

UCUENCA

Universidad de Cuenca

Facultad de Arquitectura y Urbanismo

Carrera de Arquitectura

Estrategias del estándar energético Net-Zero en una edificación patrimonial en clima ecuatorial andino

Trabajo de titulación previo a la obtención del
título de Arquitecto

Autores:

Johanna Gabriela Abril Orellana

Michelle Sofía Beltrán Almeida

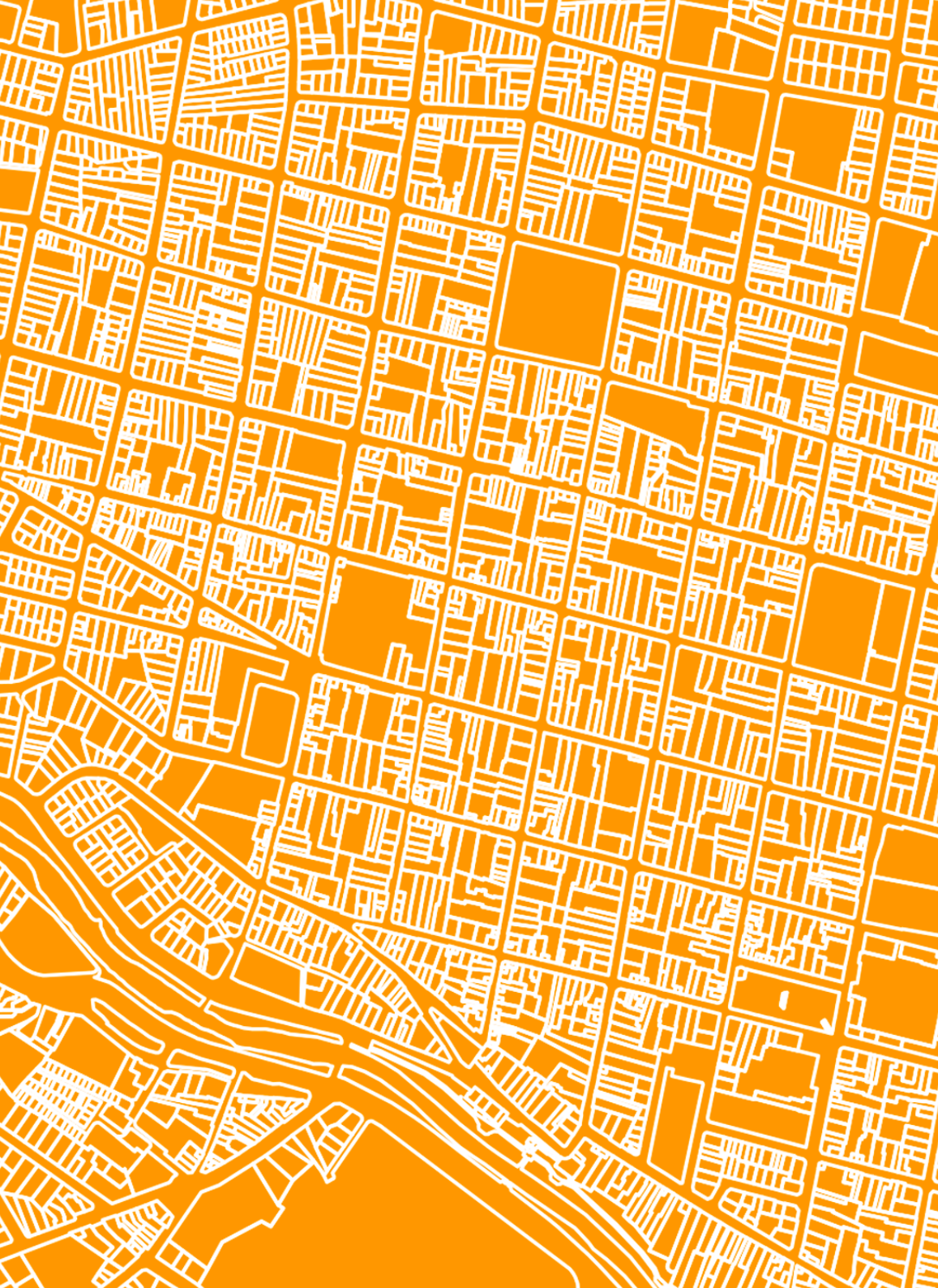
Director:

Esteban Felipe Zalamea León

ORCID:  0000-0001-5551-5026

Cuenca, Ecuador

2024-02-19



Universidad de Cuenca
Facultad de Arquitectura y Urbanismo

**Estrategias del estándar energético Net-Zero en una
edificación patrimonial en clima ecuatorial andino.**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
título de Arquitecto

Autores:

Johanna Gabriela Abril Orellana.

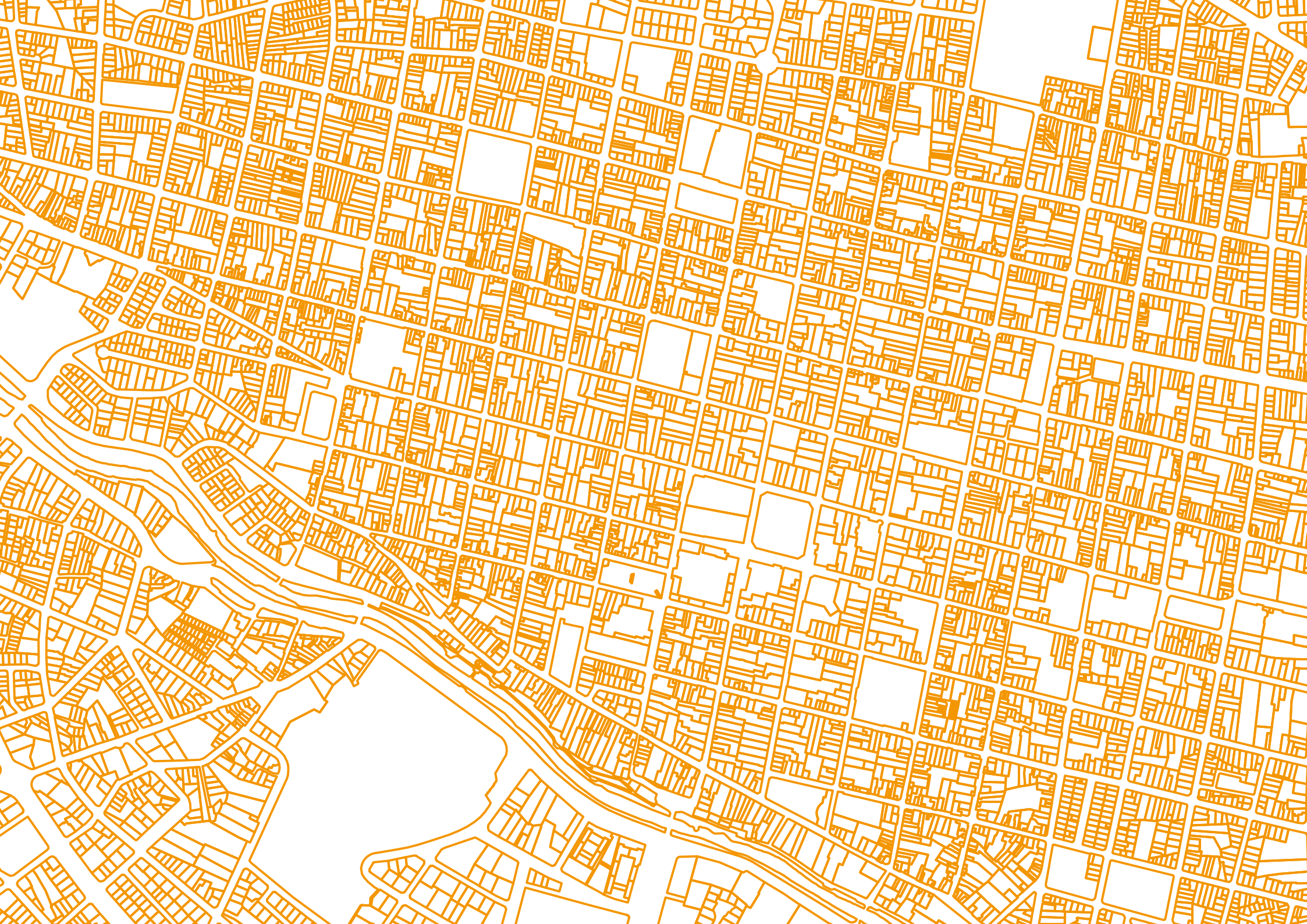
Michelle Sofía Beltrán Almeida.

Director:

Arq .Esteban Felipe Zalamea León.

Cuenca, Ecuador

Febrero, 2024



Resumen

El estándar energético Net-Zero ha surgido como una meta atractiva para propietarios y diseñadores de edificaciones, debido a la creciente preocupación por el impacto ambiental de las construcciones. Sin embargo, su aplicación en edificaciones patrimoniales en clima ecuatorial andino presenta desafíos debido a la necesidad de preservar su integridad histórica y cultural.

Este trabajo se enfocó en el estudio de estrategias pasivas y activas para mejorar el confort térmico y lumínico en un objeto de estudio en Cuenca, Ecuador. Las estrategias pasivas, centradas en áreas de permanencia prolongada, incluyeron la instalación de vidrios cámara, un tubo solar en la cubierta y la corrección de infiltraciones en las carpinterías. Dichas estrategias generaron resultados notables: en la sala, se registró un aumento promedio de temperatura de 1.25°C en días fríos y 0.50°C en días más cálidos, sin afectar la iluminación. En la cocina/comedor, se mejoró la luz natural y se experimentó un aumento de aproximadamente 3°C en la temperatura. En el dormitorio, se solventaron problemas lumínicos, con un aumento de aprox. 150 lux, y se observaron cambios significativos en la temperatura, aumentando alrededor de 4°C.

En las estrategias activas, se plantea la instalación un conjunto de paneles fotovoltaicos en el bloque posterior de la edificación, el cual carece de valor patrimonial. Esta intervención permitirá satisfacer la demanda energética de la vivienda, logrando solventar 2827,47 kW/h de 2967,87 kW/h que tiene la vivienda actualmente, lo que equivale a cubrir el 95% de la necesidad energética actual.

Palabras clave: diseño arquitectónico, eficiencia energética, edificios patrimoniales, arquitectura sostenible, tecnologías verdes



El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Cuenca ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por la propiedad intelectual y los derechos de autor.

Repositorio Institucional: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/>

Abstract

The Net-Zero energy standard has emerged as an attractive goal for building owners and designers, due to growing concern about the environmental impact of buildings. However, its application in heritage buildings in the equatorial Andean climate presents challenges due to the need to preserve its historical and cultural integrity.

This work focused on the study of passive and active strategies to improve thermal and lighting comfort in a study object in Cuenca, Ecuador. Passive strategies, focused on areas of prolonged permanence, included the installation of chamber glass, a solar tube on the roof and the correction of infiltrations in the carpentry. These strategies generated notable results: in the room, an average temperature increase of 1.25°C on cold days and 0.50°C on warmer days was recorded, without affecting the lighting. In the kitchen/dining room, natural light was improved and an increase of approximately 3°C in temperature was experienced. In the bedroom, lighting problems were solved, with an increase of approx. 150 lux, and significant changes in temperature were observed, increasing around 4°C.

In active strategies, the installation of a set of photovoltaic panels is proposed in the rear block of the building, which has no heritage value. This intervention will make it possible to satisfy the energy demand of the home, managing to solve 2827.47 kW/h of the 2967.87 kW/h that the home currently has, which is equivalent to covering 95% of the current energy need.

Keywords: architectural design, energy efficiency, heritage buildings, sustainable architecture, green technologies



The content of this work corresponds to the right of expression of the authors and does not compromise the institutional thinking of the University of Cuenca, nor does it release its responsibility before third parties. The authors assume responsibility for the intellectual property and copyrights.

Institutional Repository: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/>

Índice de contenido

Introducción	15	CAPÍTULO 2: SELECCIÓN Y EVALUACIÓN DEL OBJETO DE ESTUDIO.....	28
Problemática y justificación	16	2.1 Identificación y selección de la edificación patrimonial residencial en clima ecuatorial andino	29
Objetivos	17	2.2 Configuración formal del objeto de estudio	31
• Objetivo general	17	2.3 Análisis de la edificación patrimonial residencial en términos de valor histórico y cultural	32
• Objetivo específico.....	17	2.3.1 Valores identificados	32
CAPÍTULO 1: MARCO CONCEPTUAL	20	2.4 Evaluación energética actual de zonas de permanencia de la edificación patrimonial residencial	33
1.1 Estándar energético y edificaciones patrimoniales.....	20	2.4.1 Metodología	33
1.2 Confort en edificaciones patrimoniales.....	21	2.4.2 Encuesta	33
1.3 Estudios previos: Eficiencia energética y confort en edificaciones patrimoniales.....	22	2.5 Espacios de permanencia	34
1.3.1 Antecedentes en China	22	2.5.1 Descripción de espacios	35
1.3.2 Antecedentes en Cuenca/Ecuador	22	2.5.2 Materialidad	36
1.3.3 Antecedente en Europa	23	2.6 Simulación del estado actual de las zonas de permanencia de la vivienda en Design Builder	38
1.4 Clima ecuatorial andino	23	2.6.1 Parámetros empleados en la simulación	38
1.4.1 Radiación anual en Cuenca/Ecuador	23	2.6.2 Simulación zona de permanencia 1: Sala	40
1.4.2 Temperatura anual en Cuenca/Ecuador	23	2.6.3 Simulación zona de permanencia 2: Cocina - comedor	44
1.4.3 Duración del sol en Cuenca/Ecuador	24	2.6.4 Simulación zona de permanencia 3: Dormitorio principal	48
1.4.4 Precipitación anual en Cuenca/Ecuador	24	2.6.5 Discusión sobre resultados del estado actual de objeto de estudio.....	51
1.5 Aplicación del estándar energético Net Zero en edificaciones patrimoniales.....	25		
1.6 Simulación energética en Design Builder	26		
1.6.1 Antecedentes en Europa	26		
1.6.2 Antecedentes en Ecuador	26		

CAPÍTULO 3 IMPLEMENTACIÓN DE ESTRATEGIAS

ENERGÉTICAS	54
3.1 Identificación de las estrategias activas y pasivas necesarias para alcanzar el estándar energético Net-Zero.....	54
3.1.1 Estrategias pasivas empleadas:	55
3.1.2 Estrategias activas empleadas:	56
3.2 Implementación de estrategias pasivas en objeto de estudio.....	57
3.2.1 Propuesta en zona de permanencia 1: Sala	57
3.2.2 Propuesta en zona de permanencia 2: Cocina/comedor	63
3.2.3 Propuesta en zona de permanencia 3: Dormitorio principal	69
3.3 Implementación de estrategias activas en objeto de estudio	75
3.3.1 Proceso de calculo, para la obtención de numero de paneles fotovoltaicos necesarios.	75
3.4 Discusión y resultados	77
Conclusión	78
Referencias	80
Anexos	82

Índice de figuras

01. Marco Conceptual

Figura 1. Net-Zero en la Arquitectura.....	21
Figura 2. Radiación anual en Cuenca - Ecuador.....	23
Figura 3. Temperatura anual en Cuenca - Ecuador.....	24
Figura 4. Duración del sol en Cuenca - Ecuador.....	24
Figura 5. Precipitación anual en Cuenca - Ecuador.....	25

02. Selección y evaluación del objeto de estudio

Figura 6. Área de estudio seleccionada.....	29
Figura 7. Ilustración del caso estudio seleccionado “Casa Sánchez”.....	29
Figura 8. Usos históricos de la “Casa Sánchez”.....	30
Figura 9. Usos actuales de la “Casa Sánchez”.....	30
Figura 10. Elementos conservados y agregados de la “Casa Sánchez”.....	30
Figura 11. Elevación frontal “Casa Sánchez”	31
Figura 12. Elevación posterior “Casa Sánchez”	31
Figura 13. Elevación lateral derecha “Casa Sánchez”	31
Figura 14. Valores Identificados de la aplicación de la Matriz de Nara de la “Casa Sánchez”.....	32
Figura 15. Fachada frontal de la “Casa Sánchez” ,evidenciando fuentes de luz y ventilación.....	34
Figura 16. Gráfico de barras del consumo eléctrico anual del objeto de estudio.	34
Figura 17. Zonificación espacios de permanencia en planta alta.....	35
Figura 18. Espacio que conforma la sala del objeto de estudio.....	35
Figura 19. Espacio que conforma la cocina - comedor del objeto de estudio....	35
Figura 20. Espacio que conforma el dormitorio principal del objeto de estudio....	36
Figura 21. Material de los pisos de la planta alta, del objeto de estudio.....	36

Figura 22. Material de los muros de la planta alta, del objeto de estudio.....	36	Figura 39. Simulación de temperatura hora mas caliente, zona de permanencia cocina -comedor.....	47
Figura 23. Material de los cielos rasos de la planta alta, del objeto de estudio...	37	Figura 40. Modelo 3D en Design Builder, zona de permanencia dormitorio principal.....	48
Figura 24. Datos climáticos de la Casa Sánchez (Cuenca - Ecuador).....	38	Figura 41. Simulación lumínica en zona de permanencia dormitorio principal...	49
Figura 25. Modelo 3D en Design Builder, zona de permanencia sala.....	40	Figura 42. Simulación de velocidad interior de aire en zona de permanencia dormitorio principal.....	50
Figura 26. Simulación lumínica en zona de permanencia sala.....	42	Figura 43. Simulación de temperatura día mas frío, zona de permanencia dormitorio principal	50
Figura 27. Simulación de velocidad interior de aire en zona de permanencia sala	42	Figura 44. Simulación de temperatura hora mas frío, zona de permanencia dormitorio principal.....	50
Figura 28. Simulación de temperatura día mas frío, zona de permanencia sala.	43	Figura 45 Simulación de temperatura día mas caliente, zona de permanencia dormitorio principal.....	51
Figura 29. Simulación de temperatura hora mas frío, zona de permanencia sala	43	Figura 46. Simulación de temperatura hora mas caliente, zona de permanencia dormitorio principal	51
Figura 30. Simulación de temperatura día mas caliente, zona de permanencia sala.....	43	03. Implementación de estrategias energéticas Net-Zero en objeto de estudio.....	54
Figura 31. Simulación de temperatura hora mas caliente, zona de permanencia sala.....	43	Figura 47. ¿Cómo sellar ventanas?	55
Figura 32. Modelo 3D en Design Builder, zona de permanencia Cocina - comedor.....	44	Figura 48. Vidrios Cámaras Cristales en Cristalería Cerrajería.	55
Figura 33. Simulación lumínica en zona de permanencia cocina comedor, en la hora. mas caliente del día.....	45	Figura 49. Luz natural sin electricidad a través de un tubo solar.....	56
Figura 34. Simulación lumínica en zona de permanencia cocina comedor, en la hora mas caliente del día.....	46	Figura 50. Colectores solares térmicos y fotovoltaicos. Tipología energética.....	57
Figura 35. Simulación de velocidad interior de aire en zona de permanencia cocina - comedor.....	46	Figura 51. Simulación lumínica actual en zona de permanencia sala.....	58
Figura 36. Simulación de temperatura día mas frío, zona de permanencia cocina -comedor.....	47	Figura 52. Simulación lumínica propuesta en zona de permanencia sala	58
Figura 37. Simulación de temperatura hora mas frío, zona de permanencia cocina - comedor.....	47	Figura 53. Simulación lumínica anual actual en zona de permanencia sala.....	59
Figura 38. Simulación de temperatura día mas caliente, zona de permanencia cocina - comedor.....	47	Figura 54. Simulación lumínica anual propuesta en zona de permanencia sala	59
		Figura 55. Simulación de velocidad interior de aire anual actual en zona de permanencia sala	60

Figura 56. Simulación de velocidad interior de aire anual propuesta en zona de permanencia sala	60	Figura 70. Simulación actual (Anexo J) y propuesta (Anexo T) de temperatura hora más caliente en zona de permanencia cocina/comedor	68
Figura 57. Simulación actual (Anexo C) y propuesta (Anexo N) de temperatura día más frío en zona de permanencia sala.....	61	Figura 71. Simulación lumínica actual en zona de permanencia dormitorio principal	70
Figura 58. Simulación actual (Anexo D) y propuesta (Anexo Ñ) de temperatura hora más frío en zona de permanencia sala.	61	Figura 72. Simulación lumínica propuesta en zona de permanencia dormitorio principal	70
Figura 59. Simulación actual (Anexo E) y propuesta (Anexo O) de temperatura día más caliente en zona de permanencia sala.....	62	Figura 73. Simulación lumínica anual actual en zona de permanencia dormitorio principal	71
Figura 60. Simulación actual (Anexo F) y propuesta (Anexo P) de temperatura hora más caliente en zona de permanencia sala.....	62	Figura 74. Simulación lumínica anual propuesta en zona de permanencia dormitorio principal	71
Figura 61. Simulación lumínica actual en zona de permanencia cocina/comedor	64	Figura 75. Simulación de velocidad interior del aire anual actual en zona de permanencia dormitorio principal	72
Figura 62. Simulación lumínica propuesta en zona de permanencia cocina/comedor	64	Figura 76. Simulación de velocidad interior del aire anual propuesta en zona de permanencia dormitorio principal	72
Figura 63. Simulación lumínica anual actual en zona de permanencia cocina/comedor	65	Figura 77. Simulación actual (Anexo K) y propuesta (Anexo23) de temperatura día más frío en zona de permanencia dormitorio principal	73
Figura 64. Simulación lumínica anual propuesta en zona de permanencia cocina/comedor	65	Figura 78. Simulación actual (Anexo L) y propuesta (Anexo V) de temperatura hora más fría en zona de permanencia dormitorio principal.	73
Figura 65. Simulación de velocidad interior de aire actual en zona de permanencia cocina/comedor.....	66	Figura 79. Simulación actual (Anexo LL) y propuesta (Anexo W) de temperatura día más caliente en zona de permanencia dormitorio principal	74
Figura 66. Simulación de velocidad interior del aire anual propuesta en zona de permanencia cocina/comedor	66	Figura 80. Simulación actual (Anexo M) y propuesta (Anexo X) de temperatura hora más caliente en zona de permanencia dormitorio principal	74
Figura 67. Simulación actual (Anexo G) y propuesta (Anexo Q)de temperatura día más frío en zona de permanencia cocina/comedor	67	Figura 81. Producción eléctrica fotovoltaica esperada por m2 en Cuenca, centro (kWh/m2 al año)	75
Figura 68. Simulación actual (Anexo H) y propuesta (Anexo R) de temperatura hora más fría en zona de permanencia cocina/comedor	67	Figura 82. Cálculo de paneles fotovoltaicos necesarios para objeto de estudio	76
Figura 69. Simulación actual (Anexo I) y propuesta (Anexo S) de temperatura día más caliente en zona de permanencia cocina/comedor.	68	Figura 83. Visualización en planta de paneles fotovoltaicos, en objeto de estudio	76
		Figura 84. Fachada posterior de objeto de estudio	76

Índice de tablas

01. Marco Conceptual

<i>Tabla 1. Indicador de niveles de confort según las normas vigentes</i>	22
---	----

02. Selección y evaluación del objeto de estudio

Tabla 2. Carpintería de puertas en planta alta, del objeto de estudio	37
Tabla 3. Carpintería de ventanas en planta alta, del objeto de estudio	38
Tabla 4. Densidad de ocupación de la vivienda.....	39
Tabla 5. Horarios de ocupación de la vivienda	39
Tabla 6. Propiedades de paquetes constructivo	39
Tabla 7. Hermeticidad al aire promedio según materialidad predominante en la envolvente para la edificación habitacional	40
Tabla 8. Parámetros de actividad configurados en el programa Design Builder según la actividad en la zona de permanencia sala	40
Tabla 9. Parámetros de construcción configurados en el programa Design Builder según la construcción en la zona de permanencia sala	41
Tabla 10. Parámetros de actividad configurados en el programa Design Builder según la actividad en la zona de permanencia cocina - comedor	44
Tabla 11. Parámetros de construcción configurados en el programa Design Builder según la construcción en la zona de permanencia cocina - comedor....	44
Tabla 12. Parámetros de actividad configurados en el programa Design Builder según la actividad en la zona de permanencia dormitorio principal	48
Tabla 13. Parámetros de construcción configurados en el programa Design Builder según la construcción en la zona de permanencia dormitorio principal.	48

03. Implementación de estrategias energéticas Net-Zero en objeto de estudio

Tabla 14. Parámetros configurados para la propuesta en el programa Design Builder según la actividad en la zona de permanencia sala	57
Tabla 15. Parámetros configurados para la propuesta en el programa Design Builder según la actividad en la zona de permanencia cocina/comedor	63
Tabla 16. Parámetros configurados para la propuesta en el programa Design Builder según la actividad en la zona de permanencia dormitorio principal	69

Índice de anexos

Anexo A: Matriz de Nara.....	82	Anexo N: Simulación propuesta de temperatura día más frío en zona de permanencia sala.....	90
Anexo B: Planta alta de la “Casa Sanchez” codificada.....	83	Anexo Ñ: Simulación de propuesta de temperatura hora más frío en zona de permanencia sala	90
Anexo C: Simulación actual de temperatura día más frío en zona de permanencia sala	84	Anexo O: Simulación de propuesta de temperatura día más caliente en zona de permanencia sala	91
Anexo D: Simulación actual de temperatura hora más frío en zona de permanencia sala.....	84	Anexo P: Simulación de propuesta de temperatura hora más caliente en zona de permanencia sala	91
Anexo E: Simulación actual de temperatura día más caliente en zona de permanencia sala.....	85	Anexo Q: Simulación de propuesta de temperatura día más frío en zona de permanencia cocina/comedor	92
Anexo F: Simulación actual de temperatura hora más caliente en zona de permanencia sala.....	85	Anexo R: Simulación de propuesta de temperatura hora más frío en zona de permanencia cocina/comedor.....	92
Anexo G: Simulación actual de temperatura día más frío en zona de permanencia cocina/comedor	86	Anexo S: Simulación de propuesta de temperatura día más caliente en zona de permanencia cocina/comedor.....	93
Anexo H: Simulación actual de temperatura hora más frío en zona de permanencia cocina/comedor.....	86	Anexo T: Simulación de propuesta de temperatura hora más caliente en zona de permanencia cocina/comedor	93
Anexo I: Simulación actual de temperatura día más caliente en zona de permanencia cocina/comedor	87	Anexo U: Simulación de propuesta de temperatura día más frío en zona de permanencia dormitorio principal	94
Anexo J: Simulación actual de temperatura hora más caliente en zona de permanencia cocina/comedor	87	Anexo V: Simulación de propuesta de temperatura hora más frío en zona de permanencia dormitorio principal.....	94
Anexo K: Simulación actual de temperatura día más frío en zona de permanencia dormitorio principal.....	88	Anexo W: Simulación de propuesta de temperatura día más caliente en zona de permanencia dormitorio principal.....	95
Anexo L: Simulación actual de temperatura hora más frío en zona de permanencia dormitorio principal	88	Anexo X: Simulación de propuesta de temperatura hora más caliente en zona de permanencia dormitorio principal.....	95
Anexo LL: Simulación actual de temperatura día más caliente en zona de permanencia dormitorio principal.....	89	Anexo Y: Reporte de Co2 , estado actual de objeto de estudio.....	96
Anexo M: Simulación actual de temperatura hora más caliente en zona de permanencia dormitorio.	89	Anexo Z: Reporte de Co2 ,de la propuesta de objeto de estudio.....	97

Agradecimientos

Quiero expresar mi sincero agradecimiento al Arq. Esteban Zalamea, director de este trabajo, por su orientación y apoyo constante a lo largo de esta investigación. Su guía ha sido fundamental para alcanzar los resultados presentados.

A mi familia, por su comprensión y aliento durante todo este proceso. Su apoyo ha sido fundamental para mi en este camino académico.

Agradezco profundamente a mi compañera de TIC, Sofía Beltrán, por su amistad y trabajo en equipo en cada paso de este proyecto.

A la Universidad de Cuenca, por las enseñanzas y su compromiso con la excelencia académica.

Un especial reconocimiento a la dueña de la vivienda que sirvió como objeto de estudio, la señora Cecilia Sánchez, por abrir las puertas de su hogar y permitirnos llevar a cabo este trabajo.

Por último, quiero mencionar y agradecer a mis compañeros y profesores del TIP de Conservación 2022-2023, cuyo trabajo e investigación sobre el barrio "El Vado" proporcionaron una valiosa fuente de información que enriqueció esta investigación.

A todos y cada uno de ustedes, gracias por ser parte fundamental en este viaje académico, por sus enseñanzas, apoyo y colaboración

Gabi.

Dedicatoria

A mi familia, a Juan y Marilú, mis padres, su amor y sacrificio han sido fundamentales para alcanzar este logro.

A mis hermanas, Doménica y Camila, su apoyo incondicional y complicidad han sido de gran ayuda durante todos estos años.

A Pedro y Esthela, mis abuelos, su sabiduría y amor han dejado una huella en mi corazón. Sus enseñanzas son el cimiento de mis logros.

Este logro no solo es mío, sino también de ustedes, quienes han sido mi soporte en cada paso del camino.

Gabi.

Agradecimientos

Quiero expresar mi sincero agradecimiento a todas las personas que han contribuido de manera significativa a la realización de esta tesis. Su apoyo inquebrantable y orientación han sido fundamentales en este largo y desafiante viaje.

También quiero expresar mi gratitud a mis profesores, quienes me han proporcionado una base sólida de conocimiento y me han alentado a perseguir la excelencia académica. Sus enseñanzas han sido la base de este trabajo.

Mi familia merece un agradecimiento especial por su amor incondicional, comprensión y apoyo. Su apoyo emocional y motivación constante me han ayudado a superar los desafíos y obstáculos que surgieron en el camino.

A mis amigos y compañeros de estudios, les agradezco por su apoyo moral y colaboración en este proceso. Sus conversaciones, debates y amistad han hecho que esta experiencia sea significativa.

Gracias de todo corazón.

Xoxo
Sofi.

Dedicatoria

Con sincero cariño y profundo agradecimiento, dedico este trabajo a quienes han sido faros luminosos en mi travesía académica, brindándome inspiración y apoyo incondicional.

En primer lugar, deseo expresar mi gratitud hacia mi familia, cuyo amor incondicional, paciencia y constante aliento han sido el cimiento de cada logro en este camino. Cada paso que he dado refleja su sacrificio y dedicación, convirtiendo esta tesis en un tributo a su apoyo inquebrantable.

Un reconocimiento especial también va dirigido a mis amigos, quienes han llenado este recorrido con risas, lágrimas y momentos inolvidables. Su amistad ha sido un tesoro invaluable, ofreciéndome un respaldo invaluable en los momentos más desafiantes. A mis profesores y mentores, les estoy agradecido por compartir su sabiduría, guiando mi camino académico con luz y claridad.

No puedo pasar por alto el impacto fundamental que Nino, mi mejor amigo, Gabi, mi compañera de tesis y gran amiga, y mi MIUM han tenido en mi vida. Su amor, comprensión y apoyo incondicional han sido fuentes constantes de inspiración. A todas las personas que han contribuido de alguna manera a este proyecto, les agradezco sinceramente por su participación invaluable. En última instancia, dedico esta tesis a todas aquellas personas que, de diversas formas, han dejado una huella en mi crecimiento personal y profesional. Este trabajo es un testimonio de su influencia positiva, y les estoy agradecido de todo corazón por ser compañeros esenciales en mi camino académico.

Xoxo
Sofi.



INTRODUCCIÓN
PROBLEMÁTICA Y
JUSTIFICACIÓN
OBJETIVOS

Introducción

En respuesta a la creciente preocupación por el impacto ambiental de las construcciones, el estándar energético Net-Zero ha surgido como una meta atractiva para propietarios y diseñadores de edificaciones. Esta meta busca que las edificaciones produzcan la misma cantidad de energía de la que consumen anualmente, y que sean confortables con los usuarios, lo cual contribuye significativamente a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. La aplicación de este estándar en edificaciones patrimoniales en clima ecuatorial andino plantea desafíos significativos debido a la necesidad de preservar su integridad histórica y cultural, al mismo tiempo que se busca que estas edificaciones sean confortables y cubran la totalidad de demandas con producción en sitio.

“La transición hacia un sistema energético basado en tecnologías renovables tendrá asimismo efectos económicos muy positivos para la economía global y el desarrollo. Según estudios de IRENA (Agencia Internacional de Energías Renovables) y la IEA (Agencia Internacional de la Energía), alcanzar los Acuerdos de París exige triplicar la cuota de renovables en la generación eléctrica” (EA, 2022; IRENA, 2023). Es por esto, que la implementación de edificios Net-Zero en todo el mundo se ha convertido en una prioridad para muchos gobiernos, organizaciones y empresas por los efectos del cambio climático y a la urgencia de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

“Sin embargo, es importante que en la búsqueda por reducir el consumo energético y las emisiones de contaminantes al ambiente no afecten las condiciones de Calidad de Ambiente Interior (IEQ) en las edificaciones, sobre todo en las residenciales, para que las viviendas cubran las necesidades de habitar de las personas, así como los objetivos ambientales en condiciones óptimas de confort” (Espinoza José & Quesada Juan, 2018).

En este contexto, este trabajo busca abordar el desafío de proyectar estrategias del estándar energético Net-Zero en una edificación patrimonial ubicada en clima ecuatorial andino. El propósito es desarrollar enfoques, que además de recomendaciones permitan combinar la preservación del patrimonio histórico-cultural con la eficiencia energética en el objeto de estudio. Para lograrlo, se llevará a cabo un análisis de las características y deficiencias de la edificación patrimonial en

estrategias de eficiencia energética aplicables, considerando tanto su viabilidad técnica como su impacto en los niveles de confort de los usuarios.

Además, se explorarán estrategias de diseño y construcción que permitan integrar de manera armoniosa las demandas de conservación patrimonial con las estrategias activas y pasivas para alcanzar edificaciones con energía neta cero. Esto implica encontrar soluciones que sean eficientes energéticamente sin comprometer el valor histórico y cultural de la edificación. También se evaluarán los materiales de construcción en busca de alternativas sostenibles.

Por lo que, este trabajo busca contribuir al conocimiento como también al desarrollo de soluciones sostenibles en el ámbito de las edificaciones patrimoniales en clima ecuatorial andino. Se espera que los resultados y las recomendaciones obtenidas puedan ser aplicadas en la práctica para promover un equilibrio entre la preservación del patrimonio histórico cultural y la eficiencia energética, buscando así un futuro más sostenible tanto arquitectónicamente como en la conservación del patrimonio.

Problemática y justificación

Las edificaciones patrimoniales ubicadas en la región de clima ecuatorial andino presentan desafíos en términos de eficiencia energética y confort para sus usuarios. Por lo que, nace la necesidad de incorporar estrategias que cumplan con el estándar energético Net-Zero, con el fin de mejorar la comodidad de los ocupantes. El estándar Net-Zero implica que la edificación genere la misma cantidad de energía renovable que consume, lo que implica reducir las emisiones de GEI y reducir el consumo de energía convencional al mínimo. La adaptación de estas estrategias a una edificación patrimonial, que tiene valor histórico y cultural, plantea desafíos debido a las restricciones impuestas por su diseño arquitectónico, materiales de construcción y características específicas que deben ser preservadas.

“El crecimiento de las energías renovables es imparable, como queda reflejado en las estadísticas aportadas anualmente por la Agencia Internacional de la Energía (AIE). Según las previsiones de la AIE, la participación de las renovables en el suministro eléctrico global pasará del 28,7% en 2021 al 43% en 2030, y proporcionarán 2/3 del incremento de demanda eléctrica registrado en ese período, principalmente a través de las tecnologías eólica y fotovoltaica” (Jimenez & Giraldo, 2021).

“La transición hacia un sistema energético basado en tecnologías renovables tendrá asimismo efectos económicos muy positivos para la economía global y el desarrollo. Según estudios de IRENA (Agencia Internacional de Energías Renovables) y la IEA (Agencia Internacional de la Energía), alcanzar los Acuerdos de París exige triplicar la cuota de renovables en la generación eléctrica” (IEA, 2022; IRENA 2023). Es por esto, que la implementación de edificios Net-Zero en todo el mundo se ha transformado en una necesidad para muchos gobiernos, organizaciones y empresas debido a los efectos del cambio climático y a la urgencia de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

“Sin embargo, es importante que en la búsqueda por reducir el consumo energético y las emisiones de contaminantes al ambiente no afecten las condiciones de Calidad de Ambiente Interior (IEQ) en las edificaciones, sobre todo en las residenciales, para que las viviendas cubran las necesidades de habitar de las personas, así como los objetivos ambientales en condiciones óptimas de confort” (Espinosa & Quesada, 2018).

Según Coveña & Castro (2021), es crucial reconocer la relevancia del confort espacial y las estrategias asociadas para garantizar una adecuada habitabilidad. Los criterios necesarios para alcanzar este confort se fundamentan en la regulación del calor, la iluminación, la exposición solar, la ventilación, la humedad y el control del sonido en el entorno arquitectónico. Esta conciencia conlleva a una mejor utilización de estos recursos provenientes de la naturaleza, los cuales mejoran la calidad de vida en los hogares y, por ende, el bienestar de sus habitantes.

La conservación de edificaciones patrimoniales en la región andina ecuatorial es una prioridad, pero la implementación del estándar energético Net-Zero presenta desafíos al tratar de lograr una eficiencia energética óptima sin comprometer las características históricas y culturales de las edificaciones. Además, la inclusión de equipos de generación de energía renovable en una edificación puede afectar la estética y requerir espacio adicional, lo que aumenta los costos de construcción y mantenimiento a largo plazo. Sin embargo, también puede proporcionar beneficios a largo plazo, como la disminución de los costos de energía y la huella de carbono, además de mejorar la resiliencia de la edificación en eventos extremos. Por lo tanto, es crucial evaluar cuidadosamente los posibles impactos y beneficios antes de tomar decisiones de diseño y construcción.

La problemática de las edificaciones patrimoniales se intensifica al considerar la situación de los usuarios, pertenecientes a estratos sociales de riesgo, quienes enfrentan desafíos adicionales al gestionar la preservación del patrimonio histórico y cultural en condiciones sociales vulnerables. La carencia de recursos económicos y acceso limitado a servicios básicos impacta negativamente en su calidad de vida. Estas estructuras, representativas del legado invaluable de la historia y la cultura regional, son esenciales para garantizar la transmisión de ese patrimonio a las futuras generaciones. Sin embargo, la necesidad de reducir la demanda energética y las emisiones de gases de efecto invernadero plantea un desafío adicional, requiriendo soluciones sostenibles que no comprometan la integridad histórica y estética de las edificaciones. Es crucial adoptar enfoques equilibrados que concilien la preservación histórica con la eficiencia energética, contribuyendo así a construir un futuro sostenible y preservar la identidad de nuestras comunidades para las próximas generaciones.

UCUENCA

Es importante tener en cuenta que estas edificaciones tienen características arquitectónicas, constructivas y de materiales únicas que dificultan la aplicación de los estándares energéticos modernos. Por lo tanto, la adaptación de tecnologías y estrategias innovadoras debe tener en cuenta las particularidades de estos edificios históricos, así como su valor patrimonial y cultural.

Objetivos

Objetivo general

Proyectar estrategias del estándar energético Net-Zero en una edificación patrimonial en clima ecuatorial andino.

Objetivos específicos

- Objetivo específico 1: Seleccionar zonas de permanencia en una edificación patrimonial residencial en clima ecuatorial andino como objeto de estudio y definir sus deficiencias para alcanzar el estándar Net-Zero.
- Objetivo específico 2: Determinar las distintas estrategias de eficiencia energética aplicables en el objeto de estudio seleccionado, considerando su impacto en los niveles de confort de los usuarios.
- Objetivo específico 3: Establecer estrategias de diseño y construcción que combinen las demandas de conservación patrimonial con la integración arquitectónica de estrategias activas y pasivas, para lograr el estándar energético Net-Zero en una edificación.



CAPÍTULO 01 MARCO CONCEPTUAL



1.1 Estándar energético y edificaciones patrimoniales

En el campo de la construcción y conservación del patrimonio, existen estándares y conceptos clave que buscan promover la sostenibilidad y la protección de nuestras edificaciones y entornos. Dos de ellos son el estándar energético Net-Zero y la conservación patrimonial. Comprender su significado y aplicación es fundamental para garantizar un futuro sustentable y respetuoso con nuestra historia y cultura.

El estándar energético Net-Zero (Fig 1) se refiere a aquellos edificios que logran generar la misma cantidad de energía que gastan anualmente y que son confortables. Este ambicioso objetivo se alcanza mediante la implementación de estrategias de eficiencia energética, como el aprovechamiento de la iluminación eficiente, sistemas de climatización inteligentes y aislamiento térmico, teniendo en cuenta las infiltraciones que se dan en las carpinterías de la edificación. Además, se recurre a tecnologías de energía renovable, como paneles solares o turbinas eólicas, para generar la energía necesaria de forma sostenible y sin emisiones de carbono. De esta manera, estos edificios disminuyen su impacto en la parte ambiental y contribuyen a la mitigación del cambio climático.

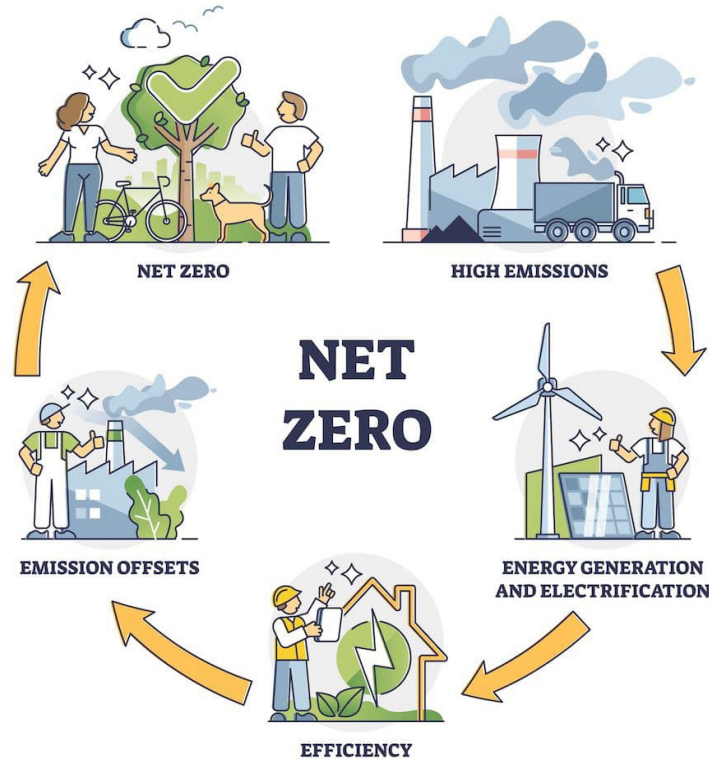
Por otro lado, las edificaciones patrimoniales son testimonios arquitectónicos y culturales de un valor significativo para nuestra sociedad. Su conservación es esencial para transmitir nuestra historia y preservar nuestra identidad. Sin embargo, en muchos casos, es necesario adaptar estas construcciones a las demandas y necesidades contemporáneas sin comprometer su valor patrimonial. Esta adaptación se basa en el respeto por los elementos originales, el uso de materiales y técnicas tradicionales, y la implementación de soluciones modernas y sostenibles. Por lo que, se logra una convivencia armónica entre la preservación del pasado y la utilización eficiente y responsable de los espacios, lo que contribuye a la sostenibilidad al preservar, mantener y extender la vida de estas edificaciones y evitar la construcción de nuevas con el impacto que ello implica.

La sostenibilidad ambiental y la conservación patrimonial son pilares fundamentales en el desarrollo de nuestras ciudades y comunidades. A través del estándar energético Net-Zero, podemos construir edificios que sean neutros en términos energéticos y respetuosos con el medio ambiente. Al mismo tiempo, la conservación patrimonial nos permite salvaguardar nuestro legado cultural y arquitectónico, adaptándolo de manera inteligente y sostenible a las necesidades actuales. Estos enfoques nos brindan la oportunidad de crear un futuro en el que la eficiencia, la

UCUENCA

responsabilidad y el respeto hacia nuestro entorno sean los principios rectores. Con ello construiremos una sociedad más consciente, equilibrada y en armonía con nuestro pasado y nuestro planeta.

Figura 1. Net-Zero en la Arquitectura.



Fuente: Think Architecture, thinkaec.com, 2022.

Elaboración: Think Architecture, 2022.

1.2 Confort en edificaciones patrimoniales

A medida que el mundo avanza y se enfrenta a cambios climáticos, es necesario que estas edificaciones patrimoniales sean revaluadas para asegurar su relevancia y eficacia en el contexto contemporáneo. Si bien han servido adecuadamente a la sociedad durante generaciones, es necesario incorporar innovaciones o mejo-

ras para garantizar que continúen ofreciendo un espacio confortable en un mundo en constante cambio. Las intervenciones modernas, considerando el respeto a la integridad histórica, cultural y arquitectónica de estas viviendas, pueden ser la clave para su conservación y aseguran su permanencia a largo plazo.

En la actualidad, las innovadoras tecnologías ofrecen alternativas esenciales para abordar las demandas energéticas en diversas situaciones. Antiguamente, las edificaciones dependían de fuentes como la leña o velas, evolucionando hacia electricidad y gas licuado de petróleo (GLP). En la era actual, estas estructuras pueden optar por soluciones más avanzadas y sostenibles, como la generación local de electricidad limpia y económica. Estas tecnologías permiten a las edificaciones satisfacer sus necesidades energéticas de manera autónoma, contribuyendo a la eficiencia y sostenibilidad, al tiempo que reducen la dependencia de fuentes tradicionales y más contaminantes.

Los edificios vernáculos se construyen utilizando materiales locales y se diseñan con estrategias pasivas, lo que les permite adaptarse al clima local. Debido a las limitaciones económicas de sus propietarios y la adaptabilidad térmica de sus espacios, los residentes dependen de la capacidad pasiva del edificio para el confort térmico (Xia, D., Xie, W., Guo, J., Zou, Y., Wu, Z., & Fan, Y., 2023)

Según la investigación “Evaluación de confort de edificaciones patrimoniales en Cuenca-Ecuador” de 2019 arrojó conclusiones reveladoras sobre el estado del confort en las edificaciones patrimoniales ubicadas dentro del Centro Histórico de Cuenca. Según la misma, el confort en estos edificios se sitúa significativamente por debajo de la escala ideal estipulada por las normativas pertinentes indicadas en la Tabla 1. Este descubrimiento plantea una serie de cuestiones importantes relacionadas con la conservación y el uso de estos inmuebles históricos.

Los inmuebles en el centro histórico de esta ciudad son testigos de su historia y son parte fundamental de su identidad cultural. Sin embargo, la necesidad de preservar estas edificaciones se enfrenta a desafíos significativos, especialmente en lo que respecta al confort de sus ocupantes. Los estándares de confort modernos han evolucionado con el tiempo, y muchos de estos edificios históricos carecen de las comodidades y sistemas de climatización que se consideran esenciales en la actualidad.

La falta de confort en estos inmuebles no solo afecta la calidad de vida de sus usuarios, sino también la durabilidad de las estructuras. Problemas como humedad, aislamiento térmico deficiente y circulación de aire inadecuada pueden contribuir al deterioro del patrimonio arquitectónico, llevando finalmente a su pérdida. Además, la antigua práctica de combustión para el suministro de energía conlleva riesgos de incendios y la presencia de partículas de humo, los cuales pueden eliminarse mediante la transición a electricidad fotovoltaica. Este cambio no solo reduce el riesgo de incendios, sino que también elimina molestias asociadas a las partículas de humo, mejorando así las condiciones habitacionales. La incomodidad experimentada por los ocupantes plantea un desafío crítico para la viabilidad de estos edificios en usos contemporáneos, como viviendas o espacios comerciales, destacando la importancia de abordar las deficiencias de confort para garantizar su funcionalidad a largo plazo.

Tabla 1. Indicador de niveles de confort según las normas vigentes.

INDICADOR DE NIVELES DE CONFORT			
IEQ	NORMA	CATEGORÍA	INDICADOR
Confort térmico (CT)	NEC, 2018	Estándar	invierno Temperatura mínima: 20°C Temperatura máxima: 24°C Verano Temperatura mínima: 23°C Temperatura máxima: 26°C
			Temperatura invierno: 22°C (±2.5) Temperatura verano: 24°C (±2.5)
	ISO 7730	Índice PPD: 20%	Temperatura invierno: 22°C (±3.5) Temperatura verano: 24°C (±3.5)
Confort acústico (CA)	ISO 3355	Estándar	Nivel sonoro min: 40 dBA Nivel sonoro max: 50 dBA

Fuente: Capítulos de la NEC (Norma Ecuatoriana de la Construcción) – MIDUVI – Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (s. f.)

Elaboración: Propia, 2023.

1.3 Estudios previos: Eficiencia energética y confort en edificaciones patrimoniales

1.3.1 Antecedentes en China

El artículo “Análisis cuantitativo y mejora de la supervivencia pasiva de casas vernáculas en la región cálida y húmeda de China” examina la relación entre la calidad ambiental interior y la salud de los ocupantes, y cómo las casas vernáculas en regiones cálidas y húmedas de China pueden verse afectadas por el calentamiento global. Estas casas, diseñadas históricamente de acuerdo con el clima de la época, podrían no ser adecuadas para las condiciones climáticas actuales, aumentando el riesgo de sobrecalentamiento interior. A través de métricas como el grado y la hora de sobrecalentamiento interior, el estudio utiliza 10 años de datos meteorológicos para evaluar el ambiente térmico interior actual. Se descubre que, bajo ventilación natural, hay un notable riesgo de sobrecalentamiento en estas casas. Las estrategias de diseño, como mejorar el acristalamiento y aumentar el área operable de las ventanas, pueden reducir este riesgo. La investigación apunta a proporcionar soluciones para mejorar la capacidad de supervivencia pasiva de las casas vernáculas en regiones cálidas y húmedas, especialmente en el cambio climático. La principal aportación es ofrecer estrategias para garantizar la salud y el confort de los ocupantes de estas casas en condiciones actuales (Xia, D Xie, Guo, Zou, Wu, & Fan, 2023).

1.3.2 Antecedentes en Cuenca/Ecuador

El artículo titulado “Estándares de Sustentabilidad para mejorar la Eficiencia Energética y la Confortabilidad de las Viviendas Patrimoniales del Centro Histórico de Cuenca” examina los parámetros de eficiencia energética y la calidad del ambiente interno en las residencias históricas ubicadas en el Centro Histórico de esta ciudad de clima ecuatorial andino. La investigación emplea un enfoque metodológico mixto y longitudinal, desarrollado en dos etapas: una encuesta a 280 hogares para comprender los hábitos de consumo energético y las condiciones del ambiente interno, seguido por el monitoreo de variables eléctricas y ambientales en tres de estas viviendas históricas. Esto se logró utilizando sensores de medición, simula-

ciones y encuestas de percepción. Los resultados obtenidos se contrastan con estándares nacionales e internacionales de eficiencia energética y calidad ambiental. Se concluye que los residentes se adaptan a niveles de comodidad distintos a los indicados por las normativas, especialmente en términos de temperatura. Los usuarios reconocen rangos de temperatura más bajos que los estándares definidos debido al clima andino en la región (Espinoza José & Quesada Juan, 2018).

1.3.3 Antecedentes en Europa

En el artículo “Eficiencia energética y confort térmico en edificios históricos” se investiga cómo mejorar la eficiencia energética y el confort térmico en edificios históricos. Se resumen los diferentes métodos y técnicas utilizados en todo el mundo, y se organizan por tipos de edificios. Los resultados muestran que los edificios residenciales, religiosos y de museos son los casos de estudio más comunes, especialmente en Europa. El objetivo del estudio es demostrar la viabilidad de mantener el patrimonio construido mientras se mejoran la eficiencia energética y el confort térmico. (Martínez-Molina, Tort-Ausina, Cho & Vivancos, 2016).

1.4 Clima ecuatorial andino

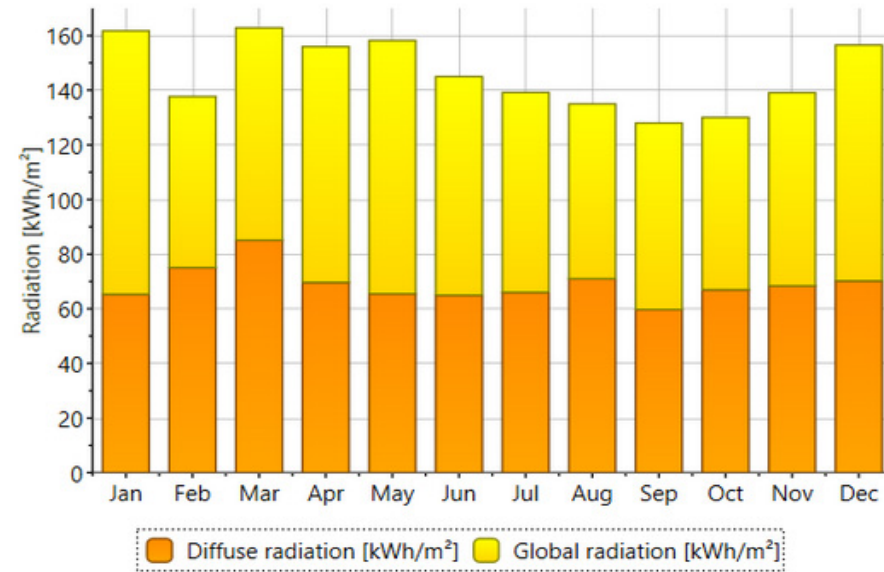
El término “clima ecuatorial andino” se refiere al clima específico de la región andina en países cercanos al ecuador, en particular en Ecuador, pero también se extiende a áreas de Colombia y Perú. Es un clima muy particular debido a la combinación de la latitud ecuatorial y la media altitud de la Cordillera de los Andes. Para estudiar y comprender a profundidad estas particularidades climáticas y de otros lugares del mundo, herramientas especializadas son esenciales. Meteonorm es un software que genera datos climáticos típicos y años de referencia para cualquier lugar del mundo. Se utiliza principalmente para aplicaciones en ingeniería, arquitectura, energía solar y térmica.

1.4.1 Radiación anual en Cuenca/Ecuador

La radiación luminosa proveniente del sol es la energía emitida en forma de luz y calor que llega a la Tierra. Al analizar el gráfico, podemos observar que esta radiación solar presenta variaciones a lo largo del año. En particular, se puede apreciar

que el nivel de radiación es evidentemente más bajo durante los meses de agosto. Por otro lado, los días con los niveles de radiación solar más altos tienden a concentrarse en el mes de septiembre.

Figura 2. Radiación anual en Cuenca - Ecuador.



Fuente: Meteonorm, 2023.
Elaboración: Propia, 2023.

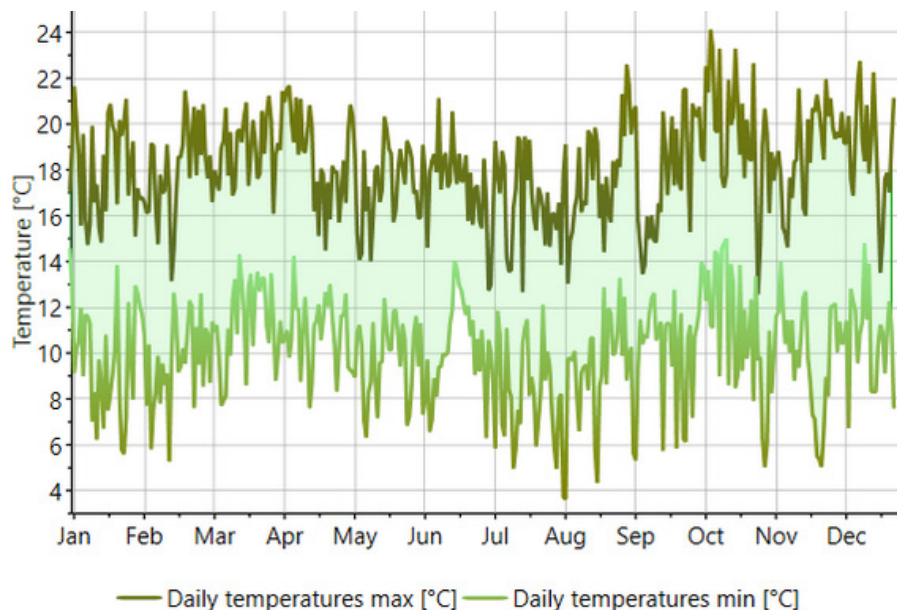
1.4.2 Temperatura anual en Cuenca/Ecuador

“La temporada templada dura 3,6 meses, del 15 de enero al 3 de mayo, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 16 °C. El mes más cálido del año en Cuenca es marzo, con una temperatura máxima promedio de 17 °C y mínima de 10 °C”(El clima en Cuenca, el tiempo por mes, temperatura promedio (Ecuador) - Weather Spark, 2023).

“La temporada fresca dura 2,6 meses, del 16 de junio al 4 de septiembre, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 13 °C. El mes más frío del año

en Cuenca es julio, con una temperatura mínima promedio de 7 °C y máxima de 12 °C”(El clima en Cuenca, el tiempo por mes, temperatura promedio (Ecuador) - Weather Spark, 2023).

Figura 3. Temperatura anual en Cuenca - Ecuador.



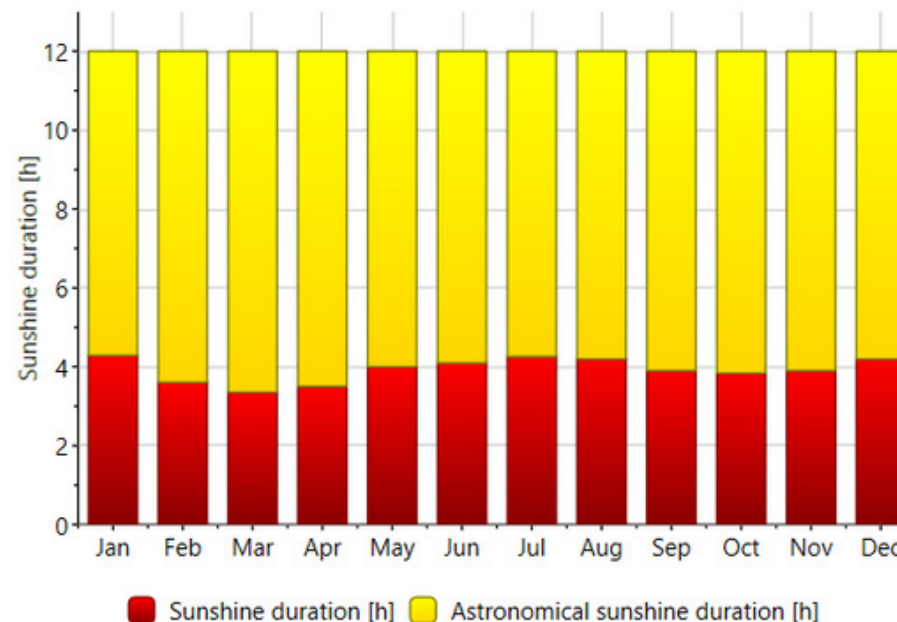
Fuente: Meteonorm, 2023.
Elaboración: Propia, 2023.

1.4.3 Duración del sol en Cuenca/Ecuador

La duración del sol se refiere al período de tiempo durante el cual el sol está visible en el cielo, es decir, el tiempo que transcurre desde el momento en que sale el sol (amanecer) hasta el momento en que se oculta (atardecer) en un día determinado.

Los meses en los que la duración del sol es más prolongada en la ciudad de Cuenca son enero, julio y diciembre, mientras que el mes en el que la duración del sol es menor es marzo.

Figura 4. Duración del sol en Cuenca - Ecuador.



Fuente: Meteonorm, 2023.
Elaboración: Propia, 2023.

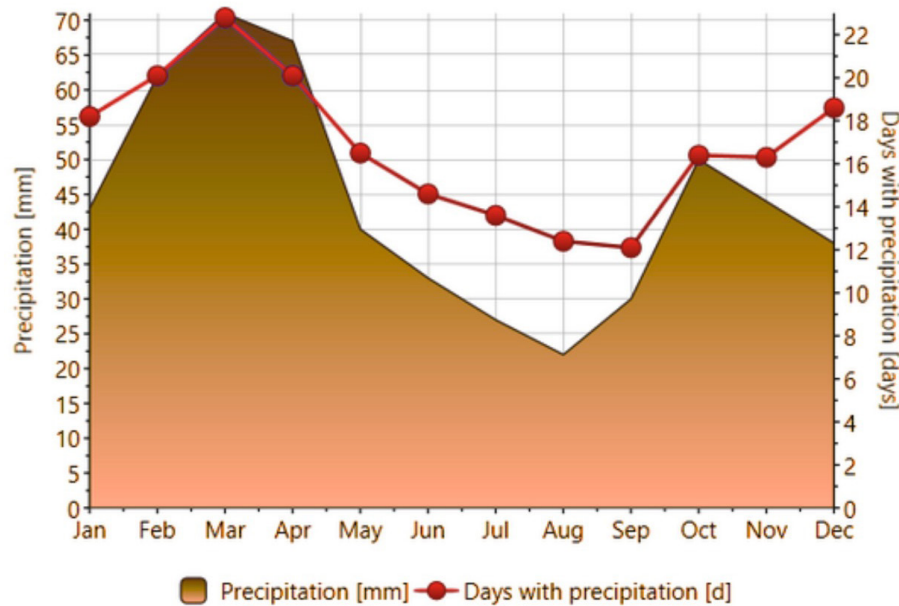
1.4.4 Precipitación anual en Cuenca/Ecuador

“La temporada más mojada dura 3,9 meses, de 16 de enero a 12 de mayo, con una probabilidad de más del 34 % de que cierto día será un día mojado. El mes con más días mojados en Cuenca es marzo, con un promedio de 16,5 días con por lo menos 1 milímetro de precipitación” (El clima en Cuenca, el tiempo por mes, temperatura promedio (Ecuador) - Weather Spark, 2023).

“La temporada más seca dura 8,1 meses, del 12 de mayo al 16 de enero. El mes con menos días mojados en Cuenca es agosto, con un promedio de 4,2 días con por lo menos 1 milímetro de precipitación” (El clima en Cuenca, el tiempo por mes, temperatura promedio (Ecuador) - Weather Spark, 2023).

UCUENCA

Figura 5. Precipitación anual en Cuenca - Ecuador.



Fuente: Meteonorm, 2023.

Elaboración: Propia, 2023.

1.5 Aplicación del estándar energético Net Zero en edificaciones patrimoniales

“La eficiencia energética y la calidad del ambiente interior se han convertido en nuevas entradas en el proceso de planificación estratégica, en lo referente a la restauración arquitectónica y rehabilitación patrimonial, en donde el desarrollo y aplicación de indicadores y estándares de sustentabilidad son herramientas esenciales en las viviendas de características patrimoniales” (Espinoza José & Quesada Juan, 2018).

La obtención de parámetros válidos para analizar el confort en los inmuebles patrimoniales es importante, ya que se diferencian por su construcción a través de métodos tradicionales, su singular tipología arquitectónica y el respeto a sus valores durante cualquier intervención. Sin embargo, al aplicar el estándar Net-Zero a edificaciones patrimoniales, es necesario considerar varios factores adicionales debido a sus características particulares, como su valor cultural, histórico o arquitectónico significativo, lo que implica la necesidad de preservar su integridad y autenticidad.

En términos generales, algunas de las opciones que se podrían implementar para lograr el estándar energético Net-zero en una edificación patrimonial de clima ecuatorial andino son las siguientes:

- **Ventanas eficientes:** Mantener o restaurar las ventanas originales, pero mejorar su eficiencia energética mediante la instalación de vidrios de bajo coeficiente de transferencia térmica o añadiendo doble acristalamiento en ventanas existentes.
- **Iluminación eficiente:** Utilizar iluminación LED de bajo consumo energético y diseño de iluminación adecuado para resaltar características arquitectónicas sin comprometer la integridad de los elementos históricos.
- **Energía renovable integrada:** Explorar opciones para integrar fuentes de energía renovable, como paneles solares discretamente ubicados en techos o áreas menos visibles.
- **Mejora del aislamiento:** Comprobar las infiltraciones en las carpinterías de la edificación. Buscar Implementar soluciones de aislamiento térmico que no alteren la apariencia exterior del edificio, como el uso de materiales aislantes en áreas no visibles.

Según Espinoza José & Quesada Juan (2018) es esencial establecer un sistema de certificación energética para viviendas patrimoniales, promoviendo la concienciación y brindando información sobre prácticas energéticas eficientes. Investigaciones sobre estrategias tecnológicas y diseño bioclimático mejorarán el confort y evaluarán la reducción del consumo eléctrico.

1.6 Simulación energética en Design Builder

DesignBuilder representa más que un software de simulación; es una herramienta integral que da vida al concepto de diseño energéticamente eficiente en la arquitectura y la ingeniería de edificios. En la actualidad, en un momento donde la sostenibilidad y el uso eficiente de la energía son temas de gran relevancia a nivel mundial, la simulación energética emerge como un gran apoyo. Esta técnica, que es fundamentalmente una representación digital de cómo una edificación interactúa con su entorno y cómo usará la energía, es esencial para anticipar el comportamiento térmico, la iluminación y la ventilación de un edificio en función de sus especificidades de diseño y las condiciones climáticas locales.

Con DesignBuilder, los profesionales tienen a su alcance una herramienta poderosa que combina una interfaz gráfica amigable con la precisión del motor de simulación EnergyPlus. Esto permite modelar edificaciones con un nivel de detalle alto, desde la orientación y el material de las ventanas hasta los sistemas HVAC (Heating, Ventilation, and Air) más complejos. Cada elemento puede ser analizado y ajustado, buscando ese equilibrio perfecto entre confort y eficiencia energética.

Además, en un mundo donde las certificaciones de construcción verde y las regulaciones con respecto a la eficiencia de la energía se están volviendo más estrictas, DesignBuilder actúa como un aliado, proporcionando la documentación y los datos necesarios para cumplir con estos estándares y obtener certificaciones relevantes.

1.6.1 Antecedentes en Europa

El estudio “El BIM y la simulación energética para el diseño de estrategias de rehabilitación energética de la envolvente opaca” Analiza el impacto que tienen las normativas actuales en la eficiencia energética de las construcciones y su influencia en las certificaciones energéticas. El enfoque principal es evaluar cómo interactúan los programas BIM (como Revit) con los programas de simulación energética (como DesignBuilder con EnergyPlus) con el fin de mejorar la transferencia de información relevante. El estudio se concentra en establecer parámetros específicos en DesignBuilder para realizar simulaciones energéticas. Se valida la propuesta de mejorar los revestimientos opacos en edificios ubicados en Jaca, con el propósito de reducir la necesidad de calefacción mediante ajustes en la fachada. Se comparan los resultados obtenidos de estas simulaciones con la situación real en la localidad y el año de construcción de los edificios analizados. (Lázaro, 2017)

En otro trabajo titulado “Análisis de coste óptimo de envolvente e instalaciones HVAC de un edificio bajo el nuevo CTE” Explora la construcción de “Edificios de Consumo Casi Nulo” en conformidad con las actualizaciones recientes del Código Técnico de la Edificación (CTE). Se enfoca en investigar y aplicar los nuevos estándares para asegurar que un edificio cumpla con los requisitos de consumo casi nulo, utilizando métodos pasivos y activos. La metodología emplea simulaciones de DesignBuilder para evaluar la eficacia y el costo de las mejoras propuestas.

(Goenaga, 2020)

1.6.2 Antecedentes en Ecuador

El estudio titulado “Estudio y simulación de la respuesta térmica de dos modelos de vivienda de interés social en las ciudades de Esmeraldas e Ibarra” El proyecto se centra en analizar los efectos de los materiales de construcción comunes en Esmeraldas e Ibarra, recopilando información sobre sus propiedades termofísicas clave. Esta información se utiliza en un modelo virtual simulado a través del software DesignBuilder. Se adoptó la estrategia de cambio de materiales para calefacción y refrigeración en viviendas sociales, utilizando datos del VII Censo de Población y VI de Vivienda del INEC en 2010. Los resultados demostraron que, en Esmeraldas, la combinación óptima de materiales redujo la demanda en refrigeración y aumentó las horas de confort térmico, mientras que en Ibarra, la mejor combinación redujo la demanda en calefacción y aumentó las horas de confort térmico. Los hallazgos resaltaron la importancia de los materiales de la envolvente en el confort térmico, considerando la rotación de la vivienda y los obstáculos externos. (Bonilla & Velasco, 2017).

En el trabajo titulado “Estudio del confort térmico mediante simulación validada de una edificación tipo con material de cambio de fase en la envolvente en varias zonas climáticas del Ecuador” se emplea un modelo virtual en DesignBuilder, ajustado con datos experimentales de una habitación monitoreada. Se incorporan Materiales de Cambio de Fase (PCM) en las paredes y el techo del modelo, utilizando materias primas locales. La evaluación del confort térmico se realiza mediante el Voto Medio Predictivo (PMV) en tres ciudades ecuatorianas. En Quito, se observa un aumento en las horas de confort con la reducción de variaciones de temperatura gracias al PCM. Sin embargo, en Zumbahua, el PCM muestra desventajas debido a las condiciones climáticas. En Guayaquil, el rendimiento del PCM mejora con la combinación de aire acondicionado, logrando ahorros energéticos. (Romero, 2019)



HONOR

ESTADO
MUNICIPIO
CALLE

TAPICERIA

Handwritten graffiti on the left wall.

Handwritten graffiti on the right wall.

CAPÍTULO

02

SELECCIÓN Y EVALUACIÓN DEL OBJETO DE ESTUDIO

El barrio El Vado, ubicado en el Centro Histórico de la Cuenca/Ecuador, fue elegido como área de estudio por su importante valor histórico y patrimonial (Fig 2). A través del tiempo que ha transcurrido al ritmo de las aguas del Río Tomebamba, ha mantenido aspectos que lo han caracterizado hasta la actualidad. Por ejemplo, sus oficios artesanales que permanecen y acciones del quehacer cultural, tradicional y hasta religioso que ahí se han desarrollado. Hoy, se ha convertido en parte de los cimientos fundamentales del patrimonio arquitectónico y turístico.

El área de estudio seleccionada se ubica entre las calles Presidente Córdova, Juan Montalvo, Bajada del Vado, La Condamine y Tarqui, donde la mayor parte de las edificaciones son de valor patrimonial: Var A, Var B, y Ambiental. Según esta valoración, la mayor parte de edificaciones deben conservarse, pues forman parte de un conjunto urbano que enriquece el carácter patrimonial de la ciudad por ser muestra de la forma de vida y uso del espacio.

Como recursos para la realización de esta primera etapa del estudio, se contó con un criterio importante: la disposición por parte de la comunidad para sustentar y guiar la selección de las edificaciones. Este criterio permitió realizar un primer acercamiento con cada propietario del sector privado y, de igual manera, por parte del sector público.

Para la selección de edificaciones del trabajo titulado “Proyecto de edificaciones patrimoniales vernáculas El Vado” se realizó una adaptación a la metodología realizada por el CPM (Ciudad Patrimonio Mundial), en la que se desarrolló un proceso de recopilación de información dentro de la zona delimitada acerca de las edificaciones y sus principales factores a considerar: su valor patrimonial, el estado de conservación, la disposición de los propietarios y el patrimonio asociado a esta.

Tras llevar a cabo este estudio, se ha decidido seleccionar la denominada “Casa Sánchez” como un objeto de estudio representativo del clima ecuatorial andino para la implementación de estrategias energéticas basadas en el estándar Net-zero. La elección se fundamenta en la disposición manifestada por los propietarios, quienes también residen en dicha vivienda, a diferencia de los propietarios de las otras edificaciones que no habitan en estas y más

UCUENCA

bien las utilizan para arrendamiento. Además, se ha identificado que esta edificación presenta niveles de confort deficientes, lo cual se pudo comprobar mediante una encuesta realizada a la propietaria. En este sentido, esta vivienda ofrece una oportunidad para poner en práctica las estrategias energéticas

Figura 6. Área de estudio seleccionada.



Fuente: Serrano, J.M., *fotografianacional.gob.ec*, 2016.

Elaboración: Tip Conservación. Universidad de Cuenca, 2023.

2.1 Identificación y selección de la edificación patrimonial residencial en clima ecuatorial andino.

La Casa Sánchez (Fig 7), una edificación ubicada en el barrio “El Vado” de la ciudad de Cuenca, específicamente en la calle Presidente Córdova y colindante con las Escalinatas del Otorongo, presenta una interesante composición arquitectónica. La construcción de la edificación, según la Sra. Sánchez (2022), tuvo lugar en

el año aproximado de 1895, coincidiendo con la primera presidencia de Eloy Alfaro en la República del Ecuador. En ese momento, el Sr. Medina y su primera compañera, la Sra. Orellana, solo habían logrado avanzar en los cimientos de la casa.

Figura 7. Ilustración del caso estudio seleccionado: “Casa Sánchez”.



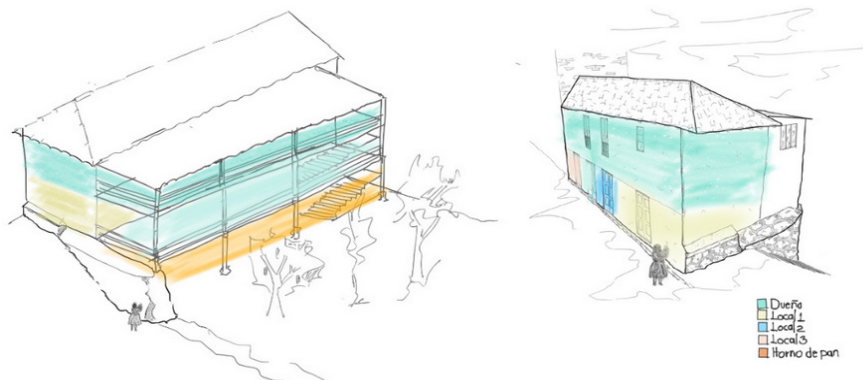
Figura 7. Ilustración del caso estudio seleccionado: “Casa Sánchez”.

Fuente y elaboración: Tip Conservación. Universidad de Cuenca, 2023.

Inicialmente, el diseño consistía en un gran bloque principal de adobe de tres pisos, con una estructura de madera en la parte posterior que servía como corredor y conexión vertical de la casa (Fig 8).

Bajando por esta estructura, se encontraba una extensa huerta donde se cultivaban productos, ya que en esa época la actividad económica principal de Cuenca se centraba en la agricultura.

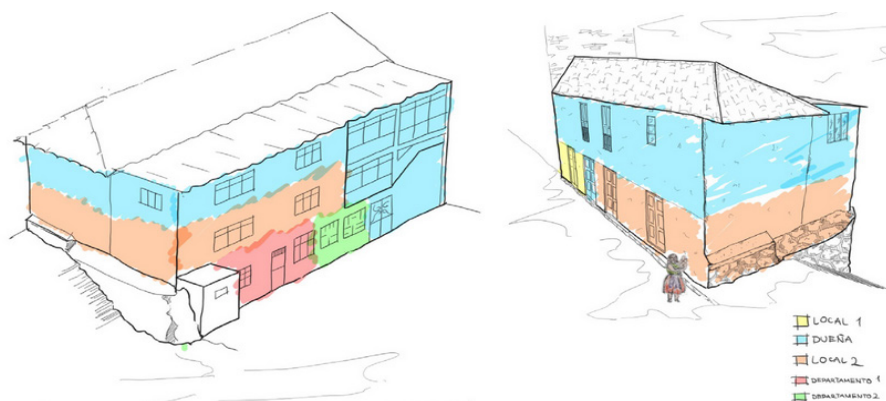
Figura 8. Usos históricos de la “Casa Sánchez”.



Fuente y elaboración: Tip Conservación. Universidad de Cuenca, 2023.

La casa se compone de dos bloques adyacentes de tres plantas cada uno y tiene múltiples usos en la actualidad (Fig 9), albergando tanto viviendas como espacios comerciales y alquileres. El primer bloque, que se extiende desde los cimientos hasta la planta de subsuelo, ha sido construido con muros de piedra y ladrillo, brindando una sólida base a la estructura. En contraste, la planta baja y la planta alta del primer bloque presentan muros de adobe, añadiendo un toque de diversidad a su apariencia.

Figura 9. Usos actuales de la “Casa Sánchez”.



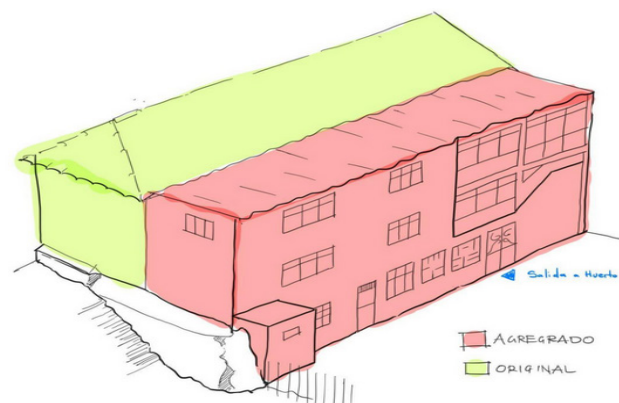
Fuente y elaboración: Tip Conservación. Universidad de Cuenca, 2023.

El segundo bloque, conocido por su tipología de “media agua”, muestra una estructura construida con madera y paredes de ladrillo en todos sus niveles. Para proteger su interior de los elementos, este bloque cuenta con una cubierta compuesta por planchas de fibrocemento, mientras que el primer bloque está coronado por tejas tradicionales, otorgando una apariencia distintiva a la vivienda en general. Cabe destacar que esta ampliación de un segundo bloque a la vivienda no tiene un valor patrimonial, ya que no representa ninguna técnica tradicional, como lo tiene el resto del inmueble. Aunque la casa sigue una tipología adosada sin retiro frontal, su forma y composición son elegantes y sencillas, añadiendo un encanto único a la calle en la que se encuentra.

En su interior, la Casa Sánchez se divide en tres espacios principales, cada uno con su propio propósito y función. Su acceso principal se encuentra en la calle, destacándose como un punto de entrada imponente y acogedor. Además, la edificación cuenta con un balcón en la planta alta que ofrece vistas panorámicas de los alrededores, brindando a sus habitantes y visitantes un lugar tranquilo para contemplar el entorno.

A lo largo del tiempo, la Casa Sánchez ha experimentado cambios y adaptaciones en sus usos (Fig 10), sistemas constructivos y otros elementos. Estos aspectos han evolucionado en respuesta a los requerimientos y las demandas de sus habitantes y de la ciudad en general.

Figura 10. Elementos conservados y agregados de la “Casa Sánchez”.



Fuente y elaboración: Tip Conservación. Universidad de Cuenca, 2023.

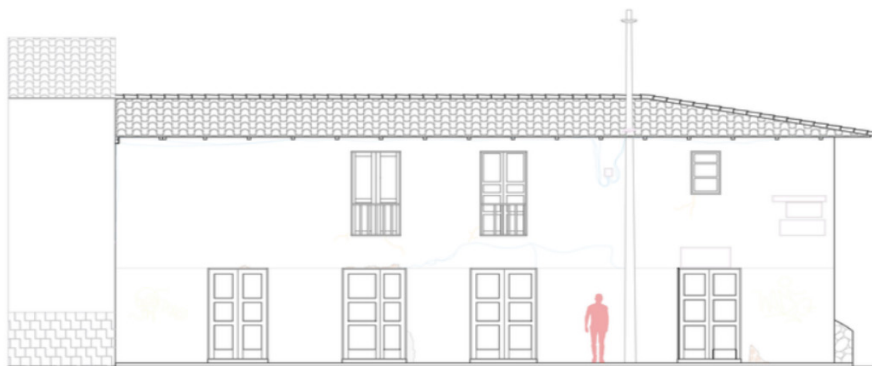
UCUENCA

2.2 Configuración formal del objeto de estudio

La edificación se desarrolla siguiendo la calle Presidente Córdova. Posee dos bloques de tres plantas anexas entre sí, y actualmente funciona para vivienda, comercio y arriendo. La tipología de la vivienda es adosada sin retiro frontal, con una forma y composición simple, con plantas divididas en tres espacios principales y un acceso principal que se da desde la calle. La edificación posee un balcón en el piso superior, y tres puertas en el inferior que dan hacia la calle. Su volumetría parte de las viviendas típicas que se realizaban en la época en la que fue construida.

- **Alzado frontal:** Compuesto principalmente con figuras rectangulares (Fig 11) en sus vanos. Se observan una variedad de puertas que comunican hacia la calle Presidente Córdova en la planta baja. Se presenta una intención de llegar a una composición simétrica. En la planta alta se tienen balcones que ayudan con la relación de la vivienda y su medio físico. Una vez levantada la vivienda, se concluye que la fachada intenta repetir su patrón de vanos de la planta baja en la planta alta, sin embargo, actualmente los vanos superiores a las puertas laterales de las fachadas se encuentran cubiertos.

Figura 11. Elevación frontal "Casa Sánchez".



Fuente y elaboración: Tip Conservación. Universidad de Cuenca, 2023.

- **Alzado posterior:** Se presenta el edificio de ladrillo anexo. Se evidencia el recurso de repetir ciertos vanos en todos los niveles de la edificación. La fachada se divide en dos: una primera parte con vanos para ventanas y puertas;

y la segunda, donde se encuentra la circulación vertical, con vanos piso techo que fueron cubiertos. Las formas usadas al igual que en la frontal corresponden a rectangulares. La fachada no guarda relación estrecha con la frontal.

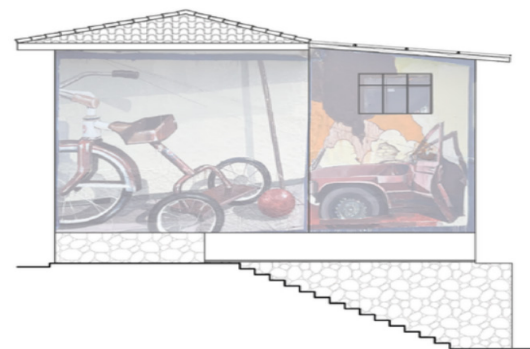
Figura 12. Elevación posterior "Casa Sánchez".



Fuente y elaboración: Tip Conservación. Universidad de Cuenca, 2023.

- **Alzado lateral derecho.** La fachada con la composición más simple. Se evidencian los dos bloques principales de la edificación. El primer bloque es de fachada llena sin ningún tipo de vano, mientras que el segundo bloque, contiene un vano que ayuda a la relación de la vivienda con las escalinatas del Otoringo. La fachada se integra con la topografía del terreno gracias a un muro de piedra, el cual contiene a la edificación y se integra con las escalinatas.

Figura 13. Elevación lateral derecha "Casa Sánchez".



Fuente y elaboración: Tip Conservación. Universidad de Cuenca, 2023.

2.3 Análisis de la edificación patrimonial residencial en términos de valor histórico y cultural.

Durante los comienzos del siglo XIX, la mayor parte de la arquitectura Cuenca correspondía a una clase social agraria, que trabajaba y vivía en el campo. Los productos cosechados eran comercializados en la ciudad a lo largo del año, y estas edificaciones servían como espacios de almacenamiento, sin comodidades y de tipología sencilla con patio y portal. Según Mejía (2016), citado por Marín (2019), en las edificaciones de la época destacaba el adobe y cubierta de tejas, sin embargo, la mayoría de terrenos de la zona estaban sin edificar ya que servían para la cosecha.

Posteriormente, aproximadamente a mitad del siglo XX, las edificaciones tenían un uso mixto de vivienda y labores artesanas, además se encontraba cercana al área de comercio localizada en el núcleo de la ciudad (Albornoz, 2008). Hacia 1968 se empezó a compartir, en poca medida, la vivienda con el comercio. Es así como en este contexto se desarrolla un poco la comprensión de los usos previos y presentes en la “Casa Sánchez”. Esta edificación a lo largo de su existencia ha tenido un patrón que aún se conserva, respecto a algunos usos, como el de vivienda y de actividad comercial.

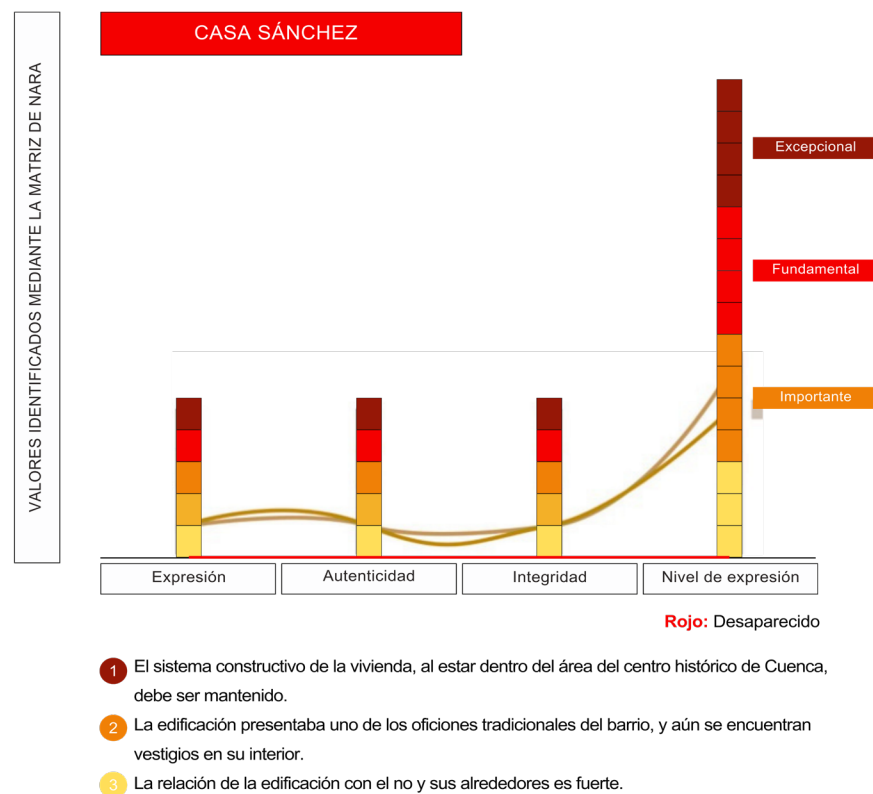
La edificación está ubicada cerca a la vía de San Sebastián en Molleturo y Guayaquil, donde se estaba experimentando un crecimiento urbano. En sus inicios, las vías cercanas a la edificación eran de tierra y contaban con veredas de piedra. La calle frontal de la casa, originalmente conocida como Vázquez de Noboa, luego como Rumiñahui y actualmente como Presidente Córdova, desempeña un papel primordial en la interacción de la vivienda con el resto del barrio “El Vado”.

2.3.1 Valores identificados:

Los valores identificados mediante la Matriz de Nara (Ver Anexo B), muestran que el sistema constructivo de la Casa Sánchez debe ser preservado debido a su ubicación en el centro histórico de Cuenca. La edificación sigue un método constructivo tradicional de la zona que, aunque común en los alrededores, contribuye a la percepción del centro de la ciudad en su conjunto. Asimismo, es importante mantener una estrecha relación entre la edificación y el río, así como su entorno inmediato, ya que se evidencia un vínculo estrecho con la configuración del barrio. Se debe priorizar la recuperación de los usos tradicionales, ya que el barrio “El

Vado” se destaca por ser uno de los pocos que aún conservan algunos de estos usos en la ciudad. Dentro de la edificación se encontraron vestigios de un horno, lo que resalta la importancia de resaltar este elemento en su restauración.

Figura 14. Valores Identificados de la aplicación de la Matriz de Nara de la “Casa Sánchez”.



Fuente y elaboración: Tip Conservación. Universidad de Cuenca, 2023.

UCUENCA

2.4 Evaluación energética actual de zonas de permanencia de la edificación patrimonial residencial.

2.4.1 Metodología

El propósito de esta metodología es evaluar el confort y la eficiencia energética en las áreas de permanencia, que comprenden la sala, la cocina/comedor y el dormitorio principal del objeto de estudio. Esto se logra mediante la realización de encuestas a los propietarios y la utilización del programa DesignBuilder para llevar a cabo simulaciones avanzadas y análisis energéticos y medioambientales

Los pasos incluyen establecer objetivos, encuestar a propietarios para comprender sus necesidades, crear modelos virtuales de viviendas para simulaciones detalladas, evaluar rendimiento energético y ambiental, comparar resultados de mediciones y simulaciones. Este enfoque integral permite tomar decisiones que incrementen el confort y la eficiencia energética en viviendas.

2.4.2 Encuesta

El objetivo de realizar una encuesta sobre los niveles de confort en una vivienda es evaluar la satisfacción de los propietarios, identificar las áreas de permanencia que se necesitan mejorar con estrategias Net-Zero, comprendiendo sus necesidades y preferencias.

Los resultados esperados:

- **Evaluación de satisfacción:** Obtener una medida general de la satisfacción de los propietarios con respecto al nivel de confort en su vivienda.
- **Identificación de áreas de mejora:** Identificar aspectos específicos en los que los propietarios podrían experimentar insatisfacción en su vivienda, como el aislamiento térmico, la iluminación natural y la calidad de aire.
- **Conocimiento de los costos de energía:** Obtener información sobre los costos mensuales de energía que los propietarios están pagando en sus viviendas, lo cual permitirá evaluar posteriormente la eficiencia del consumo energético.

Los resultados obtenidos:

1. ¿Qué tan cómodo te sientes en tu vivienda actual?
 Incómodo.
 Regular .
 Cómodo.

2. ¿La temperatura de tu vivienda es adecuada durante todo el año?
 Sí, siempre es agradable.
 No, en ciertos momentos se vuelve desagradable.

3. ¿La iluminación natural en tu vivienda es suficiente durante el día?
 Sí, hay una buena cantidad de luz natural.
 Ciertos espacios cuentan con luz natural, mientras otros no.
 No, es demasiado oscuro.

4. Si tu respuesta anterior fue que “Ciertos espacios cuentan con luz natural, mientras otros no” especifique los espacios.

Los espacios que no suele contar con luz natural son: dormitorios, cocina, comedor, vestíbulo de acceso y baños.

5. ¿La calidad del aire dentro de tu vivienda es adecuada?
 Sí, siempre se siente fresco y limpio.
 No, hay problemas de humedad, contaminación o malos olores.

6. ¿Estás satisfecho/a con los costos de energía en tu vivienda patrimonial?
 Sí, son razonables y acordes a mi consumo.
 No, considero que son demasiado altos.

7. ¿Cuánto pagas aproximadamente de luz al mes en tu vivienda patrimonial?
 Menos de \$30 .
 Entre \$30 y \$80 .
 Más de \$80.

8. ¿En general, te sientes satisfecho/a con el nivel de confort de tu vivienda?

- Sí estoy muy satisfecho .
- No, hay aspectos que deben mejorar.

Los resultados de la encuesta realizada, revelan un panorama revelador sobre varias deficiencias presentes en la vivienda. Específicamente, se destaca la ausencia de luz natural en varios espacios interiores, siendo este problema más notable en la fachada de la vivienda, donde las ventanas presentan dimensiones reducidas (Fig 15). Esta limitación en la entrada de iluminación natural se ve agravada debido a la presencia del smog en esta zona, lo que afecta negativamente la calidad del aire interior.

Figura 15. Fachada frontal de la “Casa Sánchez”, evidenciando fuentes de luz y ventilación.

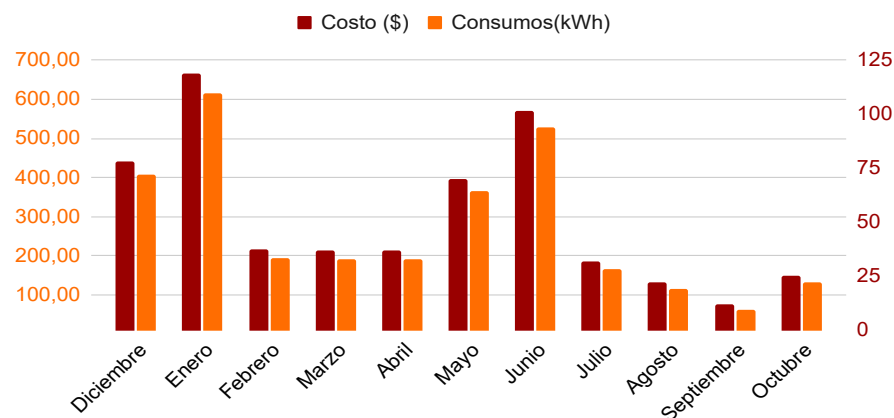


Fuente y elaboración: Propia, 2023.

La encuestada también expresó que, a pesar de las épocas en las que existen condiciones soleadas en el exterior, la temperatura interior del objeto de estudio, suele mantenerse en niveles fríos en la mayoría de los casos. Otro aspecto de preocupación, son los elevados costos en la factura eléctrica (Fig 16). Aunque la propietaria desconoce las razones detrás de estos altos costos, se piensa que podrían estar relacionados con el uso de un tanque de oxígeno para atender las necesidades de su hija, así como con una cama eléctrica de hospital debido a la dis-

capacidad de su esposo. Estas necesidades médicas podrían estar contribuyendo al aumento en el consumo energético, lo que a su vez impacta en los gastos.

Figura 16. Gráfico de barras del consumo eléctrico anual del objeto de estudio.



Fuente y elaboración: Propia, 2023.

2.5 Espacios de permanencia

Los espacios de permanencia son aquellas áreas dentro de una vivienda donde las personas no solo pasan períodos significativos de tiempo sino también llevan a cabo actividades cotidianas fundamentales, por lo que es fundamental provocar niveles de confort adecuado en estas zonas. Estos lugares, por lo general, engloban áreas comunes en la experiencia diaria de los habitantes del hogar. La encuesta previamente realizada permitió identificar de manera específica los espacios de permanencia de la edificación (Fig 17), destacando la sala, la cocina/comedor y el dormitorio principal como componentes clave.

Estos espacios se revelaron como fundamentales para la vida cotidiana de los ocupantes, sugiriendo que son considerados esenciales y prioritarios. Esta percepción podría influir significativamente en las decisiones relacionadas con el diseño, la distribución y el nivel de confort que se busca lograr en la vivienda. En consecuencia, la atención especial a estos espacios puede ser crucial para crear ambientes habitables y satisfactorios para los residentes.

UCUENCA

Figura 17. Zonificación espacios de permanencia en planta alta.



Fuente y elaboración: Propia, 2023.

2.5.1 Descripción de espacios

- **Sala:** Este espacio presenta una superficie de 24.68 m²; por lo que no exhibe deficiencias en cuanto a confort, a diferencia de otros lugares de permanencia. Se destaca como una zona bien iluminada, ya que al encontrarse en la fachada posterior, no se ve afectada por el smog ni la contaminación acústica presentes en la fachada frontal.

Figura 18. Espacio que conforma la sala del objeto de estudio.



Fuente y elaboración: Propia, 2023.

- **Cocina - comedor:** Este espacio con 30.68 m², exhibe algunas deficiencias en cuanto al confort, ya que es evidente la ausencia de luz natural. Los residentes optan por recurrir a la energía eléctrica, como lo indica la Figura 16, donde la luz siempre está encendida. Esta situación se debe a la carencia de ventanas propias en este espacio, ya que en su lugar, existen puertas que dan hacia balcones. Estos balcones están orientados directamente hacia la calle principal, donde se presenta smog y contaminación acústica debido al intenso tráfico vehicular.

Figura 19. Espacio que conforma la cocina - comedor del objeto de estudio.



Fuente y elaboración: Propia, 2023.

- **Dormitorio principal:** Este espacio con 33.07 m², donde los residentes de la vivienda pasan la mayor parte de su tiempo, refleja una carencia de confort. Se limita a contar con una única ventana que ilumina el dormitorio, sin embargo, la luz que emana es escasa debido a las dimensiones mínimas de la ventana. Esta insuficiencia lleva a los residentes a depender de la electricidad, durante el día y la noche, ya que la luz proveniente no logra satisfacer las necesidades de iluminación en todos los rincones del dormitorio.

Figura 20. Espacio que conforma el dormitorio principal del objeto de estudio.



Fuente y elaboración: Propia, 2023.

2.5.2 Materialidad

La edificación se compone de dos bloques distintos. El primero destaca por el uso predominante de adobe y madera, mientras que el segundo combina ladrillo y madera en su estructura. En el primer bloque, los cimientos y el subsuelo se compone con muros de piedra y ladrillo, mientras que la planta baja y alta presentan muros de adobe. Por otro lado, el segundo bloque se caracteriza por su estructura de madera y paredes de ladrillo.

- En cuanto a los pisos (Fig 21), la mayoría están contruidos con duela sobre una estructura de madera, mientras que en baños y áreas húmedas, especialmente en el subsuelo, se utilizan baldosas. El cielo raso se compone principalmente de placas de plywood, con presencia ocasional de estuco y tabla tapa junta en diversas áreas, colocar este tipo de cielo raso normalmente oscurece los espacios. Inicialmente, los pisos eran de ladrillo sobre una cama de barro con carrizos, pero este entrepiso colapsó, llevando a su sustitución. En la actualidad, este sistema tradicional de piso se conserva en dos áreas del subsuelo como contrapisos. En cuanto a los muros, los divisores de espacios originalmente eran de bahareque, pero tras la destrucción de los pisos, fueron reemplazados por elementos de ladrillo o madera.

Figura 21. Material de los pisos de la planta alta, del objeto de estudio.



Fuente y elaboración: Propia, 2023.

- La mayoría de los muros y paredes están revestidos con mortero y pintura (Fig 22). En la bodega del subsuelo, aún se pueden apreciar los muros de contención de piedra, mientras que en el resto de la planta, los muros de ladrillo son visibles bajo una capa de pintura.

Figura 22. Material de los muros de la planta alta, del objeto de estudio.



Fuente y elaboración: Propia, 2023.

- La edificación actualmente cuenta, con cuatro tipos de cielo rasos (Fig 23), teniendo un espacio adicional que no cuenta con la disposición de un cielo raso, por lo que se encuentra actualmente cubierto por plásticos en espera de su refacción. Contando en la mayoría de sus ambientes con un cielo raso de tipo 2.

Figura 23. Material de los cielos rasos de la planta alta, del objeto de estudio.



Fuente y elaboración: Propia, 2023.

- Las carpinterías de puertas y ventanas en su mayoría están compuestas por hojas y marcos de madera, vidrio y acero, este último con protección. No obstante, se identifica un pequeño conjunto de puertas construidas en una etapa posterior, utilizando materiales más contemporáneos como el acero. La edificación presenta una diversidad de puertas y ventanas, incluyendo cuatro tipologías de puertas y dos de ventanas en la planta de subsuelo. En el primer nivel, hay dos variedades de puertas y un tipo de ventanas, mientras que en el segundo nivel se pueden distinguir cuatro tipos de puertas y dos variedades de ventanas. (Tabla 2).



En cuanto al estado de las puertas y ventanas interiores (Tabla 3), en su mayoría se encuentran en buen estado, necesitando únicamente pequeñas modificaciones, como la aplicación de nuevas capas de pintura. Por otro lado, las carpinterías exteriores son las más afectadas, principalmente debido a factores externos como la lluvia y causas antrópicas.

Tabla 2. Carpintería de puertas en planta alta, del objeto de estudio.

CARPINTERÍA				
	TIPO	AMBIENTE	DESCRIPCIÓN	FOTOGRAFÍA
PUERTAS	P1	A2_01	Puerta con una hoja, metálica. Forma rectangular. Imposta con marco metálico y vidrio.	
	P2	A2_02 A2_05	Puerta con una hoja, de madera. forma rectangular.	
	P3	A2_03	Puerta corrediza. metálica, forma rectangular.	
	P4	A2_04 A2_05	Puerta doble con marco y hojas de madera. Forma rectangular.	

Fuente y elaboración: Propia, 2023.

Tabla 3. Carpintería de ventanas en planta alta, del objeto de estudio.

CARPINTERÍA				
	TIPO	AMBIENTE	DESCRIPCIÓN	FOTOGRAFÍA
VENTANAS	P1	A2_01	Puerta con una hoja, metálica. Forma rectangular. Imposta con marco metálico y vidrio.	
	P2	A2_02 A2_05	Puerta con una hoja, de madera. forma rectangular.	

Fuente y elaboración: Propia, 2023.

2.6 Simulación del estado actual de las zonas de permanencia de la vivienda en Design Builder

La simulación del estado actual de las zonas de permanencia en la vivienda, llevada a cabo mediante Design Builder, constituye un análisis meticuloso respaldado por parámetros extraídos de las normativas vigentes, particularmente de la NEC y la ISO. Este enfoque garantiza no solo el cumplimiento de los estándares actuales, sino también una evaluación detallada y precisa del rendimiento térmico y energético de las áreas de permanencia de la residencia.

La plataforma Design Builder posibilita una representación virtual minuciosa, abarcando aspectos cruciales como iluminación, temperatura y consumo energético en espacios esenciales como la sala, la cocina, el comedor y el dormitorio principal. La utilización de los parámetros establecidos por la NEC y la ISO, asegura una evaluación en línea con las normativas locales, proporcionando datos esenciales para elaborar propuestas que mejoren el confort y la eficiencia energética en la vivienda.

Esta simulación, respaldada por estándares normativos actualizados, no solo ofrece una visión precisa del estado actual de las zonas de permanencia, sino que también establece una base sólida para posibles ajustes y mejoras. De este modo, se busca optimizar el rendimiento térmico y energético de la vivienda, cumpliendo

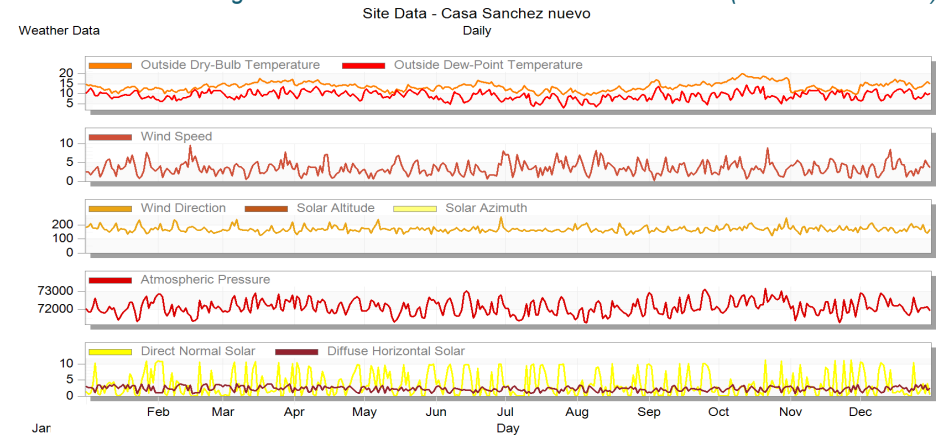
con los estándares normativos vigentes y promoviendo un entorno habitable más sostenible.

2.6.1 Parámetros empleados en la simulación

Para realizar una simulación del estado actual de la Casa Sánchez (Ver Anexo B), se necesita recopilar y especificar una serie de datos clave que impactan en el comportamiento y la eficiencia energética del espacio.

En primer lugar, se requieren datos climáticos precisos del área (Fig 24) donde se encuentra la Casa Sánchez. Estos datos incluyen temperaturas promedio, humedad, velocidad del viento y otros parámetros climáticos relevantes que influyen en la demanda de calefacción, refrigeración y ventilación del edificio.

Figura 24. Datos climáticos de la Casa Sánchez (Cuenca - Ecuador).



Fuente y elaboración: Design Builder, 2023.

Además, es esencial tener información detallada sobre las actividades que se llevan a cabo dentro de la vivienda.

Esto incluye el número de ocupantes (Tabla 4), sus patrones de comportamiento, las horas en las que ciertos espacios están ocupados o desocupados, así como el uso de dispositivos eléctricos, sistemas de iluminación, electrodomésticos y otros equipos que consumen energía.

Tabla 4. Densidad de ocupación de la vivienda.

DENSIDAD DE OCUPACIÓN			
Zona	Área (m ²)	Personas	Densidad (personas/m ²)
Sala	24,68	1	0,041
Cocina/Comedor	30,68	1	0,033
Dormitorio Principal	33,07	2	0,060

Fuente y elaboración: Propia, 2023.

Los horarios de ocupación y las actividades específicas (Tabla 5), tienen un impacto significativo en el consumo de energía y la carga térmica del edificio. Por ejemplo, los horarios de cocción en la cocina, el uso de sistemas de entretenimiento en la sala de estar o las horas de sueño en los dormitorios son aspectos importantes que deben considerarse para una simulación precisa.

Tabla 5. Horarios de ocupación de la vivienda.

HORARIO DE OCUPACIÓN DE LA VIVIENDA			
Lunes-Domingo	Área (m ²)	Personas	Densidad (personas/m ²)
21:00 - 6:00	0	0	0
6:00 - 8:00	0	1	1
8:00 - 10:00	1	0	0
10:00 - 12:00	0	2	2
12:00 - 17:00	1	0	0
17:00 - 21:00	0	2	2

Fuente y elaboración: Propia, 2023.

Los materiales de construcción (Tabla 6) juegan un papel crucial en el rendimiento energético y térmico del edificio. Design Builder permite incorporar datos detallados sobre los materiales utilizados en la construcción, incluyendo propiedades como conductividad térmica, capacidad de almacenamiento de calor, transmitancia térmica y otros parámetros que afectan la eficiencia energética.

Tabla 6. Propiedades de paquetes constructivo.

Elemento constructivo	Paquetes constructivos	Componentes	Espesor (cm)	Densidad (kg/m ³)	Conductividad (W/mK)	Factor-U (W/m ² K)
Paredes	Ladrillo sin revestimientos	Ladrillo	15	1920	0.72	2.79
	Ladrillo con revestimientos	Enlucido exterior	1	1300	0.5	2.55
		Ladrillo	15	1920	0.72	
		Enlucido interior	1	1760	0.72	
	Bloque de concreto	Enlucido exterior	1	1300	0.5	2.35
		Bloque de concreto	15	1040	0.62	
Techos	Adobe	Adobe	30	1440	0.76	2.26
	Losa Homigón	Hormigón armado	10	2400	2.3	4.7
	Teja	Teja de arcilla	2.5	2000	1	2.9
	Zinc	Zinc	0.6	7200	110	3.5
	Paja	Paja	2	270	0.09	2.8
	Fibrocemento	Panel de fibrocemento	0.6	1120	1	3.1
	Piso	Hormigón	Piedra	10	2880	3.49
Polietileno			0.04	920	0.33	
Hormigón			5	1800	1.35	
Tierra		Tierra apisonada	15	1885	1.1	3.3
Madera	Madera dura	1.5	1700	0.18	3.4	
Puerta	Metal	Acero	0.03	7800	50	3.124
		Aire (R0.15 m ² K/W)	0.1	-	-	
		Acero	0.03	7800	50	
	Madera sólida	Roble pintado	4.2	700	0.19	2.56
	Madera hueca	Plywood	0.6	700	0.15	2.5
Aire (R0.15 m ² K/W)		3	-	-		
Ventanas	Vidrio simple (3 mm)	Vidrio transparente	0.3	-	0.9	5.89
		Vidrio con lámina	0.3	-	0.9	3.84
	Vidrio simple LoE (e=0.2) (3)					

Fuente y elaboración: Nec, 2018.

Además, los datos sobre infiltraciones que son las fugas de aire no deseadas a través de grietas, ventanas, puertas u otras aberturas, son fundamentales para evaluar la hermeticidad del edificio. La cantidad de infiltraciones influye en la carga térmica del edificio, afectando la necesidad de calefacción y refrigeración.

Por lo que, se ha adoptado un valor de 15 cambios de aire por hora (ac/h), basándonos en el "Manual de hermeticidad al aire de edificaciones" (Tabla 7), ya que no existe un valor específico para el material de Adobe.

Tabla 7. Hermeticidad al aire promedio según materialidad predominante en la envolvente para la edificación habitacional.

Material	(ac / h)
Hormigón	9
Albañilería de ladrillo	12,8
Albañilería de ladrillo y estructura liviana	15
Madera	24,6
Otros materiales	10,2

Fuente: Manual de hermeticidad al aire de edificaciones, 2014.

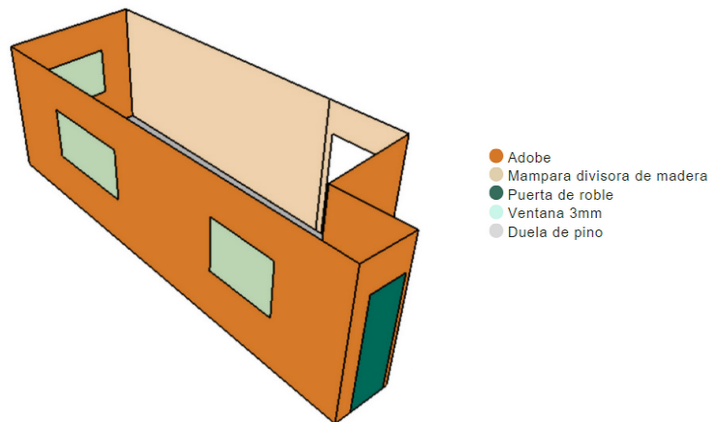
Elaboración: Autores, 2023.

Al combinar todos estos datos específicos y configurar los parámetros dentro de Design Builder, es posible realizar una simulación precisa del estado actual de los espacios de permanencia en la Casa Sánchez.

Ajustar estos parámetros con información actualizada y precisa permitirá obtener resultados más cercanos a la realidad, lo que permite la identificación de oportunidades para mejorar el confort de estos espacios y su eficiencia energética, con los estándares normativos vigentes y promoviendo un entorno habitable más sostenible.

2.6.2 Simulación zona de permanencia 1: Sala

Figura 25. Modelo 3D en Design Builder, zona de permanencia sala.



Fuente y elaboración: Propia, 2023.

Tabla 8. Parámetros de actividad configurados en el programa Design Builder según la actividad en la zona de permanencia sala.

ACTIVIDAD	
SALA	
Plantilla de actividad Plantilla Sector	Sala Espacios residenciales Estándar
Ocupación Densidad de ocupación (personas/m2)	0.0400
Actividad Factor (Hombres=1,00, Mujeres=0,85, Niños=0,75) Tasa de generación de CO2 (m3/s-W)	0.85 0.0000000382
Ropa Definición del horario de ropa Ropa de invierno (clo) Ropa de verano (clo) Ponderación de temperatura radiante de confort	Ropa genérica de invierno 1.00 0,50
Horario de velocidad del aire Generación y eliminación de contaminantes	Promedio de 1 zona Velocidad del aire predeterminada para cálculos de confort
Generación/eliminación de contaminantes Tasa de consumo (l/m2-día)	0.530
Temperaturas de consigna de calefacción Calefacción (°C) Calefacción reducida (°C)	21.0 12.0
Enfriamiento (°C) Retraso de enfriamiento (°C)	25.0 28.0

Fuente: Design Builder, 2023.

Elaboración: Propia, 2023.

Tabla 9. Parámetros de construcción configurados en el programa Design Builder según la construcción en la zona de permanencia sala.

CONSTRUCCIÓN	
SALA	
PAREDES Material: Adobe	
Conductividad (W/m-K)	0.5
Calor específico (J/kg-K)	850
Densidad (kg/m3)	1280
PAREDES Material: Ladrillo con revestimiento interior y exterior	
Conductividad (W/m-K)	0.5
Calor específico (J/kg-K)	850
Densidad (kg/m3)	1280
PISO Material: Duela de madera de pino	
Conductividad (W/m-K)	0.12
Calor específico (J/kg-K)	1289
Densidad (kg/m3)	650
CIELO RASO Material: Planchas de plywood	
Conductividad (W/m-K)	0.10
Calor específico (J/kg-K)	1880
Densidad (kg/m3)	450
VENTANAS Material: Vidrio 3mm	

Transmisión solar total (SHGC)	0.691
Transmisión solar directa	0.624
transmisión de luz	0.744
Valor U (W/m2-K)	5.89
VENTANAS Material: Aluminio	
Conductividad (W/m-K)	160
Calor específico (J/kg-K)	880
Densidad (kg/m3)	2800
PUERTAS Material: Roble	
Conductividad (W/m-K)	0.19
Calor específico (J/kg-K)	2390
Densidad (kg/m3)	700

Fuente: Design Builder, 2023.

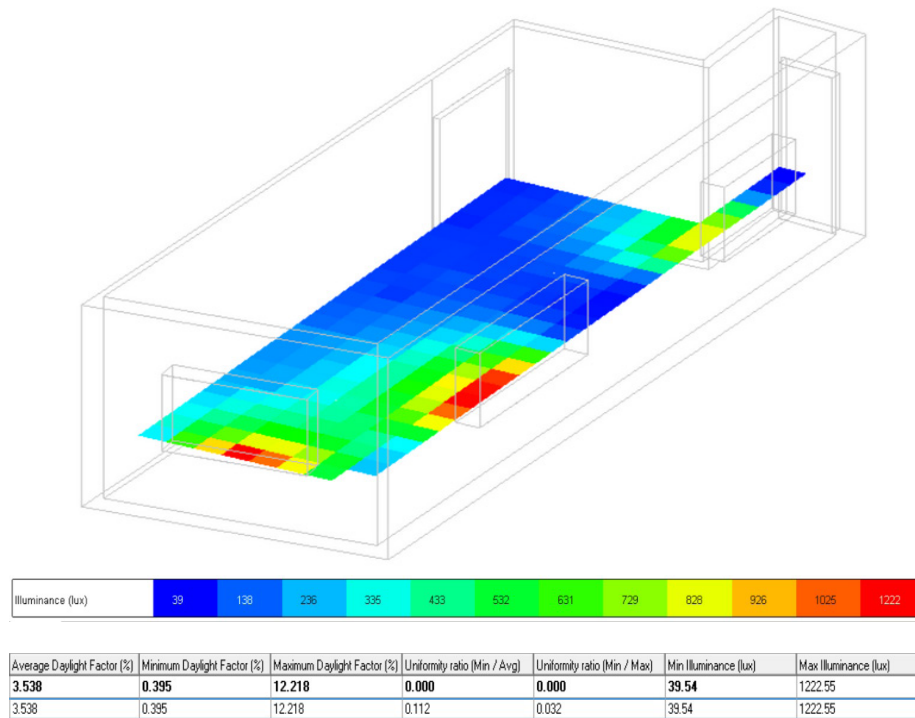
Elaboración: Propia, 2023.

• Simulación luminiscencia

La simulación de luminiscencia es un proceso computacional que modela y representa la emisión de luz por parte de materiales específicos bajo ciertas condiciones. Este enfoque implica la aplicación de principios físicos y matemáticos para describir cómo los materiales absorben energía, típicamente en forma de luz o radiación, y luego emiten luz como respuesta. La simulación puede abordar factores como la absorción de energía, la interacción de la luz incidente, la duración de la luminiscencia y el espectro de emisión, proporcionando así una representación virtual de cómo un material determinado se comportaría en términos de emisión de luz en diferentes contextos.

La simulación reveló que en esta zona específica, la mayor parte de la superficie se encuentra iluminada principalmente con luz natural y solo se observa escasa penumbra en ciertas partes del espacio.

Figura 26. Simulación lumínica en zona de permanencia sala.



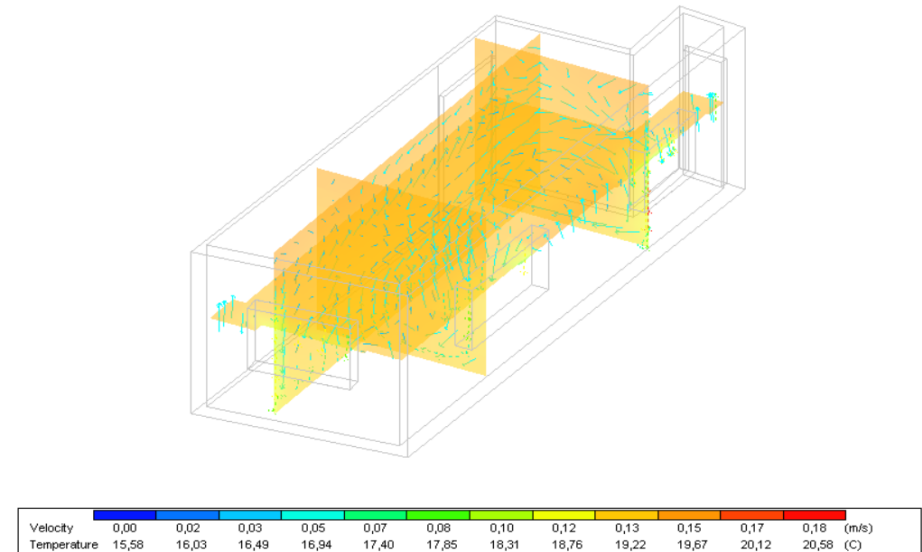
Fuente y elaboración: Design Builder, 2023.

• Simulación vientos

La simulación de vientos consiste en utilizar modelos matemáticos y computacionales para pronosticar y analizar el movimiento de las corrientes de aire en un entorno específico. Este proceso implica la entrada de datos como la topografía del terreno, la ubicación geográfica y las condiciones meteorológicas para calcular cómo el viento fluye alrededor de estructuras o paisajes.

En el interior de la sala, la temperatura varía entre 18.76°C y 19.67°C, teniendo en cuenta tanto la temperatura base como la influencia de los vientos presentes en el ambiente.

Figura 27. Simulación de velocidad interior de aire en zona de permanencia sala.



Fuente y elaboración: Design Builder, 2023.

• Simulación de temperatura

Según los datos proporcionados por Meteonorm, en la ciudad de Cuenca, el mes de agosto presenta las temperaturas más bajas. Por ende, se eligió este mes para la simulación en Design Builder con el fin de evaluar la temperatura. Al realizar un análisis detallado de la sala, se evidencia que el día más frío en Agosto es el 4, con una temperatura operativa registrada de 11.60°C.

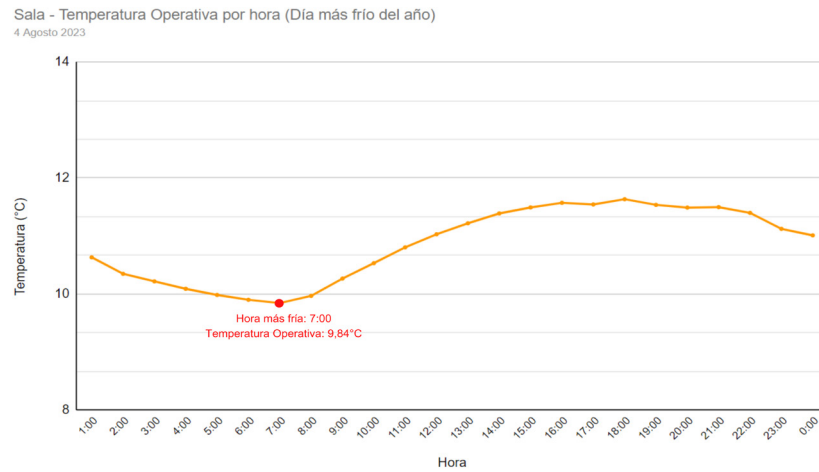
Además, se identifica que la hora más fría en este día es a las 7:00 a. m, con una temperatura de 9.84°C. En contraste, el día más cálido en Octubre es el 12, con una temperatura operativa registrada de 21.57°C. Asimismo, se observa que la hora más calurosa en este día se presenta a las 16:00 p. m, con una temperatura de 25.01°C.

Figura 28. Simulación de temperatura día más frío, zona de permanencia sala.



Fuente: Design Builder, 2023.
Elaboración: Autores, 2023.

Figura 29. Simulación de temperatura hora más frío, zona de permanencia sala.



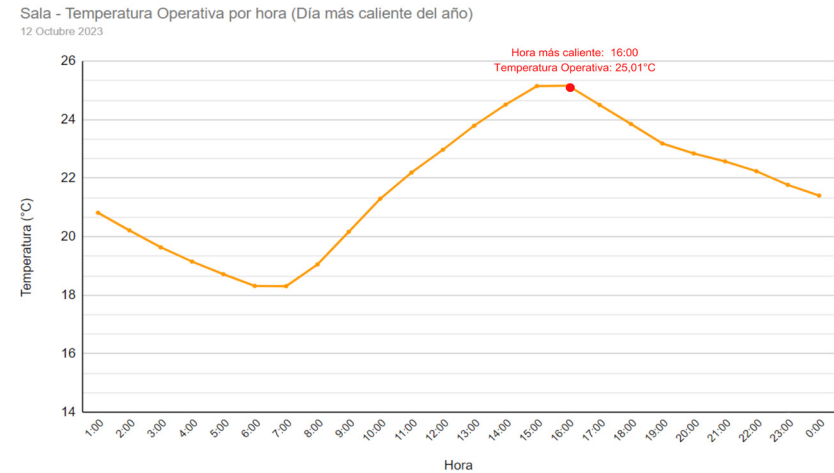
Fuente: Design Builder, 2023.
Elaboración: Autores, 2023.

Figura 30. Simulación de temperatura día más caliente, zona de permanencia sala.



Fuente: Design Builder, 2023.
Elaboración: Autores, 2023.

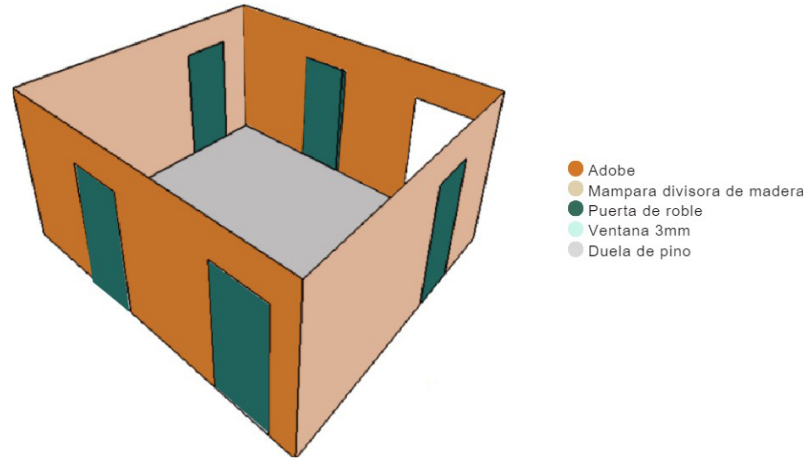
Figura 31. Simulación de temperatura hora más caliente, zona de permanencia sala.



Fuente: Design Builder, 2023.
Elaboración: Autores, 2023.

2.6.3 Simulación zona de permanencia 2: Cocina - comedor

Figura 32. Modelo 3D en Design Builder, zona de permanencia Cocina - comedor.



Fuente: DesignBuilder, 2023.

Elaboración: Propia, 2023.

Tabla 10. Parámetros de actividad configurados en el programa Design Builder según la actividad en la zona de permanencia cocina - comedor.

ACTIVIDAD	
COCINA-COMEDOR	
Plantilla de actividad Plantilla Sector	Cocina Doméstica Espacios residenciales Estándar
Ocupación Densidad de ocupación (personas/m2)	0.0320
Actividad Factor (Hombres=1,00, Mujeres=0,85, Niños=0,75) Tasa de generación de CO2 (m3/s-W)	Trabajo que implica caminar, etc. 0,85 0.0000000382

Ropa Definición del horario de ropa Ropa de invierno (clo) Ropa de verano (clo) Ponderación de temperatura radiante de confort	Ropa genérica de verano e invierno 1.00 0,50
Velocidad del aire Horario de velocidad del aire Generación y eliminación de contaminantes	Promedio de 1 zona Velocidad del aire predeterminada para cálculos de confort
Generación/eliminación de contaminantes Tasa de consumo (l/m2-día)	1.050
Temperaturas de consigna de calefacción Calefacción (°C) Calefacción reducida (°C)	18.0 12.0
Enfriamiento (°C) Retraso de enfriamiento (°C)	25.0 28.0

Fuente: Design Builder, 2023.

Elaboración: Propia, 2023.

Tabla 11. Parámetros de construcción configurados en el programa Design Builder según la construcción en la zona de permanencia cocina - comedor.

CONSTRUCCIÓN	
COCINA-COMEDOR	
PAREDES Material: Adobe	
Conductividad (W/m-K)	0.5
Calor específico (J/kg-K)	850
Densidad (kg/m3)	1280

MAMPARA DIVISORIA DE AMBIENTES Material: Madera	
Conductividad (W/m-K)	0.1
Calor específico (J/kg-K)	1880
Densidad (kg/m3)	450
PISO Material: Duela de madera de pino	
Conductividad (W/m-K)	0.12
Calor específico (J/kg-K)	1289
Densidad (kg/m3)	650
CIELO RASO Material: Tabla y tapajunta (madera de pino)	
Conductividad (W/m-K)	0.12
Calor específico (J/kg-K)	1289
Densidad (kg/m3)	650
PUERTAS Material: Roble	
Conductividad (W/m-K)	0.19
Calor específico (J/kg-K)	2390
Densidad (kg/m3)	700

Fuente: Design Builder, 2023.

Elaboración: Propia, 2023.

• Simulación luminiscencia

En el gráfico de luminiscencia se aprecia que el área de la cocina-comedor carece de una iluminación natural adecuada, principalmente por la falta de ventanas. Su única fuente de entrada de luz son dos balcones que dan a la calle Presidente Córdova, los cuales suelen mantenerse cerrados debido a la contaminación acústica y la presencia de smog. Por esta razón, este espacio depende casi exclusivamente de la luz artificial para su funcionamiento adecuado durante la mayor parte del tiempo. La luz proveniente del interior como se puede apreciar en la figura 33, es debido a un pasillo, que posee una mampara.

Figura 33. Simulación lumínica en zona de permanencia cocina comedor, en la hora mas caliente del día.

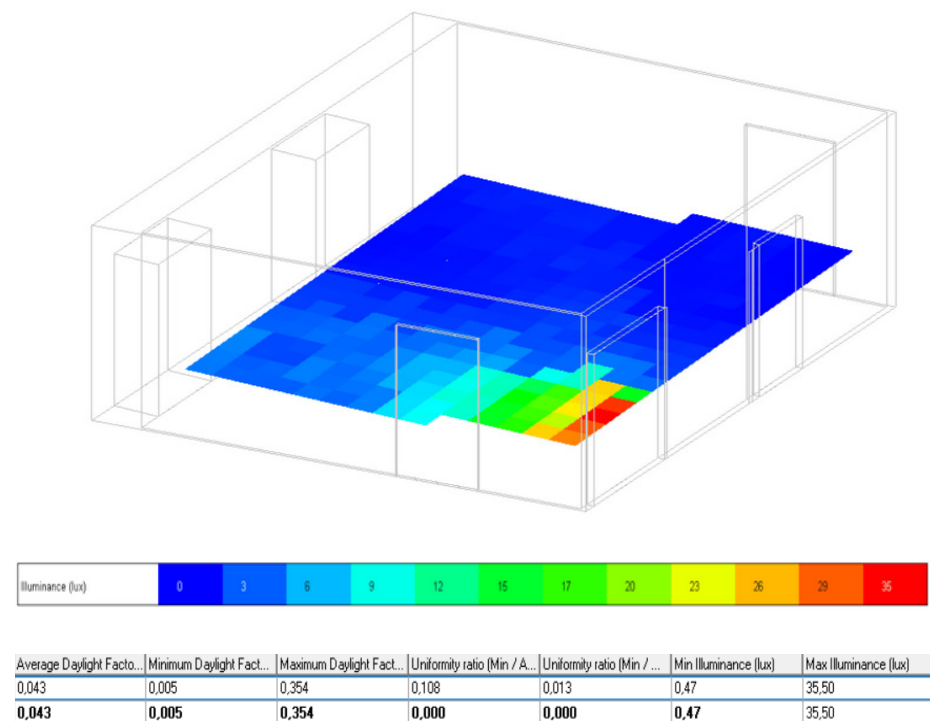
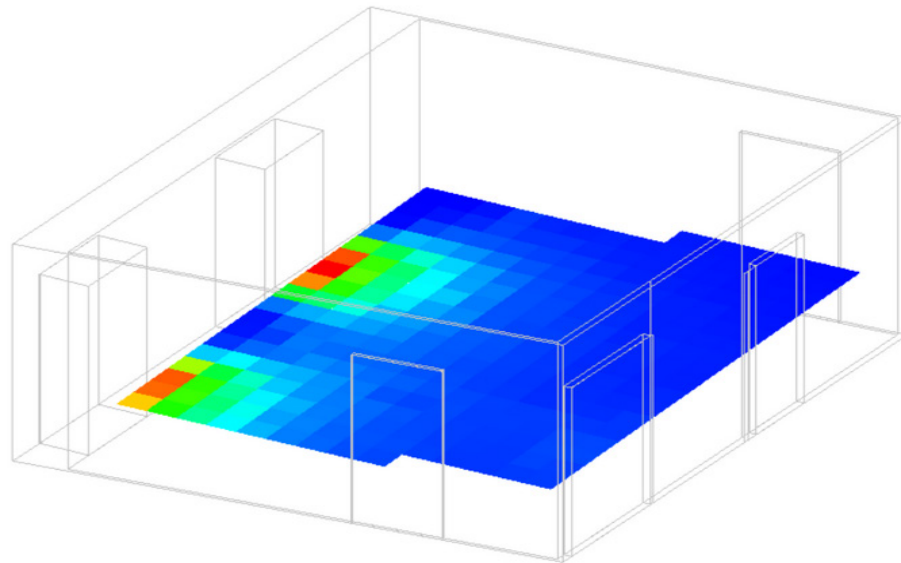


Figura 34. Simulación lumínica en zona de permanencia cocina comedor, en la hora mas caliente del día.



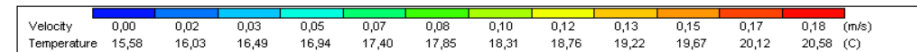
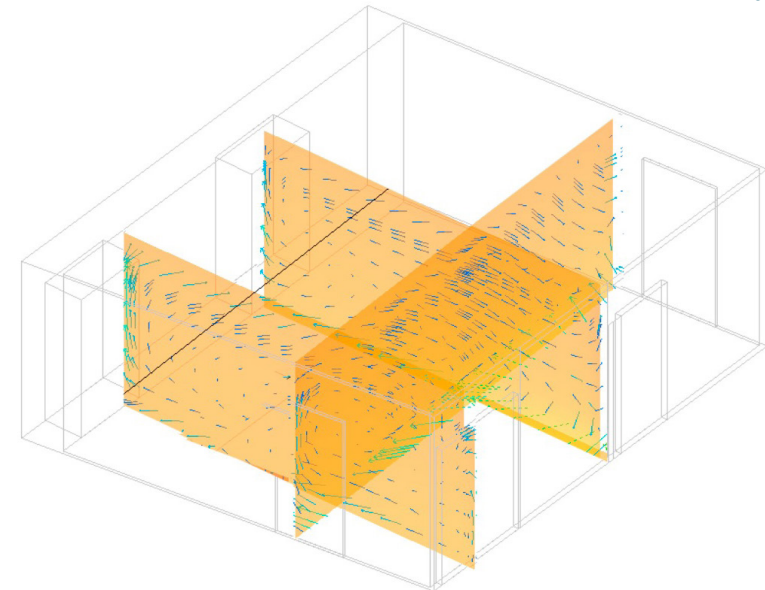
Average Daylight Factor (%)	Minimum Daylight Factor (%)	Maximum Daylight Factor (%)	Uniformity ratio (Min / Avg)	Uniformity ratio (Min / Max)	Min Illuminance (lux)	Max Illuminance (lux)
1.684	0.307	11.240	0.182	0.027	30.72	1125.34
1.684	0.307	11.240	0.000	0.000	30.72	1125.34

Fuente y elaboración: Design Builder, 2023.

• Simulación vientos

La cocina/comedor tiene una temperatura interior que revela un rango que oscila entre los 19.22°C y los 19.67°C, teniendo en cuenta tanto la temperatura base como la influencia de los vientos presentes en el ambiente.

Figura 35. Simulación de velocidad interior de aire en zona de permanencia cocina - comedor.



Fuente y elaboración: Design Builder, 2023.

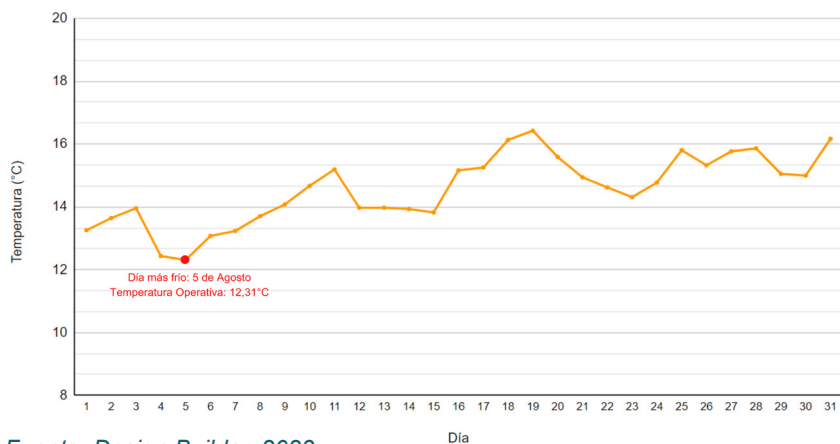
• Simulación de temperatura

Con respecto a la zona de la Cocina/comedor, también se tomó como referencia al mes más frío del año, al de Agosto y al mes más caliente, al de Octubre. Al realizar un análisis detallado de este espacio, se evidencia que el día más frío en Agosto es el 5, con una temperatura operativa registrada de 12.31°C.

Además, se identifica que la hora más fría en este día es a las 6:00 a.m, con una temperatura de 10.69°C. En contraste, el día más cálido en Octubre es el 12, con una temperatura operativa registrada de 21.52°C. Asimismo, se observa que la hora más calurosa en este día se presenta a las 15:00 p. m, con una temperatura de 25.96°C.

Figura 36. Simulación de temperatura día más frío, zona de permanencia cocina - comedor.

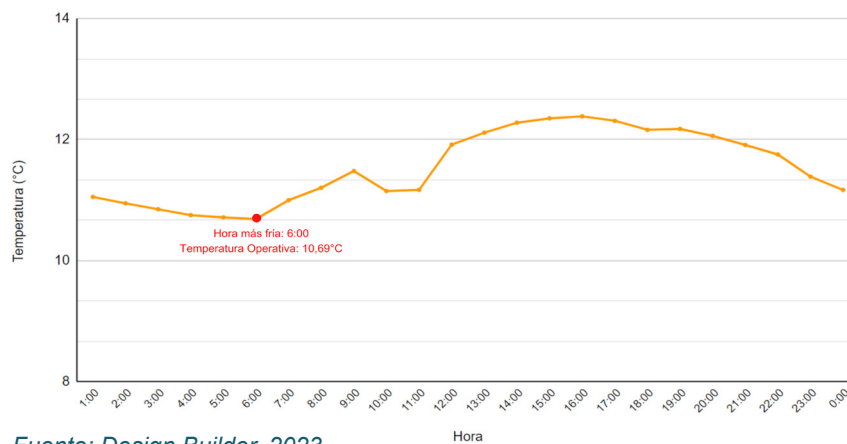
Cocina/Comedor - Temperatura Operativa (Mes más frío del año)
1-31 Agosto 2023



Fuente: Design Builder, 2023.
Elaboración: Autores, 2023.

Figura 37. Simulación de temperatura hora más frío, zona de permanencia cocina - comedor.

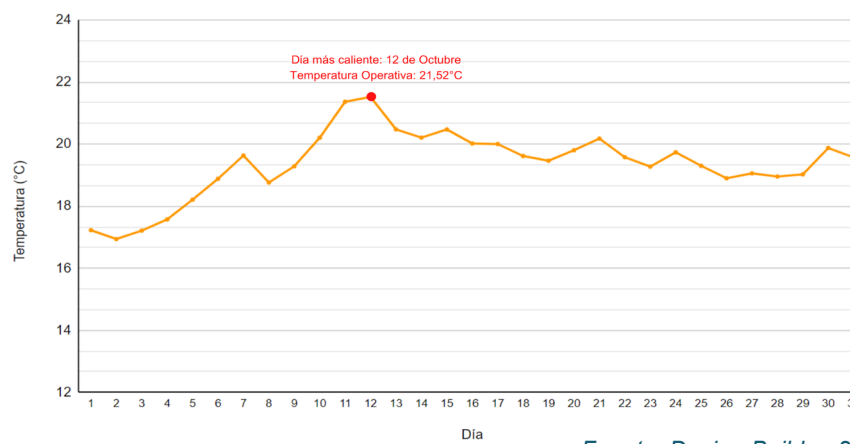
Cocina/Comedor - Temperatura Operativa por hora (Día más frío del año)
5 Agosto 2023



Fuente: Design Builder, 2023.
Elaboración: Autores, 2023.

Figura 38. Simulación de temperatura día más caliente, zona de permanencia cocina - comedor.

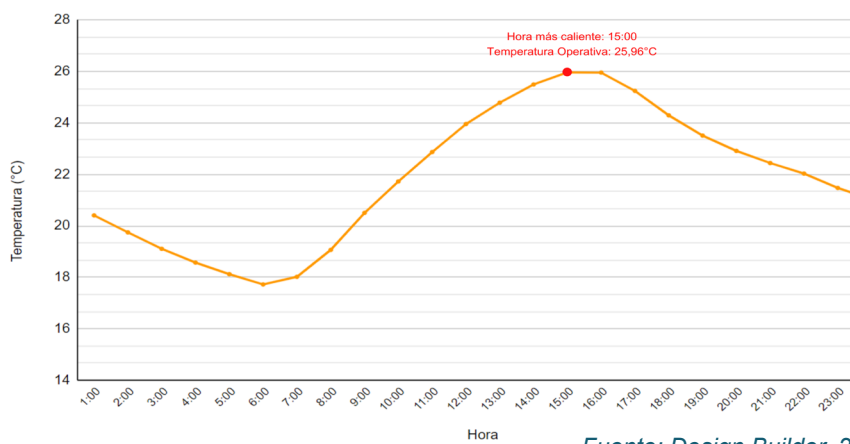
Cocina/Comedor - Temperatura Operativa por día (Mes más caliente del año)
1-31 Octubre 2023



Fuente: Design Builder, 2023.
Elaboración: Autores, 2023.

Figura 39. Simulación de temperatura hora más caliente, zona de permanencia cocina - comedor.

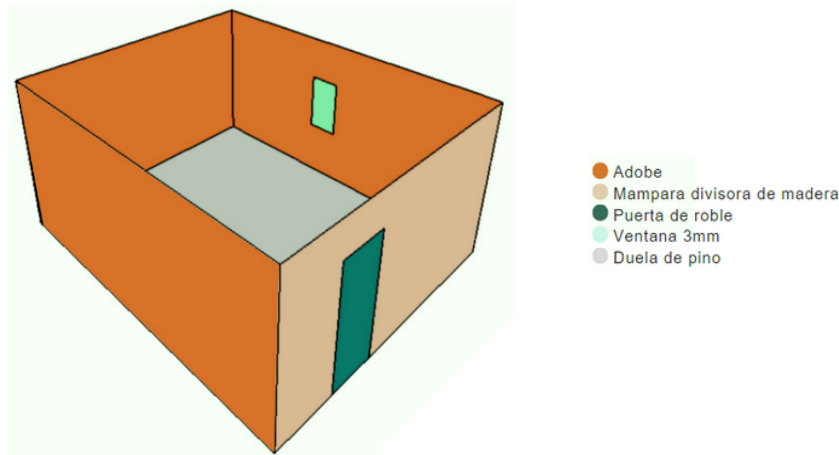
Cocina/Comedor - Temperatura Operativa por hora (Día más caliente del año)
12 Octubre 2023



Fuente: Design Builder, 2023.
Elaboración: Autores, 2023.

2.6.4 Simulación zona de permanencia 3: Dormitorio principal

Figura 40. Modelo 3D en Design Builder, zona de permanencia dormitorio principal.



Fuente: Design Builder, 2023.

Elaboración: Propia, 2023.

Tabla 12. Parámetros de actividad configurados en el programa Design Builder según la actividad en la zona de permanencia dormitorio principal.

ACTIVIDAD	
DORMITORIO PRINCIPAL	
Plantilla de actividad Plantilla Sector	Dormitorio Doméstico Espacios residenciales Estándar
Ocupación Densidad de ocupación (personas/m2)	0.0600 Permanencia
Actividad Factor (Hombres=1,00, Mujeres=0,85, Niños=0,75) Tasa de generación de CO2 (m3/s-W)	Dormitorio (vivienda) 0,93 0.0000000382

Ropa Definición del horario de ropa Ropa de invierno (clo) Ropa de verano (clo) Ponderación de temperatura radiante de confort	Ropa genérica de invierno 1.00 0.50
Horario de velocidad del aire Generación y eliminación de contaminantes	Promedio de 1 zona Velocidad del aire predeterminada para cálculos de confort
Generación/eliminación de contaminantes Tasa de consumo (l/m2-día)	0.530
Temperaturas de consigna de calefacción Calefacción (°C) Calefacción reducida (°C)	18.0 12.0
Enfriamiento (°C) Retraso de enfriamiento (°C)	25.0 28.0

Fuente: Design Builder, 2023.

Elaboración: Propia, 2023.

Tabla 13. Parámetros de construcción configurados en el programa Design Builder según la construcción en la zona de permanencia dormitorio principal.

CONSTRUCCIÓN	
DORMITORIO PRINCIPAL	
PAREDES Material: Adobe	
Conductividad (W/m-K)	0.5
Calor específico (J/kg-K)	850
Densidad (kg/m3)	1280

MAMPARA DIVISORIA DE AMBIENTES Material: Madera	
Conductividad (W/m-K)	0.1
Calor específico (J/kg-K)	1880
Densidad (kg/m3)	450
PISO Material: Duela de madera de pino	
Conductividad (W/m-K)	0.12
Calor específico (J/kg-K)	1289
Densidad (kg/m3)	650
CIELO RASO Material: Yeso cartón	
Conductividad (W/m-K)	0.25
Calor específico (J/kg-K)	1000
Densidad (kg/m3)	900
VENTANAS Material: Vidrio 3mm	
Transmisión solar total (SHGC)	0.691
Transmisión solar directa	0.624
transmisión de luz	0.744
Valor U (W/m2-K)	5.89

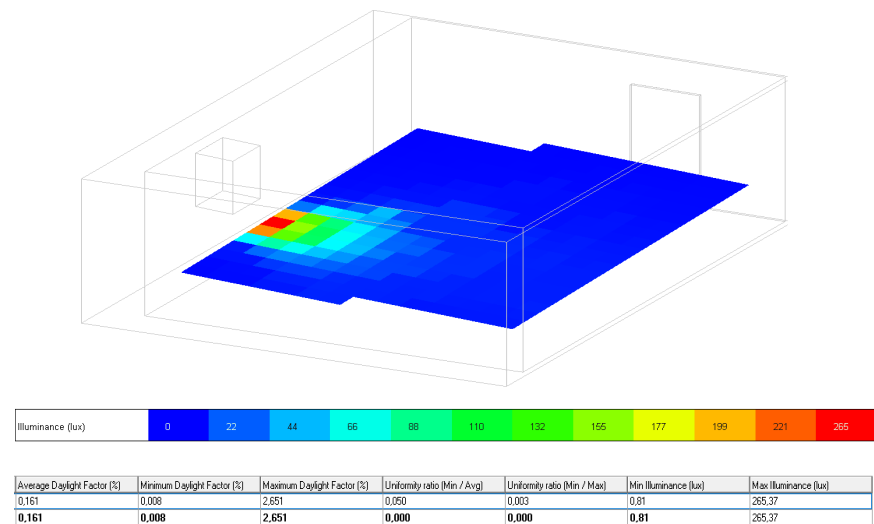
PUERTAS Material: Roble	
Conductividad (W/m-K)	0.19
Calor específico (J/kg-K)	2390
Densidad (kg/m3)	700

Fuente: Design Builder, 2023.
 Elaboración: Propia, 2023.

• Simulación luminiscencia

El análisis de luminiscencia revela una deficiencia en cuanto a la iluminación natural en el dormitorio principal. Esta falta se atribuye principalmente a la presencia de una única ventana de dimensiones reducidas. Esta limitación en la entrada de luz natural crea una dependencia de la iluminación artificial para asegurar un funcionamiento óptimo en este espacio.

Figura 41. Simulación lumínica en zona de permanencia dormitorio principal.

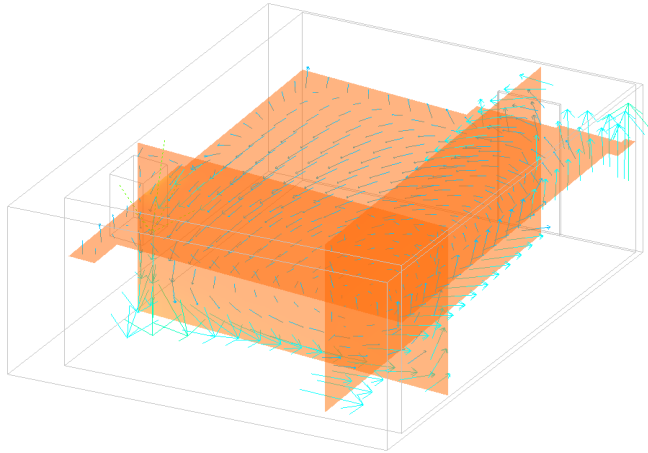


Fuente y elaboración: Design Builder, 2023.

• Simulación vientos

La temperatura en el interior de la sala revela un rango que oscila entre los 19.67°C y los 20.12°C, teniendo en cuenta tanto la temperatura base como la influencia de los vientos presentes en el ambiente.

Figura 42. Simulación de velocidad interior de aire en zona de permanencia dormitorio principal.



Velocity	0,00	0,01	0,03	0,04	0,05	0,07	0,08	0,09	0,10	0,12	0,13	0,14	(m/s)
Temperature	15,58	16,03	16,49	16,94	17,40	17,85	18,31	18,76	19,22	19,67	20,12	20,58	(C)

Fuente y elaboración: Design Builder, 2023.

• Simulación de temperatura

Al igual que en las otras dos zonas, para el dormitorio, se tomó al mes más frío del año, al de Agosto y al mes más caliente, al de Octubre. En el análisis específico de este espacio, se muestra que el día más frío del mes de Agosto es el 4, con una temperatura operativa registrada de 11.14°C.

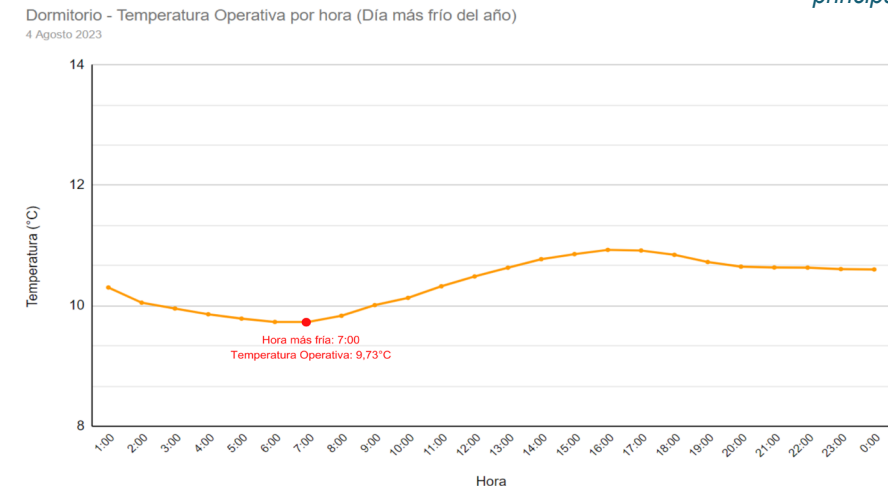
Además, se identifica que la hora más fría en este día ocurre a las 7:00 a.m con una temperatura de 9.73°C. En contraste, el día más cálido en Octubre es el 12, con una temperatura operativa registrada de 20.56°C. Asimismo, se observa que la hora más calurosa en este día se presenta a las 16:00 p. m, con una tempera-

Figura 43. Simulación de temperatura día más frío, zona de permanencia dormitorio principal.



Fuente: Design Builder, 2023.
Elaboración: Autores, 2023.

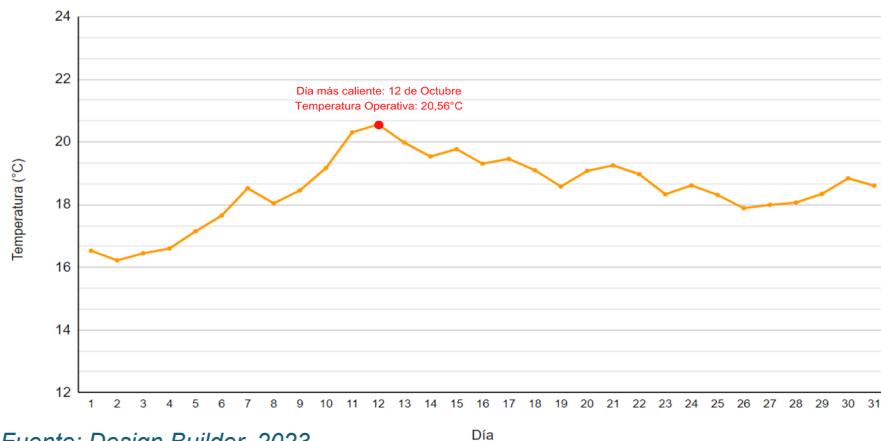
Figura 44. Simulación de temperatura hora más frío, zona de permanencia dormitorio principal.



Fuente: Design Builder, 2023.
Elaboración: Autores, 2023.

Figura 45 Simulación de temperatura día más caliente, zona de permanencia dormitorio principal.

Dormitorio - Temperatura Operativa por día (Mes más caliente del año)
1-31 Octubre 2023

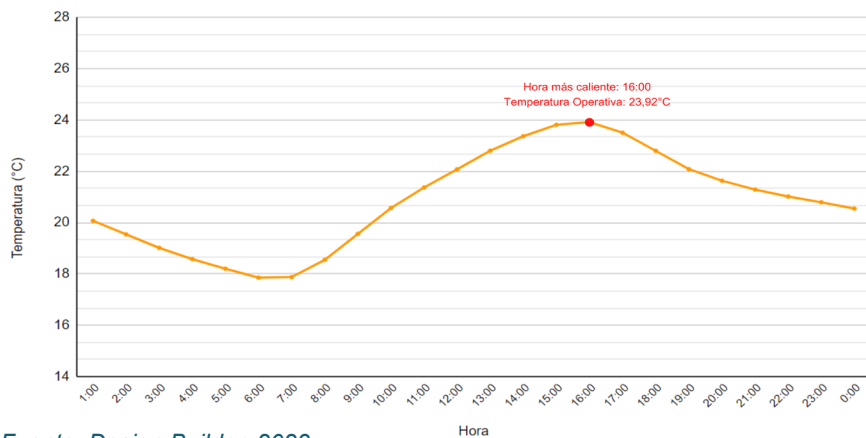


Fuente: Design Builder, 2023.

Elaboración: Autores, 2023.

Figura 46. Simulación de temperatura hora más caliente, zona de permanencia dormitorio principal.

Dormitorio - Temperatura Operativa por hora (Día más caliente del año)
12 Octubre 2023



Fuente: Design Builder, 2023.

Elaboración: Autores, 2023.

2.6.5 Discusión sobre resultados del estado actual de objeto de estudio.

Como resultado evidente de las simulaciones realizadas en las tres áreas de permanencia de la edificación Casa Sánchez mediante el programa Design Builder, se destaca que tanto la cocina-comedor como el dormitorio principal son las zonas con mayores niveles de incomodidad, mientras que la sala exhibió un grado de incomodidad ligeramente menor.

Estos resultados son fundamentales para el propósito de desarrollar estrategias específicas que mejoren la comodidad en estas áreas identificadas como menos confortables. Las simulaciones, que incluyen análisis detallados de vientos, iluminancia y temperatura, son esenciales para comprender cómo fluye el aire alrededor de la edificación, identificar áreas propicias para la ventilación natural y mejorar la circulación del aire. Además, proporcionan una visión crucial sobre cómo interactúa la luz natural, ayudando a reconocer zonas que podrían mejorar con una mayor iluminación y estrategias de sombreado.

Por lo que, estas simulaciones proporcionan una perspectiva completa de la situación actual de la vivienda, permitiendo mejorar la sostenibilidad, el confort y la eficiencia energética del espacio habitable, un enfoque esencial para abordar los desafíos contemporáneos en el diseño arquitectónico.



CAPÍTULO 03

IMPLEMENTACIÓN DE ESTRATEGIAS ENERGÉTICAS NET-ZERO EN OBJETO DE ESTUDIO.

3.1 Identificación de las estrategias activas y pasivas necesarias para alcanzar el estándar energético Net-Zero.

En el campo de la arquitectura actual, la eficiencia energética ha adquirido un papel fundamental en la planificación y diseño de entornos habitables. Este enfoque se traduce en la implementación de estrategias específicas que buscan reducir el consumo de energía en edificaciones, aportando tanto a la sostenibilidad ambiental como al bienestar de sus ocupantes. Dentro de este contexto, existen dos enfoques clave: las estrategias pasivas y las estrategias activas.

“Las estrategias pasivas son lineamientos para el diseño arquitectónico, que responden a las formas de protección del clima adoptadas en el planeamiento de la edificación, y tienen como fin primordial contrarrestar el rigor del medio físico circundante. Generalmente las estrategias pasivas están determinadas por la influencia de dos parámetros climáticos fundamentales, como son la temperatura de bulbo seco y la humedad relativa”(García, 2013).

Las estrategias activas en el diseño arquitectónico son aquellas que dependen de componentes mecánicos, eléctricos o tecnológicos para funcionar y mejorar la eficiencia energética o las condiciones de confort en un edificio. Estos sistemas suelen requerir energía adicional para operar y pueden incluir tecnologías como sistemas de calefacción, ventilación, aire acondicionado, iluminación artificial avanzada, paneles solares con seguimiento, entre otros.

En el caso de una edificación patrimonial, la implementación de estrategias activas puede ser problemática debido a las restricciones impuestas por la preservación de la arquitectura original. Estas construcciones históricas suelen estar protegidas por regulaciones estrictas que limitan las modificaciones estructurales que puedan afectar su valor.

Por lo tanto, en una edificación patrimonial, se prefiere utilizar estrategias pasivas que respeten la integridad arquitectónica y minimicen las intervenciones invasivas. Entre estas estrategias se incluye el uso de vidrio de cámara, la optimización de la envolvente para minimizar las infiltraciones, así como la maximización de la luz solar natural para iluminar los espacios interiores. Estas prácticas no generan cambios significativos en la apariencia ni en la estructura histórica del edificio.

UCUENCA

3.1.1 Estrategias pasivas empleadas:

La residencia Casa Sánchez, al ser evaluada desde la perspectiva de su envolvente térmica, muestra claramente que las carencias se encuentran en las aberturas, siendo estas las principales responsables del malestar térmico experimentado. En consecuencia, se proponen estrategias específicas que buscan mejorar estas condiciones, enfocándose en soluciones de tipo pasivo. La atención se dirige hacia mejoras que pueden implementarse en una construcción ya existente, sin afectar la disposición ni la estructura actual de la casa. Esta elección se alinea con la adopción de estrategias pasivas para potenciar el confort térmico de la Casa Sánchez, promoviendo la eficiencia energética y el bienestar de los ocupantes sin recurrir a soluciones mecánicas que alteren la esencia del edificio con los estándares normativos vigentes y promoviendo un entorno habitable más sostenible.

- **Control de infiltraciones en ventanas:** La reducción de infiltraciones en las ventanas (Fig 47) de una edificación patrimonial es fundamental para mejorar su eficiencia energética sin afectar su valor histórico. Este procedimiento involucra una revisión de cada ventana y sus marcos con el propósito de detectar grietas o aberturas por donde podría entrar el aire. Después, se utilizan selladores especializados que respetan la estructura original con el fin de evitar posibles filtraciones de aire

En la Casa Sánchez, se decidió abordar el control de infiltraciones al descubrir que las ventanas presentaban marcos propensos a filtraciones de aire, lo que presumimos está causando la pérdida de calor dentro de los espacios, generando ambientes fríos de manera recurrente.

Figura 47. ¿Cómo sellar ventanas?



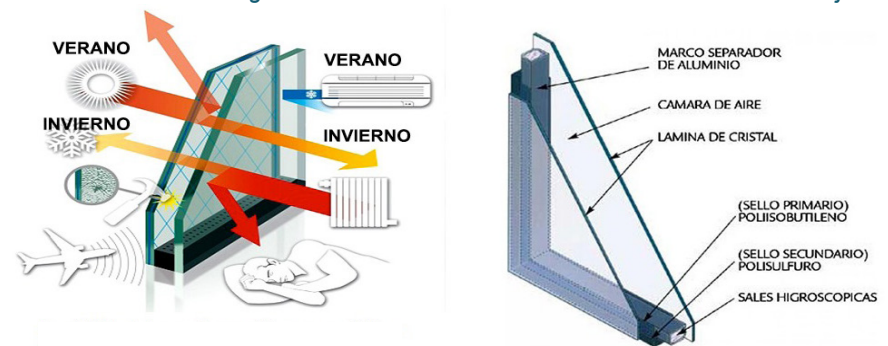
Fuente y elaboración: Sika, 2022.

- **Vidrio Cámara:** El vidrio de cámara (Fig 48) es una tecnología de vidrio compuesta por dos o más paneles de vidrio separados por un espacio vacío o gasinerte. Esta configuración crea una capa de aire aislante entre los paneles, lo que ayuda a reducir el intercambio de calor entre el interior y la parte exterior de un edificio. Esta tecnología se utiliza en ventanas y puertas para mejorar el aislamiento térmico y acústico, manteniendo una temperatura más constante en el interior y disminuyendo la entrada de ruido desde el exterior. El tubo, con superficies altamente reflectantes, dirige la luz hacia el interior, donde un difusor la distribuye uniformemente en la habitación. Esta solución tubular ofrece una forma eficiente y sostenible de aprovechar la luz natural en áreas donde las ventanas convencionales no son viables, mejorando la iluminación interior y reduciendo la necesidad de iluminación artificial.

En el contexto de la Casa Sánchez, se ha escogido emplear esta alternativa para mejorar la envolvente de los espacios de permanencia. Esta solución funciona como un eficaz aislante térmico, reduciendo la pérdida de calor durante los inviernos en el clima ecuatorial andino, manteniendo así una temperatura interna más constante y confortable.

Además, actúa como aislante acústico, disminuyendo el impacto sonoro generado por el tráfico vehicular intenso, considerando la ubicación de la edificación en una vía con alto flujo vehicular. Utilizar vidrios cámara no solo conserva la estética original, sino que también reduce los costos de energía y mejora el confort interior al minimizar corrientes de aire y condensación. Todo esto se logra sin comprometer la integridad arquitectónica del edificio histórico.

Figura 48. Vidrios Cámaras Cristales en Cristalería Cerrajería.



Fuente y elaboración: Castro SAU, 2018.

UCUENCA

- **Ducto de luz:** El ducto de luz en cubierta de viviendas (Fig 49), específicamente en su variante tubular, es un dispositivo diseñado para captar la luz natural desde la parte superior de un edificio y canalizarla hacia el interior de los espacios internos. Este sistema consta de un tubo reflectante que se extiende desde la cubierta hasta el interior de la vivienda, con una abertura transparente en el techo para capturar la luz.

El tubo, con superficies altamente reflectantes, dirige la luz hacia el interior, donde un difusor la distribuye uniformemente en la habitación. Esta solución tubular ofrece una forma eficiente y sostenible de aprovechar la luz natural en áreas donde las ventanas convencionales no son viables, mejorando la iluminación interior y reduciendo la necesidad de iluminación artificial.

Figura 49. Luz natural sin electricidad a través de un tubo solar.



Fuente y elaboración: NCYT Amazings, 2021.

3.1.2 Estrategias activas empleadas:

Para el estándar Net-Zero, en localidades ecuatoriales andinas en altura media, el requerimiento bajo o nulo para ambientación implica que las demandas de energía se concentren en iluminación artificial, electrodomésticos o equipos electrónicos, agua caliente sanitaria y cocción. Estas demandas pueden ser cubiertas con electricidad de procedencia fotovoltaica y solar térmica en cualquier lugar en esta latitud (Zalamea & Barragán, 2021).

Con respecto al caso de la “Casa Sánchez”, en las facturas eléctricas de la vivienda es evidente la gran demanda de luz que requiere la edificación, por lo que se podría considerar la instalación de paneles fotovoltaicos para poder solventar los gastos. Se sabe que los paneles fotovoltaicos son una inversión futura que se recupera en el transcurso de unos 5 años en promedio.

Con el objetivo de preservar la integridad arquitectónica del patrimonio edificado, se ha decidido instalar los paneles fotovoltaicos en el bloque adicional de la estructura, previamente mencionado en la historia de la vivienda como un bloque sin valor significativo. Estos paneles se ubicarán discretamente en la cubierta de fibrocemento, minimizando así su visibilidad y asegurando que su instalación no afecte la conservación del edificio

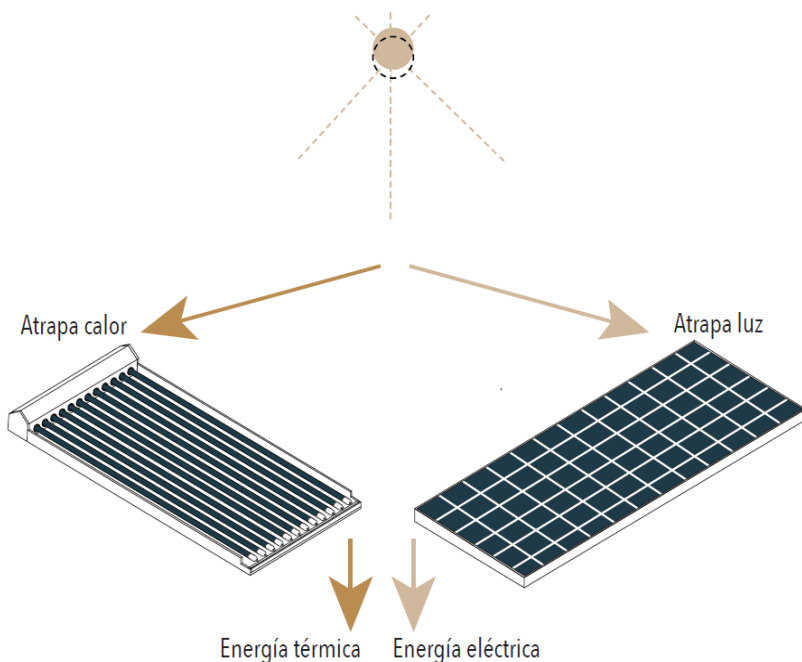
- **Paneles fotovoltaicos:** Los paneles fotovoltaicos (Fig 50) son dispositivos tecnológicos diseñados para captar la luz solar y convertirla directamente en electricidad mediante el efecto fotovoltaico. Este fenómeno se basa en la capacidad de ciertos materiales semiconductores, como el silicio, para generar una corriente eléctrica cuando son expuestos a la luz solar.

Los paneles fotovoltaicos son una tecnología clave en sistemas de energía solar, aprovechando una fuente de energía renovable y sostenible para generar electricidad. Se utilizan comúnmente en aplicaciones residenciales, comerciales e industriales, así como en proyectos a gran escala, como parques solares. La adopción de paneles fotovoltaicos contribuye significativamente a la transición hacia una matriz energética más limpia y sostenible al reducir la dependencia de fuentes de energía no renovables y disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero.

UCUENCA

La estructura básica de un panel fotovoltaico consiste en celdas solares interconectadas. Estas celdas solares están compuestas por capas de materiales semiconductores. Cuando los fotones de la luz solar golpean estas células, liberan electrones en el material, generando así una corriente eléctrica. Esta corriente continua (CC) generada por cada celda se recoge y se convierte en corriente alterna (CA) mediante un inversor, haciéndola compatible con el suministro eléctrico convencional de una vivienda o instalación.

Figura 50. Colectores solares térmicos y fotovoltaicos. Tipología energética.



Fuente: *Arquitectura Sol y Energía*, 2021.

Elaboración: *Zalamea & Barragán*, 2021.

3.2 Implementación de estrategias pasivas en objeto de estudio.

3.2.1 Propuesta en zona de permanencia 1: Sala.

Con el propósito de preservar la integridad patrimonial, se ha optado por estrategias pasivas en la propuesta de renovación de espacios. Específicamente en la sala, se contempla el reemplazo de vidrios de 3mm por vidrios cámara doble claro 3mm/13mm de aire, junto con el sellado de posibles infiltraciones en las ventanas para reducir la tasa de infiltraciones de 15 ac/h a 7,5 ac/h.

Es importante señalar que, en este espacio en particular, los cambios implementados no han sido tan significativos. Esta decisión se fundamenta en el análisis realizado mediante la simulación actual, el cual indicó que las deficiencias presentes en este lugar no eran tan evidentes en comparación con las otras zonas estudiadas.

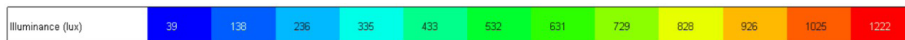
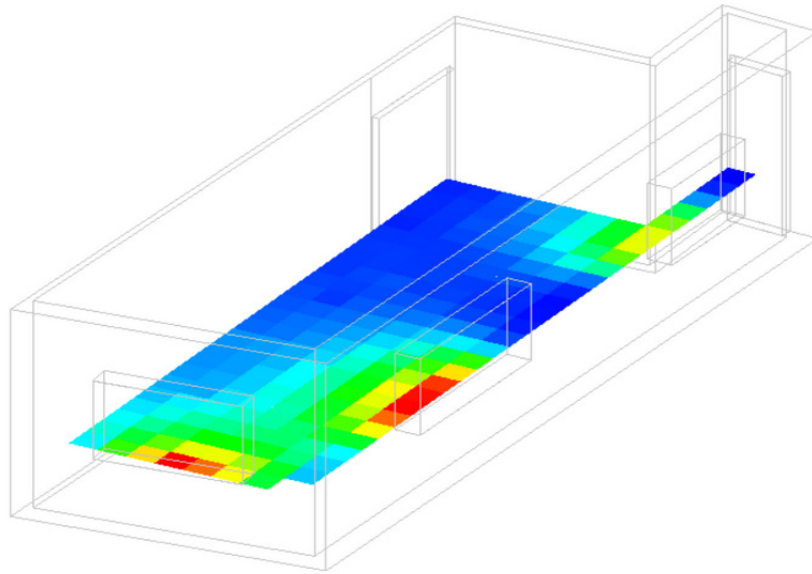
Tabla 14. Parámetros configurados para la propuesta en el programa Design Builder según la actividad en la zona de permanencia sala.

SALA			
ACTUAL		PROPUESTA	
VENTANAS Material: Vidrio 3mm		VENTANAS Material: Vidrio cámara doble claro 3mm/13mm de aire.	
Transmisión solar total (SHGC)	0.691	Transmisión solar total (SHGC)	0.764
Transmisión solar directa	0.624	Transmisión solar directa	0.705
transmisión de luz	0.744	transmisión de luz	0.812
Valor U (W/m2-K)	5.89	Valor U (W/m2-K)	2.837
INFILTRACIONES Ventanas y puertas		INFILTRACIONES Ventanas y puertas	
Tasa de infiltraciones (ac/h)	15	Tasa de infiltraciones (ac/h)	7.5
Horario	24/7	Horario	24/7

Fuente y elaboración: *Propia*, 2023.

- Simulación luminiscencia
- Antes

Figura 51. Simulación lumínica actual en zona de permanencia sala.

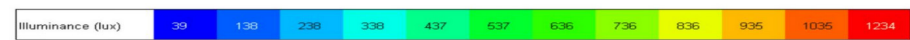
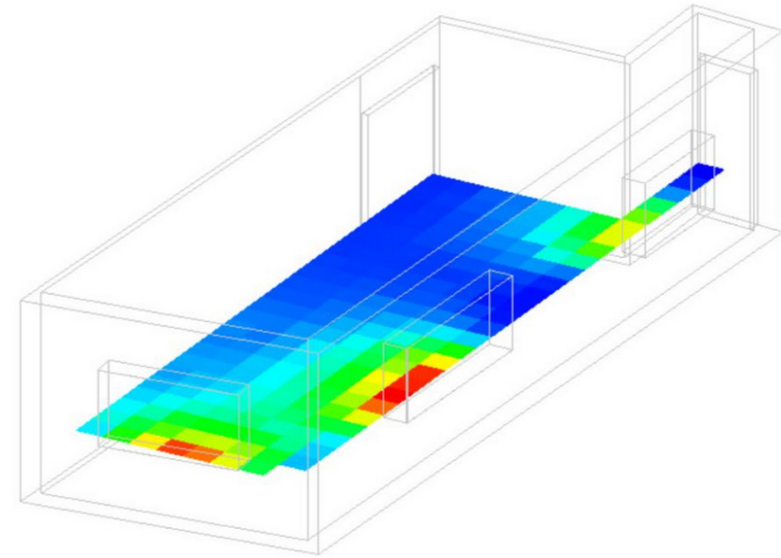


Average Daylight Factor (%)	Minimum Daylight Factor (%)	Maximum Daylight Factor (%)	Uniformity ratio (Min / Avg)	Uniformity ratio (Min / Max)	Min Illuminance (lux)	Max Illuminance (lux)
3.538	0.395	12.218	0.000	0.000	39.54	1222.55
3.538	0.395	12.218	0.112	0.032	39.54	1222.55

Fuente y elaboración: Design Builder, 2023.

- Después

Figura 52. Simulación lumínica propuesta en zona de permanencia sala.



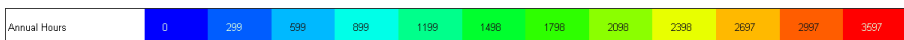
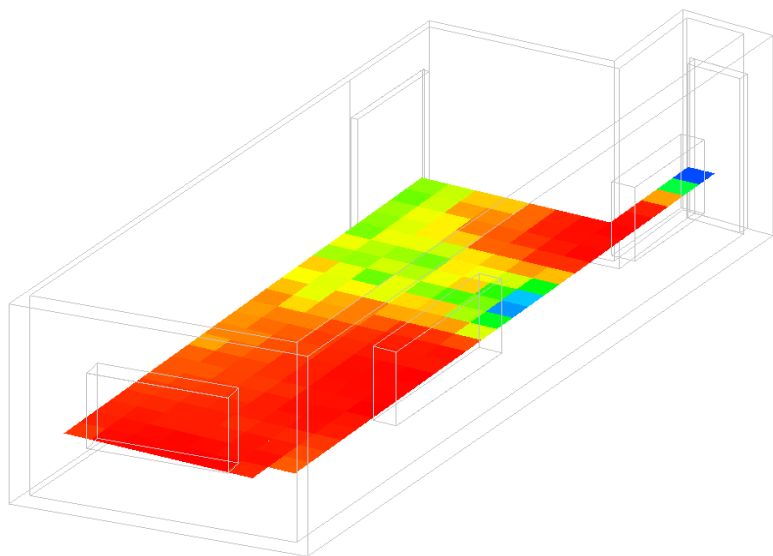
Average Daylight Factor (%)	Minimum Daylight Factor (%)	Maximum Daylight Factor (%)	Uniformity ratio (Min / Avg)	Uniformity ratio (Min / Max)	Min Illuminance (lux)	Max Illuminance (lux)
3.492	0.390	12.332	0.112	0.032	39.10	1234.86
3.492	0.390	12.332	0.000	0.000	39.10	1234.86

Fuente y elaboración: Design Builder, 2023.

En lo que respecta a la luminancia, se nota que al reemplazar los vidrios de 3 mm por vidrio de cámara en la sala, no hay un cambio notable. Esto se debe a que el espacio ya tenía una iluminación bastante adecuada. Sin embargo, se aprecia un leve aumento en los luxes según el gráfico.

- Simulación luminiscencia - anual
- Antes

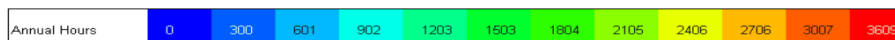
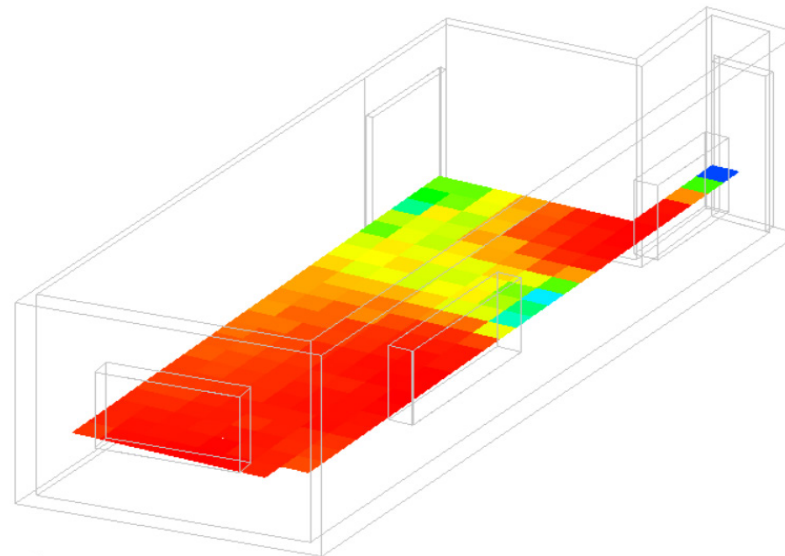
Figura 53 Simulación lumínica anual actual en zona de permanencia sala.



Fuente y elaboración: Design Builder, 2023.

- Después

Figura 54. Simulación lumínica anual propuesta en zona de permanencia sala.



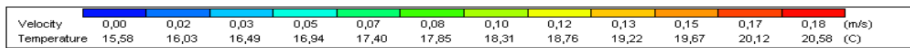
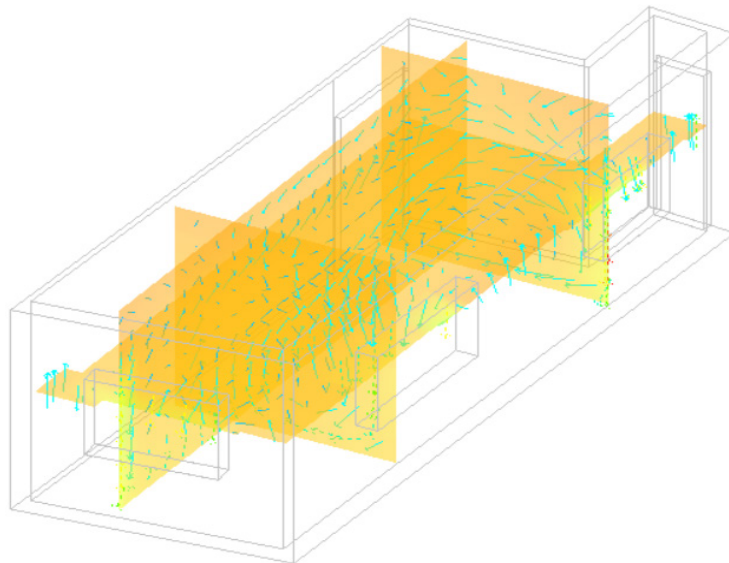
Fuente y elaboración: Design Builder, 2023.

Al analizar la luminancia anual en relación a la sala, el gráfico del estado actual revela que este espacio se encuentra iluminado durante aproximadamente el 41% del año, es decir, 3597 horas de las 8760 que componen el ciclo anual. Esto muestra una presencia constante de iluminación en el espacio, sin embargo, luego de la propuesta planteada, se identifica un ligero aumento en este porcentaje. Con el cambio sugerido, el tiempo iluminado se incrementa ligeramente, alcanzando alrededor del 41.1% del año, es decir, 3609 horas dentro del ciclo total de 8760 horas.

- Simulación de vientos

- Antes

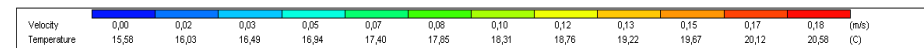
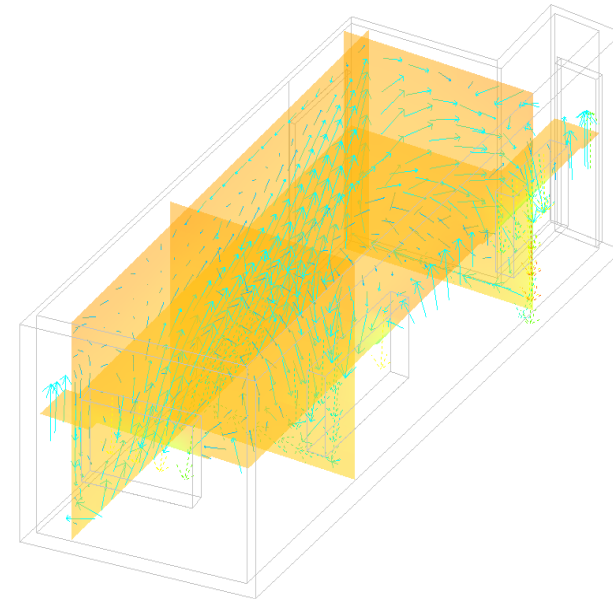
Figura 55. Simulación de velocidad interior de aire actual en zona de permanencia sala.



Fuente y elaboración: Design Builder, 2023.

- Después

Figura 56. Simulación de velocidad interior de aire propuesta en zona de permanencia sala.

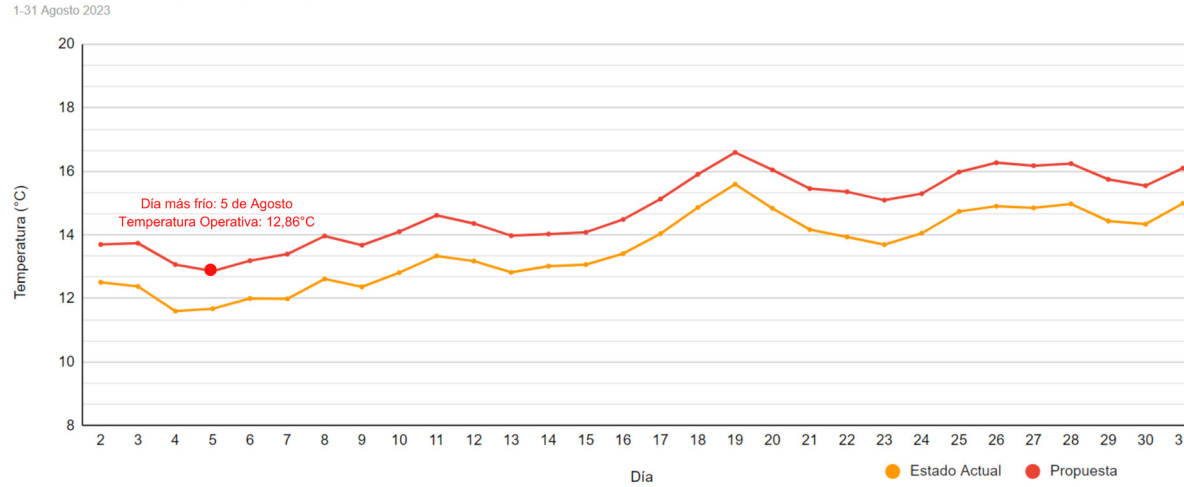


Fuente y elaboración: Design Builder, 2023.

En relación a la corriente de aire en la sala, se puede notar que al eliminar las infiltraciones de las ventanas, se produce un cambio mínimamente notable, especialmente en la zona cercana a estas. En estas zonas, se percibe que el viento adquiere una temperatura más cálida.

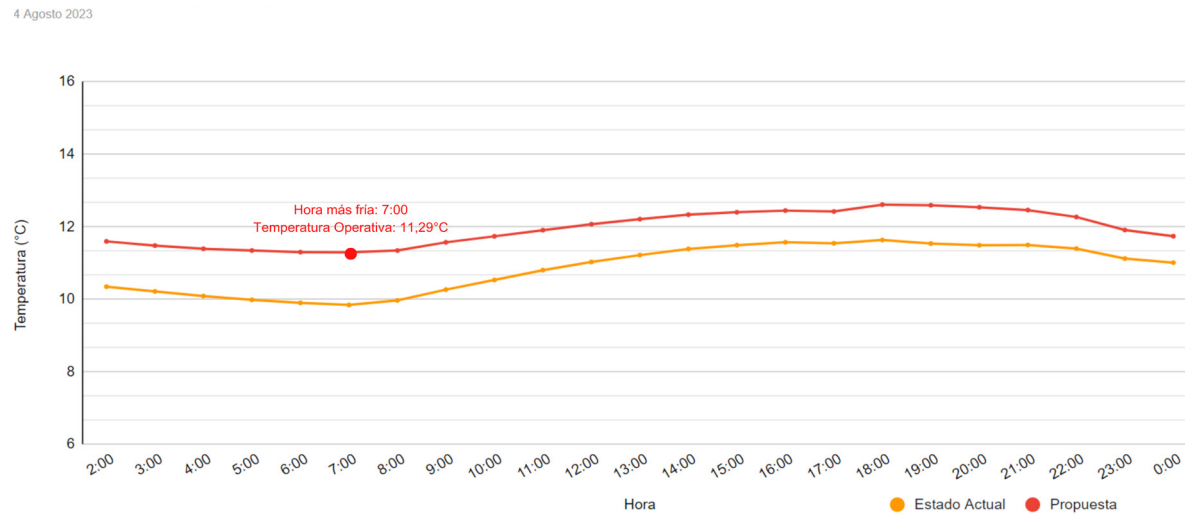
- Simulación temperatura - mes más frío

Figura 57. Simulación actual (Anexo C) y propuesta (Anexo N) de temperatura día más frío en zona de permanencia sala.



Fuente: Design Builder, 2023.
Elaboración: Autores, 2023.

Figura 58. Simulación actual (Anexo D) y propuesta (Anexo Ñ) de temperatura hora más fría en zona de permanencia sala.

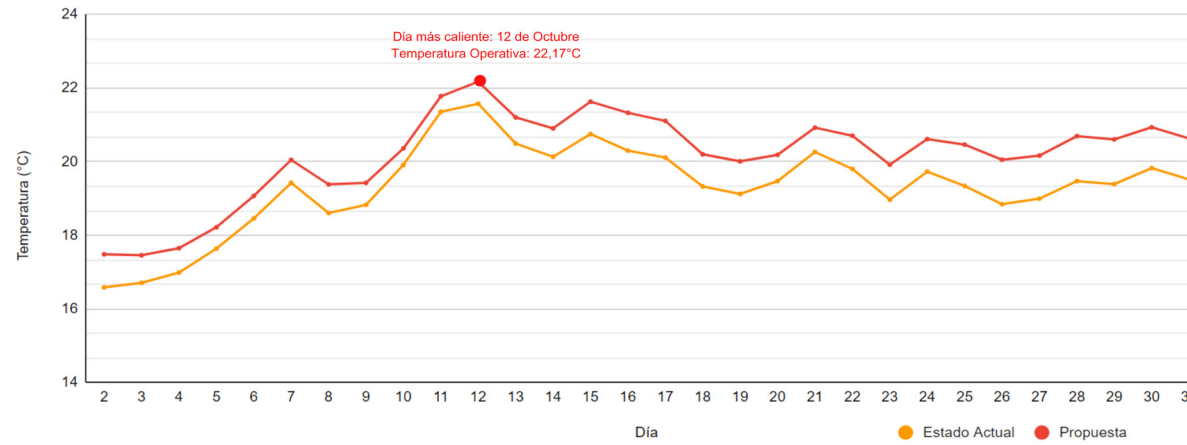


Fuente: Design Builder, 2023.
Elaboración: Autores, 2023.

- **Simulación temperatura - mes más caliente**

Figura 59. Simulación actual (Anexo E) y propuesta (Anexo O) de temperatura día más caliente en zona de permanencia sala.

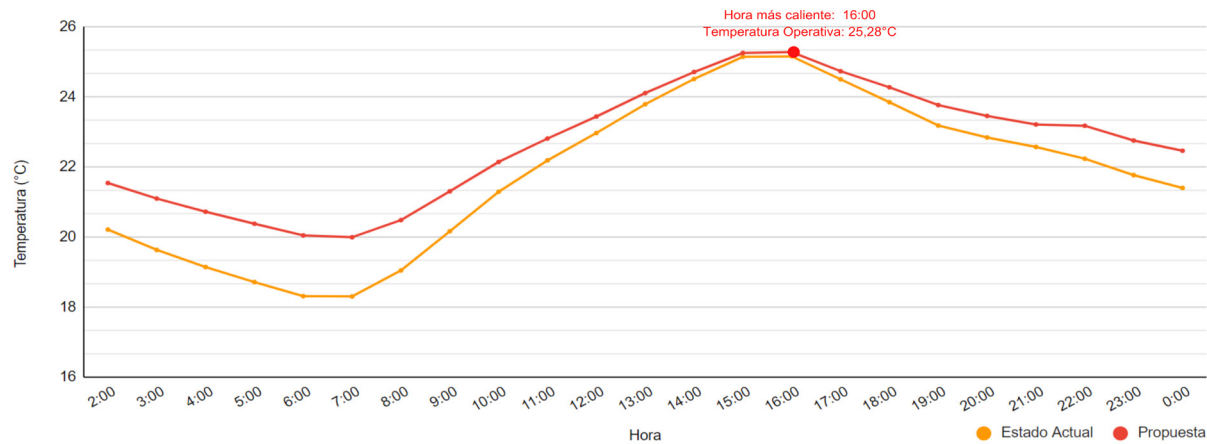
1-31 Octubre 2023



Fuente: Design Builder, 2023.
Elaboración: Autores, 2023.

Figura 60. Simulación actual (Anexo F) y propuesta (Anexo P) de temperatura hora más caliente en zona de permanencia sala.

12 Octubre 2023



Fuente: Design Builder, 2023.
Elaboración: Autores, 2023.

Considerando las características de este espacio en relación con los otros dos, se evidencia una menor cantidad de deficiencias. Tras la implementación de modificaciones, se aprecia un leve incremento en la temperatura, siendo más notorio en los días más fríos, en donde el día más frío era el 4 de agosto con 11.60°C, se cambió al 5 de agosto con una temperatura de 12.86°C. Además, al estudiar los datos horarios, se observa que la hora más fría se mantiene, siendo esta las 7:00 a.m., en el estado actual la temperatura es de 9.84°C y en la propuesta aumenta a 11.29°C.

En relación a los días más cálidos del año, específicamente el 12 de octubre, se ha detectado un leve aumento en la temperatura ambiente. Se ha observado que cambió de 21.57°C a 22.17 °C en la temperatura operativa, y durante la hora más calurosa de ese día, a las 4 p. m., se ha registrado un cambio de 25.01 °C a 25.28°C. Estos datos indican un mínimo aumento en la sensación térmica en días de alta temperatura, lo cual no llega a afectar en absoluto al confort dentro del mismo.

3.2.2 Propuesta en zona de permanencia 2: Cocina/comedor

Dentro del área de la cocina comedor, se ha seguido una estrategia basada en enfoques pasivos para la renovación de este espacio. Se tomó la decisión de incorporar vidrio cámara doble 3mm/13mm de aire, en las puertas de los balcones con el objetivo de mejorar tanto el confort lumínico como térmico. Es importante resaltar que se optó por conservar la misma estructura de las puertas de los balcones para mantener inalterada la fachada y, de esta forma, preservar el valor patrimonial del entorno.

Esta propuesta se fundamenta en la necesidad de elevar el nivel de confort dentro de este ambiente. La adición de este tipo específico de vidrio ha sido fundamental para lograr ese equilibrio deseado, permitiendo una mejor entrada de luz natural y mejorando el aislamiento térmico sin alterar visualmente el aspecto exterior del espacio. El enfoque en estrategias pasivas ha sido clave para satisfacer estas necesidades sin comprometer la integridad estética o histórica del entorno.

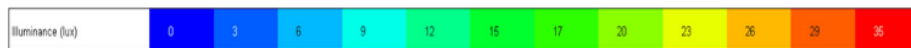
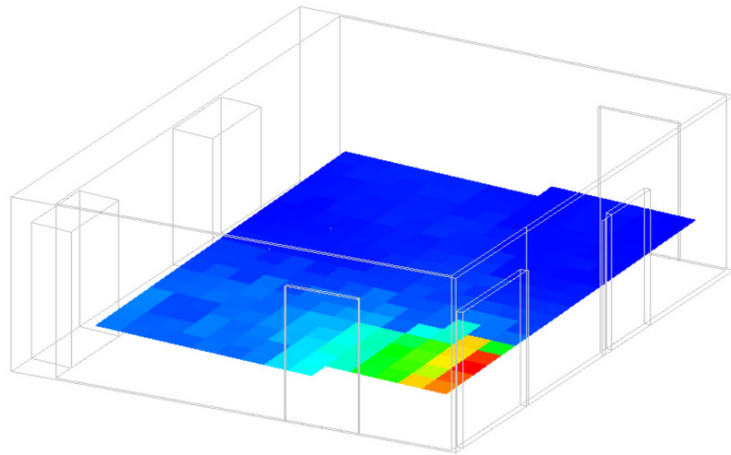
Tabla 15. Parámetros configurados para la propuesta en el programa Design Builder según la actividad en la zona de permanencia cocina/comedor.

COCINA/COMEDOR			
ACTUAL		PROPUESTA	
VENTANAS Material: Vidrio 3mm		VENTANAS Material: Vidrio cámara doble claro 3mm/13mm de aire.	
Transmisión solar total (SHGC)	0.691	Transmisión solar total (SHGC)	0.764
Transmisión solar directa	0.624	Transmisión solar directa	0.705
transmisión de luz	0.744	transmisión de luz	0.812
Valor U (W/m2-K)	5.89	Valor U (W/m2-K)	2.837
PUERTAS Material: Roble		PUERTAS Material: Roble y vidrio cámara	
Conductividad (W/m-K)	0.19	Roble	0.19
Calor específico (J/kg-K)	2390	Conductividad (W/m-K)	2390
Densidad (kg/m3)	700	Calor específico (J/kg-K)	700
		Densidad (kg/m3)	700
		Vidrio cámara	
		Transmisión solar total (SHGC)	0.764
		Transmisión solar directa	0.705
		transmisión de luz	0.812
		Valor U (W/m2-K)	2.837
INFILTRACIONES Ventanas y puertas		INFILTRACIONES Ventanas y puertas	
Tasa de infiltraciones (ach)	15	Tasa de infiltraciones (ach)	7.5
Horario	24/7	Horario	24/7

Fuente: Design Builder, 2023.
 Elaboración: Propia, 2023.

- Simulación luminiscencia
- Antes

Figura 61. Simulación lumínica actual en zona de permanencia cocina/comedor.

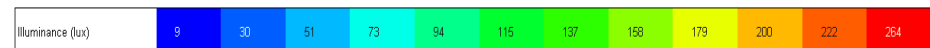
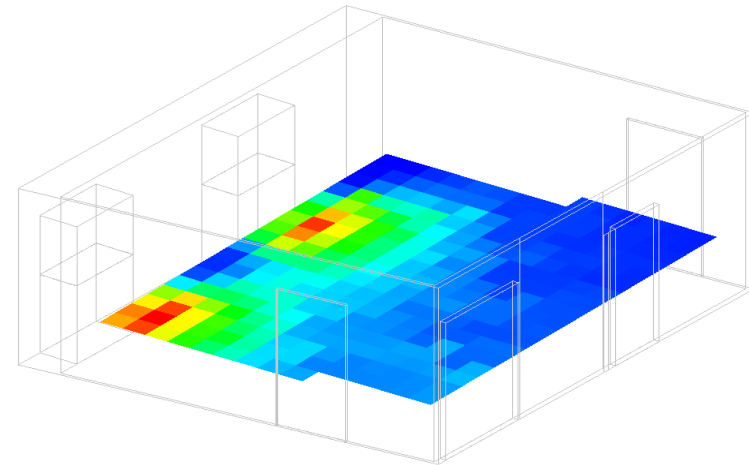


Average Daylight Facto...	Minimum Daylight Fact...	Maximum Daylight Fact...	Uniformity ratio (Min / A...	Uniformity ratio (Min / ...	Min Illuminance (lux)	Max Illuminance (lux)
0,043	0,005	0,354	0,108	0,013	0,47	35,50
0,043	0,005	0,354	0,000	0,000	0,47	35,50

Fuente y elaboración: Design Builder, 2023.

- Después

Figura 62. Simulación lumínica propuesta en zona de permanencia cocina/comedor.



Average Daylight ...	Minimum Daylight ...	Maximum Daylight...	Uniformity ratio (Mi...	Uniformity ratio (Mi...	Min Illuminance (lux)	Max Illuminance (L...
0,665	0,092	2,645	0,138	0,035	9,22	264,81
0,665	0,092	2,645	0,000	0,000	9,22	264,81

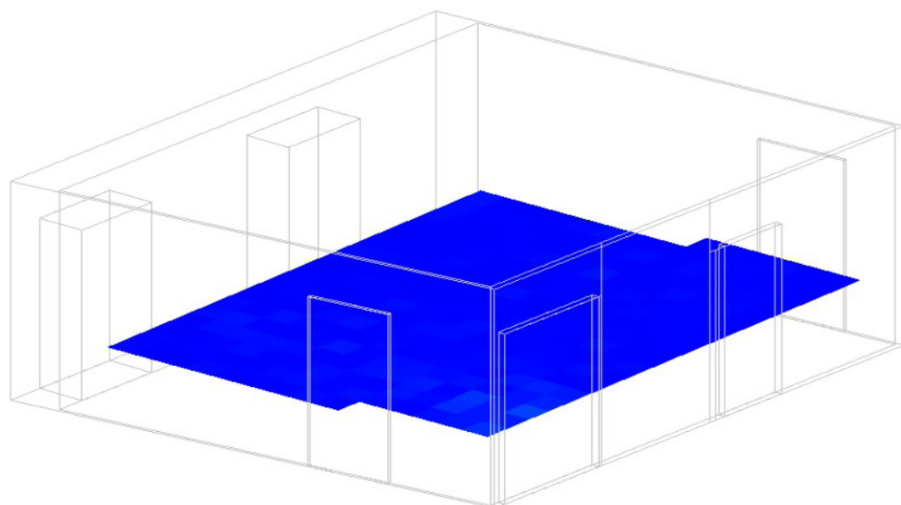
Fuente y elaboración: Design Builder, 2023.

En el análisis de la luminancia en el área de la cocina/comedor, se ha evidenciado un cambio significativo al integrar vidrios en las puertas de los balcones. Este ajuste ha generado un aumento notable en la luminosidad, pasando de 35 luxes a 264 luxes. Este incremento sustancial ha repercutido de manera considerable en el confort del espacio, reduciendo la dependencia de fuentes artificiales de luz durante el día.

- Simulación luminiscencia - anual

- Antes

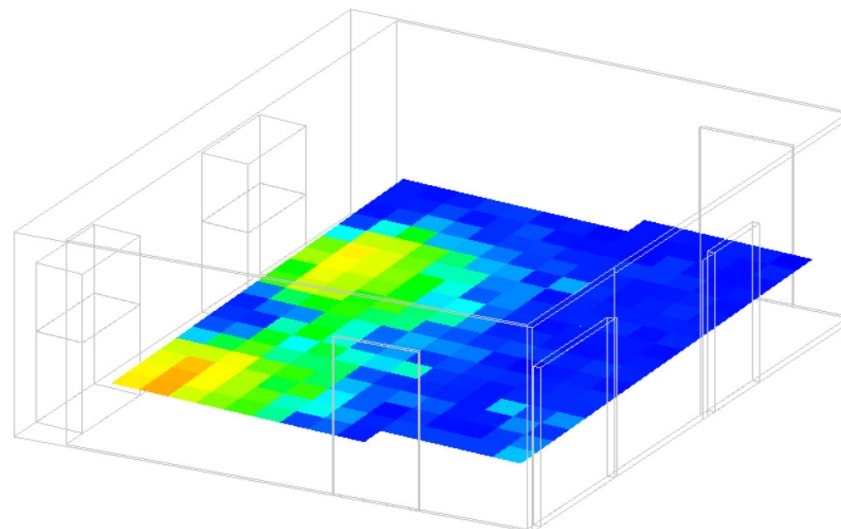
Figura 63. Simulación lumínica anual actual en zona de permanencia cocina /comedor.



Fuente y elaboración: Design Builder, 2023.

- Después

Figura 64. Simulación lumínica anual propuesta en zona de permanencia cocina /comedor.



Fuente y elaboración: Design Builder, 2023.

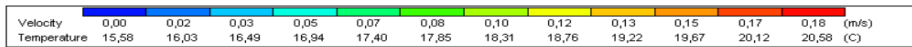
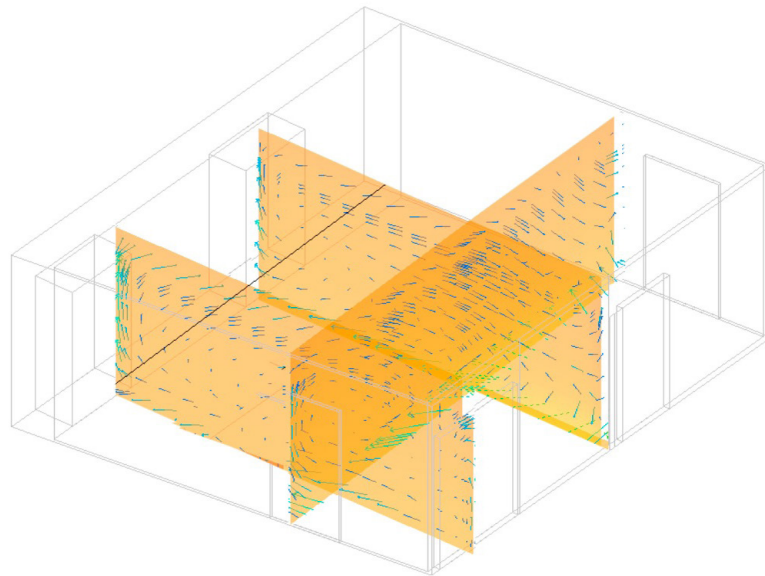
Al analizar la luminancia anual en el área de la cocina/comedor, el gráfico del estado actual revela que este espacio experimenta iluminación durante aproximadamente el 29.73% del año, equivalente a 2605 horas dentro del ciclo anual de 8760 horas. Esta cifra indica una falta notable de confort lumínico en esta zona específica.

No obstante, al considerar las modificaciones propuestas, se aprecia un incremento evidente en el tiempo de iluminación efectiva. Con los cambios sugeridos, este período se amplía significativamente hasta un 40.87% del año, sumando alrededor de 3580 horas en el ciclo total de 8760 horas. Estos datos reflejan una mejora notable en la iluminación de este espacio gracias a las modificaciones planteadas.

- Simulación de vientos

- Antes

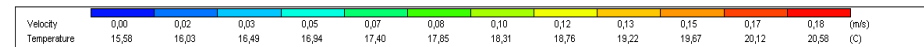
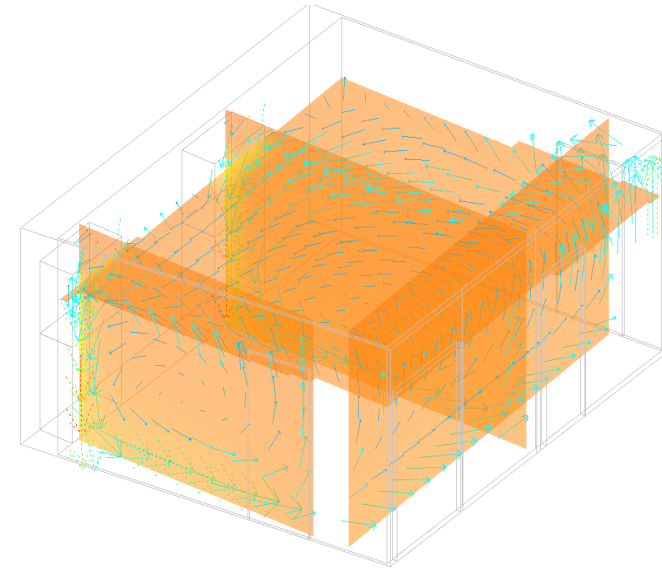
Figura 65. Simulación de velocidad interior de aire actual en zona de permanencia cocina/comedor.



Fuente y elaboración: Design Builder, 2023.

- Después

Figura 66. Simulación de velocidad interior de aire propuesta en zona de permanencia cocina /comedor.



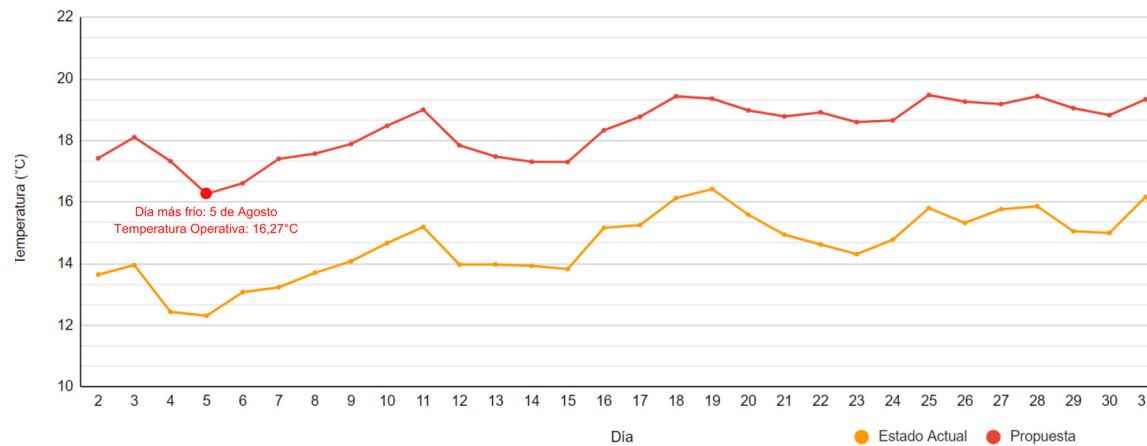
Fuente y elaboración: Design Builder, 2023.

Al evaluar el flujo de aire en el área de la cocina/comedor, se ha identificado que la inclusión de una ventana en la puerta del balcón ha generado un impacto. Esta modificación ha propiciado un cambio en la temperatura del aire circulante, que ha experimentado un aumento de 19.67 °C a 20.12 °C, por lo que 0,50 °C no pareciera un cambio notable cuando es en promedio, sí resulta significativo en términos de confort. Esta variación térmica, evidencia una mejora en las condiciones de transferencia de calor en este espacio, indicando una mayor eficiencia en la regulación térmica y potencialmente una mejora en la calidad del ambiente en términos de confort térmico.

- **Simulación temperatura - mes más frío**

Figura 67. Simulación actual (Anexo G) y propuesta (Anexo Q) de temperatura día más frío en zona de permanencia cocina/comedor.

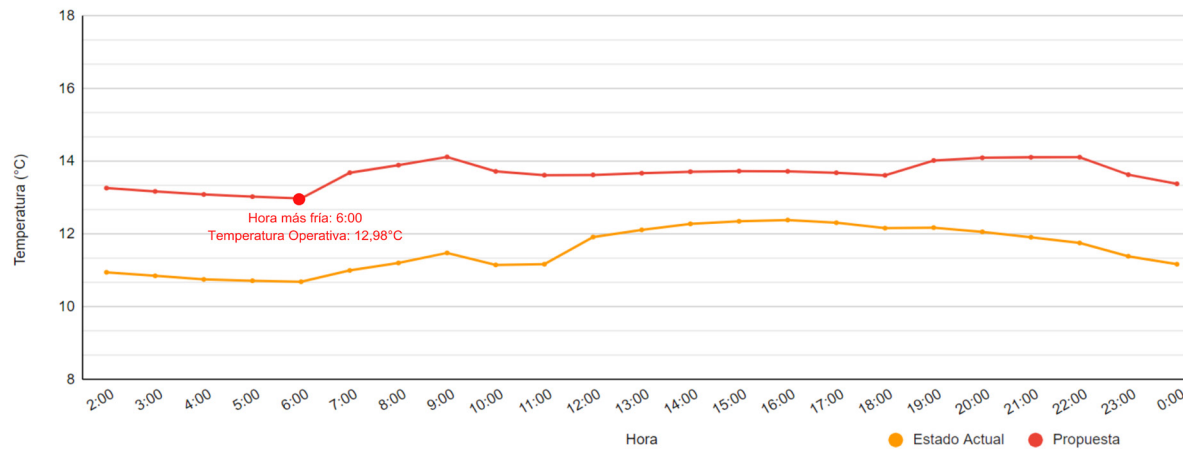
1-31 Agosto 2023



Fuente: Design Builder, 2023.
Elaboración: Autores, 2023.

Figura 68. Simulación actual (Anexo H) y propuesta (Anexo R) de temperatura hora más fría en zona de permanencia cocina/comedor.

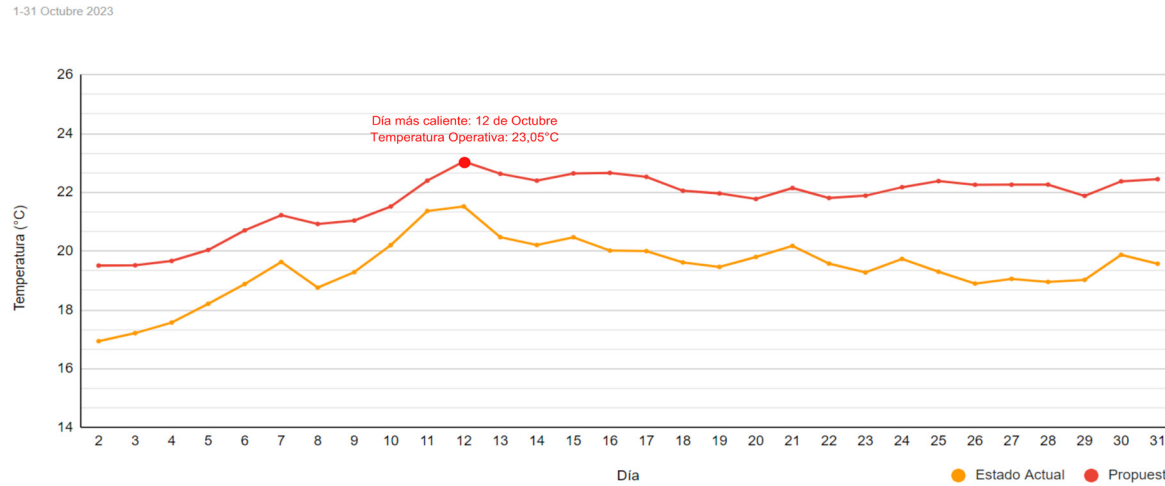
5 Agosto 2023



Fuente: Design Builder, 2023.
Elaboración: Autores, 2023.

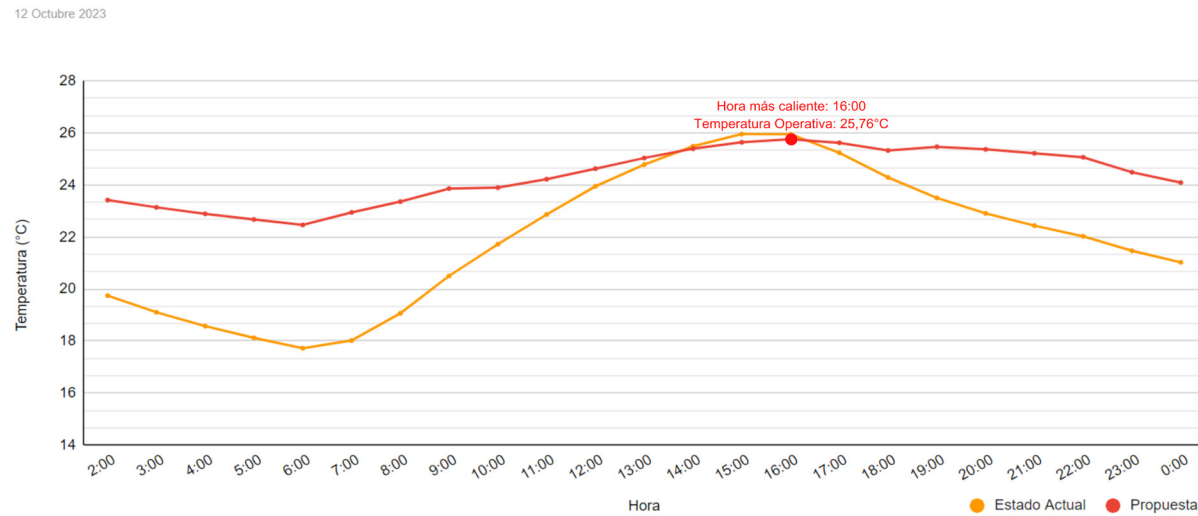
- **Simulación temperatura - mes más caliente**

Figura 69. Simulación actual (Anexo I) y propuesta (Anexo S) de temperatura día más caliente en zona de permanencia cocina/comedor.



Fuente: Design Builder, 2023.
Elaboración: Autores, 2023.

Figura 70. Simulación actual (Anexo J) y propuesta (Anexo T) de temperatura hora más caliente en zona de permanencia cocina/comedor.



Fuente: Design Builder, 2023.
Elaboración: Autores, 2023.

UCUENCA

Considerando las condiciones actuales en el área del comedor, se han identificado múltiples deficiencias en términos de confort térmico y luminosidad. Sin embargo, gracias a la propuesta planteada, se ha logrado mejorar significativamente estos aspectos. Tras la implementación de las modificaciones sugeridas, se ha evidenciado un aumento en la temperatura, especialmente notable en los días más fríos, como el 5 de agosto, donde se ha registrado un cambio de 12.31 °C a 16.27 °C. Al profundizar en el análisis horario, se ha observado que la temperatura más baja se manifiesta a las 6 a. m. con 10.69 °C, y tras las adaptaciones realizadas, este valor se ha incrementado a 12.98 °C. Estos resultados revelan un ajuste perceptible debido a las acciones tomadas para optimizar las condiciones térmicas específicas de este espacio.

En relación a los días más calurosos, en particular el 12 de octubre, se ha detectado un leve aumento en la temperatura ambiente. Desde 21.52 °C ha subido a 23.05 °C en la temperatura operativa. Referente a los datos horarios, se observa una reconfiguración en los patrones térmicos, anteriormente, la temperatura más alta se presentaba a las 15:00 p.m. con 25.96 °C, y tras las adaptaciones realizadas, este punto crítico se ha desplazado a las 16 p.m., descendiente levemente a 25.76 °C. Estos resultados indican un ajuste evidente debido a las acciones tomadas para optimizar las condiciones térmicas específicas de este espacio.

Este leve aumento en la sensación térmica durante días de altas temperaturas se da debido a la incorporación de vidrio en las puertas de los balcones, lo cual permite una mayor penetración del calor en esas zonas específicas. No obstante, debido a que este cambio no ha sido significativo, no ha repercutido en el confort de los usuarios. Además, la temperatura elevada en la ciudad se considera generalmente bastante tolerable.

3.2.3 Propuesta en zona de permanencia 3: Dormitorio principal.

Dentro del área del dormitorio principal, se ha abordado la renovación con una estrategia fundamentada en enfoques pasivos. Esto implica una serie de ajustes específicos orientados a mejorar el confort lumínico y térmico en este espacio. Una de las medidas adoptadas ha sido la ampliación de la ventana preexistente, complementada con la instalación de vidrio de cámara doble claro 3mm/13mm de aire. Este cambio tiene como objetivo principal maximizar la entrada de luz natural y mejorar el aislamiento térmico sin alterar la estructura original de la ventana.

Además, para mitigar la falta de luz natural en este espacio, se ha propuesto la instalación de un ducto de luz tubular en la cubierta. Esta innovadora solución actúa como una suerte de foco, proyectando luz de forma cónica en el interior del espacio. Este enfoque permite que las intervenciones en la cubierta sean mínimas, manteniendo la integridad estructural de la casa patrimonial mientras proporciona una iluminación adecuada al área.

Estas adaptaciones y soluciones se han diseñado con el objetivo primordial de mejorar la habitabilidad del dormitorio principal, optimizando la iluminación natural y manteniendo el respeto por la identidad arquitectónica y cultural del entorno patrimonial.

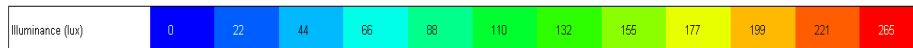
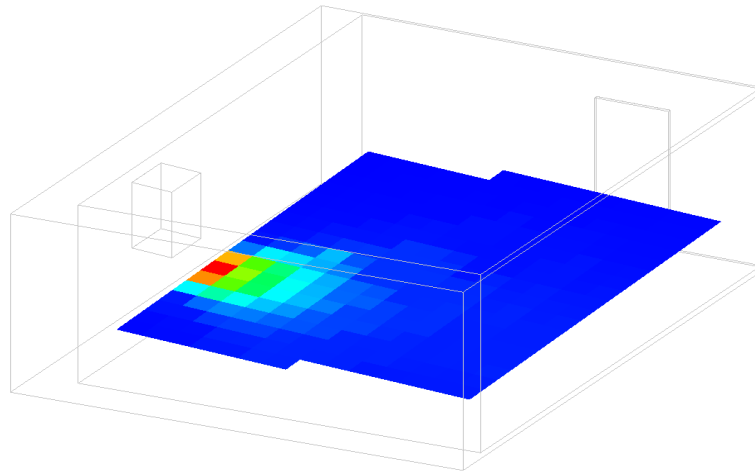
Tabla 16. Parámetros configurados para la propuesta en el programa Design Builder según la actividad en la zona de permanencia dormitorio principal.

DORMITORIO PRINCIPAL			
ACTUAL		PROPUESTA	
VENTANAS Material: Vidrio 3mm		VENTANAS Material: Vidrio cámara doble claro 3mm/13mm de aire.	
Transmisión solar total (SHGC)	0.691	Transmisión solar total (SHGC)	0.764
Transmisión solar directa	0.624	Transmisión solar directa	0.705
transmisión de luz	0.744	transmisión de luz	0.812
Valor U (W/m ² -K)	5.89	Valor U (W/m ² -K)	2.837
INFILTRACIONES Ventanas y puertas		INFILTRACIONES Ventanas y puertas	
Tasa de infiltraciones (ac/h)	15	Tasa de infiltraciones (ac/h)	7.5
Horario	24/7	Horario	24/7
—		DUCTO DE LUZ Marca: Solutube / Modelo: 290 DS	
		Diámetro del tubo	Φ35cm
		Longitud potencial del tubo	9m
		Material	Vidrio acrílico
		Material del tubo	Aluminio con reflectividad interna

Fuente y elaboración: Autores, 2023.

- Simulación luminiscencia
- Antes

Figura 71. Simulación lumínica actual en zona de permanencia dormitorio principal.

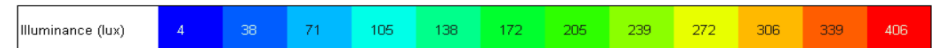
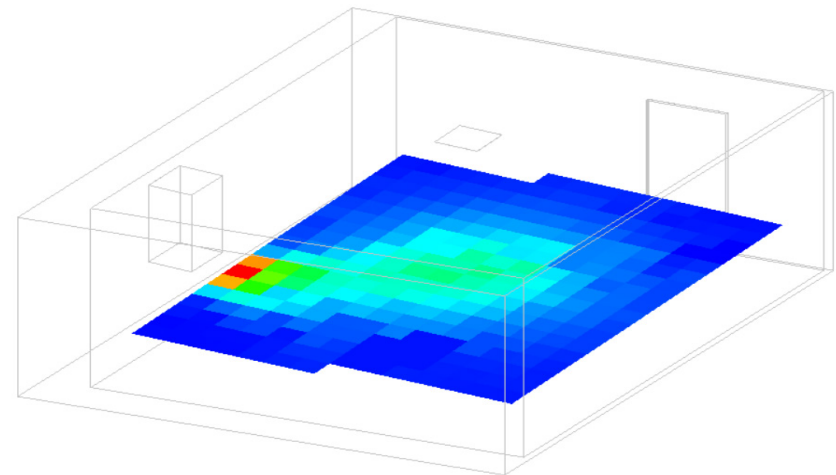


Average Daylight Factor (%)	Minimum Daylight Factor (%)	Maximum Daylight Factor (%)	Uniformity ratio (Min / Avg)	Uniformity ratio (Min / Max)	Min Illuminance (lux)	Max Illuminance (lux)
0,161	0,008	2,651	0,050	0,003	0,81	265,37
0,161	0,008	2,651	0,000	0,000	0,81	265,37

Fuente y elaboración: Design Builder, 2023.

- Después

Figura 72. Simulación lumínica propuesta en zona de permanencia dormitorio principal.



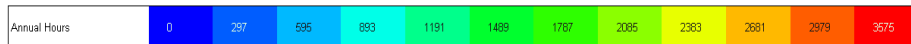
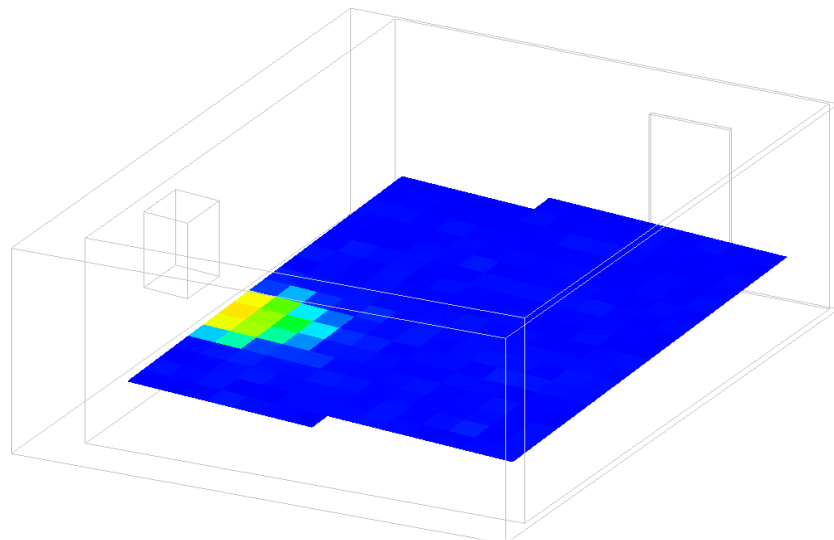
Average Daylight Factor (%)	Minimum Daylight Factor (%)	Maximum Daylight Factor (%)	Uniformity ratio (Min / Avg)	Uniformity ratio (Min / Max)	Min Illuminance (lux)	Max Illuminance (lux)
0,580	0,049	4,059	0,084	0,012	4,87	406,65
0,580	0,049	4,059	0,000	0,000	4,87	406,65

Fuente y elaboración: Design Builder, 2023.

En el análisis de la luminancia en el área de el dormitorio principal, se ha evidenciado un cambio significativo al aumentar el tamaño de la ventana y colocar el ducto de luz en la cubierta. Este ajuste ha generado un aumento notable en la luminosidad, pasando de 265 luxes a 406 luxes. Este incremento sustancial ha repercutido de manera considerable en el confort del espacio, reduciendo la dependencia de fuentes artificiales de luz durante el día

- Simulación luminiscencia - anual
- Antes

Figura 73. Simulación lumínica anual actual en zona de permanencia dormitorio principal.



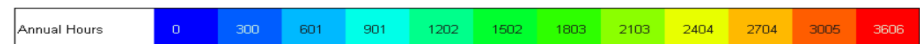
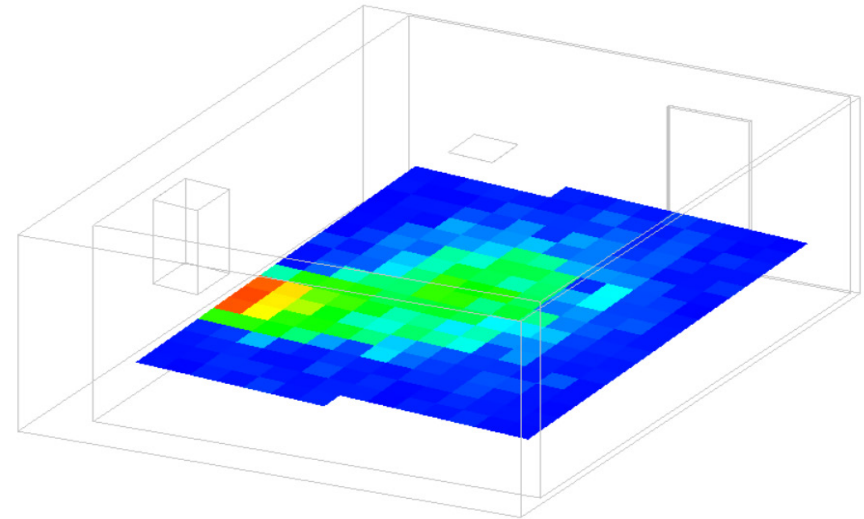
Fuente y elaboración: Design Builder, 2023.

Al analizar la luminancia anual en el área de el dormitorio principal, el gráfico del estado actual revela que este espacio experimenta iluminación durante aproximadamente el 40.83% del año, equivalente a 3575 horas dentro del ciclo anual de 8760 horas. Esta cifra indica una falta notable de confort lumínico en esta zona específica.

No obstante, al considerar las modificaciones propuestas, se aprecia un leve incremento en el tiempo de iluminación efectiva. Con los cambios sugeridos, este período se amplía hasta un 41.13% del año, sumando alrededor de 3606 horas en el ciclo total de 8760 horas. Estos datos reflejan una mejora en la iluminación de este espacio gracias a las modificaciones planteadas.

- Después

Figura 74. Simulación lumínica anual propuesta en zona de permanencia dormitorio principal.

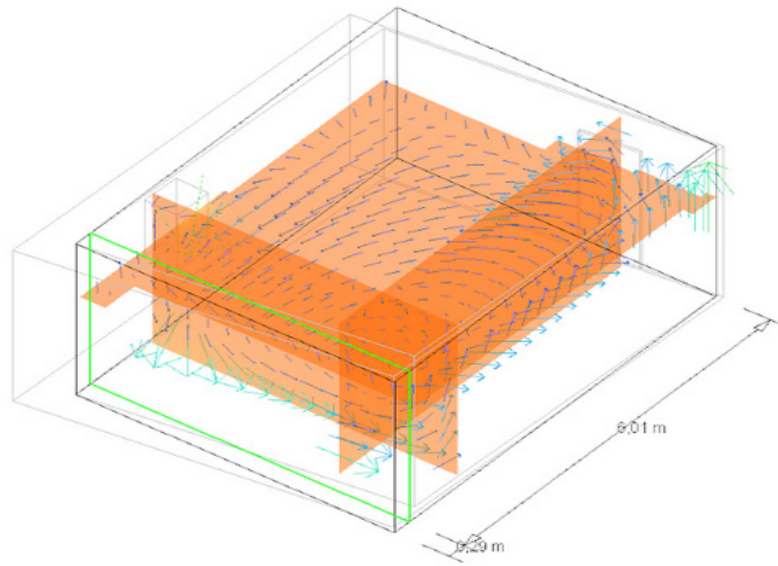


Fuente y elaboración: Design Builder, 2023.

- Simulación de vientos

- Antes

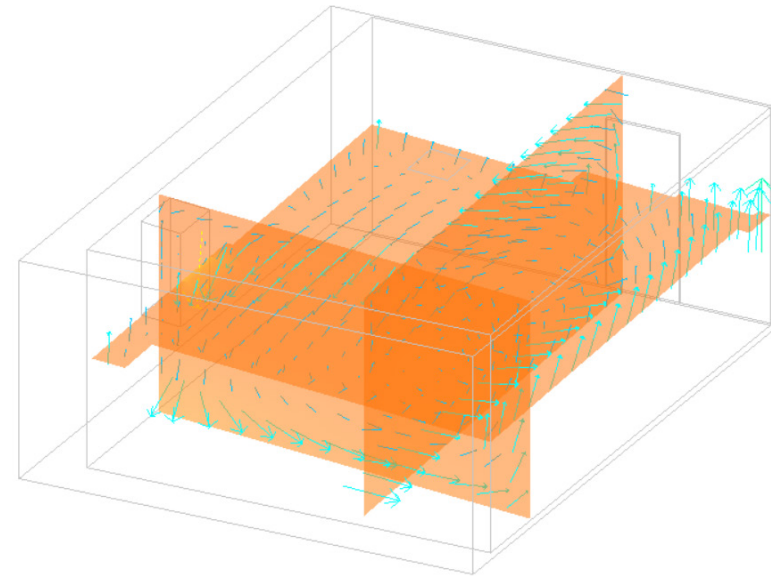
Figura 75. Simulación de velocidad interior de aire actual en zona de permanencia dormitorio principal.



Fuente y elaboración: Design Builder, 2023.

- Después

Figura 76. Simulación de velocidad interior de aire en propuesta en zona de permanencia dormitorio principal.

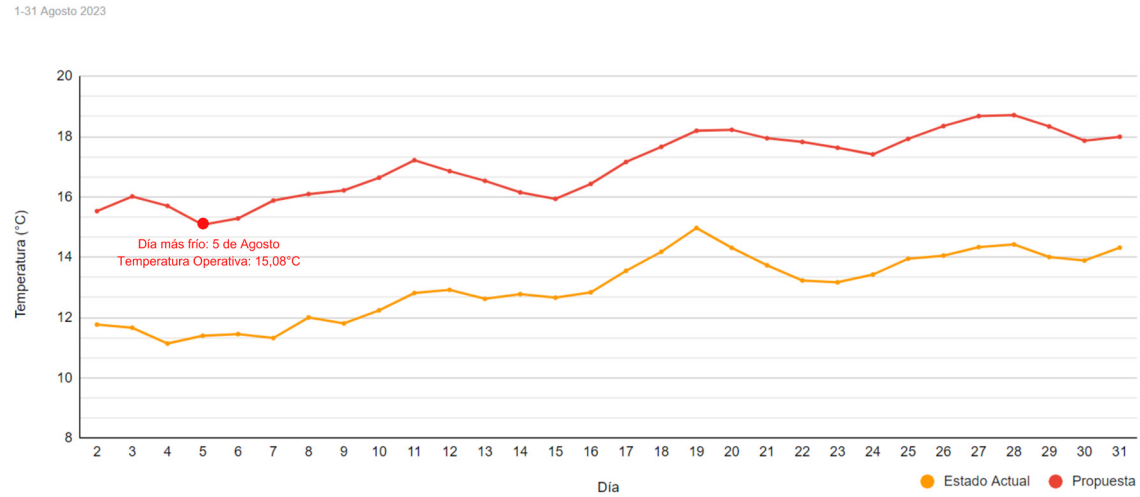


Fuente y elaboración: Design Builder, 2023.

Al analizar el flujo de aire en el dormitorio principal, se ha observado que, al ampliar la abertura de la ventana y eliminar las infiltraciones, la temperatura se ha mantenido estable en 20.12 °C. Aunque se esperaba un aumento de la sensación de frío tras la ampliación de la ventana, el sellado eficiente de las infiltraciones contrarrestó este efecto, manteniendo inalterado el nivel térmico. Por lo tanto, no se han registrado cambios significativos en el confort térmico de esta zona.

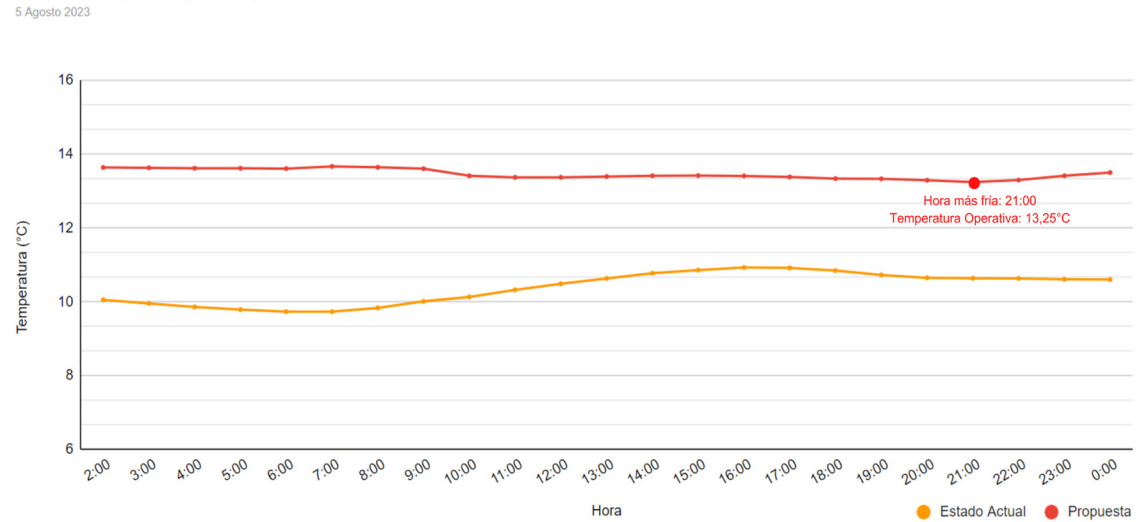
- Simulación temperatura - mes más frío

Figura 77. Simulación actual (Anexo K) y propuesta (Anexo23) de temperatura día más frío en zona de permanencia dormitorio principal.



Fuente: Design Builder, 2023.
Elaboración: Autores, 2023.

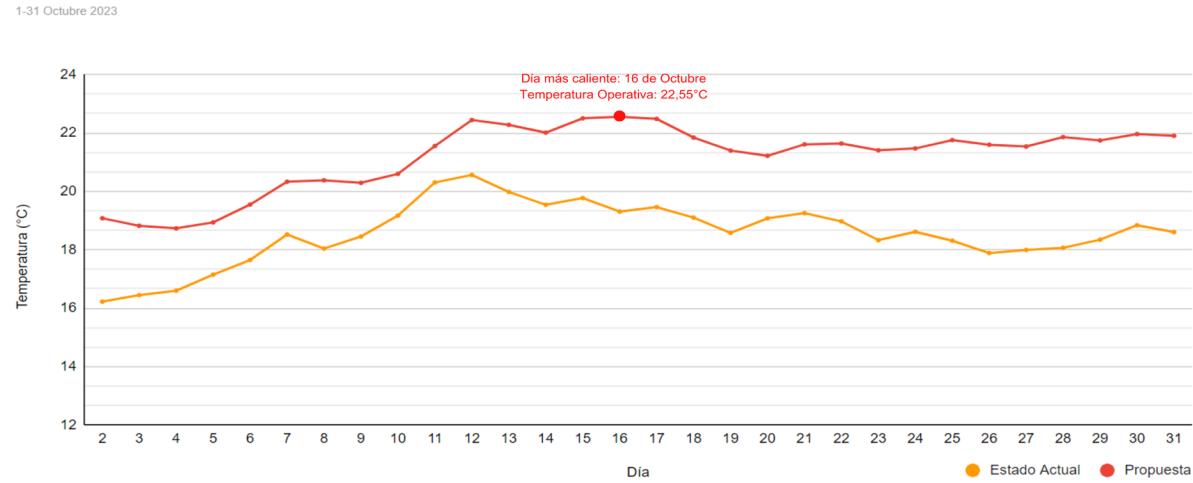
Figura 78. Simulación actual (Anexo L) y propuesta (Anexo V) de temperatura hora más fría en zona de permanencia dormitorio principal.



Fuente: Design Builder, 2023.
Elaboración: Autores, 2023.

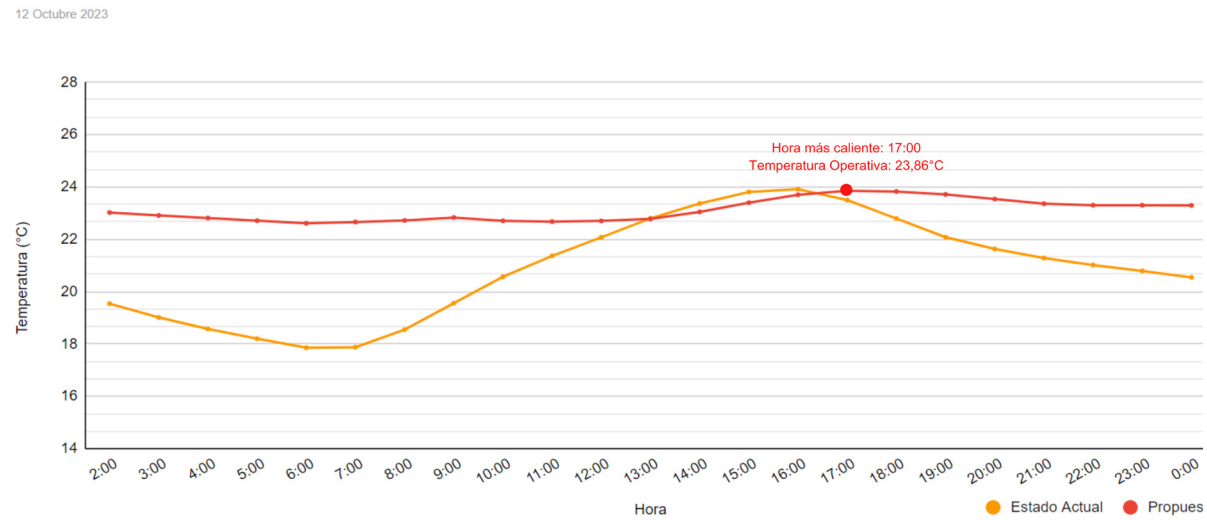
- **Simulación temperatura - mes mas caliente**

Figura 79. Simulación actual (Anexo LL) y propuesta (Anexo W) de temperatura día más caliente en zona de permanencia dormitorio principal.



Fuente: Design Builder, 2023.
Elaboración: Autores, 2023.

Figura 80. Simulación actual (Anexo M) y propuesta (Anexo X) de temperatura hora mas caliente en zona de permanencia dormitorio principal.



Fuente: Design Builder, 2023.
Elaboración: Autores, 2023.

UCUENCA

Considerando las características de este espacio en relación con los otros dos, se evidencia una menor cantidad de deficiencias. Tras la implementación de modificaciones, se aprecia un leve incremento en la temperatura, siendo más notorio en los días más fríos, en donde el día más frío era el 4 de agosto con 11.60°C, se cambió al 5 de agosto con una temperatura de 12.86°C. Además, al estudiar los datos horarios, se observa que la hora más fría se mantiene, siendo esta las 7:00 a.m., en el estado actual la temperatura es de 9.84°C y en la propuesta aumenta a 11.29°C.

En relación a los días más cálidos del año, específicamente el 12 de octubre, se ha detectado un leve aumento en la temperatura ambiente. Se ha observado que cambió de 21.57°C a 22.17 °C en la temperatura operativa, y durante la hora más calurosa de ese día, a las 4 p. m., se ha registrado un cambio de 25.01 °C a 25.28°C. Estos datos indican un mínimo aumento en la sensación térmica en días de alta temperatura, lo cual no llega a afectar en absoluto al confort dentro del mismo.

3.3. Implementación de estrategias activas en objeto de estudio

En la Casa Sánchez se ha tomado la decisión de incorporar una estrategia activa mediante la instalación de paneles fotovoltaicos en uno de sus bloques, específicamente en el segundo. Este bloque, al ser una adición posterior sin valor patrimonial y sin construcción primordial, ha sido elegido como el sitio ideal para esta implementación.

Desde una perspectiva estética, la ubicación de los paneles en la parte posterior de la fachada los hace prácticamente imperceptibles. Esta estrategia se ha adoptado con el objetivo de satisfacer una parte considerable de las necesidades eléctricas de la vivienda, contribuyendo así a mejorar la eficiencia energética y avanzar hacia un enfoque Net-Zero.

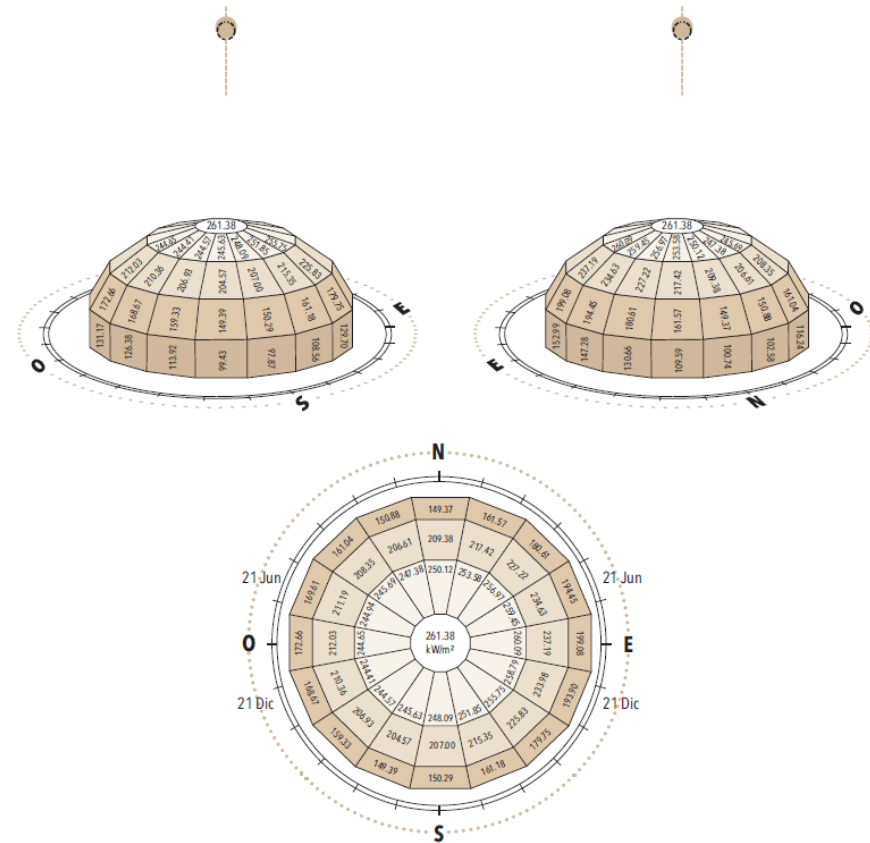
3.3.1 Proceso de cálculo, para la obtención de numero de paneles fotovoltaicos necesarios.

Para realizar el proceso de cálculo de manera precisa, es fundamental tener en cuenta la dirección en la que se encuentra ubicado nuestro objeto de estudio. En este caso, la posición es noreste (NE). Posteriormente, es necesario conocer el ángulo de inclinación para determinar el dato correcto de KW/m² que será crucial en el proceso de cálculo. Este ángulo de inclinación promedio es de aproximadamente 5 grados.

Mediante la utilización de la figura 81, extraído del libro 'Arquitectura Solar y Energía', se logró obtener un resultado de 11.70 m² que deben ser cubiertos para alcanzar una eficiencia energética óptima. Además, el proceso de cálculo se explica detalladamente en la figura 82.

Figura 81: Producción eléctrica fotovoltaica esperada por m² en Cuenca, centro (kWh/m² al año).

Cuenca, latitud -2.897410°, longitud -79.004460°. La mejor orientación es E y la menos favorable la OOS, registrándose bajo una pendiente 22° una generación 6,4 % superior de la orientación E, respecto a la OOS (Figura 83). La irradiación global promedio para Riobamba ronda los 4100 Wh/m²/día [278].



Fuente y elaboración: Zalamea & Barragán, 2021.

Figura 82: Cálculo de paneles fotovoltaicos necesarios para objeto de estudio.

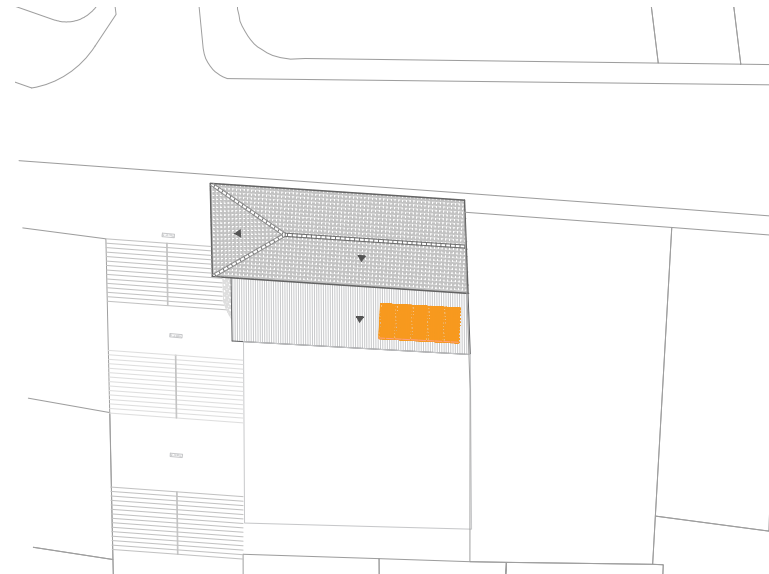
Cálculo		
1m ²	253,58 KW/m ²	Sofi: Dato obtenido del libro Arquitectura solar y energía
	2967,87 KW/m ²	
Total de m² necesarios:	11,70 m²	Sofi: Consumo anual eléctrico de la Casa Sánchez
Proviento (Panles fotovoltaicos) 2,12m x 1,05=	2,23 m ²	
1 panel	2,23 m ²	
	11,70m ²	
N. de paneles necesarios:	5,25 paneles	
Por lo que la utilización de 5 paneles fotovoltaicos se cubrira 2827,417 KW/h que representa un 95% de la demanda electrica de la edificación actual.		

Fuente y elaboración: Autores, 2023.

Con la representación en planta (Figura 83), se puede observar cómo lucirán los cinco paneles previamente calculados en la estructura de la vivienda. Como decisión estratégica, se ha optado por ubicarlos en la fachada posterior del bloque, que no posee un valor patrimonial.

Además, se han dispuesto en la parte inferior derecha para garantizar que sean prácticamente imperceptibles a simple vista (Fig 85). Este emplazamiento no solo busca preservar la esencia de la casa, sino también asegurar que se pueda cubrir la demanda eléctrica necesaria del objeto de estudio.

Figura 83: Visualización en planta de paneles fotovoltaicos, en objeto de estudio.



Fuente y elaboración: Autores, 2023.

Figura 84: Fachada posterior de objeto de estudio.



Fuente y elaboración: Autores, 2023.

UCUENCA

3.4 Discusión y resultados

El presente estudio se enfocó en la implementación de estrategias pasivas en distintas zonas de permanencia con el fin de mejorar el confort y eficiencia en términos térmicos y lumínicos. Se evaluaron tres áreas clave: la sala, el espacio de cocina/comedor y el dormitorio principal. Cada zona presentaba su propio conjunto de deficiencias y desafíos, y se aplicaron propuestas específicas para abordar estas necesidades.

En la sala, la implementación de una única propuesta generó un aumento notable en el nivel térmico durante los días fríos, mejorando considerablemente el confort en esta área. Sin embargo, no se observaron cambios significativos en términos de luminiscencia.

Por otro lado, la zona de cocina/comedor mostró resultados muy satisfactorios tras la aplicación de las propuestas. Se logró un incremento considerable en la entrada de luz natural y en la temperatura ambiente, lo que contribuyó significativamente a crear un entorno más confortable y acogedor para sus usuarios.

En cuanto al dormitorio principal, la implementación de estrategias fue igualmente efectiva en términos de iluminancia. Se logró solventar la penumbra existente en ciertos espacios, que antes requerían iluminación artificial constante, mediante la instalación de un ducto de luz y la ampliación de la ventana. Y con respecto a la temperatura, fue el espacio en donde más mejoras se obtuvieron.

Las estrategias pasivas implementadas en las diversas zonas de permanencia han arrojado resultados diversos. Se observaron mejoras en la temperatura en todos los espacios, siendo más notables en la Cocina/Comedor y el Dormitorio. En cuanto a la iluminación, se lograron superar las deficiencias en estos dos espacios, mientras que, en la Sala, donde no existían problemas lumínicos, se mantuvo inalterada. En términos de temperatura, se registró un aumento ligeramente menor en la Sala en comparación con las otras dos zonas. Además, con respecto al reporte de emisiones de CO₂ (Ver anexos Y y Z), se registró un incremento leve, pasando de 37,222.9 kg/CO₂ a 37,519.6 kg/CO₂ en comparación con la propuesta inicial.

Estos hallazgos sugieren la eficacia de ciertas propuestas en la creación de entornos más confortables y eficientes, mientras resaltan la complejidad de influir en la temperatura mediante estrategias pasivas en ciertos espacios. Es crucial considerar la singularidad de cada área al implementar soluciones pasivas, ya que las respuestas pueden variar.

La implementación de una estrategia activa mediante paneles fotovoltaicos puede no ser la opción más óptima en el caso de edificaciones patrimoniales. En nuestro estudio, fue factible aplicar esta estrategia ya que la casa contaba con un bloque sin valor patrimonial, donde pudimos instalar los paneles. Sin embargo, en el caso de edificaciones patrimoniales en las que no sea posible aplicar este enfoque debido al alto valor de toda la estructura, lo más recomendable sería emplear exclusivamente estrategias pasivas. De esta manera, se evitarían posibles daños a la integridad del patrimonio arquitectónico.

Por lo que, este estudio ha explorado la implementación de estrategias pasivas en distintas áreas de permanencia, evidenciando mejoras notables en cada una de estas zonas. Estos hallazgos resaltan la importancia de abordar cada espacio de manera singular al aplicar soluciones pasivas. Además, se ha señalado la necesidad de considerar cuidadosamente las características específicas de las edificaciones, como en el caso de estructuras patrimoniales, donde la aplicación de estrategias activas puede ser viable o no viable dependiendo del caso de la edificación. En última instancia, este estudio enfatiza la relevancia de un enfoque integral y adaptativo al buscar mejorar el confort térmico y lumínico, reconociendo la complejidad de los factores involucrados y la importancia de soluciones personalizadas para lograr entornos más eficientes y confortables.

LICENCIADA

CONCLUSIÓN

REFERENCIAS

ANEXOS

UCUENCA

Conclusión

El estándar energético Net-Zero, que busca implementarse en edificaciones patrimoniales en el clima ecuatorial andino, se enfrenta a desafíos derivados del requerimiento de preservar la integridad histórica y cultural de estos espacios arquitectónicos. Esta meta atractiva para propietarios y diseñadores se torna aún más compleja cuando se considera la particularidad de estos contextos patrimoniales.

Tras un estudio detallado de estrategias pasivas y activas en áreas específicas, como la sala, la cocina/comedor y el dormitorio principal, se identificaron mejoras notables en el confort térmico y lumínico, respaldando la viabilidad del estándar Net-Zero.

Este trabajo se inserta en un marco global de estándares de sostenibilidad, destacando la conexión intrínseca entre la implementación del estándar Net-Zero y la conservación patrimonial. La aplicación de estos principios surge como esencial para crear un futuro sostenible que respete tanto la historia como la cultura. Centrando la atención en el futuro, se sugiere llevar a cabo investigaciones más detalladas y específicas en áreas particulares, teniendo en cuenta la singularidad inherente a cada contexto patrimonial. La exploración de enfoques multidisciplinarios y estrategias más avanzadas se refleja como un camino para ampliar la comprensión de estos desafíos y aportar a soluciones más efectivas.

En el contexto de la implementación del estándar energético Net-Zero en edificaciones patrimoniales, mejorar un elemento de valor que se busca conservar y que representa un punto de conflicto con dicho estándar requiere un enfoque meticuloso y adaptado. La necesidad de cambiar elementos que impliquen un alto valor dentro de estos inmuebles exige una cuidadosa ponderación de diversos factores, como la evaluación del impacto en el valor histórico y cultural, la aplicación de normativas locales de conservación, y la consideración de técnicas de restauración son elementos críticos en este proceso. Antes de realizar cambios, es esencial documentar el estado actual del elemento, utilizando fotografías y registros detallados. Por lo tanto, cada intervención requerirá un enfoque único y personalizado para el elemento involucrado. Este enfoque equilibrado busca preservar la autenticidad y la esencia del patrimonio, incluso cuando ciertos elementos deben ser modificados para cumplir con estándares energéticos o de conservación actual.

La implementación de estrategias activas, como paneles fotovoltaicos, puede no ser la elección más adecuada en el contexto de edificaciones patrimoniales. Aunque en nuestro estudio logramos aplicar exitosamente esta estrategia al contar con un bloque sin valor patrimonial, la viabilidad de esta opción se ve limitada en estructuras de alto valor histórico. En tales casos, se sugiere optar exclusivamente por estrategias pasivas, evitando posibles daños a la integridad del patrimonio arquitectónico. Se destaca la necesidad de adaptar las estrategias según las características particulares de cada edificación, especialmente aquellas con valor patrimonial significativo.

En conclusión, este estudio destaca la importancia crítica de equilibrar la eficiencia energética con la preservación del patrimonio en edificaciones patrimoniales. La aplicación de estrategias personalizadas, junto con la consideración de la diversidad cultural y climática, es esencial para crear un futuro consciente, equilibrado, que respete el pasado y el entorno.

Referencias

- Albornoz, B. (2008). Planos e imágenes de Cuenca. Cuenca: Ministerio de Cultura y Patrimonio del Ecuador.
- Baquero, M., & Quesada, F. (2016). Eficiencia energética en el sector residencial de la Ciudad de Cuenca, Ecuador. *MASKANA*, 7(2), 147–165. <https://doi.org/10.18537/mskn.07.02.11>
- Bonilla, C., & Velasco, J. (2017). ESTUDIO Y SIMULACIÓN DE LA RESPUESTA TÉRMICA DE DOS MODELOS DE VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL EN LAS CIUDADES DE ESMERALDAS E IBARRA [Escuela Politécnica Nacional]. Retrieved from <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/17405/1/CD-7906.pdf>
- Castro SAU. (2018, 16 julio). Vidrios cámaras cristales en cristalería Cerrajería Castro, S.A.U. Castro, S.A.U. <https://www.castro-sa.com/nuestros-servicios/cristaleria/cristales-vidrios-camaras/>
- Chérrez Sacoto, A. C., & Aguirre Ullauri, M. del C. (2022). Propuesta metodológica para la certificación energética de la arquitectura patrimonial de Cuenca (Ecuador) a partir del estudio de caso. *Conciencia Digital*, 5(1), 6–34. <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v5i1.1960>
- Coveña-Marriott, A. I., & Castro-Mero, J. I. (2021). Habitabilidad y confortabilidad: insatisfacción habitacional en viviendas de interés social de las ciudades costeras de Manabí. 7, 1533–1546. <https://doi.org/10.23857/dc.v7i6.2463>
- DesignBuilder Software Ltd. (2023). DesignBuilder (Versión 7.0.2.006).
- EA. (2022). World Energy Outlook 2022.
- El clima en Cuenca, el tiempo por mes, temperatura promedio (Ecuador) - Weather Spark. (2023). <https://es.weatherspark.com/y/19348/Clima-promedio-en-Cuenca-Ecuador-durante-todo-el-a%C3%B1o#:~:text=En%20Cuenca%2C%20los%20veranos%20son,m%C3%A1s%20de%2019%20%C2%B0C.>
- Espinoza Jose, & Quesada Juan. (2018). Estándares de sustentabilidad para viviendas patrimoniales del Centro Histórico de Cuenca - Ecuador. Retrieved from http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-92742019000100103
- García, J. (2013). Aplicación de estrategias pasivas en el diseño arquitectónico. *Edu.ni*. <https://ribuni.uni.edu.ni/524/1/38837.pdf>
- Goenaga, A. (2020). ANÁLISIS DE COSTE ÓPTIMO DE ENVOLVENTE E INSTALACIONES HVAC DE UN EDIFICIO BAJO EL NUEVO CTE [Universidad del País Vasco]. Retrieved from https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/46921/TFM_AneGoenaga.pdf?sequence=1
- Guerra, J., Heras, J., Orellana, V., & Heras, V. (2019). Comfort Assessment of Heritage Buildings in Cuenca-Ecuador, 1886–1894. [doi:https://doi.org/10.1007/978-3-319-99441-3_202](https://doi.org/10.1007/978-3-319-99441-3_202)
- IRENA. (2023). World Energy Transitions Outlook 2023: 1.5°C Pathway, 10 argumentos a favor de las energías renovables - Sostenibilidad para todos.
- ISO 7730. (2005). Ergonomía del ambiente térmico. En Determinación analítica e interpretación del bienestar térmico mediante el cálculo de los índices PMV y PPD y los criterios de bienestar térmico local.
- Lázaro, L. (2017). El BIM y la simulación energética para el diseño de estrategias de rehabilitación energética de la envolvente opaca [Universidad de Zaragoza]. Retrieved from <https://zaguan.unizar.es/record/64000/files/TAZ-TFG-2017-3513.pdf>

UCUENCA

- Martínez-Molina, A., Tort-Ausina, I., Cho, S., & Vivancos, J.-L. (2016). Energy efficiency and thermal comfort in historic buildings: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.
- Marín Palacios, E. N. (2019). El abandono residencial en el Centro Histórico de Cuenca Caso: Eje de la Calle Larga (Bachelor's thesis, Universidad del Azuay).
- MIDUVI. (2018). NEC. Eficiencia Energética en la Construcción en Ecuador.
- NCYT Amazings. (2021, 9 julio). Luz natural sin electricidad a través de un tubo solar. *Noticias de la Ciencia y la Tecnología (Amazings® / NCYT®)*. <https://noticiasdelaciencia.com/art/42210/luz-natural-sin-electricidad-a-traves-de-un-tubo-solar>
- Romero, H. (2019). Estudio del confort térmico mediante simulación validada de una edificación tipo con material de cambio de fase en la envolvente en varias zonas climáticas del Ecuador [Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Mecánica]. Retrieved from <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20403>
- Sika. (2022, 14 marzo). Cómo sellar ventanas. Sika. <https://esp.sika.com/es/noticias/como-sellar-ventanas.html>
- SOLATUBE. BIOTECNO, Tecnología Sustentable. Ecuador. (s. f.). <https://biotecno.com.ec/solatube-biotecno.html#>
- Trebilcock, Maureen & Bobadilla, Ariel & Diaz, Muriel & Figueroa, Rodrigo & Muñoz, Cristian. (2014). *Manual de Hermeticidad al Aire de las Edificaciones*.
- Villarejo, P. (2022). La conservación del Patrimonio Cultural edificado y su relación con el modelo energético; criterios para la acción pública en España.
- Xia, D., Xie, W., Guo, J., Zou, Y., Wu, Z., & Fan, Y. (2023). Building thermal and energy performance of subtropical terraced houses under future climate uncertainty. *Sustainability*, 15(16), 12464. <https://doi.org/10.3390/su151612464>
- Zalamea-León, E., & Barragán-Escandón, A. (2021). *Arquitectura, Sol y Energía*. FAUC-Publicaciones.

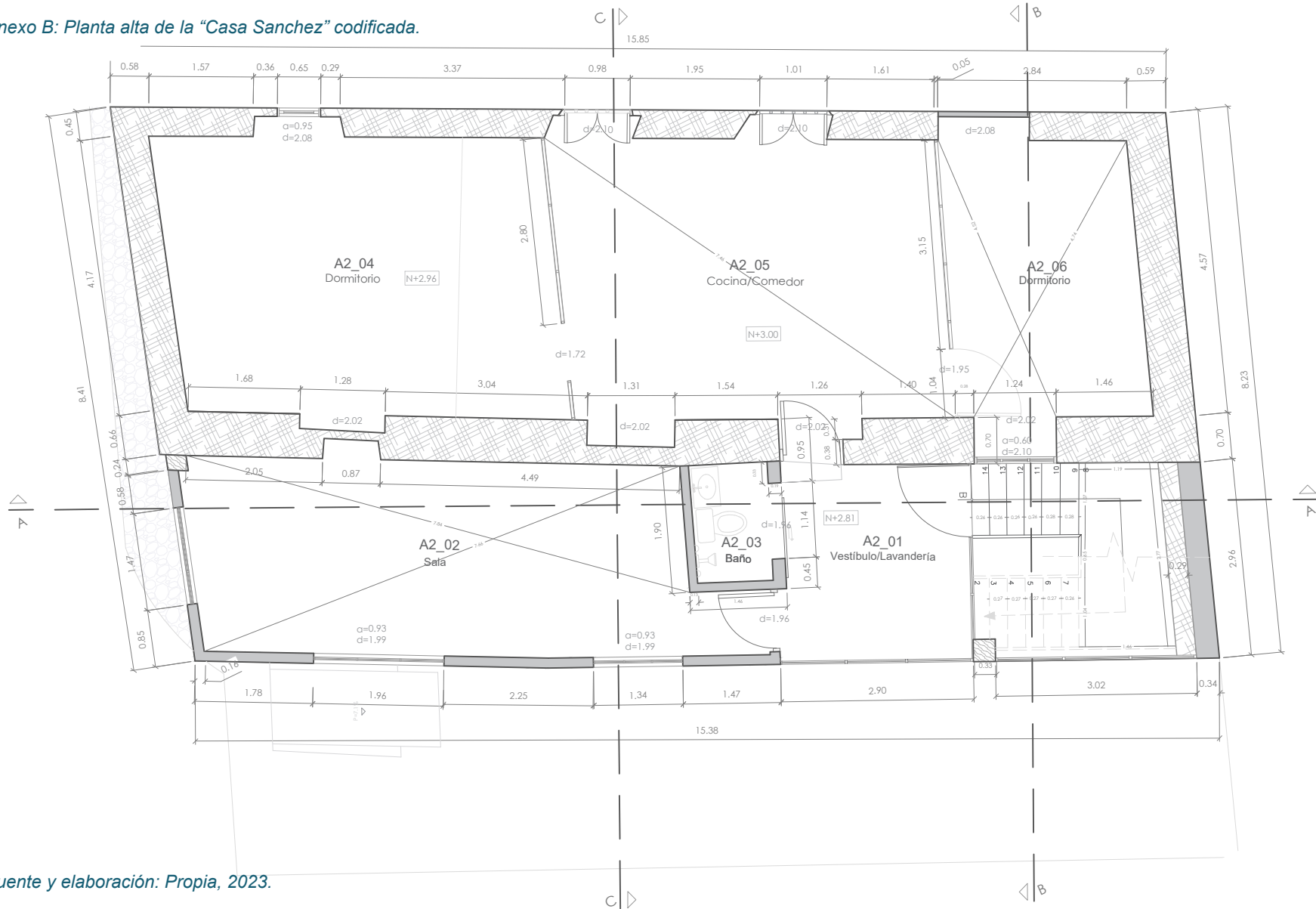
Anexos

Anexo A: Matriz de Nara.

DIMENSIONES				
	ARTÍSTICA	HISTÓRICA	CIENTÍFICO	SOCIAL
ASPECTOS	Forma y diseño			
	Materiales y substancia		El sistema constructivo de la vivienda, al estar dentro del área del centro histórico de Cuenca, debe ser mantenido.	
	Usos y función			
	Tradicón, Técnicas, Experticias		La edificación presentaba uno de los oficios tradicionales del barrio, y aún se encuentran vestigios en su interior.	
	Lugares y asentamientos			
	Espíritu y sentimiento			

Fuente y elaboración: Propia, 2023.

Anexo B: Planta alta de la "Casa Sanchez" codificada.

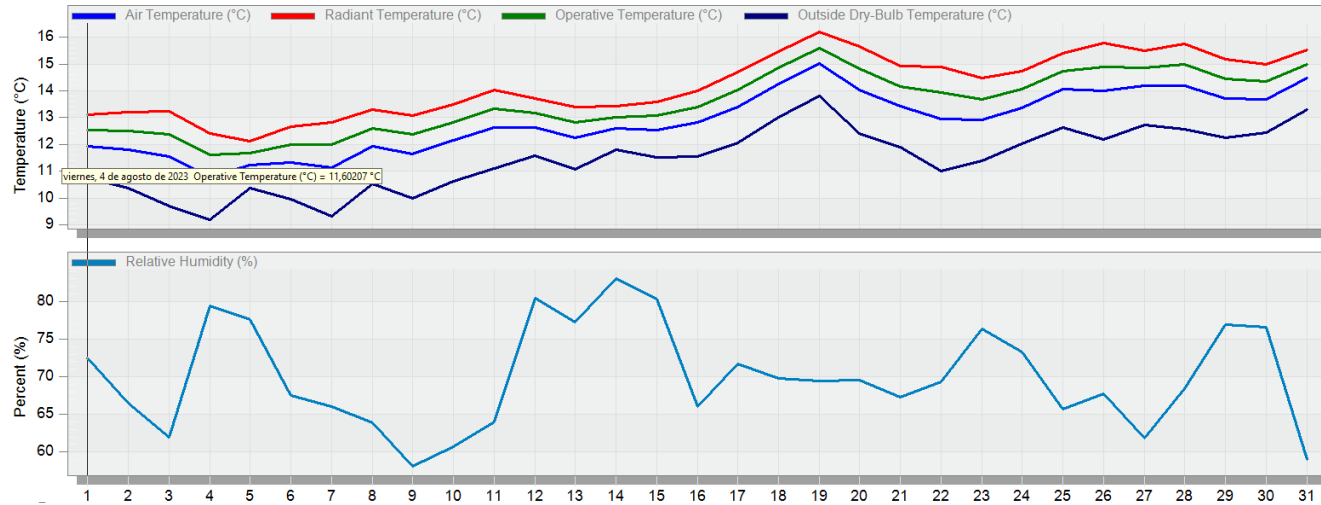


Fuente y elaboración: Propia, 2023.

Anexo C: Simulación actual de temperatura día más frío en zona de permanencia sala.

1 Aug - 31 Aug, Daily

Licensed

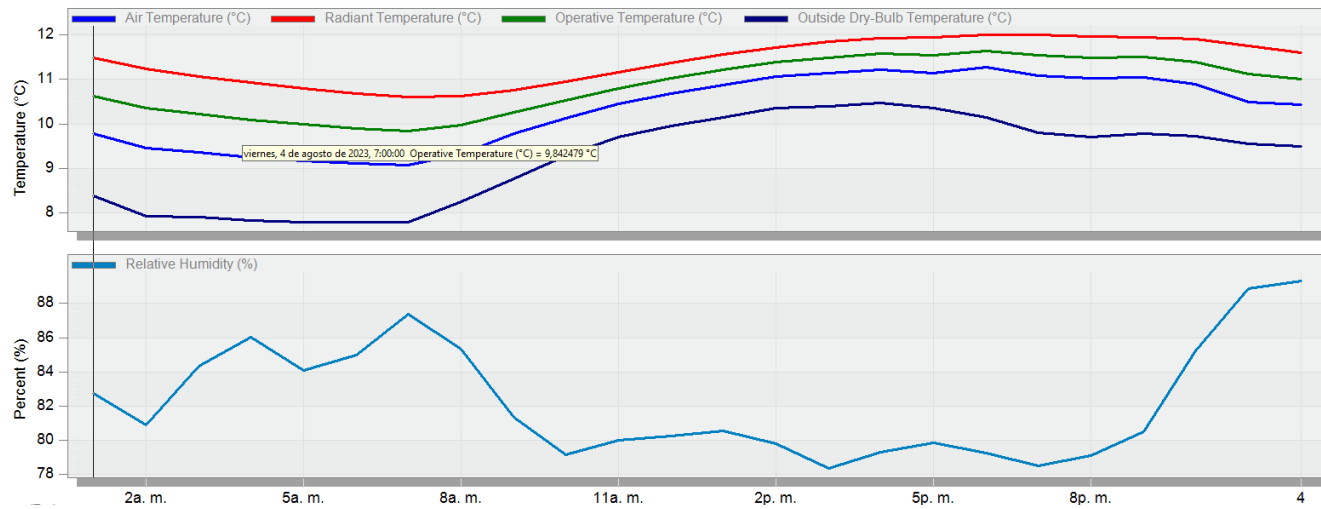


Fuente y elaboración: DesingBuilder, 2023.

Anexo D: Simulación actual de temperatura hora más fría en zona de permanencia sala.

4 Aug - 4 Aug, Hourly

Licensed

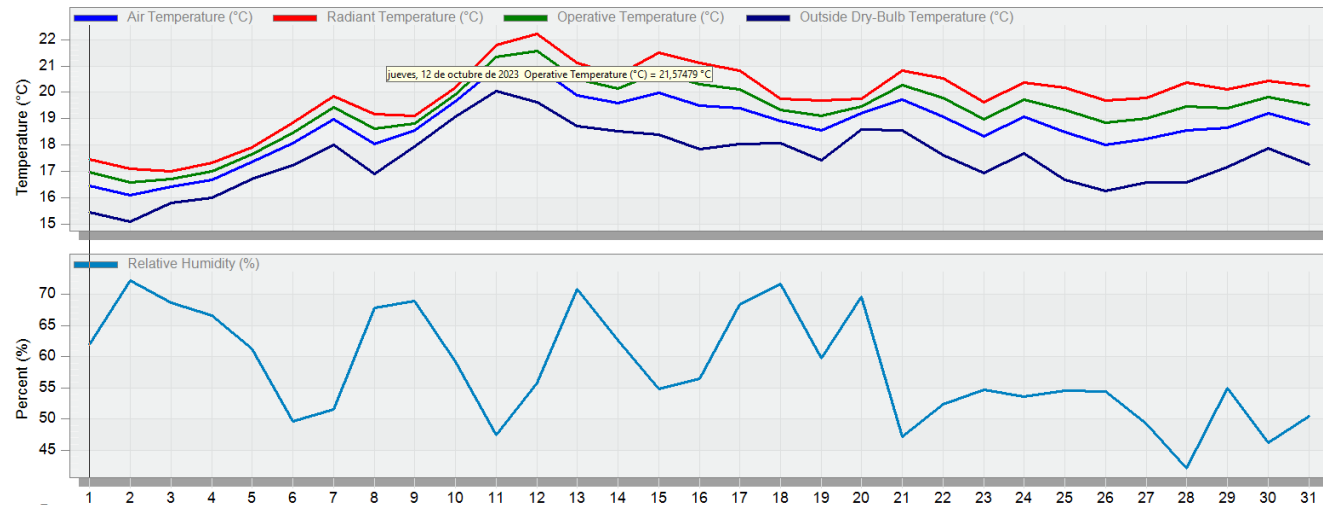


Fuente y elaboración: DesingBuilder, 2023.

Anexo E: Simulación actual de temperatura día más caliente en zona de permanencia sala.

1 Oct - 31 Oct, Daily

Licensed

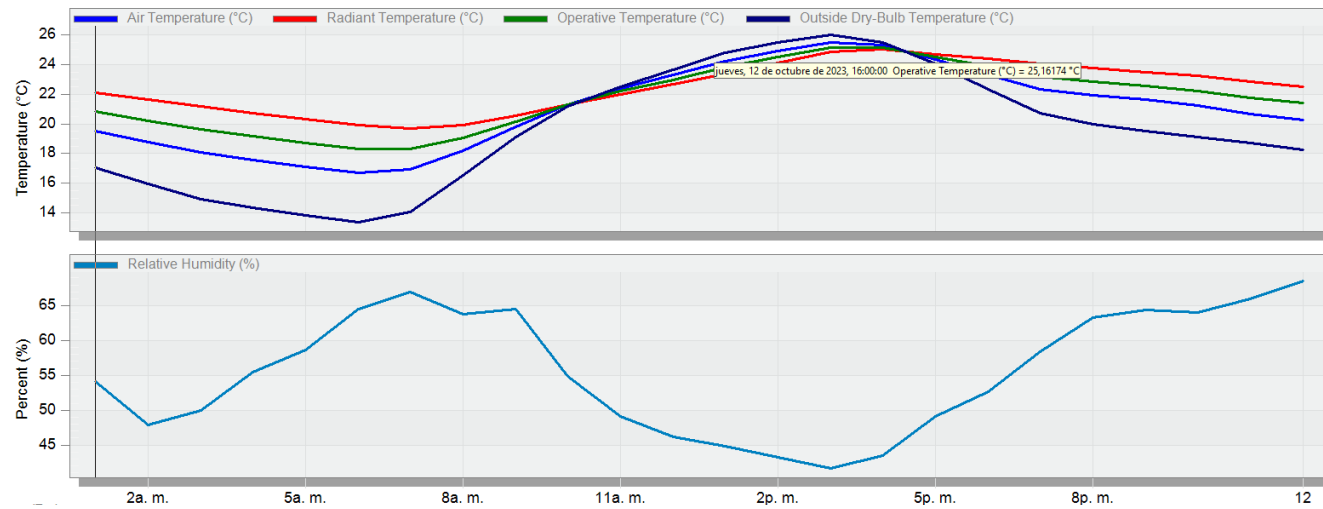


Fuente y elaboración: DesingBuilder, 2023.

Anexo F: Simulación actual de temperatura hora más caliente en zona de permanencia sala.

12 Oct - 12 Oct, Hourly

Licensed

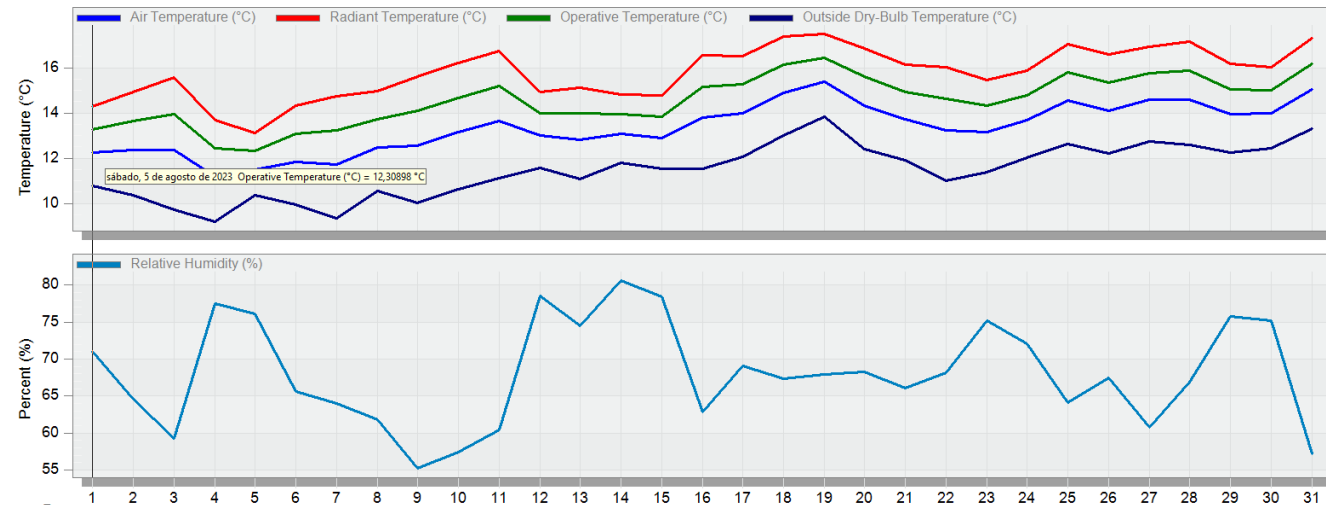


Fuente y elaboración: DesingBuilder, 2023.

Anexo G: Simulación actual de temperatura día más frío en zona de permanencia cocina/comedor.

1 Aug - 31 Aug, Daily

Licensed

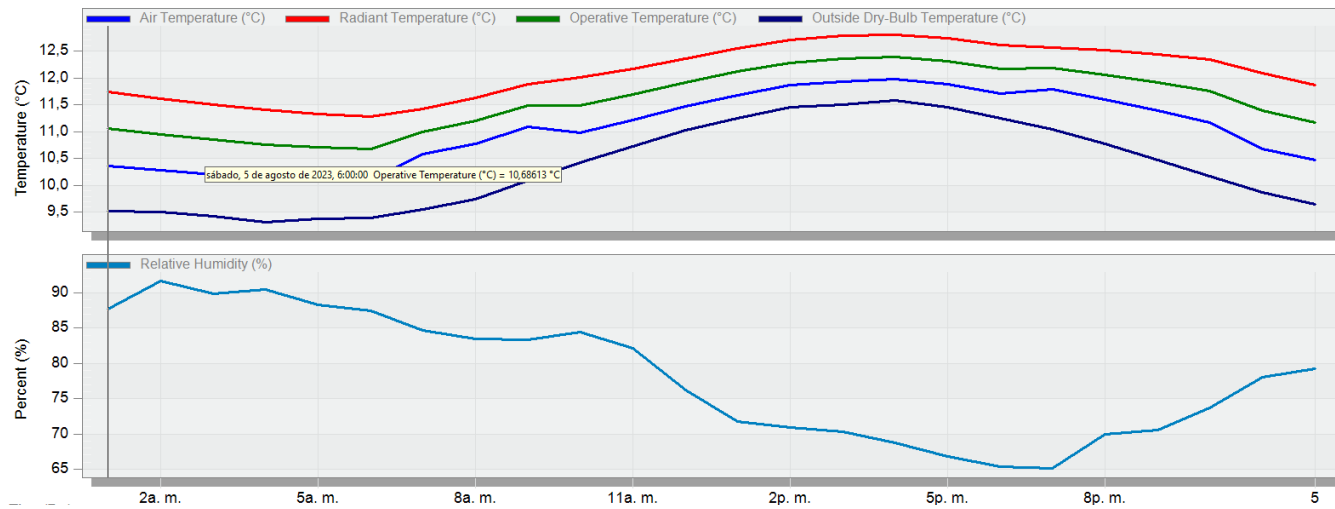


Fuente y elaboración: DesingBuilder, 2023.

Anexo H: Simulación actual de temperatura hora más fría en zona de permanencia cocina/comedor.

5 Aug - 5 Aug, Hourly

Licensed

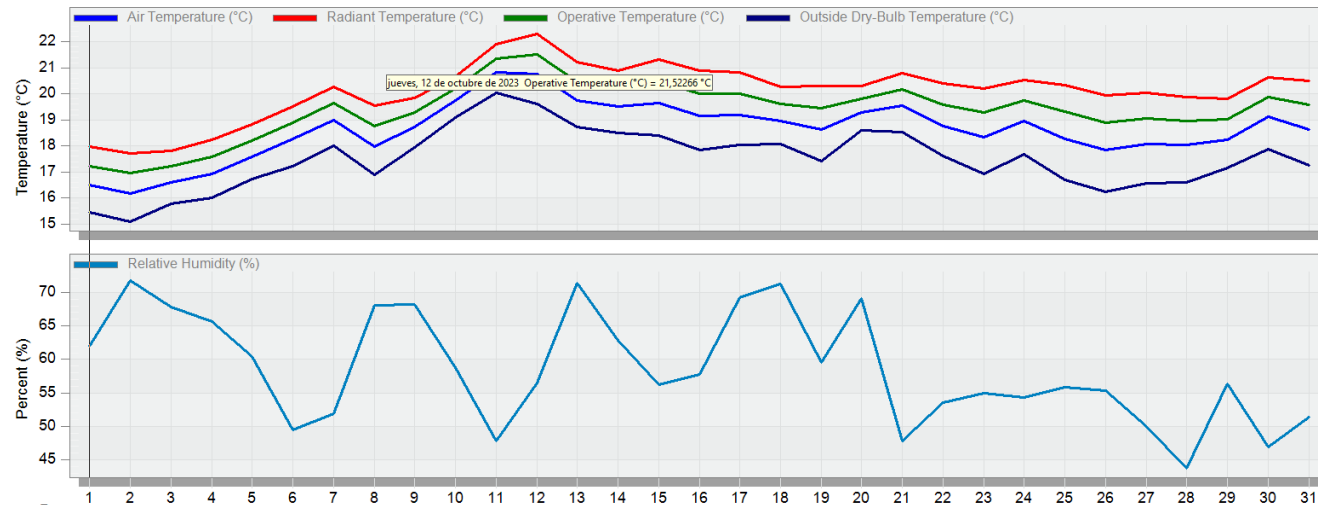


Fuente y elaboración: DesingBuilder, 2023.

Anexo I: Simulación actual de temperatura día más caliente en zona de permanencia cocina/comedor.

1 Oct - 31 Oct, Daily

Licensed

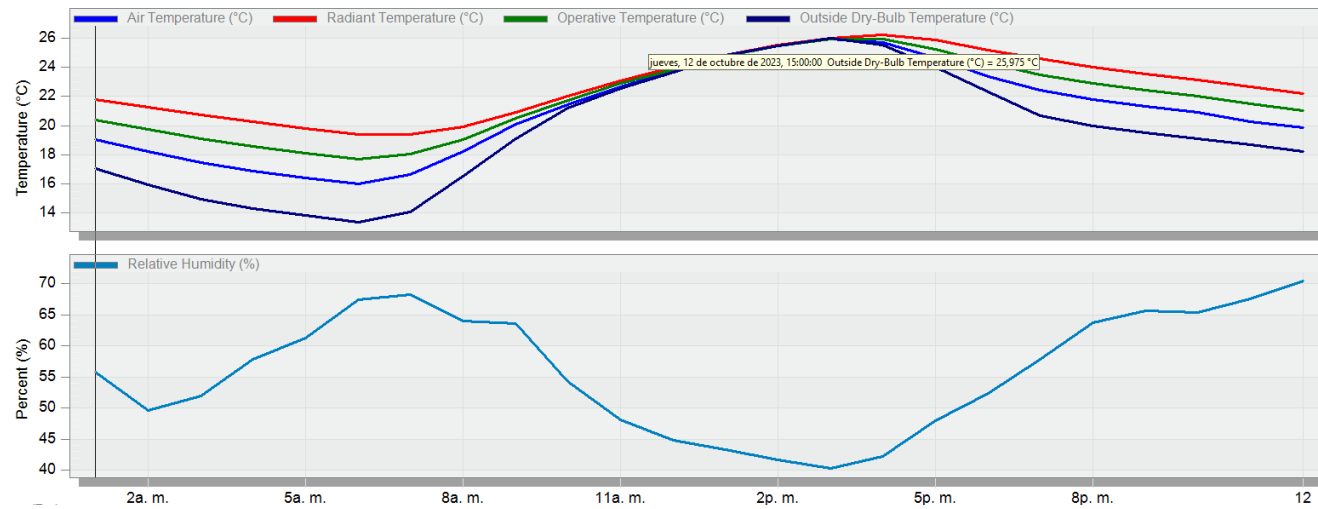


Fuente y elaboración: DesingBuilder, 2023.

Anexo J: Simulación actual de temperatura hora más caliente en zona de permanencia cocina/comedor.

12 Oct - 12 Oct, Hourly

Licensed

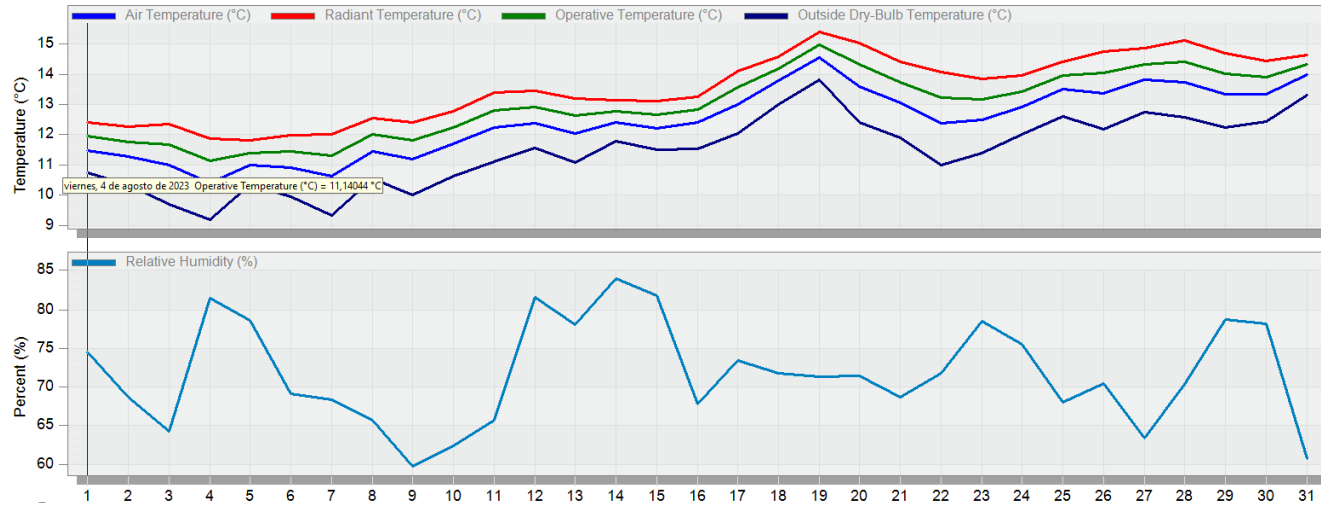


Fuente y elaboración: DesingBuilder, 2023.

Anexo K: Simulación actual de temperatura día más frío en zona de permanencia dormitorio principal.

1 Aug - 31 Aug, Daily

Licensed

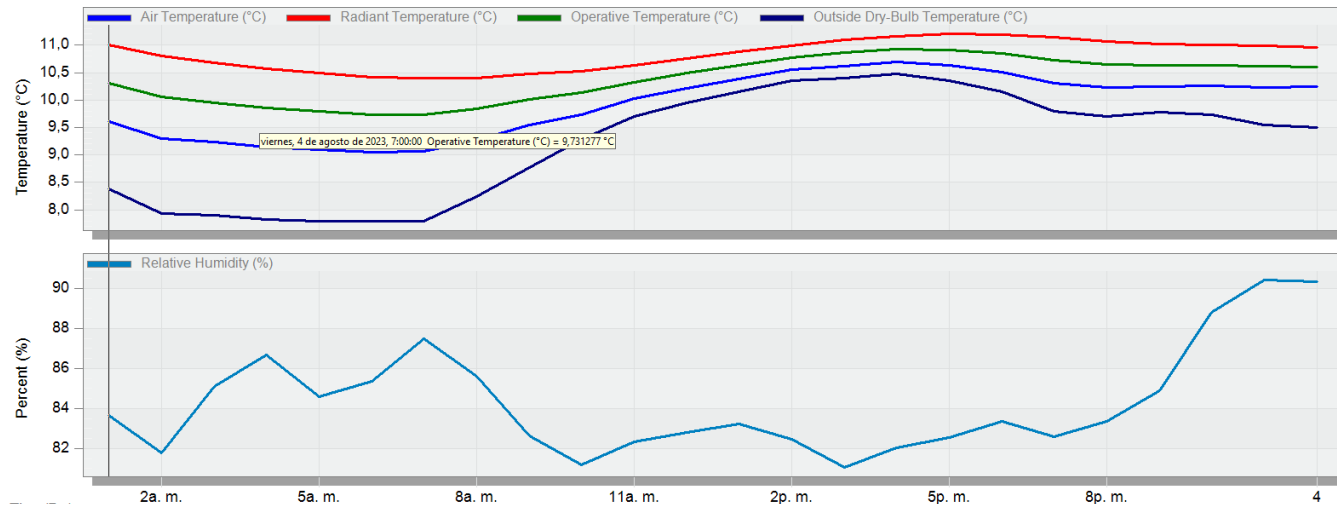


Fuente y elaboración: DesingBuilder, 2023.

Anexo I: Simulación actual de temperatura hora más fría en zona de permanencia dormitorio principal

4 Aug - 4 Aug, Hourly

Licensed

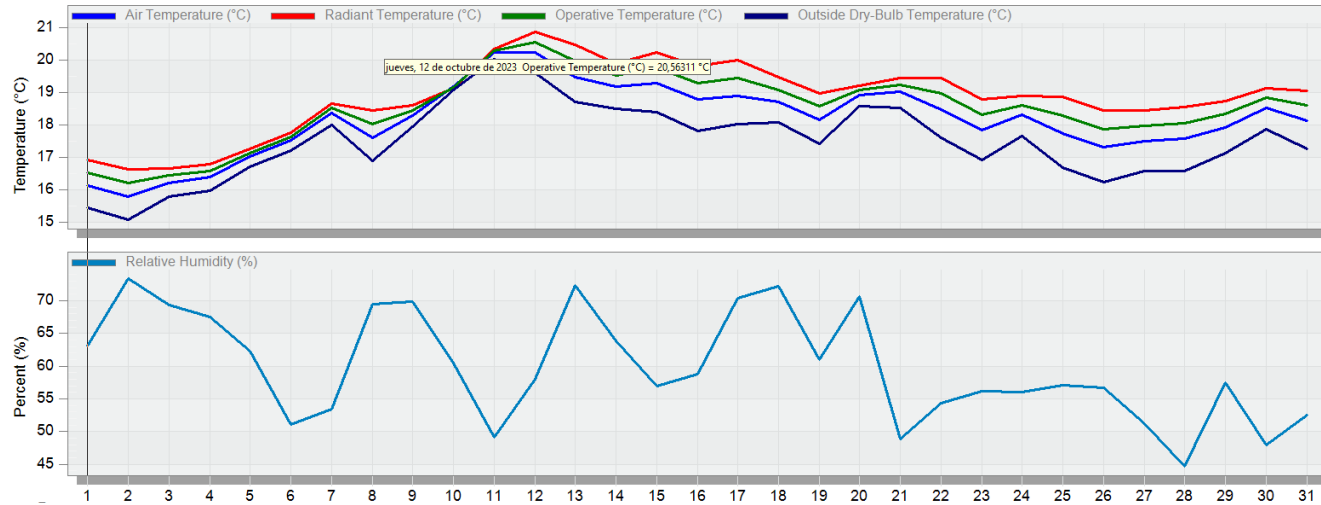


Fuente y elaboración: DesingBuilder, 2023.

Anexo LL: Simulación actual de temperatura día más caliente en zona de permanencia dormitorio principal.

1 Oct - 31 Oct, Daily

Licensed

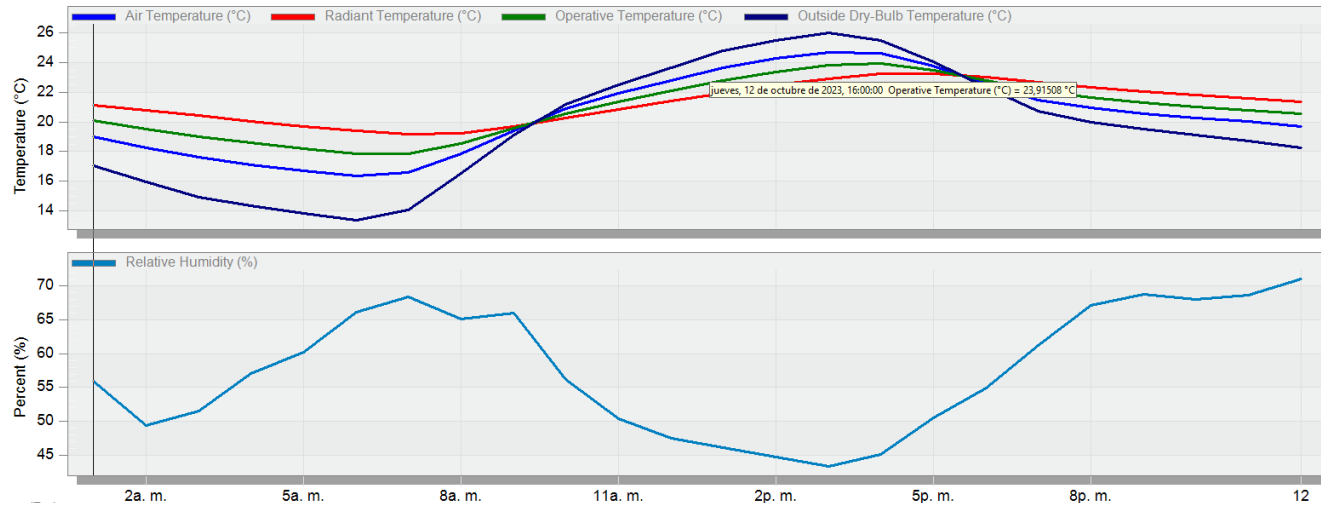


Fuente y elaboración: DesingBuilder, 2023.

Anexo M: Simulación actual de temperatura hora más caliente en zona de permanencia dormitorio principal.

12 Oct - 12 Oct, Hourly

Licensed

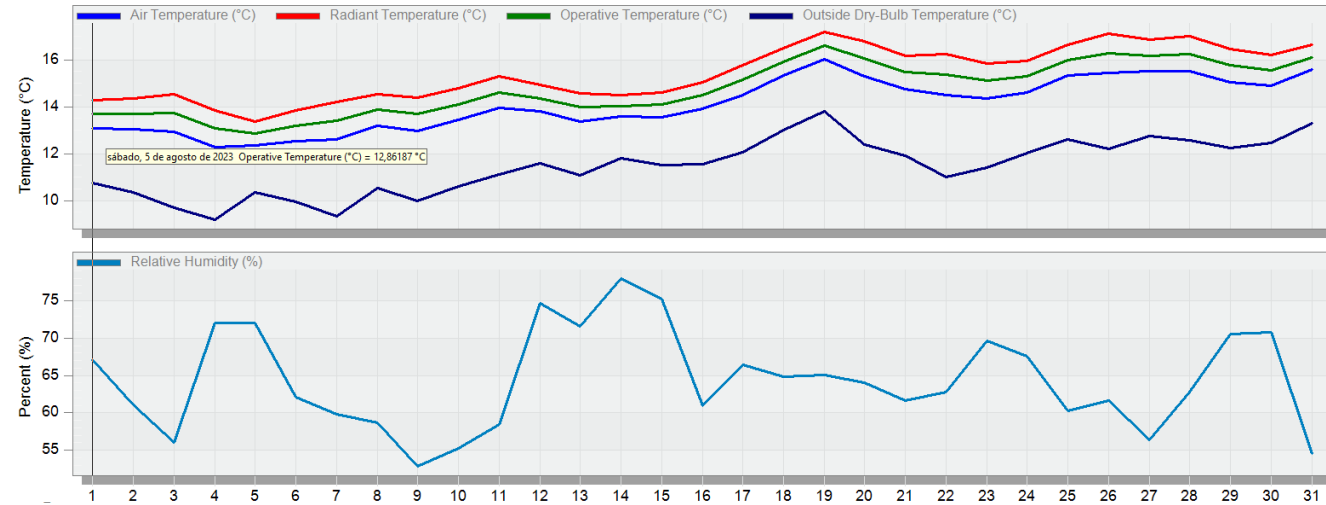


Fuente y elaboración: DesingBuilder, 2023.

Anexo N: Simulación propuesta de temperatura día más frío en zona de permanencia sala.

1 Aug - 31 Aug, Daily

Licensed

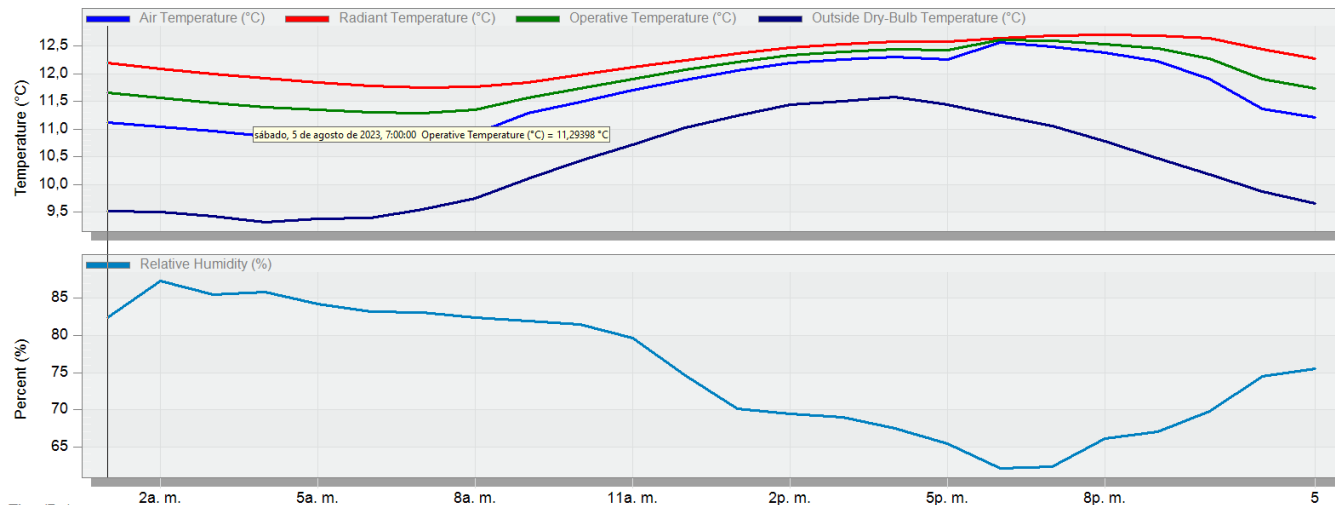


Fuente y elaboración: DesingBuilder, 2023.

Anexo Ñ: Simulación de propuesta de temperatura hora más frío en zona de permanencia sala.

5 Aug - 5 Aug, Hourly

Licensed

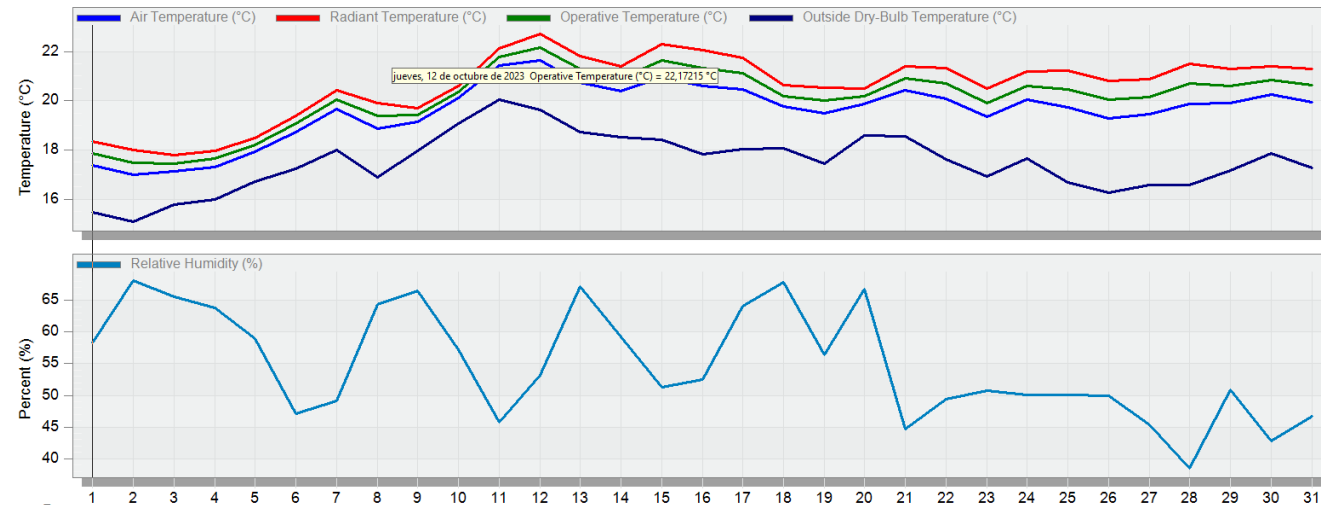


Fuente y elaboración: DesingBuilder, 2023.

Anexo O: Simulación de propuesta de temperatura día más caliente en zona de permanencia sala.

1 Oct - 31 Oct, Daily

Licensed

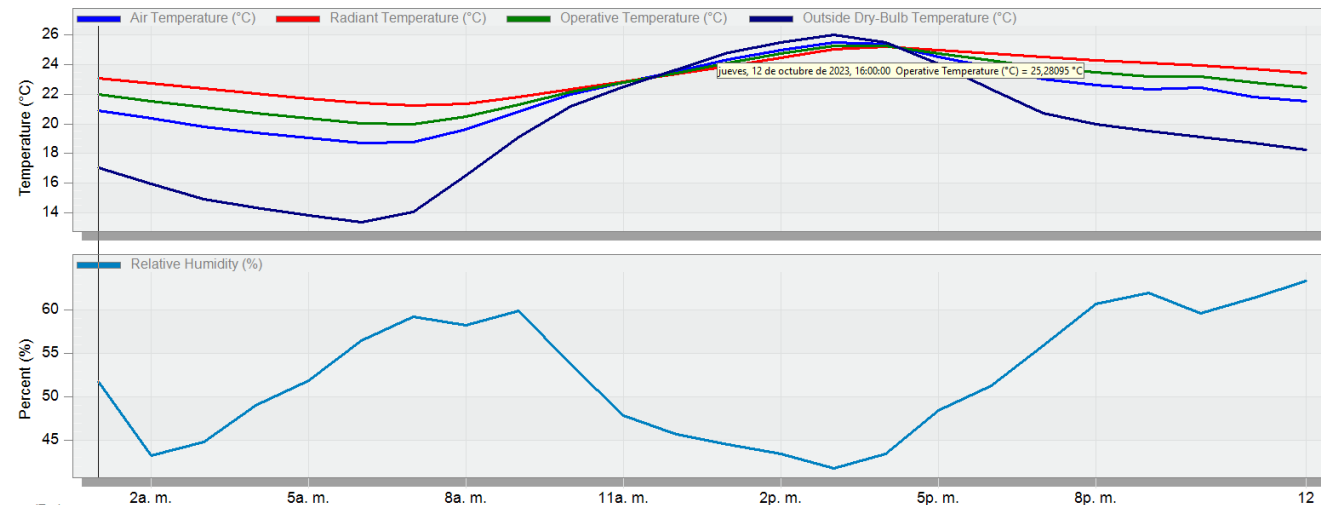


Fuente y elaboración: DesingBuilder, 2023.

Anexo P: Simulación de propuesta de temperatura hora más caliente en zona de permanencia sala.

12 Oct - 12 Oct, Hourly

Licensed

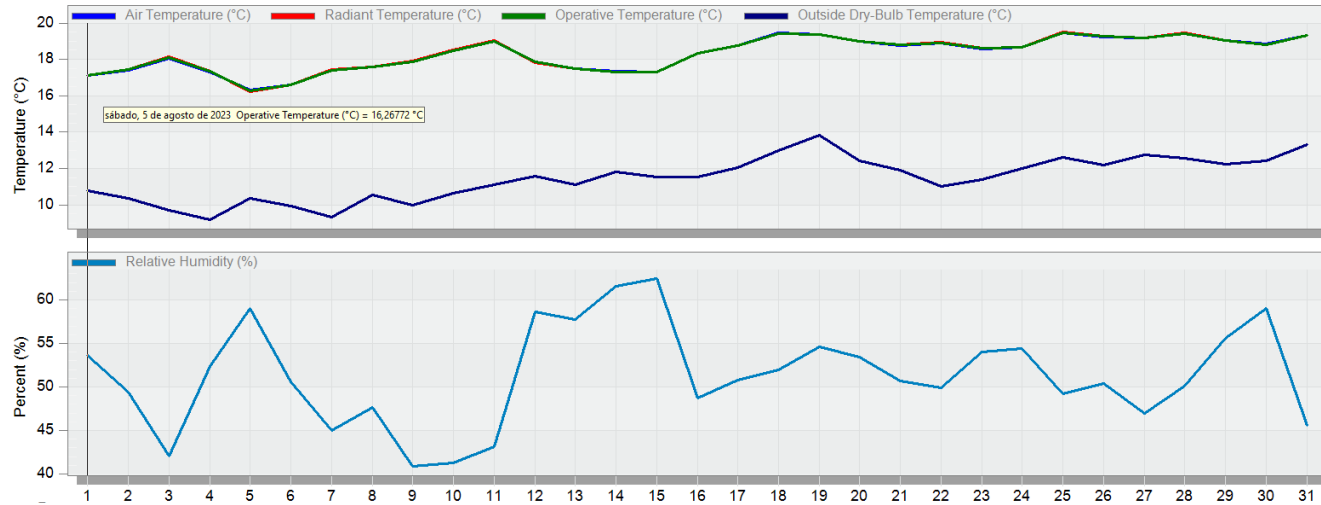


Fuente y elaboración: DesingBuilder, 2023.

Anexo Q: Simulación de propuesta de temperatura día más frío en zona de permanencia cocina/comedor.

1 Aug - 31 Aug, Daily

Licensed

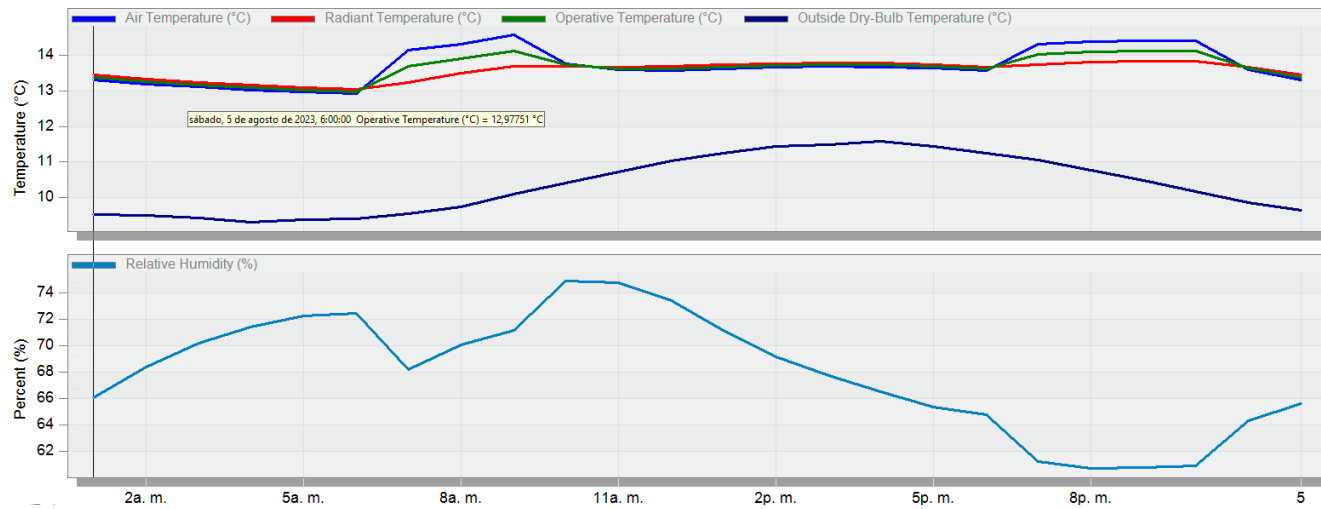


Fuente y elaboración: DesingBuilder, 2023.

Anexo R: Simulación de propuesta de temperatura hora más frío en zona de permanencia cocina/comedor.

5 Aug - 5 Aug, Hourly

Licensed

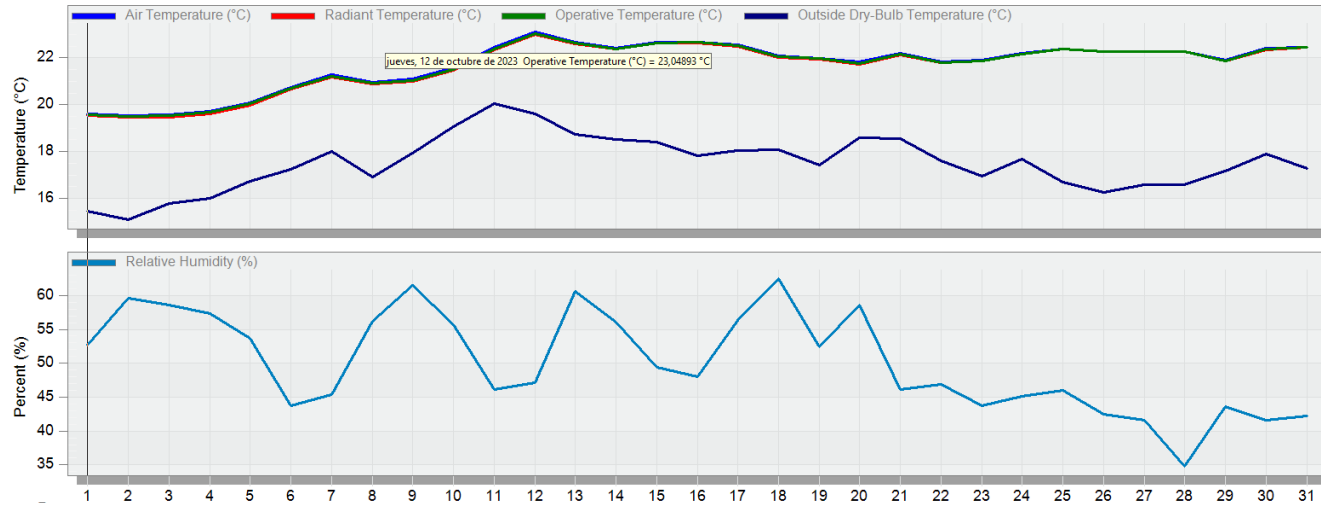


Fuente y elaboración: DesingBuilder, 2023.

Anexo S: Simulación de propuesta de temperatura día más caliente en zona de permanencia cocina/comedor.

1 Oct - 31 Oct, Daily

Licensed

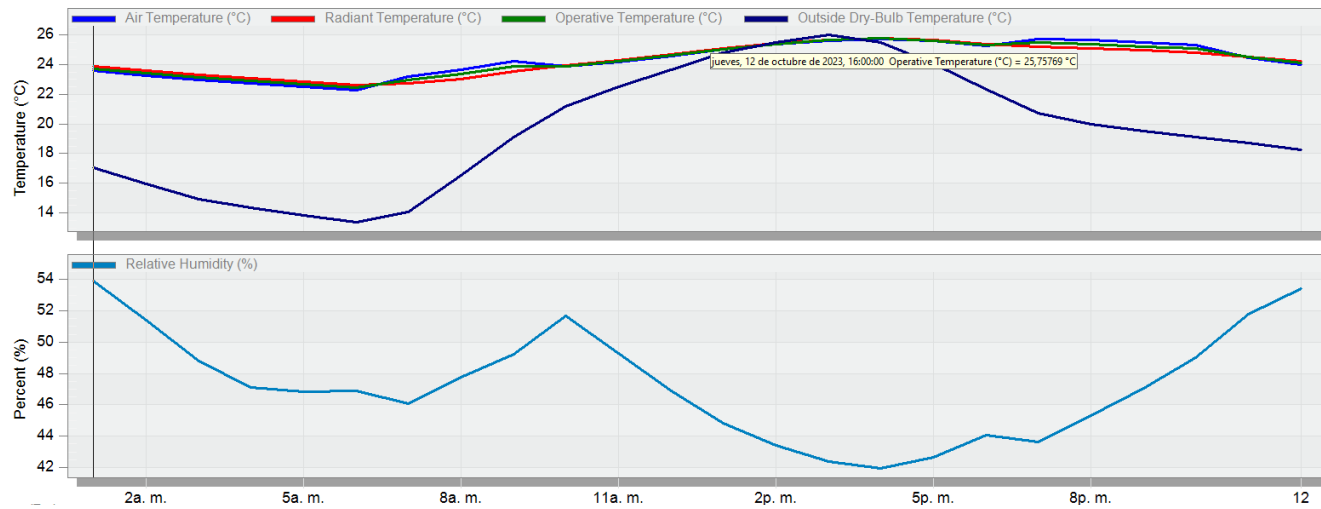


Fuente y elaboración: DesingBuilder, 2023.

Anexo T: Simulación de propuesta de temperatura hora más caliente en zona de permanencia cocina/comedor.

12 Oct - 12 Oct, Hourly

Licensed

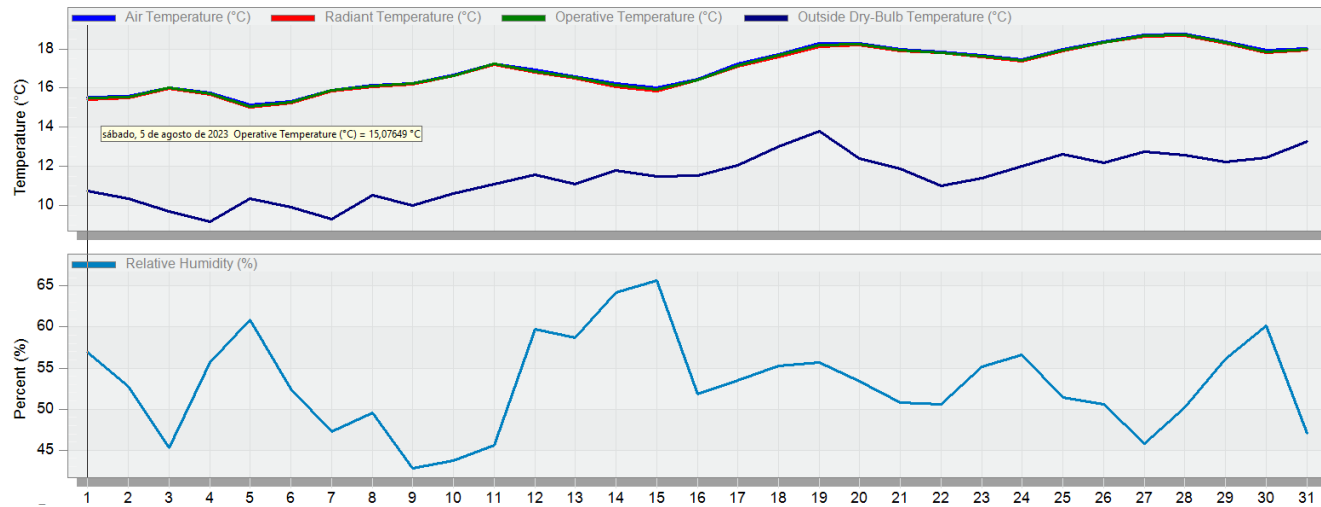


Fuente y elaboración: DesingBuilder, 2023.

Anexo U: Simulación de propuesta de temperatura día más frío en zona de permanencia dormitorio principal.

1 Aug - 31 Aug, Daily

Licensed

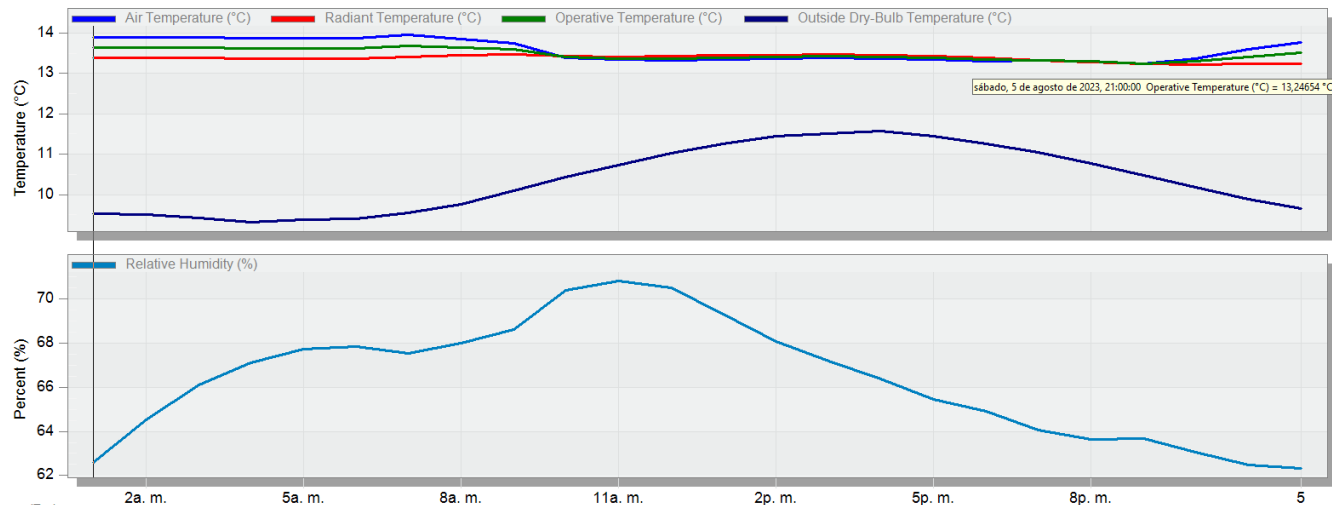


Fuente y elaboración: DesingBuilder, 2023.

Anexo V: Simulación de propuesta de temperatura hora más frío en zona de permanencia dormitorio principal.

5 Aug - 5 Aug, Hourly

Licensed

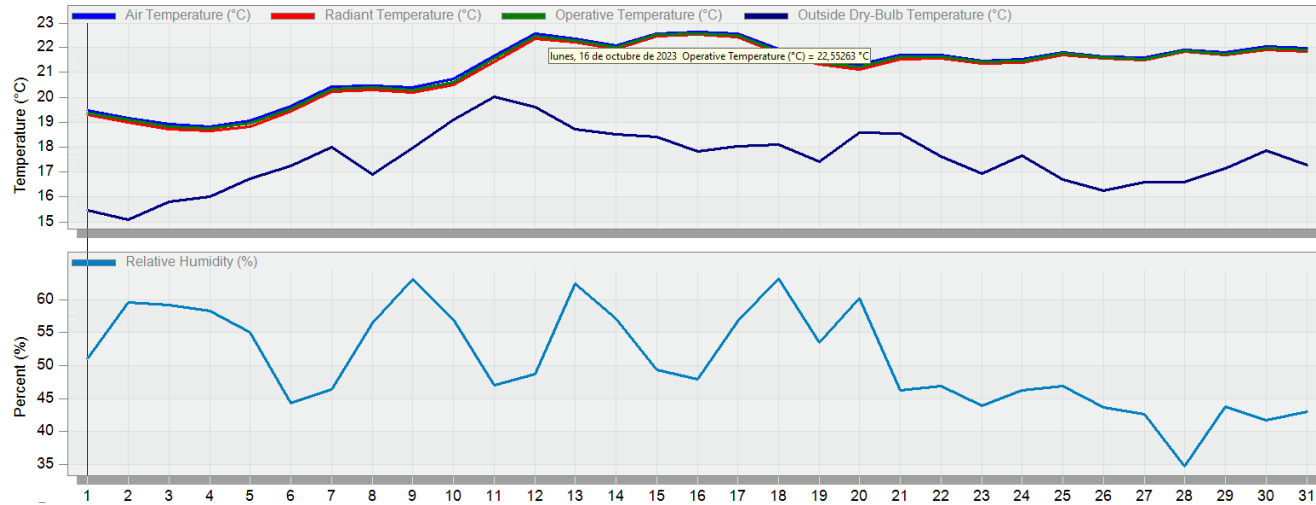


Fuente y elaboración: DesingBuilder, 2023.

Anexo W: Simulación de propuesta de temperatura día más caliente en zona de permanencia dormitorio principal.

1 Oct - 31 Oct, Daily

Licensed

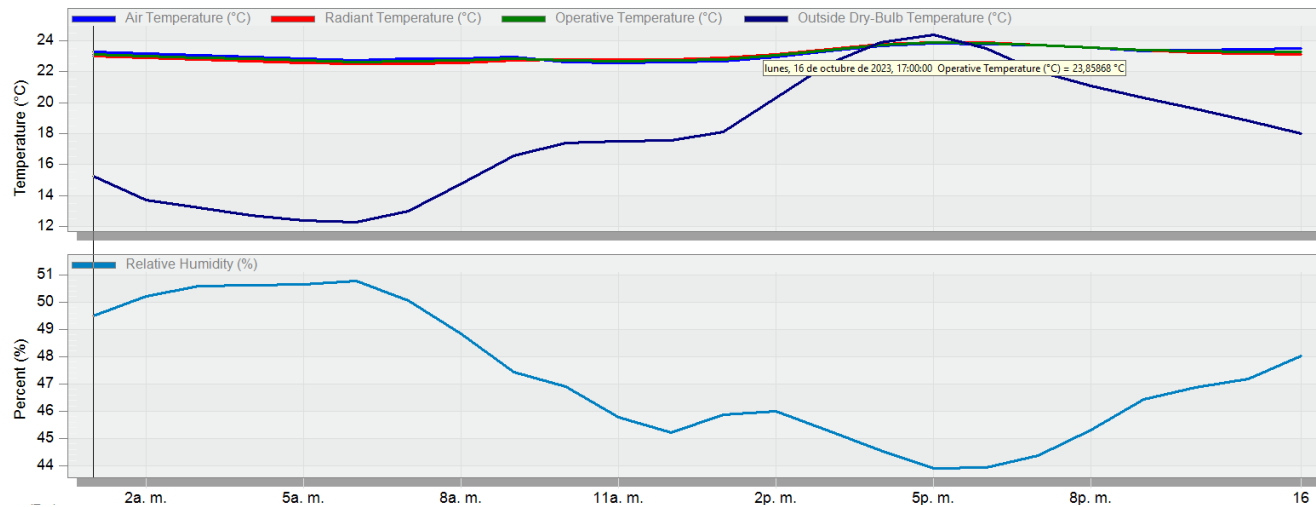


Fuente y elaboración: DesingBuilder, 2023.

Anexo X: Simulación de propuesta de temperatura hora más caliente en zona de permanencia dormitorio principal.

16 Oct - 16 Oct, Hourly

Licensed



Fuente y elaboración: DesingBuilder, 2023.

Anexos

Anexo Y: Reporte de Co2 , estado actual de objeto de estudio.

Embodied and Equivalent Carbon for: Building 1

Calculation description:

The estimated embodied and equivalent carbon data shown below is based on bulk carbon data obtained from the Bath ICE and other data sources. The embodied carbon associated with building services such as lighting and HVAC equipment is not covered in these results.

Equivalent carbon is similar to embodied carbon but also includes the effects of other greenhouse gases so as to provide an equivalent amount of CO2 that would cause the same amount of global warming as the actual greenhouse gases (which may include sulphur dioxide, methane etc) emitted by the processes involved in production of the material.

You should make sure that all of the building materials and glazing systems used in the project have this data defined on the 'Embodied carbon' tab of the materials and glazing dialogs.

The results are indicative only and it is the user's responsibility to ensure that input data is checked and the basis for the calculations is understood.

Materials Embodied Carbon and Inventory	Area (m2)	Embodied Carbon (kgCO2)	Equivalent CO2 (kgCO2)	Mass (kg)
Ladrillo	56,7	17147,3	18290,4	16330,8
Enlucido interior	56,7	798,4	798,4	9979,9
Enlucido exterior	56,7	162,2	169,5	737,2
Partición de madera	49,1	50,4	54,6	419,9
Adobe	66,8	9399,2	9826,5	42723,8
Painted Oak	7,8	0,0	0,0	220,6
Timber Flooring	128,9	1156,5	1181,6	2514,1
Floor/Roof Screed	128,9	1732,8	1732,8	10830,1
Plasterboard	128,9	1783,4	1877,2	4693,1
Gypsum Plasterboard	72,4	195,5	211,8	1628,9
Urea Formaldehyde Foam	128,9	304,5	328,5	171,1
MW Glass Wool (rolls)	128,9	342,1	375,6	223,6
Cast Concrete	128,9	2062,9	2062,9	25786,0
Asphalt 1	128,9	135,4	135,4	2707,5
Sub Total		35270,5	37045,2	118966,5

Constructions Embodied Carbon and Inventory	Area (m2)	Embodied Carbon (kgCO2)	Equivalent CO2 (kgCO2)
Ladrillo con revestimiento interior y exterior	56,7	18107,9	19258,4
Project internal door	2,0	0,0	0,0
Project partition	36,2	195,5	211,8
Adobe	66,8	9399,2	9826,5
Puerta madera de roble	5,8	0,0	0,0
Plywood	24,6	50,4	54,6
Project flat roof	128,9	2260,8	2388,2
Project ground floor	128,9	5256,7	5305,8
Sub Total	449,9	35270,49	37045,23

Glazing Embodied Carbon and Inventory	Area (m2)	Embodied Carbon (kgCO2)	Equivalent CO2 (kgCO2)
Vidrio 3mm	1,9	18,4	18,4
Sgl Clr 3mm	20,4	183,3	183,3
Local shading		0,0	0,0
Window shading		0,0	0,0
Sub Total	22,3	201,7	201,7
Building Total	472,2	35472,2	37246,9

Fuente y elaboración: Design Builder, 2023.

Anexos

Anexo Z: Reporte de Co2 ,de la propuesta de objeto de estudio.

Embodied and Equivalent Carbon for: Building 1

Calculation description:

The estimated embodied and equivalent carbon data shown below is based on bulk carbon data obtained from the Bath ICE and other data sources. The embodied carbon associated with building services such as lighting and HVAC equipment is not covered in these results.

Equivalent carbon is similar to embodied carbon but also includes the effects of other greenhouse gases so as to provide an equivalent amount of CO2 that would cause the same amount of global warming as the actual greenhouse gases (which may include sulphur dioxide, methane etc) emitted by the processes involved in production of the material.

You should make sure that all of the building materials and glazing systems used in the project have this data defined on the 'Embodied carbon' tab of the materials and glazing dialogs.

The results are indicative only and it is the user's responsibility to ensure that input data is checked and the basis for the calculations is understood.

Materials Embodied Carbon and Inventory	Area (m2)	Embodied Carbon (kgCO2)	Equivalent CO2 (kgCO2)	Mass (kg)
Ladrillo	56,7	17147,3	18290,4	16330,8
Enlucido interior	56,7	798,4	798,4	9979,9
Enlucido exterior	56,7	162,2	169,5	737,2
Partición de madera	49,1	50,4	54,6	419,9
Adobe	66,5	9368,1	9794,0	42582,4
Painted Oak	10,3	0,0	0,0	292,5
Timber Flooring	128,9	1156,5	1181,6	2514,1
Floor/Roof Screed	128,9	1732,8	1732,8	10830,1
Plasterboard	128,7	1780,0	1873,7	4684,2
Gypsum Plasterboard	72,4	195,5	211,8	1628,9
Urea Formaldehyde Foam	128,9	304,5	328,5	171,1
MW Glass Wool (rolls)	128,7	341,4	374,9	223,1
Cast Concrete	128,9	2062,9	2062,9	25786,0
Asphalt 1	128,7	135,1	135,1	2702,4
Sub Total		35235,1	37008,2	118882,7

Constructions Embodied Carbon and Inventory	Area (m2)	Embodied Carbon (kgCO2)	Equivalent CO2 (kgCO2)
Ladrillo con revestimiento interior y exterior	56,7	18107,9	19258,4
Project internal door	2,0	0,0	0,0
Project partition	36,2	195,5	211,8
Adobe	66,5	9368,1	9794,0
Puerta madera de roble	8,3	0,0	0,0
Plywood	24,6	50,4	54,6
Project flat roof	128,7	2256,5	2383,7
Project ground floor	128,9	5256,7	5305,8
Sub Total	451,9	35235,11	37008,20

Glazing Embodied Carbon and Inventory	Area (m2)	Embodied Carbon (kgCO2)	Equivalent CO2 (kgCO2)
Vidrio 3mm	1,3	12,6	12,6
Trp Clr 3mm/13mm Air	16,2	448,7	448,7
Dbl Clr 3mm/13mm Air	2,5	45,8	45,8
Dbl Clr 3mm/6mm Air	0,2	4,4	4,4
Local shading		0,0	0,0
Window shading		0,0	0,0
Sub Total	20,3	511,4	511,4
Building Total	472,2	35746,5	37519,6

Fuente y elaboración: Design Builder, 2023.