo debido al crecimiento urbano y al avance económico.

Según OLADE (2018) A través de gráficos se analiza la comparación del consumo final de energía entre 1973 y 2018. Ambos gráficos ilustran la proporción de diversas fuentes energéticas en el consumo general. Las fuentes de energía incluidas son petróleo y sus derivados, gas natural, carbón, biomasa, electricidad, y más; donde se percibe una notable variación en el consumo de

energía de 1973 a 2018. En 1973, el petróleo y sus derivados eran los más utilizados, representando el 48%, mientras que, en 2018, aunque continúa siendo la principal fuente (41%), su participación ha disminuido. Por el contrario, la electricidad, que es una de las principales fuentes, ha registrado un considerable aumento, subiendo del 9% en 1973 al 19% en 2018.

En Ecuador, el gasto de electricidad por habitante creció un 39,4% entre 2009 y 2019, elevándose de 1. 088 kWh a 1. 517 kWh por individuo. En el sector doméstico, el uso de energía representó un 37,4% del total del consumo energético. Este dato resalta en gran medida la dependencia de los hogares hacia fuentes eléctricas para satisfacer sus necesidades esenciales, como el uso de aparatos eléctricos, aire acondicionado, entre otros. (Instituto de Investigación Geológico y Energético, 2019)

Asimismo, se destaca que el área de transporte presenta niveles de consumo energético muy bajos cada año, con cifras que prácticamente se mantienen cerca de cero. En la industria, el uso de energía es notablemente elevado, alcanzando alrededor del 40%, con ligeras variaciones a lo largo de los años. En el ámbito residencial, se observó un consumo considerable, estimado en un 30%, mientras que el sector comercial mantiene un uso de energía que se mantiene bastante estable, rondando entre el 27 y el 28%. En cuanto a la energía empleada en los hogares, existen categorías vinculadas en este sector que incluyen fuentes primarias como el gas natural y la leña, así como fuentes secundarias como electricidad y gas licuado. En las fluctuaciones anuales de 2018 a 2019, las fuentes primarias experimentan una reducción del -4. 4%, mientras que la electricidad muestra un incremento del 3. 5%, al igual que el gas, que crece un 3. 2%. En el análisis de las variaciones promedio anuales de 2009 a 2019, las fuentes primarias disminuyen un -4. 2%, la electricidad presenta un aumento del 5. 1% y el gas crece un 2. 2%.

1.3 Formulación del Problema:

¿Cómo influirá la implementación de sistemas de aislamiento térmico en la eficiencia energética y la durabilidad de las viviendas unifamiliares en

comparación con edificaciones tradicionales en el contexto climático de Guayaquil?

1.4 Objetivo General

Evaluar la viabilidad económica del empleo de paneles aislantes mediante el análisis costo-beneficio y desempeño térmico para la confortabilidad térmica en viviendas unifamiliares.

1.5 Objetivos Específicos

- Analizar los gastos relacionados con el armado del sistema de paneles aislantes en comparación con la construcción convencional.
- Establecer el desempeño térmico de la implementación a largo plazo de viviendas.
- Determinar el costo-beneficio de los paneles aislantes en viviendas unifamiliares y tradicionales.

1.6 Idea a Defender

Con la implementación de los paneles aislantes, se evidenciará una inversión que resulta financieramente favorable a largo plazo, gracias a las ventajas que proporciona en aspectos de eficiencia energética, bienestar térmico y disminución del uso de electricidad.

1.7 Línea de Investigación Institucional / Facultad.

Las líneas de investigación de la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción se basan en: Territorio, Hábitat, Diseño y Construcción.

CAPÍTULO II

MARCO REFERENCIAL

2. 1 Marco Teórico:

2.1.1 Antecedentes

El trabajo realizado por Ramirez (2020) el objetivo principal de esta investigación fue examinar cómo los materiales aislantes afectan la temperatura, establecer los niveles térmicos específicos dependiendo del tipo de pared analizada, y contrastar diferentes métodos de construcción con varias alternativas diseñadas para reducir la transferencia de calor. Esto se llevó a cabo mediante la simulación de una vivienda utilizando cada uno de los materiales sugeridos. Los hallazgos indicaron que agregar un material aislante térmico en la estructura de una casa ayuda a optimizar el confort térmico en su interior.

Otro estudio realizado por López Bedoya (2023) se encargó de examinar la eficacia de diferentes métodos de construcción como aislantes térmicos en las casas de Tarapoto. Esta investigación tiene un enfoque cuantitativo. Los hallazgos indicaron una diversidad de métodos utilizados en las viviendas para controlar la temperatura. El examen de esta investigación demostró que métodos de construcción adecuados como el tapial, adobe, estructuras modulares, prefabricadas, entre otras, favorecieron notablemente el manejo térmico interior y la calidad de vida. Además, se hizo hincapié en la relevancia de un diseño adecuado para aumentar el confort en los hogares de la región y adoptar prácticas de construcción sostenibles.

El trabajo de Lopez Villanueva & varios (2021) el propósito central es analizar cuán efectivas son las planchas de corcho como material de revestimiento dentro de casas prefabricadas. La investigación se realiza en Ticlio Chico, que presenta una humedad relativa cercana al 100%, temperaturas frías y una sensación térmica de 8. 5°C. Se aplica un método experimental con tres prototipos de vivienda a escala reducida, cada uno con diferentes grosores,

expuestos a cambios de temperatura. Se obtienen datos de temperatura para cada tipo de plancha, lo que permite evaluar la eficacia de cada diseño.

Por otro lado, en el contexto de viviendas unifamiliares, Arteaga Briones (2018) en el proyecto “Los Ceibos Renacer” localizado en la provincia de Manabí, en la parroquia Ceibos Renacer de la ciudad de Manta, se llevó a cabo un desarrollo urbano que abarcó la edificación de 250 casas, divididas en dos etapas. La primera etapa comprendió la construcción de 175 casas, mientras que la segunda se centró en añadir 75 viviendas adicionales. Este programa benefició a más de 1000 personas en la ciudad y ofreció un tipo de vivienda unifamiliar de dos dormitorios. Todas las unidades habitacionales de este proyecto ya han sido entregadas en su totalidad.

Por último, el estudio de Pico Torres (2024) En su trabajo final, se sugiere crear un manual que busque mejorar la eficiencia en el uso de energía y promover el uso de materiales ecológicos en casas de un solo nivel. La investigación realiza un planteamiento no experimental, utilizando entrevistas para recolectar información. El análisis tiene un carácter descriptivo, sin alterar variables, y se basa en el muestreo de especialistas. Los resultados subrayan la importancia de reducir el desperdicio energético en el sector de la construcción, recomendando medidas como la inclusión de materiales aislantes y paneles solares. Esta guía sobre eficiencia energética destaca la gestión de aspectos como el sonido, la temperatura y la luz, considerando elementos como la orientación del hogar y su ubicación geográfica.

Al investigar sobre el aislamiento térmico, es esencial contextualizar estos conceptos en Guayaquil, donde las condiciones climáticas específicas plantean retos únicos para la efectividad térmica en la construcción. Guayaquil, con su clima cálido y húmedo, enfrenta serios problemas relacionados con la comodidad térmica de las viviendas. Las altas temperaturas y la alta humedad hacen que los edificios sean térmicamente ineficientes, lo que incrementa la necesidad de utilizar sistemas de aire acondicionado y, por lo tanto, el gasto energético. Este problema no solo afecta la calidad de vida de los residentes, sino que también

tiene un significativo impacto ambiental debido al aumento de emisiones de CO₂ ligadas al consumo de energía.

Una de las principales razones que alimenta esta problemática es la escasa implementación de sistemas de aislamiento térmico en las construcciones. La ausencia de materiales apropiados facilita la excesiva transferencia de calor, reduciendo la eficiencia energética y elevando los costos operativos de las viviendas. Asimismo, hay un desconocimiento general sobre las diversas alternativas de aislamiento disponibles y sus ventajas en términos de ahorro energético y sustentabilidad ambiental.

En naciones europeas, por ejemplo, la adopción de sistemas de aislamiento térmico en edificaciones no solo es habitual, sino que en muchos casos se ha vuelto obligatoria. Las regulaciones exigen que los edificios cumplan con estándares de consumo energético casi nulo (EECN), resaltando el aislamiento térmico como una solución esencial para asegurar la sostenibilidad y hacer frente a la crisis energética. Esto demuestra que es viable implementar estas estrategias en otras áreas, como Guayaquil, para fomentar la eficiencia energética, disminuir la dependencia de la electricidad y reducir el impacto ambiental.

En este marco, es crucial analizar la efectividad energética de distintos tipos de sistemas de aislamiento térmico, teniendo en cuenta aspectos importantes como la transferencia de calor, la habilidad aislante y el gasto energético relacionado. Además, la utilización de herramientas de cálculo y simulación puede ser clave para detectar las mejores configuraciones de aislamiento que aumenten la eficiencia energética en las casas de Guayaquil.

2.1.2. Fundamentación Teórica

Sección Constructiva

La Tipología Unifamiliar

Se trata de un modelo de casa independiente con dos recámaras en un área habitable mínima de 50 metros cuadrados, las cuales pueden levantarse en terrenos estatales o privados. Su diseño está pensado para organizar las áreas de los cuartos, la sala, el comedor, la cocina, el baño, así como un espacio para el lavado y secado de ropa. Esta clase de construcción se reproduce en las tres zonas climáticas presentes en Ecuador: la Costa, la Sierra y el Oriente. El costo estimado para estas edificaciones es de 12,488. 08 dólares. (MIDUVI, 2024)

Figura 1: Fachada Tipología Familiar



Fuente: MIDUVI (2024)

Las distintas corrientes arquitectónicas en el desarrollo y la planificación de casas unifamiliares muestran las modas, requerimientos y preferencias de cada periodo y propietario. Desde la arquitectura tradicional hasta la innovación del diseño sencillo, cada estilo proporciona una visión especial sobre la forma de unir belleza y utilidad en las casas. (MIDUVI, 2024)

Figura 2: Fachada Tipología Familiar



Fuente: MIDUVI (2024)

A lo largo del tiempo, las casas unifamiliares modernas han conseguido integrar elementos de la tradición clásica con técnicas y materiales actuales, como la implementación de estructuras metálicas, lo cual facilita una construcción más ágil y eficaz. Esto ayuda a mantener la esencia de la arquitectura tradicional, a la vez que se logra una mayor adaptabilidad estructural y una optimización en el consumo energético. El enfoque minimalista destaca por su énfasis en la sencillez y la funcionalidad, eliminando lo superfluo para que los espacios transmitan su propia esencia, convirtiéndose en uno de los estilos más deseados en la arquitectura. En el diseño de casas unifamiliares actuales, se da prioridad a la creación de áreas amplias, bien iluminadas y organizadas que fomenten el bienestar y la confortabilidad de quienes habitan en ellas. (MIDUVI, 2024)

Temperatura Ambiental

La temperatura del ambiente se refiere a la cantidad de calor presente en el aire de un lugar concreto, como una sala, habitación o área. La temperatura del aire y las características climáticas de cada región son influenciadas por la energía solar que llega a la Tierra en forma de ondas, incluyendo la radiación que incide sobre las superficies. Diferentes elementos como la altitud, el nivel de humedad, la velocidad del viento y la ubicación geográfica influyen en la temperatura. Para medir el calor o el frío en un espacio específico, se emplean

distintos tipos de termómetros que operan con varias escalas de medida, tales como Kelvin, Fahrenheit o Celsius. (Lutkevich, 2022)

Figura 3: Temperatura Ambiental



Fuente: Importancia (2025)

Desempeño Térmico de los Materiales

Se describe por su conductividad térmica (λ , $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$) y su resistencia térmica (R , $\text{m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}$). Materiales comunes y sus rasgos generales:

- ✓ Poliestireno expandido (EPS): baja conductividad típica ($\approx 0.031\text{--}0.040 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ según densidad), económico y fácil de instalar, pero sensible a humedad si no se protege.
- ✓ Poliestireno extruido (XPS): ligeramente más bajo λ que EPS y menor absorción de agua; adecuado en cubiertas y aplicaciones con riesgo de humedad.
- ✓ Lana mineral: conductividad competitiva y mejor comportamiento frente al fuego; mayor densidad y algo más costosa.
- ✓ Espumas de poliuretano (PUR/PIR): muy baja conductividad, alto desempeño por espesor, mayor costo y consideraciones sobre emisiones y reciclabilidad.

Además, factores como la temperatura de servicio, la humedad, el envejecimiento y la compresibilidad afectan la conductividad real en obra. Por

ejemplo, la conductividad puede aumentar con la temperatura o con la entrada de humedad, reduciendo la eficacia del aislamiento con el tiempo si no se controla el paso de vapor. Para evaluaciones precisas es recomendable usar datos normalizados del fabricante y considerar ensayos en condiciones representativas de servicio. (Fanosa, 2023)

Confort Ambiental

El confort térmico se refiere a la percepción de satisfacción respecto al clima interior. Normas internacionales, como ASHRAE 55 e ISO 7730, implementan valores como PMV (Predicción del Voto Medio) y PPD (Porcentaje Previsto de Insatisfechos) para medir y analizar el confort. Estos valores consideran factores como la temperatura del aire, la temperatura radiante media, la humedad, la velocidad del aire, el nivel de actividad metabólica y el tipo de vestimenta. Mantener las operaciones dentro de las áreas de confort disminuye la insatisfacción de los usuarios y fomenta tanto la productividad como el bienestar. El aislamiento es fundamental para el confort, ya que ayuda a regular la temperatura interna, disminuye la radiación fría de paredes y ventanas en invierno, y restringe el aumento de temperatura en verano. Asimismo, un diseño adecuado mitiga las variaciones verticales y locales de temperatura, como las paredes frías y las superficies calientes, que suelen provocar incomodidad térmica. (Grupo Confort Ambiental y Pobreza Energética, 2025)

Detalles de Materiales — Sistema Tipo SAFE (poliestireno, masilla, adhesivo)

- ✓ Sustrato y anclaje: la superficie base debe estar limpia y estructuralmente sana; el EPS puede fijarse mecánicamente y/o con adhesivo.
- ✓ Aislamiento (EPS/XPS): panel rígido que aporta la mayor parte de la resistencia térmica; elegir densidad y espesor según la exigencia térmica y resistencia mecánica.
- ✓ Adhesivo y masilla (base coat): adhesivo específico para pegar los paneles y capa base que sirve de soporte para la malla de refuerzo; deben

ser permeables al vapor (permeable) o diseñados según la estrategia de control de humedad.

- ✓ Malla de refuerzo: fibra de vidrio embebida en la masilla para resistencia a impactos y continuidad estructural.
- ✓ Revoque/fachada (finish): capa superficial decorativa y protectora que resiste intemperie y radiación UV.
- ✓ Puntos críticos de diseño: continuidad del aislamiento (evitar puentes térmicos en encuentros estructurales), compatibilidad entre adhesivos y EPS, y garantizar drenaje/evacuación de humedad para evitar degradación del aislamiento. Manuales de práctica ETICS/EIFS proporcionan detalles de espesores, anclajes y tolerancias de instalación.

Costo-Beneficio de un Sistema de Aislamiento Térmico

Metodologías para la evaluación de costo-beneficio (Línea base y ciclo de vida). La evaluación financiera se lleva a cabo comúnmente por medio del Análisis de Ciclo de Vida Financiero que examina los costos iniciales (incluyendo materiales y mano de obra), los gastos operativos (como el consumo de energía), los costos de mantenimiento, la durabilidad del producto y su valor residual; a ello se le aplica una tasa de descuento para calcular los valores presentes netos y los tiempos de retorno de la inversión. Las simulaciones de consumo energético por hora, que forman parte del LCCA, ayudan a calcular el ahorro energético anual y las reducciones de emisiones para diversas combinaciones de grosor y materiales. Esta estrategia determina el grosor ideal de aislamiento en el que el costo adicional ya no se justifica por el ahorro energético que se logra. (Aislante Térmico, 2024)

Resultados Típicos y Variables que Afectan la Rentabilidad

Factores que Influyen Fuertemente en el Costo-Beneficio:

- ✓ Clima: en regiones con temperaturas frías, el ahorro en calefacción suele justificar el uso de mayores grosores; por otro lado, en climas cálidos, la relación depende de cómo se equilibren las necesidades de refrigeración y calefacción. Investigaciones recientes indican que no hay un “grosor

óptimo” que sirva para todos; la optimización debe realizarse según la ubicación y el tipo de aplicación.

- ✓ Precio de la energía: el aumento en los precios de la electricidad o combustibles disminuye el tiempo de retorno de la inversión.
- ✓ Costo de materiales y mano de obra: un aumento en el costo inicial eleva el periodo de recuperación; los materiales altamente eficientes en función de su grosor (por ejemplo, PUR) pueden ser útiles cuando hay limitaciones de espacio.
- ✓ Vida útil y mantenimiento: los materiales que ofrecen una mayor resistencia y menor degradación (como menor absorción de humedad y estabilidad de la conductividad) contribuyen a un mejor rendimiento a largo plazo.

Ejemplos Cuantitativos (resumen de casos y rangos observados)

Estudios sobre regulaciones y códigos han evidenciado que los periodos de retorno suelen estar entre 3 y 12 años, dependiendo de factores como la ubicación, las condiciones climáticas y los costos de energía; análisis en viviendas y nuevas normativas indican que los periodos de retorno son breves para actualizaciones específicas con alta eficiencia, como el refuerzo de aislamiento en espacios de ático o techados. Investigaciones académicas que determinan el grosor ideal por provincia o área revelan que, en regiones con alta necesidad de calefacción, el grosor óptimo puede ser significativamente mayor que el sugerido por pautas simples; mientras, en zonas cálidas y secas, el grosor recomendado podría ser moderado, pero con énfasis en el control solar y la ventilación adecuada. (Aislante Térmico, 2024)

Recomendaciones Prácticas y Criterios de Decisión

- ✓ Ejecutar LCCA local: utilizar datos climáticos por hora, tarifas energéticas vigentes y precios locales de materiales/instalación. Esto previene equivocaciones por aplicar soluciones de diferentes climas.

- ✓ Analizar enfoques integrados: frecuentemente, la unión de aislamiento, disminución de puentes térmicos y mejora en sellado es más rentable que solo incrementar el grosor del aislamiento.
- ✓ Seleccionar materiales en función de la exposición y del mantenimiento: en regiones húmedas, optar por XPS o sistemas que protejan el EPS; en fachadas, buscar alternativas que reduzcan la humedad y los daños mecánicos.

Sección Técnica

Materiales Aislantes Térmicos

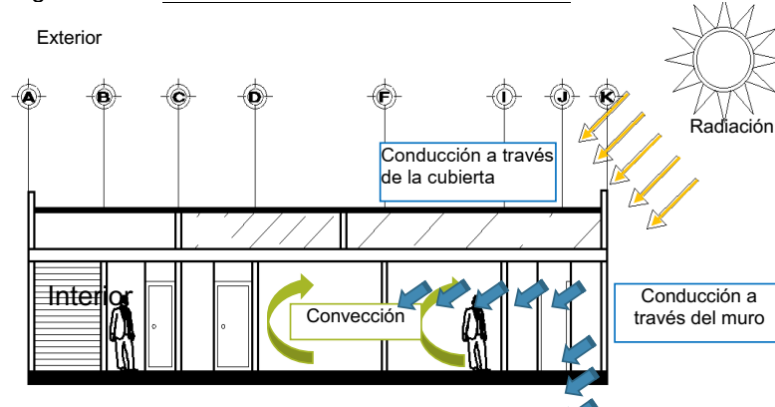
En la actualidad, los productos diseñados para el aislamiento térmico son una excelente elección para aquellos en el sector de la construcción, quienes optan por usar estos materiales. Ofrecen ventajas que pueden contribuir al bloqueo del calor y a la reducción de temperaturas, creando así un entorno más cómodo y regulado dentro de un edificio o instalación. Gracias a paredes elaboradas con materiales térmicamente aislantes, se facilita la retención de la radiación solar que intenta ingresar al espacio interior. (Camarrillo, 2022)

La incorporación de estos elementos en construcciones y espacios donde las personas pasan la mayor parte del tiempo contribuiría a disminuir la necesidad de sistemas mecánicos, que tienden a aumentar el uso de climatización artificial. Esto se debe a la innovación que trae el empleo de estos materiales, así como a sus beneficios tanto para los usuarios como para el medioambiente. Los materiales térmicos aislantes se pueden describir como sustancias que presentan una notable resistencia a la entrada de calor, además de limitar la transferencia térmica desde la parte externa de la pared hacia el interior, actuando, así como una barrera contra las temperaturas frías y cálidas. Es vital evaluar los aspectos físicos y térmicos del área de construcción, ya que esto se relaciona con el grado de aislamiento obtenido mediante los materiales, que a su vez influyen en la protección contra la radiación. (Sahagún, 2020)

El material que aísla térmicamente posee la habilidad de impedir el flujo de calor a través de conducción, convección y radiación, evaluándose por su efectividad como aislante. Un diseño apropiado puede resultar en un ahorro considerable de energía en residencias, al igual que las compañías constructoras, que consideran estos elementos para tomar decisiones de manera correcta y en el momento oportuno, así como la incorporación de los componentes de construcción o estructuras adecuadas. La transferencia de calor ocurre de un sitio a otro mediante tres métodos, los cuales se detallan a continuación:

- ✓ Conducción: El calor suele transmitirse en regiones con una alta temperatura y otras con temperaturas más bajas, esto dentro de un mismo material o sólidos entre sí que están en contacto, logrando un alcance equilibrado térmico.
- ✓ Convección: Mediante esto se transmite el calor por los movimientos de una masa de fluido y puede ser producida de forma natural por diversas densidades de la materia, por una manera forzada, cuando la materia es obligada a realizar movimientos de un lugar a otro, mediante el aire que puede proceder de un ventilador o flujo de agua de bomba.
- ✓ Radiación: La radiación térmica se considera una energía que es emitida por la materia, la cual se encuentra a una temperatura dada, esta se produce de manera directa desde una fuente hacia a todas las direcciones, siendo transmitida mediante ondas electromagnéticas que se producen en cualquier cuerpo que se encuentre a una temperatura determinada.

Figura 4: Modos de Transmisión de Calor Dentro de Viviendas



Fuente: Garzón Miroslava (2020)

Características Físicas de Materiales de Aislamiento Térmico

En la actualidad, hay una variedad considerable de materiales destinados al aislamiento térmico en el mercado. Estos se diferencian entre sí y se clasifican según sus distintas características que los hacen únicos. Pueden categorizarse de varias maneras, incluyendo el tipo de material, su forma y su precio, sin olvidar su eficacia en cuanto a aislamiento térmico, que es una cualidad inherente a cada uno. Es esencial evaluar e identificar los materiales aislantes térmicos según las necesidades específicas de una construcción, empleándolos para mejorar cada situación y procedimiento, proporcionando respuestas efectivas. Así, cada material aislante tendría características y propiedades que lo diferencian de los demás, lo que hace imprescindible presentar algunos conceptos fundamentales sobre el rendimiento térmico de los materiales de aislamiento y las características que estos poseen, de las cuales se detallan a continuación. (Espinoza, 2022)

- ✓ Transmitancia térmica (U): esta propiedad física mide lo que consiste en cantidad de energía, la cual fluye por unidad, tiempo y superficie, esto se transfiere el calor U en $W/(m^2K)$, siendo el desempeño térmico una característica por medio de la tasa de pérdida de calor por medio de la envolvente.
- ✓ Factor de resistencia en la difusión del vapor en el agua (μ): Esto expresa la permeabilidad al vapor de agua del material en relación al aire en forma adimensional, la cual se denomina como factor μ .

- ✓ Densidad (ρ): Es considerada la masa de material en la que existe por unidad de volumen.
- ✓ Calor específico (c_p): La capacidad de un material para almacenar energía por unidad de masa.
- ✓ Resistencia térmica (R_t): El cociente entre el grosor y la conductividad térmica del material determina su capacidad aislante; a mayor valor de este cociente, mayor será la eficiencia en el aislamiento térmico.

Clasificación de Materiales Aislantes Térmicos

- ✓ Materiales de origen orgánico sintéticos: En estos materiales se clasifican en esta familia, porque tiene en común los materiales plásticos en donde las materias primas como el petróleo se dedica en la fabricación de dichos compuestos, los cuales son materiales de fabricación industrial, en la cual se gestionan procesos largos en su producción, obteniendo las materias primas o elementos necesarios para la configuración de los materiales, mediante esto se empieza el ciclo para la fabricación.
- ✓ Materiales de origen inorgánico: Estas se relacionan con la materia inerte, las cuales no proviene de células animales o vegetales, siendo estas relacionadas con el carbón, en cuyo caso el proceso de fabricación es simultáneo y posee algunas generalidades entre distintos compuestos, las cuales se encierran en este grupo.

Los materiales básicos como la arena, las piedras y los vidrios, entre otros, son guardados en silos. Posteriormente, se dosifican para lograr un mejor control sobre las dimensiones del producto. Luego, se lleva a cabo un proceso de fundición a temperaturas elevadas, que alcanzan aproximadamente 1000 grados Celsius. En lo que respecta a la producción de fibras, se combinan en una cámara diseñada para fibrar, donde se utilizará centrifugación para obtener una masa, empleando también aditivos aglomerantes y aceites, culminando en la conversión a productos tales como paneles. (Asturmex, 2020)

Materiales de Origen Natural Orgánico

Estos recursos se agrupan en esta categoría, los cuales están hechos de elementos de origen vegetal o animal. Su método de elaboración produce aislantes que generan menos contaminación gracias a su reciclaje. La mayoría de estos elementos provienen de fuentes naturales, dado que son derivados de plantas. Tras su recolección, se secan utilizando las propias resinas de la materia base, que ayudan a unir los componentes. En algunos casos, los materiales se muelen a través de un proceso de calor, y luego se prensan de manera natural para crear el producto final en diversas formas, como planchas o rellenos, entre otras. En la gran parte de los materiales orgánicos, no suelen encontrarse sustancias químicas activas, y su empleo se limita a mejorar algunas características de los aislantes. (López, 2020)

Tipos de Materiales Aislantes Térmicos

En la actualidad, los materiales para aislamiento térmico son indispensables, especialmente para las compañías dedicadas a la construcción que han implementado nuevas normativas que garantizan un manejo adecuado de estos materiales en hogares e industrias. El uso de diferentes variedades de estos aislamientos aporta beneficios a la población, atendiendo a diversas necesidades. Por ello, es fundamental estar informado sobre los tipos y clasificaciones de los materiales aislantes térmicos más comunes y utilizados, así como sus propiedades y las formas en que se aplican. A continuación, se presentan los aislantes térmicos más frecuentemente empleados en el sector de la construcción y sus principales características. (Cano, 2021):

- ✓ Lana de vidrio: Es considerado de origen mineral e inorgánico, el cual fue fabricado con millones de filamentos de vidrio, estas están unidas con aglutinante que brinda un resultado como una fibra con una textura similar a la lana, siendo un aislamiento ignífugo en los paneles y mantas, los cuales son ideales para el uso en los hogares y áreas comerciales.

- ✓ Lana de roca: Este material está compuesto mayormente por roca volcánica, no solo destaca por ser un excelente aislante térmico, sino que también se puede emplear como aislante acústico.
- ✓ Poliuretano: Este aislante termino es un tipo muy eficaz, para la conductividad térmica muy baja ($0.028 \text{ w/m}\cdot\text{k}$), siendo un aislamiento que puede aplicarse por medio de proyección o inyección.
- ✓ Poliestireno extruido: Este aislante es perfecto para ambientes húmedos o expuestos constantemente al agua, debido a que, gracias a sus características, puede mojarse sin perder sus propiedades. También es utilizado en tabiquería, lo que lo convierte en una opción excelente para muros y techos. Otros aislantes térmicos menos comunes en la región, debido a su difícil acceso en el mercado, incluyen el poliestireno expandido, la perlita expandida y la celulosa, entre otros.

Principios Físicos de Materiales Aislantes Térmicos

Los materiales diseñados para el aislamiento térmico se distinguen por su alta capacidad para resistir la transferencia de calor, creando un obstáculo que impide que dos entornos, que tienden a igualar su temperatura, se afecten mutuamente. La mayor parte del calor se origina a partir de la radiación solar, que es transmitida directamente a través de ondas electromagnéticas que impactan las paredes de los edificios. Esta energía se equilibra por medio de la conducción y la convección, a menudo atravesando las paredes sin ninguna protección, lo que provoca que el interior de un espacio se caliente. Las funciones esenciales de los materiales aislantes térmicos en las paredes incluyen la mejora del confort térmico en el interior y el ahorro de energía. Al utilizar estos materiales en el cerramiento, se puede reducir la necesidad de sistemas mecánicos para la calefacción. En la actualidad, hay una variedad de productos disponibles en el mercado para elegir en cuanto a materiales aislantes térmicos, que deben seleccionarse en función de las necesidades específicas. Además, es crucial conocer las materias primas utilizadas en estos productos, ya que cada fabricante suele destacar que sus materiales poseen propiedades particulares, considerando aspectos físicos como el costo y otras características. (Civil Engineering Portal, 2025)

Los criterios a tener en cuenta pueden cambiar según el productor, así como los grosores y acabados de los insumos. Esto ha llevado a que el sector de los materiales aislantes contra el calor siga mostrando un notable crecimiento. Esta tendencia se debe, en gran medida, a las demandas y a las iniciativas que favorecen la creación de edificios con consumo energético cero. Adicionalmente, se introducen constantemente nuevos productos en el mercado, mientras que los productores trabajan arduamente para elevar la calidad de sus propuestas y así seguir siendo competitivos, con el propósito de ofrecer insumos que no solo satisfagan, sino que superen las expectativas de los consumidores y proporcionen ventajas a sus construcciones. Las conductividades térmicas en materiales aislantes suelen ser bastante parecidas, por lo que no son un rasgo principal en la distinción entre ellos, considerando las variaciones que se encuentran en las propiedades físicas y químicas, tomando en cuenta lo siguiente. (Civil Engineering Portal, 2025):

- ✓ Contracciones y dilataciones del aislante.
- ✓ Resistencia al fuego
- ✓ Acción de disolventes y agentes atmosféricos.
- ✓ Temperatura máxima de empleo.

A continuación, se muestran las pautas que se contemplan en los materiales térmicos, mostrando, por ejemplo:

- ✓ Teniendo una larga duración.
- ✓ Ajustes en un determinado modelo.
- ✓ Precios accesibles.
- ✓ No sean contaminantes.
- ✓ Consuman poca energía en su ciclo de vida útil.
- ✓ Creados con un porcentaje de material reciclado
- ✓ Creados con materiales de aislamiento que contengan CFC

A continuación, se muestra una calificación de materiales aislantes térmicos con sus diversas formas, las cuales son las siguientes:

- ✓ Según la estructura: fibrosa alveolar, granular, entre otras.
- ✓ Según el origen: minerales, vegetales, sintético, entre otras.
- ✓ Según la resistencia en diferentes zonas con diversas temperaturas.

En un artículo realizado por Ochoa (2023) En su estudio, que presenta un cuadro comparativo general entre diferentes tipos de aislamientos, tanto ecológicos como tradicionales, se incluyen cifras precisas sobre las características que se emplean de manera similar en cada uno de los materiales, además de detallar las especificaciones técnicas de cada material en su respectiva clasificación.

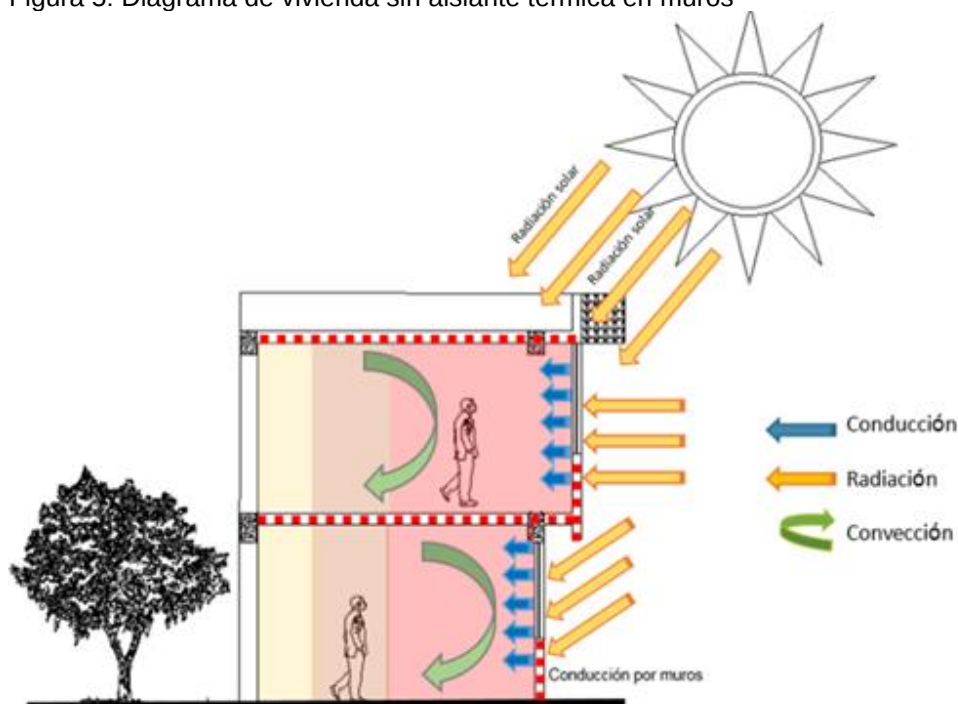
Tabla 1: Materiales Aislantes Térmicos

Materiales de estudio			
Materiales	Conductividad térmica (w/m °C)	Calor específico (J/kg°C)	Densidad (kg/m3)
Concreto armado	2.50	1000	2400
Poliestireno extruido eko-therm	0.037	1450	29
Poliestireno expandido estándar	0.040	1400	15
Placa de poliestireno expandido espumalit	0.040	1200	12
Espuma de Poliuretano thermocal	0.039	1400	30

Fuente: Ochoa (2023)

En la utilización de materiales que regulan la temperatura, frecuentemente se logra una notable disminución en el gasto energético. Esto se considera una inversión beneficiosa a mediano y largo plazo, ya que se sugiere su uso por el menor impacto en las moléculas de dióxido de carbono en el entorno gracias al ahorro energético que generan. (Ochoa, 2023)

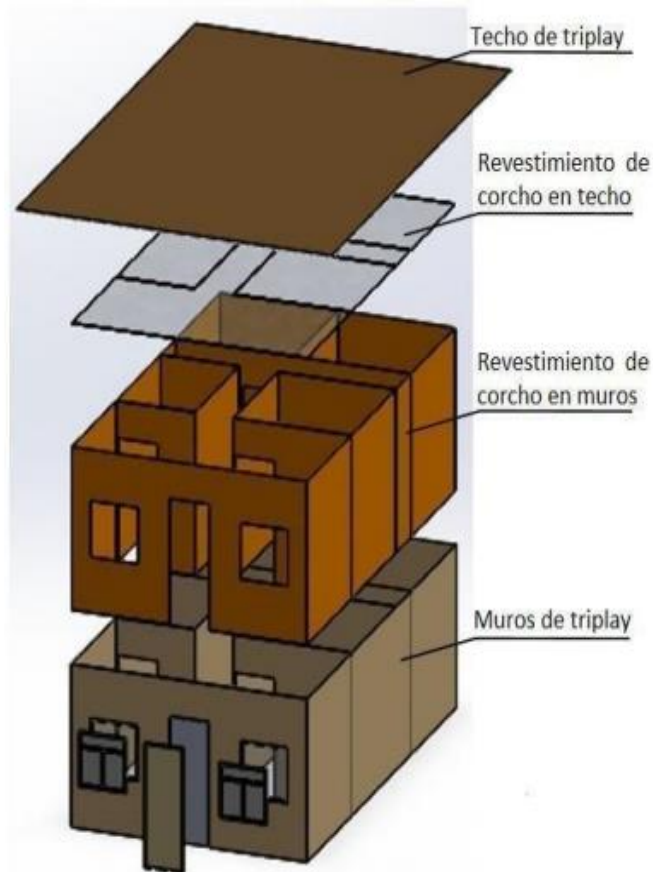
Figura 5: Diagrama de vivienda sin aislante térmica en muros



Fuente: Espinoza (2020)

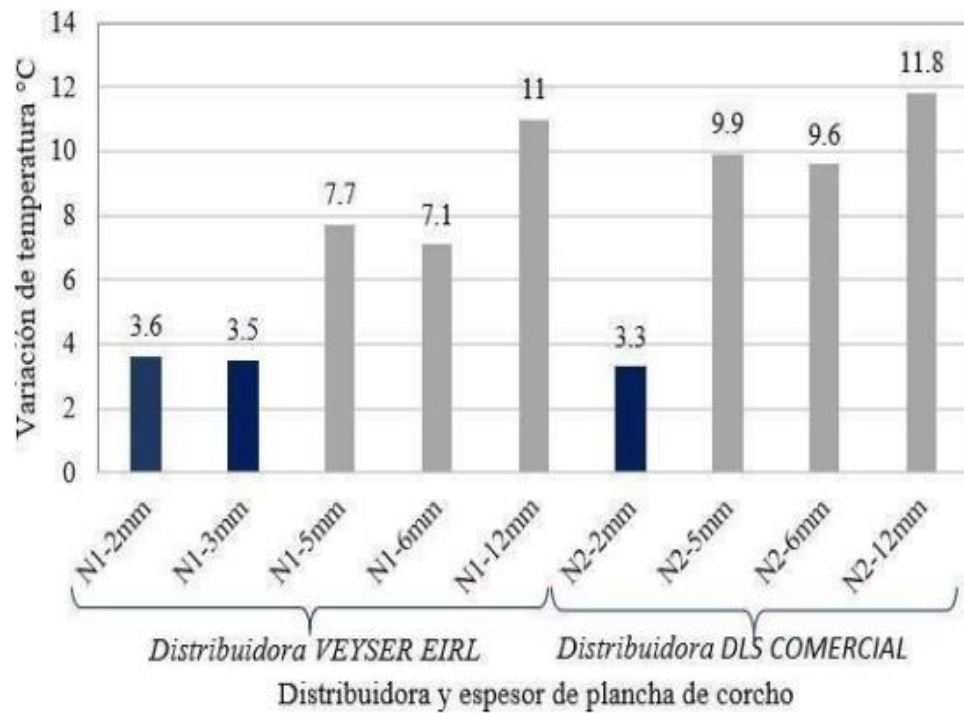
Diversas aplicaciones en sistemas de aislamiento térmico comprenden el uso de corcho como material aislante en Perú. Este estudio investiga el uso de paneles de corcho como aislamiento térmico en viviendas prefabricadas situadas en Ticlio Chico, un área reconocida por su clima frío y elevada humedad. Se realizaron pruebas en prototipos a escala con diferentes grosores de corcho, junto con un análisis térmico computacional. Los resultados evidencian la variación en las temperaturas registradas antes y después de las pruebas en los cubos contruidos a partir de nueve muestras de paneles de corcho, cuando se exponen a una temperatura de 8°C durante un lapso de cuatro horas. Dichos resultados fluctúan entre 3.3°C y 11.8°C . A continuación, se presenta una imagen en azul que ilustra las variaciones de temperatura menores a 4°C , las cuales se refieren a los paneles de 2mm y 3mm en la distribuidora N1, así como paneles de 4mm. (Ochoa, 2023)

Figura 6: Ensamblaje de Muros y Techos



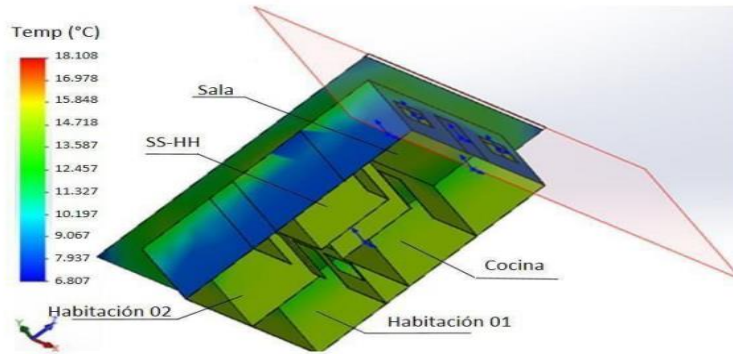
Fuente: FANOSA Staff (2021)

Figura 7: Variación de Temperatura



Fuente: Palomo (2021)

Figura 8: Temperaturas del Interior



Fuente: Palomo (2021)

Para concluir, según lo mencionado anteriormente, tras realizar un análisis térmico dinámico y una simulación numérica de una vivienda con una temperatura exterior de 8°C durante ocho horas, se logró registrar la respuesta térmica en el interior de un hogar que estaba revestido con láminas de corcho de 2mm de espesor. Se llevó a cabo un estudio de caso en Perú, donde se utilizó totora, un material de origen orgánico. Este estudio sugiere estandarizar la totora como material aislante en construcciones ubicadas en áreas altoandinas. A través de la investigación de campo con las comunidades locales y diversos ensayos en laboratorio, se creó un panel modular de totora, y se evaluó su conductividad térmica. Se diseñó y se llevó a cabo la supervisión de un prototipo de vivienda con este material, el cual mostró un rendimiento térmico superior al de las cabañas tradicionales. Los paneles mantuvieron su forma, rigidez y características aislantes, lo que subraya su potencial como una alternativa natural y sostenible. (Lopez & varios, 2021)

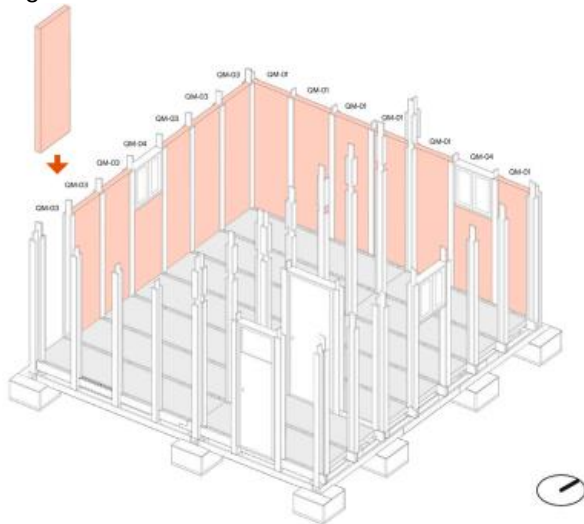
La propuesta del panel de totora mantiene un tallo completo y está atado de forma convencional, lo que ha sido evaluado en laboratorios y en su uso real en climas fríos. Esta clase de panel exhibe una baja conductividad térmica documentada en la investigación relacionada con la totora, lo que lo hace un buen aislante térmico. Además, sus características ecológicas son sobresalientes, ya que se trata de un material biodegradable natural, libre de aditivos y su creación y edificación demanda energía humana. (Lopez & varios, 2021)

Figura 9: Diseño de Construcción con Totorá



Fuente: Masalias Vania (2022)

Figura 10: Modelado de Construcción de Totorá



Fuente: Romero (2024)

La utilización de estos paneles aislantes elaborados con totora, combinados con una estructura de soporte de madera, presenta un alto potencial para crear refugios y viviendas provisionales en zonas frías de los Andes, particularmente en contextos de emergencia después de desastres. Sin embargo, todavía hay aspectos constructivos que se pueden perfeccionar, como la conexión entre los paneles de totora y las piezas de madera, con el fin de hacerlas más selladas y mejorar su eficiencia térmica. (Jimenez & varios, 2023)

La valoración de la relación entre costos y beneficios en los sistemas de aislamiento térmico abarca no solo un examen de los gastos iniciales y el ahorro en el uso de energía, sino que también debe tener en cuenta el impacto ambiental relacionado con cada alternativa. Tradicionalmente, la construcción ha

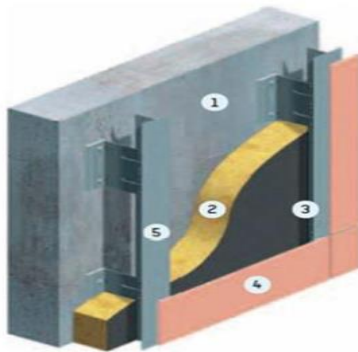
utilizado materiales que tienen un fuerte efecto negativo en el ecosistema, como las fibras minerales y sintéticas, que demandan una gran cantidad de energía para fabricarse y, en muchas ocasiones, no se pueden reciclar con facilidad. Estos materiales han demostrado ser efectivos en términos de aislamiento térmico; sin embargo, su repercusión sobre el medioambiente durante todo el ciclo de vida de los productos es bastante alta. Desde un punto de vista financiero, la valoración de la relación costo-beneficio de los sistemas de aislamiento térmico alternativos necesita tomar en cuenta varios elementos que van más allá del gasto inicial de instalación. Aunque los sistemas alternativos tienden a tener un costo de compra e instalación más elevado que los materiales convencionales, los beneficios a largo plazo pueden hacer esta inversión válida, sobre todo si se considera la disminución de gastos operativos y el ahorro en energía. (Esparza, 2020)

Uno de los principales beneficios económicos de los sistemas de aislamiento térmico es su capacidad para reducir el consumo de energía en calefacción y refrigeración, lo que resulta en una disminución notable de las cuentas de energía. Este aspecto tiene una gran relevancia en localidades con climas extremos, donde la necesidad de calefacción o aire acondicionado es alta. En tales situaciones, un aislamiento adecuado puede llevar a una significativa disminución en los gastos operativos de las casas, permitiendo que la inversión inicial se recupere en un período relativamente breve. Por ejemplo, una vivienda con aislamiento adecuado puede disminuir hasta un 30% su consumo energético anual, lo que representa un ahorro considerable a largo plazo. En el Ecuador, la adopción de sistemas alternativos de aislamiento térmico se enfrenta a diversas limitaciones tecnológicas y contextuales que deben tenerse en cuenta para su implementación exitosa. Aunque el país ha progresado en sostenibilidad y eficiencia energética, hay factores particulares relacionados con la tecnología disponible, las condiciones climáticas y las realidades económicas que pueden complicar la incorporación de estos sistemas en casas unifamiliares. (Esparza, 2020)

Componentes de un Muro Térmico

Los materiales utilizados para el aislamiento térmico son compuestos que pueden ser naturales, minerales, vegetales o sintéticos, y que presentan una notable resistencia al calor, lo que reduce la transferencia térmica del exterior al interior. Estos materiales tienen varias propiedades y usos, los cuales pueden cambiar de acuerdo a las circunstancias particulares de cada situación. Además, ayudan a generar ventajas como la reducción del consumo de energía y la mejora del confort térmico en interiores. En el mercado hay diferentes opciones para aislar las paredes y resguardar las construcciones del calor, al mismo tiempo que se asegura una buena protección térmica. Uno de los métodos más frecuentes hoy en día es el poliestireno expandido (EPS), que se utiliza para cubrir las paredes, proporcionando alta resistencia tanto térmica como mecánica. Este material se caracteriza por ser ligero, versátil y efectivo en el aislamiento del calor, lo que ayuda a disminuir el peso de las estructuras y aumentar su seguridad. Además, evita fisuras que pueden surgir por cambios térmicos en materiales rígidos y tiene una durabilidad en el tiempo, ya que no se deteriora ni presenta moho. Su ligereza también hace que los procesos de instalación y manejo sean más sencillos. (Acepla, 2024)

Figura 11: Componentes de un Muro en Fachada Ventilada



Fuente: CUPAPIZARRAS (2024)

Sistemas Constructivos

En el sector de la edificación, se ha notado en años recientes un aumento en la innovación relacionada con la industrialización de los insumos constructivos. Las metodologías convencionales han experimentado cambios,

lo que ha facilitado la creación de sistemas novedosos que ofrecen múltiples ventajas. Estas mejoras han traído consigo nuevas metodologías, instrumentos, maquinarias y recursos que, además de optimizar la eficacia en los procedimientos de construcción, también ayudan a disminuir los gastos en insumos y trabajo. (Aceros Torices, 2024)

Tipos de Sistema Constructivo Más Usados

Un método constructivo empleado en la creación de viviendas en masa es el que utiliza muros elaborados con molduras metálicas, mediante el vertido de concreto reforzado con malla electrosoldada. Este procedimiento está relacionado con la técnica de vertido en el lugar de edificación, lo cual mejora la productividad y la industrialización del proceso, haciéndolo más eficaz y veloz. Además, este método favorece un óptimo rendimiento en la edificación de casas en serie y brinda ventajas económicas para los constructores. Los encofrados metálicos están compuestos por múltiples paneles firmes que pueden adaptarse a una configuración específica. Su diseño intrincado permite que estos paneles metálicos sean aplicados en diversas ubicaciones y proyectos, siempre que se cumplan las dimensiones y los requerimientos arquitectónicos necesarios para la construcción del edificio. (CMYK, 2025)

Además, el sistema de encofrado metálico protege los paneles en buen estado, lo que, con un mantenimiento adecuado y seguimiento, facilita su uso en futuros proyectos que los requieran. Mantener la calidad de estos paneles garantiza que satisfacen las especificaciones necesarias para su reutilización efectiva. En cuanto a su manipulación, es fácil y conveniente para los trabajadores, ya que no necesita maniobras complicadas ni peligrosas, solo se debe atender a las indicaciones del supervisor del proyecto. Esto hace que el procedimiento sea un trabajo rutinario, permitiendo que el proyecto se complete en un tiempo reducido, casi en horas. Este método constructivo generalmente cuenta con elementos diseñados para cada área, ofreciendo moldes y soportes que, con las debidas precauciones y revisiones, deben ser instalados. Estos elementos deben ajustarse a los requisitos establecidos por las normativas, los moldes sirven para proporcionar soporte temporal en la fase de vertido de

concreto; al unirse entre sí, ofrecen un soporte adicional, y al instalarlos, se logra un efecto de unión similar al de vigas y columnas. (Waltero, 2021)

Figura 12: Sistema Manoportable de Paneles Modulares



Fuente: Waltero (2021)

Sistema Manoportable

El método de encofrado a través de un sistema portátil de mano está creado para aumentar la productividad en la edificación de viviendas en serie. Entre sus características más relevantes se incluyen las siguientes.:

- ✓ Están formados por paneles cuyos materiales pueden variar, como aluminio, acero, madera y plástico. Al unirse entre sí, logran cubrir completamente el proyecto.
- ✓ Este tipo de molde es un sistema de construcción que ha sido elegido por las empresas constructoras de viviendas en serie, ya que optimiza el tiempo de entrega del proyecto.
- ✓ El tamaño de los paneles permite que sean su transporte fácil y ayuda a lograr la rapidez y eficacia, siendo innecesario el uso de mecanismos para su colocación en la obra.
- ✓ Estas pueden ser colocadas en diferentes tipos de suelo o desniveles, en donde se requiere su uso.

Estos paneles cuentan con una capacidad de producir el 100% de viviendas en un tiempo máximo de 24 horas con un grupo de obreros mínimo,

que no necesitan una capacitación extensa ni maniobras que arriesguen su integridad. (Silva, 2025)

Figura 13: Sistema Manoportable para la Construcción de Viviendas Unifamiliares de Concreto



Fuente: Silva (2025)

Figura 14: Sistema Manoportable para la Construcción de Viviendas Multifamiliares de Concreto



Fuente: Molina (2020)

2.2 Marco Legal:

Constitución de la República del Ecuador

Tabla 2: Constitución de la Republica del Ecuador

Articulo	Descripción	
Art. 8	Plan de Hábitat y Vivienda de Interés Social	El Plan de Hábitat y Vivienda de Interés Social, consistirá en un instrumento de planificación sectorial desarrollado por el ente rector en hábitat y vivienda, el cuál

		contendrá un diagnóstico de la situación actual de la vivienda en todos sus segmentos, un cálculo de las necesidades de vivienda de interés social para el período, por áreas geográficas; así como, las metas de producción de vivienda de interés social y los incentivos y programas de subsidios.
Art. 9	La producción de vivienda como parte de la planificación local	La planificación local de hábitat y vivienda de interés social será parte integrante de los planes de ordenamiento territorial y de uso y gestión del suelo de los gobiernos autónomos descentralizados competentes, los cuales deberán considerar obligatoriamente el Plan de Hábitat y Vivienda de Interés Social y los principios consagrados en esta ley. La planificación de los gobiernos autónomos descentralizados tendrá como objetivo establecer políticas, lineamientos y metas respecto del uso, la ocupación y la tenencia del suelo en el ámbito de sus competencias, con enfoque en la gestión de riesgos, asegurando el derecho al hábitat, a la ciudad y el acceso universal a la vivienda digna y adecuada, propendiendo el uso eficiente del suelo, y, priorizando los espacios subutilizados de las áreas urbanas para el desarrollo de programas habitacionales de vivienda de interés social.
Art. 11	De la Rectoría en Hábitat y Vivienda	El ente rector de hábitat y vivienda será el encargado de emitir las políticas de planificación, regulación, gestión y control en hábitat y vivienda de interés social; y de ejercer las facultades de planificación, regulación, gestión y control en hábitat y vivienda de interés social, dentro del ámbito de sus competencias, en cumplimiento de lo que

		prescribe la Constitución de la República y la Ley.
Art. 18	Del derecho a la vivienda	La vivienda es un derecho humano constituyente de los derechos económicos, sociales y culturales, de cumplimiento progresivo y forma parte del derecho a un nivel de vida adecuado. La vivienda adecuada y digna es la infraestructura autónoma para vivir que presta las condiciones para el desarrollo integral básico de una familia. Toda familia, en sus diversos tipos, independientemente de su condición económica, podrá acceder a una vivienda adecuada y digna que cumpla el nivel mínimo habitacional definido en esta Ley. Es deber del Estado crear las condiciones que permitan el cumplimiento efectivo de ese derecho.

Fuente: Constitución de la República del Ecuador (2021)

Elaborado por: Ocampo y Pin (2025)

Ley Orgánica de Vivienda de Interés Social

Tabla 3: Ley Orgánica de Vivienda de Interés Social

Artículo	Descripción	
Art. 19	Mínimos habitacionales	Defínase como mínimo habitacional, los parámetros determinados de manera general por el ente rector de hábitat y vivienda. Estos parámetros deberán tomar en cuenta las características socioeconómicas, ambientales, culturales de la población con el fin de llegar a tener una vivienda digna y adecuada. Los mínimos habitacionales serán el umbral mínimo sobre el cual se edifica una vivienda y propenderá a una mejora permanente.
Art. 20	Garantías de vivienda adecuada y digna	El ente rector de hábitat y vivienda, los gobiernos autónomos descentralizados municipales y metropolitanos, así como cualquier ente público o privado involucrado en proyectos de producción de cualquier tipo de vivienda de interés social, deberán garantizar el derecho a una vivienda adecuada y digna, de conformidad con los parámetros de construcción y demás características establecidas para el efecto por el ente rector de hábitat y vivienda. Para ello, deberá cumplir como mínimo con lo siguiente: a. Seguridad jurídica de la propiedad. - Que el predio donde se desarrolle el proyecto de vivienda de interés social pueda brindar pleno derecho de propiedad; b. Factibilidad de servicios básicos. - Los programas de vivienda de interés social se implementarán en suelo

		urbano y rural dotado de infraestructura para servicios básicos. c. Condiciones de habitabilidad. - La vivienda de interés social debe garantizar condiciones de habitabilidad tales como: espacio y compartimentación necesarios para evitar el hacinamiento; iluminación, ventilación y temperatura interior adecuadas; protección contra la lluvia, viento y otras amenazas que puedan afectar a la salud; y, seguridad estructural de la edificación, de conformidad con las normas establecidas por las entidades públicas competentes; d. Asequibilidad o facilidad. - Los planes y proyectos para desarrollar vivienda de interés social deberán contar con programas que permitan superar la dificultad de las familias para conseguir una vivienda; Los gastos en vivienda de interés social en los que incurran los beneficiarios, guardarán proporcionalidad con sus ingresos de manera que no se afecte o comprometa la satisfacción de otras necesidades básicas. e. Ubicación. - La vivienda de interés social debe estar ubicada preferentemente en lugares que permitan el acceso a las opciones de empleo o incorporación productiva de sus miembros, así como el acceso a los servicios de atención de la salud, centros de atención para niños, escuelas, estaciones de policía, servicios de transporte público y otros servicios sociales. La vivienda de interés social no debe construirse en lugares que estén amenazados por problemas de contaminación o riesgos naturales no mitigables; f. Adecuación cultural. - La construcción de las viviendas de interés social, su diseño, materiales y colores deben favorecer preferiblemente a la expresión cultural y artística de la población beneficiaria. El desarrollo tecnológico en la producción de las viviendas de interés social debe procurar mejoras en la calidad de vida sin sacrificar la dimensión cultural de la arquitectura y diseño de la vivienda; g. Vivienda durable y progresiva. - Se procurará que los materiales y características constructivas permitan que la vivienda de interés social pueda mantener su habitabilidad de forma permanente y que pueda ampliarse para atender el crecimiento de las familias, h. Integración socioeconómica. - Se priorizarán proyectos de vivienda de interés social que promuevan integraciones de población en situación de pobreza, vulnerabilidad y de ingresos económicos bajos o medios, con zonas de mejores ingresos.
Art. 6	La producción de vivienda como política de interés público	Declárase de interés público el establecimiento de una política planificada de vivienda, integrada en los planes de desarrollo económico y social, para atender las necesidades de vivienda en todo el país, que preste preferente atención a los grupos de escasos recursos y evite generar categorías sociales o áreas geográficas diferenciadas económicamente. Todos los organismos públicos y privados que financien, promuevan, construyan o asistan en cualquier forma a la construcción o renovación de vivienda de interés social, ajustarán su acción a las disposiciones de esta Ley y

		cooperarán para cumplir las políticas que establezca el ente rector de hábitat y vivienda.
--	--	--

Fuente: Ley Orgánica de Vivienda de Interés Social (2022)

Elaborado por: Ocampo y Pin (2025)

Código Orgánico de Organización Territorial

Tabla 4: COOTAD

Artículo	Descripción	
Art. 7	La producción de vivienda como parte del plan nacional de desarrollo	El presidente de la República incluirá, dentro del Plan Nacional de Desarrollo, en coordinación con el ente rector de hábitat y vivienda, lineamientos, objetivos y metas relacionados con el hábitat y la vivienda de interés social.

Fuente: Código Orgánico de Organización Territorial (2015)

Elaborado por: Ocampo y Pin (2025)

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Enfoque de la investigación:

El presente trabajo de investigación tuvo un enfoque cuantitativo – comparativo, con análisis descriptivo y proyección a largo plazo utilizando cálculos económicos y simulaciones para estimar la rentabilidad y el desempeño térmico de ambos sistemas constructivos. En este estudio se recopilaban datos numéricos de consumo energético y costos de armado, como también se calculan indicadores como el ROI, ahorro energético y periodo de recuperación, todo esto siendo parte de lo cuantitativo. En comparativo se obtuvo el análisis de la relación entre inversión inicial y ahorro energético, también se compararon dos sistemas constructivos diferentes y se identificó la mejora en eficiencia térmica real mediante evidencia física. Terminó con lo descriptivo que proyectó resultados a largo plazo (20 años) y describió los costos y el comportamiento térmico de ambos sistemas.

3.2 Alcance de la investigación:

Esta investigación se centró en la evaluación comparativa de sistemas convencionales de mampostería frente a sistemas de paneles aislantes de viviendas unifamiliares, en el contexto de Guayaquil, Ecuador.

El estudio incluyó:

1. Análisis de costos de armado inicial de ambos sistemas constructivos.
2. Evaluación del desempeño térmico mediante simulación energética utilizando software, considerando condiciones climáticas locales y propiedades de la envolvente.
3. Determinación del costo-beneficio económico del uso de paneles aislantes, basándose de los ahorros energéticos al año y su inversión inicial adicional.

4. Validación de la eficiencia térmica real mediante imágenes obtenidas con cámara termográfica, comparando estabilidad térmica de los cerramientos y zonas de pérdida de calor.

El alcance temporal y limitaciones:

- ✓ El estudio considera un horizonte de 10 a 20 años de vida útil para la proyección de ahorro energético.
- ✓ Se analiza únicamente una vivienda unifamiliar de 124 m².

Se esperan resultados como:

- ✓ La estimación de eficiencia térmica y ahorro energético logrado con paneles aislantes.
- ✓ Comparación económica clara del costo de construcción inicial.
- ✓ Evidencia fotográfica del comportamiento térmico real.

3.3 Técnica e Instrumentos para Obtener los Datos

Tabla 5: Técnicas e Instrumentos

Técnica	Instrumentos	Datos
Revisión Documental y Análisis Comparativo	Presupuesto de proveedor de materiales	-Precios unitarios de materiales y mano de obra. -Costo total de armado
Simulación Energética	-Software OpenStudio -Normativa para definir propiedades térmicas -Archivo climático de Guayaquil (.epw)	-Cargas por refrigeración -Consumo energético anual
Análisis económico basado en datos cuantitativos	-Inversión adicional -Payback y ROI -Ahorro energético en USD	-Periodo de recuperación de la inversión y el retorno de la inversión. -Ahorro económico anual

Elaborada por: Ocampo y Pin (2025)

Revisión Documental y Análisis Comparativo

Se utilizó la técnica de Análisis de Precios Unitarios (APU), la cual permitió desglosar cada actividad constructiva (mano de obra, herramientas, materiales y equipos) con el fin de determinar el costo unitario por metro cuadrado de muro y multiplicarlo por la superficie total considerada en la vivienda (186 m² de pared exterior).

Se aplicó tanto al sistema convencional de mampostería de bloque como al sistema de paneles aislantes, siendo un análisis de carácter comparativo. Se consideraron listados de insumos y precios obtenidos a partir de presupuestos de proveedores locales y ferreterías. La información se organizó en hojas de cálculo, donde se detalló el tipo de material, cantidad de material, rendimientos, jornales de mano de obra, etc. Lo que permitió calcular los costos unitarios por m² y el costo total del proyecto. Por último, se elaboraron tablas comparativas en la que reflejan costos por m² y el costo global para cada uno de los sistemas, obteniendo la diferencia en porcentaje.

Simulación Energética

Se aplicó la técnica de análisis comparativo térmico, que combina la simulación energética mediante software especializado (en este caso OpenStudio) para modelar tanto la vivienda convencional como con aislamiento. La medición experimental se la realizó con cámara termográfica en edificaciones reales, para observar principalmente la transferencia de calor en muros. Además, se calcularon los indicadores térmicos como transmitancia térmica, resistencia térmica y cargas por refrigeración. Este análisis se realizó considerando un horizonte de 10 a 20 años, tomando en cuenta condiciones climáticas de la región.

- ✓ OpenStudio nos permitió calcular cargas de refrigeración anuales, como también generar datos de consumo energético para ambos casos, todo esto bajo el archivo EPW de Guayaquil.
- ✓ Con la cámara termográfica, se capturó imágenes infrarrojas en muros, ventanas y techos, identificando puentes térmicos y pérdidas de calor.

Análisis Económico Basado en Datos Cuantitativos

En este apartado se combinó los datos de inversión inicial, datos de ahorro energético proyectado y cálculo de indicadores financieros (Payback y ROI). Este análisis permitió determinar si la inversión en paneles aislantes es rentable frente al sistema convencional.

Se utilizó hojas de cálculo para integrar los costos de construcción, el ahorro energético anual y calcular los indicadores económicos para elaborar tablas comparativas que faciliten el análisis. Para convertir el ahorro energético en términos monetarios se consideró la tarifa eléctrica local vigente. Esto permitió establecer de manera clara y cuantificable la rentabilidad de los paneles aislantes.

3.4 Población y Muestra

En este estudio no se trabajó con personas sino con viviendas y sistemas constructivos:

- ✓ Población: Viviendas unifamiliares representativas de Guayaquil, construidas con paneles aislantes o sistemas constructivos convencionales, considerando viviendas con características similares en términos de tipología, materiales y superficie.
- ✓ Muestra: Una vivienda de referencia, con la tipología más común de la ciudad, aproximadamente 100 m².

Dado que la investigación se centró en un análisis detallado de los costos y del desempeño térmico, se utilizó una vivienda de referencia para llevar a cabo simulaciones precisas y comparaciones directas entre ambos sistemas constructivos, sin requerir el estudio de toda la población. Seleccionó una vivienda representativa asegura que los resultados obtenidos puedan aplicarse de manera razonable a otras viviendas unifamiliares con características similares en Guayaquil.

CAPÍTULO IV

PROPUESTA O INFORME

4.1 Presentación y Análisis de Resultados

Estudio de Caso

Para este estudio se tomará como referencia una vivienda unifamiliar de 124m², de dos pisos, destinada a uso residencial. La tipología corresponde a un modelo estándar de vivienda de interés social, lo que facilita evaluar tanto la factibilidad económica como el rendimiento térmico de diferentes sistemas constructivos dentro de un contexto representativo.

Se compararán dos tipos de sistemas:

- ✓ Estructura de hormigón armado y mampostería tradicional (ladrillo).
- ✓ Acabados interiores y exteriores con enlucido de mortero y pintura.
- ✓ Cubierta Aislalock doble pro (tipo sanduche) para ambos sistemas.

Para el sistema de paneles aislantes se utilizará:

- ✓ Uso de Sistema de Aislamiento Térmico Exterior (SATE)
- ✓ Envolvente optimizada para reducir cargas energéticas de climatización y mejorar desempeño térmico

Costos por Sistema

Tabla 6: Armado (inversión inicial) – Materiales, Mano de Obra y Tiempo de Construcción.

PARTIDA: MAMPOSTERIA de bloque pesado e:15cm						
JORNADA	8 H/D					
RENDIMIENTO	M2/D					
ELABORADO POR	D.A.P.E					
FECHA	24/8/2025					
ID	DESCRIPCION DE MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL	
0.1	CEMENTO FUERTE TIPO GU SACO 50 KG - HOLCIM DISENSA	SACO	0,12	7,68	0,95	
01.02	BLOQUE PESADO DE 15X20X40	UNIDAD	12	0,44	5,72	
01.03	ARENA	M3	0,03	13,5	0,34	
01.04	AGUA	M3	0,01	0,85	0,01	
				7,02		
0.2	MANO DE OBRA					
02.01	PEON	HORA	0,73	4,05	2,94	
02.02	ALBAÑIL	HORA	0,73			
	MAESTRO DE OBRA	HORA	0,07	4,33	0,31	
				3,25		
0.3	EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
03.01	HERRAMIENTAS MANUALES			5%	0,1625	
	ANDAMIOS	HORA	0,73	0,06	0,04	
				0,2025		
	Instalacion de mamposteria convencional	m2	1	10,4725		

Elaborado por: Ocampo y Pin (2025)

Tabla 7: Presupuesto de Aislamiento Térmico

PARTIDA: Colocacion de casetones en mamposteria						
JORNADA	8 H/D					
RENDIMIENTO	M2/D					
ELABORADO POR	D.A.P.E					
FECHA	24/8/2025					
ID	DESCRIPCION DE MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL	
0.1	Panel EPS 20 kg/m3 e= 100 mm 1.00 m x 2.00 m	u	0,53	15,5	8,22	
01.02	Malla de fibra de vidrio antiálcalis, de 5x5 mm 160 g/m² 1x50M	rollo	0,02	90	1,8	
01.03	BASE COAT, impermeable al agua de lluvia y permeable al vapor de agua, 30 kg	saco	0,1	20	2	
01.04	FINISH COAT. Revestimiento acrílico, de color 20 kg	saco	0,1	26	2,6	
				14,62		
0.2	MANO DE OBRA					
02.01	COLOCADOR DE AISLANTES	HH	0,25	4,1	1,03	
02.02	AYUDANTE COLOCADOR DE AISLANTES	HH	0,25	4,05	1,01	
02.03	REVOCADOR	HH	0,25	4,05	1,01	
02.04	AYUDANTE REVOCADOR	HH	0,25	4,05	1,01	
				4,06		
0.3	EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
03.01	HERRAMIENTAS MANUALES			5%	0,203	
				0,203		
	Instalacion de paneles en fachada (aislamiento)	m2	1	18,883		

Elaborado por: Ocampo y Pin (2025)

Presupuesto de Muro con Aislamiento Térmico

El aislamiento no reemplazará el muro, se colocará sobre él, por lo tanto, el costo del muro más aislamiento será:

Tabla 8: Presupuesto de Muro con Aislamiento

PARTIDA: Mampostería de muro con aislamiento					
JORNADA	8 H/D				
RENDIMIENTO	M2/D				
ELABORADO POR	D.A.P.E				
FECHA	24/8/2025				
ID	DESCRIPCION DE MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO PRODUCTIVO	COSTO TOTAL
0.1	CEMENTO FUERTE TIPO GU SACO 50 KG - HOLCIM DISENSA	SACO	0,12	7,68	0,95
01.02	BLOQUE PESADO DE 15X20X40	UNIDAD	12	0,44	5,72
01.03	ARENA	M3	0,03	13,5	0,34
01.04	AGUA	M3	0,01	0,85	0,01
01.05	Panel EPS 20 kg/m3 e= 100 mm 1.00 m x 2.00 m	u	0,53	15,5	8,22
01.06	Malla de fibra de vidrio antiálcalis, de 5x5 mm 160 g/m² 1x50M	rollo	0,02	90	1,8
01.07	BASE COAT, impermeable al agua de lluvia y permeable al vapor de agua, 30 kg	saco	0,1	20	2
01.08	FINISH COAT. Revestimiento acrílico, de color 20 kg	saco	0,1	26	2,6
				21,64	
0.2	MANO DE OBRA				
02.01	PEON	HORA	0,73	4,05	2,94
02.02	ALBAÑIL	HORA	0,73		
02.03	MAESTRO DE OBRA	HORA	0,07	4,33	0,31
02.04	COLOCADOR DE AISLANTES	HH	0,25	4,1	1,03
02.05	AYUDANTE COLOCADOR DE AISLANTES	HH	0,25	4,05	1,01
02.06	REVOCADOR	HH	0,25	4,05	1,01
02.07	AYUDANTE REVOCADOR	HH	0,25	4,05	1,01
				7,31	
0.3	EQUIPOS Y HERRAMIENTAS				
03.01	HERRAMIENTAS MANUALES			5%	0,3655
03.02	ANDAMIOS	HORA	0,73	0,06	0,04
				0,4055	
	Instalacion de mamposteria con aislamiento	m2	1	29,3555	

Elaborado por: Ocampo y Pin (2025)

Simulación Energética

Se utilizó como caso de estudio una vivienda unifamiliar de aproximadamente 124 m², ubicada en La Aurora, Daule. Esta tipología resulta representativa de las construcciones residenciales locales y constituye la base sobre la cual se evaluó el desempeño térmico de los dos sistemas comparados.

Se modelará en dos escenarios:

- 1. Muro Convencional: Se toma como referencia la edificación convencional con muros de bloque o ladrillo, al ser el sistema constructivo más utilizado en viviendas de interés social, funcionando como punto de partida para analizar tanto los costos como el comportamiento térmico.
- 2. Muro con Sistema de Aislamiento Térmico Exterior (SATE): Se propone la incorporación de un sistema de aislamiento térmico exterior o panel aislante, con el objetivo de incrementar la eficiencia energética de la vivienda al disminuir las pérdidas y ganancias de calor a través de la envolvente. Se empleó el software OpenStudio/EnergyPlus para realizar

simulaciones dinámicas del comportamiento energético de la vivienda. En el modelo se consideraron los siguientes aspectos:

Modelo Denali - Plaza Parque, Etapa 2

El presente estudio analiza la construcción, diseño y desempeño térmico y energético de una vivienda unifamiliar ubicada en La Aurora, Daule; con el objetivo de evaluar el confort térmico y su eficiencia. La vivienda cuenta con una superficie de 124m², distribuidos en 2 plantas, incorporando elementos constructivos orientados a optimizar el consumo energético y mejorar su confort.

Objetivo

Analizar la viabilidad económica del empleo de paneles aislantes y la simulación del desempeño térmico y energético utilizando la herramienta OpenStudio, con el propósito de cuantificar su efecto en la reducción de cargas térmicas, energéticas y mejora en la confortabilidad.

El modelo de vivienda fue seleccionado con fines de estudio y análisis. La elección responde a la necesidad de contar con un caso práctico que permita aplicar metodologías de evaluación energética y térmica mediante herramientas de simulación.

Figura 15: Descripción de la Vivienda



Elaborado por: Ocampo y Pin (2025)

Descripción de la Vivienda

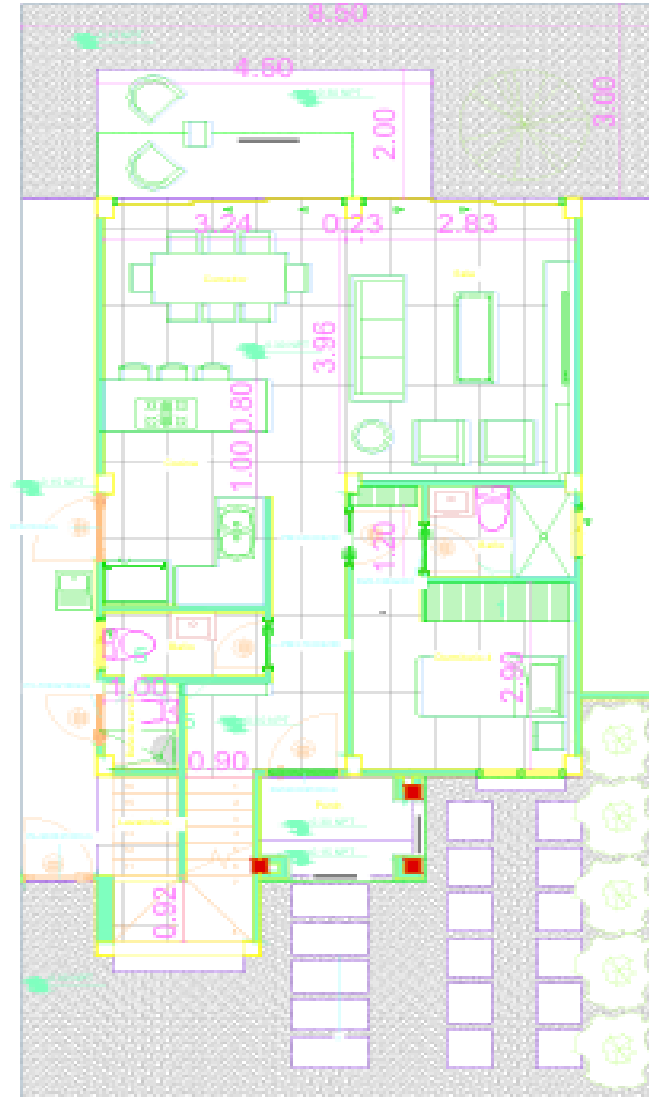
Tipología arquitectónica: Vivienda unifamiliar de dos plantas, 4 ocupantes y estilo moderno.

Dimensión: 145 m² de terreno, 124m² de espacio construido, 2 Plantas y un Volumen de 326m³ (espacio transitable).

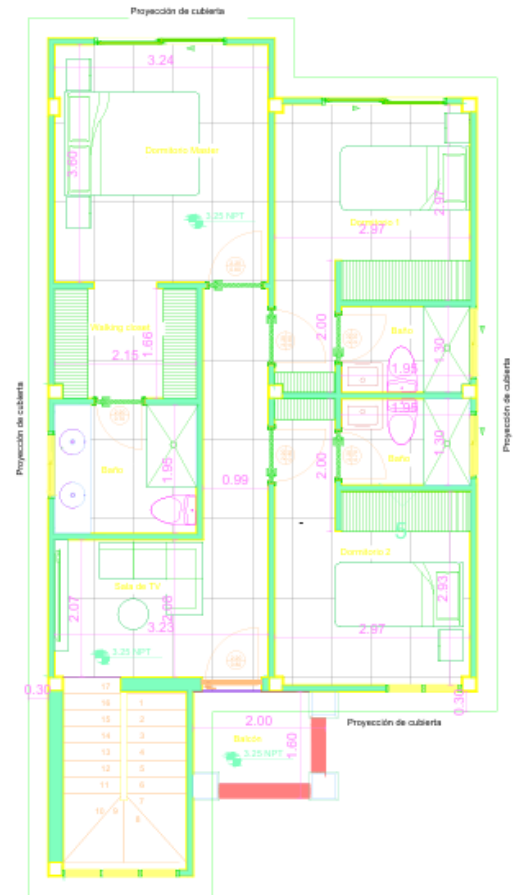
Distribución Espacial

Planos Arquitectónicos

Figura 16: Plano Planta Baja



Plano Piso 1



Elaborado por: Ocampo y Pin (2025)

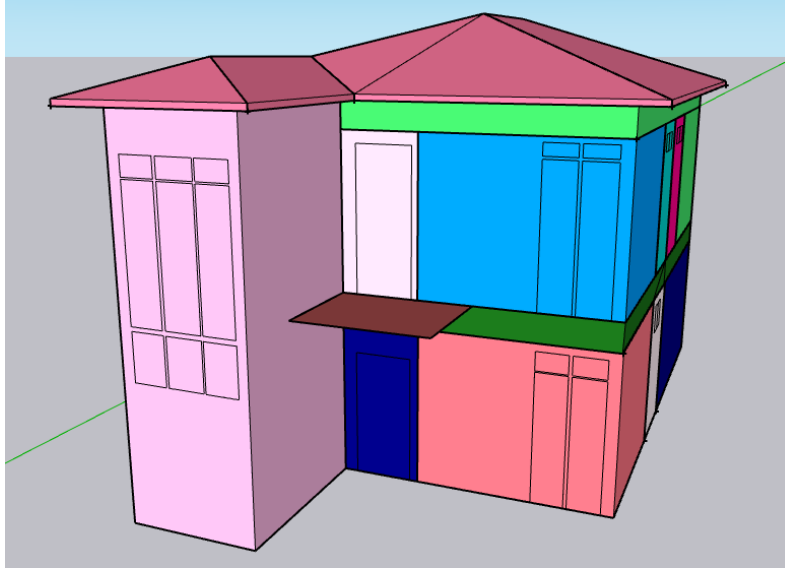
Contando con 6 espacios en planta baja y 8 en la planta alta. Cuenta con un sistema constructivo conformado por muro de mampostería de bloques de cemento de 15cm con enlucido de 1.5cm, sellado y empaste en interior y exterior, y pintura blanca en ambas partes.

Tabla 9: Distribución de la Casa

Espacio	Área	Altura	Volumen
Unidad	(m²)	(m)	(m³)
Dormitorio 1	10,8	2,5	27
Dormitorio 2	10,8	2,5	27
Dormitorio 4	10,8	2,5	27
Baño Dormitorio 1	3	2,5	7,5
Baño Dormitorio 2	3	2,5	7,5
Baño Dormitorio 4	3	2,5	7,5
Baño de Servicio	1,5	2,5	3,75
Baño Planta Baja	2,2	2,5	5,5
Área Social Planta Baja	38,1	2,5	95,25
Área Social Piso 1	11,5	2,5	28,75
Baño Dormitorio Master	4,4	2,5	11
Dormitorio Master	15,5	2,5	38,75
Balcón	3,6	2,5	9
Escalera	5,6	5,45	30,52
Total	124		326

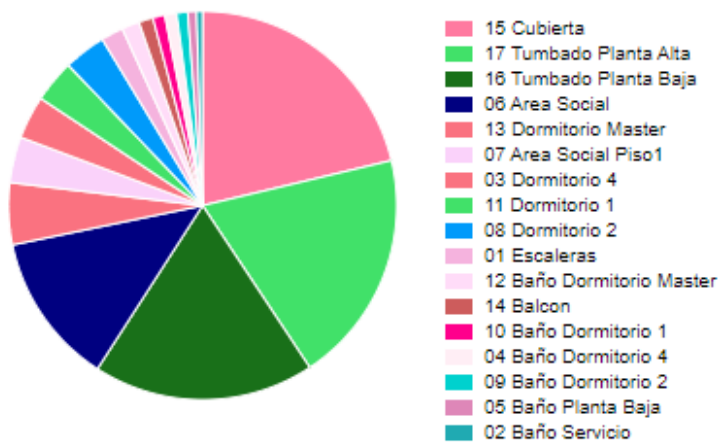
Elaborado por: Ocampo y Pin (2025)

Figura 17: Organización y Clasificación de Áreas en la Vivienda por Espacios



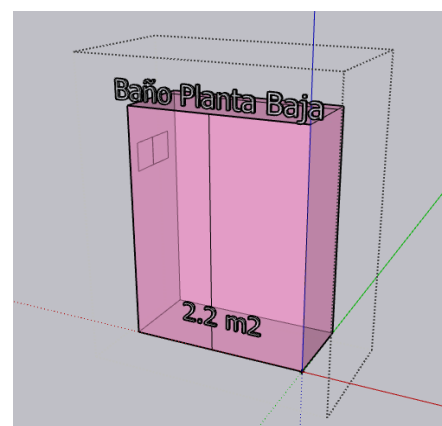
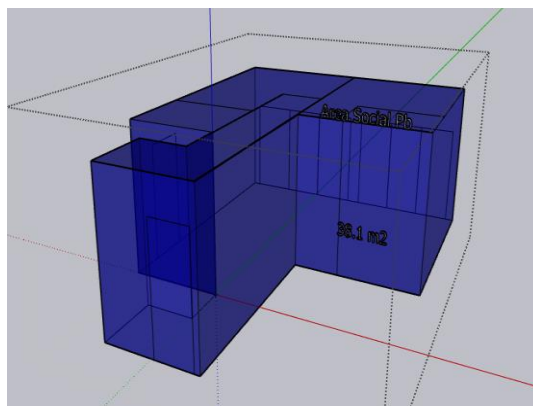
Elaborado por: Ocampo y Pin (2025)

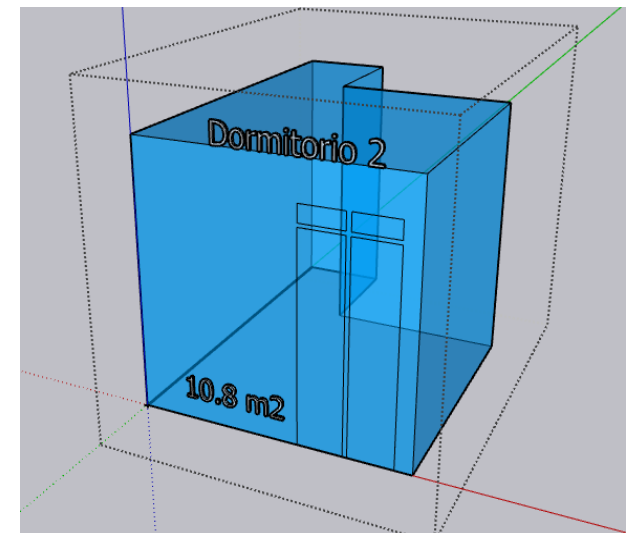
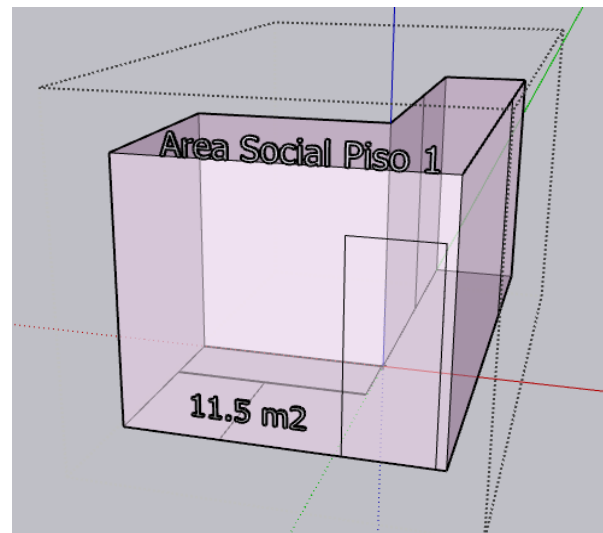
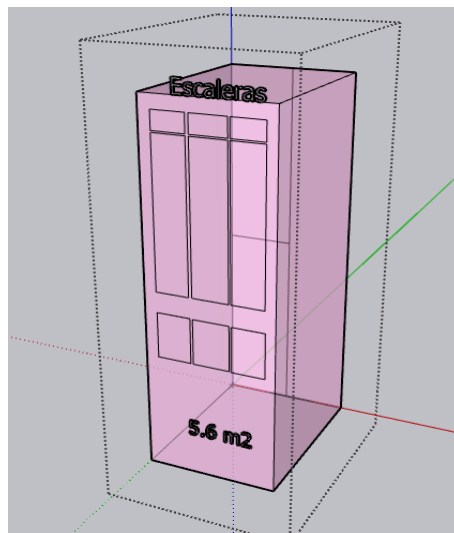
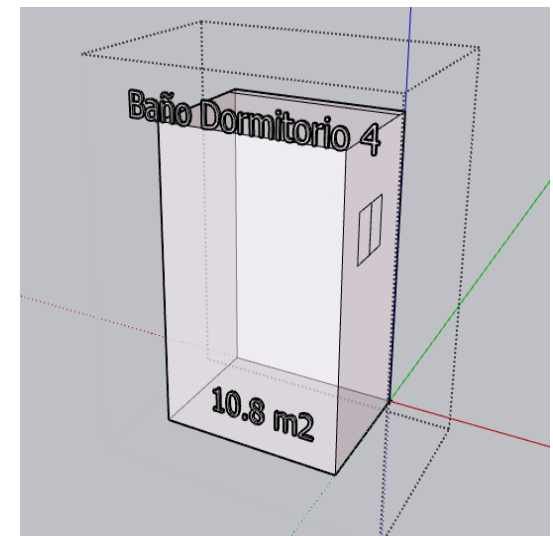
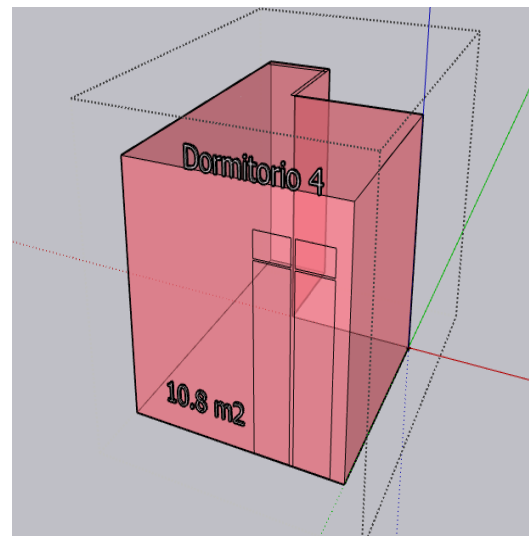
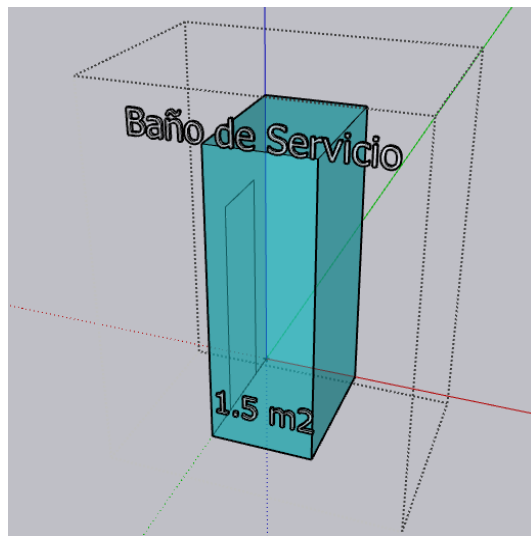
Figura 18: Espacios

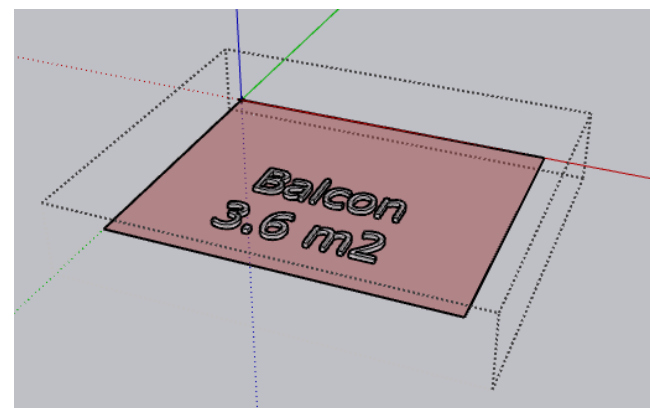
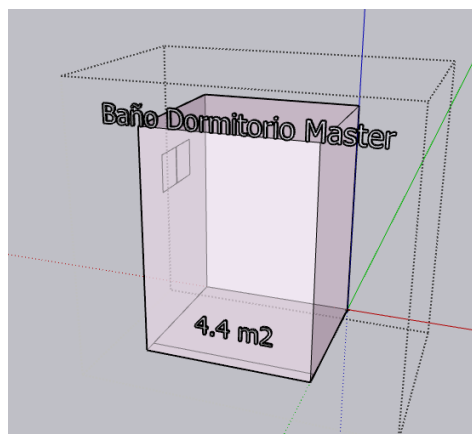
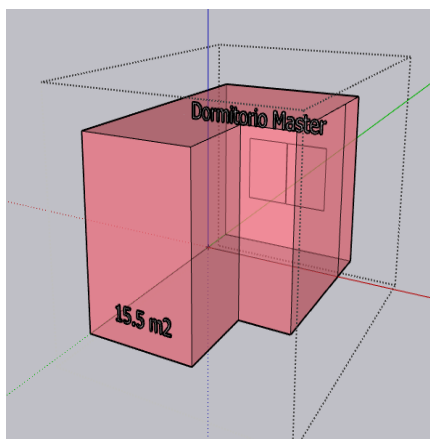
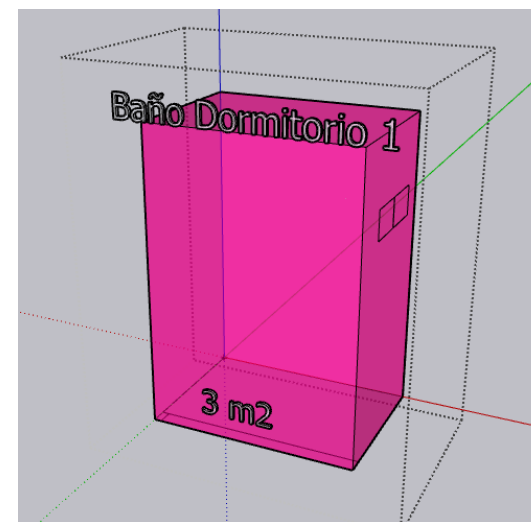
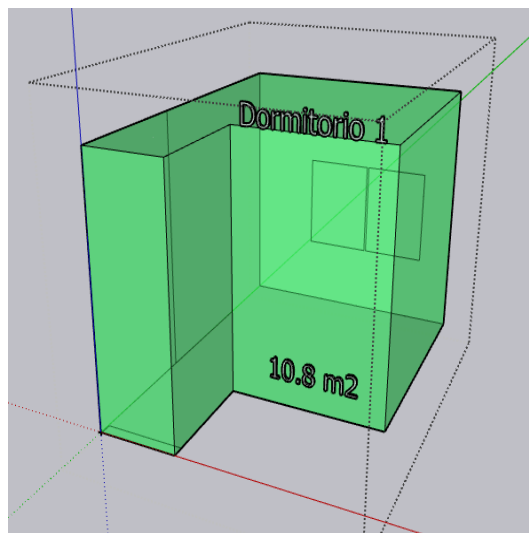
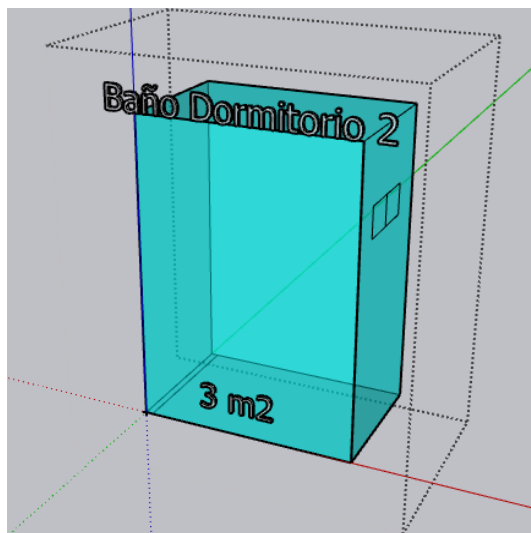


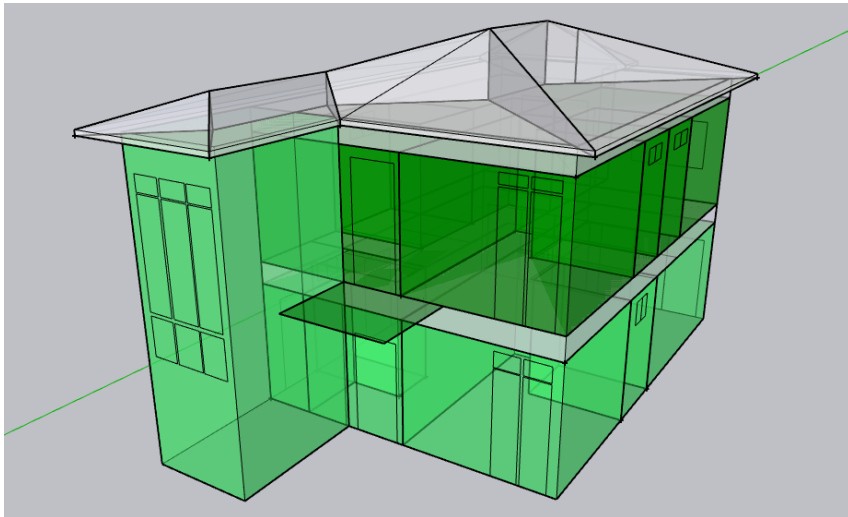
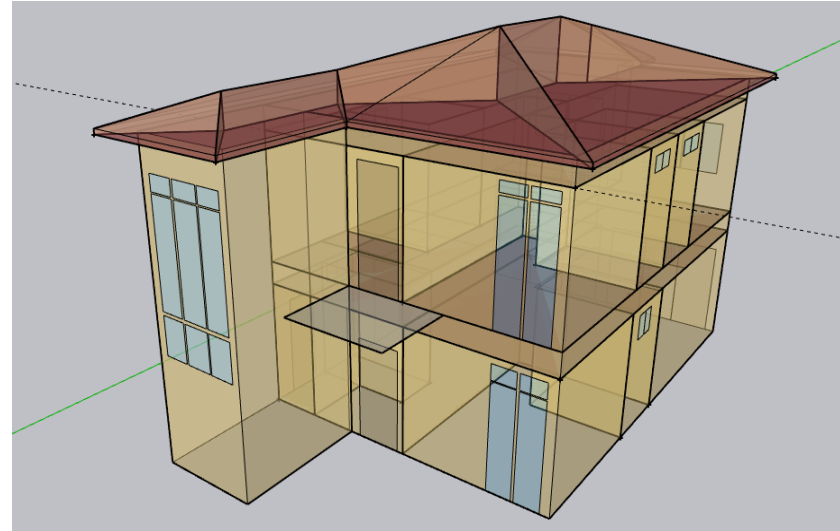
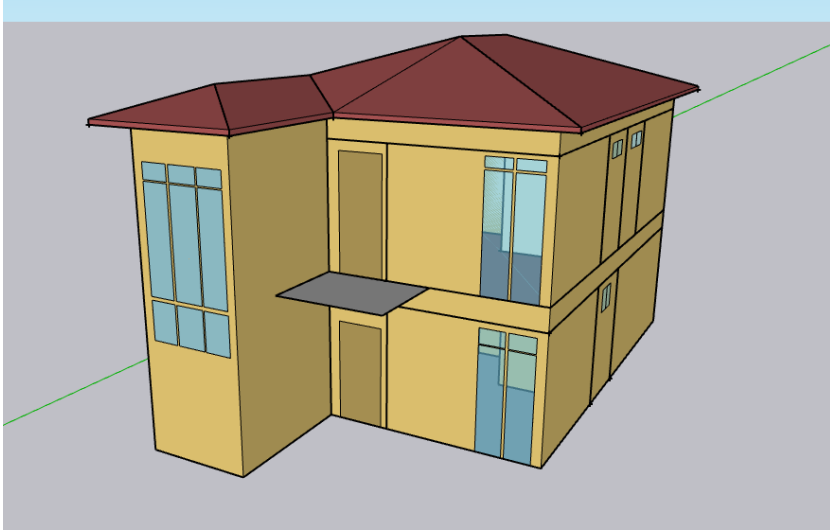
Elaborado por: Ocampo y Pin (2025)

Figura 19: Diagramas por Espacios









Elaborado por: Ocampo y Pin (2025)

Tabla 10: Materialidad de la Envolvente

Envolvente	Material	Propiedades Termicas			
		Grosor	Conductividad	Densidad	Calor Especifico
		m	W/m*k	kg/m3	J/Kg*K
Cubierta	Zinc Exterior	0.0005	50	7850	500
	Poliestireno	0.005	0.04	15	1450
	Zinc Interior	0.005	50	7850	500
Pared Exterior	Enlucido Exterior	0.01	0.5	1300	750
	Bloque de cemento	0.15	0.62	1040	840
	Enlucido Interior	0.01	0.72	1760	750
Pared Interior	Enlucido Interior	0.01	0.72	1760	750
	Bloque de cemento	0.15	0.62	1040	840
	Enlucido Interior	0.01	0.72	1760	750
Tumbado Pb	Ceramica	0.012	1.3	2300	840
	Mortero	0.005	1	1700	900
	Contrapiso	0.15	2	2400	1000
	Gypsum	0.01	0.25	800	1000
Tumbado Piso 1	Contrapiso	0.15	2	2400	1000
	Gypsum	0.01	0.25	800	1000
Piso Interior Pb	Contrapiso	0.15	2	2400	1000
	Mortero	0.005	1	1700	900
	Ceramica	0.012	1.3	2300	840
Piso Interior Piso 1	Gypsum	0.01	0.25	800	1000
	Contrapiso	0.15	2	2400	1000
	Mortero	0.005	1	1700	900
	Ceramica	0.012	1.3	2300	840
Paredes Exteriores con Aislamiento	Empastado Exterior	0.005	0.5	1400	1000
	Poliestireno	0.1	0.04	15	1450
	Mortero	0.01	1	1700	900
	Enlucido Exterior	0.01	0.5	1300	750
	Bloque de cemento	0.15	0.62	1040	840
	Enlucido interior	0.01	0.72	1760	750

Elaborado por: Ocampo y Pin (2025)

Ubicación Geográfica

La Aurora es una parroquia urbana del cantón Daule, situada al norte del área metropolitana de Guayaquil, a pocos kilómetros del centro de la ciudad. No hay diferencias significativas en latitud ni en altitud y al estar tan próximas, las masas de aire, humedad y radiación solar que las afectan son prácticamente las mismas.

Figura 20: Ubicación



Elaborado por: Ocampo y Pin (2025)

Guayaquil se encuentra en una zona Húmeda muy calurosa, caracterizada por temperaturas altas durante el año. Su proximidad al Río Guayas contribuye un ambiente cálido y con humedad saturada.

Tabla 11: Región Costa

Provincia	Ciudad	Zona climática
REGIÓN COSTA		
El Oro	Machala	Húmeda muy calurosa
	Zaruma	Húmeda muy calurosa
	Santa Rosa	Húmeda muy calurosa
Esmeraldas	Esmeraldas	Húmeda muy calurosa
	Quinindé	Húmeda muy calurosa
Guayas	Guayaquil	Húmeda muy calurosa
	Balzar	Húmeda muy calurosa
Los Ríos	Babahoyo	Húmeda muy calurosa
	Quevedo	Húmeda muy calurosa
Manabí	Puerto López	Húmeda muy calurosa
	Portoviejo	Húmeda muy calurosa
	Manta	Húmeda muy calurosa
	Chone	Húmeda muy calurosa
	El Carmen	Húmeda muy calurosa
	Pedernales	Húmeda muy calurosa

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción (2023)

Tabla 12: Siendo una Zona Climática Nivel 1

ZONA CLIMÁTICA (Ecuador)	ZONA CLIMÁTICA (ASHRAE 90.1)	NOMBRE	CRITERIO TÉRMICO
1	1A	HÚMEDA MUY CALUROSA	$5000 < CDD_{10^{\circ}C}$
2	2A	HÚMEDA CALUROSA	$3500 < CDD_{10^{\circ}C} \leq 5000$
3	3C	CONTINENTAL LLUVIOSA	$CDD_{10^{\circ}C} \leq 2500$ y $HDD_{18^{\circ}C} \leq 2000$
4	4C	CONTINENTAL TEMPLADO	$2000 < HDD_{18^{\circ}C} \leq 3000$
5	5C	FRÍA	$CDD_{10^{\circ}C} \leq 2500$ y $HDD_{18^{\circ}C} \leq 2000$ $2000 < HDD_{18^{\circ}C} \leq 3000$ $3000 \text{ m} < \text{Altura (m)} \leq 5000 \text{ m}$
6	6B	MUY FRÍA	$CDD_{10^{\circ}C} \leq 2500$ y $HDD_{18^{\circ}C} \leq 2000$ $2000 < HDD_{18^{\circ}C} \leq 3000$ $5000 \text{ m} < \text{Altura (m)}$

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción (2023)

Figura 21: Archivo EPW con Datos Referentes a Guayaquil.

Latitud: -2.157

Longitud: -79.884

Elevación: 5.8

Zona Horaria: -5

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción (2023)

Con respecto a Cargas Internas necesitamos horarios, señalados en el software como “Schedules” tanto como para personas, actividad de personas, uso de Iluminación y equipos electrónicos. El cálculo del consumo energético en edificaciones requiere una detallada modelación de las cargas internas y

pérdidas de energía, las cuales se derivan de la iluminación, la infiltración de aire y el funcionamiento de equipos electrónicos.

Ecuaciones y Tablas por utilizar:

- ✓ En el cálculo de Consumo Energético en Iluminaria contamos con focos Led de 80lm/W, numero de focos por área y esto bajo la norma NEC-HS-EE, Valores mínimos de Iluminación, Tabla 14.
- ✓ Utilizaremos la tabla de la NEC-HS-EE, Niveles mínimos de iluminación al interior de la vivienda para el lux recomendado por área.

Tabla 13: Tabla NEC-HS-EE

Áreas	Mínimo (LUX)	Recomendado (LUX)	Óptimo (LUX)
Viviendas			
Dormitorios	100	150	200
Cuartos de aseo/baños	100	150	200
Cuartos de estar	200	300	500
Cocinas	100	150	200
Cuartos de estudio o trabajo	300	500	750
Zonas generales de edificios			
Zonas de circulación y pasillos	50	100	150
Escaleras, roperos, lavabos, almacenes y archivos	100	150	200

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción (2023)

Necesitamos saber cuánta luz necesitan nuestros espacios para alcanzar un nivel de lux recomendado, mediante:

$$lm = lux * area$$

No toda la luz que emite un foco llega al área a iluminar, ya que debemos de tener factores en cuenta como el área, coeficiente de utilización y factor de envejecimiento, etc., por eso necesitamos calcular sus lúmenes recomendados considerando perdida:

$$lm_{recom} = \frac{Area * Lux}{CU * FM}$$

Separando iluminación recomendada por foco:

$$lm_{foco} = \frac{lm_{recom}}{N^{\circ} focos}$$

Para el diseño de iluminación se emplean focos LED cuyas potencias (watts) y eficiencia luminosa (80 lm/W) fueron proporcionadas por el proveedor, permitiendo calcular los lúmenes emitidos por cada unidad mediante la multiplicación de la potencia por la eficiencia. Para saber la potencia total por foco:

$$Potencia\ Total\ (W) = N^{\circ}\ de\ focos * Potencia\ por\ foco$$

Y así poder calcular los watts por metro cuadrado:

$$W/m^2 = \frac{Potencia\ Total\ de\ focos\ (W)}{Area\ (m^2)}$$

Cálculo de Equipos Electrónicos

Se utilizaron los datos contenidos en la tabla proporcionada, la cual sirvió como insumo fundamental para el análisis de consumo energético por áreas.

Tabla 14: Equipos Electrónicos

Unidad	Aparato	Potencia promedio watts	Tiempo de uso al día periodos típicos	Tiempo de uso al mes horas	Consumo mensual Watts/h
	Aspiradora vertical	1000	2hr 2vec/sem	16	16
	Horno de microondas	1200	15min/día	10	13
	Tostadora	1000	10min.diarios	5	5
	Licuada mediana	400	10min/día	5	2
	Televisor grande 50 pulg.	360	6hrs.diarias	180	45
	Focos fluorescentes 15w	120	5hrs. diarias	150	18
	Refrigeración central 3ton.	3350	8hrs.diarias	240	804
	Refrigeradora 18 pies cubicos	375	8hrs/día	240	90
	Televisor mediano 32 pulg.	250	6hrs.diarias	180	45
	Equipo de computo	300	4hora/día	120	36
	Aparato de ventana 1 ton.	1200	8hrs.diarias	240	288

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción (2023)

La tabla cuenta con muchos más aparatos, pero para nuestra investigación solo utilizaremos un pequeño listado. Estos datos de consumo pueden variar dependiendo de los aparatos que se utilicen por espacios. Dado que no se dispone de valores específicos proporcionados por el fabricante, se

empleará la potencia nominal promedio referencial reportada en la tabla anterior, con el fin de estimar la demanda eléctrica.

Potencia Promedio Nominal

$$P_{promedio} = P_{nom} * \frac{t}{24h}$$

Donde:

- ✓ **P_{nom}** = Potencia promedio por aparato
- ✓ **T** = Tiempo de uso al día en horas
- ✓ **$24h$** = Horas del día

Y para cargas por área:

$$Carga\ por\ area = \frac{P_{promedio}}{A}$$

Cálculo de Infiltración por áreas

- ✓ Utilizaremos ACH estimados para residencias modernas y bien selladas, encontradas en la tabla.
- ✓ Donde la fórmula de infiltración por ACH estimado es:

$$Q_{infiltracion} = ACH_{infiltracion} * V$$

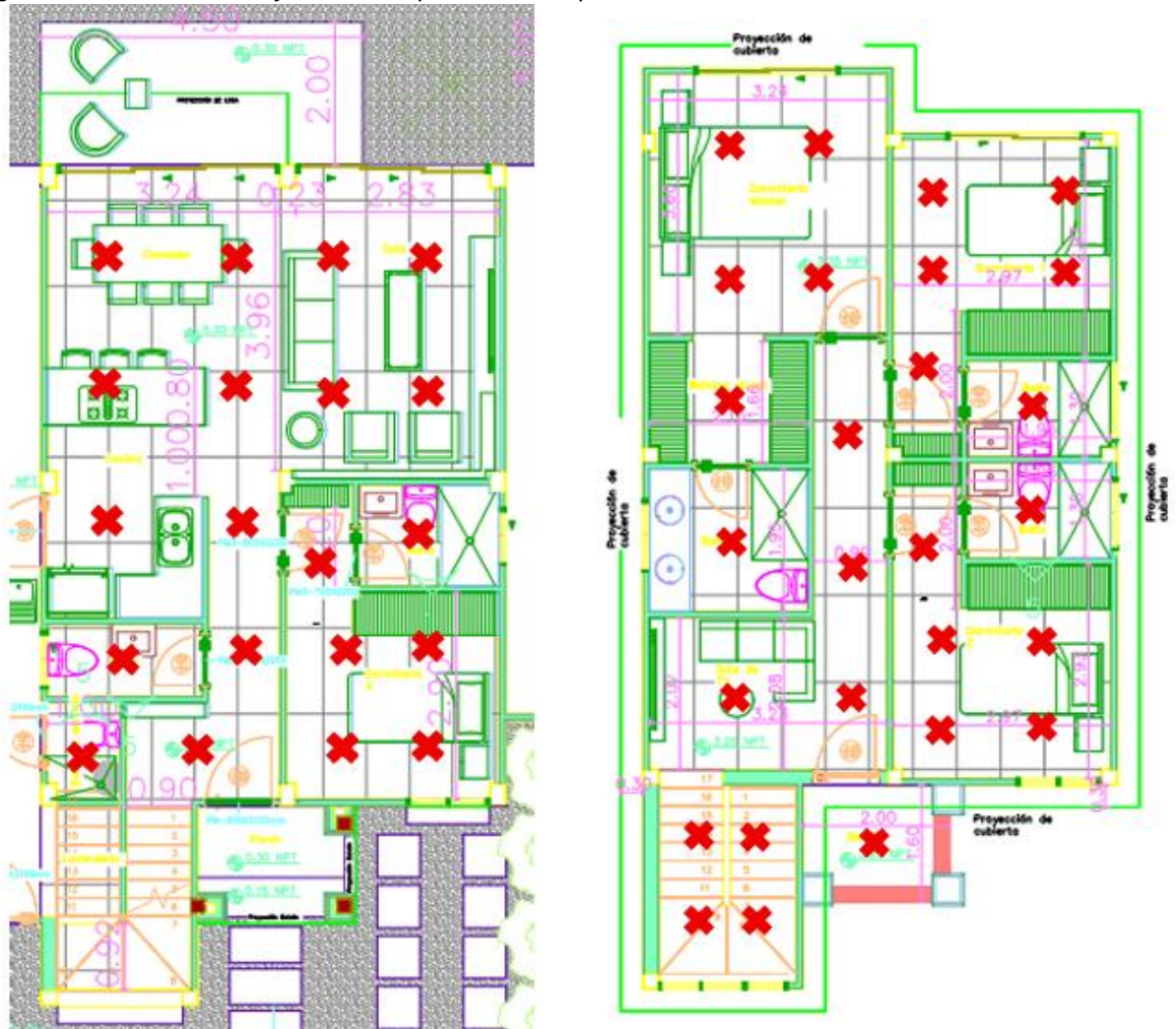
Donde:

- ✓ **$Q_{infiltracion}$** = Caudal de aire infiltrado (m3/h)
- ✓ **$ACH_{infiltracion}$** = Renovación de aire por hora estimados
- ✓ **V** = Volumen del espacio

Para convertirlo a m3/s dividirlo para 3600.

Cálculo del caudal de iluminación para Vivienda Base

Figura 22: Revisar Focos y Ubicación para Cada Espacio



Elaborado por: Ocampo y Pin (2025)

20 focos para planta baja y 27 para planta alta. Se utilizaron focos led, pero no se especifican sus lúmenes ni niveles de iluminación, así que se asumirán focos led 80lm/W y Lux (Niveles de iluminación) promedios recomendados en la tabla 14 de la NEC-HS-EE.

Realizaremos el cálculo del Dormitorio 1 para todos los casos (iluminación, equipos eléctricos e infiltración), para demostrar el desarrollo de las fórmulas ya mencionadas.

Consumo de Iluminación

Como lo mencionamos al principio, para el cálculo de iluminación recomendada y vatios por metros cuadrados contamos con información de áreas, lux recomendado por la NEC, Coeficiente de Utilización (CU) y Factor de Mantenimiento, y 80 lm/W.

Empezando por:

Lúmenes por área recomendados

$$lm = lux * area$$

$$lm = 150 * 10.8$$

$$lm = 1620 \text{ lm}$$

Lúmenes recomendados considerando perdida

$$lm_{recom} = \frac{Area * Lux}{CU * FM}$$

$$lm_{recom} = \frac{10.8 * 300}{0.7 * 0.8}$$

$$lm_{recom} = 2893 \text{ lm}$$

Números de focos por espacio, el Dormitorio 1 cuenta con 5 focos de 80lm/W por foco y sus respectivos vatios (para Dormitorio 1, 7W por foco).

Lúmenes por foco

$$lm_{foco} = \frac{lm_{recom}}{N^{\circ} \text{ focos}}$$

$$lm_{foco} = \frac{2893}{5} = 579 \text{ lm}$$

Potencia total por foco

$$Potencia\ Total\ (W) = N^{\circ}\ de\ focos * Potencia\ por\ foco$$

$$Potencia\ Total\ (W) = 5 * 7 = 35W$$

Y por último para obtener los vatios por metros cuadrado (W/m2)

$$Watts/m2 = \frac{Potencia\ Total\ de\ focos\ (W)}{Area\ (m2)}$$

$$Watts/m2 = \frac{35\ W}{10.8\ m2}$$

$$Watts/m2 = 3.2\ W$$

Tabla 15: Cálculos para Todos los Espacios de la Vivienda

Espacio	Área (m ²)	Lux (lx)	Coefficiente de Utilización (CU)	Factor de Mantenimiento (FM)	Lúmenes Recomendados	Lúmenes Recomendados considerando pérdidas	Nº de focos	Lúmenes por foco	Eficiencia por foco (lm/W)	Watts por foco	Potencia Total de focos	W/m ²
Escaleras	5,6	150	0,7	0,8	840	1500	4	375	80	5	20	3,6
Baño servicio	1,5	150	0,7	0,8	225	402	1	402	80	5	5	3,3
Dormitorio 1	10,8	150	0,7	0,8	1620	2893	5	579	80	7	35	3,2
Dormitorio 2	10,8	150	0,7	0,8	1620	2893	5	579	80	7	35	3,2
Dormitorio 4	10,8	150	0,7	0,8	1620	2893	5	579	80	7	35	3,2
Baño dormitorio 1	3	150	0,7	0,8	450	804	1	804	80	10	10	3,3
Baño dormitorio 2	3	150	0,7	0,8	450	804	1	804	80	10	10	3,3
Baño dormitorio 4	3	150	0,7	0,8	450	804	1	804	80	10	10	3,3
Baño planta baja	2,2	150	0,7	0,8	330	589	1	589	80	7	7	3,2
Área social PB	38,1	300	0,7	0,8	11430	20411	12	1701	80	21	252	6,6
Área social piso 1	11,5	300	0,7	0,8	3450	6161	4	1540	80	19	76	6,6
Baño dormitorio master	4,4	150	0,7	0,8	660	1179	1	1179	80	15	15	3,4
Dormitorio master	15,5	150	0,7	0,8	2325	4152	5	830	80	10	50	3,2
Balcón	3,6	150	0,7	0,8	540	964	1	964	80	12	12	3,3

Elaborado por: Ocampo y Pin (2025)

Consumo de Equipos Electrónicos (W) por Espacios

Para obtener los datos de consumo (W) de equipos electrónicos por espacio, utilizamos información obtenida en la tabla ya mencionada

Cálculo de Potencia Promedio Nominal por aparato

Utilizaremos el televisor grande de 50 pulgadas para el desarrollo:

$$P_{promedio} = P_{nom} * \frac{t}{24h}$$

$$P_{promedio} = 360 * \frac{6}{24h}$$

$$P_{promedio} = 90 W$$

Y para su carga por área:

$$Carga\ por\ area = \frac{P_{promedio}}{A}$$

$$Carga\ por\ area = \frac{90}{38.1}$$

$$Carga\ por\ area = 2.36 w/m^2$$

Tabla 16: 11 Aparatos.

	Aparato	Potencia promedio	Unidad	Tiempo de uso al día	Tiempo en hora	Potencia Promedio Nominal	Area	Carga por Area	Carga por Area Total
Espacio	Unidad	watts	aparatos	periodos tipicos	horas	Watts	m2	W/m2	W/m2
	Aspiradora vertical	1000	1	2hr 2vec/sem	2	83,33	38,1	2,19	2,19
	Horno de microondas	1200	1	15min/dia	0,25	12,50	38,1	0,33	0,33
	Tostadora	1000	1	10min.dia	0,17	7,08	38,1	0,19	0,19
Area	Licuadora mediana	400	1	10min/dia	0,17	2,83	38,1	0,07	0,07
Social	Televisor grande 50 pulg.	360	1	6hrs.diarias	6	90,00	38,1	2,36	2,36
Pb	Focos fluorescentes 15w	120	4	5hrs. diarias	5	25,00	38,1	0,66	2,62
	Refrigeracion central 3ton.	3350	1	8hrs.diarias	8	1116,67	38,1	29,31	29,31
	Refrigeradora 18 pies cubicos	375	1	8hrs/dia	8	125,00	38,1	3,28	3,28
	Total		11						40,35

Elaborado por: Ocampo y Pin (2025)

Tabla 17: Carga de Equipos para Área Social

	Aparato	Potencia promedio	Unidad	Tiempo de uso al día	Tiempo en hora	Potencia Promedio Nominal	Area	Carga por Area	Carga por Area Total
Espacio	Unidad	watts	aparatos	periodos típicos	horas	Watts	m2	W/m2	W/m2
Area Social	Televisor grande 50 pulg.	360	1	6hrs.diarias	6	90,00	11,5	7,83	7,83
Piso 1	Focos fluorescentes 15w	120	2	5hrs. diarias	5	25,00	11,5	2,17	4,35
	Total		3						12,17

Elaborado por: Ocampo y Pin (2025)

Tabla 18: Carga de Equipos para Área Social Piso 1

	Aparato	Potencia promedio	Unidad	Tiempo de uso al día	Tiempo en hora	Potencia Promedio Nominal	Area	Carga por Area	Carga por Area Total
Espacio	Unidad	watts	aparatos	periodos típicos	horas	Watts	m2	W/m2	W/m2
	Televisor mediano 32 pulg.	250	1	6hrs.diarias	6	62,50	10,8	5,79	5,79
Dormitorios	Focos fluorescentes 15w	120	1	5hrs. diarias	5	25,00	10,8	2,31	2,31
1,2 y 4	Equipo de computo	300	1	4horas/día	4	50,00	10,8	4,63	4,63
	Aparato de ventana 1 ton.	1200	1	8hrs.diarias	8	400,00	10,8	37,04	37,04
	Total		4						49,77

Elaborado por: Ocampo y Pin (2025)

Tabla 19: Carga de Equipos para Dormitorios.

	Aparato	Potencia promedio	Unidad	Tiempo de uso al día	Tiempo en hora	Potencia Promedio Nominal	Area	Carga por Area	Carga por Area Total
Espacio	Unidad	watts	aparatos	periodos típicos	horas	Watts	m2	W/m2	W/m2
	Televisor grande 50 pulg.	360	1	6hrs.diarias	6	90,00	15,5	5,81	5,81
Dormitorio	Focos fluorescentes 15w	120	2	5hrs. diarias	5	25,00	15,5	1,61	3,23
Master	Equipo de computo	300	1	4horas/día	4	50,00	15,5	3,23	3,23
	Aparato de ventana 1 ton.	1200	1	8hrs.diarias	8	400,00	15,5	25,81	25,81
	Total		5						38,06

Elaborado por: Ocampo y Pin (2025)

Carga de Equipos para Dormitorio

Estos valores pueden variar dependiendo de su uso y de cuantos equipos electrónicos tengan por espacio.

Tabla 20: Cargas para Dormitorio

Espacio	Apartos Totales	Area	Carga por Area Total
		m2	W/m2
Area Social	11	38,1	40,35
Area Social Piso 1	3	11,5	12,17
Dormitorio 1	4	10,8	49,77
Dormitorio 2	4	10,8	49,77
Dormitorio 4	4	10,8	49,77
Dormitorio Master	5	15,5	38,06
Total	31		239,89

Elaborado por: Ocampo y Pin (2025)

Carga por Área General

El cálculo de cargas por equipos electrónicos en la vivienda (239,89 W/m2) está sobredimensionado, solo nos sirve como pico de referencia para comparar escenarios, ya que este valor se regula utilizando su horario. Para factor más real aplicar factor de simultaneidad 0.6 o 0.7

Cálculo de Infiltración por Espacios

Nuestro valor de ACH será 0.7 para ventilación general de la vivienda, baños pequeños 6 (1.5 a 3m) y medianos 7 (3 a 5m) como lo recomienda la tabla para una vivienda promedio.

$$Q_{infiltracion} = ACH_{infiltracion} * V$$

$$Q_{infiltracion} = 0.7 * 27 = 18.9m3/h$$

Transformamos a m3/h

$$Q_{infiltracion} = \frac{18.9}{3600} = 0.0053m3/s$$

Tabla 21: Cálculo de Infiltración

Espacio	Area	Altura	Volumen	ACH Recom.	Qinfiltracion	Qinfiltracion
Unidad	m2	m	m3		m3/h	m3/s
Dormitorio 1	10,8	2,5	27,0	0,7	18,90	0,0053
Dormitorio 2	10,8	2,5	27,0	0,7	18,90	0,0053
Dormitorio 4	10,8	2,5	27,0	0,7	18,90	0,0053
Dormitorio Master	15,5	2,5	38,8	0,7	27,13	0,0075
Baño Dormitorio 1	3	2,5	7,5	7	52,50	0,0146
Baño Dormitorio 2	3	2,5	7,5	7	52,50	0,0146
Baño Dormitorio 4	3	2,5	7,5	7	52,50	0,0146
Baño Dormitorio Master	4,4	2,5	11,0	7	77,00	0,0214
Baño de Servicio	1,5	2,5	3,8	6	22,50	0,0063
Baño Planta Baja	2,2	2,5	5,5	7	38,50	0,0107
Area Social Pb	38,1	2,5	95,3	0,7	66,68	0,0185
Area Social Piso 1	11,5	2,5	28,8	0,7	20,13	0,0056
Escaleras	5,6	5,45	30,5	0,7	21,36	0,0059
Balcon	3,6	2,5	9,0	0,7	6,30	0,0018

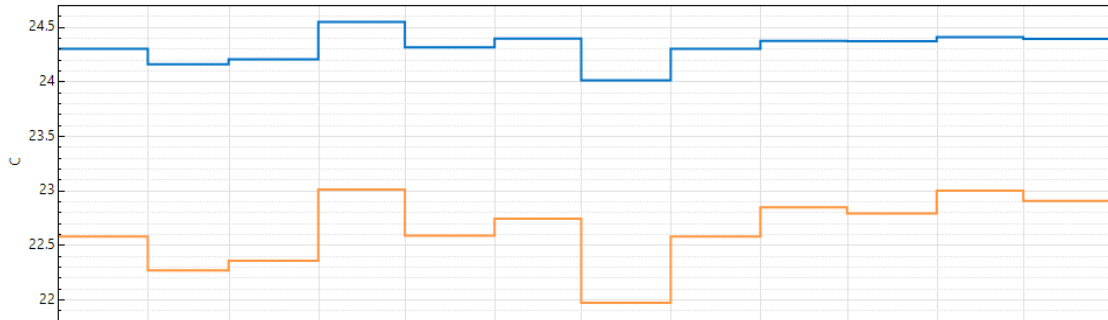
Elaborado por: Ocampo y Pin (2025)

Como no contamos con ventilación mecánica, nuestro ACH (Renovación de Aire por hora) total será igual que el ACH por infiltración. Se realizaron simulaciones energéticas para un horizonte temporal de un año, con resolución horaria, a fin de obtener resultados representativos de las variaciones diarias y estacionales. De dichas simulaciones se extrajeron los siguientes indicadores:

Temperaturas Interiores Promedio

Para todas las curvas que presentaremos debemos saber que el aislamiento reduce el flujo de calor entre el exterior y el interior, como resultado, la temperatura interior fluctúa menos durante el día y la noche. Para cumplir rangos de confort térmico utilizaremos de 22 a 26°C para la mayoría de los espacios y de 20 a 23°C para dormitorios señalados.

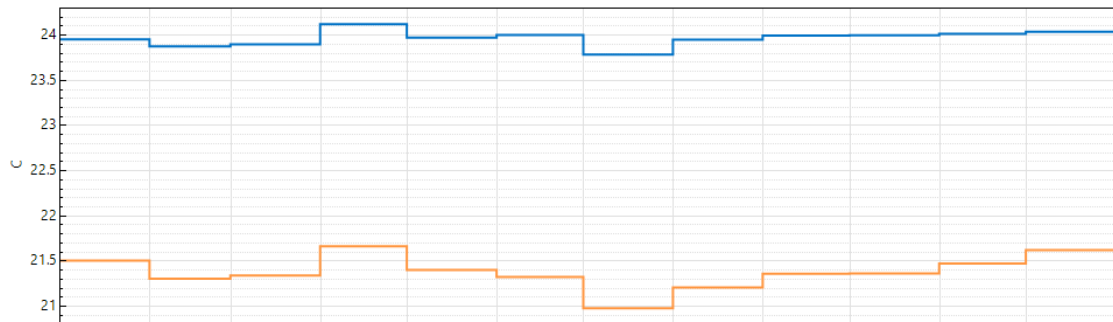
Figura 23: Planta Baja – Sin Aislamiento



Elaborado por: Ocampo y Pin (2025)

- ✓ Área Social Pb (38.1 m²)
- ✓ Dormitorio 4 (10.8 m²)

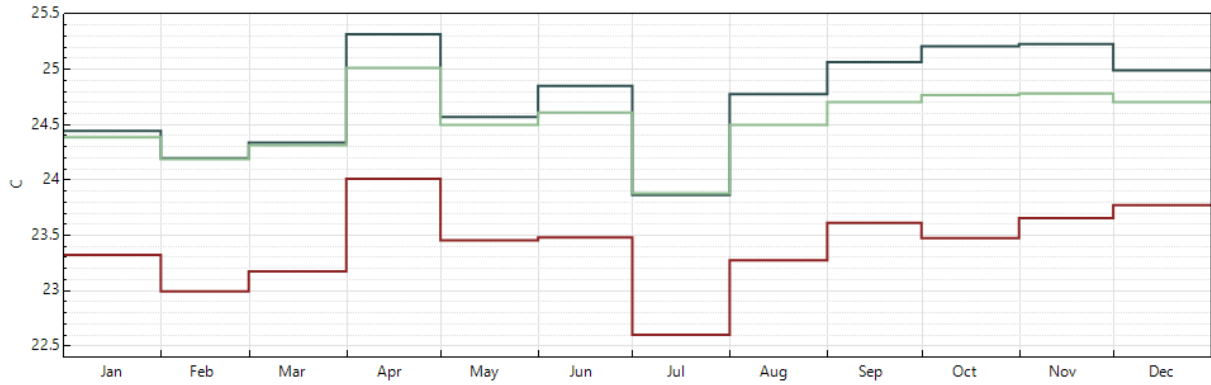
Figura 24: Planta Baja - Con Aislamiento



Elaborado por: Ocampo y Pin (2025)

El área social al ser un espacio más grande tiene más masa térmica y como cuenta con buena ventilación, la temperatura se mantiene más estable. Una temperatura de 24.5 a 24°C es cómoda según estándares de confort térmico. Por otro lado, el dormitorio cuenta con una temperatura que ronda entre los 22 a 23°C, al ser un espacio más pequeño tiende a enfriarse y calentarse más rápido cumpliendo su confort. En una pared sin aislamiento, la temperatura interior baja y sube rápidamente según el calor que recibe la pared, por eso se observan curvas muy pronunciadas para los casos con mampostería convencional. Con aislamiento, ese intercambio es más lento logrando un ambiente más estable.

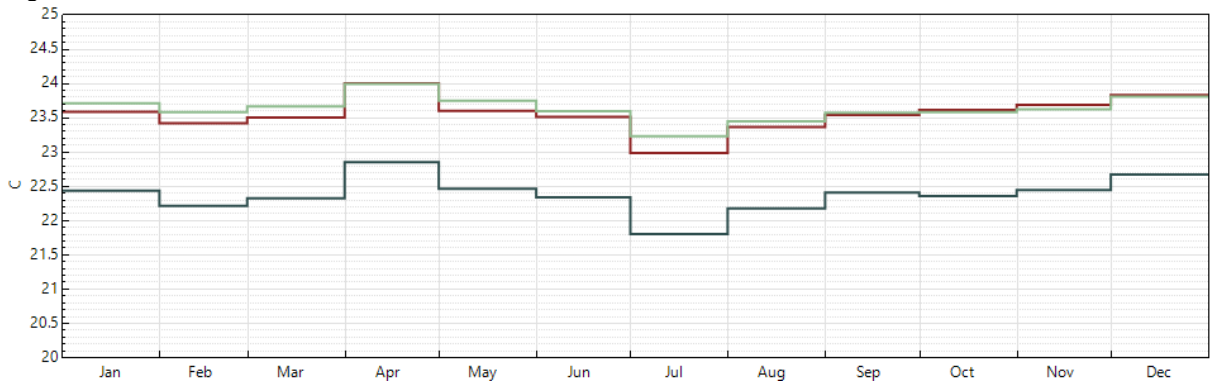
Figura 25: Baño - Sin aislamiento



Elaborado por: Ocampo y Pin (2025)

- ✓ Baño de servicio (1.5 m2)
- ✓ Baño de planta baja (2.2 m2)
- ✓ Baño de dormitorio 4 (3 m2)

Figura 26: Baño - Con Aislamiento

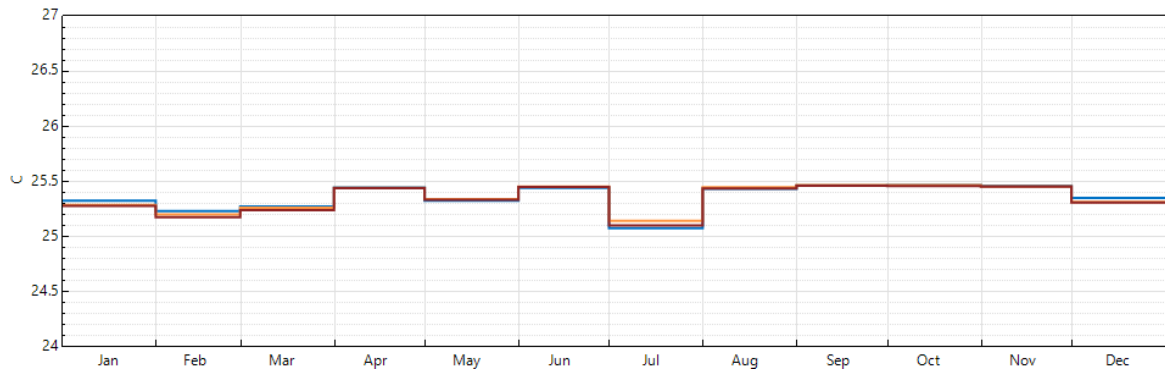


Elaborado por: Ocampo y Pin (2025)

- ✓ Baño de servicio (1.5 m2)
- ✓ Baño de planta baja (2.2 m2)
- ✓ Baño de dormitorio 4 (3 m2)

Ambos baños (Servicio y Planta Baja) oscilan entre los 24 a 25.5 °C un poco más alto que el baño de dormitorio 4 porque al ser espacios reducidos, se calientan o enfrían con facilidad. El baño del dormitorio 4 se encuentra en un rango de 22.5 a 24°C, más bajo que el resto de los baños por ser más espacioso y con mayor volumen de aire. Ambos resultados entran en el rango adecuado.

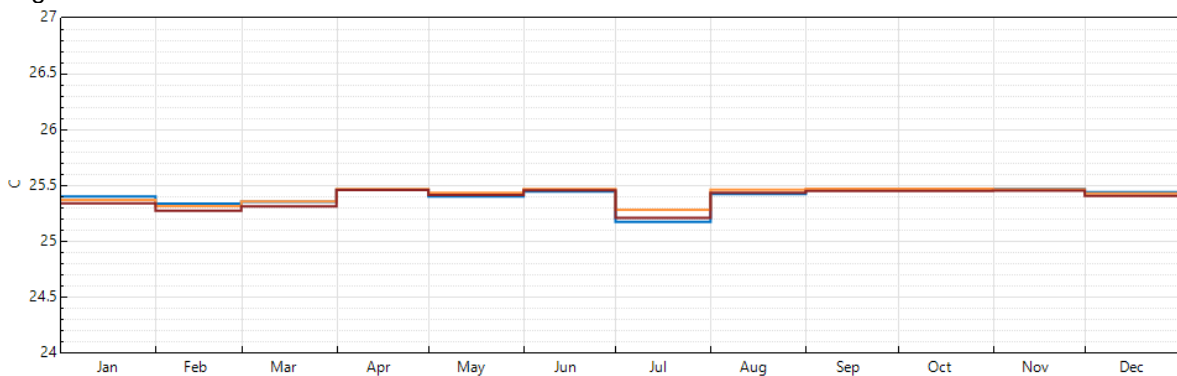
Figura 27: Dormitorio - Planta Alta Sin aislamiento



Elaborado por: Ocampo y Pin (2025)

- ✓ Dormitorio 1 (10.8 m²)
- ✓ Dormitorio 2 (10.8 m²)
- ✓ Dormitorio Máster (15.5 m²)

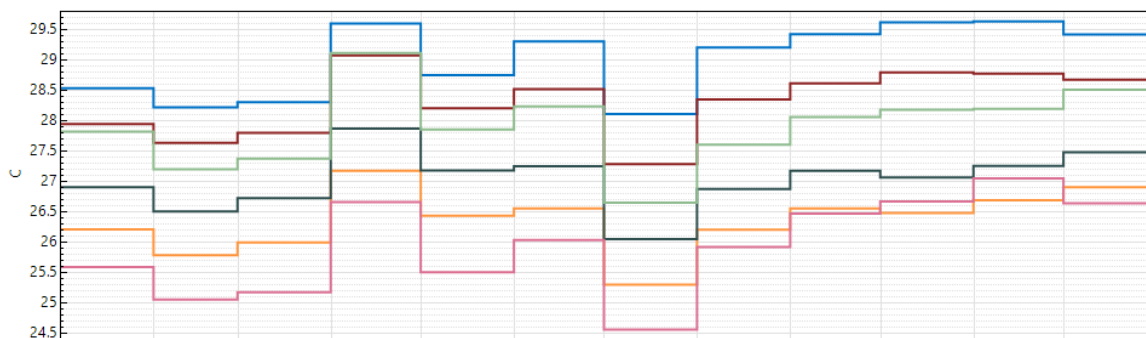
Figura 28: Dormitorio - Con aislamiento



Elaborado por: Ocampo y Pin (2025)

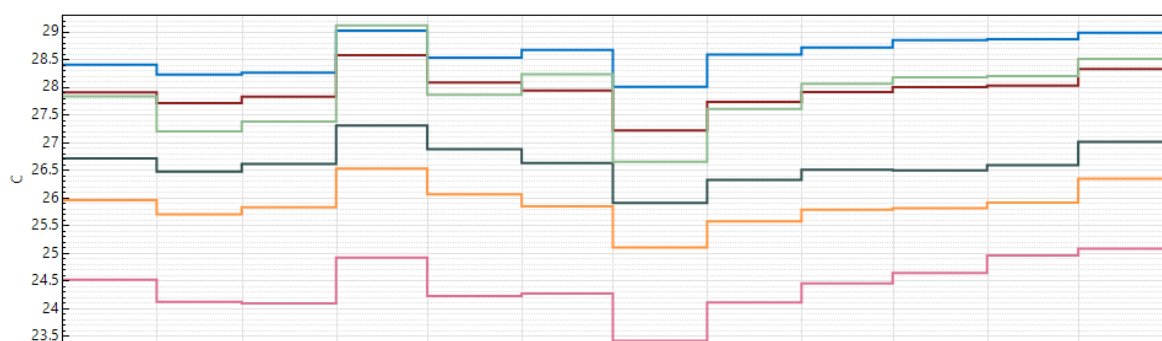
En los dormitorios, tanto como con y sin aislamiento, la temperatura interior se mantiene estable entre 25 y 25.5°C. Esto se debe principalmente a la presencia de climatización, independientemente del nivel de aislamiento. El efecto del aislamiento se refleja más en la reducción de la carga energética del sistema de climatización que en la variación de la temperatura interior. Además, el menor tamaño de los dormitorios, su menor exposición solar y el horario de uso contribuyen a que la diferencia térmica entre ambos escenarios sea mínima.

Figura 29: Área Social Piso 1, Balcón y Escaleras - Sin aislamiento



Elaborado por: Ocampo y Pin (2025)

Figura 30: Área Social Piso 1, Balcón y Escaleras - Con aislamiento

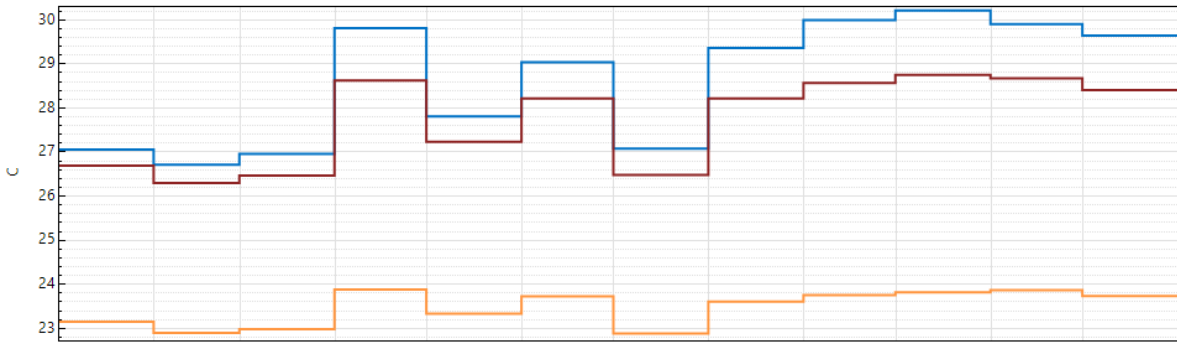


Elaborado por: Ocampo y Pin (2025)

Datos que destacar, el área social piso 1 cuenta con la temperatura más alta de la tabla (entre 28 a 29.5°C) por no contar con sistema de climatización y tener un flujo alto de personas. Mientras que la temperatura más baja es para las Escaleras (entre 24.5 a 27°C) que funciona como un conector vertical abierto entre planta baja y planta alta. Al no estar climatizada, la escalera refleja la influencia térmica de los espacios contiguos.

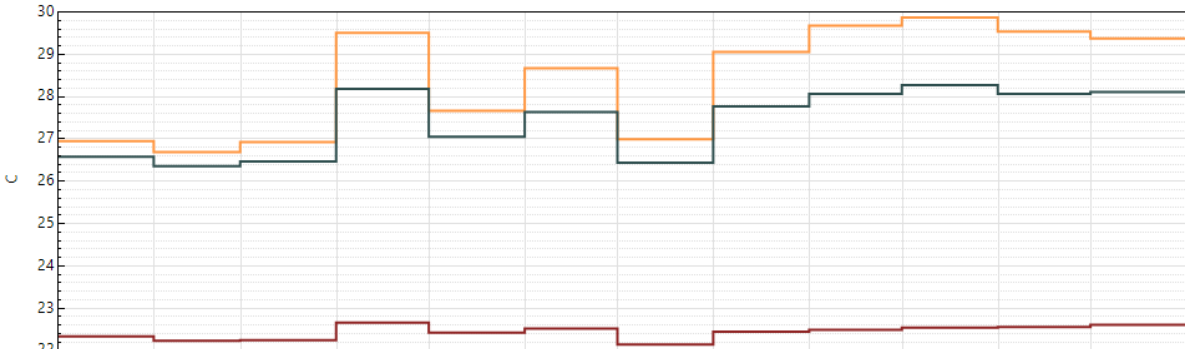
El balcón presenta temperaturas entre 26.5 y 29°C debido a su condición de espacio semiabierto. La exposición a la radiación solar directa y la acumulación térmica de los materiales provocan temperaturas más elevadas en el día, mientras que, en condiciones de sombra y ventilación, la temperatura desciende.

Figura 31: Cubierta y Tumbados - Sin Aislamiento



Elaborado por: Ocampo y Pin (2025)

Figura 32: Cubierta y Tumbados - Con Aislamiento



Elaborado por: Ocampo y Pin (2025)

Cargas de Calefacción y Refrigeración (kWh/año)

En el resultado de la Simulación Base, las temperaturas mensuales promedio oscilan entre 76.1 y 81.2 °F (24.5 y 27.3 °C)

Tabla 22: Cargas de Calefacción y Refrigeración

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Average Outdoor Air Dry Bulb (F)	80.7	80.0	80.7	81.2	80.7	77.7	76.6	76.1	76.9	76.6	77.2	80.1
Cooling Load (MBtu)	2.64	2.13	2.49	3.43	2.89	3.16	2.34	3.13	3.2	3.27	3.23	3.14
Heating Load (MBtu)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Elaborado por: Ocampo y Pin (2025)

Indicando un clima cálido durante todo el año, sin estaciones frías significativas. Mes con mayor carga es Abril con 3.43 Mbtu (1005.2 kWh). En climas cálidos como Guayaquil, una vivienda unifamiliar de 100 a 120m2, podría tener un consumo mensual de aire acondicionado que ronde entre 500 a 1500 Kwh, así que está dentro del rango. Mes con menor carga es Febrero con 2.13

Mbtu (624.3 kWh). En el resultado de la Simulación con Sistema de Aislamiento Térmico, las temperaturas mensuales promedio oscilan en el mismo rango.

Tabla 23: Simulación de Aislamiento Mensual

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Average Outdoor Air Dry Bulb (F)	80.7	80.0	80.7	81.2	80.7	77.7	76.6	76.1	76.9	76.6	77.2	80.1
Cooling Load (MBtu)	2.09	1.74	1.98	2.42	2.19	2.17	1.77	2.16	2.16	2.22	2.16	2.22
Heating Load (MBtu)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Elaborado por: Ocampo y Pin (2025)

El consumo por aire acondicionado disminuyó, variando un consumo entre 1.74 y 2.42 Mbtu (510 y 708 kWh) al mes. Indicando un clima cálido durante todo el año, sin estaciones frías significativas.

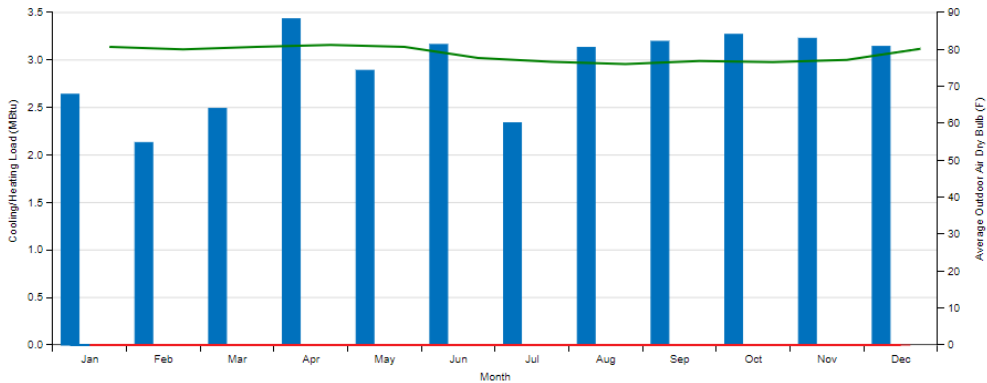
- ✓ Mes con mayor carga es Abril con 2.42 Mbtu (708 kWh)
- ✓ Mes con menor carga es Febrero con 1.74 Mbtu (510 kWh)

Todos los meses tiene 0Mbtu en carga de calefacción, lo que indica que no se necesita calefacción en ninguna época de año. Esto es consistente con la ubicación en clima tropical.

Consumo Energético Total Destinado a Climatización

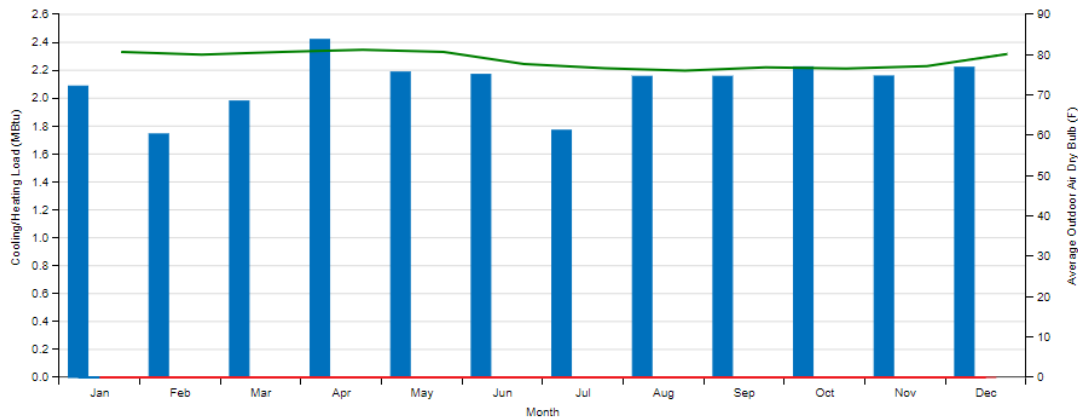
Como ya lo indicamos, la casa no necesita consumo por calefacción, así que el consumo energético total de climatización será el total por aire acondicionado.

Figura 33: Consumo Energético



Elaborado por: Ocampo y Pin (2025)

Figura 34: Consumo Energético



Elaborado por: Ocampo y Pin (2025)

Obteniendo un consumo anual requerido por refrigeración de 35.05 Mbtu (10,271kWh/año) para el diseño base y 25.27 Mbtu (7,402kWh/año) para el diseño con aislamiento. Entrando en el rango promedio de viviendas unifamiliares en Ecuador con un valor entre 3,000 a 12,000 kWh/año.

Análisis económico basado en datos cuantitativos

- ✓ Consumo anual de la vivienda convencional: 19,073 kWh/año
- ✓ Consumo anual de la vivienda con aislamiento: 16,195 kWh/año

Ahorro energético anual:

$$\begin{aligned}
 \text{Ahorro} &= E_{\text{conv}} - E_{\text{aisl}} \text{ (kWh/año)} \\
 \text{Ahorro} &= 19,073 - 16,195 \text{ (kWh/año)} \\
 \text{Ahorro} &= 2,878 \text{ kWh/año}
 \end{aligned}$$

Tarifa eléctrica: 0.17 USD/kWh

Ahorro Económico Anual

$$\begin{aligned}
 \text{Ahorro economico anual} &= \text{Ahorro (kWh/año)} * \text{Tarifa (USD/kWh)} \\
 \text{Ahorro economico anual} &= 2,878 \text{ kWh/año} * 0.17 \text{ USD/kWh} \\
 \text{Ahorro economico anual} &= 489.26 \text{ USD}
 \end{aligned}$$

Proyección a 10 – 20 años

Es una proyección con un ahorro constante cada año sin degradación ni escalación.

- ✓ Ahorro en 10 años:

$$\text{Ahorro total} = \text{Ahorro economico anual} * 10$$

$$\text{Ahorro total} = 489.26 \text{ USD} * 10$$

$$\text{Ahorro total} = 4,892.6 \text{ USD}$$

- ✓ Ahorro en 20 años:

$$\text{Ahorro total} = \text{Ahorro economico anual} * 20$$

$$\text{Ahorro total} = 489.26 \text{ USD} * 20$$

$$\text{Ahorro total} = 9,785.2 \text{ USD}$$

Comparación con Inversión

Es la diferencia de costo inicial entre ambos sistemas

$$\text{Inversion Adicional} = (\text{Costo panel} - \text{Costo convencional}) * \text{Area}$$

$$\text{Inversion Adicional} = (29.4 - 10.5) * 186$$

$$\text{Inversion Adicional} = 3,507.96 \text{ USD}$$

Payback

$$\text{Payback} = \frac{\text{Inversion Adicional}}{\text{Ahorro Economico Anual}}$$

$$\text{Payback} = \frac{3507.96}{489.26}$$

$$\text{Payback} = 7.2 \text{ años}$$

ROI Anual Aproximado

$$\text{ROI (\%)} = \frac{\text{Ahorro Anual}}{\text{Inversion Adicional}} * 100$$

$$\text{ROI (\%)} = \frac{489.26}{3,507.96} * 100$$

$$ROI (\%) = 14 \%$$

Cada año se recuperará el 14% de la inversión adicional

ROI 10 años

$$ROI (\%) = \frac{4,899.6}{3,507.96} * 100$$

$$ROI (\%) = 140 \%$$

COMPARATIVA

Tabla 24: Valores por Sistema y Comparativa

Concepto / Métrica	Sistema convencional	Sistema con panel aislante	Diferencia (Panel – Conv.)	Comentario
Precio unitario (USD/m ²)	10,5	29,4	18,9	El sistema con aislamiento es mas caro que el sistema convencional, este incremento refleja la inversion adicional necesaria incorporar el aislamiento y sus componentes. Se utilizó la misma area para ambos sistemas.
Área considerada (m ²)	186	186	—	
Costo total (USD)	1.953,00	5.468,40	3515,4	
Diferencia porcentual vs conv.	—	180%	—	Esta diferencia porcentual resalta la necesidad de considerar el retorno de la inversion y los ahorros energeticos a largo plazo.
Valor R (m ² ·K/W)	1,57	15,88	14,31	El sistema con aislamiento aumenta significativamente la resistencia termica, pasando de 1.57 a 15.88 (dentro del rango de la NEC) presentando una mejora. El costo por unidad del material especifico es menor, lo que indica que, aunque el panel mejora mucho el desempeño termico, su costo unitario es menor , pero la inversion total aumenta.
Costo por unidad R (USD / (m ² ·K/W))	6,69	1,85	-4,84	
Consumo anual (kWh/año)	19.073	16.195	2.878	El sistema con aislamiento reduce el consumo en un 15%
Ahorro energético anual (kWh/año)	—	—	2.878	
Ahorro económico anual (USD/año)	—	—	489.26	
Inversión adicional (USD)	—	—	3515,4	Se explica por el ahorro energetico del 15% y mayor confort termico, lo que permite recuperar el costo inicial a largo plazo
Payback simple (años)	—	—	7,2	Se necesitan 7 años con 2 meses para recuperar la inversion adicional. Despues de este periodo, los ahorros en consumo de energía se traducen directamente en beneficio economico.
ROI anual (%)	—	—	14%	Cada año la inversion adicional genera un 14% del monto invertido.
Costo por kWh-año ahorrado (USD/kWh-año)	—	—	1,22	Indica que por cada unidad de energía eléctrica que se deja de consumir gracias al aislamiento, se invirtieron \$1.22.
Ahorro acumulado 10 años (USD)	—	—	4.892,60	En 10 años se recupera la inversion adicional y se obtiene un beneficio neto aproximado de 1377.2 USD.
Ahorro acumulado 20 años (USD)	—	—	9.785,20	

Elaborado por: Ocampo y Pin (2025)

Resultados de Estudio Financiero

En cuanto al estudio financiero del proyecto, se estableció que el costo total es de \$5,468.40 de muro perimetral exterior (\$29.36 por metro cuadrado). Esta cifra abarca tanto los gastos directos como los indirectos relacionados con la ejecución, incluyendo mano de obra, materiales, herramientas y equipos. Los datos recogidos muestran que la mayor parte del gasto se destina a los materiales de construcción, representando el 74% del total por metro cuadrado. Por otro lado, los costos menos significativos corresponden a la mano de obra, que tiene un valor de \$7.31 por metro cuadrado y representa el 25%.

Estos hallazgos permiten identificar claramente las áreas que requieren mayor inversión, lo que se convierte en un insumo esencial para analizar la viabilidad financiera del proyecto.

Resultados del Costo – Beneficio

El estudio sobre el aspecto económico y energético realizado permitió identificar una conexión evidente entre los gastos iniciales y las ganancias obtenidas durante la duración del proyecto. El consumo de energía por año de la casa sin ningún tipo de aislamiento llegó a 19,073 kWh, mientras que, al añadir el sistema de aislamiento, este consumo bajó a 16,195 kWh, lo que conlleva un ahorro energético anual de 2,878 kWh (15%).

Este ahorro se convierte en una reducción del gasto energético anual de cerca de \$489.26, lo que muestra un resultado favorable en comparación con la inversión adicional necesaria para implementar el sistema, que es de \$3,515.40. A partir de estos datos, se determinó un tiempo de recuperación de la inversión Payback de 7 años y 2 meses, lo que demuestra la factibilidad económica de la propuesta.

El rendimiento anual de la inversión fue del 14%, lo que valida la viabilidad del sistema en el mediano y largo plazo. Por último, la evaluación estimada para períodos de 10 y 20 años indica un ahorro total de \$4,892.60 y \$9,785.20, respectivamente, reafirmando que el sistema de aislamiento es no solo efectivo en términos de energía, sino también sostenible y económicamente beneficioso.

Tabla 25: Temperaturas Interiores Promedio

Zona	Area (m2)	Altura (m)	Volumen (m3)	Temperatura (°C)		Temperatura Promedio (°C)		Diferencia Absoluta ΔT (°C)	Diferencia Porcentual (%)
				Muro Convencional	Muro con Aislamiento	Muro Convencional	Muro con Aislamiento		
Dormitorio 1	10,8	2,5	27,0	25 a 25,5	25 a 25,5	25,3	25,3	0	0
Dormitorio 2	10,8	2,5	27,0	25 a 25,5	25 a 25,5	25,3	25,3	0	0
Dormitorio 4	10,8	2,5	27,0	22 a 23	21 a 21,5	22,5	21,3	1,2	5
Baño Dormitorio 1	3	2,5	7,5	26 a 28	26 a 27	27	26,5	0,5	2
Baño Dormitorio 2	3	2,5	7,5	25,5 a 27	25 a 26,5	26,3	25,8	0,5	2
Baño Dormitorio 4	3	2,5	7,5	22,5 a 24	22 a 23	23,3	22,5	0,8	3
Baño de Servicio	1,5	2,5	3,8	24 a 25,5	23 a 24	24,8	23,5	1,3	5
Baño Planta Baja	2,2	2,5	5,5	24 a 25	23,5 a 24	24,5	23,8	0,7	3
Área Social Planta Baja	38,1	2,5	95,3	24 a 24,5	24	24,3	24	0,3	1
Área Social Piso 1	11,5	2,5	28,8	28 a 29,5	28 a 29	28,8	28,5	0,3	1
Baño Dormitorio Master	4,4	2,5	11,0	27,5 a 29	27 a 28,5	28,3	27,8	0,5	2
Dormitorio Master	15,5	2,5	38,8	25 a 25,5	25,5	25,3	25,5	0,2	1
Balcón	3,6	2,5	9,0	26,5 a 29	26,5 a 29	27,8	27,8	0	0
Escalera	5,6	5,45	30,5	24,5 a 27	23,5 a 25	25,8	24,3	1,5	6

Elaborado por: Ocampo y Pin (2025)

Resultados de Temperaturas Interiores

En el total de las áreas evaluadas, las variaciones en la temperatura media entre el muro convencional y el muro aislante fluctuaron de 0 a 1.5 °C, representando un cambio porcentual del 0% al 6%. Este hallazgo demuestra que el aislamiento no afecta de manera homogénea a todos los rincones de la casa. En algunas zonas, como los dormitorios con poca exposición a la luz solar o con menor carga de calor, la diferencia es casi inexistente (0%), lo que indica que el muro convencional ya ofrece condiciones razonables de estabilidad térmica.

Por otro lado, en aquellas áreas más expuestas o con mayores pérdidas de calor, la adición del panel aislante logró bajar la temperatura hasta 1.5°C, mostrando un rendimiento térmico superior y un aumento en la comodidad de los residentes.

Conjuntamente, estos datos refuerzan que la efectividad de los paneles aislantes se relaciona estrechamente con el grado de exposición de cada área al clima exterior. Su impacto se nota más en las zonas críticas, donde se observan las mayores variaciones térmicas, mientras que, en las áreas con menor impacto climático, los resultados son limitados. Esta variabilidad subraya la necesidad de diseñar e implementar estrategias de aislamiento diferentes según la orientación, función y condiciones particulares de cada sección dentro de la casa, con el objetivo de maximizar la relación entre inversión y ahorro energético.

CONCLUSIONES

El estudio comparativo entre la construcción de viviendas tradicionales y las viviendas con paneles de aislamiento resultó que el uso de esta última opción es una alternativa tanto técnica como económica que resulta adecuada para el clima de Guayaquil. Aunque inicialmente requiere una mayor inversión, los resultados indican que los paneles de aislamiento mejoran significativamente el confort térmico, disminuyen la necesidad de climatización y proporcionan ahorros energéticos considerables a mediano y largo plazo, lo que acelera el retorno de la inversión. Además, su uso ayuda a reducir la dependencia de sistemas de refrigeración artificial y a mitigar el impacto ambiental causado por el uso de electricidad.

Asimismo, la investigación demuestra que la utilización de paneles aislantes en la envoltura de casas unifamiliares no solo promueve la sostenibilidad energética, sino que también mejora la calidad de vida de los habitantes al ofrecer espacios más confortables y eficientes. En este contexto, se establece que construir con un enfoque en la eficiencia térmica y energética no debería verse solo como un gasto extra, sino como una inversión inteligente que brinda ventajas económicas, sociales y ambientales durante todo el ciclo de vida del edificio.

RECOMENDACIONES

- Fomentar la utilización de paneles aislantes en proyectos de vivienda de interés social y privado, resaltando sus ventajas a largo plazo en cuanto a ahorro energético y confort térmico.
- Instruir a los profesionales del sector de la construcción (ingenieros, arquitectos y supervisores de obra) acerca de la implementación de sistemas de aislamiento térmico, con el objetivo de asegurar una instalación adecuada y optimizar su rendimiento.
- Impulsar regulaciones y políticas públicas locales que promuevan la utilización de materiales aislantes en viviendas ubicadas en áreas cálido-húmedas como Guayaquil, a través de incentivos fiscales o programas de subsidio.
- Llevar a cabo campañas de sensibilización que se dirijan a la población, enfatizando que el gasto en sistemas de aislamiento térmico no solo disminuye el consumo eléctrico, sino que también favorece la salud y el bienestar en los hogares.
- Realizar estudios futuros que profundicen en las propiedades térmicas de los diversos materiales aislantes disponibles en el mercado ecuatoriano, analizando su relación costo-eficiencia en distintas tipologías de construcción y regiones climáticas del país.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acepla. (16 de Sep de 2024). *Acepla*. Obtenido de Materiales para construcción de muros térmicos: <https://www.acepla.com/blog/materiales-para-construccion-de-muros-termicos.php>
- Aceros Torices. (24 de Ago de 2024). *Aceros Torices*. Obtenido de Sistema Constructivo: Definición Completa y Tipos que Existen en la Actualidad: <https://acerostorices.com/blog/sistema-constructivo-definicion-completa-y-tipos/#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20un%20sistema%20constructivo,edificaci%C3%B3n%20segura%2C%20funcional%20y%20duradera.>
- Aislante Térmico. (07 de Oct de 2024). *W-Stop Recubrimientos* . Obtenido de ¿Cuál es el ahorro anual en costo energético al usar un aislante térmico?: <https://www.wstop.mx/cual-es-el-ahorro-anual-en-costos-energetico-al-usar-un-aislante-termico/>
- Arteaga Briones. (2018). *Estas son las nuevas viviendas entregadas en Ceibo*. Revista de Manabí. Recuperado el 12 de Febrero de 2024, de <https://revistademanabi.com/2018/04/17/estas-son-las-nuevas-viviendas-entregadas-en-ceibo-renacer/>.
- Asturmex. (01 de Sep de 2020). *Asturmex*. Obtenido de Aislantes térmicos, qué son y para qué sirven: <https://puertasasturmex.com/blog/aislantes-termicos-que-son-y-para-que-sirven/#:~:text=Tipos%20de%20aislantes%20t%C3%A9rmicos,ser%20fibrosas%2C%20celulares%20o%20granulares.>
- BIEE. (2018). *Base de Informacion de Eficiencia Energetica*. Quito.
- Camarillo Miriam. (2022). *ANÁLISIS DE MATERIALES AISLANTES TÉRMICOS, APLICADOS EN VIVIENDAS*. Tijuana, B. C., México: Universidad Autónoma de Baja California.
- Camarillo Ramirez, M. G. (2020). *ANÁLISIS DE MATERIALES AISLANTES TÉRMICOS, APLICADOS EN VIVIENDAS CONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE TIJUANA, BAJA CALIFORNIA*. Tijuana.

- Cano Marta. (2021). *Aislantes térmicos. Criterios de selección por requisitos energéticos*. Madrid, España: Universidad Politécnica de Madrid. Recuperado el 13 de Junio de 2017
- Civil Engineering Portal. (01 de Sep de 2025). *Civil Engineering Portal*. Obtenido de Aislamiento térmico de edificios: principios, tipos y materiales: <https://www.engineeringcivil.com/thermal-insulation-of-buildings-principles-types-and-materials.html#:~:text=Principios%20del%20aislamiento%20t%C3%A9rmico:,los%20principios%20del%20aislamiento%20t%C3%A9rmico.>
- CMYK. (05 de Mar de 2025). *CMYK*. Obtenido de ¿Qué son los sistemas constructivos y como tenerlos en cuenta a la hora de construir una casa unifamiliar?: <https://cmyk-arq.es/que-son-los-sistemas-constructivos-y-como-tenerlos-en-cuenta-a-la-hora-de-construir-una-casa-unifamiliar/>
- CODIGO ORGANICO DE ORGANIZACION. (16 de Ene de 2015). *CODIGO ORGANICO DE ORGANIZACION*. Obtenido de CODIGO ORGANICO DE ORGANIZACION
- Consejo Mundial de la Energia . (2010). *Eficiencia Energetica: Una Receta para el Exito* . Londres.
- CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR. (25 de Ene de 2021). *CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR*. Obtenido de https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/02/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador_act_ene-2021.pdf
- CUPAPIZARRAS. (16 de Enero de 2024). *Qué es una fachada ventilada y cuáles son sus ventajas*. Obtenido de <https://www.cupapizarras.com/es/actualidad/fachada-ventilada-funcionamiento-ventajas/#:~:text=El%20sistema%20de%20fachada%20ventilada%20se%20compone%20de%20un%20muro,estanca%2C%20que%20permite%20la%20ventilaci%C3%B3n.>
- Esparza. (2020). *Análisis de costo-beneficio de estrategias de climatización pasiva en vivienda social*. (U. d. Colima, Ed.) Mexico: Revista científica vivienda y comunidades sustentables. doi:<https://doi.org/10.32870/rvcs.v2i10.165>

- Espinosa Yilber. (2022). *Materiales Aislantes Alternativos en la Ingeniería Civil*. Neiva - Huila, Colombia: Universidad Cooperativa de Colombia.
- Espinoza. (2020). *Análisis de aislamiento en tres sistemas de muro, como envolvente alternativo para el desarrollo de la vivienda social*. (R. L. Diseño, Ed.) México: Universidad Autónoma de Tamaulipas.
- Espinoza, J. L. (2015). *Eficiencia Energetica y ahorro energia en el Ecuador*. Cuenca.
- Fanosa. (30 de Ene de 2023). *Fanosa Staff*. Obtenido de ¿Cómo medir el rendimiento térmico de una construcción?: <https://www.fanosa.com/blog/como-medir-el-rendimiento-termico-de-una-construccion/>
- FANOSA Staff. (17 de Mayo de 2021). *Materiales aislantes térmicos para las construcciones existentes*. Obtenido de <https://www.fanosa.com/blog/materiales-aislantes-termicos-para-las-construcciones-existentes/>
- Garzón Miroslava. (2020). *Evaluación del comportamiento térmico de dos viviendas rurales en clima cálido húmedo*. Quito, Ecuador: PUCE. doi:<https://repositorio.puce.edu.ec/handle/123456789/13528>
- Grupo Confort Ambiental y Pobreza Energética. (01 de Sep de 2025). *Grupo Confort Ambiental y Pobreza Energética*. Obtenido de Confort Ambiental: http://cope.ubiobio.cl/?page_id=2994#:~:text=El%20confort%20ambienta,l%20se%20refiere,de%20la%20calidad%20del%20aire.
- Grupo Editorial Ceac, S.A. (1995). *Aislamiento Termico y Acustico*. Barcelona.
- Importancia. (01 de Sep de 2025). *Importancia*. Obtenido de Importancia de la temperatura ambiental: <https://www.importancia.cc/temperatura-ambiental/>
- Instituto de Investigación Geológico y Energético. (2019). *Balance Energetico Nacional*.
- Jimenez , G., & varios. (2023). *De la “Quesana” tradicional a un sistema modular de paneles aislantes de Totorá*. Lima.
- LEY ORGÁNICA DE VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL. (25 de Mar de 2022). *LEY ORGÁNICA DE VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL*. Obtenido de <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp->

content/uploads/downloads/2022/07/Ley-Organica-de-Vivienda-de-Interes-Social-y-Publico-1.pdf

- López. (2020). *Estrategias de aislamiento térmico en la arquitectura: Estrategias de aislamiento térmico en la arquitectura*. Universidad Zaragoza. Obtenido de <http://zaguan.unizar.es>
- Lopez Bedoya, H. F. (2023). *Sistema Constructivo como Estrategia de Aislante Térmico*. Tarapoto.
- Lopez Villanueva, A. Y., & varios. (2021). *Uso del corcho como aislante térmico en viviendas prefabricadas*. Ticlio Chico.
- Lopez, A., & varios. (2021). *Uso del corcho como aislante térmico en viviendas prefabricadas*. Lima.
- Lutkevich, B. (22 de Nov de 2022). *TechTarget*. Obtenido de temperatura ambiente:
<https://www.techtarget.com/searchdatacenter/definition/ambient-temperature>
- Masalias Vania. (18 de Marzo de 2022). *La totora, un material sostenible para el aislamiento térmico*. Obtenido de <https://www.archdaily.cl/cl/978484/la-totora-un-material-sostenible-para-el-aislamiento-termico>
- MIDUVI. (2024). *Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda*. Obtenido de <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/>.
- Molina Maya. (2020). *rototipo de vivienda de interés social adaptada de forma pasiva*. Quito, Ecuador: Universidad Central del ecuador.
- Ochoa. (3 de Mayo de 2023). *Ventajas y Desventajas de los Tipos de Aislantes Térmicos*. Obtenido de <https://nutec.com/es/newsroom/articulos/ventajas-desventajas-tipos-aislantes-termicos>
- OLADE. (Sep de 1 de 2018). *Situación del consumo energético a nivel mundial y para América Latina y el Caribe (ALC) y sus perspectivas*. Quito.
- Palomo Marta. (2021). *Variación de temperatura criterios de selección por requisitos energéticos*. (E. T. Madrid, Ed.) Madrid, España: Universidad Politécnica de Madrid. Recuperado el 13 de Junio de 2017
- Pico Torres, C. A. (2024). *Eficiencia energética y elaboración de guía para materiales aislantes térmicos en viviendas urbanas*. Guayaquil.
- Romero. (30 de Julio de 2024). *La totora (Schoenoplectus californicus) como alternativa sostenible en la producción de materiales de construcción*.

evaluación y potencialidades. Cuenca, Ecuador: Universidad de Cuenca.
Recuperado el 30 de Julio de 2024, de
<https://dspace.ucuenca.edu.ec/items/f4f7f86d-8a71-4178-8b1f-c8b9b83246e2>

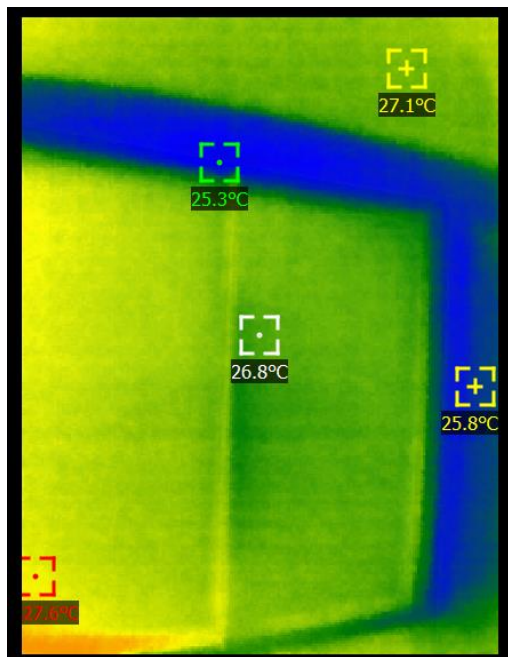
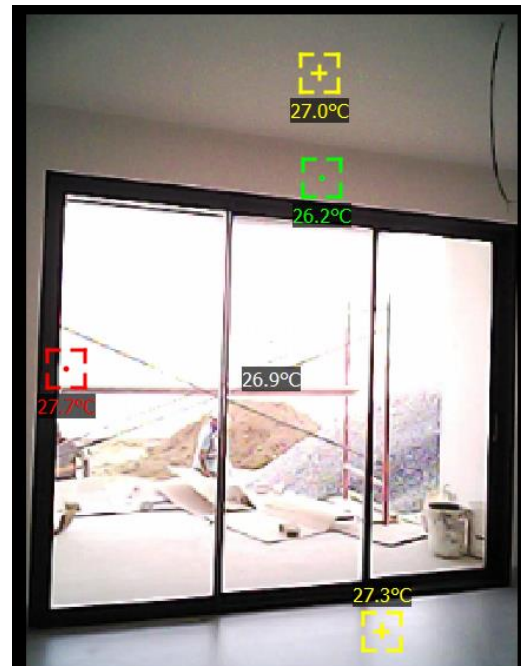
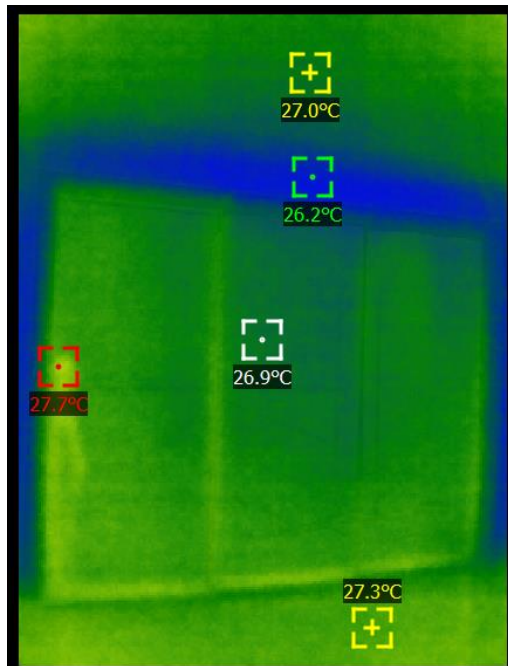
Sahagún Isaac. (2020). *Análisis de materiales aislantes térmicos, aplicados en viviendas construidas en la ciudad de tijuana*. Tijuana, México: Universidad autónoma de baja California .

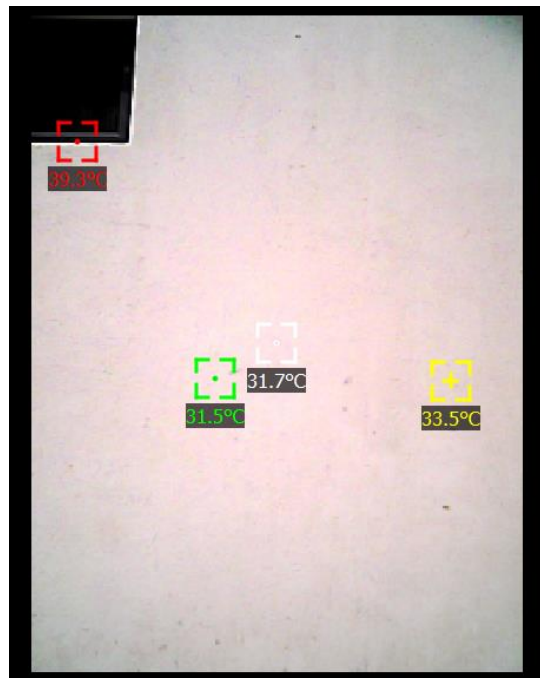
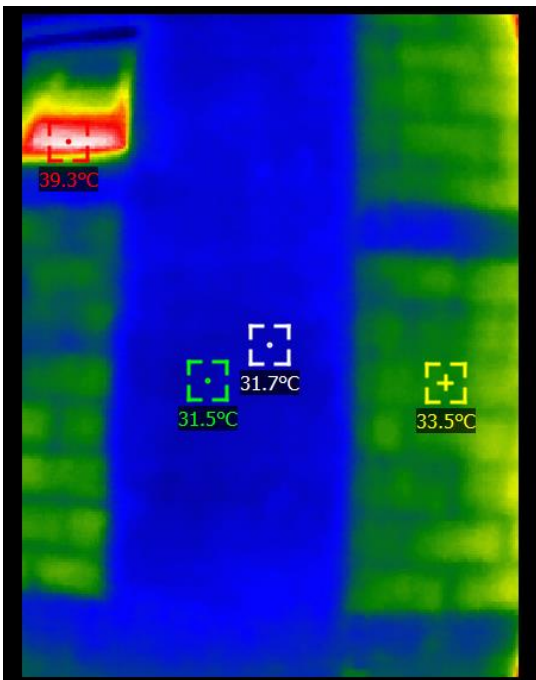
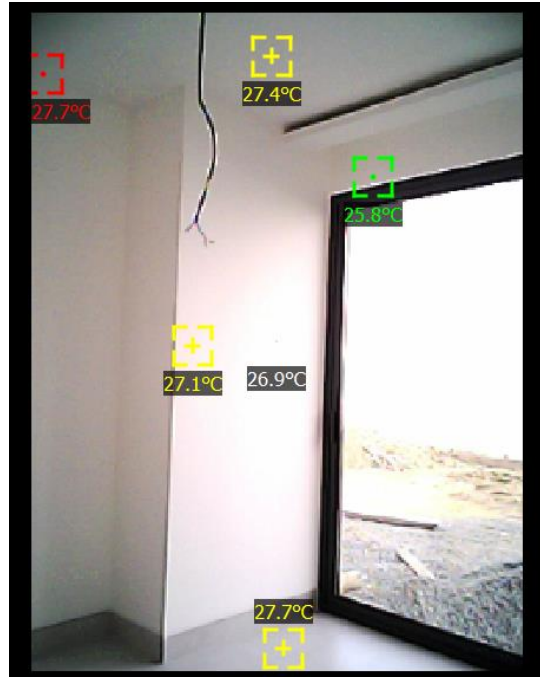
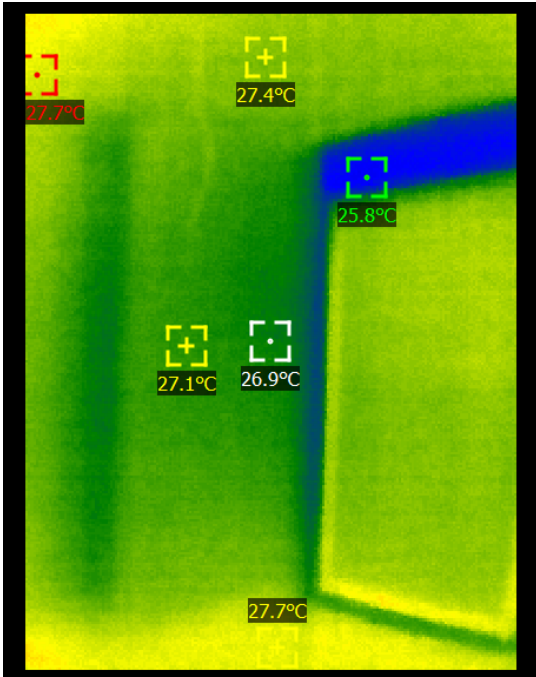
Silva. (2025). *FORMALETAS PARA LA CONSTRUCCIÓN CON SISTEMAS INDUSTRIALIZADOS*. Obtenido de ARGOS 360:
<https://360enconcreto.com/blog/detalle/construccion-con-sistemas-industrializados/>

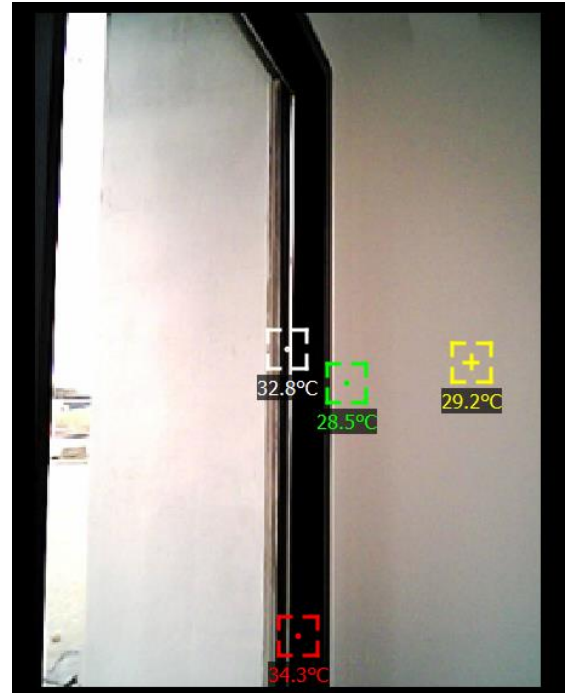
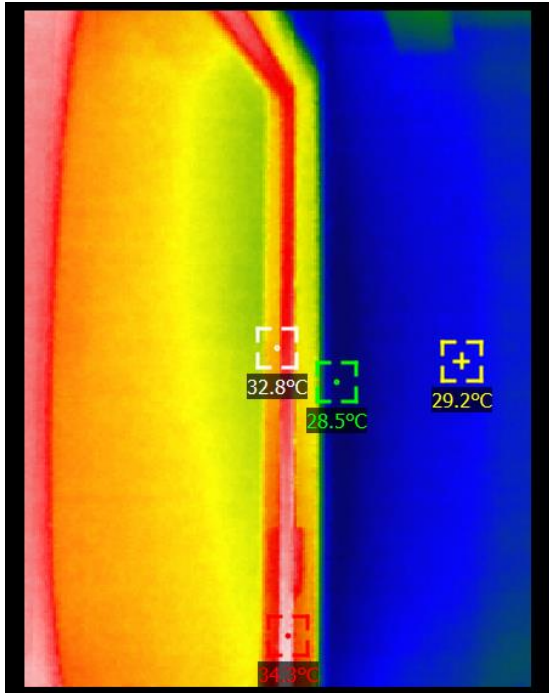
Waltero. (2021). *Formaletas para la construccion con sistemas industrializados*.
Recuperado el 8 de Febrero de 2020

ANEXOS

Anexo 1: Fotos de Cámara de Temperatura de la vivienda







Anexo 2: Planos y Cortes de la Vivienda

