

ARQUITECTURA

Tesis previa a la obtención del título de
Arquitecto.

AUTOR: Wilson Andrés Cárdenas Gargía

TUTOR: Arq. Claudia Costa de Los Reyes

**Análisis de eficiencia energética y propuesta constructivas
de escuelas municipales de la ciudad de Loja, casos de
estudio: Mons. Jorge Guillermo Armijos y Municipal Borja**

DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, Wilson Andrés Cárdenas García declaro bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional, y que se ha consultado la biografía detallada.

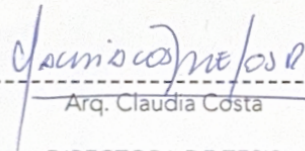
Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y leyes.



Wilson Andrés Cárdenas García

AUTOR

Yo, Claudia Costa De Los Reyes, certifico que conozco al autor del presente trabajo, siendo el responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad como de su contenido.



Arq. Claudia Costa

DIRECTORA DE TESIS

DEDICATORIA

A mis padres, María y Wilson, por ser el cimiento sólido sobre el cual se han construido mis sueños. Su amor incondicional, su dedicación incansable y su apoyo constante han sido la fuerza que me ha permitido alcanzar esta meta y transformar mis aspiraciones en realidad.

A mis hermanos, Diego y Gaby, por su compañía sincera y su apoyo inquebrantable en cada etapa de este logro.

A mi tía y a mis tíos, por su guía, sus sabios consejos y por inspirarme siempre a superarme y a aspirar más.

No puedo dejar de mencionar a mi Ramón, mi fiel compañero, que en las largas noches de estudio se mantuvo a mi lado, silencioso y constante, recordándome que la verdadera compañía se encuentra incluso en los momentos más solitarios.

Con profunda gratitud y afecto.

Andrés.

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi profundo agradecimiento a mi familia, por su apoyo constante, su motivación y su confianza durante todo este proceso académico. Su acompañamiento ha sido fundamental para alcanzar esta meta.

De manera especial, agradezco a mi tutora de tesis, Arq. Claudia Costa, por su guía, dedicación y acompañamiento durante el desarrollo de este trabajo, así como por sus valiosos conocimientos y observaciones.

Asimismo, agradezco a la Dra. María Fernanda León, por su orientación académica, sus aportes y su disposición para fortalecer esta investigación.

Andrés.

01

INTRODUCCIÓN

PÁGINAS: 10-21

- 1.1 ANTECEDENTES
- 1.2 PROBLEMÁTICA
- 1.3 JUSTIFICACIÓN
- 1.4 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN
- 1.5 HIPÓTESIS
- 1.6 OBJETIVO GENERAL Y ESPECIFICO
- 1.7 METODOLOGÍA

02

MARCO TEÓRICO

PÁGINAS: 22-53

- 2.1 ESTADO DEL ARTE
- 2.2 EQUIPAMIENTOS EDUCATIVOS
- 2.3 MARCO LEGAL Y NORMATIVO

03

MARCO REFERENCIAL

PÁGINAS: 54-95

- 3.1 DESCRIPCIÓN
- 3.2 TABLA DE CRITERIOS
- 3.3 METODOLOGÍA
- 3.4 REFERENTE 1
- 3.5 REFERENTE 2
- 3.6 REFERENTE 3
- 3.7 SÍNTESIS DE REFERENTES

04

DIAGNÓSTICO

PÁGINAS: 96-153

- 4.1 METODOLOGÍA
- 4.2 METODOLOGÍA ESCALA PA
- 4.3 HERRAMIENTAS Y VARIABLES
- 4.4 ESCALA CIUDAD
- 4.5 ESCUELA MUNICIPAL BORJA
- 4.6 ESCUELA JORGE GUILLERMO ARMIJOS
- 4.7 ESCALA SITIO
- 4.8 SELECCIÓN DE AULAS

05

PROPUESTA

PÁGINAS: 154-209

- 5.0 METODOLOGÍA
- 5.0.1 ESCUELA BORJA ARMIJOS
- 5.1 MODELADO DE ALTERNATIVAS POR COMPONENTE
- 5.2 ESCUELA MONS JORGE GUILLERMO ARMIJOS
- 5.3 RESULTADOS
- 5.4 CONCLUSIONES

RESUMEN

Palabras Clave: Eficiencia Energética, Confort Interior, Estrategias constructivas Térmicas, Design Builder.

La investigación titulada "Análisis de eficiencia energética y propuesta de estrategias constructivas en escuelas municipales de la ciudad de Loja: caso de estudio Mons. Jorge Guillermo Muñoz y Escuela Municipal Borja" tiene como finalidad analizar y mejorar las condiciones de confort térmico, lumínico y de ventilación en edificaciones educativas. La problemática se centra en las deficiencias de confort interior presentes en las aulas, asociadas al uso de sistemas constructivos sin aislamiento térmico adecuado y a una limitada ventilación natural. Estas condiciones generan altas temperaturas interiores, iluminación natural insuficiente y ventilación deficiente, afectando el bienestar, la concentración y el desempeño de los estudiantes.

El objetivo principal es optimizar el confort interior mediante el rediseño de la envolvente arquitectónica, aplicando criterios de control térmico, aprovechamiento de la iluminación natural y mejora de la ventilación natural. La metodología se fundamenta en el análisis climático del sitio y en la evaluación del confort térmico, lumínico y de ventilación a través de simulaciones ambientales realizadas con el software DesignBuilder complementadas con la verificación normativa conforme a los lineamientos establecidos por ASHRAE 55 Y La Norma Ecuatoriana de la construcción (NEC).

Los resultados evidencian que la incorporación de estrategias arquitectónicas pasivas como la ventilación cruzada, el aislamiento térmico en la envolvente y el control solar adecuado contribuyen a la reducción de las temperaturas interiores, al mejor aprovechamiento de la iluminación natural y a la mejora de la ventilación, promoviendo espacios educativos más confortables, saludables y acordes al contexto climático local.

ABSTRACT

Keywords: Energy Efficiency, Indoor Comfort, Thermal Construction Strategies, Design Builder.

The research titled "Analysis of energy efficiency and proposal of constructive strategies in municipal schools of the city of Loja: case study Mons. Jorge Guillermo Muñoz and Escuela Municipal Borja" aims to analyze and improve the conditions of thermal, lighting, and ventilation comfort in educational buildings. The problem focuses on the deficiencies in indoor comfort present in classrooms, associated with the use of construction systems without adequate thermal insulation and limited natural ventilation. These conditions generate high indoor temperatures, insufficient natural lighting, and poor ventilation, affecting students' well-being, concentration, and performance.

The main objective is to optimize indoor comfort through the redesign of the architectural envelope, applying criteria of thermal control, natural lighting utilization, and improvement of natural ventilation. The methodology is based on the climatic analysis of the site and the evaluation of thermal, lighting, and ventilation comfort through environmental simulations carried out with the DesignBuilder software, complemented by regulatory verification according to the guidelines established by ASHRAE 55 and the Ecuadorian Construction Standard (NEC).

The results show that the incorporation of passive architectural strategies such as cross ventilation, thermal insulation in the building envelope, and adequate solar control contributes to the reduction of indoor temperatures, better use of natural lighting, and improved ventilation, promoting more comfortable, healthy educational spaces that are consistent with the local climatic context.

Keywords: Energy Efficiency, Indoor Comfort, Thermal Construction Strategies.



01

INTRODUCCIÓN



1.1 ANTECEDENTES

La educación y su infraestructura han sido elementos clave en la consolidación de los Estados modernos, y Ecuador no ha sido la excepción. Entre 2007 y 2017, el gobierno central impulsó una ampliación significativa de la infraestructura educativa mediante proyectos como las Unidades Educativas del Milenio (UEM), caracterizadas por un diseño estandarizado orientado a mejorar la seguridad y el confort de los estudiantes (Ministerio de Educación, 2017).

Entre las décadas de 1950 y 1990, muchos municipios ecuatorianos comenzaron a desarrollar instituciones educativas propias para complementar la oferta del Estado. Este proceso fue especialmente visible en ciudades como Guayaquil, Quito, Cuenca y Loja, donde la tradición educativa impulsó la creación de equipamientos escolares administrados localmente. En el caso de Loja, la municipalidad inició su participación formal en el ámbito educativo en 1996, ampliando progresivamente su cobertura hacia zonas urbanas y rurales (Briceño, 2017).

En Loja, la educación municipal se consolidó como un mecanismo para ampliar el acceso a la educación básica, especialmente para sectores con menor estabilidad económica. Actualmente existen ocho escuelas municipales creadas entre 1996 y 2004: Héroes del Cenepa (1996), Tierras Coloradas (1998), Dr. Ángel Felicísimo Rojas (2000), Capulí Loma (2001), Mons. Jorge Guillermo Armijos (2002), Municipal Borja (2003), Pradera (2003) y Escuela Municipal Ecológica (2004) (Municipio de Loja, 2023). La identificación de estas instituciones cumple únicamente una función contextual dentro del estudio.

Según informes del Gobierno Provincial de Loja (2023), diversos establecimientos educativos administrados por gobiernos locales presentan limitaciones en su infraestructura, lo que afecta la calidad del proceso de enseñanza. Entre los problemas más recurrentes se encuentran deterioro de materiales, ventilación natural insuficiente, iluminación limitada, ausencia de accesibilidad universal y deficiencias en confort térmico y acústico. Estos aspectos comprometen los criterios de habitabilidad, entendidos como condiciones adecuadas de iluminación natural, ventilación cruzada, confort

térmico, confort acústico y seguridad en las circulaciones.

A pesar de estas observaciones, ninguna de las ocho escuelas municipales de Loja ha sido intervenida de manera integral. Dos de ellas, la Escuela Municipal Mons. Jorge Guillermo Armijos (175 estudiantes, en funcionamiento desde 2002) y la Escuela Municipal Borja (145 estudiantes, desde 2003), presentan condiciones que distan de cumplir los estándares necesarios para garantizar bienestar y aprendizaje adecuado (Municipio de Loja, 2023). La situación evidencia la urgencia de revisar su infraestructura desde un enfoque técnico.












Las escuelas municipales de Loja emplean principalmente dos sistemas constructivos: hormigón armado y paneles prefabricados estandarizados (Municipio de Loja, 2023). Esta condición hace necesaria la formulación de propuestas constructivas específicas que mejoren el desempeño térmico de la envolvente, optimicen la ventilación natural, aprovechen la iluminación natural y reduzcan el consumo energético asociado a la climatización y a la iluminación artificial.

A nivel regional, el Banco Mundial (2011) advierte que alrededor del 60% de las instituciones educativas latinoamericanas carecen de estrategias de sostenibilidad, lo que genera costos innecesarios e incrementa el impacto ambiental. Asimismo, Mumovic et al. (2009) evidencian que la calidad ambiental interior — térmica, acústica y de aire— influye directamente en el rendimiento cognitivo de los estudiantes.

En este contexto, resulta esencial que las escuelas municipales de Loja integren criterios de sostenibilidad y eficiencia energética en su infraestructura, a fin de reducir el consumo energético, mejorar la calidad ambiental interior y favorecer mejores condiciones de aprendizaje.



Síntesis de de estructuras de las ocho escuelas municipales de Loja.

Escuela Municipal	Estructura		Fotografía	
	Prefabricada	Hormigón	Prefabricada	Hormigón
1. Heroes del Cenepa	✓	✓		
2. Tierras Coloradas	✓	✓		
3. Dr. Angel Felicísimo Rojas		✓		
4. Capuli Loma	✓	✓		
5. Jorge Guillermo Armijos	✓	✓		
6. Borja	✓	✓		




Escuela Municipal	Estructura		Fotografía	
	Prefabricada	Hormigón	Prefabricada	Hormigón
7. Pradera		✓		
8. Ecológica	✓	✓		

Tabla 1: Estructuras de las ocho escuelas municipales
Autor: Elaboración Propia del autor,2025

Casos de estudio

Caso de Estudio	Año de Funcionamiento	Alumnos	Área	Fotografía
1.-Escuela Mons. Jorge Guillermo Armijos	2002	175	287m ²	
2.- Escuela Borja	2003	145	420m ²	

Tabla 2: Casos de estudio
Autor: Elaboración Propia del autor,2025

1.2 PROBLEMÁTICA

Earthman (2002) sostiene que las condiciones físicas de las escuelas influyen en el rendimiento académico y en el desempeño docente. De manera similar, Yncil (2023) señala que existe una relación directa entre el diseño arquitectónico y el rendimiento estudiantil, ya que ambientes mal acondicionados afectan la concentración, la comodidad y la participación en el aula.

Aunque el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Loja (2019) plantea la necesidad de intervenir las ocho escuelas municipales, la totalidad de estas instituciones presenta deficiencias en su infraestructura actual. Dichas deficiencias no solo comprometen su funcionamiento, sino que también afectan los parámetros básicos de confort ambiental interior. El impacto de esta situación es significativo, considerando que aproximadamente 1.355 estudiantes dependen de estas instituciones para su formación.

La tabla 21 del PDOT (2023), referente a programas y proyectos, confirma la necesidad de intervención, señalando que las escuelas municipales presentan condiciones que no cumplen con los niveles mínimos de habitabilidad. Estas deficiencias se relacionan con problemas de ventilación insuficiente, iluminación natural limitada, filtraciones en época lluviosa, deterioro de acabados y fachadas, acumulación de humedad y falta de estrategias pasivas de control térmico. Tales condiciones afectan de manera directa la comodidad, la seguridad y la funcionalidad de los espacios educativos.

Durante la visita técnica realizada el 6 de enero de 2025 se identificaron problemáticas específicas vinculadas al desempeño térmico y energético de las aulas. Se evidenció la presencia de sobrecalentamiento debido a la ausencia de ventilación cruzada, la escasa renovación de aire y el uso de materiales con bajo desempeño térmico. Estas condiciones generan ambientes excesivamente cálidos durante la jornada escolar, lo que afecta la concentración y el bienestar de los estudiantes. Asimismo, la falta de ventilación adecuada favorece la acumulación de aire viciado y olores, lo que constituye un problema de salubridad (Observación directa, 6 de enero de 2025). Rezusta et al. (2021) coinciden en que las unidades educativas con deficiencias en habitabilidad presentan limitaciones

para ofrecer condiciones óptimas de confort ambiental.

Otro problema relevante es la iluminación insuficiente en las aulas. Los docentes reportaron que el bajo nivel lumínico obliga a los estudiantes a forzar la vista, generando fatiga visual y disminuyendo su capacidad de concentración. Quintero et al. (2015) señalan que la iluminación deficiente incrementa la incomodidad y obstaculiza el aprendizaje. Mizuno (2011) agrega que la permanencia en ambientes de baja visibilidad puede generar agotamiento físico y mental, afectando el rendimiento académico.

La falta de condiciones adecuadas en ventilación e iluminación ha derivado en un aumento del consumo energético, dado que los docentes han optado por incorporar ventiladores eléctricos y sistemas de iluminación artificial durante gran parte de la jornada. Esta dependencia de equipos mecánicos refleja la ineficiencia del diseño pasivo existente y se traduce en un incremento en los costos eléctricos institucionales y en un mayor impacto ambiental.

Además, la ubicación y disposición de las edificaciones no aprovechan los factores climáticos favorables de Loja, lo que intensifica los problemas térmicos y lumínicos. La orientación inadecuada, la ausencia de elementos de protección solar y el uso de materiales con baja inercia térmica contribuyen al sobrecalentamiento en verano y al enfriamiento rápido en épocas frías, condiciones propias de una envolvente con bajo desempeño energético.

Por lo tanto, la problemática central radica en que las escuelas municipales de Loja presentan deficiencias energéticas y de confort derivadas de una envolvente poco eficiente, que no regula adecuadamente la ventilación, la iluminación natural ni el comportamiento térmico del edificio. Estas condiciones impactan directamente en el bienestar de los estudiantes y en la calidad del proceso educativo, lo que evidencia la urgencia de desarrollar soluciones constructivas que mejoren el desempeño energético de los espacios.

Síntesis de problemas identificados en las unidades educativas





Problemas Eficiencia energética	Escuela Mons. Jorge Guillermo Armijos.	Escuela Municipal Borja	Fotografía
Filtraciones de agua por descuadre de marco de ventanas	✓	✓	
Problemas de iluminación (dependencia de iluminación artificial)	✓	✓	
Problemas de ventilación dependencia de luz artificial	✓	✓	
Problemas de infiltraciones de agua por falta de sellado adecuado en la envolvente	✓	✓	

Tabla 3: Identificación de problemas en las unidades educativas
 Autor: Elaboración Propia del autor, 2025

1.3 JUSTIFICACIÓN

Diversos estudios destacan que la eficiencia energética en edificios escolares tiene una incidencia directa en el bienestar físico, cognitivo y emocional de los estudiantes, ya que factores como la calidad del aire, la ventilación, el confort térmico y la iluminación influyen significativamente en el desempeño académico y la salud integral de la comunidad educativa (Bianchi, 2020; Re & Bianchi, 2020). En las escuelas municipales de Loja, que poseen entre 20 y 30 años de funcionamiento, estas condiciones se han visto afectadas debido al deterioro de su infraestructura, lo que se refleja en espacios con ventilación insuficiente, escaso control térmico, iluminación natural limitada y materiales con bajo desempeño energético (Municipio de Loja, 2023). Estas deficiencias se traducen en ambientes poco confortables que dificultan el aprendizaje y generan un consumo energético elevado por la necesidad de recurrir a sistemas artificiales de ventilación e iluminación.

En este contexto, se vuelve necesario analizar el estado actual del desempeño energético de las unidades educativas municipales, en especial de la Escuela Municipal Mons. Jorge Guillermo Armijos y la Escuela Municipal Borja, ya que las condiciones inadecuadas de habitabilidad y confort repercuten en la experiencia educativa de sus 320 estudiantes. Comprender estas limitaciones permitirá plantear estrategias constructivas dirigidas a mejorar la ventilación natural, optimizar la iluminación y fortalecer el comportamiento térmico de las edificaciones, promoviendo entornos saludables y funcionales para quienes los ocupan (Valdez, 2019; Baez Gómez, 2023).

Una arquitectura eficiente incorpora soluciones que permiten economizar recursos, mejorar la calidad ambiental interior y reducir la dependencia de sistemas mecánicos de climatización e iluminación, lo que genera ahorros energéticos, menor impacto ambiental y mejores condiciones para el desarrollo académico (Ovacen, 2025). Bajo este enfoque, la propuesta de intervención basada en estrategias constructivas orientadas al confort térmico y lumínico no solo ayudará a optimizar el uso de energía, sino que también contribuirá a crear espacios educativos más sostenibles, saludables y adecuados para el aprendizaje.

Asimismo, los modelos arquitectónicos de las escuelas municipales de Loja comparten características constructivas similares, lo que posibilita que las estrategias planteadas puedan replicarse en otras instituciones, ampliando el impacto del proyecto. La mejora de las condiciones de confort y habitabilidad en estos espacios enfatiza la necesidad de garantizar ambientes dignos y adecuados para el desarrollo integral de los estudiantes, respondiendo a la problemática identificada y alineándose, además, con los principios de sostenibilidad y responsabilidad ambiental promovidos a nivel global (Castrillón, 2009).

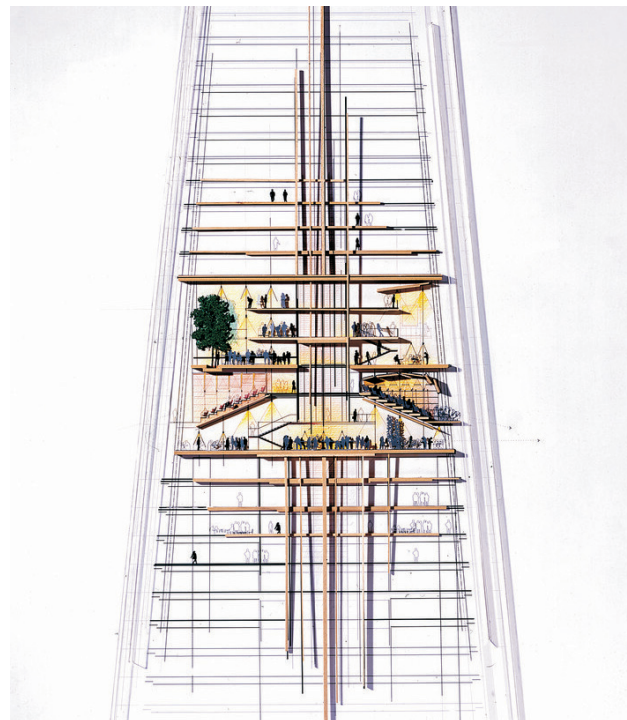


Figura 1: The Fragment, Boceto de estrategias energéticas
Autor: Renzo Piano ,2012

Tabla de impacto

Impacto	Problemática identificada	Impacto Potencial
Educativa	Espacios no confortables por mala ventilación, iluminación y temperatura	Mejor desempeño académico, mayor concentración y bienestar estudiantil.
Energética	Infraestructura ineficiente, sin estrategias pasivas de ventilación ni control térmico	Reducción del consumo energético y mayor eficiencia en el uso de recursos
Económica	Alto consumo eléctrico por ventiladores, iluminación artificial constante, mal aislamiento	Disminución de costos operativos mediano y largo plazo
Ambiental	Elevado consumo energético con impactos negativos en la huella de carbono	Disminución de emisiones, mejora en sostenibilidad ambiental
Técnico - constructiva	Modelo constructivo estandarizado, deteriorado y poco adaptable a condiciones climáticas	Posibilidad de aplicar soluciones replicables y eficientes en otras escuelas municipales

Tabla 4: Tabla de impacto
Autor: Elaboración Propia del autor, 2025

1.4 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Qué estrategias constructivas orientadas a la eficiencia energética pueden implementarse en la envolvente arquitectónica para mejorar las condiciones de confort en los espacios interiores de las escuelas municipales Mons. Jorge Guillermo Armijos y la Escuela Municipal Borja?

1.5 HIPÓTESIS

El análisis arquitectónico con enfoque en eficiencia energética en las escuelas Mons. Jorge Guillermo Armijos y Borja permitirá identificar deficiencias de diseño que afectan negativamente el confort térmico y el consumo energético de los usuarios, por lo tanto la incorporación de soluciones constructivas basadas en estrategias de eficiencia energética contribuirá a mejorar las condiciones espaciales, optimizar la funcionalidad de las edificaciones y reducir el impacto ambiental.

1.6 OBJETIVO GENERAL Y ESPECIFICO

OBJETIVO GENERAL

Analizar la eficiencia energética en las escuelas municipales Mons. Jorge Guillermo Armijos y Borja en Loja, para proponer estrategias constructivas a nivel de envolvente y mejorar las condiciones de confort de los espacios interiores.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Identificar el marco teórico, conceptual y normativo relacionado a los equipamientos educativos, como fundamento para la evaluación y la propuesta de intervención constructiva de las unidades educativas.
2. Analizar las escuelas Mons. Jorge Guillermo Armijos y Borja a nivel de envolvente por medio de DesignBuilder para entender los problemas asociados a la eficiencia energética, ventilación, Iluminación y confort.
3. Proponer alternativas de diseño constructivas a nivel de diseño para mejorar el confort de los espacios interiores de las unidades educativas.
4. Validar las alternativas propuestas para asegurar que las estrategias sugeridas sean viables, efectivas y adecuadas

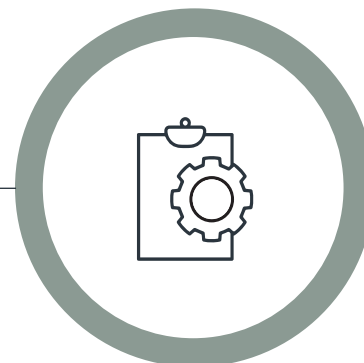
1.7 METODOLOGÍA

Para el desarrollo de la presente investigación se empleará una metodología con un enfoque cuantitativo, de tipo descriptivo y aplicado. Esto permitirá analizar la deficiencia energética presentes en las dos escuelas municipales objeto de estudio y, a su vez, permitirá proponer estrategias orientadas a mejorar el confort y calidad de las instituciones educativas, contribuyendo así al desarrollo académico de los estudiantes.

Para ello, se utilizará el software DesingBuilder que permitirá realizar una simulación del confort térmico, lumínico y ventilación de las edificaciones. Esto resultará efectivo debido que para las simulaciones se tomarán parámetros reales como la ubicación geográfica, clima y propiedades de los materiales que ayudarán a observar de manera real que tan eficaz la propuesta.

El procedimiento metodológico propuesto se basa en las fases establecidas por Arias Galicia (2017) como marco de referencia teórico y práctico, siendo adaptada cuidadosamente a las particularidades y requerimientos de esta investigación. Se desarrolla en etapas que van desde la definición del problema y su análisis, hasta la propuesta de estrategias a nivel envolvente de eficiencia energética de las escuelas municipales "Mons. Jorge Guillermo Armijos" y "Borja" en Loja.

PROCESO METODOLÓGICO



Etapa 1

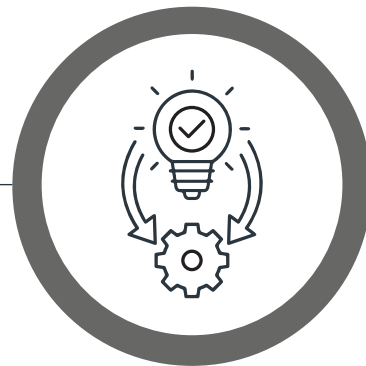
Fase de Planeacion

- Conocer Antecedentes
- Identificar Problemática
- Justificación
- Definir Objetivos
- Enfoque metodológico

- Recopilación de datos climatológicos de la ciudad de Loja a través de páginas web
- Comparar estos datos con los que se encuentran en el software DesignBuilder
- Analizar con Climate-Consultant para obtener parámetros de confort.
- Análisis de los usuarios

Etapa 2

Fase de investigación y de análisis.



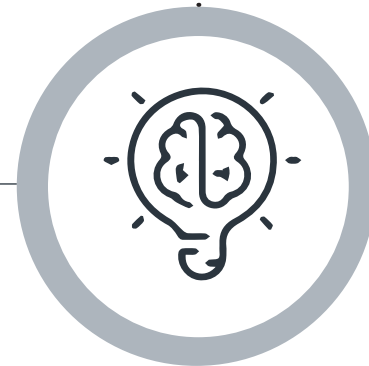
Etapa 3

Fase proyectual

- Plantear estrategias constructivas a nivel de envolvente
- Modelización de las escuelas con los sistemas constructivos típicos que actualmente cuentan.
- Simulación energética a nivel envolvente del modelo de las dos locaciones de estudio.
- Validar las estrategias propuestas.

Etapa 4

Fase de redacción de conclusiones y recomendaciones



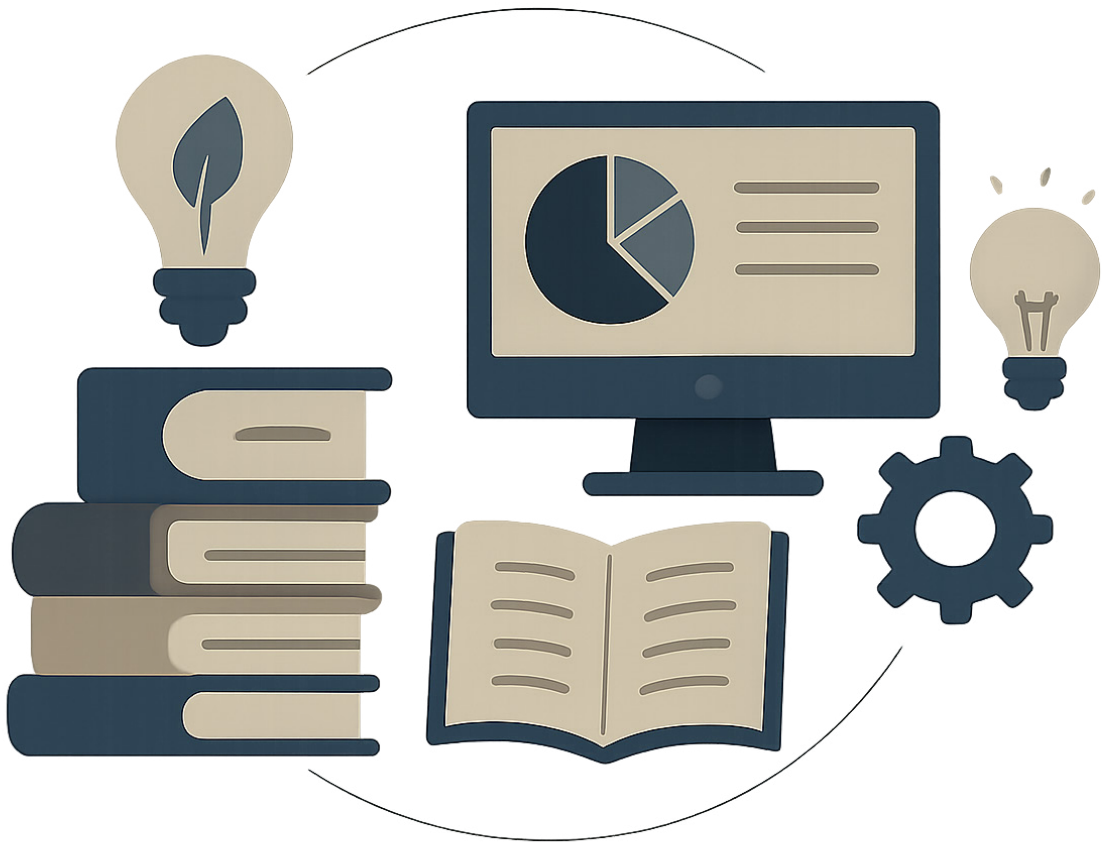
- Redacción de conclusiones y recomendaciones.

Figura 2: Fases de metodologías empleadas en la investigación
 Autor: Elaboración Propia del autor, 2025



02

MARCO TEÓRICO



En el presente capítulo se exponen los conceptos y teorías que sustentan el desarrollo de esta investigación, los cuales guardan relación directa con los temas vinculados a las escuelas municipales, las estrategias constructivas y la eficiencia energética. Para ello, se abordan el estado del arte, el marco teórico y el marco normativo. Cada uno de estos componentes proporciona una base sólida que se articula de manera coherente con los objetivos de la investigación.

2.1 ESTADO DEL ARTE

Este apartado parte del análisis de investigaciones previas que abordan de manera integral problemáticas similares a las de la presente investigación, permitiendo construir un marco de referencia sólido que oriente las decisiones proyectuales y metodológicas. En primer lugar, se examinan los enfoques conceptuales utilizados por otros autores para diagnosticar las deficiencias urbanas y arquitectónicas

vinculadas a la falta de equipamientos adecuados, la ocupación informal del espacio público y la ausencia de infraestructuras que respondan a las dinámicas sociales y comerciales contemporáneas. Estos estudios permiten reconocer cómo se han interpretado fenómenos como la saturación del espacio, la dispersión de actividades, el déficit de servicios y la necesidad de plantear soluciones que integren criterios funcionales, ambientales y sociales.

Posteriormente, se profundiza en los enfoques metodológicos empleados en dichas investigaciones, evaluando desde análisis morfológicos del territorio y estudios de movilidad, hasta metodologías participativas o técnicas de simulación que permiten prever el comportamiento de los usuarios dentro de los espacios propuestos.

Tema	Autores	Año
1. Mejoras eficiencia energética en calefacción. Potencial de intervención en edificio escolar existente del área metropolitana de san juan, Argentina.	M. Guillermina Ré, María Pía Mazzocco & Celina Filippín	2021
2. Estudio de estrategias bioclimáticas de eficiencia energética aplicadas en la envolvente térmica de una edificación educativa situada en los climas más característicos de Bolivia.	Andrés Salaz Gutiérrez	2021
3. Simulating the dynamics of occupant behaviour for thermal comfort in social housing.	Jeetika Malik, Ronita Bardhan & Pradipta Banerji	2019
4. Thermal simulation of social dwelling in Chile: Effect of the termal zone anda the temperatura-dependant thermophysical properties of liggt envelope materials	Diego A. Vasco, Manuel Muñoz-Mejías, Rodrigo Pino-Sepúlveda, Roberto Ortega-Aguilera & Claudio García-Herrera	2017

Tabla 5: Artículos de investigación
Autor: Elaboración Propia del autor, 2025

En el artículo titulado “Mejoras de eficiencia energética en calefacción. Potencial de intervención en edificio escolar existente del área metropolitana de San Juan, Argentina” (Filippin, 2021). Se analiza la intervención de un edificio escolar, evaluando mejoras de eficiencia energética mediante simulaciones dinámicas, logrando ahorros energéticos de hasta 60%. Explica que la rehabilitación energética puede lograrse mediante estrategias bioclimáticas de diseño tales como la incorporación de aislantes en muros y cubiertas, el uso de aleros y vanos de mayor tamaño, así como la mejora de la envolvente térmica y también el uso de sistemas pasivos o híbridos. Además, destaca la mejora de la transmisión térmica de la envolvente y optimiza la ganancia solar. El considerar las ganancias por radiación solar directa y los generados por espacios ocupados en las aulas, es clave para poder calcular con mayor precisión las cargas auxiliares de calefacción y mejorar la eficiencia energética.

El artículo titulado “Estudio de estrategias bioclimáticas de eficiencia energética aplicadas en la envolvente térmica de una edificación educativa situada en los climas más característicos de Bolivia” (Gutiérrez, 2021), explica un proyecto realizado en Bolivia con el objetivo de estudiar las estrategias bioclimáticas de la eficiencia energética para edificios educativos, utilizando simulaciones con el software Desing Builder para evaluar su impacto en el consumo energético. Como parte de los resultados, se identificó que estrategias como la orientación estratégica, el uso de vidrios de baja emisividad, la ventilación natural y el diseño de fachadas y cubiertas con materiales aislantes para evitar puentes térmicos fueron claves en la optimización de la envolvente térmica del edificio. Estas medidas redujeron en un 50% la potencia necesaria para los equipos de refrigeración y el periodo de retorno de la inversión estimado en dos años. También, las estrategias bioclimáticas de invierno, se enfocan en aprovechar y distribuir la radiación solar para mejorar las condiciones térmicas interiores, mientras que en el verano buscan reducir el sobrecalentamiento mediante sombreado, como aleros horizontales y el aprovechamiento de la ventilación natural.

En el artículo titulado “Simulating the dynamics of occupant behaviour for thermal comfort in social housing” (Bieker, 1973), se explora como el comportamiento de los de los ocupantes influye en el confort térmico dentro de las viviendas utilizando un índice llamado “comportamiento adaptativo”. Para la construcción del modelo se utilizó EnergyPlus v8.6 una herramienta de simulación de rendimiento que representada manera realista el comportamiento de un edificio. También se utilizó OpenStudio v2.5 para modelar y analizar sistemas de edificaciones, con la cual se creó el modelo del edificio estudio. Los resultados descubrieron una variación significativa, de hasta un 147% en las horas de confort anuales dentro del mismo entorno residencial, lo que resalta el importante papel del comportamiento de los ocupantes en la mejora del confort térmico.

El artículo titulado “Thermal simulation of social dwelling in Chile: Effect of the thermal zone and the temperature-dependant thermophysical properties of liggt envelope materials” expone que Chile enfrenta un crecimiento constante en la demanda de energía sin suficientes fuentes convencionales para abastecerlas, lo que ha impulsado estrategias de ahorro energético en el sector residencial. Una forma de mejorar la eficiencia de los edificios es reducir la pérdida de energía a través de la envolvente, analizando las propiedades térmicas de sus materiales. Este estudio midió la conductividad y difusividad térmica de los materiales, encontrando una variación del 10-20%. A través de simulaciones con EnergyPlus en diferentes climas, se determinó que las viviendas en zonas cálidas superan la temperatura de confort, mientras que las normativas térmicas son más efectivas en regiones frías (Vasco et al., 2016).

2.2 Equipamientos educativos

2.2.1 Concepto e importancia de la arquitectura escolar

A fines del siglo XX y principios del siglo XXI a nivel internacional y mayormente en América Latina se evidencia la necesidad de adaptar funcionalidad de los espacios escolares y acelerar procesos constructivos que permita innovar el ámbito pedagógico y responder a las tendencias educativas. En este contexto, en la primera mitad del siglo XXI se establece una búsqueda de la calidad en estos espacios y la necesidad de separar a la arquitectura educativa de la sistematización, logrando establecer la existencia de una relación clara sobre los criterios de diseño y los cambios en los procesos de enseñanza (Cardellino, 2022).

A partir de esta perspectiva, la arquitectura escolar es una especialidad que se centra en crear espacios que respondan a las exigencias de los programas educativos vigentes y sobre todo permita el desarrollo del proceso enseñanza y aprendizaje. Por lo tanto, se concibe como una red de relaciones formales que tiene por objetivo establecer una organización volumétrica-espacial y la relación con el entorno, para la creación de entornos apropiados para actividades académicas, culturales y recreativas, acontecimientos deportivos y de expansión, como brindar servicios básicos (Ré & Michaux, 2023).

La arquitectura escolar no se limita únicamente a la estructura del edificio, es un enfoque integral del entorno físico, social y cultural que se encarga de mantener una funcionalidad con el desarrollo académico. En el desarrollo de esta especialidad se advierte sobre la importancia de pensar, proyectar y leer el espacio escolar para que las decisiones de diseño contemplen materiales adecuados para las diversas disciplinas, la resolución técnica y el diseño cualificado de los lugares (Castro & Florencia, 2021).

La accesibilidad universal en equipamientos educativos comprende aspectos como el diseño de accesos, pendientes, superficies de circulación, rutas accesibles y la incorporación de elementos de apoyo que faciliten el desplazamiento autónomo de los usuarios. La normativa vigente en materia de discapacidad establece lineamientos orientados a garantizar espacios seguros, continuos y sin barreras arquitectónicas, lo cual convierte a la accesibilidad en un criterio fundamental a considerar dentro del desarrollo de proyectos arquitectónicos.

P. 26



Figura 3: Diseño de Colegios y un Equipamiento Cultural
Autor: Eduardo Mejía & Carlos Andrés García, 2025

2.2.2 Características y requerimientos de eficiencia energética en equipamientos educativos

Los equipamientos educativos se integran por elementos físicos, espaciales y funcionales que garantizan el adecuado desarrollo de las actividades pedagógicas, deportivas y comunitarias. Cabe indicar que los espacios deben responder principalmente a principios de habitabilidad y confort térmico, pero también incorporar criterios de inclusión, seguridad y accesibilidad para los estudiantes (Mayorga, 2019).

Los equipamientos educativos se conciben como espacios funcionales que responden a las necesidades educativas. Para ello, es fundamental que se incluyan estrategias como una adecuada orientación solar, ventilaciones cruzadas, iluminación natural, confort acústico y una buena distribución espacial promoviendo una interacción con el espacio y los métodos pedagógicos (Luna, 2019).

De igual forma, los espacios educativos deben cumplir con criterios de accesibilidad, seguridad, sostenibilidad y funcionalidad acorde a los contextos climático de cada zona. En este punto, cabe considerar que la arquitectura escolar no solo se trata de diseñar y construir equipamientos, su objetivo lograr crear un espacio que favorezca el bienestar y la creatividad (Quesada, 2019).

Bajo esta perspectiva, los equipamientos educativos no se conforman únicamente por aulas, sino que incluyen también espacios culturales, deportivos y servicios auxiliares que fortalecen el desarrollo académico y la integración social. En este sentido, un establecimiento educativo debe contemplar áreas pedagógicas, administrativas, recreativas, laboratorios y zonas complementarias que respondan a condiciones arquitectónicas adecuadas, como dimensiones apropiadas, iluminación natural, ventilación y confort ambiental, con el objetivo de favorecer el aprendizaje y el bienestar de los estudiantes, conforme a lo señalado por diversos autores (Narváez, 2021; Vertua, 2021).

Bajo este precepto, las instituciones educativas deben contar con estas características en todos sus espacios, ya sean pedagógicos, culturales y deportivos y servicios auxiliares que garanticen a los estudiantes el acceso a conocimientos educativos e integración social. Para lograrlo, es necesario evaluar la infraestructura física, la distribución demográfica por nivel educativo y/o edades y las condiciones espaciales para su integración facilitando su acceso, utilización y funcionalidad de estos entornos (Silva, 2023).

Aunque no existe una normativa específica dedicada exclusivamente al ambiente educativo, el Segundo Suplemento N° 750 sobre Lineamientos de Planificación y Construcción de Infraestructura Educativa (2025) establece cuales son los requerimientos arquitectónicos para los diferentes espacios que toda institución educativa debe mantener. En esta normativa, se anuncian cuáles son los espacios, las características y dimensiones mínimas que debe tener una institución educativa a nivel nacional.



Figura 4: Escuelas Primarias Rurales
Autor: Rafael Gano y Arturo Arrieta, 2018


2.2.3 Importancia del ambiente interior en los espacios educativos

Existe una relación directa y significativa entre el diseño arquitectónico y el rendimiento académico, especialmente en lo que respecta al espacio interior. Al efectuar un diseño acorde a las necesidades de los estudiantes y el resto de la comunidad escolar mejorará la concentración y participación de los estudiantes. Esto se debe a que un entorno visualmente agradable y confortable genera un impacto visual positivo, favoreciendo una mejor vinculación de los estudiantes con el entorno educativo (Yncil, 2023).

El ambiente interior en los equipamientos escolares tiene una influencia directa en el proceso de aprendizaje formación, si se toma en consideración que los estudiantes permanecen en espacios interiores la mayor cantidad de tiempo. Investigaciones han revelado como los establecimientos públicos carecen de condiciones de bienestar ambiental interior durante las diferentes estaciones del año, afectando su concentración y rendimiento (Alamino & Re, 2022).

En consecuencia, Peláez et al. (2025), señalan que la arquitectura y el mobiliario son herramientas importantes para transformar espacios tradicionales de escuelas en espacios funcionales. Desde esta perspectiva, la intervención escolar se plantea como una estrategia para ampliar y optimizar las posibilidades de uso de los espacios existentes, lo cual implica identificar áreas que puedan ser reaprovechadas y adaptadas dentro de la estructura arquitectónica. Siguiendo el planteamiento del autor, destaca ciertos modos de intervención que ayudan a mejorar las condiciones ambientales del interior en instituciones educativas:

P. 28

Modo de intervención	Conceptualización	Gráfico
Adaptación basada en la manipulación de los límites espaciales	<ul style="list-style-type: none"> -Es una manipulación de los límites, geografía y porosidad permitiendo una reconfiguración de las relaciones de espacio al interior de la escuela y aprovechar la distribución de aula y áreas sociales. -Se encuentra enfocada en redefinir muros, divisiones o cerramientos para lograr crear ambientes abiertos, continuos y conectados. -Este tipo de intervenciones permite crear transiciones fluidas para actividades individuales y grupales. 	

Modo de intervención
Conceptualización
Gráfico

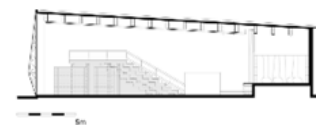
Adaptación basada en la inserción de marco-objeto

Es un diseño de grandes dimensiones que abarca el espacio interior y exterior. Su función es ser un espacio isótropo y continuo.

-Se trata de introducir elementos o muebles que puedan interactuar desde la funcionalidad como articuladores del espacio.

-Su objetivo es crear zonas funcionales, pero sin la necesidad de crear divisiones que no son necesarias.

-Logra mantener la diversificación de los modos de aprendizaje, con el propósito de enriquecer la experiencia del usuario.



Adaptación basada en la forma y arreglo del mobiliario

-Se trata de seguir en medida la arquitectura de la escuela tradicional con arreglo al espacio y las herramientas de interpretación.

-Este modelo de intervención se refiere a la disposición dinámica del mobiliario, que logra favorecer la reorganización de las aulas.

-Tiene como función promover el trabajo colaborativo y el aprendizaje autónomo.



Tabla 6: Modos de intervención para mejorar las condiciones ambientales
 Autor: Elaboración Propia del autor, 2025

2.2.4 Envolvente

La envolvente arquitectónica constituye el límite físico entre el ambiente interior y exterior de una edificación. Su diseño y materialidad influyen directamente en el comportamiento térmico, lumínico, acústico y de ventilación del espacio interior, afectando la calidad ambiental y el bienestar de los usuarios. En el contexto de espacios educativos, una envolvente adecuada contribuye a generar ambientes propicios para el aprendizaje, la concentración y el desarrollo integral de los estudiantes. Como señalan Media-Patrón y Escobar- Saiz (2019), la envolvente eficiente está directamente relacionada con la creación de espacios confortables, ya que permiten adaptar la edificación a las condiciones climáticas mediante simulaciones térmicas y lumínicas que optimizan su desempeño ambiental

Según Givoni (1998), la envolvente debe responder a las condiciones climáticas locales mediante estrategias pasivas que reduzcan la carga térmica y optimicen la ventilación natural. Estas estrategias incluyen el uso de materiales con inercia térmica y optimicen la ventilación natural. Estas estrategias incluyen el uso de materiales con inercia térmica, la incorporación de aleros y protecciones solares. Estas medidas permiten regular la temperatura interior sin recurrir a sistemas activos, promoviendo eficiencia energética y sostenibilidad.

Estudios aplicados en Ecuador, como el realizado por Rueda (2022), demuestran que mejoras en la envolvente como el aislamiento térmico en muros y cubiertas, el control de la transmitancia térmica y el uso de vidrios de baja emisividad pueden reducir significativamente las altas temperaturas térmicas y mejorar el confort interior sin recurrir a sistemas mecánicos. En zonas andinas como Loja, donde las condiciones climáticas presentan marcadas variaciones térmicas entre el día y la noche, la aplicación de estrategias pasivas en la envolvente arquitectónica. Torres Quezada y Lituma Saetama (2023) destacan que el uso de masa térmica, compacidad, materiales locales y captación solar permite alcanzar temperaturas de confort de forma pasiva, adaptándose eficazmente al clima andino y disminuyendo la energía incorporada en la construcción.



Figura 5: Music Pavilion (Envolvente)
Autor: Lorenz Bachman, 2021

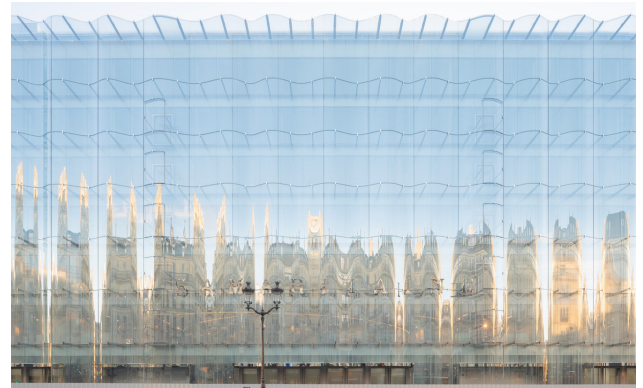


Figura 6: Envolvente Principal Edificio Sainaa
Autor: La Samaritane Sainaa, 2017

2.2.5 Eficiencia energética

2.2.5.1 Definición e importancia

Desde una perspectiva funcional, la eficiencia energética se entiende como la cantidad de energía que un edificio requiere para operar adecuadamente en procesos como calefacción, refrigeración, ventilación, calentamiento e iluminación. Estos parámetros son esenciales para asegurar un ambiente interior confortable para los usuarios (Torres, 2020). En términos generales, la eficiencia energética implica la relación entre la producción de un bien o servicio y el uso de energía necesario para alcanzarlo. En esta línea, el ahorro energético se considera un resultado directo de una correcta aplicación de prácticas eficientes, ya que permite reducir la emisión de gases de efecto invernadero (González, 2022).

Por otra parte, la eficiencia energética constituye una de las principales fuentes de energía limpia, pues el uso responsable de este recurso genera efectos positivos a escala global. Por ello, se reconoce como un principio de sostenibilidad orientado a disminuir el consumo energético sin afectar la productividad, la protección ambiental, la seguridad del suministro y la promoción de hábitos responsables dentro de las instituciones públicas (Iturralde et al., 2021). Su aplicación adecuada también incentiva una mayor conciencia sobre el uso racional de los recursos y motiva la adopción de prácticas que mejoren el desempeño ambiental de las edificaciones.

Entre los beneficios asociados a la eficiencia energética se destacan la reducción de hasta un 24% en el consumo energético, una mayor confiabilidad en la disponibilidad de los sistemas, mejoras en la gestión del mantenimiento, prolongación de la vida útil de los equipos y una disminución significativa de la contaminación ambiental (Martínez y Gassinski, 2022). A estos beneficios se suma la posibilidad de optimizar el confort térmico y lumínico de los espacios, lo que repercute positivamente en la salud, el bienestar y el desempeño de los usuarios, además de fortalecer la sostenibilidad operativa de las edificaciones a largo plazo.

Figura 8: Envoltente principal - Edificio CEELA
Autor: Universidad de Cuenca, 2021

2.2.5.2 Principios

Los principios de la eficiencia energética constituyen la base del estudio arquitectónico que está orientado a crear, adecuar y reestructurar espacios interiores agradables y funcionales (Zhovkva, 2020). En el ámbito educativo, estos principios, además, de brindar un espacio confortable para los estudiantes, fortalecen la relación entre el espacio físico y el proceso de aprendizaje.


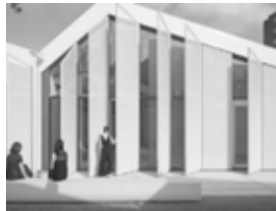
Entre estos se destaca el principio de reducción de consumo energético, uso racional de los recursos, optimización del diseño arquitectónico, implementación de tecnologías y cumplimiento normativo, que serán descritos en la Tabla 4.



Figura 7: Edificio CEELA - Cuenca
Autor: Universidad de Cuenca, 2021



Principios de eficiencia energética

Principios	Conceptualización	Estrategia	Gráfico
<p>Reducción de consumo energético</p>	<p>Utilizar la energía de manera eficiente, de manera que se pueda reducir su consumo sin afectar la calidad de vida de las personas y su productividad.</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Diseñar espacios con ventanas orientadas a aprovechar la luz natural. -Establecer estrategias de calentamiento pasivo como protección térmica en la envolvente. -Ubicar vanos de manera estratégica que permitan el flujo de aire y reducir la ventilación artificial. -Diseñar estructuras arquitectónicas de acuerdo al recorrido del viento. 	
<p>Uso racional de los recursos</p>	<p>Es la gestión y aprovechamiento de los recursos energéticos, minimizando su desperdicio y maximizando su utilidad. Busca optimizar el uso de los recursos energéticos para asegurar su disponibilidad en el tiempo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Aprovechar las condiciones climáticas de lugar de construcción. -Usar materiales sostenibles como bambú, paneles SIP, adobe estabilizado, techos verdes y entre otros y, con bajo impacto energético. -Integrar sistemas de energía renovable para aprovechar energías limpias. -Diseñar espacios funcionales, capaces de adaptarse a diferentes usos. 	



Principios	Conceptualización	Estrategia	Gráfico
Optimización del diseño arquitectónico	Planificación y construcción de edificaciones eficiente que vayan acorde a las condiciones climáticas y del entorno.	<ul style="list-style-type: none"> -Usar formas compactas para reducir condiciones externas como sol, lluvias y vientos para evitar las pérdidas térmicas. -Zonificación de espacios para responder necesidades térmicas, para proteger la ganancia de calor. -Utilizar envolventes térmicas, para asegurar el confort térmico al interior y exterior. - Aplicar materiales con inercia térmica para estabilizar la temperatura al interior. 	
Implementación de tecnologías	Incorporación de dispositivos y sistemas tecnológicos que permitan el uso eficiente de energía.	<ul style="list-style-type: none"> -Incorporación de paneles solares fotovoltaicos -Utilizar colectores solares térmicos. -Instalar sistemas inteligentes de control de energía, como sensores de movimiento, termostatos. -Utilizar iluminación LED. -Instalar ventanas inteligentes. 	
Cumplimiento normativo	Observancia de las leyes, reglamentos y estándares que regula el uso eficiente de energías.	-Cumplimiento de normas internacionales, nacionales y locales.	

Tabla 7: Principios de eficiencia energética
 Autor: Elaboracion Propia del autor,2025

2.2.6 Confort interior

2.2.6.1 Definición

El confort interior hace referencia a las condiciones físicas que conjugan en un espacio para generar bienestar y plenitud en las personas (Tituana & Guillén, 2024). Existen factores que están vinculados al confort y que dependen directamente del aprovechamiento solar y la iluminación natural, por ello se revaloriza estrategias de construcción que ayuden aprovechar eficientemente los recursos y mejoren el hábitat y comodidad de las personas (Guillen & De Schiller, 2022).

Para asegurar el confort interior se debe prever las condiciones ambientales que influyen en el interior de una edificación. Es un tema relevante, debido que, si existe mala calidad del aire interior, materiales tóxicos, ausencia de luz natural o existencia de excesivo ruido genera consecuencias de habitabilidad para las personas (Arispe & Vera, 2020).

En este punto se destaca la importancia de las envolventes arquitectónicas que son la capa exterior de una edificación que se encarga de proteger el interior, para brindar comodidad. Se trata de varios elementos que logran converger entre sí para permitir el ingreso de luz, aire y energía en los espacios interiores de las edificaciones, por lo tanto, su construcción debe ser de manera integral que asegure la creación de armonía para los usuarios y confort térmico según las condiciones climáticas (González & Molina, 2017).

Por su parte, Medina y Escobar (2019) consideran que los envolventes no solo se trata de cuestiones dinámicas y heterogéneas, son complementos complejos que tiene una relación directa con el confort interior de la edificación, su función índice en el aislamiento, térmico y acústico. En la actualidad, se ha destacado que existen una variedad de materiales que son capaces de crear efectos positivos de confort y brindar un enfoque más ecológico a la fachada y funcionalidad de la infraestructura, pero para ello es necesario tomar en consideración que para la selección de los materiales deberá estar ligada con la función y estética del proyecto arquitectónico

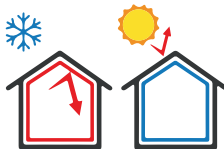
2.2.6.2 Tipos de confort interior

Los tipos de confort interior para el diseño de edificios funcionales están relacionados con el confort térmico, lumínico y ventilación. (Bustamante, Encinas, Otarola Et Pino, 2012) Son elementos esenciales para la creación de espacios habitables y confortables que buscan el bienestar común de las personas que habitan y/u ocupan un edificio, además, de generar una cultura de sostenibilidad y respeto ambiental (Caamaño y Pérez, 2024).

Desde una perspectiva arquitectónica, estos tipos de confort interior deben abordarse de forma integrada durante el proceso de diseño, ya que su aplicación coherente puede reducir significativamente la dependencia de sistemas mecánicos y, por tanto, mejorar la eficiencia energética del edificio. Además, Dear y Brager (2002) manifiesta que un ambiente interior bien diseñado influye positivamente en la salud, productividad y satisfacción de los usuarios.

Por otro lado, el confort térmico adquiere especial relevancia dentro del diseño arquitectónico, ya que incide directamente en el desempeño y bienestar de los usuarios. Para lograrlo, es indispensable controlar parámetros como la temperatura, la humedad relativa y la velocidad del aire, los cuales deben mantener dentro de rangos adecuados para el desarrollo de las actividades educativas.

Bajo este contexto, en la Tabla 10 se especifican los tipos de confort interior y sus respectivas estrategias de diseño. Esta tabla sirve como una guía práctica para implementar soluciones arquitectónicas que aseguren ambientes habitables y confortables para los usuarios.

Tipos de confort	Conceptualización	Estrategias	Gráfico
Confort térmico	<p>-La temperatura, la humedad y el movimiento del aire son muy favorables para la realización de las actividades educativas. Para que exista un buen confort térmico, en interior de las escuelas deben tener una temperatura entre 18°C y 25°C, una humedad relativa del 50% y velocidad del aire de 0 a 0.2 m/s, estos valores varían según el lugar de ubicación (Rojas, 2018).</p> <p>-Un ejemplo para entender la importancia de envolvente es como en las climas calurosos se busca implementar estrategias de ventilación natural, protección solar y enfriamiento mediante el uso adecuado de los materiales, para con ello generar un confort térmico en las personas que recurren a una edificación (Jumbo & Monteros, 2023).</p>	<p>-Aprovechar la radiación solar conforme el clima y ubicación geográfica.</p> <p>-Implementar aislamiento térmico, esto por medio de materiales techos, muros y pisos para evitar la pérdida o exceso de calor.</p> <p>-Aprovechar la disposición de aberturas para asegurar la ventilación cruzada.</p> <p>-Hacer un uso efectivo de la vegetación que ayuden a refrescar el entorno.</p> <p>-Implementar elementos con inercia térmica.</p>	
Confort lumínico	<p>-Enfocado en lograr maximizar la entrada de luz natural para así lograr reducir el consumo de iluminación artificial y ahorrar energía.</p>	<p>Diseñar la construcción de acuerdo a la orientación para aprovechar la luz natural.</p>	



Tipos de confort	Conceptualización	Estrategias	Gráfico
	<p>Principalmente, en instituciones escolares se observa la dificultad de un aprovechamiento de la iluminación natural, esto se debe que ciertas estructuras no se encuentran debidamente diseñadas para impedir el paso directo de la radiación causando problemas de contraste y deslumbramiento (Márquez & Martínez, 2022).</p> <p>- Para encontrar un adecuado confort lumínico, es necesario analizar los diferentes ángulos y proyección del sol, ya que esto permitirá crear una fachada acorde las necesidades físicas de cada construcción (Esquivias et al., 2019).</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Hacer uso de materiales que permitan el ingreso de la luz, evitando los deslumbramientos. -Incorporar aleros o lamas para evitar el exceso de luz directa. -Usar iluminación LED de bajo consumo. -Implementar vidrios de control lumínico. 	
Ventilación	<p>La ventilación constituye un factor esencial para garantizar la calidad del aire, especialmente en aquellos lugares que las condiciones climáticas generan acumulación de calor o humedad. Por ello, es imperante la adecuación de una estrategia de ventilación natural, mecánica o híbrida, para generar un mayor control en la temperatura y reducir la acumulación de dióxido de carbono (Rodríguez & Sosa, 2024).</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Aprovechar la ventilación cruzada por medio de aberturas enfrentadas para permitir el flujo directo de aire. -Optar por ventanas operables para facilitar el ingreso del aire según las condiciones climáticas. -Considerar el efecto chimenea para que el aire caliente ascienda y sea expulsado por aberturas altas. 	

Tabla 8 : Tipos de confort interior
 Autor: Elaboracion Propia del autor,2025

En este sentido, las herramientas de evaluación energética como Energy Plus y Design Builder se consolidan como recursos fundamentales para el análisis térmico y energético de edificaciones. Al permitir la creación de modelos digitales detallados que incorporan geometría, sistemas de climatización, iluminación y condiciones de ocupación, estas plataformas posibilitan simulaciones precisas del comportamiento del edificio a lo largo del año. Su aplicación no solo optimiza el diseño arquitectónico desde una perspectiva ambiental, sino que también facilita la toma de decisiones informadas orientadas al confort interior y la eficiencia energética.

1.2.6 Herramientas de evaluación energética

Las herramientas de evaluación energética permiten reproducir, mediante procesos computacionales, el comportamiento térmico y energético de un edificio a lo largo de un año. Para obtener información más precisa, se crea un modelo digital del edificio donde se incluye información geométrica, materiales de construcción, sistemas de climatización, iluminación, ocupación y condiciones (DesignBuilder, 2020).

Entre las herramientas de evaluación energética se encuentra Energy Plus, un programa de simulación energética para edificios que permite modelar la calefacción, refrigeración, iluminación. Por otra parte, DesignBuilder actúa como una interfaz gráfica sólida y completa que simplifica el proceso de simulación energética, integrando un modelo tridimensional del edificio (DesignBuilder, 2020). Entre sus principales características están:

1.2.7 Parámetros de evaluación energética

En el siguiente cuadro se presentan los parámetros de iluminación, ventilación y confort térmico, fundamentales para garantizar el bienestar en los espacios educativos. Estos aspectos influyen en la calidad del ambiente interior y aportan criterios relevantes para la toma de decisiones en el diseño arquitectónico.



- Manejo de etapas de simulación menores a una hora y cálculo simultáneo de fenómenos radiantes.
- Comprensión del desempeño ambiental y energético.
- Proporcionan información sobre el consumo energético, emisiones de carbón y condiciones higrotérmico interiores.
- Cálculos de dimensionamiento de los sistemas de calefacción y refrigeración mediante el método Heat Balance de ASHRAE.
- Modelado de estrategias y dispositivos como cubiertas verdes, fachadas ventiladas, vidrios dinámicos.
- Simulación de climatización mediante el módulo HVAC.
- Analizar estrategias de ventilación natural (ventanas, rejillas y puertas).
- Permite ejecutar y controlar múltiples simulaciones en paralelo.

Parámetros de evaluación energética

Indicadores	Descripción	Fuente	Instrumento / Herramienta
Iluminación 300 mín. 500 max.	<p>Los parámetros a tomar en consideración son: nivel de iluminación (lux), distribución de luz, deslumbramiento, contraste, color de la luz, eficiencia energética.</p> <p>Los niveles de iluminación óptimos a nivel artificial y natural deben oscilar mínimo entre 300 lux y como máximo 500 lux en entornos educativos. Para oficinas los valores deben ser entre 300 a 750 lux.</p>	<p>Evaluación de la calidad lumínica y acústica en edificios escolares de clima templado cálido, mediante la aplicación de la metodología MECSA (Alamino & Ré, 2024).</p>	DesingBuilder
Ventilación CO2	<p>Los parámetros para evaluar la ventilación son: concentración de CO2, tasas de renovación de aire interior, el confort térmico, ventilación mecánica: modo activo. Para la evaluación de la ventilación en un edificio se debe tomar en consideración la ubicación geográfica, incidencias solares a lo largo del año, dirección del viento, dimensión de los espacios, materiales y la cantidad de personas.</p> <p>Por regla general, es recomendable que exista 15-20 cfm por persona, pero en aulas con alta densidad se exige hasta 10 l/s/p.</p>	<p>Evaluación del desempeño de sistemas de ventilación en salones de clase: Estudios numérico en edificios universitario en Panamá (Cedeño et al., 2022).</p>	DesingBuilder
Confort térmico	<p>Los factores para tomar en consideración son la temperatura del aire, la humedad relativa, velocidad del aire, temperatura radiante, este análisis se realiza mediante el modelo PMV y PPD en el cual también se toma en consideración variables ambientales y personales. La temperatura en verano puede oscilar entre 23-26 °C y en invierno entre 20-24°C.</p>	<p>Norma ANSI/ASHRAE 55 (2023)</p>	DesingBuilder

Tabla 9: Parámetros de evaluación energética

Autor: Elaboración Propia del autor, 2025

A partir de los parámetros de evaluación previamente descritos, el programa DesignBuilder considera estos criterios para realizar la simulación correspondiente. Este software permite modelar el comportamiento térmico,

luminico y de ventilación de las edificaciones, utilizando dichos parámetros como base para el análisis. En el esquema presentado en la figura 4 se detalla que se evalúa en cada uno de los aspectos simulados.

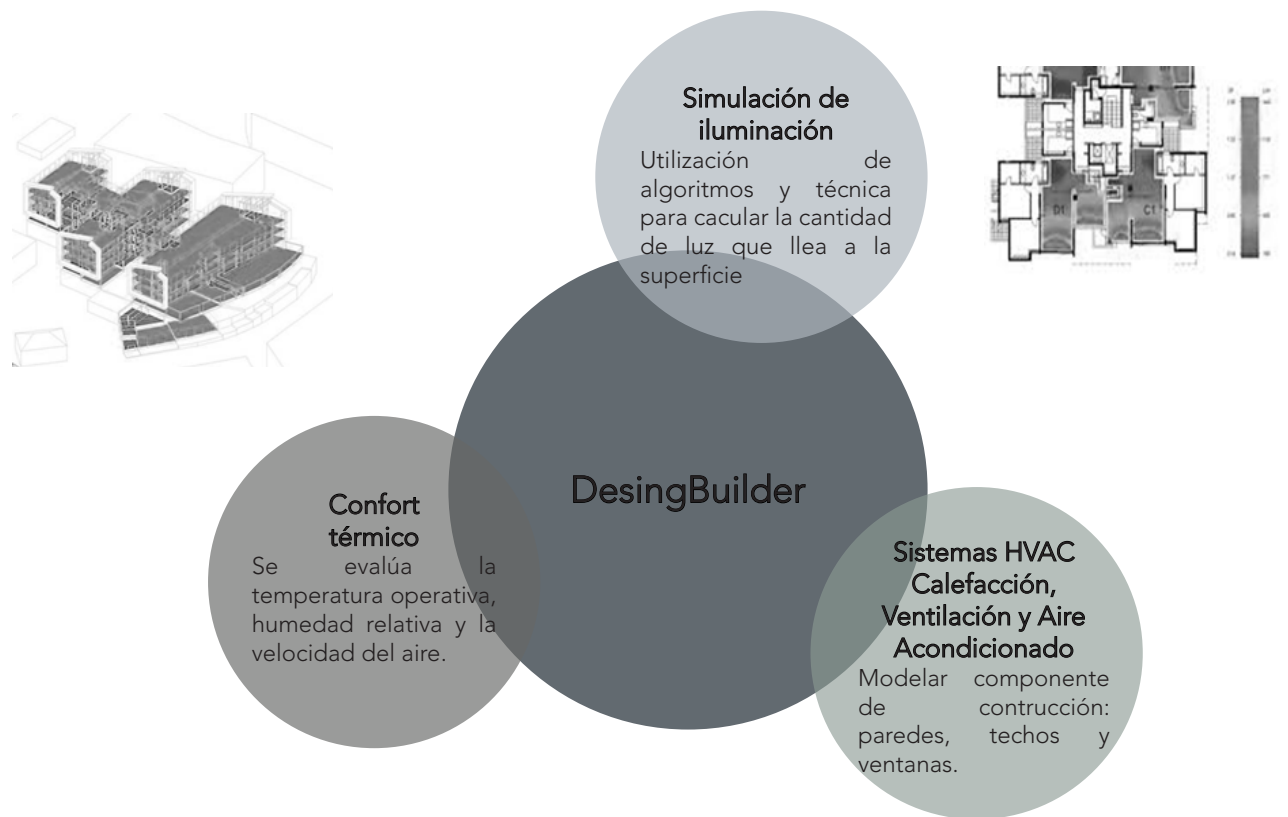
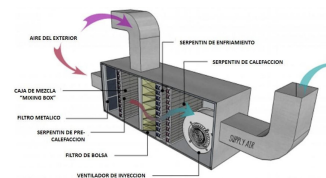


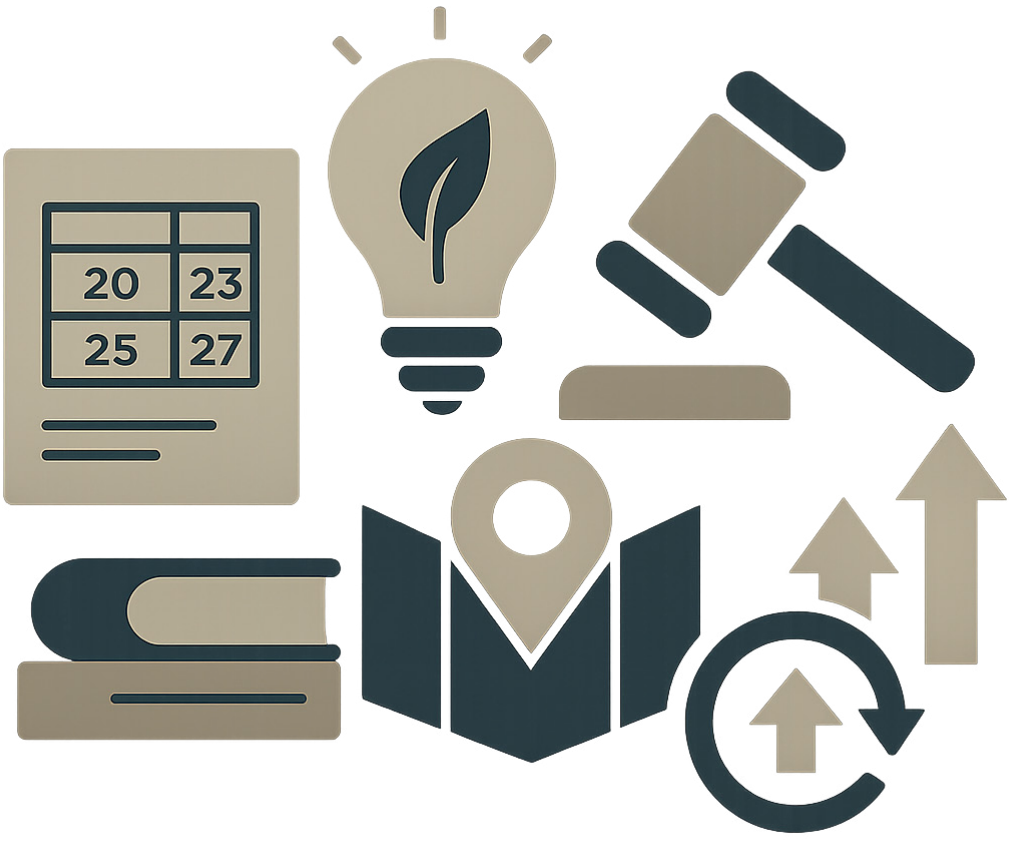
Figura 9: Esquema de parámetros de evaluación energética
Autor: Elaboración Propia del autor, 2025





02

MARCO NORMATIVO



20	23
25	27

2.3 Marco normativo aplicable

Con respecto al marco normativa sobre la eficiencia energética se toma en consideración la normativa internacional, nacional y local que permitirá tener una contextualización de los parámetros más

relevantes sobre la temática. Esta revisión de la normativa permite establecer una base sólida para comprender los lineamientos que rigen el diseño y funcionamiento eficiente de edificaciones, especialmente en el ámbito educativo.

2.3.1 Normativa internacional

Esta normativa establece los requisitos mínimos de eficiencia energética para el diseño y construcción de edificios, la cual permite diseñar edificios más eficientes

energéticamente, reducir el consumo de energía, mejorar el confort térmico y minimizar el impacto ambiental del sector de la construcción

Parámetros de la Norma 90.1-2022

Norma ANSI/ASHRAE/IES 90.1-2022 Norma energética para emplazamientos y edificios

Capítulo	Descripción
1. Envoltente del edificio	<ul style="list-style-type: none"> • Reemplazo de techo por uno con aislamiento completo sobre la cubierta. • Las entradas de los edificios tendrán un vestíbulo cerrado, con todas las puertas que se abren hacia dentro y hacia fuera. • Los techos deberán cumplir con valores de aislamiento según esta tabla: • Todos los pisos de la losa sobre el nivel, incluidos de losa sobre nivel con calefacción y los pisos sobre nivel sin calefacción deben cumplir con valores de aislamiento específico. • Las puertas no batientes que sean puertas seccionales son bisagras horizontales con una sola fila de ventanas deben tener un factor U de ensamblaje menor o igual a 0.440 en las zonas climáticas 0 a 6 y menor o igual a 0.360 en las zonas climáticas 7 y 8.

Opaque Elements	Non residential		Residential		Semiheated				
	Assembly Maximum	Insulation Min. R-Value	Assembly Maximum	Insulation Min. R-Value	Assembly Maximum	Insulation Min. R-Value			
Insulation entirely above deck	U-0.039	R-25 c.l.	U-0.032	R-30 c.l.	U-0.218	R-3.8 c.l.			
Metal buildinf	U-0.041	R-10 + R-19 FC	U-0.041	R-10 + R-19FC	U-0.115	R-10			
Metal buildinf	U-0.027	R-38	U-0.027	R-38	U-0.081	R-13			
Walls, above - Grade									
Mass	U-0.580	NR	U-0.15 ^P	R-5.7 c.l. ^b	U-0.580	NR			
Metal building	U-0.094	R-0 + R-9.8 c.l.	U-0.94	R-0 + R-9.8 c.l.	U-0.352	NR			
Steel-framed	U-0.124	R-13	U-0.124	R-13	U-0.352	NR			
Wood-framed and other	U-0.089	R-13	U-0.089	R-13	U-0.292	NR			
Walls, below - Grade									
Below-grade wall	C-1.140	NR	C-1.140	NR	C-1.140	NR			
Floors									
Mass	U-0.322	NR	C-0.322	NR	C-0.322	NR			
Steel joise	U-0.350	NR	C-0.350	NR	C-0.350	NR			
Wood - framed and other	U-0.282	NR	C-0.282	NR	C-0.282	NR			
Slab-on-Grade Floors									
Mass	F-0.730	NR	F-0.730	NR	C-0.730	NR			
Steel joise	F-1.020	R-7.5 for 12 in.	F-1.020	R-7.5 for 12 in.	F-1.020	R-7.5 for 12 in.			
Opaque Doors									
Swinging	U-0.370		F-0.370		C-0.700				
Steel joise	U-0.310		U-0.310		U-1.450				
Fenestration	Assembly Max. U	Assembly Max. SHGC	Assembly Min. VT/SHGC	Assembly Max. U	Assembly Max. SHGC	Assembly Min. VT/SHGC	Assembly Max. U	Assembly Max. SHGC	Assembly Min. VT/SHGC
Vertical Fenestration, 0% to 40% of									
Fixed	0.50	0.22	1.10	0.50	0.22	1.10	1.20	NR	NR
Operable	0.62	0.20	(for all types)	0.62	0.20	(for all types)	1.20	(for all types)	(for all types)
Entrance door	0.83	0.20		0.83	0.20		1.10		
Skylight, 0% to 3% of Roof									
All types	0.70	0.30	NR	0.70	0.30	NR	1.80	NR	NR

Capítulo	Descripción																																																																											
<p>2. Calefacción, ventilación y aire acondicionado</p>	<ul style="list-style-type: none"> • El suministro de energía de calefacción y refrigeración en cada zona se controlará individualmente a través de controles termostáticos que respondan a las temperaturas de la zona. • Los controles termostáticos deben proporcionar un rango de temperatura de al menos 5°F. • Los sistemas de calefacción deben estar equipados con controles capaces de reiniciar automáticamente con un punto ajustable de al menos 10°F. • Los ventiladores con motores de más de 0,75 hp deben tener controles automáticos. • Los controles humidistáticos no deben utilizar el enfriamiento mecánico para reducir la humedad por debajo del punto de rocío de 55°F. • Para los umbrales de superficie de suelo se deberán tomar en consideración los siguientes valores: <table border="1" data-bbox="491 954 1476 1370"> <thead> <tr> <th rowspan="3">Climate Zone</th> <th colspan="6">Occupant Outdoor Airflow Component (cfm/1000 ft²)^a</th> </tr> <tr> <th>100 to 199</th> <th>200 to 399</th> <th>≥ 400</th> <th>100 to 199</th> <th>200 to 399</th> <th>≥ 400</th> </tr> <tr> <th colspan="6">Minimum Space Floor Area in ft² where DCV Is Required</th> </tr> <tr> <th></th> <th colspan="3">Areas without Exhaust Air Energy Recovery</th> <th colspan="3">Areas with Exhaust Air Energy Recovery^b</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>7,8</td> <td>400</td> <td>200</td> <td>150</td> <td>800</td> <td>400</td> <td>250</td> </tr> <tr> <td>5A, 6A, 6B</td> <td>600</td> <td>250</td> <td>150</td> <td>1400</td> <td>900</td> <td>400</td> </tr> <tr> <td>0A, 0B, 1B 3A, 4B, 5B, 5C</td> <td>800</td> <td>400</td> <td>250</td> <td>2000</td> <td>1000</td> <td>500</td> </tr> <tr> <td>2A, 2B, 4C</td> <td>1100</td> <td>600</td> <td>300</td> <td>2300</td> <td>1100</td> <td>600</td> </tr> <tr> <td>3B, 4B</td> <td>1500</td> <td>700</td> <td>400</td> <td>5200</td> <td>2350</td> <td>1250</td> </tr> <tr> <td>1A</td> <td>2400</td> <td>1100</td> <td>600</td> <td>5800</td> <td>2600</td> <td>1400</td> </tr> <tr> <td>3C</td> <td>7000</td> <td>3000</td> <td>1700</td> <td>12,000</td> <td>6000</td> <td>3000</td> </tr> </tbody> </table>	Climate Zone	Occupant Outdoor Airflow Component (cfm/1000 ft ²) ^a						100 to 199	200 to 399	≥ 400	100 to 199	200 to 399	≥ 400	Minimum Space Floor Area in ft ² where DCV Is Required							Areas without Exhaust Air Energy Recovery			Areas with Exhaust Air Energy Recovery ^b			7,8	400	200	150	800	400	250	5A, 6A, 6B	600	250	150	1400	900	400	0A, 0B, 1B 3A, 4B, 5B, 5C	800	400	250	2000	1000	500	2A, 2B, 4C	1100	600	300	2300	1100	600	3B, 4B	1500	700	400	5200	2350	1250	1A	2400	1100	600	5800	2600	1400	3C	7000	3000	1700	12,000	6000	3000
Climate Zone	Occupant Outdoor Airflow Component (cfm/1000 ft ²) ^a																																																																											
	100 to 199		200 to 399	≥ 400	100 to 199	200 to 399	≥ 400																																																																					
	Minimum Space Floor Area in ft ² where DCV Is Required																																																																											
	Areas without Exhaust Air Energy Recovery			Areas with Exhaust Air Energy Recovery ^b																																																																								
7,8	400	200	150	800	400	250																																																																						
5A, 6A, 6B	600	250	150	1400	900	400																																																																						
0A, 0B, 1B 3A, 4B, 5B, 5C	800	400	250	2000	1000	500																																																																						
2A, 2B, 4C	1100	600	300	2300	1100	600																																																																						
3B, 4B	1500	700	400	5200	2350	1250																																																																						
1A	2400	1100	600	5800	2600	1400																																																																						
3C	7000	3000	1700	12,000	6000	3000																																																																						

Tabla 10: Norma internacional
 Autor: Elaboracion Propia del autor,2025

Parámetros Guía de Eficiencia Energética para Establecimientos Educativos

Este instrumento técnico-normativo establece lineamientos específicos para mejorar el desempeño energético en infraestructuras educativas, orientando el diseño, construcción, rehabilitación y operación de los establecimientos educativos, considerando criterios de eficiencia energética.

Guía de Eficiencia Energética para Establecimientos Educativos

Capítulo	Descripción							
Capítulo 1 Eficiencia energética en establecimientos educativos	<ul style="list-style-type: none"> Este primer capítulo es una introducción a la eficiencia energética en el sector de educación, en la que se establecen estándares y guías relativas a la eficiencia energética y confort en las aulas educativas. Se destaca que en las instituciones educativas debe existir un confort ambiental, dado que los estudiantes pasan un 70% de su tiempo en el aula. Para asegurar el bienestar de los estudiantes, las aulas deben contar con un confort lumínico, siguiendo normativas como la EN 12464 (norma europea sobre iluminación para interiores), la Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación para Centros Docentes (IDEA y CEI España) e las recomendaciones del IESNA. 							
	Climate Zone	CHILE	ARGENTINA	PERÚ	EUROPA	USA	INGLATERRA	TDR Chile
	7,8	DS 548	MCEN 1997	Ministerio de educación 2006	UNE-EN 12464-2 2008	IESNA Lighting handbook 2000	Building Bulletin 87 2003	TDR DA-MOP 2012
	Niveles de iluminación	180 lux aula	500 lux aula 1000 lux pizarra 750 lux PC 1000 lux dibujo	350 lux aulas	>300 lux aula >500 lux pizarra 50 lux PC >500 lux dibujo y lectura	Aula máx. 1500-2000 lux y mín. 300 lux pizarra ±160 lux PC ±500 lux dibujo y lectura	300 lux aulas 500 lux tareas complejas	300 lux aulas 500 lux pizarra 500 lux aula inform. 750 lux aula dibujo
	Factor luz día	N/A	2% aula 5% sala de dibujo	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Uniformidad	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0,3-0,4 iluminación lateral 0,7 iluminación cenital	≥ 0,7
	Índice de deslumbramiento	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	19 URG (iluminación artificial)	19 URG
	Vista al exterior	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	100% de la sala de clases	N/A
	Superficie de vanos	14%-17% -20% por zona norte, centro sur	Superficie máxima recomendada: 18% este-oeste 25% norte-sur	20% - 25% 15% - 20% 25% - 30% según zona climática	N/A	N/A	20% de la superficie del muro interior (vano)	N/A

- Para el confort térmico esta guía establece los parámetros y propiedades térmica de la envolvente.

	CHILE	PERÚ	CHILE	INGLATERRA		TSRe CHILE
	DS 580 mod. 2010	Ministerio de educación 2006	ASHRAE 55-2010	Building Regulation Part L2	Building Bulletin 87	TDRé DA-MOP 2012
Temperatura operativa recomendable	Aulas mín 12°C Parvularia mín. 15°C (en zonas SL, SI, SE y Andina)	18° - 25° (HR = 50%)	Según PMV y modelo adaptativo	N/A	Invierno Aulas 18°C con calef Verano aulas 24°C ±°C y no superar 28°C por más de 80hr	Invierno aulas 20°C con calef. Verano pasivas: modelo adaptativo según zona climática
Transmitancia térmica de la envolvente	N/A	N/A	N/A	BR Part L2 U muros= 0,25 U techos= 0,35	N/A	Define valores U límites para envolverme según zona climática

- Para la calidad del aire se establecen los siguientes parámetros

	CHILE	PERÚ	EE. UU.	INGLATERRA	TDRé CHILE
	DS 580 mod.2010 DS47-1992	Ministerio de Educación 2006	ASHRAE 62.1-2004	Bulletin 101: Ventilation of School Buildings	TDRé DA-MOP 2012
Superficie mínima de ventana operable	8% de la superficie del piso	7 a 15% de apertura de vanos respecto del área según clima	4% de la superficie del piso	Superficie de apertura variable según zona climática	Superficie de apertura variable según zona climática
Volumen de aire	3 m³ por alumno	3 - 6m³ por alumno	N/A	N/A	N/A
Flujo de aire	N/A	N/A	5 l/s/pp min.	3 l/s/pp min y 5 l/s/pp promedio diario	Mayor flujo entre 5 l/s/pp 0,6 l/s m²
Cambios de aire	2 ach	6 a 10 ach	N/A	N/A	N/A
Concentración de CO3 (ppm)	N/A	N/A	Max.1000ppm	Max.1000ppm	N/A
Altura libre interior de aulas	2,2m mínimo	3.00-2.50m 2.85-3.00m 3.5-4.00m según zona climática	N/A	N/A	N/A

Capítulo

Descripción

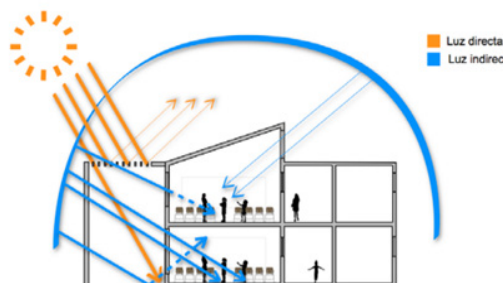
Capítulo 2

Estrategias de diseño pasivo de establecimientos educativos

- En este capítulo se detallan las principales estrategias de diseño pasivo que se aplican en las aulas de acuerdo a los criterios de calentamiento, enfriamiento, iluminación, ventilación y acústica.
- Como primeras estrategias del confort térmico es la aislación térmica de la envolvente del edificio y el control de infiltraciones de aire. Para asegurar la protección de calor se integran elementos constructivos como muros, techumbre, pisos y ventanas escolares.
- Para los muros es recomendable considerar la incorporación de aislante térmico, que ayudará a atenuar las variaciones de temperatura interior.
- Otra estrategia es la integración de techumbre que son muy importante para la transmisión de calor en el aula, más aún cuando en el invierno se producen pérdidas de calor.
- Referente a los pisos es necesario la incorporación de aislamiento térmico bajo o sobre el radier que disminuye las pérdidas de calor, mejorando la sensación de confort.
- Para las ventanas están deben estar orientadas al oriente, norte y poniente que ayuden a generar ganancias como pérdidas. Para aquello se den considerara los siguientes valores de transmitancia térmica.

VENTANA	VALOR U (Wm ² / [°] C)
Valor simple	5,8 - 6,0
Vidrio doble (DVH)	2,8 - 3,0
Vidrio doble (DVH) Low-e	1,8

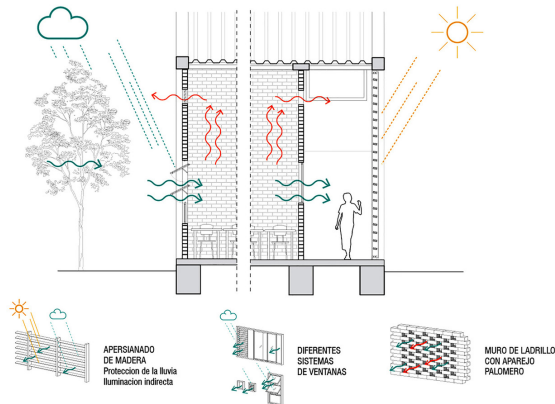
- Las estrategias de ventilación se encuentran ventilación-enfriamiento lateral por una abertura, ventilación-enfriamiento lateral por dos aberturas superior e inferior en una fachada, ventilación-enfriamiento transversal (cruzada), ventilación stack directa, ventilación convectiva indirecta y ventilación híbrida.
- Las estrategias de iluminación se resumen en evitar la luz solar directa sobre el plano de trabajo, realizar una correcta iluminación distribuida de manera uniforme, evitar fuentes de deslumbramiento, diseñar iluminación artificial y planificación de espacios interiores para aprovechar la luz natural.



Capítulo 3

Diseño pasivo de aula tipo por zona climática

Se trata de un estudio aplicativo en el que se realizan simulaciones térmicas en 10 ciudades diferentes, con el objetivo de determinar los parámetros de diseño que influyen en la demanda energética. Por un lado, es necesario comprender que el comportamiento energético y ambiental del aula dependerá en del clima de la zona.



Capítulo 4

Diseño pasivo del aula integral

En este capítulo se centra en diseñar espacios educativos pasivos que respondan a las diferentes condiciones climáticas de las ciudades. En este capítulo se muestran prototipos de aulas que tienden a integrar estrategias de diseño térmico, lumínico, acústico y ventilación.

Capítulo 5

Casos de estudio

En este último capítulo se tratan de casos de estudios que es una asesoría de eficiencia energética de 5 instituciones educativas, para mejorar la calidad energética y ambiental

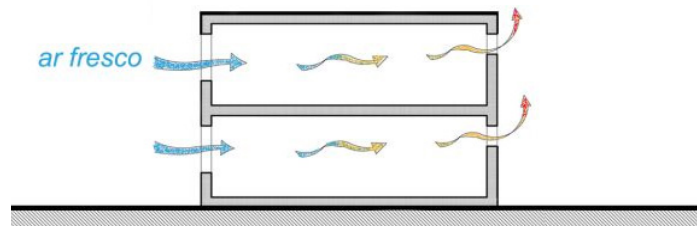


Tabla 11: Guía de Eficiencia Energética para Establecimientos Educativos
 Autor: Elaboracion Propia del autor,2025

Suficiencia, equidad y efectividad de la infraestructura escolar en América Latina según el TERCE (Tercer Estudio Regional Comparativo y Explicativo)

Este es un estudio técnico pedagógico, basado en los resultados del TERCE y elaborado por la UNESCO a través del Laboratorio Latinoamericano de Evaluación de la Calidad de la Educación, permite identificar las condiciones en la infraestructura de la región, así como vincular las condiciones físicas de las escuelas con los resultados académicos.

Capítulo	Descripción																																																																																			
Equidad en la distribución de los espacios físicos según nivel socioeconómico y cultural y región	<ul style="list-style-type: none"> En este capítulo se realiza un análisis sobre las deficiencias estructurales que algunos estudiantes atraviesan por desigualdades en la sociedad. Esto se combina con las estimaciones de suficiencia para integrar recursos desde un acceso a la igualdad, para garantizar un acceso universal a la educación, esto tanto para escuelas rurales, urbanas públicas y urbanas privadas. Las desigualdades son evidentes en las escuelas rurales que el 20% asisten en condiciones de suficiente agua potable, el 22% con conexión suficiente a electricidad, 24% de las escuelas tienen espacios administrativos y menos del 41% asisten a escuelas suficientemente dotadas. 																																																																																			
Efectividad de la infraestructura escolar: las asociaciones entre la infraestructura escolar y los aprendizajes	<ul style="list-style-type: none"> Los espacios físicos de las escuelas son necesarios para generar ambientes adecuados para el aprendizaje. Es por esto que se aplica la ecuación para valor el rendimiento escolar en base a la efectividad de la infraestructura. En la que demuestra en propicio integrar estrategias que vayan en beneficio de la comunidad educativa. En la siguiente tabla se muestran los valores obtenidos a partir de la efectividad de infraestructura. <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="2">Total</th> <th colspan="2">Urbano</th> <th colspan="2">Rural</th> </tr> <tr> <th>Sin ISEC</th> <th>Con ISEC</th> <th>Sin ISEC</th> <th>Con ISEC</th> <th>Sin ISEC</th> <th>Con ISEC</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Agua y saneamiento</td> <td>4,15***</td> <td>2,2</td> <td>6,88**</td> <td>2,15</td> <td>2,08</td> <td>0,69</td> </tr> <tr> <td>Conexión a Servicios</td> <td>15,97***</td> <td>12,12***</td> <td>14,12***</td> <td>8,96***</td> <td>13,76***</td> <td>10,94***</td> </tr> <tr> <td>Espacios pedagógicos / académicos</td> <td>13,97***</td> <td>9,63***</td> <td>13,34***</td> <td>5,61***</td> <td>8,3***</td> <td>6,62***</td> </tr> <tr> <td>Áreas de oficinas</td> <td>8,26***</td> <td>5,39***</td> <td>11,73***</td> <td>5,95***</td> <td>-0,27</td> <td>-1,83</td> </tr> <tr> <td>Espacios de uso múltiple</td> <td>6,28***</td> <td>5,32***</td> <td>6,28***</td> <td>4,52***</td> <td>3,39</td> <td>3,15</td> </tr> <tr> <td>Equipamiento de las Aulas</td> <td>3,55***</td> <td>2,35***</td> <td>8,33***</td> <td>2,43</td> <td>2,94</td> <td>2,51</td> </tr> <tr> <td>Índice Socioeconómico y Cultural</td> <td></td> <td>19,09***</td> <td></td> <td>19,88***</td> <td></td> <td>16,25***</td> </tr> <tr> <td>Escuela pública</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>-34,68***</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Constante</td> <td>710,98***</td> <td>709,62***</td> <td>709,60***</td> <td>730,20***</td> <td>697,10***</td> <td>699,41***</td> </tr> <tr> <td># de Observaciones</td> <td>41.857</td> <td>37.786</td> <td>27.114</td> <td>24.318</td> <td>14.743</td> <td>13.468</td> </tr> </tbody> </table>		Total		Urbano		Rural		Sin ISEC	Con ISEC	Sin ISEC	Con ISEC	Sin ISEC	Con ISEC	Agua y saneamiento	4,15***	2,2	6,88**	2,15	2,08	0,69	Conexión a Servicios	15,97***	12,12***	14,12***	8,96***	13,76***	10,94***	Espacios pedagógicos / académicos	13,97***	9,63***	13,34***	5,61***	8,3***	6,62***	Áreas de oficinas	8,26***	5,39***	11,73***	5,95***	-0,27	-1,83	Espacios de uso múltiple	6,28***	5,32***	6,28***	4,52***	3,39	3,15	Equipamiento de las Aulas	3,55***	2,35***	8,33***	2,43	2,94	2,51	Índice Socioeconómico y Cultural		19,09***		19,88***		16,25***	Escuela pública				-34,68***			Constante	710,98***	709,62***	709,60***	730,20***	697,10***	699,41***	# de Observaciones	41.857	37.786	27.114	24.318	14.743	13.468
	Total		Urbano		Rural																																																																															
	Sin ISEC	Con ISEC	Sin ISEC	Con ISEC	Sin ISEC	Con ISEC																																																																														
Agua y saneamiento	4,15***	2,2	6,88**	2,15	2,08	0,69																																																																														
Conexión a Servicios	15,97***	12,12***	14,12***	8,96***	13,76***	10,94***																																																																														
Espacios pedagógicos / académicos	13,97***	9,63***	13,34***	5,61***	8,3***	6,62***																																																																														
Áreas de oficinas	8,26***	5,39***	11,73***	5,95***	-0,27	-1,83																																																																														
Espacios de uso múltiple	6,28***	5,32***	6,28***	4,52***	3,39	3,15																																																																														
Equipamiento de las Aulas	3,55***	2,35***	8,33***	2,43	2,94	2,51																																																																														
Índice Socioeconómico y Cultural		19,09***		19,88***		16,25***																																																																														
Escuela pública				-34,68***																																																																																
Constante	710,98***	709,62***	709,60***	730,20***	697,10***	699,41***																																																																														
# de Observaciones	41.857	37.786	27.114	24.318	14.743	13.468																																																																														

Tabla 12: Suficiencia, equidad y efectividad de la infraestructura escolar en América Latina según el TERCE
Autor: Elaboración Propia del autor, 2025

2.3.2 Normativa Nacional

El objetivo de esta normativa nacional es promover el uso eficiente de la energía en todos los sectores productivos y de consumo, incluyendo el sector educativo, público, industrial y residencial. Esta normativa contribuye como

un instrumento legal y técnico que orienta al país hacia un modelo de desarrollo sustentable, al mismo tiempo que busca reducir el consumo energético y promover entornos mas saludables, confortables y eficientes.

Ley Orgánica de Eficiencia Energética

Capítulo	Descripción
Capítulo 1 Disposiciones fundamentales	El primer capítulo de la Ley Orgánica de Eficiencia Energética se trata de disposiciones generales sobre el objeto de esta ley que, como tal se trata de establecer un marco legal y régimen de funcionamiento sobre como promover el uso eficiente y racional de la energía. Se establecen que los principios de esta normativa son: -La racionalización de consumo energético. -Mejoramiento de la productividad y competitividad mediante la reducción de costos por uso eficiente. -Promover energía limpia y la reducción de emisiones de gases invernaderos. -Fomentar una cultura de uso eficiente de recursos energéticos. -Principio de transparencia.
Capítulo 2 Del Sistema Nacional de Eficiencia energética	-El Sistema Nacional de Eficiencia Energética estará representados el Ministro de SNEE que sus ejes de acción serán a nivel institucional, legal y regulatorio, política, planificación y proyectos y económico financiero.
Capítulo 3 De los sectores regulados	-Para esto el Ministerio de SNEE tiene una amplia competencia, ya que se encargará de emitir las políticas de construcción y vivienda en conjunto con el INEN y los GAD para establecer normativas de consumo energético para uso industrial, comercial, recreativo, residencial. -Todos los proyectos que tengan a implementar, diseñar o usar consumo energético deben hacer prevalecer este cuerpo normativo.

Tabla 13: Normativa Nacional
 Autor: Elaboración Propia del autor, 2025

2.3.4 Normativa Ecuatoriana de la Construcción

Capítulo	Descripción																																																																																																																																																		
Exigencias prescriptivas	<p>-Se establecen los requisitos mínimos en los materiales de construcción de la envolvente para mejorar el confort térmico y energético de las edificaciones.</p> <p>Para esto se establece que para los espacios habitables los espacios exteriores e interiores tanto para los cerramientos opacos, asilamiento y reflectividad del techo, aislamiento de muros, pisos, puertas opacas, elementos translúcidos, deben cumplir con estos parámetros:</p>																																																																																																																																																		
	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="3">Elementos opacos</th> <th colspan="4">Habitable</th> <th colspan="2">No habitable</th> </tr> <tr> <th colspan="2">Climatizado</th> <th colspan="2">No climatizado</th> <th rowspan="2">Montaje máximo</th> <th rowspan="2">Valor Min. R. de aislamiento</th> </tr> <tr> <th>Montaje máximo</th> <th>Valor Min. R. de aislamiento</th> <th>Montaje máximo</th> <th>Valor Min. R. de aislamiento</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Techos</td> <td>U-0.273</td> <td>R-3.5</td> <td>U-2.9</td> <td>R-0.89</td> <td>U-4.7</td> <td>R-0.21</td> </tr> <tr> <td>Paredes, sobre nivel del terreno</td> <td>U-0.513</td> <td>R-2.0</td> <td>C-6.473</td> <td>R-0.4</td> <td>U-5.46</td> <td>NA</td> </tr> <tr> <td>Paredes, bajo nivel del terreno</td> <td>C-0.678</td> <td>R-1.3</td> <td>U-3.2</td> <td>NA</td> <td>C-6.473</td> <td>NA</td> </tr> <tr> <td>Pisos</td> <td>U-0.420</td> <td>R-1.8</td> <td>U-3.6</td> <td>R-0.31</td> <td>U-3.4</td> <td>NA</td> </tr> <tr> <td>Puertas opacas</td> <td>U-2.839</td> <td>NA</td> <td>U-2.6</td> <td>R-0.4</td> <td>U-3.124</td> <td>NA</td> </tr> <tr> <td>Ventanas</td> <td>Transmitancia máxima</td> <td>Montaje máximo SHGC</td> <td>Transmitancia máxima</td> <td>Montaje máximo SHGC</td> <td>Transmitancia máxima</td> <td>Montaje máximo SHGC</td> </tr> <tr> <td>Área translúcida vertical $\geq 45^\circ$</td> <td>U-2.27</td> <td>SHGC-0.40</td> <td>U-5.78</td> <td>SHGC-0.82</td> <td>U-6.81</td> <td>NA</td> </tr> <tr> <td>Área translúcida vertical $< 45^\circ$</td> <td>U-5.56</td> <td>SHGC-0.36</td> <td>U-6.64</td> <td>SHGC-0.36</td> <td>U-11.24</td> <td>NA</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="3">Elementos opacos</th> <th colspan="4">Habitable</th> <th colspan="2">No habitable</th> </tr> <tr> <th colspan="2">Climatizado</th> <th colspan="2">No climatizado</th> <th rowspan="2">Montaje máximo</th> <th rowspan="2">Valor Min. R. de aislamiento</th> </tr> <tr> <th>Montaje máximo</th> <th>Valor Min. R. de aislamiento</th> <th>Montaje máximo</th> <th>Valor Min. R. de aislamiento</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Techos</td> <td>U-0.273</td> <td>R-3.5</td> <td>U-3.1</td> <td>R-0.32</td> <td>U-4.7</td> <td>R-0.21</td> </tr> <tr> <td>Paredes, sobre nivel del terreno</td> <td>U-0.701</td> <td>R-1.3</td> <td>C-4.61</td> <td>R-0.22</td> <td>U-5.46</td> <td>NA</td> </tr> <tr> <td>Paredes, bajo nivel del terreno</td> <td>C-6.473</td> <td>NA</td> <td>U-6.473</td> <td>NA</td> <td>C-6.473</td> <td>NA</td> </tr> <tr> <td>Pisos</td> <td>U-0.496</td> <td>NA</td> <td>U-3.4</td> <td>R-0.3</td> <td>U-3.4</td> <td>NA</td> </tr> <tr> <td>Puertas opacas</td> <td>U-2.5</td> <td>NA</td> <td>U-3.2</td> <td>NA</td> <td>U-3.2</td> <td>NA</td> </tr> <tr> <td>Ventanas</td> <td>Transmitancia máxima</td> <td>Montaje máximo SHGC</td> <td>Transmitancia máxima</td> <td>Montaje máximo SHGC</td> <td>Transmitancia máxima</td> <td>Montaje máximo SHGC</td> </tr> <tr> <td>Área translúcida vertical $\geq 45^\circ$</td> <td>U-4.26</td> <td>SHGC-0.25</td> <td>U-3.84</td> <td>SHGC-0.77</td> <td>U-6.81</td> <td>NA</td> </tr> <tr> <td>Área translúcida vertical $< 45^\circ$</td> <td>U-11.24</td> <td>SHGC-0.19</td> <td>U-11.24</td> <td>SHGC-0.19</td> <td>U-11.24</td> <td>NA</td> </tr> </tbody> </table>	Elementos opacos	Habitable				No habitable		Climatizado		No climatizado		Montaje máximo	Valor Min. R. de aislamiento	Montaje máximo	Valor Min. R. de aislamiento	Montaje máximo	Valor Min. R. de aislamiento	Techos	U-0.273	R-3.5	U-2.9	R-0.89	U-4.7	R-0.21	Paredes, sobre nivel del terreno	U-0.513	R-2.0	C-6.473	R-0.4	U-5.46	NA	Paredes, bajo nivel del terreno	C-0.678	R-1.3	U-3.2	NA	C-6.473	NA	Pisos	U-0.420	R-1.8	U-3.6	R-0.31	U-3.4	NA	Puertas opacas	U-2.839	NA	U-2.6	R-0.4	U-3.124	NA	Ventanas	Transmitancia máxima	Montaje máximo SHGC	Transmitancia máxima	Montaje máximo SHGC	Transmitancia máxima	Montaje máximo SHGC	Área translúcida vertical $\geq 45^\circ$	U-2.27	SHGC-0.40	U-5.78	SHGC-0.82	U-6.81	NA	Área translúcida vertical $< 45^\circ$	U-5.56	SHGC-0.36	U-6.64	SHGC-0.36	U-11.24	NA	Elementos opacos	Habitable				No habitable		Climatizado		No climatizado		Montaje máximo	Valor Min. R. de aislamiento	Montaje máximo	Valor Min. R. de aislamiento	Montaje máximo	Valor Min. R. de aislamiento	Techos	U-0.273	R-3.5	U-3.1	R-0.32	U-4.7	R-0.21	Paredes, sobre nivel del terreno	U-0.701	R-1.3	C-4.61	R-0.22	U-5.46	NA	Paredes, bajo nivel del terreno	C-6.473	NA	U-6.473	NA	C-6.473	NA	Pisos	U-0.496	NA	U-3.4	R-0.3	U-3.4	NA	Puertas opacas	U-2.5	NA	U-3.2	NA	U-3.2	NA	Ventanas	Transmitancia máxima	Montaje máximo SHGC	Transmitancia máxima	Montaje máximo SHGC	Transmitancia máxima	Montaje máximo SHGC	Área translúcida vertical $\geq 45^\circ$	U-4.26	SHGC-0.25	U-3.84	SHGC-0.77	U-6.81	NA	Área translúcida vertical $< 45^\circ$	U-11.24	SHGC-0.19	U-11.24	SHGC-0.19	U-11.24	NA
Elementos opacos	Habitable				No habitable																																																																																																																																														
	Climatizado		No climatizado		Montaje máximo	Valor Min. R. de aislamiento																																																																																																																																													
	Montaje máximo	Valor Min. R. de aislamiento	Montaje máximo	Valor Min. R. de aislamiento																																																																																																																																															
Techos	U-0.273	R-3.5	U-2.9	R-0.89	U-4.7	R-0.21																																																																																																																																													
Paredes, sobre nivel del terreno	U-0.513	R-2.0	C-6.473	R-0.4	U-5.46	NA																																																																																																																																													
Paredes, bajo nivel del terreno	C-0.678	R-1.3	U-3.2	NA	C-6.473	NA																																																																																																																																													
Pisos	U-0.420	R-1.8	U-3.6	R-0.31	U-3.4	NA																																																																																																																																													
Puertas opacas	U-2.839	NA	U-2.6	R-0.4	U-3.124	NA																																																																																																																																													
Ventanas	Transmitancia máxima	Montaje máximo SHGC	Transmitancia máxima	Montaje máximo SHGC	Transmitancia máxima	Montaje máximo SHGC																																																																																																																																													
Área translúcida vertical $\geq 45^\circ$	U-2.27	SHGC-0.40	U-5.78	SHGC-0.82	U-6.81	NA																																																																																																																																													
Área translúcida vertical $< 45^\circ$	U-5.56	SHGC-0.36	U-6.64	SHGC-0.36	U-11.24	NA																																																																																																																																													
Elementos opacos	Habitable				No habitable																																																																																																																																														
	Climatizado		No climatizado		Montaje máximo	Valor Min. R. de aislamiento																																																																																																																																													
	Montaje máximo	Valor Min. R. de aislamiento	Montaje máximo	Valor Min. R. de aislamiento																																																																																																																																															
Techos	U-0.273	R-3.5	U-3.1	R-0.32	U-4.7	R-0.21																																																																																																																																													
Paredes, sobre nivel del terreno	U-0.701	R-1.3	C-4.61	R-0.22	U-5.46	NA																																																																																																																																													
Paredes, bajo nivel del terreno	C-6.473	NA	U-6.473	NA	C-6.473	NA																																																																																																																																													
Pisos	U-0.496	NA	U-3.4	R-0.3	U-3.4	NA																																																																																																																																													
Puertas opacas	U-2.5	NA	U-3.2	NA	U-3.2	NA																																																																																																																																													
Ventanas	Transmitancia máxima	Montaje máximo SHGC	Transmitancia máxima	Montaje máximo SHGC	Transmitancia máxima	Montaje máximo SHGC																																																																																																																																													
Área translúcida vertical $\geq 45^\circ$	U-4.26	SHGC-0.25	U-3.84	SHGC-0.77	U-6.81	NA																																																																																																																																													
Área translúcida vertical $< 45^\circ$	U-11.24	SHGC-0.19	U-11.24	SHGC-0.19	U-11.24	NA																																																																																																																																													

Exigencias prescriptivas

Elementos opacos	Habitable				No habitable	
	Climatizado		No climatizado		Montaje máximo	Valor Min. R. de aislamiento
	Montaje máximo	Valor Min. R. de aislamiento	Montaje máximo	Valor Min. R. de aislamiento		
Techos	U-0.273	R-3.5	U-2.9	R-0.89	U-4.7	R-0.21
Paredes, sobre nivel del terreno	U-0.592	R-1.7	U-2.35	R-0.36	U-5.46	NA
Paredes, bajo nivel del terreno	C-6.473	NA	U-6.473	NA	C-6.473	NA
Pisos	U-0.496	R-1.5	U-3.2	R-0.31	U-3.4	NA
Puertas opacas	U-2.839	NA	U-2.6			
Ventanas	Transmitancia máxima	Montaje máximo SHGC	Transmitancia máxima	Montaje máximo SHGC	Transmitancia máxima	Montaje máximo SHGC
Área translúcida vertical $\geq 45^\circ$	U-3.69	SHGC-0.25	U-5.78	SHGC-0.82	U-6.81	NA
Área translúcida vertical $< 45^\circ$	U-6.64	SHGC-0.36	U-6.64	SHGC-0.36	U-11.24	NA

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

Tabla 14: Exigencias descriptivas
 Autor: Elaboracion Propia del autor,2025

2.3.5 Normativa local

Respecto a la normativa local no existe una ordenanza que se encargué de regular la construcción de equipamientos educativos, sin embargo, se expide la Ordenanza de Municipal de Urbanismo, Construcción y Ornato del Cantón

Loja que son el régimen administrativo arquitectónico que todas las construcciones en la ciudad debe regirse. Razón por la cual, consta dentro de este apartado.

Reforma a la Ordenanza Municipal de Urbanismo, Construcción y Ornato del Cantón Loja

Es una ordenanza municipal reformada que establece los parametros técnicos y legales que deben cumplir tanto las edificaciones como los espacios públicos, promoviendo

principalmente un desarrollo urbano ordenado, seguro y sostenible.

Capítulo	Descripción
Exigencias prescriptivas	<p>En la primera disposición general establece el uso correcto del suelo, mediante el cual se podrá planificar y construir edificios.</p> <ul style="list-style-type: none"> -Lote mínimo 200 m²: el frente debe ser mínimo de 9 m, con una altura de 4 pisos, COS 70%, CUS 280%, retiro frontal de 3-5 m, retiro posterior de 4m y un ancho de vía mínimo 9 m. -Lote mínimo 300 m²: el frente debe ser mínimo de 9 m, con una altura de 5 pisos, COS 70%, CUS 350%, retiro frontal de 5 m, retiro posterior de 4m y un ancho de vía mínimo 9 m. -Lote mínimo 400 m²: el frente debe ser mínimo de 12 m, con una altura de 6 pisos, COS 70%, CUS 420%, retiro frontal de 5 m, retiro posterior de 4m. -Lote mínimo 400 m²: el frente debe ser mínimo de 13 m, con una altura de 8 pisos, COS 70%, CUS 560%, retiro frontal de 5 m, retiro posterior de 4m. -Lote mínimo 500 m²: el frente debe ser mínimo de 14 m, con una altura de 9 pisos, COS 70%, CUS 630%, retiro frontal de 4 m, retiro posterior de 4m. -Lote mínimo 600 m²: el frente debe ser mínimo de 18 m, con una altura de 10 pisos, COS 70%, CUS 700%, retiro frontal de 4 m, retiro lateral de 3m. -Lote mínimo 800 m² en adelante: el frente debe ser mínimo de 20 m, con una altura de 12 pisos, COS 70%, CUS 84%, retiro frontal de 5 m.

Tabla 15: Reforma a la Ordenanza Municipal de Urbanismo, construcción y ornato del cantón Loja
Autor: Elaboracion Propia del autor,2025



03

MARCO REFERENCIAL



3.1 Descripción Marco Referencial

Los referentes han sido seleccionados con base a su contribución a la eficiencia energética en el ámbito arquitectónico, destacando todos los que tienen estrategias pasivas y constructivas para la optimización de desempeño térmico. La selección responde a criterios específicos como la materialidad, la orientación, y la respuesta climática de las envolventes arquitectónicas, con el objetivo de mejorar el confort interior y reducir el consumo energético.

3.2 Tabla de Criterios

Referente	Imagen	Criterio de Selección	Enfoque	Aporte
1. Showcase Ecuador – Campus Tech: Bloque de Aularios y Laboratorios E1-E2		Este referente ofrece un análisis detallado del desempeño ambiental de edificaciones prototipo, permitiendo evaluar las condiciones térmicas dentro de las aulas y su impacto directo en el bienestar de los usuarios.	El diseño del proyecto presenta un enfoque de estrategias pasivas, destacando la optimización de la envolvente térmica, el aprovechamiento de la ventilación natural y el control de la radiación solar como elemento clave en el diseño.	Utiliza modelado energético mediante el software IES Virtual Environment para analizar el comportamiento térmico y el rol de la envolvente, generando datos precisos que respaldan decisiones de diseño eficientes.
2. Análisis de confort térmico en escuelas del milenio caso: Quito - Babahoyo		Se seleccionó este referente debido a su integración de estrategias pasivas como aislamiento térmico y control de la radiación solar fundamentales para reducir el consumo energético y el confort interior.	El diseño del proyecto presenta un enfoque innovador en la envolvente, utilizando materiales y técnicas que minimizan las pérdidas térmicas, mejorando el rendimiento energético del edificio.	Este proyecto sirve como modelo de eficiencia energética en infraestructura educativa, proporcionando principios adaptables para la mejora del confort térmico y la reducción del impacto ambiental en edificaciones educativas.
3. Estudio de estrategias bioclimáticas de eficiencia energética aplicadas en la envolvente térmica de una edificación educativa situada en los climas más característicos de Bolivia		Este referente se seleccionó debido a su enfoque contextual aplicado a una edificación educativa	El diseño del proyecto se basa en estrategias bioclimáticas aplicadas a la envolvente, considerando orientación, aislamiento y protecciones solares como elementos clave para alcanzar la eficiencia energética.	Este estudio analiza mediante simulación energética el comportamiento térmico del edificio en La Paz, proporcionando criterios técnicos aplicables al contexto boliviano para reducir el consumo energético.

Tabla 16: Criterios de selección

Autor: Elaboración Propia del autor, 2025

3.3 Análisis de Metodología

Para el análisis de los referentes se ha adoptado la metodología ASUS, la cual se describe a continuación:

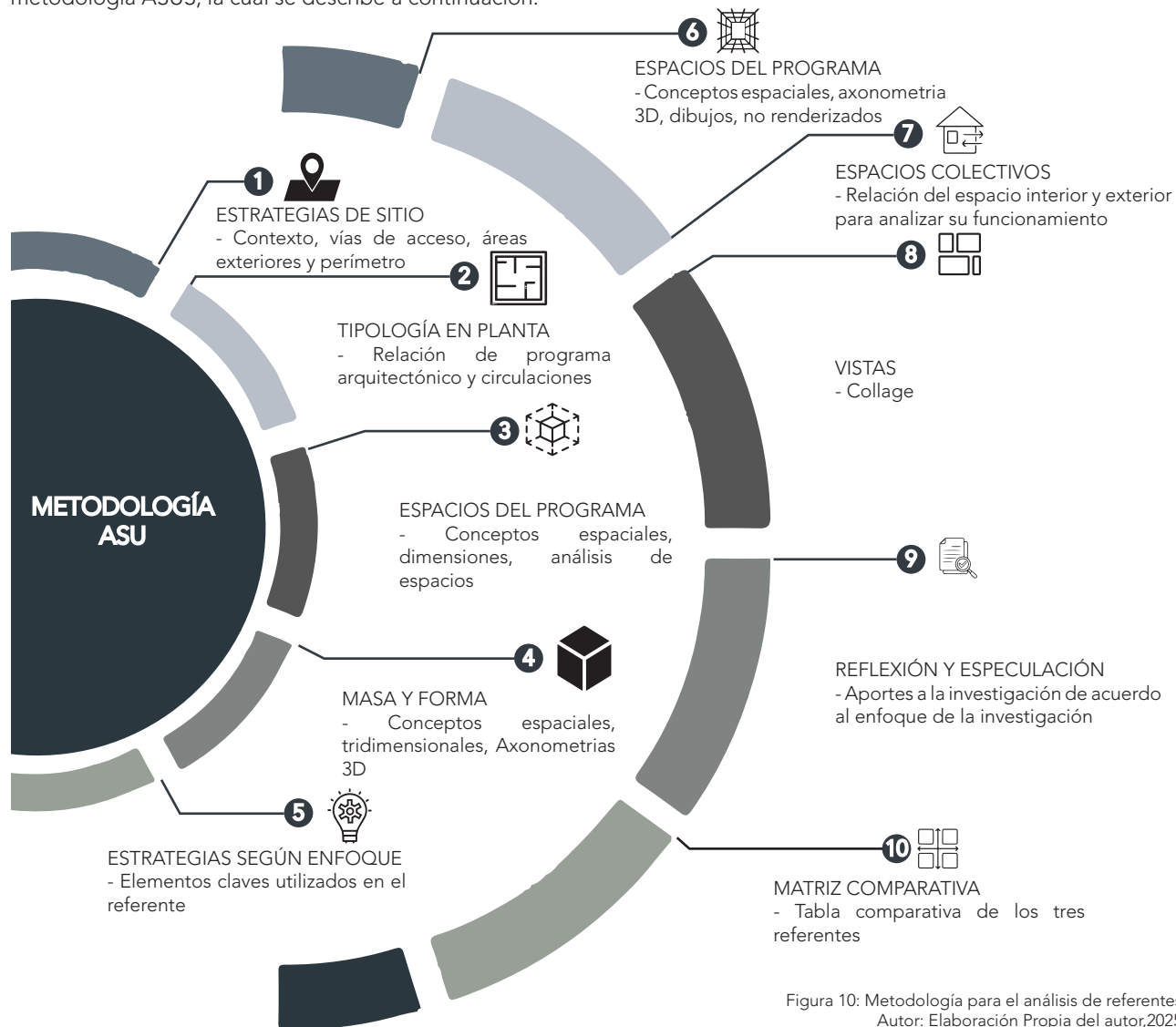


Figura 10: Metodología para el análisis de referentes
Autor: Elaboración Propia del autor, 2025



Figura 11: Laboratorios E1 - E2, Cuenca - Ecuador
Autor: Edición Propia del autor, 2025

3.4 Referente 1: Análisis energético laboratorios E1-E2, Cuenca - Ecuador



Autores:

Equipo de dirección de planificación de la universidad / CEELA



Área:

7.059,73 m²



Ubicación:

Cuenca - Ecuador



Año:

2019

El proyecto, ubicado en el campus de la Universidad del Azuay, prioriza estrategias pasivas que optimizan

la envolvente térmica y garantizan confort térmico, lumínico y de ventilación natural mediante una adecuada orientación, materialidad y disposición de aperturas.

ESTRATEGIA DE SITIO

- Universidad del
- Aulas y Laboratorios
- Vía Colectora
- Vía de Acceso
- Área verde
- Circulación exterior
- ↗ Accesos

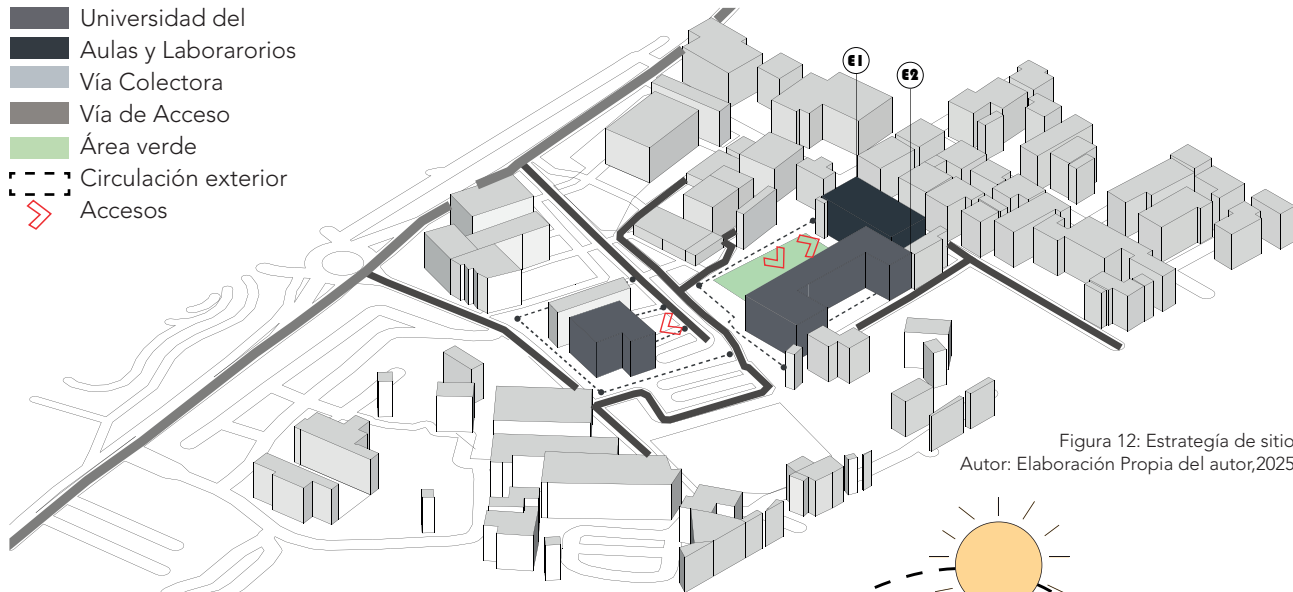


Figura 12: Estrategia de sitio
Autor: Elaboración Propia del autor, 2025

- Asoleamiento y Vientos

El proyecto CEELA UDA en Cuenca (2019) aprovecha el recorrido solar típico de la zona intertropical, con el sol ascendiendo por el este y poniéndose por el oeste, lo que permite una buena iluminación natural, reduciendo el uso de luz artificial. La orientación y el ajuste angular del edificio se realizan estratégicamente con el objetivo de minimizar el impacto de la radiación solar directa en las fachadas expuestas. Los vientos predominantes provienen del oeste y oeste-suroeste, variando según la estación, y se usan para favorecer la ventilación natural y mejorar el confort térmico del proyecto. Entre las estrategias implementadas destacan: el uso de ventanas en las fachadas opuestas, protecciones solares horizontales y materiales con inercia térmica.

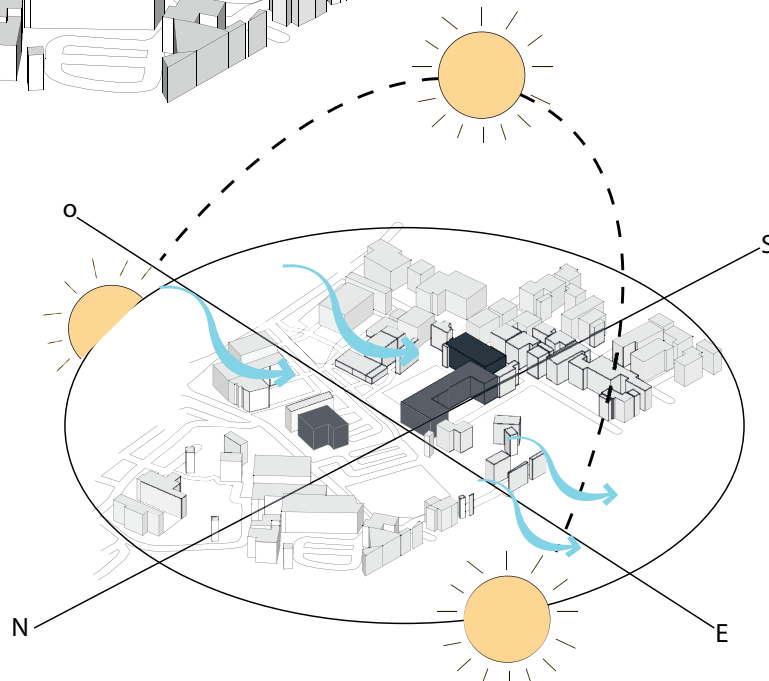


Figura 13: Asoleamiento y vientos
Autor: Elaboración Propia del autor, 2025

PLANTA TIPOLÓGICA DEL EDIFICIO

En la Universidad del Azuay, los edificios de Aulas y Laboratorios E1 y E2 albergan espacios académicos destinados a diversas carreras. La distribución interna favorece una circulación horizontal fluida, conectando aulas, laboratorios y áreas comunes mediante corredores

ubicados de forma que reducen recorridos, evitan cruces innecesarios y permiten un desplazamiento continuo de estudiantes y docentes. Estos espacios facilitan el acceso a los ambientes especializados sin interrupciones, garantizando una organización funcional y eficiente.

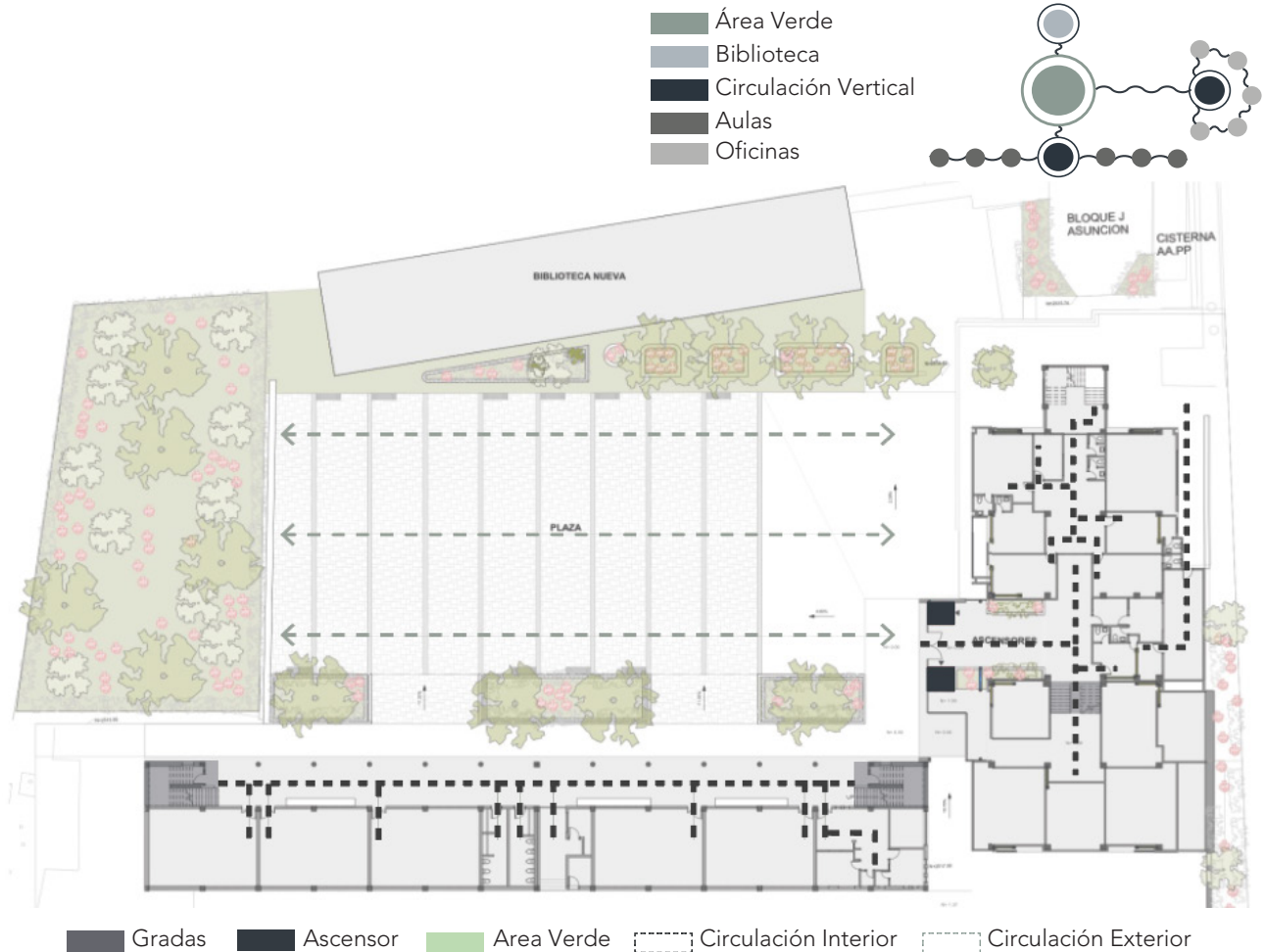


Figura 14: Planta tipológica del edificio
Autor: Edición Propia del autor, 2025

SECCIÓN TIPOLOGICA EDIFICATORIA

En la sección del edificio se analizan seis aulas, cada una con variaciones en los materiales de su envolvente. Estas diferencias modifican la transmitancia térmica, lo que influye en la regulación del calor y genera distintas temperaturas en los espacios interiores. Dependiendo de la orientación de cada aula, los materiales y estrategias constructivas permiten optimizar el confort térmico y la eficiencia energética, adaptándose a las condiciones del entorno.

Tabla de Configuraciones de Envolvente

En la siguiente tabla se resumen las estrategias de eficiencia energética pasiva que han sido aplicadas en distintas aulas del edificio Showcase Ecuador – Campus Tech, en relación con la envolvente térmica. En la tabla se detallan los tipos de materiales utilizados en muros y ventanas, así como los respectivos coeficientes de transmitancia térmica. Esta información permite evaluar el grado de aislamiento térmico de cada recinto y su contribución energética general del edificio.

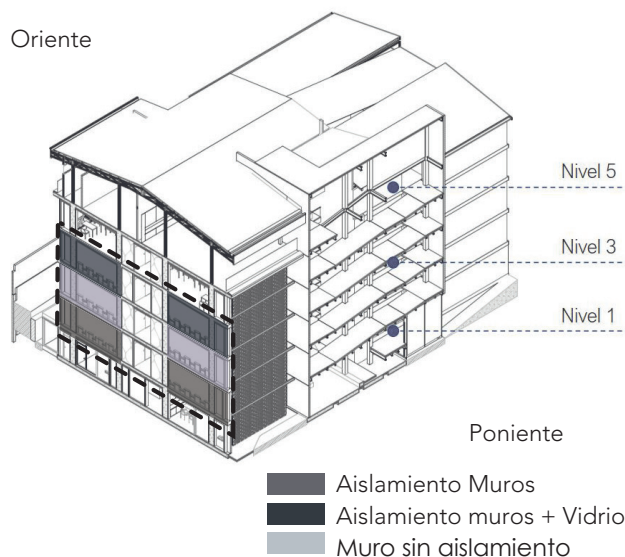


Figura 14: Sección tipológica del edificio
Autor: Edición Propia del autor, 2025

Recinto	Orientación	Medida Implementaria	Transmitancia
Aula 103	Oriente	Envolvente de muro tradicional- Ladrillo Vidrio simple con marco de aluminio	U Muro: 1,9 W/ m ² k
Aula 203		Envolvente muro tradicional- ladrillo + 50 mm de aislamiento interior. Vidrio doble con cámara hermética	U Muro: 1,9 W/ m ² k
Aula 303		Envolvente de muro tradicional- Ladrillo Vidrio simple con marco de aluminio	U Muro: 1,9 W/ m ² k
Aula 102	Poniente	Envolvente de muro tradicional- Ladrillo Vidrio simple con marco de aluminio	U Muro: 1,9 W/ m ² k
Aula 202		Envolvente muro tradicional- ladrillo + 50 mm de aislamiento interior. Vidrio doble con cámara hermética	U Muro: 1,9 W/ m ² k

Tabla 15: Configuración de envolvente
Autor: Elaboración Propia del autor, 2025

MASA / FORMA DEL EDIFICIO

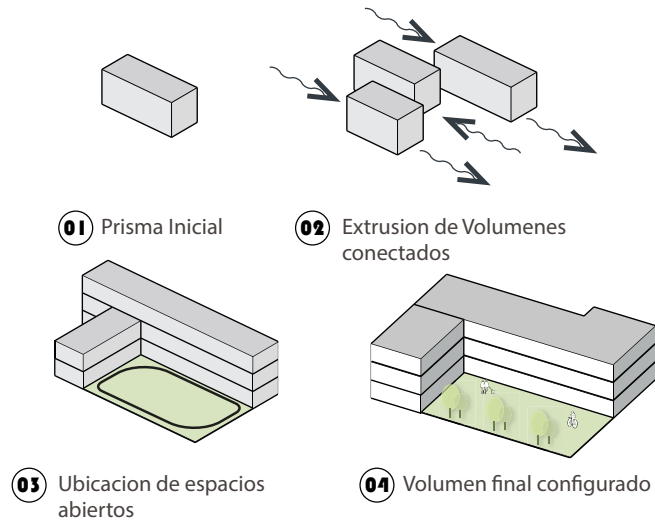
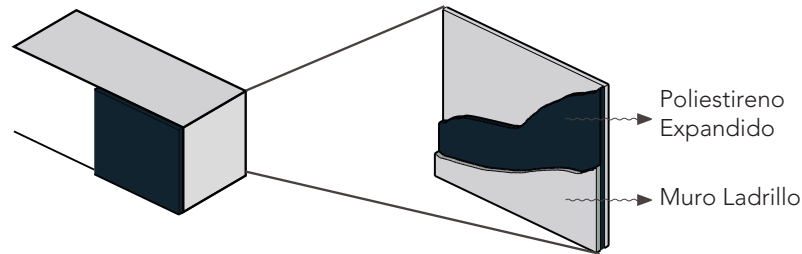


Figura 16: Forma del edificio inicial
Autor: Elaboración Propia del autor,2025

Aislamiento térmico en muros.



Vidrio doble cristal con cámara de aire.

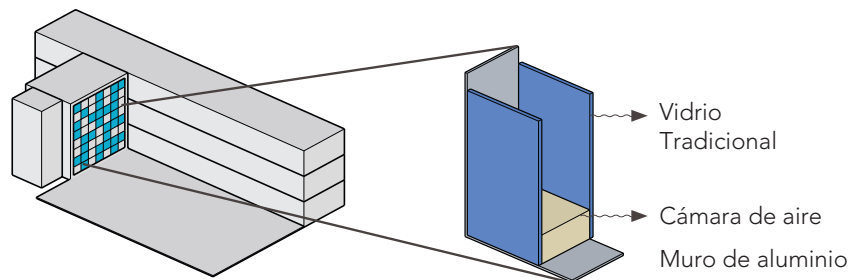


Figura 17: Estrategia de eficiencia energética
Autor: Elaboración Propia del autor,2025

El diseño volumétrico del conjunto parte de un prisma base que establece la estructura inicial del edificio. A partir de este volumen principal, se realizaron modificaciones como ampliaciones y desplazamientos que permitieron una organización más dinámica de los espacios interiores. La configuración final responde a una disposición estratégica en torno a la plaza, basada en concentrar los accesos y recorridos principales en un punto central, lo que facilita la orientación de los usuarios, reduce los tiempos de desplazamiento

ESTRATEGIAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

El aislamiento térmico en muros del Campus Tech, usa poliestireno expandido (EPS) de 50 mm, reduciendo la transferencia de calor y estabilizando la temperatura interior, especialmente en aulas poniente. Mejora el confort térmico y disminuye la necesidad de climatización artificial, optimizando la eficiencia energética.

El vidrio doble con cámara de aire empleado en el proyecto tiene un espesor de aproximadamente 24 mm, compuesto por dos capas de vidrio separadas por una cámara sellada. Su función es reducir la transferencia térmica, mejorar el aislamiento en espacios con alta exposición solar y minimizar el ingreso de calor y ruido, optimizando el confort interior y la eficiencia.

ESTRATEGIA MIXTA

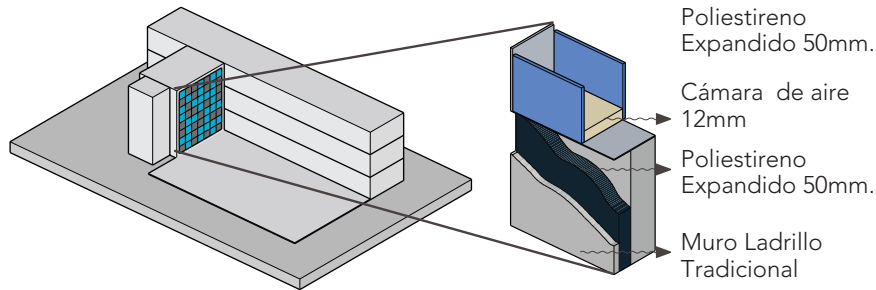


Figura 18: Diagrama de envoltura
Autor: Elaboración Propia

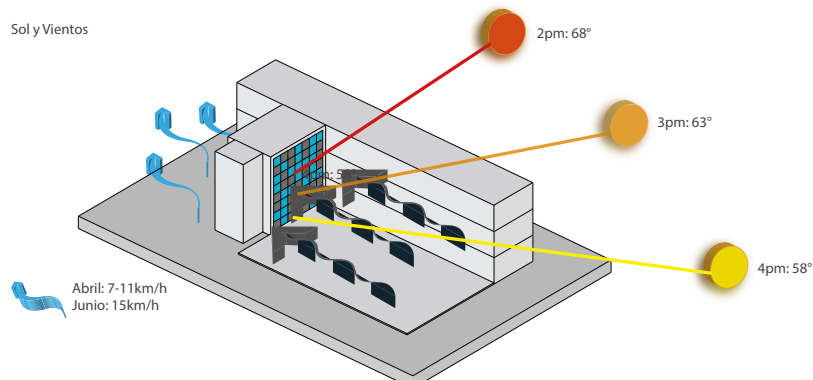


Figura 19: Diagrama de sol y vientos
Autor: Elaboración Propia

La estrategia mixta se aplicó en las aulas orientadas al poniente, donde la radiación solar es más intensa entre 14:00 y 16:00, provocando sobrecalentamiento. El aislamiento de 50 mm en muros reduce la transferencia de calor, mientras que el vidrio doble de 24 mm limita la

radiación solar, mejorando el confort térmico. En las aulas oriente, la menor incidencia solar hace que el aislamiento sea menos crucial.



El Campus Tech optimiza el sol, la luz natural y los vientos mediante estrategias de eficiencia energética y confort adaptativo. La envoltura térmica con aislamiento y vidrio de cámara de aire reduce el sobrecalentamiento en las horas más calurosas (14:00 - 16:00), mientras que la fachada del atrio combina vidrio opaco y claro para controlar la radiación solar. La distribución arquitectónica maximiza la

iluminación natural, disminuyendo el uso de luz artificial, y el diseño favorece la ventilación natural, aprovechando los vientos predominantes en abril y junio desde el Este y Noreste. Estos elementos convierten al edificio en un laboratorio de confort térmico, asegurando eficiencia energética y condiciones óptimas de habitabilidad.

ESPACIOS DEL PROGRAMA



Figura 20: Planta tipológica del edificio
 Autor: Elaboración Propia del autor, 2025

 Ascensor	 Pasillos	 Áreas administrativas	 Área húmeda
 Gradas	 Aulas	 Área verde	

- Cuadro de áreas por bloques

Nivel	Superficie Bloques	Orientación
Nivel 1 - Planta Baja	836 m ²	852,42 m ²
Nivel 2 - 1ra Planta	825 m ²	894,68 m ²
Nivel 3 - 2ra Planta	826,46 m ²	894,68 m ²
Nivel 4 - 3ra Planta	792,06 m ²	
Nivel 5 - 4ta Planta	724,21 m ²	
Nivel 6 - 5ta Planta	412,51 m ²	
Superficie Total por Bloque	4417,95 m ²	2641,78 m ²
Superficie total del proyecto	7.059,73 m ²	

La zonificación de la planta arquitectónica distribuye los espacios en áreas clave para la funcionalidad del edificio. Se identifican zonas de circulación, accesos principales, áreas verdes y espacios académicos estratégicamente organizados para optimizar la conectividad y la eficiencia del conjunto. Además, la disposición de los volúmenes favorece la interacción entre interiores y exteriores

RELACION INTERIOR EXTERIOR

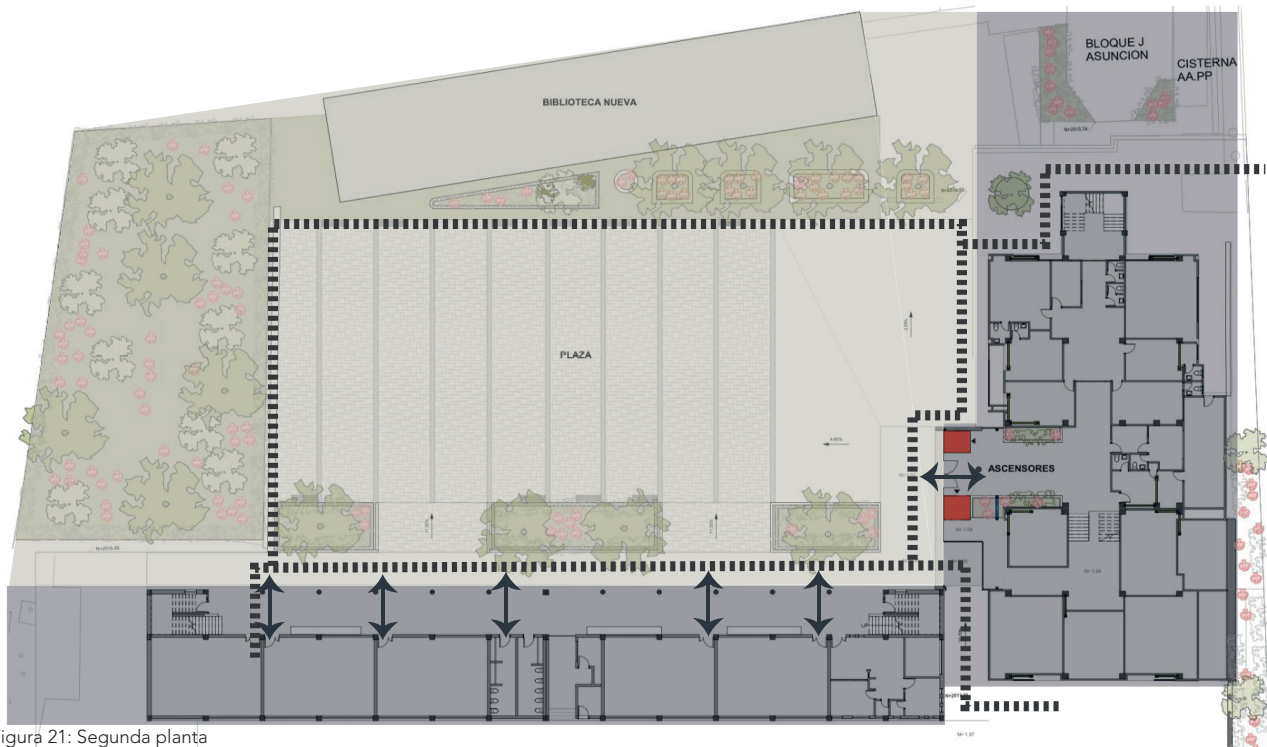


Figura 21: Segunda planta
 Autor: Elaboración Propia del autor,2025



Figura 22: Fotografía de relación interior - exterior
 Autor: Elaboración Propia del autor,2025

Los bloques E1 y E2 de ShowCase Ecuador potencian la relación entre interior y exterior mediante sus fachadas de vidrio, permitiendo una conexión visual directa con el entorno. Esta transparencia no solo facilita el ingreso de luz natural, optimizando la eficiencia energética, sino que también refuerza la percepción de continuidad espacial, integrando los espacios interiores con el paisaje y las circulaciones exteriores. Además, por la disposición horizontal de los bloques, se facilita aún más esta integración, ya que la conexión con el espacio exterior ocurre de forma fluida y accesible desde diferentes puntos del edificio.

COLLAGE

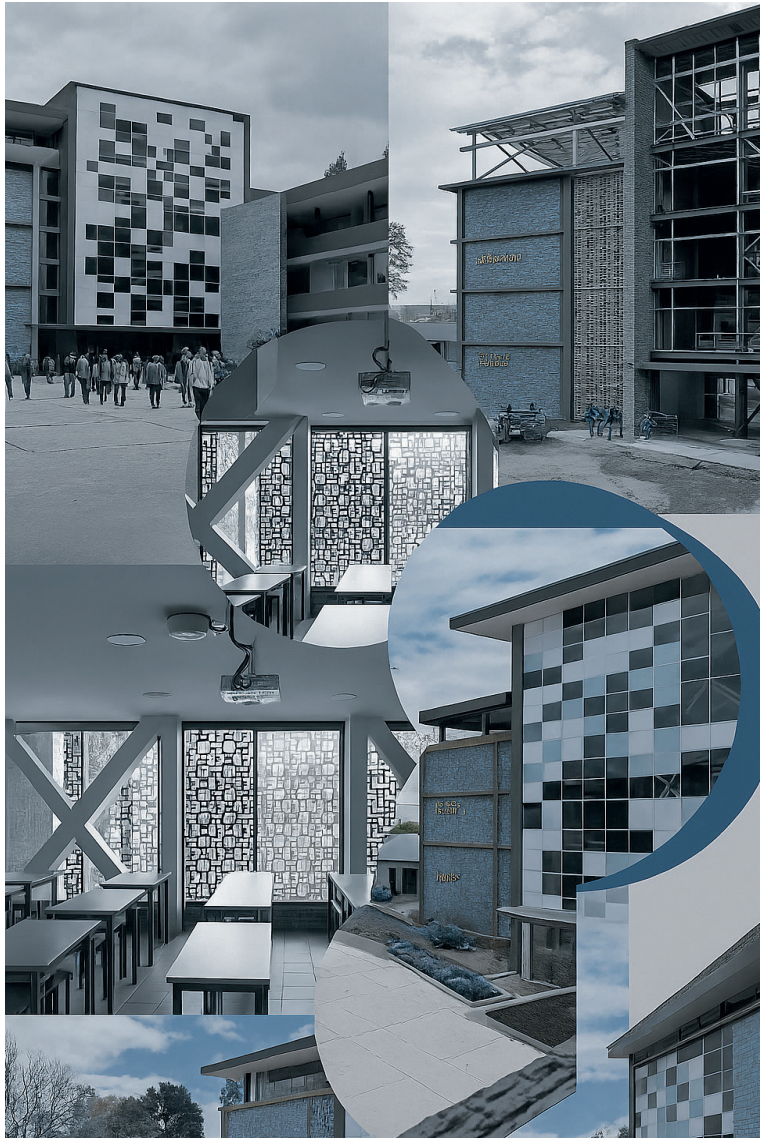


Figura 23: Collega laboratorio E1-E2
Autor: Elaboración Propia del autor,2025

El diseño arquitectónico de ShowCase Ecuador establece una conexión fluida entre los espacios internos y el entorno mediante fachadas de vidrio, favoreciendo la transparencia, la permeabilidad visual y el aprovechamiento de la luz natural. Este enfoque permite que el interior del edificio se abra hacia su contexto urbano, ofreciendo vistas amplias y generando una interacción constante entre los usuarios y el paisaje circundante, generando una sensación continua de amplitud y dinamismo. A esto se suman estrategias pasivas, como la correcta orientación de los bloques que permite un mayor control solar y una ventilación cruzada efectiva, reduciendo la dependencia de sistemas mecánicos.

Por otro lado, la integración visual y espacial refuerza la sensación de amplitud, fomentando un ambiente dinámico y participativo que responde a los principios de confort adaptativo y arquitectura sustentable. Estas decisiones proyectuales no solo responden a principios de eficiencia energética y sostenibilidad, sino que también consolidan una arquitectura educativa sensible al clima, funcional y adaptada a su contexto.

REFLEXIÓN

Arquitectura y Sostenibilidad en la Universidad del Azuay

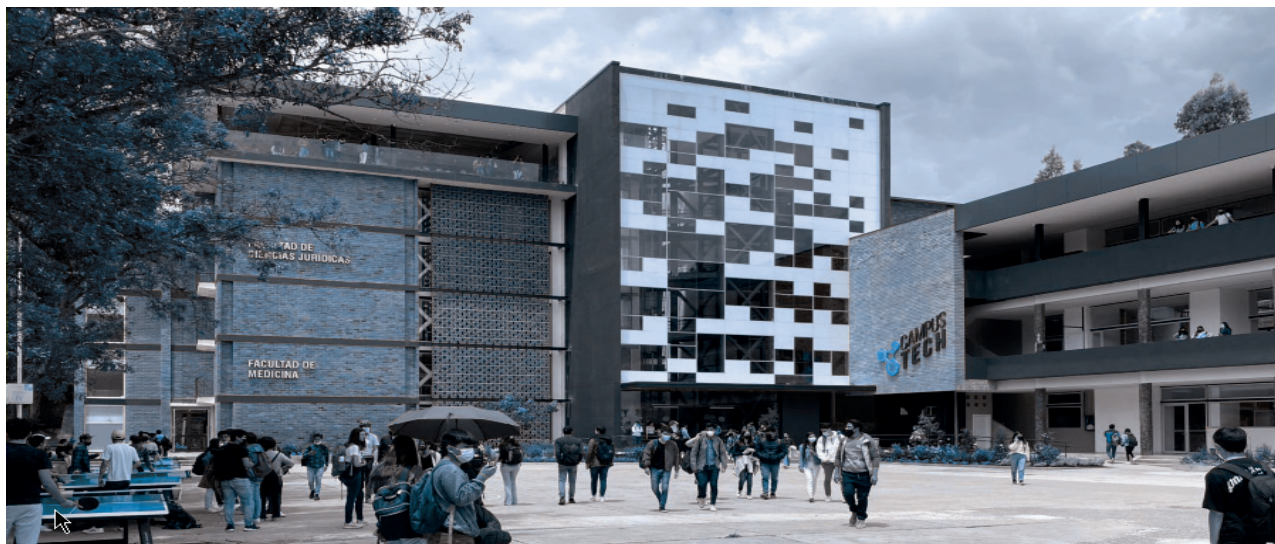


Figura 24: Laboratorio E1-E2 Cuenca, Ecuador
Autor: Elaboración Propia del autor, 2025

Impacto y Participación en la Arquitectura Sostenible

Como parte del proyecto ShowCase Ecuador, representan un modelo de arquitectura sostenible que beneficia tanto a la comunidad universitaria como para el medio ambiente. Su diseño integra estrategias de eficiencia energética, como la ventilación natural, el control de radiación solar mediante fachadas acristaladas orientadas estratégicamente, así como el aprovechamiento de la luz natural para reducir el consumo energético. Además este proyecto promueve la participación de estudiantes y docentes.

Estrategias y Gestión Ambiental

La construcción priorizó el uso de materiales locales y reciclados, minimizando el impacto ambiental, lo que contribuye a la reducción de la huella ecológica. Además, se incorporó un sistema de gestión de aguas lluvias, destinado a su reutilización en el riego de áreas verdes conformadas por especies vegetales nativas. Estas estrategias no solo reducen el consumo de recursos, sino que también fortalecen la resiliencia ambiental del campus.

Aporte de la investigación

Se caracteriza por su enfoque en eficiencia energética pasiva, destacando una envolvente arquitectónica eficiente con aislamiento térmico, control solar mediante aleros y pantallas solares, ventanas de doble acristalamiento, ventilación cruzada y uso de materiales locales con buena capacidad térmica. Estas estrategias permiten lograr confort interior sin sistemas mecánicos, ofreciendo una solución sostenible y adaptable a climas andinos.



Figura 25: Escuela del milenio
Autor: Elaboración Propia del autor,2025

3.5 Referente 2: Análisis de confort térmico en escuelas del milenio caso: Quito - Babahoyo



Autores:
Equipo de dirección de planificación de la universidad / CEELA



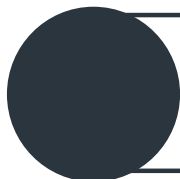
Ubicación:
Quito - Babahoyo



Área:
57 m²



Año:
2018



El estudio analiza el confort térmico en las Escuelas del Milenio en Quito y Babahoyo, evaluando el impacto de la infraestructura prototipo en distintas condiciones climáticas. Mediante encuestas y simulación dinámica, propone mejoras con estrategias pasivas de diseño, optimizando la envolvente, la orientación y el uso de materiales, logrando un confort térmico de hasta 95% en Quito y 80% en Babahoyo.

ESTRATEGIA DE SITIO

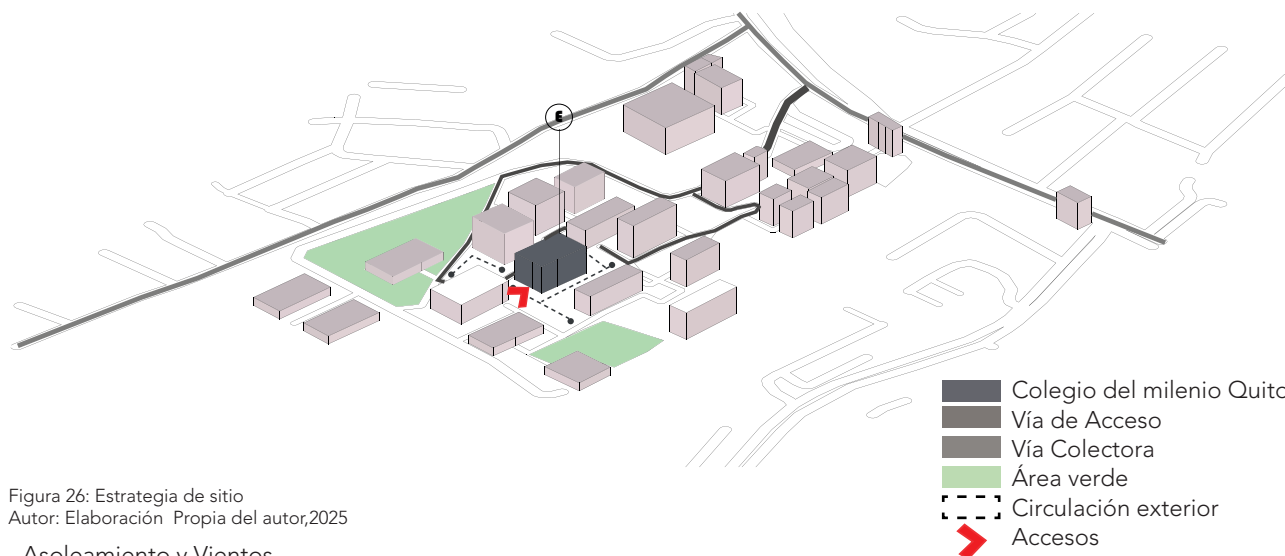


Figura 26: Estrategia de sitio
 Autor: Elaboración Propia del autor,2025

- Asoleamiento y Vientos

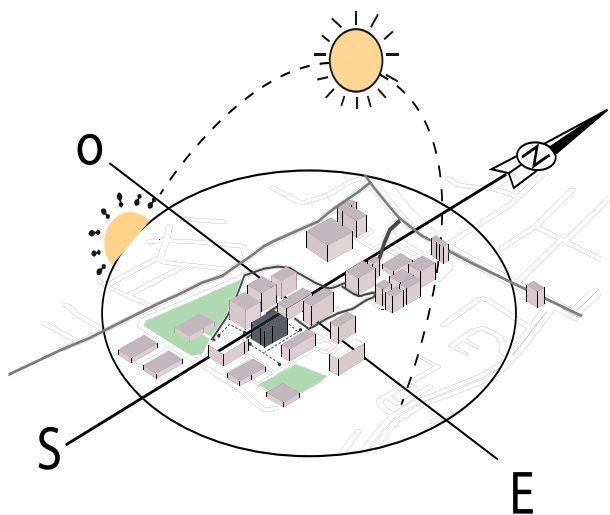


Figura 27: Asoleamiento y vientos
 Autor: Elaboración Propia del autor,2025

Las Escuelas del Milenio en Quito y Babahoyo son edificaciones prototipo diseñadas para optimizar la construcción y costos. En su diseño, la orientación del edificio se reconoce como un factor clave para alcanzar condiciones de confort térmico. En zonas de clima frío, como en Quito, se adoptó una orientación Norte-Sur con el patio abierto hacia el sur, lo que favorece la captación solar directa durante el día, mejorando la temperatura interior sin recurrir a sistemas mecánicos. En climas cálidos, como en Babahoyo, la estrategia consistió en orientar longitudinalmente los edificios en sentido perpendicular a los vientos predominantes, permitiendo así una ventilación cruzada efectiva que ayuda a disipar el calor acumulado en las aulas.

PLANTA TIPOLOGICA DEL EDIFICIO

- Circulación
- Salon uso Multiple
- Baños
- Aulas
- Circulación

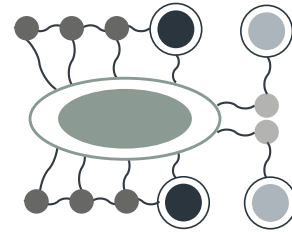
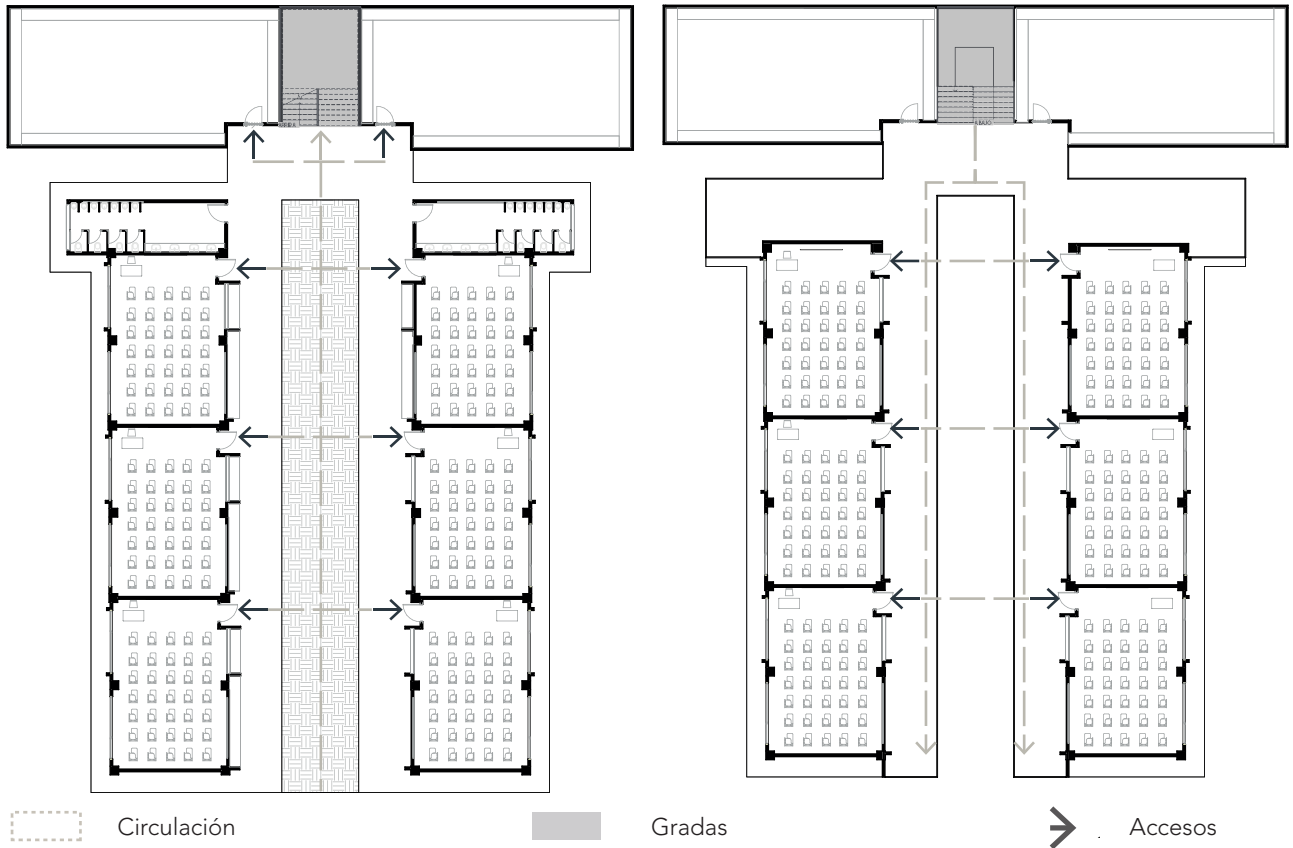


Figura 28: Planta baja y planta alta
Autor: Elaboración Propia del autor,2025



Las plantas presenta una circulación central clara que facilita el acceso a los espacios, con conexiones verticales estratégicas ubicadas en las escaleras. La distribución simétrica optimiza el flujo de movimiento, y la separación entre áreas funcionales y transitables ayuda a una circulación más fluida y eficiente.

SECCION TIPOLOGICA EDIFICATORIA

- Analisis de Aulas Quito

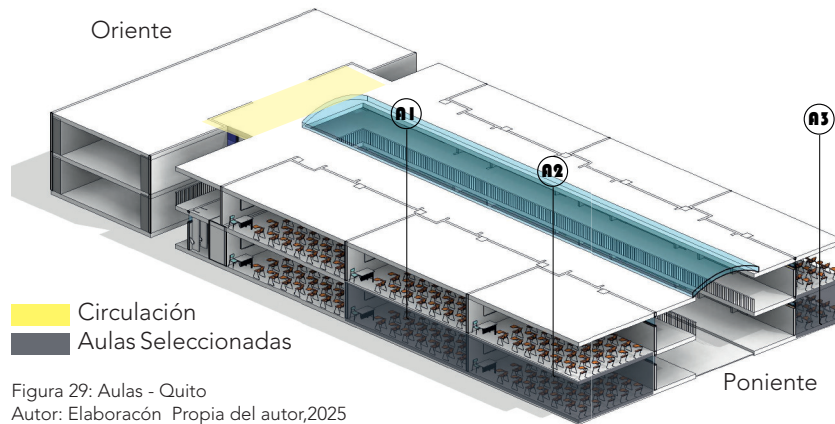


Figura 29: Aulas - Quito
 Autor: Elaboración Propia del autor,2025

Aula	Materiales empleados	
A1		U: 183
A2		U: 157 T
A3	Cerámica + Masillado Concreto + Gypsum	U: 1.03
V	Vidrio claro	U: 3.78

Se seleccionaron las aulas A1, A2 y A3 por su ubicación estratégica dentro del bloque prototipo, permitiendo evaluar variaciones térmicas según orientación y nivel. Las mediciones evidenciaron temperaturas interiores por debajo del rango de confort, atribuidas principalmente a infiltraciones de aire frío y baja captación solar.

- Analisis de Aulas Babahoyo

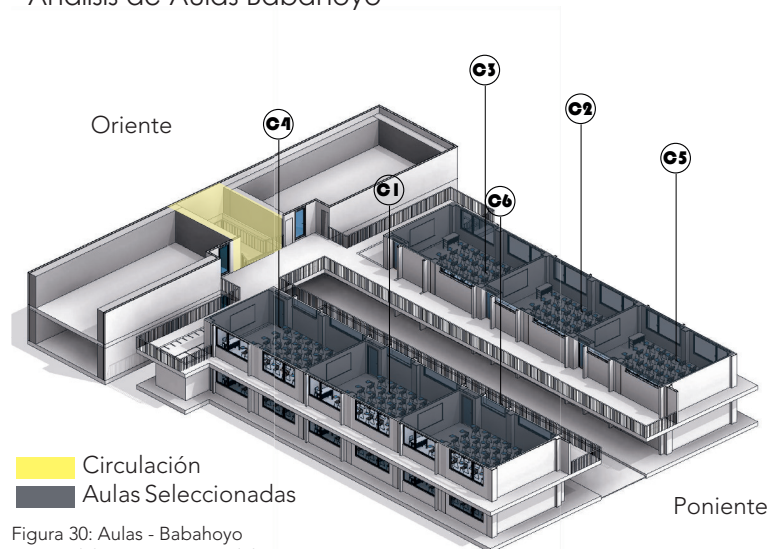
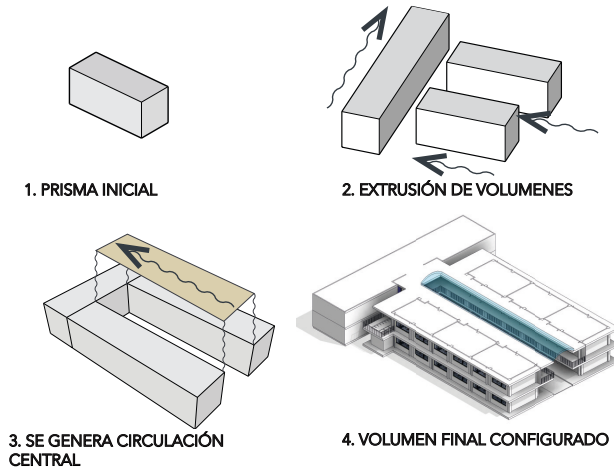


Figura 30: Aulas - Babahoyo
 Autor: Elaboración Propia del autor,2025

Aula	Materiales empleados	Transmitancia T
C1	Enlucido+Bloque+Enlucido	U: 183
C2	Enlucido+Bloque+Enlucido	U: 1.57
C3	Cerámica + Masillado Concreto	U: 1.03
C4	Piedra bola +	U: 1.28
C5	Impermeabilizante +	U: 1.07
C6	Vidrio Claro	U: 5.59
C7	Vidrio Claro	U: 3.78

Se seleccionaron siete aulas en distintos bloques para analizar la variabilidad térmica en clima cálido-húmedo, evidenciándose temperaturas fuera del rango de confort y una ventilación cruzada insuficiente.

MASA/ FORMA DEL EDIFICIO



El diseño volumétrico del edificio se organiza en torno a la circulación central que articula los distintos espacios de forma eficiente. Este esquema facilita la ventilación cruzada, asegurando el flujo de aire entre los bloques. Además, la disposición de los volúmenes y sus intersticios optimiza el ingreso de la luz natural, lo que mejora las condiciones de confort térmico y reduce la dependencia de iluminación artificial durante el día.

Figura 31: Masa y forma del edificio
Autor: Elaboración Propia del autor,2025

ESTRATEGIAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

Optimización de luz natural

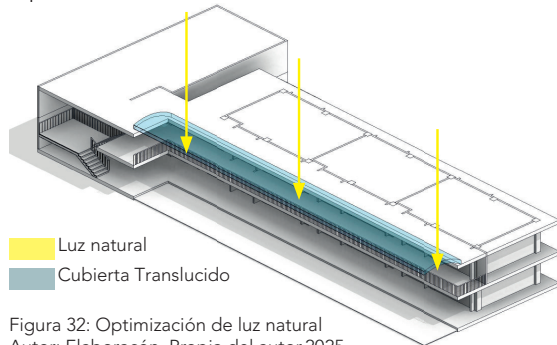


Figura 32: Optimización de luz natural
Autor: Elaboración Propia del autor,2025

La edificación maximiza el aprovechamiento de la luz natural mediante una cubierta translúcida central, que permite el paso de luz difusa al interior, reduciendo la necesidad de iluminación artificial y optimizando el consumo energético. Además, los amplios ventanales en fachada refuerzan esta estrategia, favoreciendo la entrada de luz en zonas clave y mejorando el confort visual.



Figura 33: Ventilación cruzada en el edificio
Autor: Elaboración Propia del autor,2025

La edificación maximiza la ventilación cruzada mediante la disposición estratégica de vanos modulares, permitiendo la renovación constante del aire y mejorando el confort térmico. En la fachada exterior, los vanos ocupan el 34% de la superficie, mientras que en la fachada interior, alcanzan un 15%, facilitando el flujo de aire entre los espacios.

Estrategia Orientación
Quito

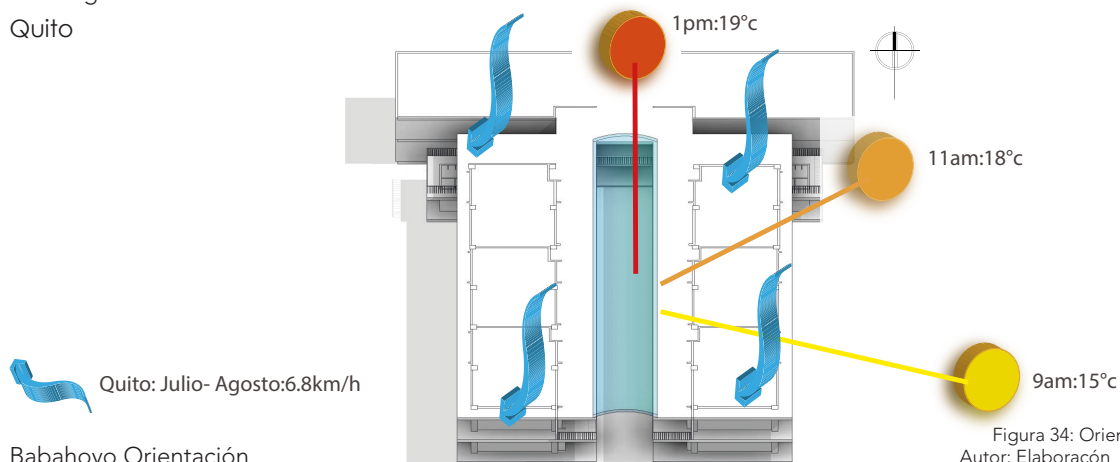


Figura 34: Orientación edificio Quito
Autor: Elaboración Propia del autor, 2025

Babahoyo Orientación

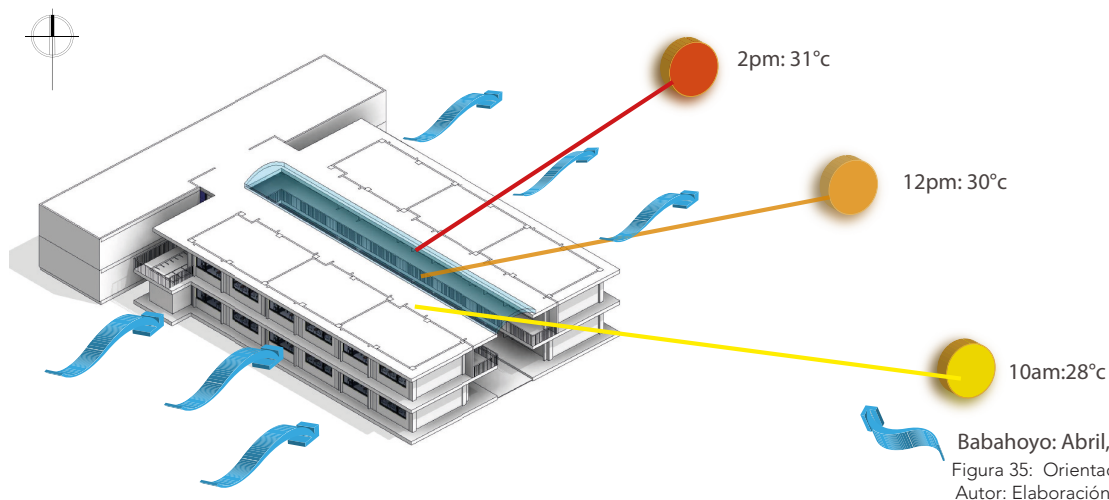


Figura 35: Orientación edificio Babahoyo
Autor: Elaboración Propia del autor, 2025

El diseño del edificio responde a las variaciones estacionales de radiación solar y vientos, optimizando su orientación para minimizar el sobrecalentamiento en meses cálidos como abril y septiembre en Babahoyo. Para ello, se integran protecciones solares como celosías y aleros que limitan la radiación directa en las fachadas más expuestas. Además, la disposición estratégica de los volúmenes permite generar sombras proyectadas sobre

patios y circulaciones, reduciendo la carga térmica en los espacios interiores. En Quito, donde los vientos más fuertes ocurren en julio y agosto, y en Babahoyo, con ráfagas intensas en abril y junio, la arquitectura incorpora patios como barreras naturales que regulan el flujo del viento, evitando turbulencias y mejorando la ventilación cruzada. Estas estrategias pasivas aseguran confort térmico para los usuarios.

RELACIÓN INTERIOR/EXTERIOR

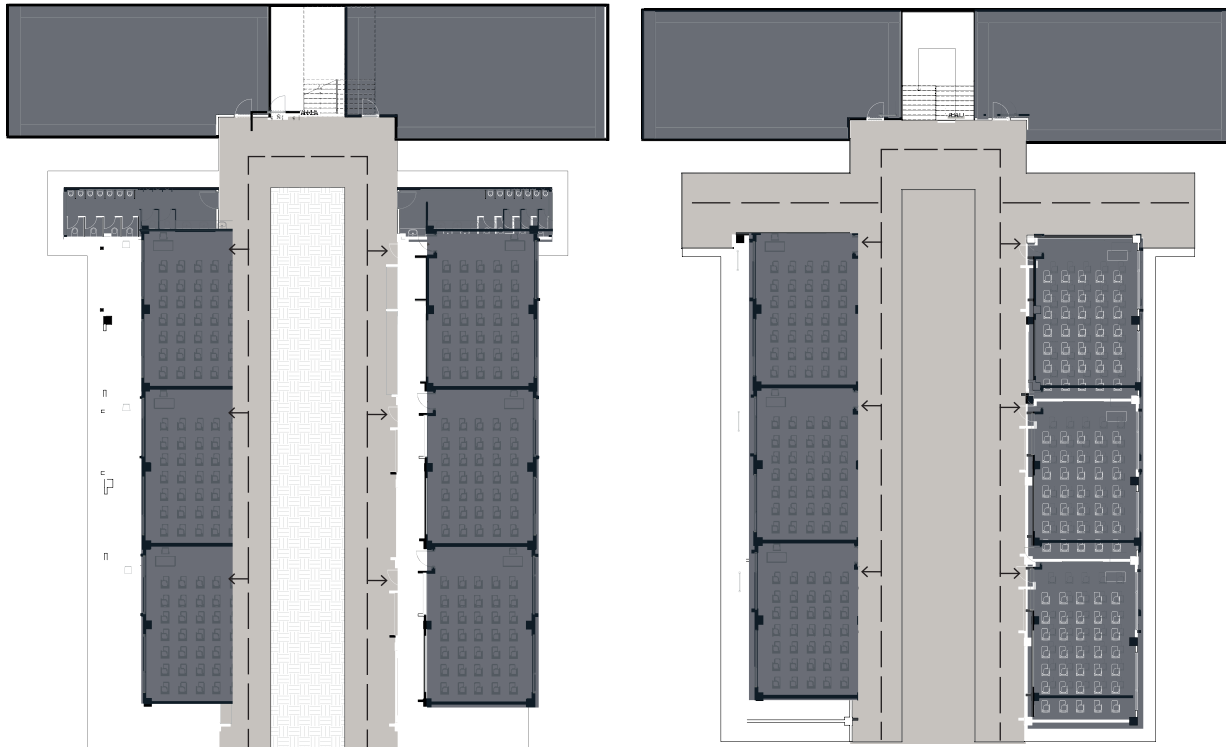


Figura 37: Relación interior - exterior
 Autor: Elaboración Propia del autor,2025



Figura 38: Fotografía de escuela del milenio
 Autor: Elaboración Propia del autor,2025

Interior Exterior

El patio central actúa como un punto de conexión entre el interior y el exterior, generando una relación visual directa entre los espacios cubiertos y el entorno abierto. Su disposición permite que las aulas y circulaciones mantengan una interacción fluida con el exterior, potenciando la percepción de amplitud y eliminando barreras visuales.

En cuanto a fachadas, están compuestas principalmente por ventanas modulares ubicadas en las orientaciones norte y sur, lo que permite el ingreso de luz natural y ventilación. Sin embargo las fachadas hacia el este y oeste ni cuentan con vanos, lo cual no representa un problema, ya que los espacios están conectados al patio central.

COLLAGE



P. 76

El proyecto de Equipamientos Educativos del Milenio plantea una visión integral de la arquitectura escolar, combinando funcionalidad, confort y eficiencia energética. Su diseño busca crear espacios dinámicos, donde la relación interior-exterior refuerza la interacción y la percepción del entorno. La disposición de los volúmenes y circulaciones favorece la fluidez espacial, asegurando una transición armónica entre las distintas áreas. Además, el proyecto incorpora criterios de sostenibilidad y materiales estratégicamente seleccionados para potenciar la durabilidad y el bajo impacto ambiental, alineándose con las necesidades de una infraestructura contemporánea.

En términos de eficiencia energética, el diseño aprovecha estrategias pasivas para minimizar el consumo de recursos, optimizando el control solar, la ventilación natural y la hermeticidad de la envolvente. Con estos ajustes, el confort térmico mejora significativamente, reduciendo la necesidad de climatización artificial y garantizando un ambiente óptimo para los estudiantes.

Figura 39: Colage escuelas del milenio
Autor: Elaboración Propia del autor,2025

REFLEXIÓN

Confort en los equipamientos educativos



Figura 40: Escuela del milenio
Autor: Elaboración Propia del autor, 2025

Impacto y Participación en la Arquitectura Sostenible

Las Escuelas del Milenio presentan un modelo arquitectónico unificado sin considerar las variaciones climáticas de Ecuador. Este estudio demuestra que la aplicación de estrategias pasivas, como el control solar, la optimización de la envolvente y la gestión de infiltración, puede incrementar significativamente el confort térmico de los espacios educativos, elevándolo hasta un 95% en Quito y 80% en Babahoyo.

Estrategias y Gestión Ambiental

El análisis identifica los principales parámetros arquitectónicos que influyen en el confort térmico, como la hermeticidad, la orientación y los índices de vanos. En Quito, la reducción de infiltración mejora el confort térmico en un 24.6%, mientras que en Babahoyo, la ventilación estratégica permite un aumento del 16.8% en las condiciones de bienestar interior.

Aporte de la Investigación

Se identificó que los edificios prototipo pueden mejorar su desempeño térmico aplicando principios de arquitectura adaptativa. Estos principios se basan en la respuesta del edificio a las condiciones climáticas del entorno, priorizando estrategias pasivas como la orientación adecuada, la ventilación cruzada, el control solar y la masa térmica. La optimización de estos elementos permite reducir la dependencia de sistemas mecánicos, generando espacios confortables.



Figura 41: Edificación educativa - Bolivia
Autor: Elaboración Propia del autor,2025

3.6 Referente 3: Estudio de estrategias bioclimáticas de eficiencia energética aplicadas en la envolvente térmica de una edificación educativa situada en los climas más característicos de Bolivia



Autores:
Andres Salas Gutierrez



Ubicación:
La paz



Área:
57 m²



Año:
2023

El proyecto se desarrolla en una escuela en Bolivia, aplicando estrategias de eficiencia energética para mejorar el confort interior y reducir el consumo energético. Su

diseño optimiza la envolvente térmica, adaptándose al contexto climático local y sirviendo como referencia para futuras edificaciones educativas.

ESTRATEGIA DE SITIO

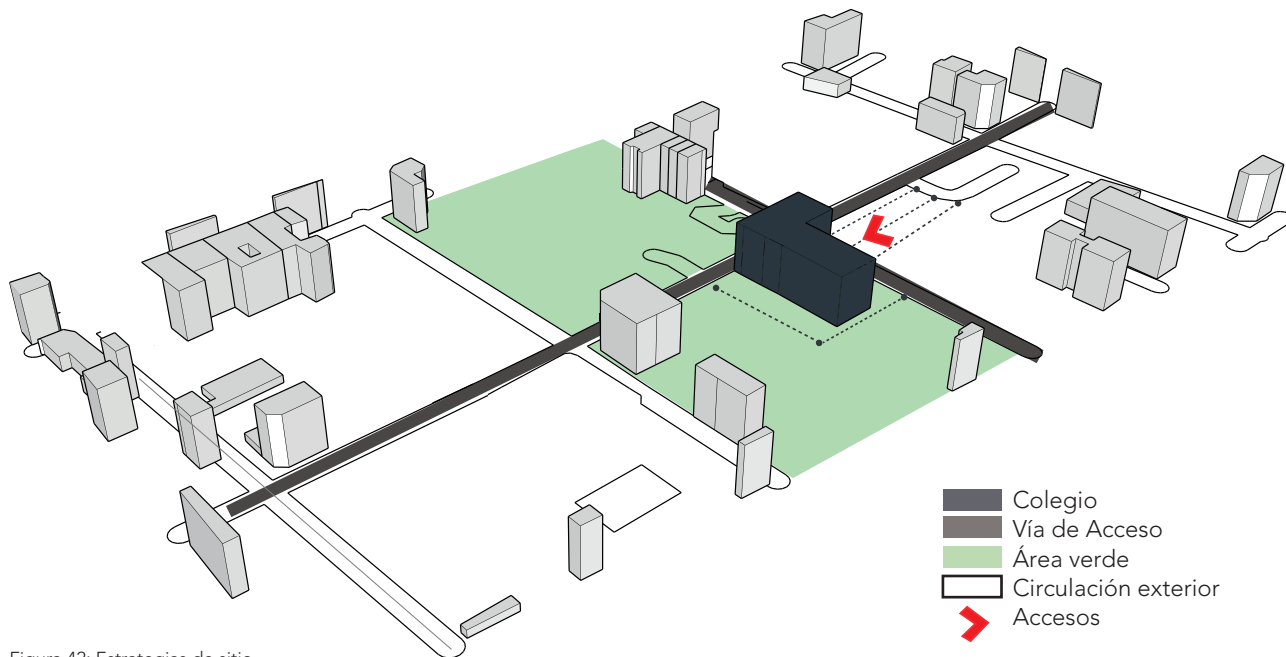


Figura 42: Estrategias de sitio
 Autor: Elaboración Propia del autor,2025

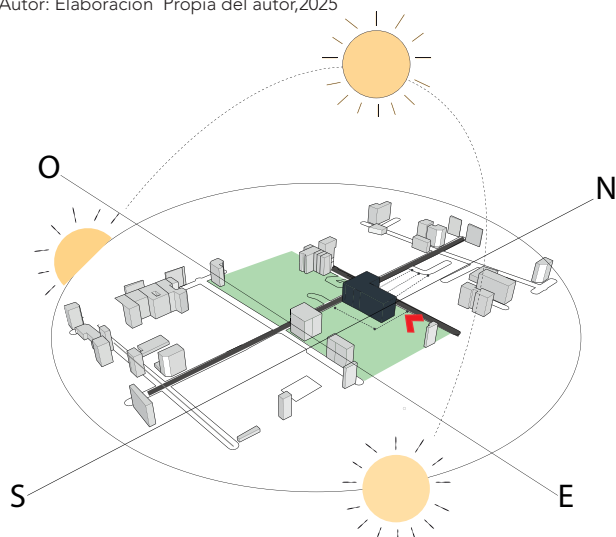


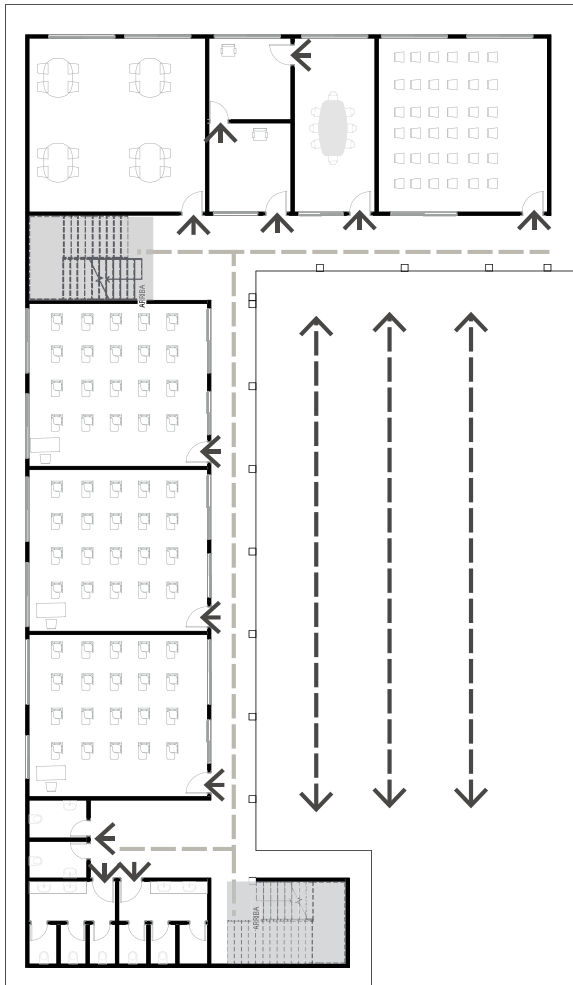
Figura 43: Asoleamiento y vientos
 Autor: Elaboración Propia del autor,2025

- Asoleamiento y Vientos

El proyecto en La Paz, Bolivia, aprovecha las condiciones climáticas de la región andina, donde la radiación solar es intensa y la variabilidad térmica es alta. La orientación del edificio se plantea Este-Oeste, permitiendo que las fachadas principales se dirijan al norte y al sur. Esta decisión responde a la necesidad de captar la radiación solar directa durante las mañanas, especialmente en invierno, lo que favorece el calentamiento pasivo de los espacios. Para los meses más cálidos, se integran elementos de protección solar como voladizos y muros pantalla los cuales ayudan a mitigar el sobrecalentamiento. El cuanto a ventilación los vientos predominantes provienen del oeste, con variaciones estacionales que influyen en la ventilación natural del edificio, mejorando el confort térmico y optimizando el consumo energético.

PLANTA TIPOLOGICA DEL EDIFICIO

Planta Baja



Planta Alta

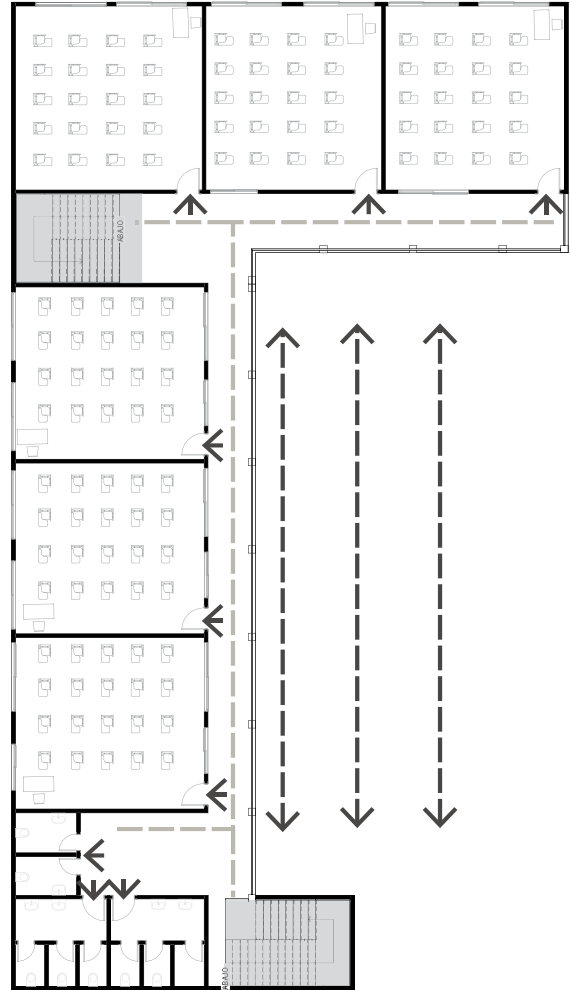


Figura 44 Zonificación en planta baja y alta
Autor: Elaboración Propia del autor, 2025

Circulación

■ Circulación exterior

■ Gradas

➔ Accesos

La circulación en el equipamiento educativo se organiza a partir de un eje central de circulación, que distribuye los flujos entre aulas, patios y áreas comunes. Los corredores perimetrales favorecen la ventilación natural, mientras que los accesos estratégicos, ubicados en puntos claves

del edificio como se observa en la figura 33, facilitan un tránsito fluido y seguro de estudiantes, docentes y visitantes. Además, los espacios abiertos facilitan la interacción y el confort térmico, integrando la circulación con las condiciones climáticas del entorno.

SECCION TIPOLOGICA EDIFICATORIA

Análisis de Aulas.



Figura 45: Sección tipológica de aulas en Quito
 Autor: Elaboración Propia del autor,2025

■ Baños ■ Aulas ■ Circulación Vertical ■ Salas uso multiple

Modelo de Aula

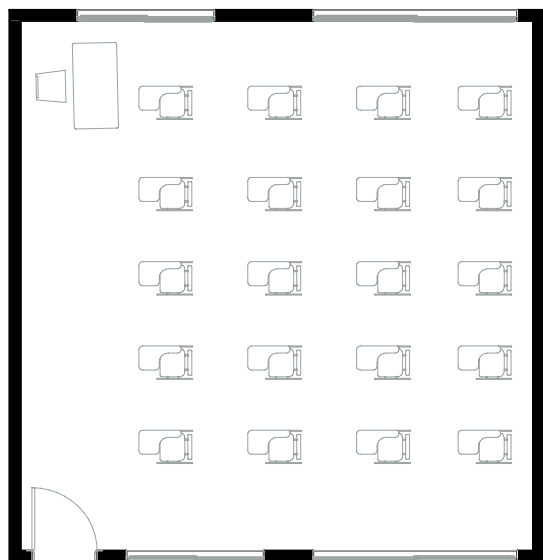


Figura 46: Tipología de aula
 Autor: Elaboración Propia del autor,2025

Materiales Empleados	Transmitancia T	Orientación
Muro de ladrillo con aislamiento	U: 0,85	Oriente
Vidrio doble con cámara de aire	U: 2,80	Sur
Muro de concreto con acabado térmico	U: 1.10	Oeste
Panel metálico con aislante	U: 0.65	Norte

En el equipamiento educativo de Bolivia, la envolvente térmica se unifica con un mismo sistema de aislamiento en todas las aulas, garantizando una transmitancia térmica homogénea en la edificación. Esta configuración estabiliza la regulación del calor, evitando variaciones drásticas en la temperatura interior.

Como se observa en la tabla, los materiales empleados varían según la orientación, adaptándose a las condiciones específicas de cada fachada. El panel metálico con aislante al norte (U: 0.65) mejora el rendimiento térmico en zonas frías, mientras que el vidrio doble al sur (U: 2,80) favorece la iluminación. La circulación vertical se resuelve mediante núcleos de escalera ubicados cerca de las esquinas, que vinculan los niveles y complementan la ventilación cruzada del edificio.

MASA/ FORMA DEL EDIFICIO

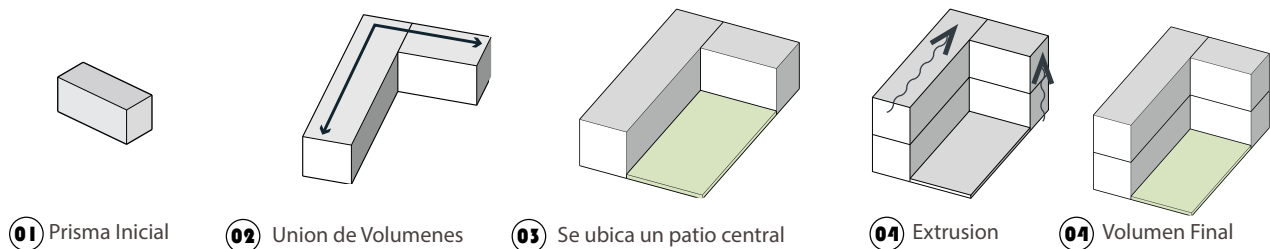


Figura 47: Masa y forma del edificio
 Autor: Elaboración Propia del autor,2025

El diseño del equipamiento educativo en Bolivia se articula a partir de un eje de circulación central, el cual estructura el recorrido de forma clara y conecta de manera eficiente los distintos espacios. Esta disposición facilita la orientación del usuario dentro del edificio, mejorando el flujo de aire

y reduciendo la acumulación de calor en los ambientes interiores. Además, la disposición de los volúmenes maximiza el aprovechamiento de la luz natural, optimizando el confort térmico y disminuyendo la dependencia de iluminación artificial.

ESTRATEGIAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

Aislamiento en Muros

Elemento	Muro Exterior		
Composicion	Espesor		Transmitancia
Revoque de acabado	45		0.511
Aislante termico polietileno expandido	60		
Mortero de cemento y arena fina	15		
Ladrillo Adobito	120		
Revestimiento Interior de yeso	15		

Esta tabla muestra un muro con aislamiento térmico que reduce la pérdida de calor (0.511 W/m²K), mejorando la estabilidad térmica y el confort. La capa de polietileno expandido minimiza la demanda energética, optimizando eficiencia y bienestar interior.

Elemento	Muro Exterior		
Composicion	Espesor		Transmitancia
Aislante termico polietileno expandido	25		0.258
Aislante termico polietileno expandido	145		
Aislante termico polietileno expandido	5		

La cubierta inclinada de este edificio, ofrece un alto aislamiento térmico gracias a su lana mineral de 140 mm, reduciendo la necesidad de climatización. Su baja transmitancia térmica (0.258 W/m²K) mejora la eficiencia energética, manteniendo el confort interior. Ideal para optimizar el rendimiento térmico del edificio.

ESTRATEGIA ORIENTACIÓN

Babahoyo

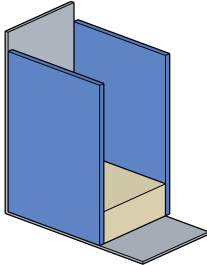
Elemento	Muro Exterior		
Composicion	Espesor		Transmitancia
Acristalamiento sencillo	6		2.685
Camara de Aire	12		
Acristalamiento Sencillo	6		
Marco de aluminio con rotura de puente térmico	5		5.014

Tabla 17: Estrategias de eficiencia energética
Autor: Elaboración Propia del autor,2025

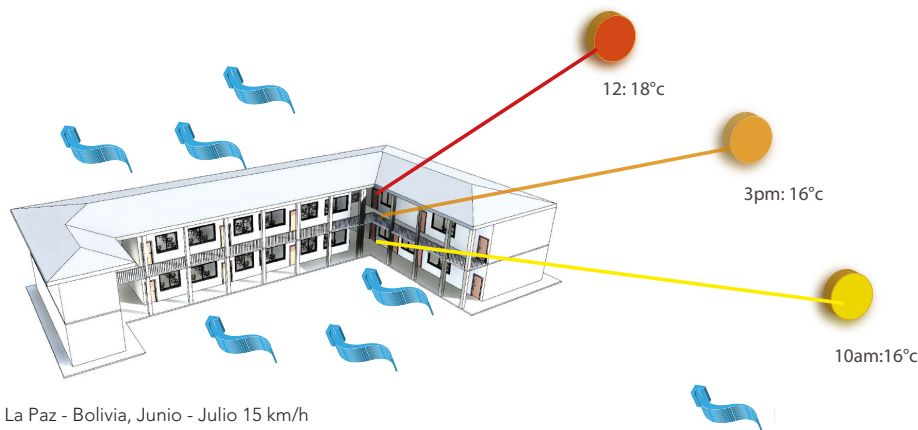


Figura 48: Orientación de escuela Babahoyo
Autor: Elaboración Propia del autor,2025

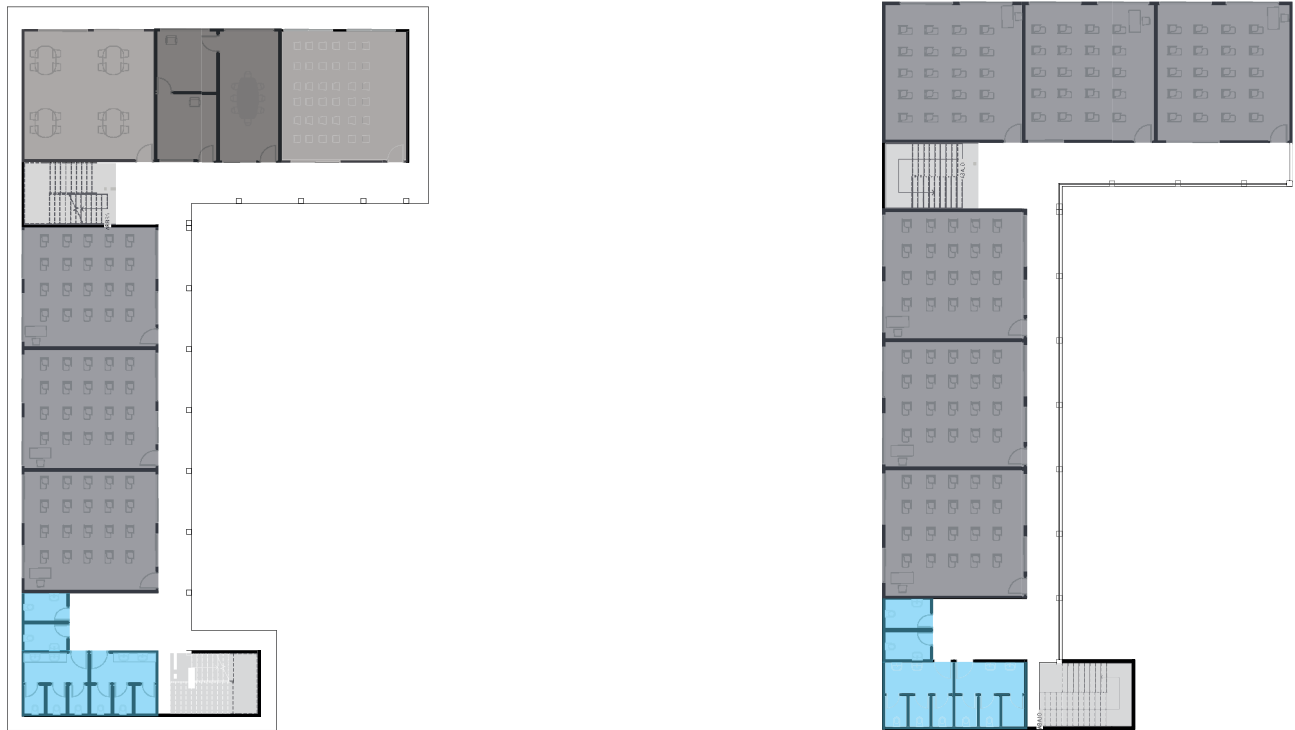
El acristalamiento juega un papel clave en la eficiencia energética del edificio, ya que su transmitancia térmica afecta directamente la ganancia y pérdida de calor. Un buen acristalamiento con baja transmitancia térmica minimiza las

pérdidas de energía y mejora el confort interior, reduciendo la necesidad de climatización. Este análisis es esencial para optimizar el rendimiento térmico de la envolvente del edificio.

El diseño del equipamiento educativo en Bolivia se adapta a las variaciones climáticas mediante una estrategia integral de orientación y protección solar, reduciendo el impacto del sobrecalentamiento en los meses más cálidos. En zonas con alta radiación solar, como Santa Cruz y Cochabamba, se incorporan aleros y voladizos estratégicos que reducen

la ganancia térmica, asegurando condiciones confortables en el interior. En el caso de La Paz, donde los vientos predominantes se intensifican en junio y julio, el proyecto emplea barreras naturales y patios de ventilación que optimizan el flujo de aire y mejoran el comportamiento térmico del edificio.

ESPACIOS DEL PROGRAMA



P. 84

Figura 49: Zonificación planta alta y baja
 Autor: Elaboración Propia del autor, 2025

■ Aulas ■ Área de lectura ■ Áreas administrativas ■ SSHH

Elemento	Área
Aula modelo	53 m ²
Aulas	322 m ²
Áreas de Lectura	37m98 m ²
Espacios Administrativos	39.26 m ²

La edificación cuenta con un bloque de aulas distribuidas en dos niveles, diseñado para maximizar el confort térmico y la eficiencia del espacio. El confort se logra mediante una envolvente térmica continua, ventilación cruzada y el aprovechamiento de la luz natural. Los pasillos amplios conectan los distintos ambientes, favoreciendo la accesibilidad y el flujo de aire, mientras que las áreas comunes complementan la funcionalidad del conjunto, asegurando un entorno eficiente y confortable. En cuanto a las baterías sanitarias se encuentran cerca de los núcleos de circulación vertical, es decir, en las esquinas del edificio para no interferir en el funcionamiento de las aulas.

RELACIÓN INTERIOR/EXTERIOR

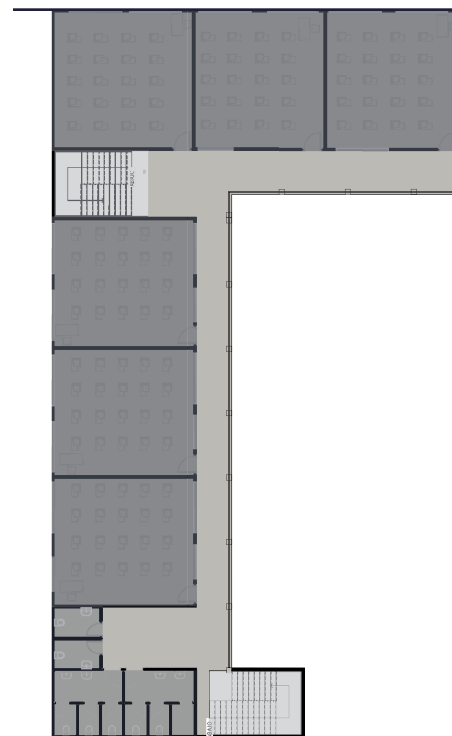
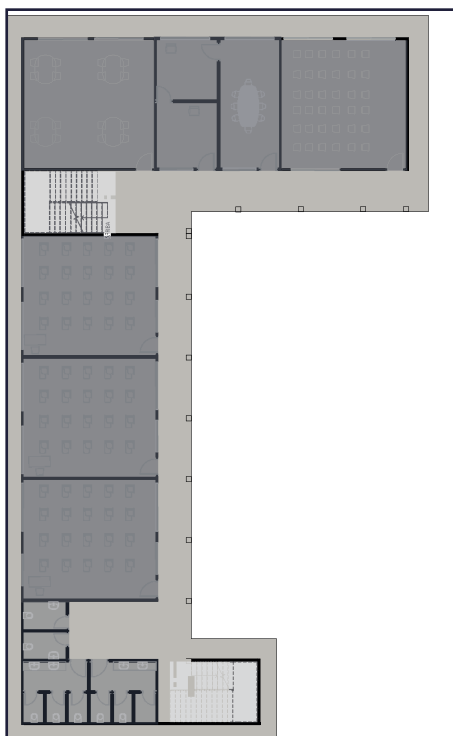


Figura 50: Relación interior - exterior
 Autor: Elaboración Propia del autor,2025

■ Interior ■ Exterior

⌚ Circulación ▶ Accesos



Figura 51: Fotografía relación interior - exterior
 Autor: Elaboración Propia del autor,2025

En el proyecto educativo en Bolivia, la relación entre el interior y el exterior se optimiza a través de la plaza central, que funciona como un espacio articulador dentro del conjunto. Su disposición permite una conexión visual y funcional entre las aulas, circulaciones y el entorno abierto, potenciando la integración con el contexto.

La envolvente de la edificación, abierta hacia esta plaza, incorpora elementos pasivos como aleros y vanos controlados que permiten la entrada de la luz y ventilación natural, reforzando el vínculo con el exterior sin comprometer el confort interior

COLLAGE

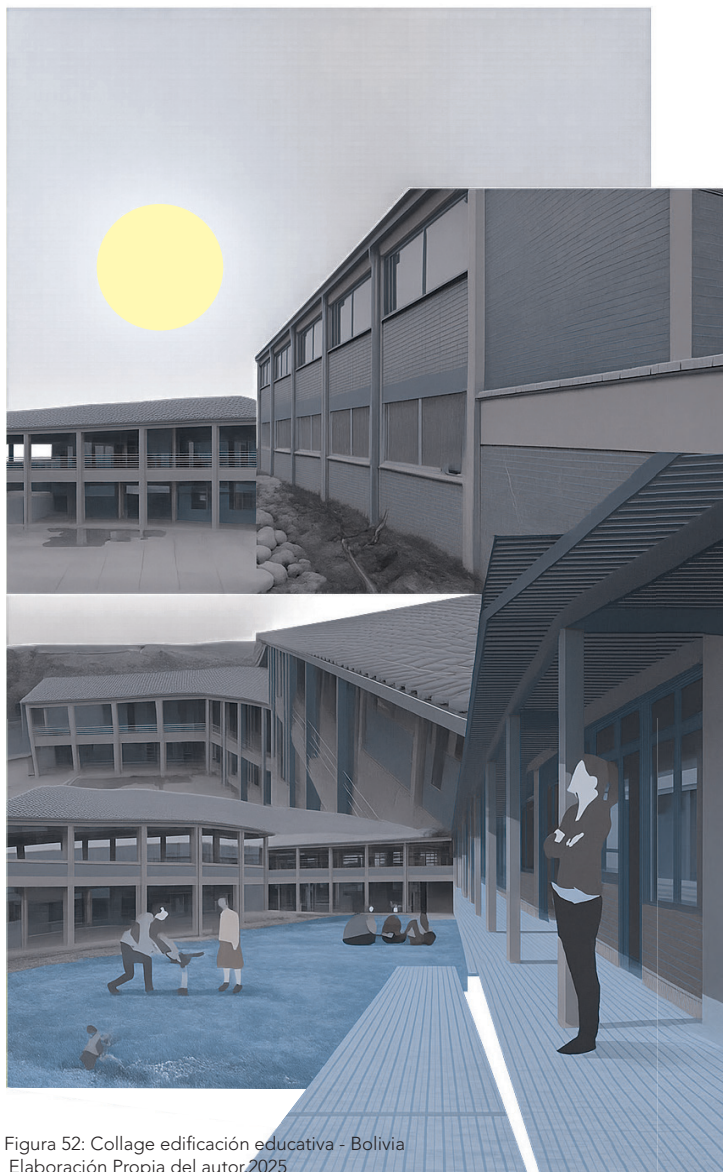


Figura 52: Collage edificación educativa - Bolivia
Elaboración Propia del autor, 2025

El proyecto educativo en Bolivia no solo responde a criterios ambientales y constructivos, sino que también promueve un enfoque pedagógico centrado en el bienestar de los usuarios. La configuración espacial estimula la interacción, el aprendizaje colaborativo y el sentido de comunidad, factores clave en entornos educativos contemporáneos. La arquitectura se convierte así en una herramienta activa para mejorar la experiencia escolar, integrando aspectos físicos, dinámicos y sociales.

El diseño de este proyecto va más allá de la optimización energética, creando espacios donde la relación entre el interior y el exterior refuerza la interacción con el entorno y potencia la percepción de amplitud. La plaza central actúa como un regulador climático, permitiendo una circulación fluida entre los distintos volúmenes y favoreciendo una transición armónica entre las áreas educativas, administrativas y comunes.

Además, el proyecto integra criterios de sostenibilidad a través de materiales estratégicamente seleccionados, como aislantes térmicos en cubierta y muros, junto con protecciones solares que reducen la radiación directa. En términos de eficiencia energética, el diseño optimiza la ventilación natural y la iluminación pasiva, minimizando el consumo de recursos y reduciendo la necesidad de climatización artificial. Estas estrategias garantizan confort térmico y un espacio educativo eficiente, alineado con los principios de sostenibilidad y bajo impacto ambiental.

REFLEXIÓN

Confort en los equipamientos educativos



Figura 53: Edificación educativa - Bolivia
Autor: Referente Bolivia, 2025

Impacto y Participación en la Arquitectura Sostenible

El proyecto contribuye significativamente a la arquitectura sostenible al integrar estrategias pasivas que reducen la demanda energética y mejoran el confort térmico. La orientación del edificio y el uso de materiales con baja transmitancia térmica como paneles de cubierta con lana mineral y muros con aislamiento cerámico o ladrillo adobito, optimizan la eficiencia climática, minimizando el impacto ambiental. Además, la configuración espacial fomenta la ventilación cruzada, reduciendo la necesidad de sistemas mecánicos de climatización. Estas soluciones no solo disminuyen el consumo energético, sino que también refuerzan la relación entre la edificación y su entorno

Estrategias y Gestión Ambiental

La gestión ambiental del proyecto se basa en el aprovechamiento de recursos naturales y el uso eficiente de los materiales constructivos. La incorporación de protecciones solares, dobles acristalamientos y aislamientos térmicos permite un control eficiente de la radiación solar, evitando fluctuaciones térmicas extremas y mejorando la estabilidad interior. Asimismo, la fragmentación del volumen por medio de l patio central permiten la regulación climática, favoreciendo la circulación de aire y reduciendo la acumulación de calor, fortaleciendo la autosuficiencia térmica del edificio.

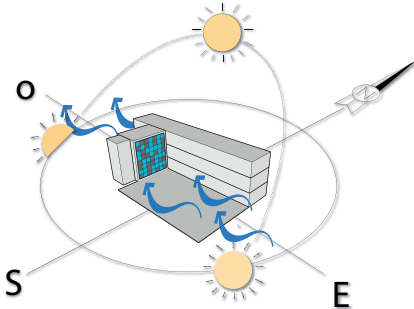
Aporte de la Investigación

En la cubierta inclinada, se emplea polietileno expandido como aislante térmico, reduciendo la ganancia de calor en climas cálidos y evitando pérdidas energéticas en invierno, asegurando un confort interior estable. En los muros exteriores, la combinación de ladrillo adobito con cara vista y una capa interna de polietileno expandido mejora la eficiencia térmica al minimizar la transferencia de calor. Además, los aleros funcionan como protección solar, bloqueando la radiación directa y evitando el sobrecalentamiento en los espacios interiores, lo que contribuye a una reducción en la demanda energética del edificio.

3.7 SINTESIS DE REFERENTES

1.- ESTRATEGIA DE SITIO

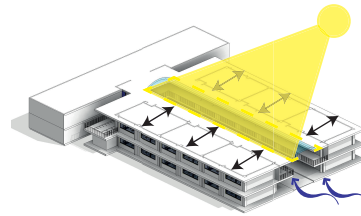
Edificios Aularios E1, E2 y E3
 Autor: Jose Antonio Espinoza
 Año: 2022



El proyecto UDA en cuenca aprovecha la trayectoria solar y los vientos predominantes para optimizar la iluminación natural, controlar el sobrecalentamiento y favorecer la ventilación natural, mejorando el confort termico. Ademas se adapta a la topografía del terreno y reutiliza estructuras existentes, integrándose al entorno urbano y generando espacios exteriores que fomentan la interacción social.

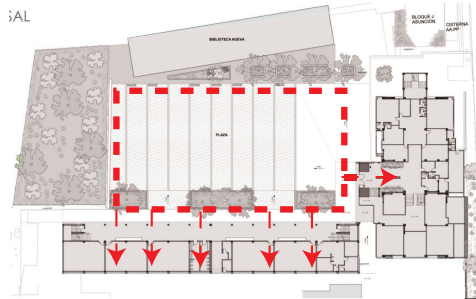
2.- PLANTA TIPOLOGICA DEL EDIFICIO

Análisis de Confort Termico Escuelas del Milenio
 Autor: Gabriela Ledesma
 Año: 2018

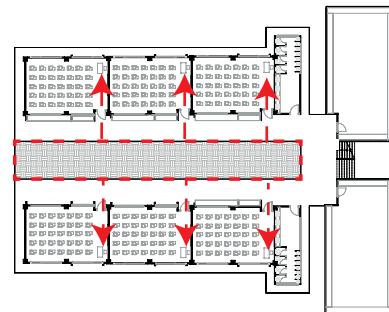


Las Unidades Educativas del Milenio se emplazan considerando la topografía y accesibilidad, organizando los bloques alrededor de patios centrales que mejoran la circulación . Ademas incorpora rampas para garantizar la accesibilidad universal adaptandose al terreno para mejorar el confort y la funcionalidad.

88



Los edificios E1-E2 de la universidad del Azuay cuentan con una distribución fluida entre aulas y laboratorios y aulas comunes, reduciendo desplazamientos innecesarios. Esto contribuye a la eficiencia energética al optimizar uso de iluminación y ventilación natural, mejorando el confort térmico del los usuarios.

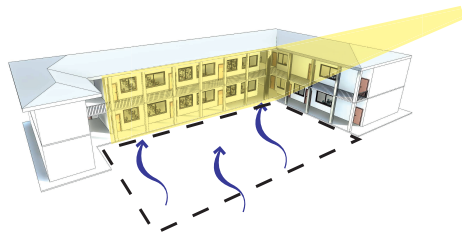


El pasillo central organiza el espacio, facilitando el acceso a los ambientes del programa y creando una circulación fluida y cómoda.

Estrategias bioclimáticas aplicadas a la envolvente de una unidad educativa

Autor: Gabriela Ledesma

Año: 2018

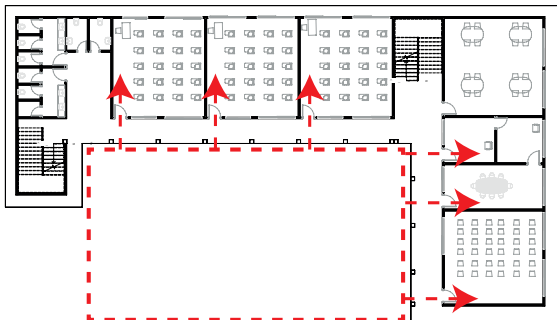


El proyecto en la paz aprovecho la radiacion solar intensa y la variabilidad termica, orientando el edificio este.oeste para captar calor en invierno y reducir el sobrecalentamiento en verano

Síntesis de Criterio

El diseño arquitectónico que incorpora la trayectoria solar y los vientos predominantes mejora la iluminación natural, favorece la ventilación y controla el sobrecalentamiento, generando confort térmico.

Síntesis de Criterio

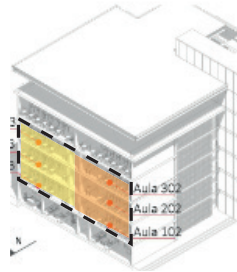


La circulación se organizo mediante un eje central que conecta con aulas,patios y areas comunes, con corredores perimetrales que favorecen la ventilacion natural. Los accesos estrategicos facilitan el transito fluido.

La organización espacial, basada en ejes centrales, pasillos longitudinales y corredores perimetrales, permite una circulación fluida y eficiente que conecta de manera funcional, aulas, patios, laboratorios y áreas comunes. Esta disposición favorece el uso académico al optimizar recorridos internos, adaptándose a distintas configuraciones tipológicas según el contexto y requerimientos del proyecto.

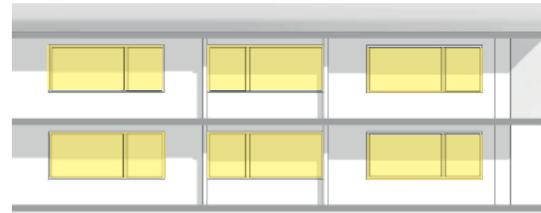
3.- SECCIÓN TIPOLOGICA

Edificios Aularios E1, E2 y E3
Autor: Jose Antonio Espinoza
Año: 2022



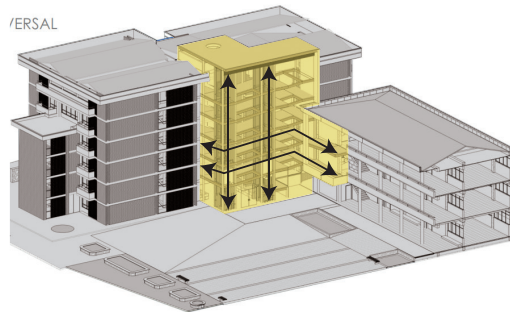
Se analizó la envolvente térmica de seis aulas orientadas al oriente y poniente, donde la estrategia de aislamiento, como paneles térmicos en fachadas ponientes para reducir el sobrecalentamiento y ventanas con doble acristalamiento en el oriente para conservar el calor, optimizando así el confort térmico según las necesidades específicas de cada espacio.

Análisis de Confort Térmico Escuelas del Milenio
Autor: Gabriela Ledesma
Año: 2018

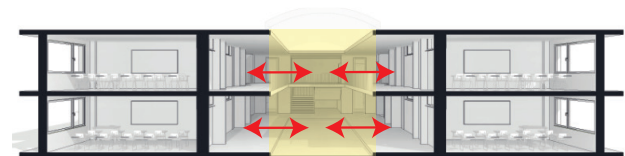


Se analizaron 3 aulas en Quito y 6 en Babahoyo considerando el recorrido solar y la mejor orientación para cada clima. En Quito, con clima frío, se orientaron los vanos al este para captar luz solar. En Babahoyo con clima caliente, se priorizó la orientación según las corrientes de viento para mejorar el confort térmico.

4.- MASA FORMA DEL EDIFICIO



El diseño volumétrico parte de una base con extrusiones que generan una organización dinámica alrededor de una plaza central, núcleo de circulación eficiente. Esta configuración permite optimizar la iluminación natural y la ventilación, además de favorecer la interacción social y facilitar el acceso, contribuyendo al confort térmico y a la funcionalidad del edificio.

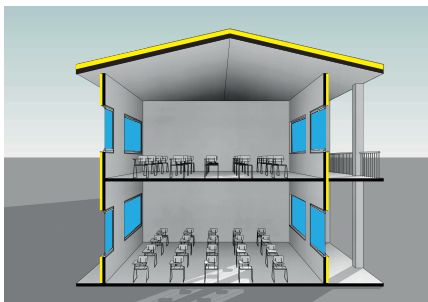


La forma del edificio, centrada en un patio central, facilita la ventilación cruzada y la entrada de luz natural tanto a las aulas como a las áreas comunes, reduciendo el uso de la iluminación eléctrica. Esto mejora el confort térmico y la eficiencia energética mediante estrategias pasivas.

Estrategias bioclimaticas aplicadas a la envolvente de una unidad educativa

Autor: Gabriela Ledesma

Año: 2018

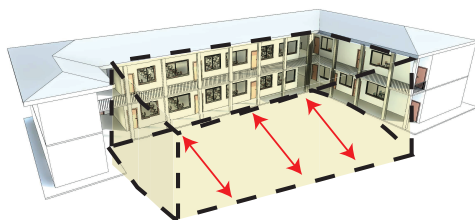


Se aplico un sistema de aislamiento en muros y cubiertas con ladrillo y poliuretano y concreto con acabado termico, ademas de ventanas de doble acristalamiento. En fachadas ponientes se reforzo el aislamiento para reducir el sobrecalentamiento, mientras que en las orientadas al oriente el doble vidrio ayudo a conservar el calor, mejoran la eficiencia energetica y la habitabilidad.

Sintesis de Criterio

EL uso de materiales adecuados en la envolvente segun su orientacion permite mejorar el confort termico de los espacios. En fachadas con alta exposicion solar se aplican soluciones como el EPS, poliuretano y doble vidrio con camara de aire para reducir la ganancia termica. En zonas frias se prioriza el uso de ladrillo y doble vidrio para captar y conservar el calor, adaptandose segun

Sintesis de Criterio

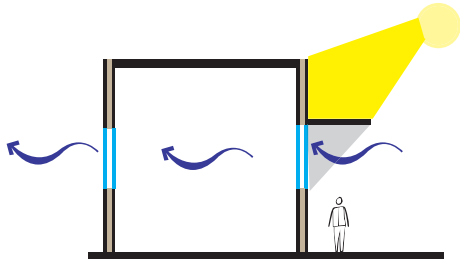


El diseño del edificio en Bolivia se organizo desde un eje central con una forma compacta en L que maximiza la captacion solar en fachadas norte y oriente y reduce la ganancia termica en poniente. Elementos como aleros, voladizos favorecen a la ventilacion cruzada y la entrada controlada de luz, manteniendo condiciones termicas estables y confortables.

El eje central estructura el edificio y organiza los espacios de forma eficiente, conectando aulas, patios y areas comunes mediante una circulacion intuitiva. Esta disposicion volumetrica favorece a la integracion funcional y permite el ingreso de ventilacion e iluminacion natural, mejorando el confort ambiental.

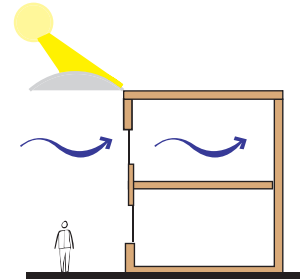
5.- ESTRATEGIAS SEGUN ENFOQUE.

Edificios Aularios E1, E2 y E3
Autor: Jose Antonio Espinoza
Año: 2022



Se aplicó aislamiento térmico en muros con EPS de 50mm y vidrio doble de 24mm para reducir la transferencia de calor y el sobrecalentamiento en aulas ponientes. Además, se incorporaron elementos como aleros para generar sombra y mejorar el confort térmico, complementando así las estrategias pasivas del proyecto.

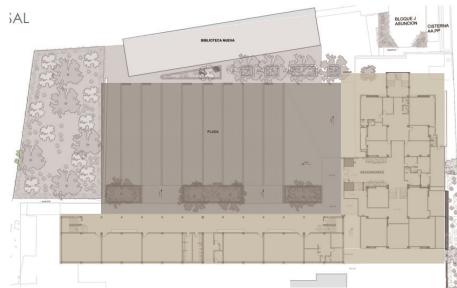
Análisis de Confort Térmico Escuelas del Milenio
Autor: Gabriela Ledesma
Año: 2018



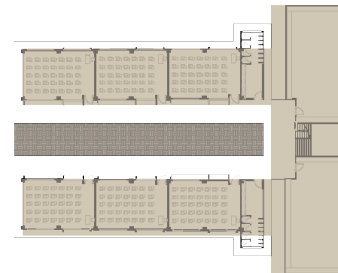
La edificación maximiza luz natural con cubierta translúcida y ventanales, y ventilación cruzada con vanos que cubren el 34% de fachada exterior y 15% interior. Usa protecciones solares, patios y barreras para reducir el sobrecalentamiento y mejorar el confort térmico.

P. 92

6.- ESPACIOS DEL PROGRAMA



La zonificación organiza estratégicamente las áreas académicas, circulaciones y accesos, optimizando la conectividad y funcionalidad del conjunto. La disposición de volúmenes y áreas verdes favorece la integración entre interior y exterior.

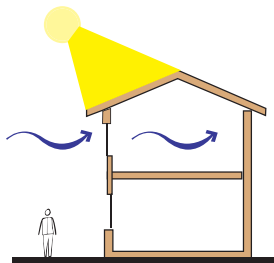


La edificación de dos niveles organiza aulas, áreas comunes y circulaciones amplias para maximizar la funcionalidad y el confort térmico. Los espacios educativos están conectados de forma eficiente mediante un patio central que distribuye y ordena a su alrededor las aulas y áreas comunes.

Estrategias bioclimaticas aplicadas a la envolvente de una unidad educativa

Autor: Gabriela Ledesma

Año: 2018

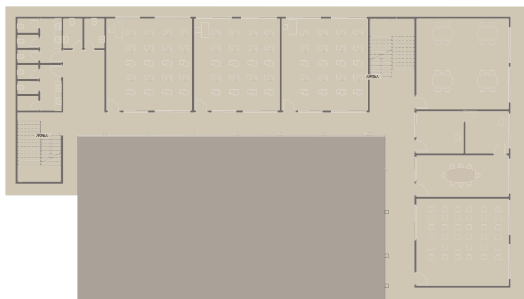


El edificio aplica una estrategia termica integral con cubiertas aisladas, muros de polietileno expandido y elementos pasivos como aleros y patios de ventilacion, adaptandose al clima de la paz en Bolivia mejorando el confort.

Sintesis de Criterio

La orientacion del edificio se aprovecha para optimizar la captacion o el control solar segun el clima. Se aplican materiales en la envolvente como EPS, poliuretano y doble vidrio para reducir la transferencia termica. Los aleros y patios interiores funcionan como elementos pasivos que controlan el asoleamiento y patios inferiores funcionan como elementos pasivos que controlan el

Sintesis de Criterio

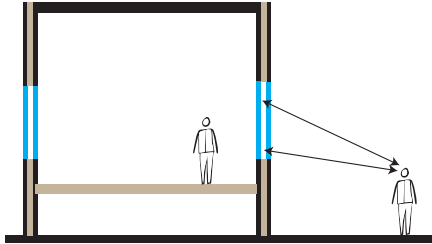


El bloque de aulas en dos niveles optimiza confort y eficiencia. Circulaciones amplias conectan aulas y areas comunes que complementan la funcionalidad del edificio

La organizacion espacial articula de manera eficiente las areas academicas, circulaciones y accesos. La distribucion en dos niveles conecta aulas y zonas comunes mediante recorridos ampplios, El patio central actua como eje articulador que favorece la ventilacion natural y la integracion con las zonas verdes exteriores.

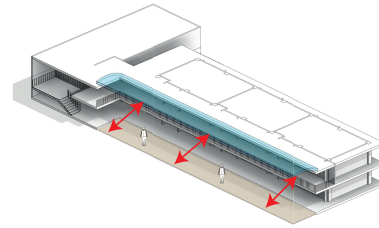
7.- RELACION INTERIOR- EXTERIOR

Edificios Aularios E1, E2 y E3
Autor: Jose Antonio Espinoza
Año: 2022



Los bloques E1-E2 de la UDA generan una relación fluida con el entorno mediante fachadas de vidrio, que integran visualmente el interior con el paisaje y las circulaciones exteriores.

Análisis de Confort Térmico Escuelas del Milenio
Autor: Gabriela Ledesma
Año: 2018



El patio central establece una relación abierta entre el interior y el exterior, conectando visualmente los espacios cubiertos con el entorno abierto. Cubierto por policarbonato translúcido, favorece la entrada de luz natural, mejorando la iluminación y permitiendo una ventilación cruzada eficiente que mejora la percepción espacial y contribuyendo al confort térmico del edificio.

8.- COLLAGUE

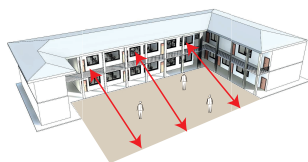
Se integra transparencia, confort y sostenibilidad en una composición abierta y adaptable. Las fachadas de vidrio conectan interior y entorno urbano, generando permeabilidad visual y entrada de luz natural. Esta relación fomenta un ambiente dinámico y eficiente.

El proyecto combina funcionalidad, confort y sostenibilidad mediante estrategias pasivas y materiales eficientes. La relación interior-exterior y la fluidez espacial fortalecen la interacción y optimiza el rendimiento energético.

Estrategias bioclimaticas aplicadas a la envolvente de una unidad educativa

Autor: Gabriela Ledesma

Año: 2018



El edificio aplica una estrategia termica integral con cubiertas aisladas, muros de polietileno expandido y elementos pasivos como aleros y patios de ventilacion, adaptandose al clima de la paz en Bolivia mejorando el confort.

Sintesis de Criterio

La orientacion del edificio se aprovecha para optimizar la captacion o el control solar segun el clima. Se aplican materiales en la envolvente como EPS, poliuretano y doble vidrio para reducir la transferencia termica. Los aleros y patios interiores funcionan como elementos pasivos que controlan el asoleamiento y patios inferiores funcionan como elementos pasivos que controlan el asoleamiento directo y favorecen la ventilacion cruzada, mejorando el confort termico de forma integral.

Sintesis de Criterio

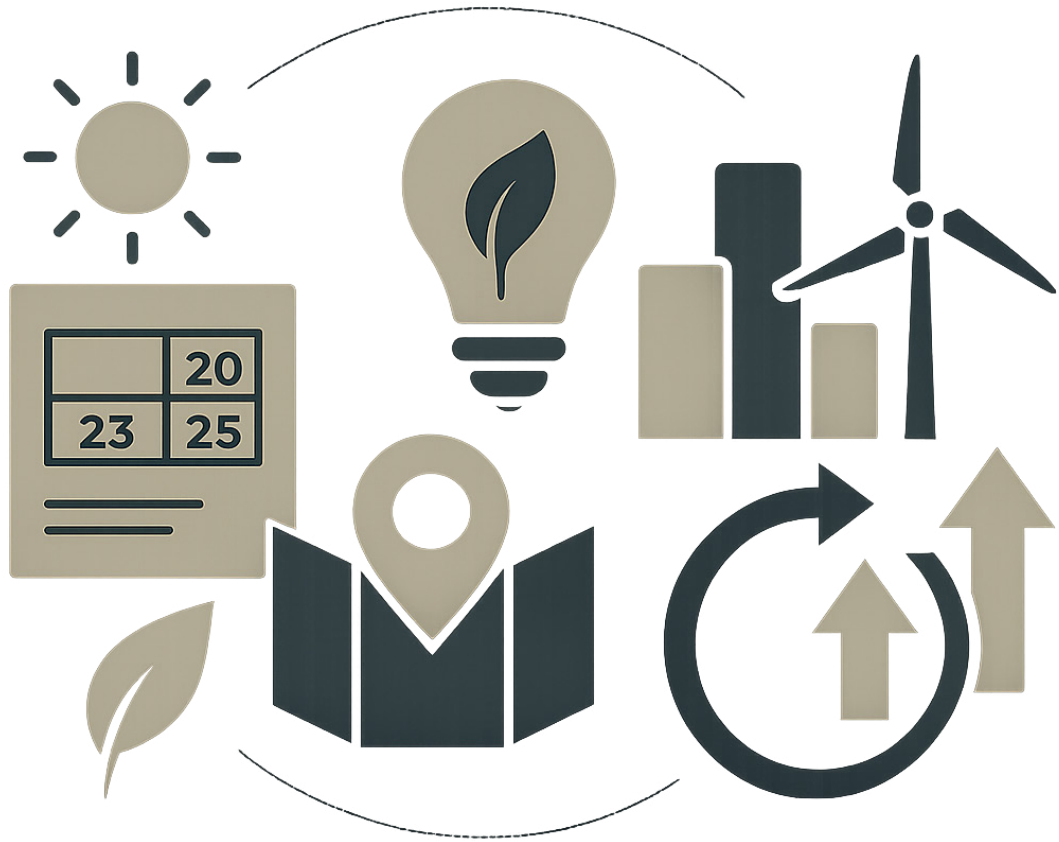
El proyecto combina funcionalidad, confort y sostenibilidad, adaptandose al clima local. La plaza central regula el ambiente y articula los espacios, mientras que estrategias pasivas optimizan luz, ventilacion y eficiencia energetica.

El diseño prioriza la transparencia y apertura visual para conectar interior y entorno. Estrategias pasivas y materiales eficientes optimizan ventilacion, iluminacion y confort, garantizando un ambiente sostenible y adaptable al clima local.



04

DIAGNÓSTICO



	20
23	25

4. DIAGNÓSTICO

4.1 Metodología de análisis de sitio

El análisis de sitio se realiza con base en la metodología de Bernal Granados (2015), quien plantea que el lugar se debe entender como un sistema activo que influye directamente en las decisiones de diseño. Bajo este enfoque, se identifican criterios adaptados a los objetivos de esta investigación, priorizando variables del entorno físico, urbano y climático que inciden en el confort térmico y en la eficiencia energética de espacios escolares, para los casos de estudio Escuela Municipal Mons. Jorge Guillermo

Armijos, ubicada en el barrio Consacola y Escuela Municipal Borja que se ubica en el barrio Borja, de la ciudad de Loja..

El estudio se organiza en dos etapas, organizadas por escalas de aproximación: macro, que aborda el contexto urbano y su infraestructura; meso, que examina el entorno inmediato del proyecto y su integración con el tejido urbano permitiendo una lectura progresiva del territorio desde una visión general hasta una más específica del área de intervención.

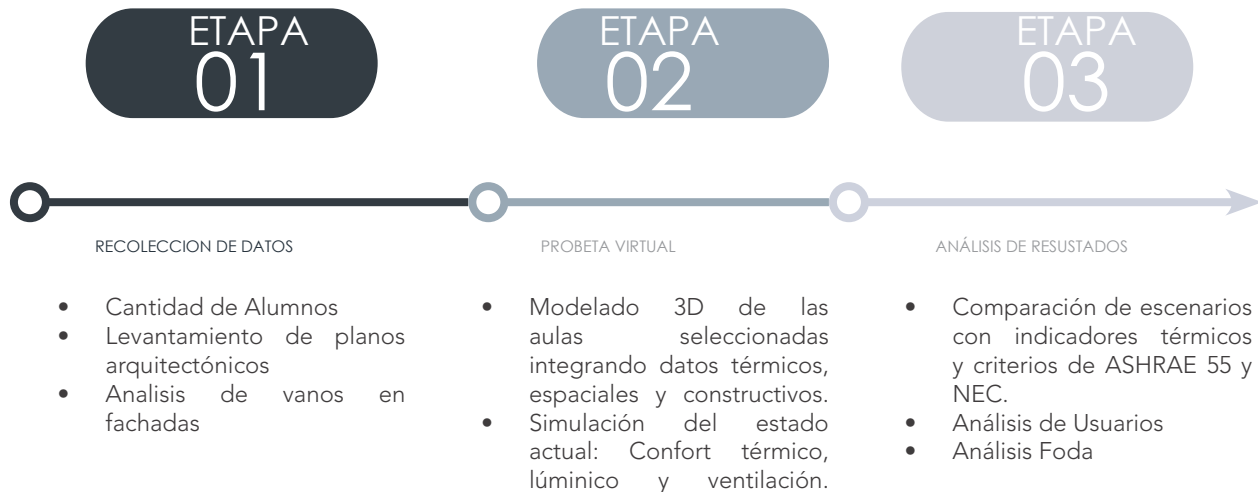


Fuente: Bernal Granados M.A. (2015)
Elaborado por: El autor, 2025

4.2 Escala de proyecto arquitectónico

La metodología aplicada se basa en el planteamiento de Wang (2013) y se adapta al análisis del comportamiento térmico de bloques escolares mediante el uso de DesignBuilder. Este enfoque permite integrar información

climática, constructiva y funcional del edificio en un modelo digital tridimensional, con el fin de simular distintos escenarios, evaluar el confort térmico y aplicar estrategias pasivas replicables en otras escuelas municipales de Loja.



4.3 Herramientas y Variables

4.3.1 Análisis Macro , Meso adaptado de Bernal (2015)

ESCALA	VARIABLE A ANALIZAR	INSTRUMENTO / HERRAMIENTA
MACRO ESCALA CIUDAD	<ul style="list-style-type: none"> • Vialidad y transporte público • Condiciones climáticas • Relación con equipamientos educativos municipales 	<ul style="list-style-type: none"> • Datos climáticos (Weatherspark, one building) • Mapas de riesgo y normativa local
MESO ESCALA PROYECTO URBANO	<ul style="list-style-type: none"> • Vialidad y transporte público • Relación con equipamientos educativos municipales • Usos de suelo • Relación con área verde 	<ul style="list-style-type: none"> • Mapas urbanos, Catastro Municipal • Fichas de levantamiento insitu.
MICRO ESCALA SITIO	<ul style="list-style-type: none"> • Delimitación del polígono • Trazado Vial y accesibilidad interna • Usos de Suelo • Relación con área verde • Toografía 	<ul style="list-style-type: none"> • Google earth, planos catastrales, • Observación de fichas de diagnóstico
SELECCIÓN DE AULAS	<ul style="list-style-type: none"> • Selección de dos aulas (Segun sistema constructivo) 	<ul style="list-style-type: none"> • Croquis, Cartografía base, Fichas Descriptivas. Observación Directa

P:100

Tabla 18

Fuente: Elaboración Propia (2025), basado de Bernal Granados, M.A (2015)

4.3.2 Análisis Escala Proyecto Proyecto adaptado de Wang (2023)

ESCALA	VARIABLE A ANALIZAR	INSTRUMENTO / HERRAMIENTA
RECOLECCIÓN DE DATOS	<ul style="list-style-type: none"> • Cantidad de Alumnos • Levantamiento de planos arquitectónicos • Materiales de la envolvente • Orientación • Vientos • Soleamiento • Topografía • Analisis de vanos en fachadas • Analisis de Usuarios 	<ul style="list-style-type: none"> • Ficha de campo, Entrevistas, Planos arquitectónicos • Evaluación IEP • Información de equipamiento educativo
PROBETA VIRTUAL	<ul style="list-style-type: none"> • Modelado 3D de las aulas seleccionadas integrando datos térmicos, espaciales y constructivos. • Simulación del estado actual: Confort térmico, lumínico y acústico. 	<ul style="list-style-type: none"> • Desing Builder • Plantas Térmicas • Datos climáticos Locales
ANÁLISIS DE RESULTADOS	<ul style="list-style-type: none"> • Comparación de escenarios con indicadores térmicos y criterios de ASHRAE 55 y NEC. 	<ul style="list-style-type: none"> • Design Builder • Tabla de resultados • Análisis Comparativo de escenarios

Tabla 19
Fuente: Elaboración Propia (2025), basado de Wang (2013)

4.4 Escala Ciudad

4.4.1 Condiciones Climáticas

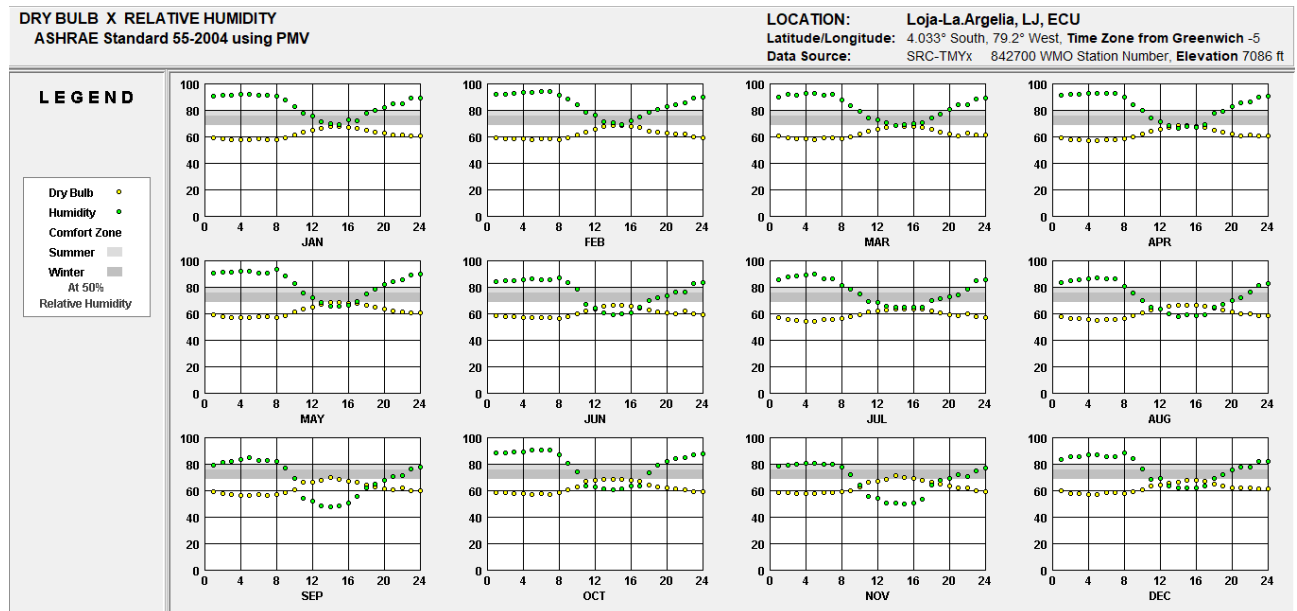


Figura 54: Condiciones Climáticas
Autor: Climate Consultant (2021)

La ciudad de Loja, ubicada en la región interandina sur del Ecuador a aproximadamente 2.160 m s. n. m., presenta un clima templado-húmedo de montaña condicionado por su localización geográfica y topografía. El análisis climático, realizado mediante el software Climate Consultant 6.0 a partir de datos de Año Meteorológico Típico (TMY) y bajo los criterios de la norma ASHRAE 55, evidencia temperaturas de bulbo seco relativamente estables durante el año, con valores aproximados entre 14 °C y 22 °C.

Las temperaturas mínimas se registran en horas nocturnas y de madrugada, mientras que las máximas se concentran al mediodía y primeras horas de la tarde. La humedad relativa se mantiene elevada durante gran parte del año, con rangos entre 60 % y 90 %, lo que genera una sensación térmica predominantemente fresca y limita el

confort, especialmente en horarios nocturnos y matutinos. El análisis sicrométrico bajo la norma ASHRAE 55-2017 indica una temperatura de bulbo seco de 23 °C, una humedad relativa del 39 % y una temperatura efectiva de 22,06 °C. Los índices de confort muestran un PMV de -0,396 y un PPD de 7,86 %, valores que se sitúan dentro del rango aceptable; sin embargo, el software clasifica la condición como "NOT COMPLIANT", ubicándola en el límite inferior de la zona de confort.

En conclusión, aunque las condiciones climáticas de Loja se aproximan al confort térmico, la elevada humedad y el incumplimiento parcial de los criterios ASHRAE justifican la aplicación de estrategias pasivas de acondicionamiento, como ventilación natural controlada, aprovechamiento moderado de la radiación solar y selección adecuada de

Psychrometric Chart

ASHRAE 55-2017
 Dry Bulb: 23.00 °C
 Rel Humidity: 39.00%
 Sensation: Slightly Cool
 SET: 22.06 °C
 PMV: -0.95
 PPD: 7.8%
WARNING: NOT COMPLIANT

Grid: 7 Hrs

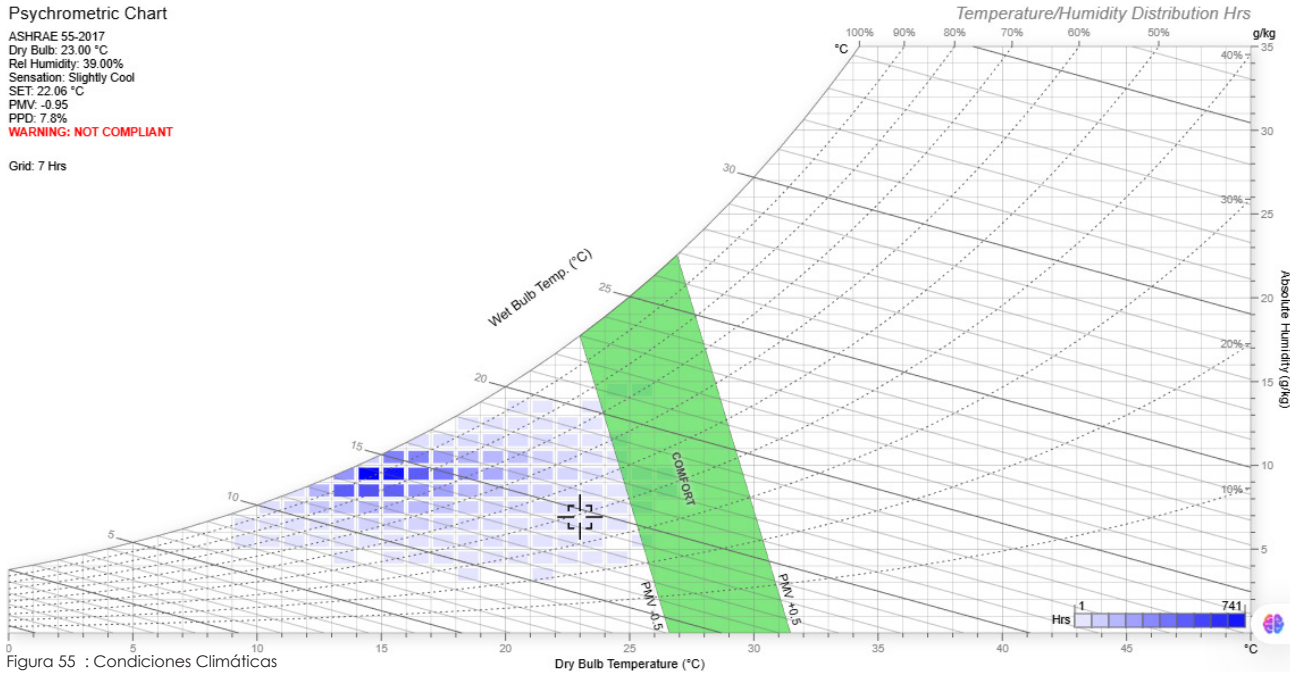
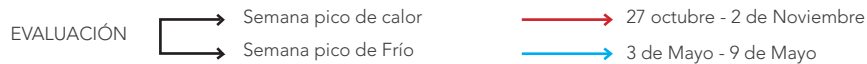


Figura 55 : Condiciones Climáticas
 Autor: Climate Consultant (2021)

El proyecto se plantea considerando que la ciudad de Loja presenta dos extremos climáticos bastante marcados: períodos de calor y períodos de frío. Estos contrastes condicionan el ambiente escolar y justifican la necesidad de evaluar el confort térmico en ambos escenarios. El

análisis no se limita a un promedio anual, sino que se centra en estas épocas críticas, con el fin de comprender cómo varían las condiciones y qué estrategias pueden aplicarse para garantizar espacios confortables durante todo el año.

ASPECTO	ÉPOCA DE CALOR	ÉPOCA DE FRÍO
Condiciones generales	Temperaturas más altas, sensación térmica fresca, pero con mayor radiación solar	Temperaturas más bajas, sensación térmica fresca a fría, influenciada por la humedad elevada.
Clima característico	Semana pico de calor (finales de octubre – inicios de noviembre).	Semana pico de frío (inicios de mayo).
Implicaciones	Se requiere control solar y ventilación natural para evitar sobrecalentamiento.	Se requiere aislamiento y manejo de humedad para mejorar el confort interior.
Objetivo del análisis	Evaluar el desempeño térmico en condiciones de calor extremo.	Evaluar el desempeño térmico en condiciones de frío extremo.

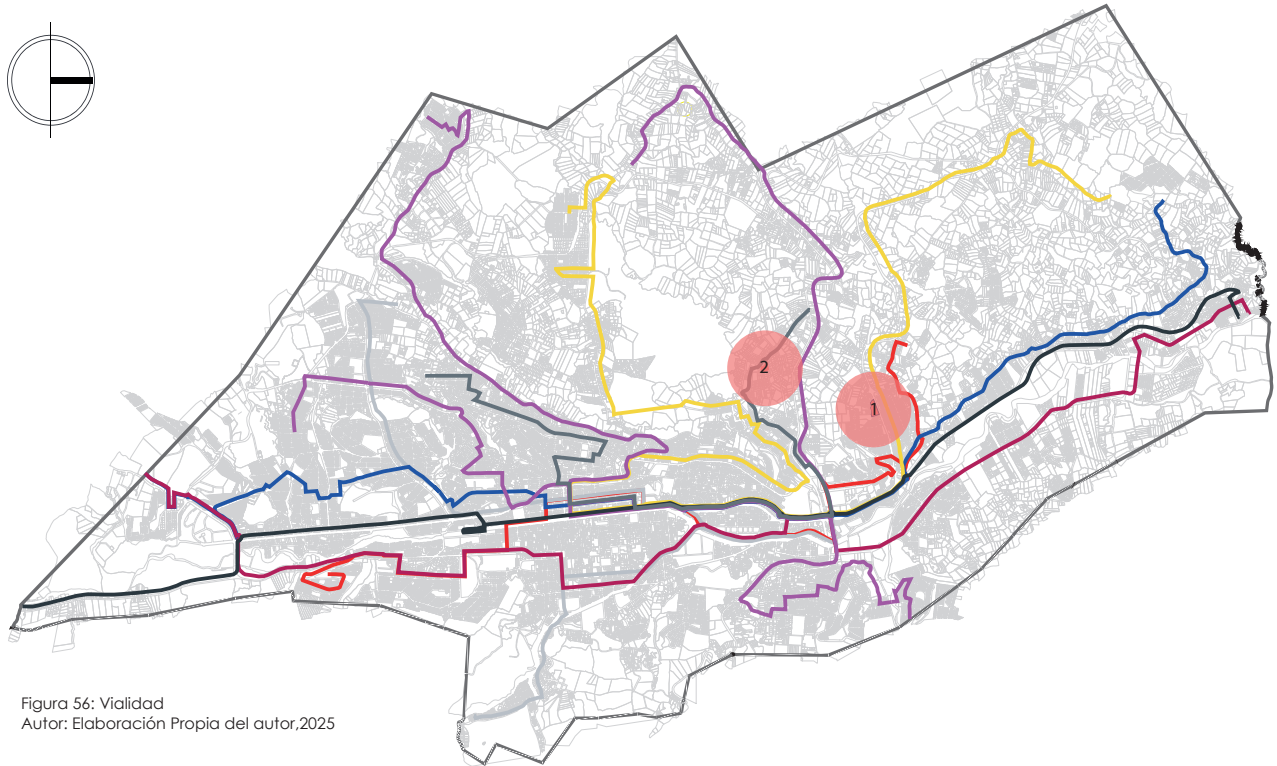


4.4 Escala Ciudad

4.4.2 Vialidad y Transporte Público

Las escuelas analizadas cuentan con buena accesibilidad gracias a las líneas L4 (Isidro Ayora- Borja-Panamá) y L8 (Carigán - Ciudad Victoria) la escuela Municipal Borja se

ubica en una zona tranquila, favorable para el entorno escolar; la escuela Mons. Jorge Armijos, aunque bien conectada, está expuesta a ruido y emisiones por su cercanía a la vía a Cuenca.



Escuelas Municipales

Unidad Educativa Municipal Borja (UEMB)

Unidad Educativa Municipal. Mons. Jorge Guillermo Armijos

Lineas de Transporte Público

L1 El rosal - Las Pitas

L2 Saucos Norte- Argelia- Dos Puent

L4 Isidro ayora- Borja- Panama

L5 Zamora Huayco - Colinas Lojanas

L7 Julio Ordoñez- Motupe

L8 Carigàn - Ciudad Victoria

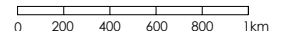
L10 Saucos - Julio Ordoñez

L11 Tierras Coloradas - Bolonia

L12 Sol de los andres

L14 Mercadillo - Calvario

ESCALA GRAFICA :



4.4.3 Equipamientos Educativos Municipales

La red de Unidades Educativas Municipales de Loja se distribuye de forma estratégica en la periferia y zonas de expansión urbana, facilitando el acceso a la educación en sectores tradicionalmente desatendidos por el núcleo central. Como se observa en la Figura 45, estos

ocho planteles (Héroes del Cenepa, Ecológica, Tierras Coloradas, Pradera, Capulí Loma, Mons. Jorge Guillermo Armijos, Borja y Dr. Ángel Felicísimo Rojas) conforman un sistema de descentralización educativa que promueve la equidad territorial y el desarrollo social en los barrios

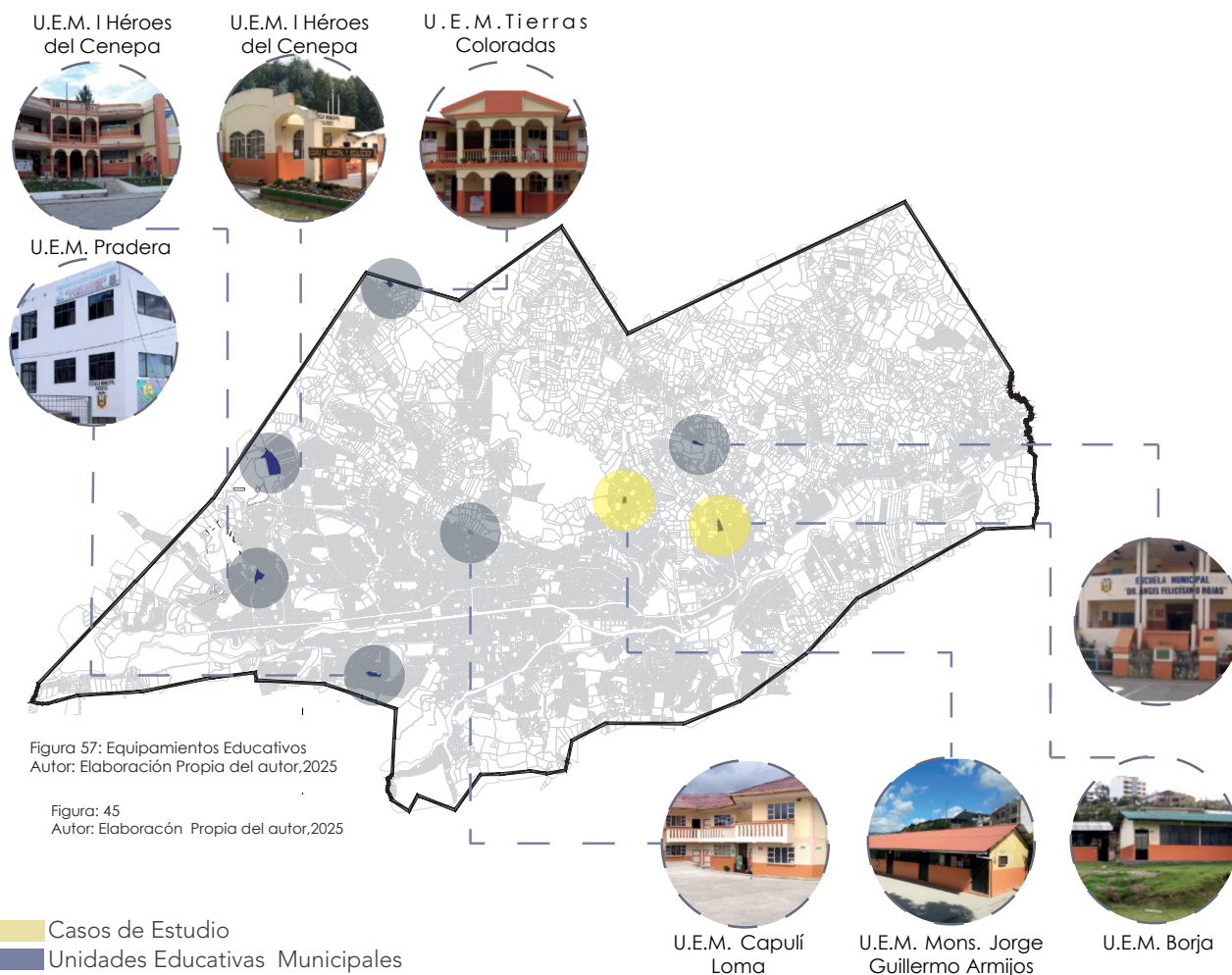


Figura 57: Equipamientos Educativos
 Autor: Elaboración Propia del autor, 2025

Figura: 45
 Autor: Elaboración Propia del autor, 2025

4.5 ESCUELA MUNICIPAL BORJA

4.5.1 Escala Proyecto Urbano Análisis Meso R: 400m

4.5.1.1 Jerarquía Vial

El sector presenta una estructura vial jerarquizada conformada por vías arteriales, que garantizan la conectividad urbana y el flujo vehicular principal, y vías locales, que estructuran la trama barrial y facilitan el acceso directo al equipamiento educativo. Esta configuración permite una adecuada accesibilidad, permeabilidad urbana y conexión funcional entre la Unidad Educativa Municipal Borja y su entorno inmediato.

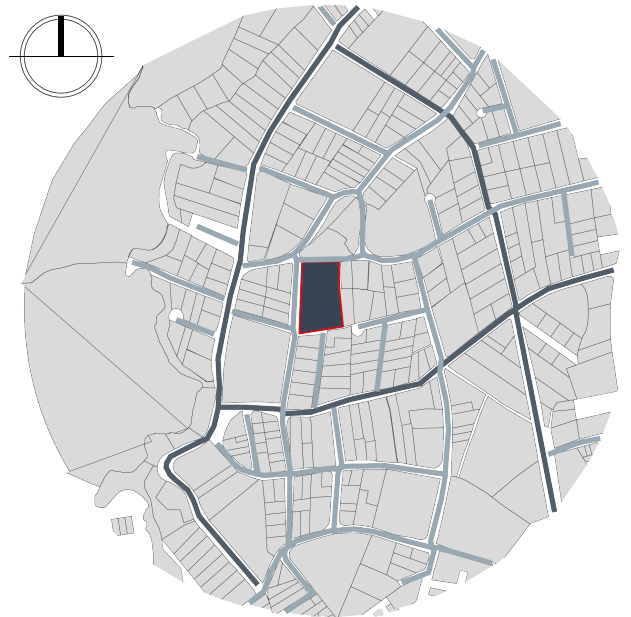


Figura 58: Línea de transporte público
Autor: Elaboración Propia del autor, 2025

ESCALA GRAFICA :
05 0 100 150 200(m)

■ Vía Arterial
■ Vía Local

4.5.1.2 Transporte Público

La Escuela Municipal Borja cuenta con conexión directa mediante la línea de buses número 4 (Isidro Ayora – Borja – Panamá), lo que facilita el desplazamiento de estudiantes y personal. Esta condición refuerza la integración del equipamiento educativo con su entorno urbano. Adicionalmente, a lo largo de la avenida Charity, vía principal que bordea la institución, se localizan cinco paradas de transporte público, lo que mejora la accesibilidad y cobertura del servicio.

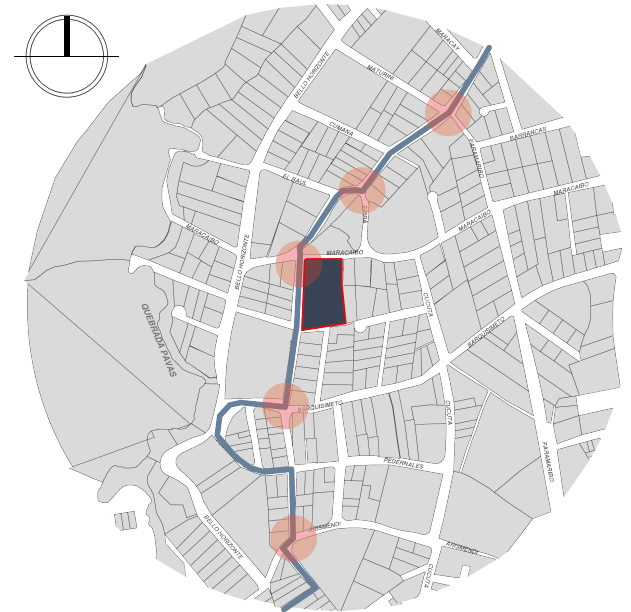


Figura 59: Línea de transporte público
Autor: Elaboración Propia del autor, 2025

ESCALA GRAFICA :
05 0 100 150 200(m)

■ Línea de transporte publico (L4 Isidro ayora- Borja- Panamá)
■ Paradas de Autobus
■ Unidad Educativa Municipal Borja

4.5.1.3 Relación con Equipamientos Educativos

La escuela Municipal Borja se encuentra cercana al colegio Hernán Gallardo Moscoso, ubicado en la parroquia Sucre. Esta cercanía entre equipamientos educativos ofrece una oportunidad para reconfigurar el entorno urbano beneficiando directamente a los residentes de Belén y de barrios aledaños como San Francisco de Borja y La Paz, permitiendo la consolidación de un eje educativo que fortalezca la accesibilidad peatonal, la seguridad vial y el uso compartido de espacios públicos.

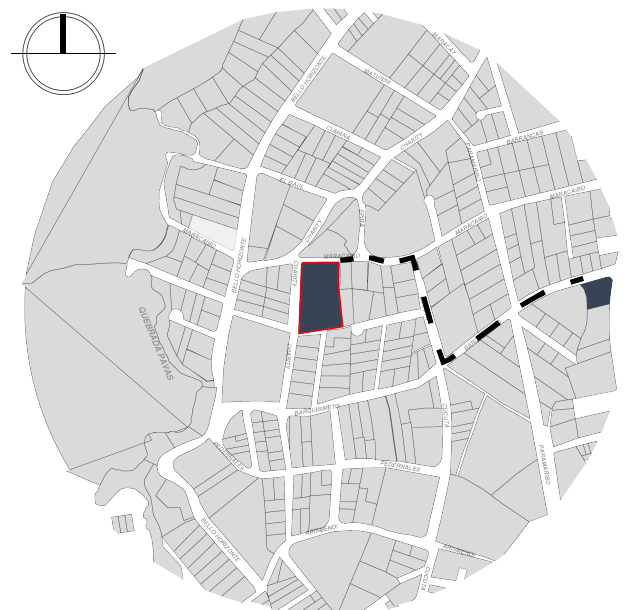


Figura 60: Equipamiento Educativos
 Autor: Elaboración Propia del autor, 2025



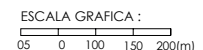
- Equipamiento Educativos
- Escuela Municipal Borja
 - Colegio Hernán Gallardo Moscoso
 - Recorrido

4.5.1.4 Usos de suelo

En el área de influencia de 400 metros, predomina el uso residencial, el cual se articula con una red vial de jerarquía local. De manera complementaria, se identifican usos comerciales puntuales vinculados a vías de mayor jerarquía, así como la presencia de equipamientos educativos que consolidan al sector como un nodo educativo dentro de la parroquia Sucre. La escasa y discontinua presencia de espacios recreativos, junto con zonas de uso agrícola en sectores periféricos, evidencia una transición entre el tejido urbano consolidado y áreas de menor ocupación.



Figura 61: Usos de Suelo
 Autor: Elaboración Propia del autor, 2025



- Usos de suelo
- Residencial
 - Áreas verdes/recreativas
 - Comercial
 - Uso agrícola
 - Unidad Educativa Municipal Borja

4.6.1.2 Transporte Público

La E.M. Mons. Jorge Guillermo Armijos presenta una adecuada conectividad mediante la línea de transporte público L8 (Ciudad Victoria – Carigán), la cual facilita el acceso de estudiantes, docentes y personal administrativo. Esta condición favorece la integración del equipamiento educativo con la estructura urbana del sector. Asimismo, se identifica varias paradas de autobús distribuidas a lo largo del principal eje vial, lo que mejora la accesibilidad peatonal, la cobertura del servicio y los tiempos de desplazamiento desde barrios aledaños.



Figura 64: Línea de transporte público
 Autor: Elaboración Propia del autor, 2025



- L8. Ciudad Victoria - Carigan
- Paradas de Autobus
- E.M. Mons. Jorge Guillermo Armijos

4.6.1.3 Equipamientos Educativos

Dentro del área de influencia la E.M. Mons. Jorge Guillermo Armijos se identifica como el único equipamiento educativo, esta condición refuerza su carácter estratégico dentro de la estructura urbana del sector, al concentrar la demanda educativa proveniente de los barrios aledaños. La ausencia de equipamientos similares incrementa su relevancia funcional y lo que resalta la importancia de garantizar adecuadas condiciones de confort ambiental al interior de las aulas, lo cual es fundamental para el bienestar y el desempeño académico de los estudiantes.

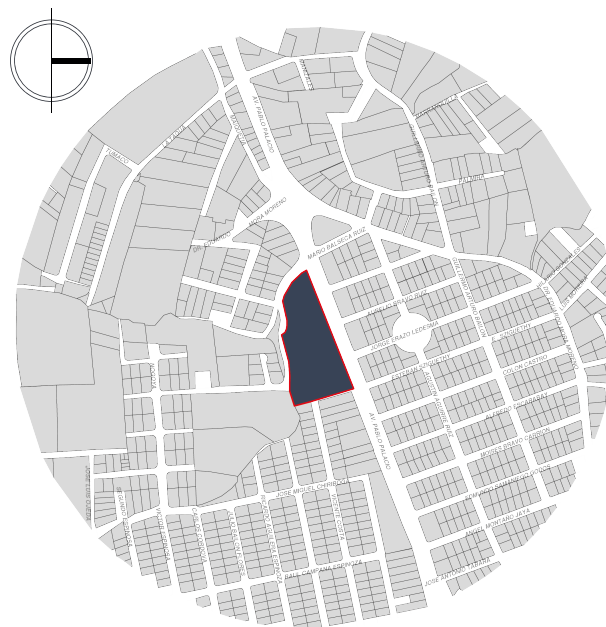


Figura 65: Equipamiento Educativos
 Autor: Elaboración Propia del autor, 2025



- Equipamiento Educativos
- E.M. Mons. Jorge Guillermo Armijos

4.6.1.4 Usos de suelo

La estructura de usos de suelo del sector se caracteriza por la presencia del uso residencial. De manera complementaria, se identifican usos comerciales y equipamientos localizados principalmente a lo largo de las vías de mayor jerarquía, mientras que los usos industriales y agrícolas se presentan de forma marginal en sectores específicos, la escasa presencia de áreas verdes y recreativas evidencia la relevancia de la E.M. Mons. Jorge Guillermo Armijos como equipamiento educativo inserto en un tejido urbano predominantemente residencial, con potencial para

4.6.1.5 Espacios Libres

Dentro del radio de 400 metros no se identifican áreas verdes consolidadas como parques, plazas o jardines públicos. Lo que se observa son más bien vacíos urbanos o terrenos sin uso definido, que si bien no cumplen la función de espacios recreativos, sí generan una condición ambiental favorable. La presencia de estos espacios abiertos no edificados alrededor de las edificaciones contribuye a mejorar positivamente el confort térmico y ambiental de las aulas. En este sentido, aunque no se trate de áreas verdes formales, su existencia resulta beneficiosa para la calidad del entorno inmediato.

P.110

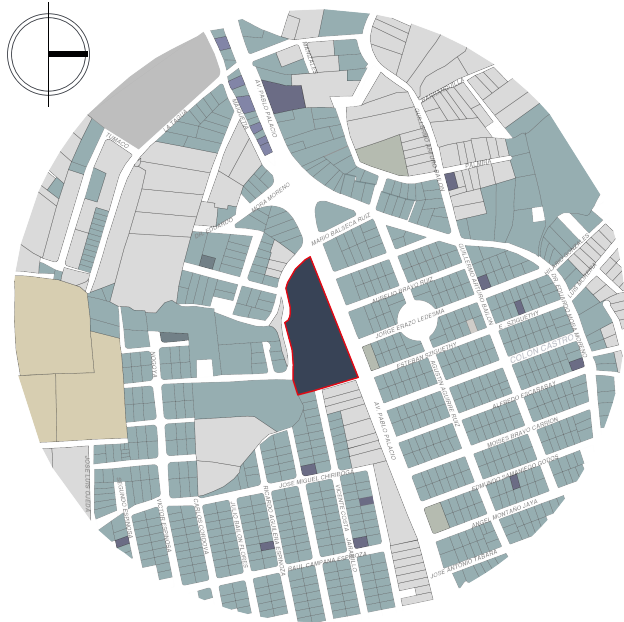


Figura 66: Usos de Suelo
Autor: Elaboración Propia del autor, 2025

ESCALA GRAFICA :
05 0 100 150 200(m)

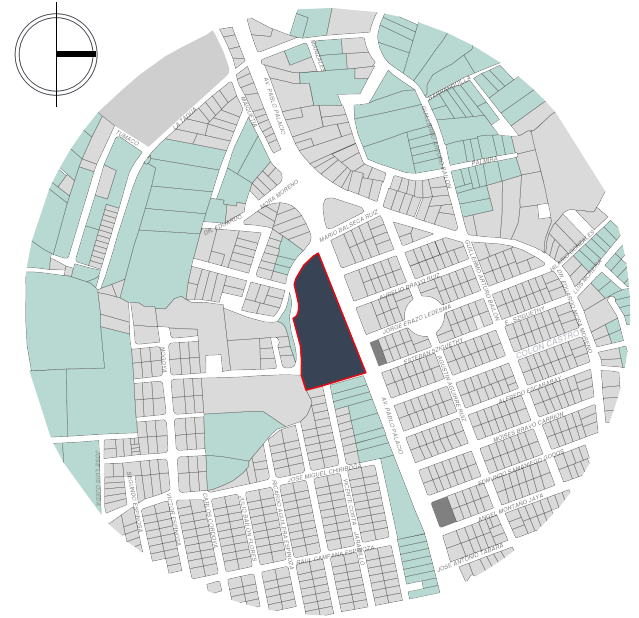


Figura 67 : Espacios Verdes
Autor: Elaboración Propia del autor, 2025

ESCALA GRAFICA :
05 0 100 150 200(m)

Usos de Suelo

	Residencial		Uso agrícola
	Comercial		Industrial
	U.E.M. Borja		Áreas verdes y
	Equipamiento Urbano/institucional		

Espacios Libres

	Área Verde
	Área edificada
	No edificado
	E.M. Mons. Jorge Guillermo Armijos

4.7 ESCALA SITIO

4.7.1 Ortofoto U.E.M.B

La ortofotografía permite identificar la implantación del equipamiento educativo, la morfología del conjunto edificado, la distribución de patios, áreas verdes y espacios deportivos,

así como su relación con el tejido urbano circundante, constituyéndose en una herramienta fundamental para el análisis espacial, funcional y urbano del proyecto.



Figura 68 : Ortofoto U.E.M.B
Autor: Elaboración Propia del autor,2025

4.7.2 Emplazamiento / Dimensiones

La Escuela Borja se emplaza en un entorno urbano en proceso de consolidación, caracterizado por la presencia de lotes vacantes, baja densidad edificatoria y edificaciones dispersas. Los terrenos colindantes corresponden principalmente a uso residencial de baja altura, lo que permite una adecuada relación de escala entre la edificación educativa y su contexto inmediato. El predio, con una superficie aproximada de 4 760 m², presenta una implantación central de la edificación, lo que posibilita la disposición de áreas exteriores destinadas a juegos y recreación, favoreciendo la ventilación, la iluminación natural y el adecuado desarrollo de las actividades escolares.

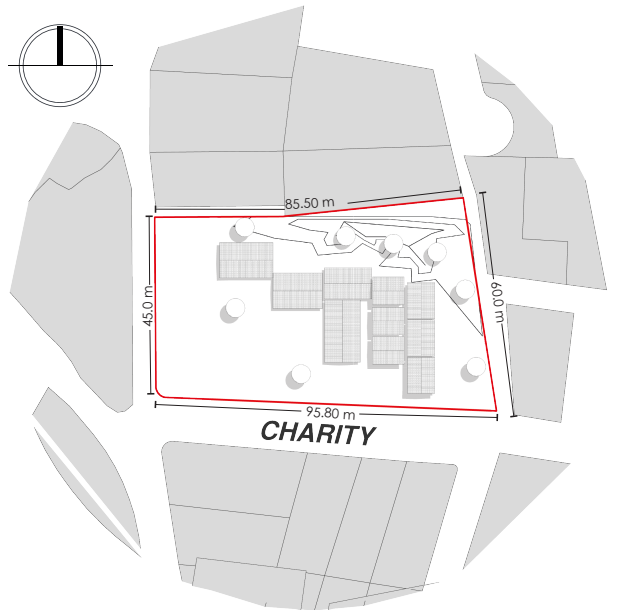
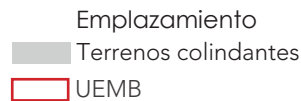


Figura 69: Emplazamiento
Autor: Elaboración Propia del autor, 2025

ESCALA GRAFICA :
05 0 100 150 200(m)



4.7.4 Jerarquía vial

La Escuela Borja se conecta principalmente a través de vías locales, las cuales permiten el acceso directo al equipamiento educativo, priorizando la movilidad peatonal, el tránsito vehicular de baja velocidad y la integración con el entorno barrial inmediato.

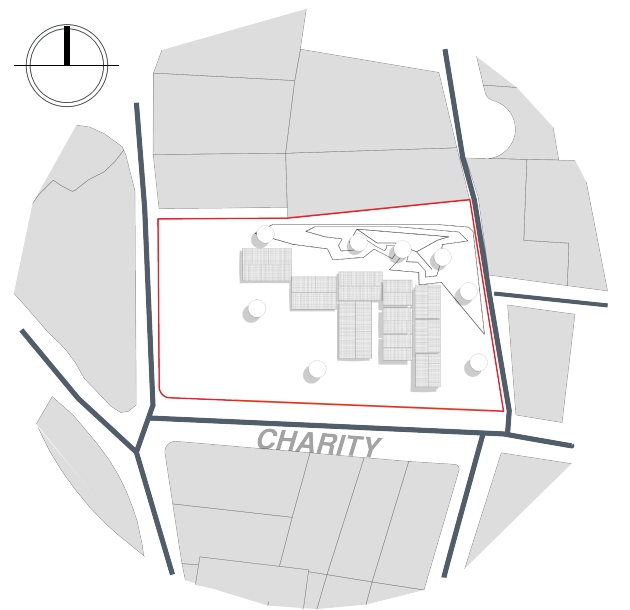


Figura 70: Jerarquía vial
Autor: Elaboración Propia del autor, 2025

ESCALA GRAFICA :
05 0 100 150 200(m)

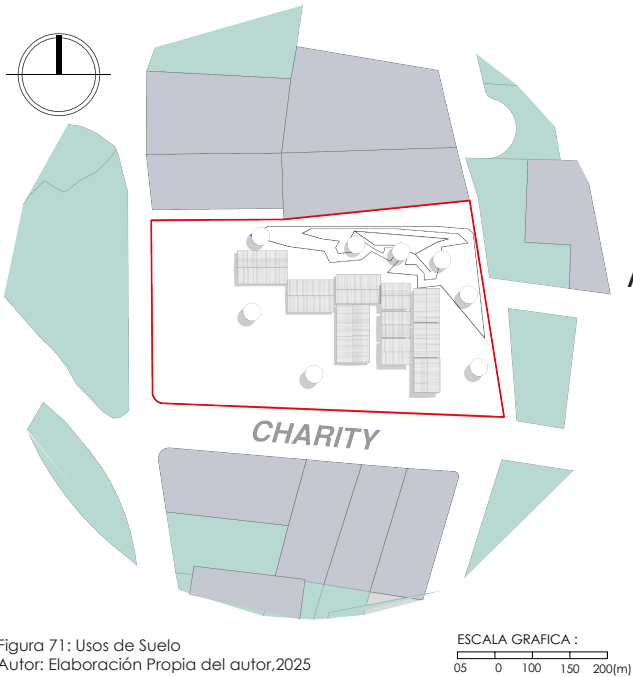


4.7.5 Usos de Suelo / Espacios libres

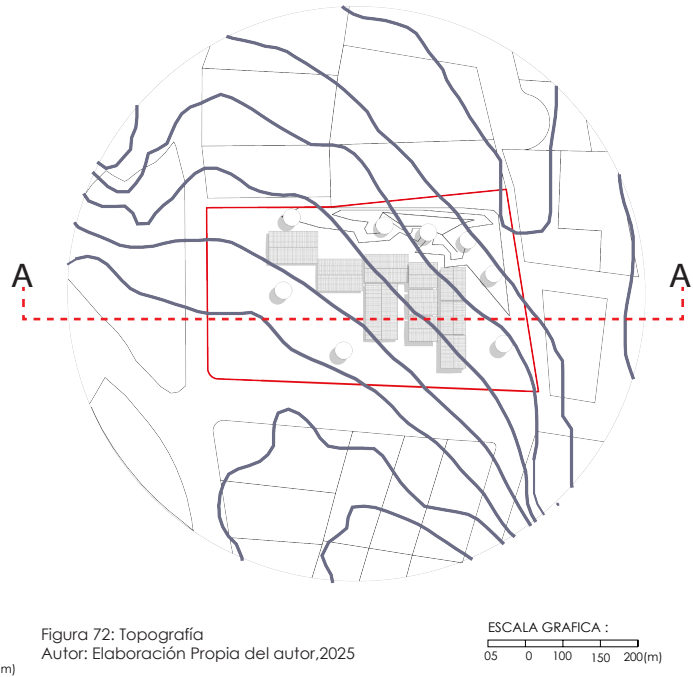
El entorno inmediato de la Escuela Municipal Borja se caracteriza por un uso del suelo predominantemente residencial. El acceso al equipamiento se realiza directamente desde la vía pública, mediante un ingreso peatonal frontal, lo que asegura una conexión fluida y directa con el entorno urbano. La institución colinda con terrenos abiertos que funcionan como zonas de transición verde entre las áreas residenciales y el equipamiento educativo, favoreciendo la ventilación y aportando áreas de esparcimiento visual que incrementan el confort ambiental. Además, su conexión mediante vías locales garantiza una adecuada accesibilidad tanto peatonal como vehicular.

4.7.7 Topografía

La zona en la que se ubica la Escuela Municipal Borja presenta una topografía irregular, con pendientes naturales que han condicionado la implantación de los bloques escolares. Esta configuración influye en la orientación y el aprovechamiento. En el caso específico del predio escolar, el terreno tiene una pendiente de 11%, lo que ha requerido de intervenciones como desbanques en las zonas altas para permitir el asentamiento de las edificaciones de la radiación solar, así como en la ventilación y el acceso, generando diferencias en el confort ambiental entre las aulas.



- Usos de Suelo
- Residencial
 - Vacío Urbano
 - UEMB



CORTE A-A

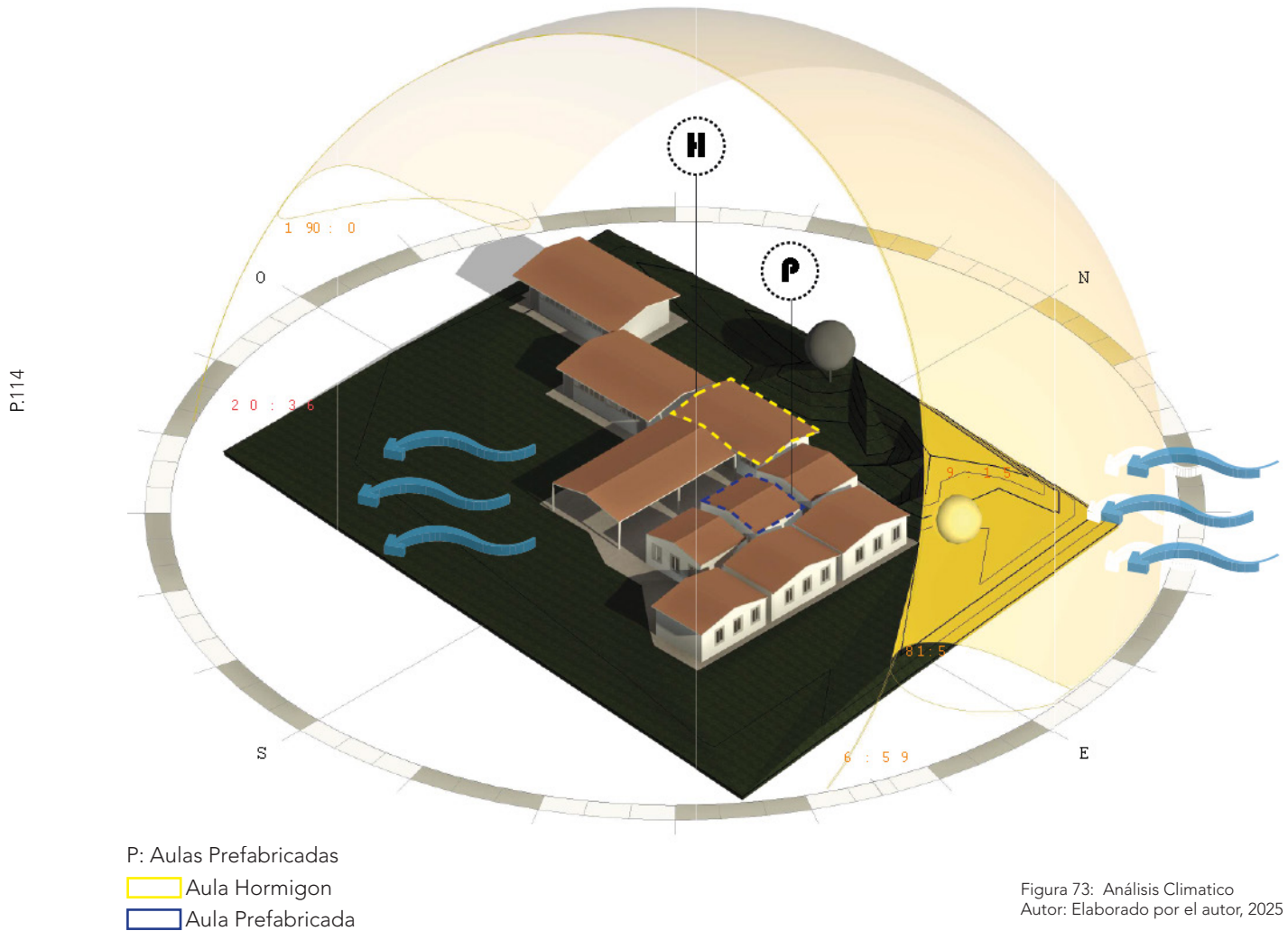


- Curvas de Nivel
- UEMB

4.7.8 Volumetrías del estado Actual (Soleamiento y vientos)

La orientación de las aulas restringe la entrada de luz solar directa y aumenta la excesiva dependencia de iluminación artificial, reduciendo la eficiencia energética y afectando la calidad ambiental interior.

La falta de ventilación cruzada provoca acumulación de calor y limita la renovación de aire, afectando el confort ambiental y el desempeño pasivo del aula.



4.7.1 Ortofoto U.E.M.M.J.G.A

La ortofoto permite reconocer la configuración general del predio de la Unidad Educativa Municipal Mons. Jorge Armijos, así como la disposición de las edificaciones y los espacios libres destinados a recreación, circulación y actividades complementarias.

Se identifica una organización longitudinal del conjunto, con accesos definidos y una relación directa con la red vial inmediata, lo que facilita la accesibilidad y el funcionamiento del equipamiento educativo.



Figura 74: Ortofoto U.E.M.M.J.G.A
Autor: Elaboración Propia del autor, 2025

4.7.2 Emplazamiento / Dimensiones del terreno

La Unidad Educativa Municipal Mons. Jorge Armijos se emplaza cerca de la Av. Pablo Palacio, una vía de jerarquía local que garantiza un adecuado nivel de accesibilidad peatonal y vehicular. Su ubicación dentro de un entorno predominantemente residencial de baja consolidación permite una relación directa con la comunidad inmediata. El predio, con una superficie aproximada de 9.770 m², presenta una implantación central de la edificación, lo que equilibra las áreas construidas y los espacios libres, permitiendo la disposición de zonas exteriores destinadas a juegos y recreación, y favoreciendo la ventilación y la

4.7.3 Jerarquía vial

El área de estudio se estructura a partir de un sistema vial jerarquizado, conformado por vías arteriales y locales. La Av. Pablo Palacio actúa como eje principal de conexión, facilitando el acceso vehicular y peatonal hacia la Unidad Educativa Municipal Mons. Jorge Armijos, así como su vinculación con sectores urbanos cercanos.

Las vías locales complementan la red vial, permitiendo la circulación interna del barrio y garantizando un acceso directo y seguro al predio, contribuyendo a una adecuada movilidad y control del tránsito.

P.116

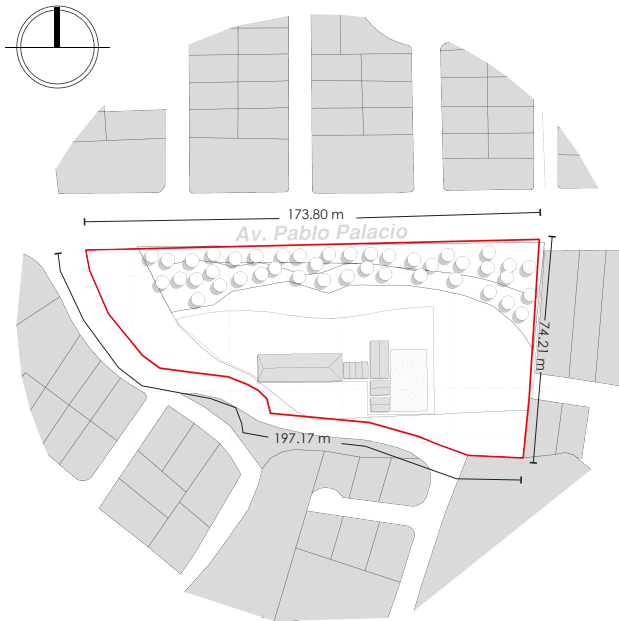


Figura 75: Topografía
Autor: Elaboración Propia del autor, 2025

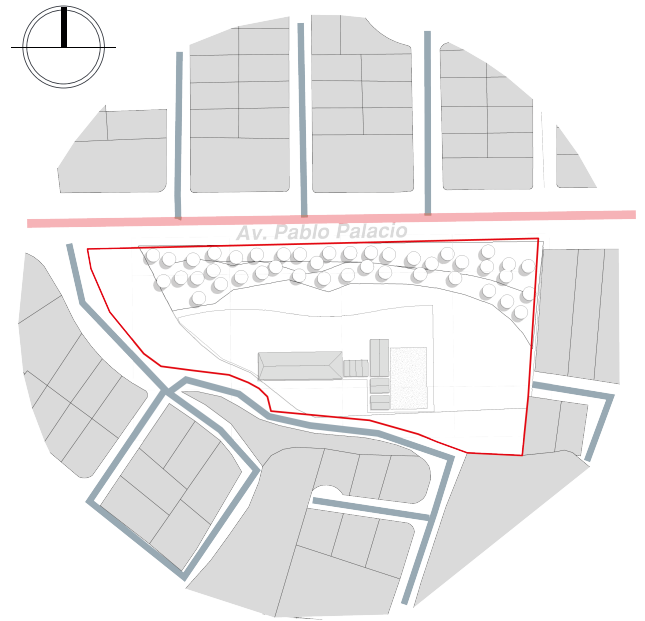
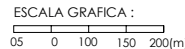
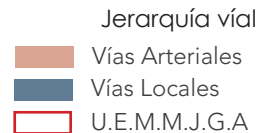
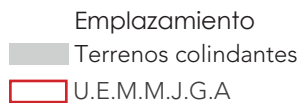
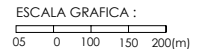


Figura 76: Topografía
Autor: Elaboración Propia del autor, 2025



4.7.4 Usos de Suelo / Espacios libres

El entorno inmediato de la Escuela Monseñor se caracteriza por un predominio de uso residencial, lo que refuerza su función barrial y su relación directa con la comunidad, vinculándose principalmente a la avenida Pablo Palacio como eje articulador del sector. No se identifican áreas verdes consolidadas; sin embargo, predominan superficies abiertas no edificadas que generan una condición ambiental favorable, contribuyendo a mejorar el confort térmico de las aulas mediante una mayor circulación de aire y la reducción de la acumulación de calor.

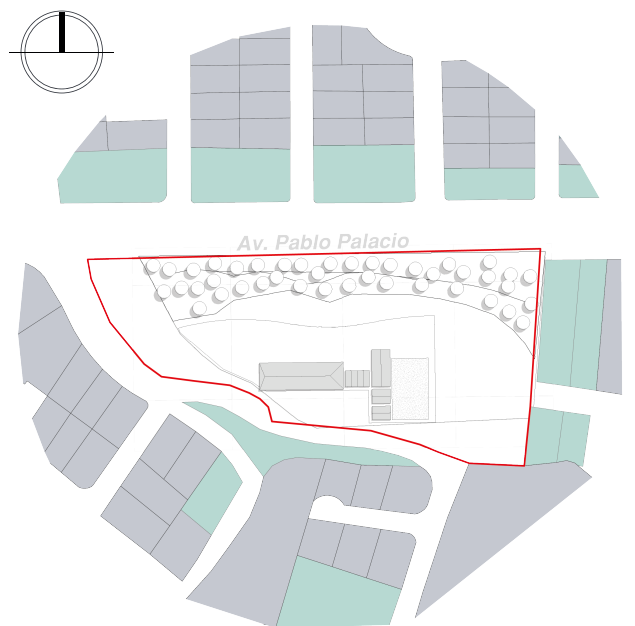


Figura 77: Usos de Suelo
Autor: Elaboración Propia del autor, 2025



- Usos de Suelo
- Residencial
 - Vacío Urbano
 - U.E.M.M.J.G.A

4.7.5 Topografía

La zona donde se ubica la escuela Mons. Jorge Guillermo Armijos presenta una topografía con pendientes naturales en sentido longitudinal, sin embargo el lugar donde se emplaza el equipamiento la topografía es totalmente plana lo que facilita el emplazamiento de las aulas. En el caso específico del equipamiento educativo, el terreno registra una pendiente del 16%, lo que ha demandado intervenciones puntuales como desbanques y nivelaciones en sectores altos para viabilizar la implantación de edificaciones y circulaciones internas.

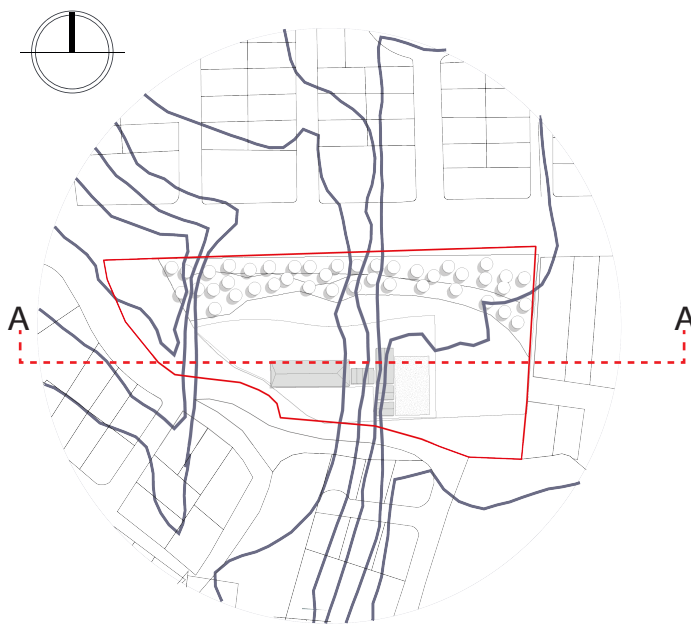
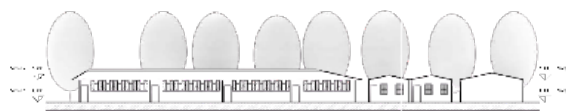


Figura 78: Espacios Verdes
Autor: Elaboración Propia del autor, 2025



CORTE A-A



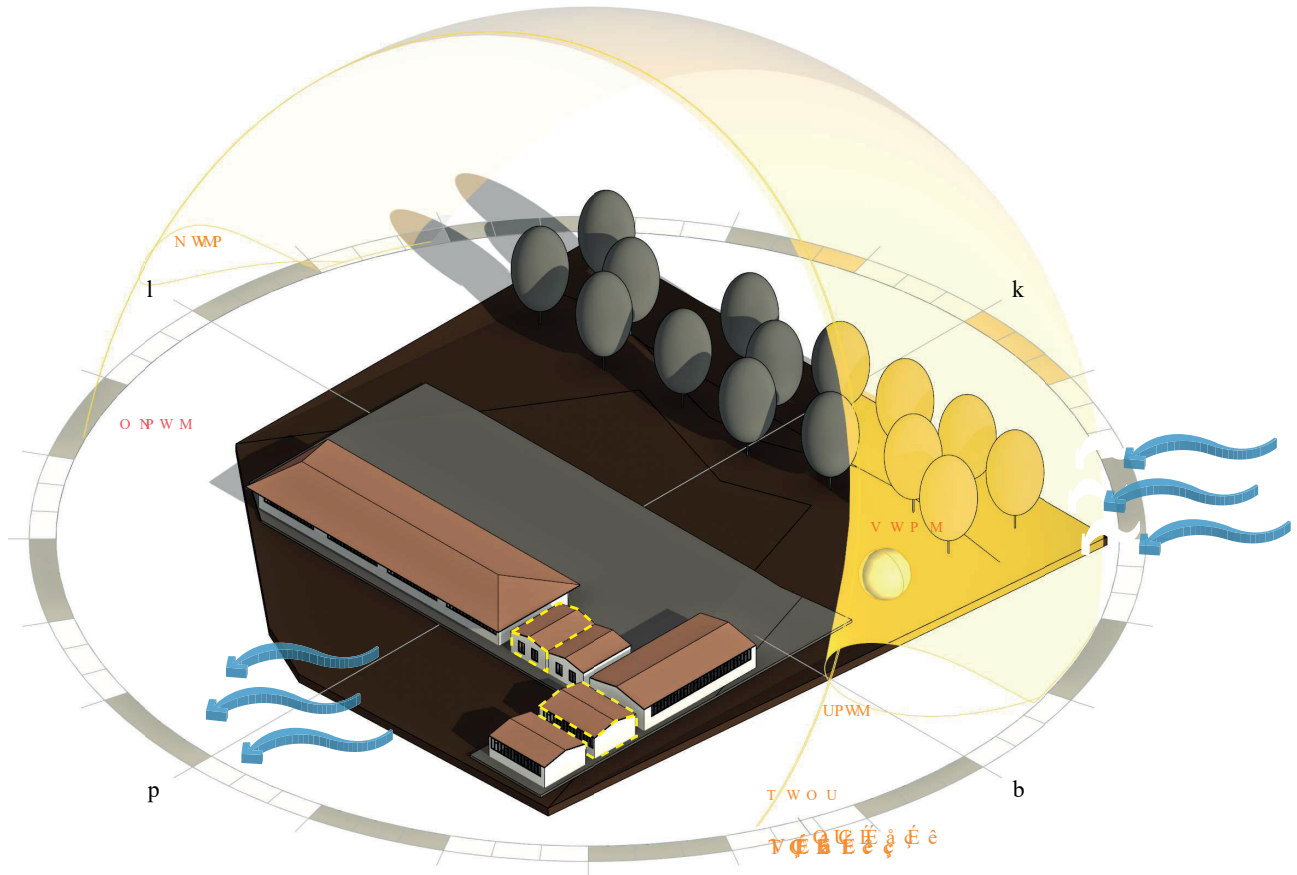
- Curvas de Nivel
- U.E.M.M.J.G.A

4.7.6 U.E. Municipal Mons. Jorge Armijos

Las aulas señaladas presentan una orientación no óptima respecto al asoleamiento que limita el ingreso de radiación solar directa durante la jornada educativa, reduciendo la iluminación natural y aumentando la dependencia energética para luz artificial.

Además, la dirección predominante de los vientos no favorece la ventilación cruzada, lo que provoca estancamiento térmico y una baja renovación de aire interior, afectando el confort ambiental y el desempeño térmico pasivo, lo que perjudica tanto el bienestar de los ocupantes como la eficiencia operativa del espacio.

P.118



- H: Aulas de Hormigon
- P: Aulas Prefabricadas
- Aula Hormigon
- Aula Prefabricada

Figura 79: Análisis Climático
Autor: Elaborado por el autor, 2025

4.8. Selección de aulas

4.8.1 Selección de Aulas (según sistema constructivo)

Para el desarrollo del análisis arquitectónico y de confort térmico en las escuelas municipales Borja y Mons. Jorge Guillermo Armijos, se seleccionaron aulas representativas en función de dos criterios principales sistema constructivo y estado desfavorable.

Las aulas seleccionadas presentan condiciones críticas de habitabilidad, no cuentan con aislamiento térmico, carecen de ventilación cruzada. Estas características permiten evaluar el desempeño pasivo de cada sistema constructivo y fundamentar propuestas arquitectónicas que mejoren el confort térmico ambiental.

ESCUELA MUNICIPAL BORJA

- Se identificaron dos tipologías constructivas: Aulas de Mamposteria de ladrillo y Aulas Prefabricadas
- Se seleccionó una aula de cada tipo, priorizando aquellas con orientación desfavorable, es decir sin acceso directo a radiación solar ni ventilación cruzada
- Estas aulas presentan condiciones críticas de confort térmico, lo que permite evaluar el desempeño del sistema constructivo.



Figura 80: Escuela Municipal Borja
Autor: Elaborado por el autor, 2025

Esta selección permite desarrollar un análisis comparativo entre las aulas seleccionadas en cada institución, considerando variables como orientación características de la envolvente térmica, soleamiento, ventilación natural y percepción del confort.

Esta base metodológica sustenta el análisis arquitectónico detallado, orientado a proponer mejoras pasivas que respondan a las necesidades ambientales y funcionales del entorno escolar.

ESCUELA MUNICIPAL JORGE ARMIJOS

- Se identificaron dos tipologías constructivas: aulas de hormigón armado y aulas prefabricadas.
- Se seleccionó un aula por tipología constructiva, en estado desfavorable, para mantener criterios comparables en el análisis de confort térmico.
- La elección se basó en observación directa y percepción docente de condiciones críticas de confort térmico.



Figura 81: Escuela Municipal Mons. Jorge Armijos
Autor: Elaborado por el autor, 2025

4.8.1.1 Escuela Municipal Borja

La escuela Municipal Borja cuenta con dos tipologías de aulas una con estructura en hormigón y otra en paneles de fibrocemento (Prefabricadas)

Posteriormente, se identificó que ambas aulas presentan una orientación desfavorable, ya que sus ventanas no reciben radiación solar directa ni permiten ventilación cruzada eficiente. Esta condición repercute negativamente en el confort ambiental,

evidenciándose en temperaturas interiores poco estables, acumulación de humedad, insuficiente renovación del aire y una iluminación natural limitada. Tales factores reducen la calidad de habitabilidad, generando ambientes con sensación térmica fresca pero poco confortable, lo que justifica la necesidad de estrategias pasivas de acondicionamiento como control de humedad, ventilación asistida y aprovechamiento moderado de la radiación solar.

P.120



Se seleccionaron dos aulas por su estado desfavorable, determinado no solo por el sistema constructivo.

H: Aulas de Hormigón

P: Aulas Prefabricadas

Figura 82: Análisis Climático
Autor: Elaborado por el autor, 2025



Figura 83: Aula Prefabricada
Autor: Elaborado por el autor, 2025



Figura 84: Aula Hormigón
Autor: Elaborado por el autor, 2025

4.8.1.2 Escuela Municipal Mons. Jorge Guillermo Armijos

La escuela municipal Mons. Jorge Guillermo Armijos, al igual que la escuela Borja, pertenece al mismo tipo de equipamiento y cuenta con aulas prefabricadas y de hormigón. Se seleccionó un aula representativa por su tipología constructiva, con el objetivo de evaluar las condiciones de confort interior. El análisis

la habitabilidad, expresadas en temperaturas poco estables, insuficiente renovación del aire y una iluminación natural reducida. Estos factores confirman la necesidad de estrategias pasivas de acondicionamiento que mejoren la eficiencia térmica y el bienestar de los usuarios.



Se eligieron dos aulas debido a sus condiciones deficientes, las cuales no responden únicamente al sistema constructivo.

H: Aulas de Hormigón

P: Aulas Prefabricadas

Figura 86: Análisis Climático
Autor: Elaborado por el autor, 2025



Figura 85: Aulas de Hormigón
Autor: Elaborado por el autor, 2025



Figura 87 : Aula Prefabricada
Autor: Elaborado por el autor, 2025

4.2. ESCALA DE PROYECTO ARQUITECTÓNICO

4.2.1 Cantidad de alumnos

4.2.1.1 Aulas de Mampostería

4.2.1.1.1 Escuela Municipal Borja

En la Escuela Municipal Borja, el aula de mampostería presenta dimensiones de 6 x 4,5 metros, lo que corresponde a un área total de 27 m². Con una matrícula de 18 estudiantes, cada alumno dispone de 1,5 m², cumpliendo apenas con el mínimo normativo establecido. Esta condición evidencia un espacio ajustado, sin margen para incrementos de matrícula y con riesgo de que se generen situaciones de hacinamiento si la población escolar aumenta.

4.2.1.1.2 Escuela Municipal Mons. Jorge Guillermo Armijos

En la Escuela Municipal Mons. Jorge Guillermo Armijos, el aula de mampostería tiene dimensiones de 9 x 6 metros, alcanzando un área de 54 m². Con 26 estudiantes, el promedio de área por alumno es de 2,07 m², superando el estándar normativo. Esta condición garantiza un mejor confort espacial, mayor facilidad de circulación y una habitabilidad más adecuada, lo que repercute positivamente en el desempeño académico y en la calidad

4.2.1.2 Aulas Prefabricadas

4.2.1.2.1 Escuela Municipal Borja

En las aulas prefabricadas de la Escuela Municipal Borja, las dimensiones son también de 6 x 4,5 metros, con un área de 27 m². Al albergar 18 estudiantes, el área por alumno vuelve a ser de 1,5 m², cumpliendo apenas con el mínimo normativo. Al igual que en las aulas de mampostería, el espacio resulta ajustado y sin capacidad de absorber un incremento de matrícula sin comprometer las condiciones de confort.

4.2.1.2.2 Escuela Municipal Mons. Jorge Guillermo Armijos

En las aulas prefabricadas de la Escuela Municipal Mons. Jorge Guillermo Armijos, con 26 estudiantes, se mantiene una proporción similar a la de las aulas de mampostería, alcanzando aproximadamente 2,07 m² por alumno. Esto significa que, incluso en espacios prefabricados, la institución ofrece condiciones superiores de habitabilidad y confort, asegurando un ambiente escolar más adecuado en comparación con la Escuela Borja.

4.2.2.3 Conclusión General

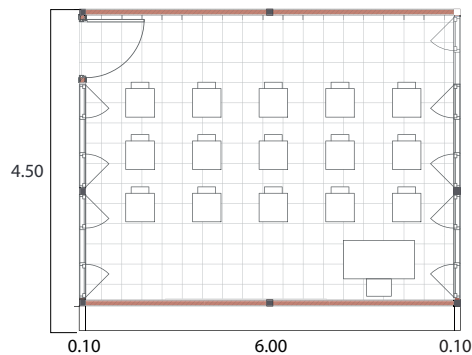
El análisis evidencia que las aulas de la Escuela Municipal Borja cumplen apenas con el mínimo normativo de 1,5 m² por estudiante, lo que refleja espacios ajustados y con riesgo de hacinamiento. En contraste, las aulas de la Escuela Municipal Mons. Jorge Guillermo Armijos superan el estándar con aproximadamente 2 m² por alumno, garantizando mejores condiciones de confort, circulación y eficiencia espacial. Esta diferencia marca una ventaja significativa en términos de calidad ambiental y desempeño académico para los estudiantes de Armijos frente a los de

4.2.2 Levantamiento de Planos Arquitectónicos

4.2.2.1 E.M. Borja

Las dimensiones arquitectónicas evidencian una alta densidad de alumnos por aula, especialmente en las prefabricadas, donde el espacio disponible por estudiante resulta inferior al mínimo normativo de 1,5–2 m². Esta condición limita la movilidad, genera sensación de hacinamiento y repercute negativamente en el confort ambiental y en la calidad de habitabilidad interior.

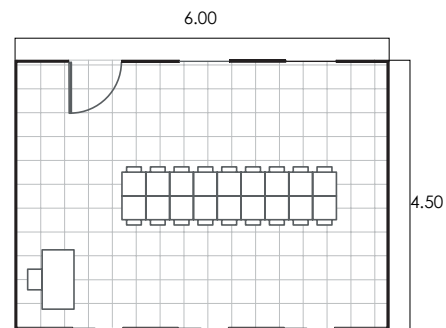
Aula de Mampostería de Ladrillo



Escuela Municipal Borja 18 Alumnos

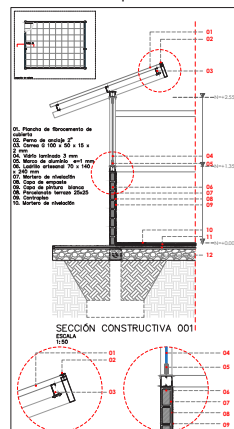
Las aulas prefabricadas presentan dimensiones reducidas y alta densidad de ocupación, lo que limita el espacio individual y dificulta la organización. En el caso analizado, con 18 alumnos, el área por estudiante es inferior al mínimo normativo de 1,5–2 m², generando hacinamiento que afecta la movilidad y el confort interior.

Aula Prefabricado

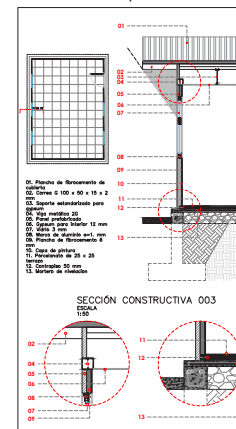


Escuela Municipal Borja 18 Alumnos

Detalle Arquitectónico



Detalle Arquitectónico



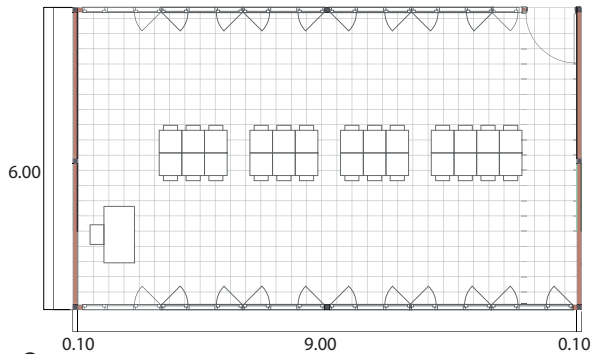
4.2.2.2 E.M. Mons. Jorge Armijos

Además, las proporciones entre largo, ancho y altura de las aulas no siempre favorecen una adecuada circulación de aire ni una distribución uniforme de la luz natural, situación que se ve agravada por una densidad superior a la normativa (1,5–2 m² por estudiante), especialmente en las aulas prefabricadas donde el espacio disponible resulta insuficiente.

Además, la proporción entre largo, ancho y altura de las aulas no favorece la ventilación cruzada ni la entrada de luz natural. Según el Manual de Lineamientos para Infraestructura Educativa del Ministerio de Educación del Ecuador, estas condiciones influyen negativamente en el confort ambiental, especialmente en jornadas con alta carga térmica o baja iluminación.

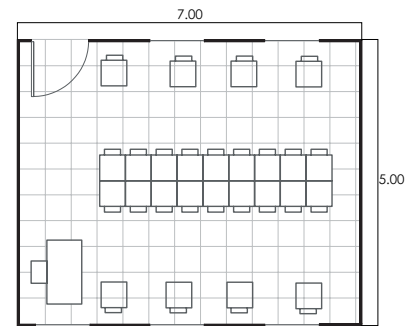
P.124

Aula de Mampostería de Ladrillo



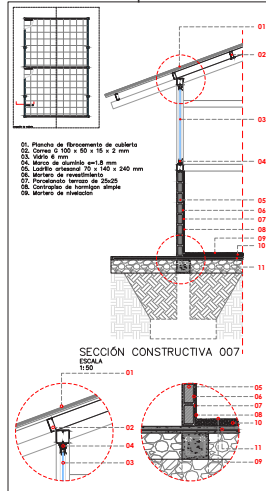
Escuela Municipal Mons. Jorge Armijos 26 Alumnos

Aula Prefabricado

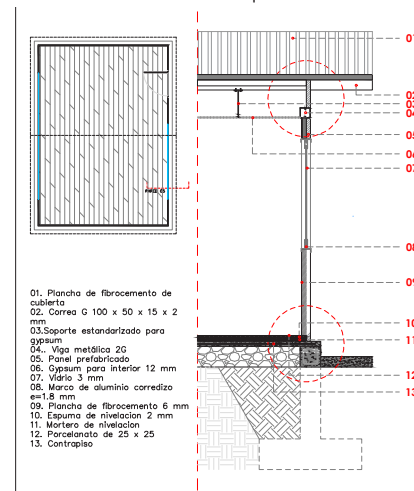


Escuela Municipal Mons. Jorge Armijos 26 Alumnos

Detalle Arquitectónico



Detalle Arquitectónico



4.2.3 Análisis de Vanos en Fachadas

El análisis de vanos en fachadas permite evaluar la proporción de aberturas (ventanas y puertas) respecto al área total de cada fachada, lo cual es fundamental para determinar el comportamiento ambiental pasivo del aula

Esta relación incide directamente en la ventilación natural, la iluminación interior y el desempeño térmico, aspectos clave para garantizar el confort de los usuarios y reducir la dependencia energética.

4.2.3.1 Fórmula de Cálculo

Para obtener el porcentaje de vanos en una fachada se aplica la siguiente fórmula

$$\text{Porcentaje de Vano} = \left(\frac{\text{Área total de Vanos}}{\text{Área total de Fachada}} \right) \times 100$$

- Área total de vanos = suma del área de todas las ventanas y puertas en fachada
- Área total de la fachada = ancho x altura de la fachada analizada.

Este indicador permite identificar si la proporción de aberturas es suficiente para cumplir con criterios de ventilación cruzada, renovación del aire y entrada de luz natural, según recomendaciones de confort ambiental como las establecidas por ASHRAE 55 y la Norma Ecuatoriana de la construcción NEC

- Ventilación: Un porcentaje adecuado de vanos facilita la circulación de aire, mejora la calidad ambiental interior y reduce la acumulación de olores y calor.
- Iluminación: Una buena proporción de ventanas permite aprovechar la luz natural, disminuyendo el uso de luz artificial.
- Seguridad y Eficiencia: El diseño de vanos debe considerar también la altura del antepecho y la orientación solar para evitar deslumbramiento, garantizar seguridad infantil y optimizar el desempeño térmico.




Figura 88: Escuela Municipal Borja
Autor: Johannes Marburg, 2020)

4.2.3.2 Análisis de Vanos en Fachadas- Mampostería de Ladrillo


4.2.3.2.1 U.E. Municipal Borja - Y Mons. Jorge Armijos

U.E. Municipal Borja



Áreas	Medidas	Nec	Cumple
Área total de fachada	$4.50\text{m} \times 2.80\text{m} = 12.60\text{m}^2$	40% $2.80\text{m} = 12.60\text{m}^2$	NO
Área vano de la ventana	$3.50\text{m} \times 1.40\text{m} = 4.90\text{m}^2$	Total: 53.17%	
Área vano de la puerta	$0.90\text{m} \times 2.00\text{m} = 1.80\text{m}^2$		
Área total de vanos	$4.90\text{m}^2 + 1.80\text{m}^2 = 6.70\text{m}^2$		
Porcentaje de vanos	$6.70/12.60 \times 100 = 53.17\%$		


Se excede el limite permitido por la norma (Nec)



Áreas	Medidas	Nec	Cumple
Área total de fachada	$4.50\text{m} \times 2.80\text{m} = 12.60\text{m}^2$	40% $2.80\text{m} = 12.60\text{m}^2$	NO
Área vano de la ventana	$4.50\text{m} \times 1.40\text{m} = 6.30\text{m}^2$	Total: 50%	
Porcentaje de vano en fachada	$6.30/12.60 \times 100 = 50\%$		


Se excede el limite permitido por la norma (Nec)

U.E. Municipal Mons. Jorge Guillermo Armijos



Áreas	Medidas	Nec	Cumple
Área total de fachada	$9.00\text{m} \times 2.80\text{m} = 25.20\text{m}^2$	40% $2.80\text{m} = 12.60\text{m}^2$	NO
Área vano de la ventana	$8.00\text{m} \times 1.60\text{m} = 12.80\text{m}^2$	Total: 58,73%	
Área vano de la puerta	$1.00\text{m} \times 2.00\text{m} = 2.00\text{m}^2$		
Área total de vanos	$12.80\text{m}^2 + 2.00\text{m}^2 = 14.80\text{m}^2$		
Porcentaje de vanos	$14.80/25.20 \times 100 = 58.73\%$		

Se excede el limite permitido por la norma (Nec)

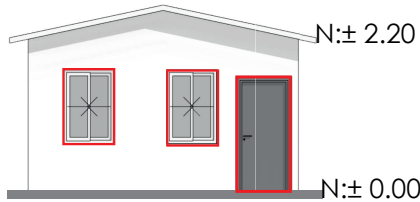


Áreas	Medidas	Nec	Cumple
Área total de fachada	$9.00\text{m} \times 2.80\text{m} = 25.20\text{m}^2$	40% $2.80\text{m} = 12.60\text{m}^2$	NO
Área vano de la ventana	$8.80\text{m} \times 1.60\text{m} = 14.08\text{m}^2$	Total: 55,87%	
Porcentaje de vano en fachada	$14.08/25.20 \times 100 = 55.87\%$		

Se excede el limite permitido por la norma (Nec)

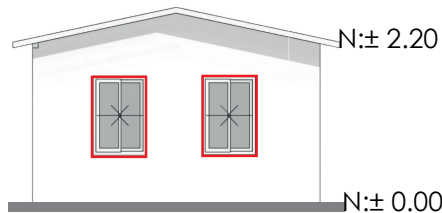
4.2.3.3 Análisis de Vanos en Fachadas- Prefabricadas
 4.2.3.3.1 U.E. Municipal Borja - Y Mons. Jorge Armijos

U.E. Municipal Borja



Áreas	Medidas	Nec	Cumple
Área total de fachada	$2.20\text{m} \times 7.00\text{m} = 15.40\text{m}^2$	$40\% \ 2.80\text{m} = 12.60\text{m}^2$	NO
Área vano de la ventana	$0.95\text{m} \times 1.40\text{m} = 1.33\text{m}^2$	Total: 20.32%	
Área vano de la puerta	$0.90\text{m} \times 2.00\text{m} = 1.80\text{m}^2$		
Área total de vanos	$2.66\text{m}^2 + 1.80\text{m}^2 = 4.46\text{m}^2$		
Porcentaje de vanos	$4.46/15.40 \times 100 = 20.32\%$		

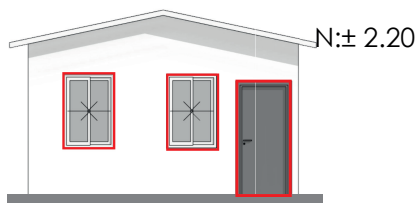
No llega al porcentaje establecido por la norma (Nec)



Áreas	Medidas	Nec	Cumple
Área total de fachada	$2.20\text{m} \times 7.00\text{m} = 15.40\text{m}^2$	$40\% \ 2.80\text{m} = 12.60\text{m}^2$	NO
Área vano de la ventana	$0.95\text{m} \times 1.40\text{m} = 1.33\text{m}^2$	Total: 17.27%	
Porcentaje de vano en fachada	$2.66/15.40 \times 100 = 17.27\%$		

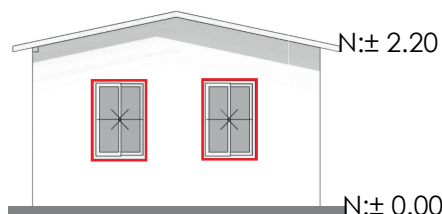
No llega al porcentaje establecido por la norma (Nec)

U.E. Municipal Mons. Jorge Guillermo Armijos



Áreas	Medidas	Nec	Cumple
Área total de fachada	$2.20\text{m} \times 7.00\text{m} = 15.40\text{m}^2$	$40\% \ 2.80\text{m} = 12.60\text{m}^2$	NO
Área vano de la ventana	$0.95\text{m} \times 1.40\text{m} = 1.33\text{m}^2$	Total: 28.96%	
Área vano de la puerta	$0.90\text{m} \times 2.00\text{m} = 1.80\text{m}^2$		
Área total de vanos	$2.66\text{m}^2 + 1.80\text{m}^2 = 4.46\text{m}^2$		
Porcentaje de vanos	$4.46/15.40 \times 100 = 28.96\%$		

No llega al porcentaje establecido por la norma (Nec)



Áreas	Medidas	Nec	Cumple
Área total de fachada	$2.20\text{m} \times 7.00\text{m} = 15.40\text{m}^2$	$40\% \ 2.80\text{m} = 12.60\text{m}^2$	NO
Área vano de la ventana	$0.95\text{m} \times 1.40\text{m} = 1.33\text{m}^2$	Total: 17.27%	
Porcentaje de vano en fachada	$2.66/15.40 \times 100 = 17.27\%$		

No llega al porcentaje establecido por la norma (Nec)

4.2.2 Probeta Virtual

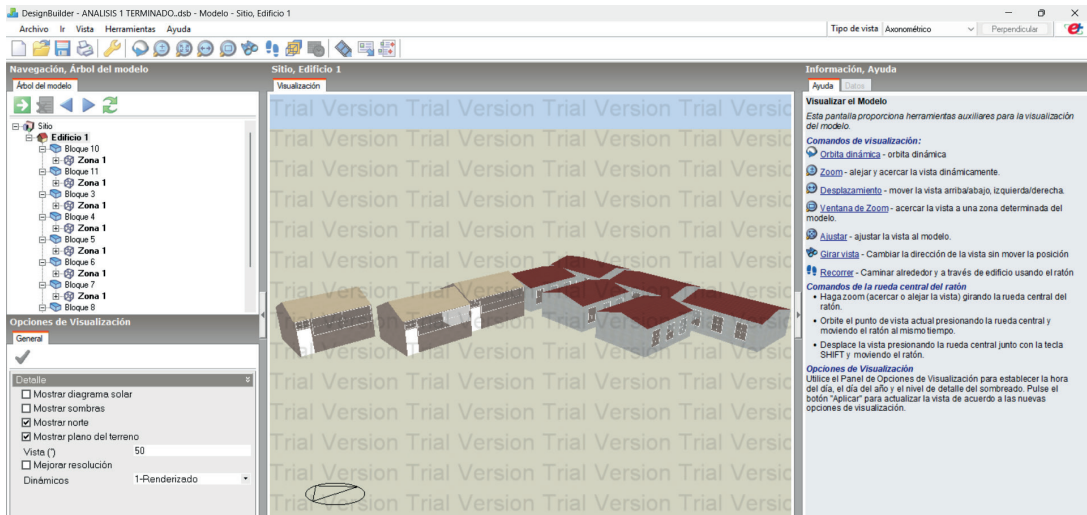
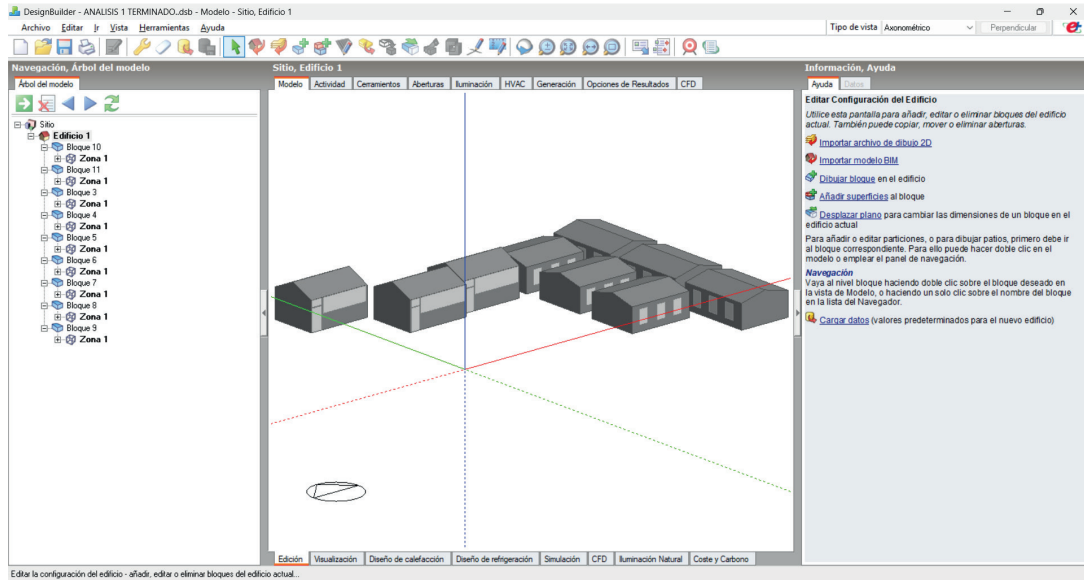
4.2.2.1 Modelado 3D seleccionadas integrando datos

térmicos espaciales y constructivos

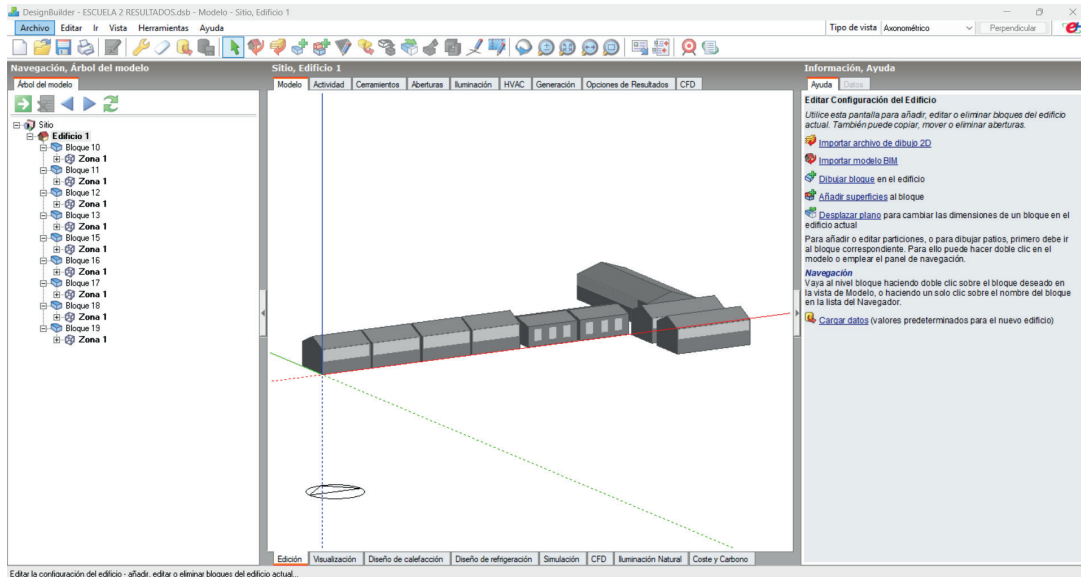
4.2.2.1.1 Levantamiento de escuela Municipal Borja en

Desing Builder

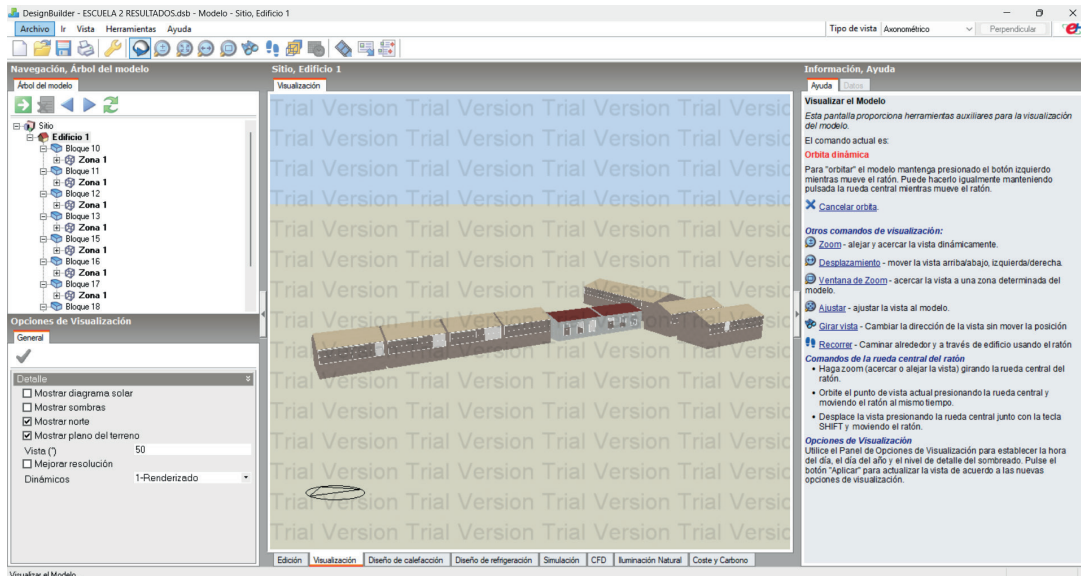
P:128



4.2.2.1.2 Levantamiento de escuela Municipal Armijos en Desing Builder



Editar la configuración del edificio -añadir, editar o elimina bloques del edificio actual.



Visualiza el Modelo.

4.2.2.2 Simulación del estado actual

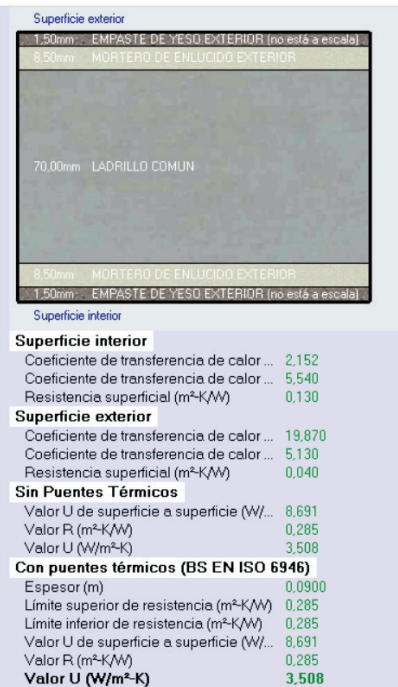
4.2.2.2.1 Sistema constructivo de la Envolvente Desing

Builder - Aula Hormigón

CUBIERTA



MURO



SUELO



P.130

Escuela	U medido (W/m ² ·K)	Límite NEC (W/m ² ·K)	Cumple	Interpretación
Techo Fibrocemento	5,000	2,90	NO	Transmite mucho calor, requiere mejora de aislamiento.
Muro (ladrillo común 70 mm + enlucidos)	3,508	2,35	NO	Deficiente en aislamiento térmico, excede límite NEC.
Piso (loza + hormigón de piso + terrazo)	2,636	3,20	SI	Cumple el límite, aunque el aislamiento es bajo.

Aunque las condiciones del suelo son adecuadas para la implantación, la orientación poco favorable y la baja ventilación provocan que el calor ganado por los muros, sumado a la alta ocupación, se acumule y eleve la temperatura operativa.

Figura 89: Envolvente Hormigón
Autor: Elaborado por el autor, 2025

4.2.2.2 Sistema constructivo de la Envolvente Desing Builder - Aula Prefabricada



P.131


Escuela	U medido (W/m²·K)	Límite NEC (W/m²·K)	Cumple	Interpretación
Techo Fibrocemento+Gypsum	1.491	2.90	SI	Transmite poco calor; el techo no es el principal problema.
Muro (fibrocemento prefabricado)	4.695	2,35	NO	Muy baja resistencia casi el doble del máximo permitido.
Suelo (loseta + hormigón)	2.380	3,20	SI	Dentro de norma; contribución térmica moderada.

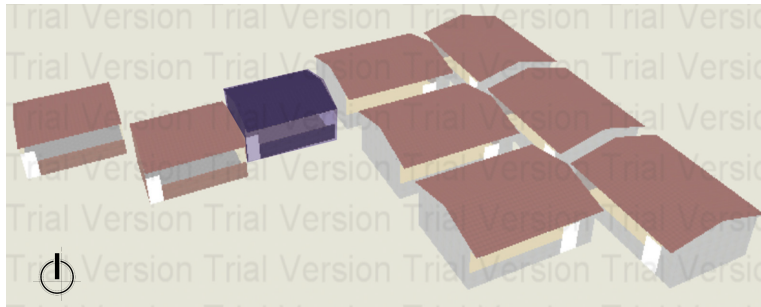
Si bien las condiciones de techo y suelo resultan adecuadas desde el punto de vista constructivo, la orientación ineficiente y la escasa ventilación generan acumulación de calor en los muros. Este efecto, sumado a la elevada densidad de ocupación, provoca un incremento significativo de la temperatura operativa en el interior de las aulas.

Figura 90: Envolvente Hormigón
Autor: Elaborado por el autor, 2025

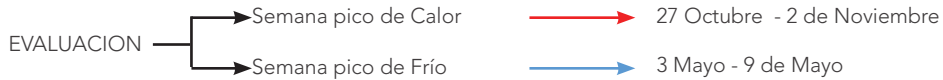
4.2.2.2.3 U.E. Municipal Borja

ESTADO ACTUAL

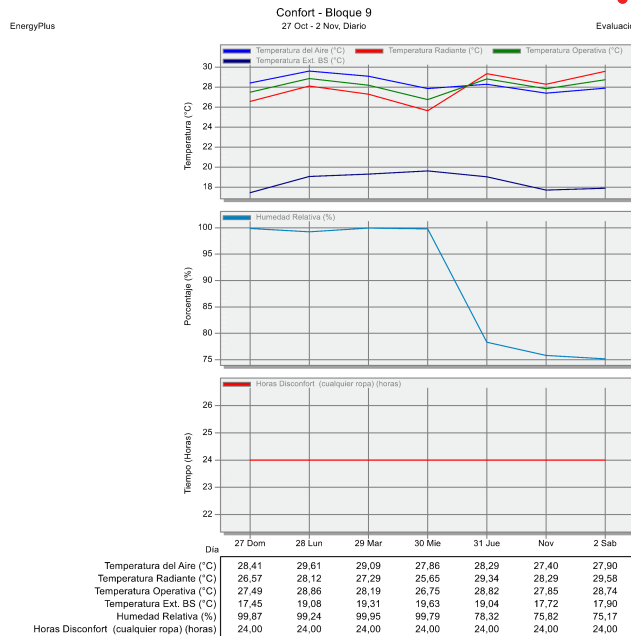
 HORMIGÓN
Orientación N - S



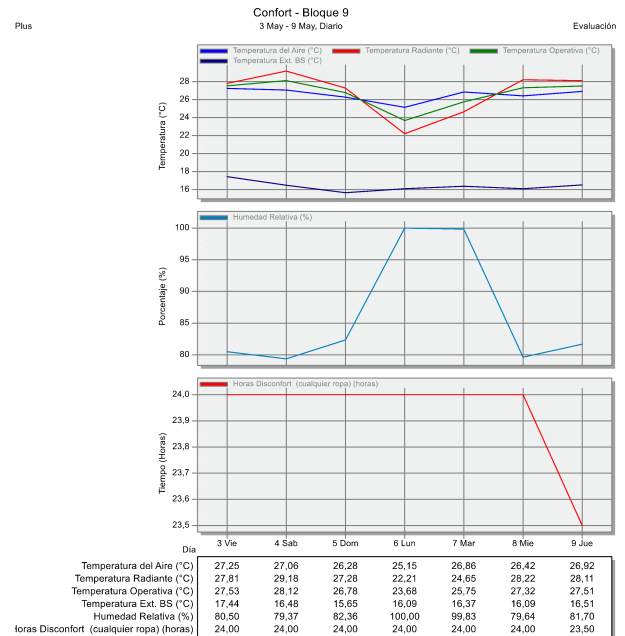
HORMIGÓN



Semana pico de Calor - Aula de Hormigon



Semana pico de Frío - Aula de Hormigon

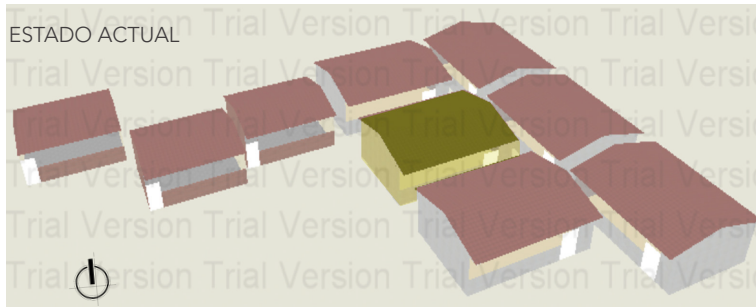


Temperatura Actual: 29,61(°C) X

Temperatura Actual: 27,25(°C) X

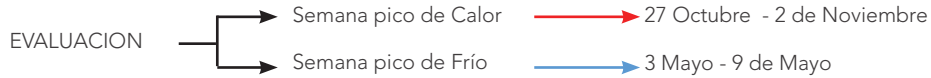
Temperatura Permitida Ashrae55 20-26(°C)

Temperatura Permitida Ashrae55 20-26(°C)



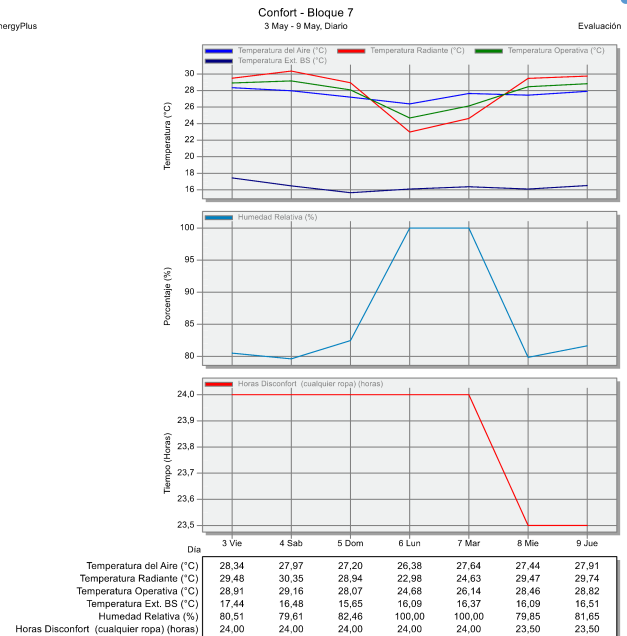
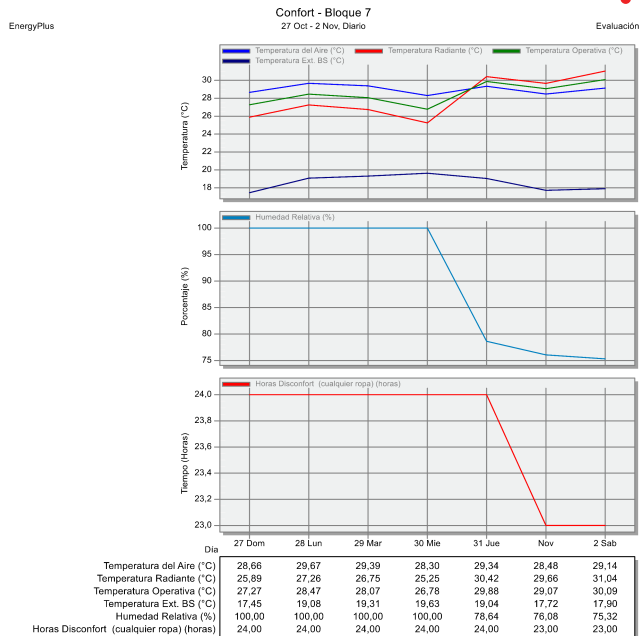
PREFABRICADA
Orientación N - S

PREFABRICADA



Semana pico de Calor - Aula

Semana pico de Frío - Aula de Prefabricada



Temperatura Actual: 29,61(°C) X

Temperatura Actual: 27,25(°C) X

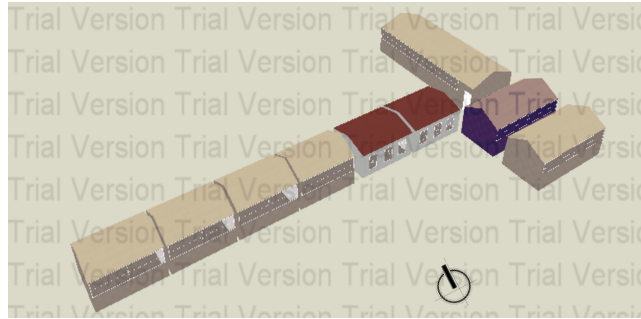
Temperatura Permitida Ashrae55 20-26(°C)

Temperatura Permitida Ashrae55 20-26(°C)

4.2.2.2.4 U.E. Municipal Mons. Jorge Armijos

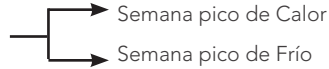
ESTADO ACTUAL

HORMIGÓN
Orientación N - S



HORMIGÓN

EVALUACIÓN

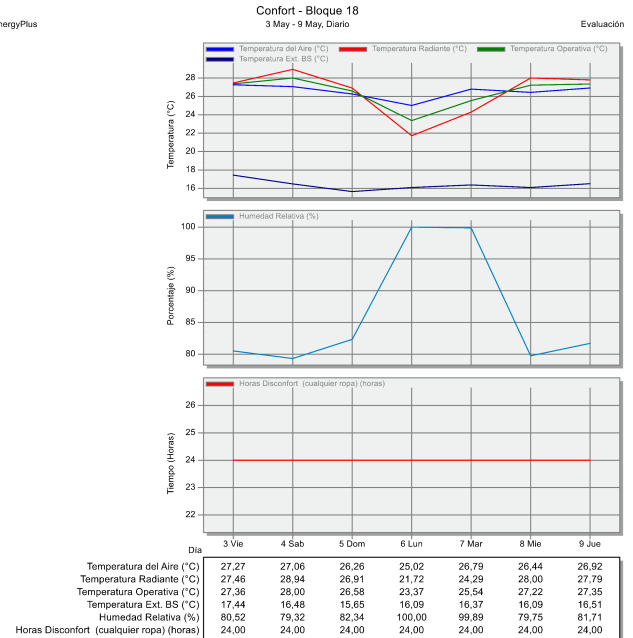
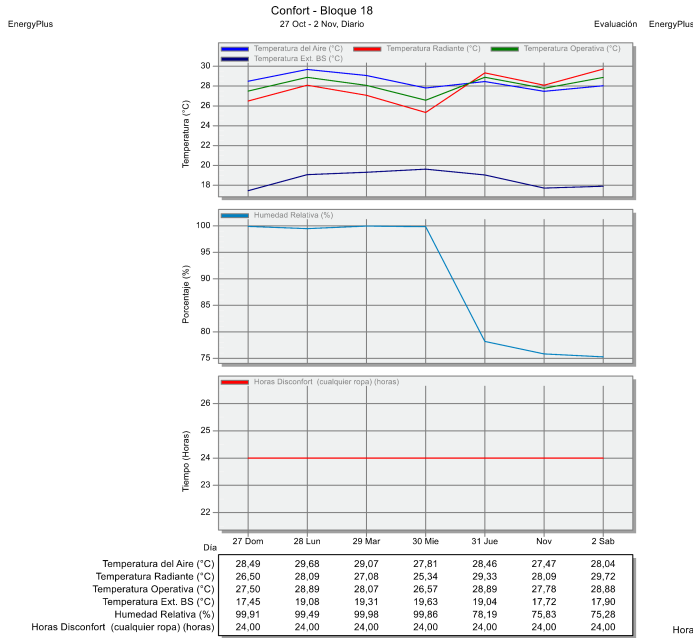


→ 27 Octubre - 2 de Noviembre

→ 3 Mayo - 9 de Mayo

Semana pico de Calor - Aula de Hormigón

Semana pico de Frío - Aula de Hormigón

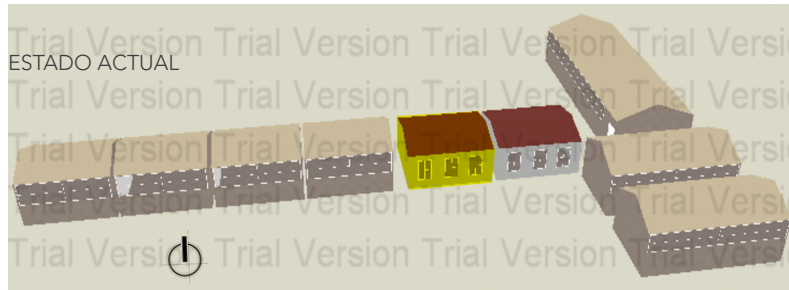


Temperatura Actual: 29,68(°C) X

Temperatura Actual: 27,27 (°C) X

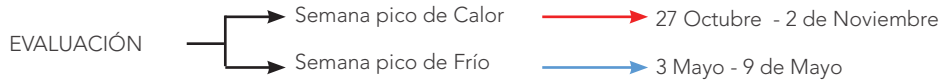
Temperatura Permitida Ashrae55 20-26(°C)

Temperatura Permitida Ashrae55 20-26(°C)



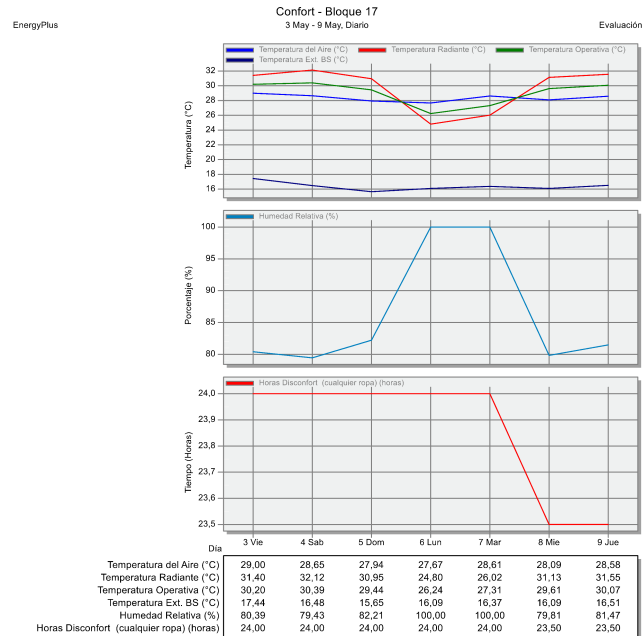
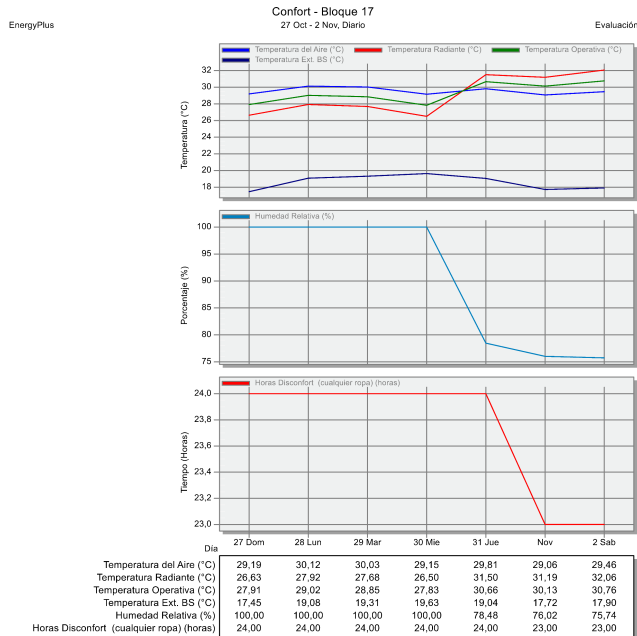
PREFABRICADA
Orientación N - S

PREFABRICADA



Semana pico de Calor - Aula de Prefabricadas

Semana pico de Frío - Aula de Prefabricadas



Temperatura Actual: 30,03 (°C) X

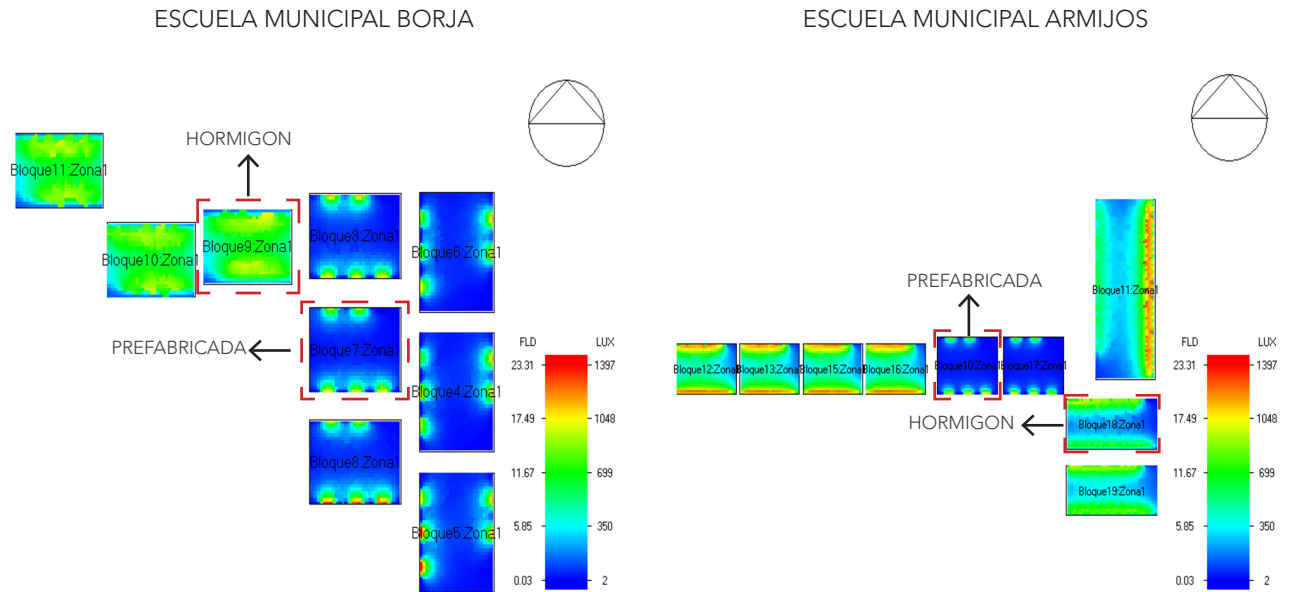
Temperatura Actual: 29,01 (°C) X

Temperatura Permitida Ashrae55 20-26(°C)

Temperatura Permitida Ashrae55 20-26(°C)

4.2.2.2.5 Análisis Lumínico

Para este análisis se tomaron en cuenta dos aulas de cada escuela por sistema constructivo y por ubicación desfavorable.



Escuela	Tipo de Aula	Resultados Lux	Nec	Cumple
Municipal Borja	Hormigon Bloque 9	750Lux	300-500-750Lux	SI
Municipal Borja	Prefabricada Bloque 7	6 Lux	300-500-750Lux	NO
Municipal Armijos	Hormigon Bloque 18	400Lux	300-500-750Lux	NO
Municipal Armijos	Prefabricada Bloque 10	8 Lux	300-500-750Lux	NO

Figura 91: Análisis de Ventilación
Autor: Elaborado por el autor, 2025

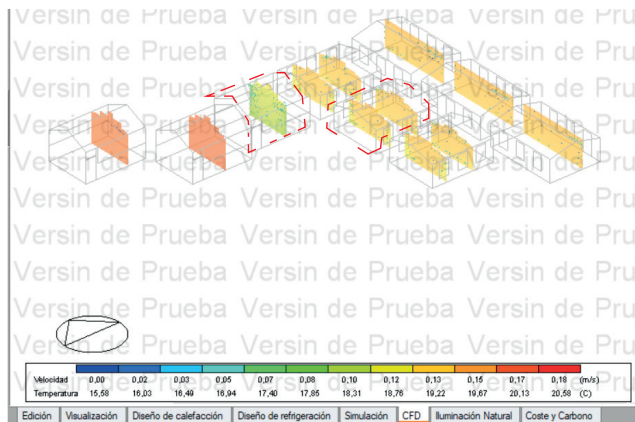
En la escuela Borja, solo el aula de hormigón cumple con la NEC, mientras que la prefabricada presenta una iluminación muy deficiente.

En Armijos, ninguna de las dos aulas alcanza el mínimo requerido, lo que evidencia problemas de orientación y diseño que limitan el aprovechamiento de la luz natural.

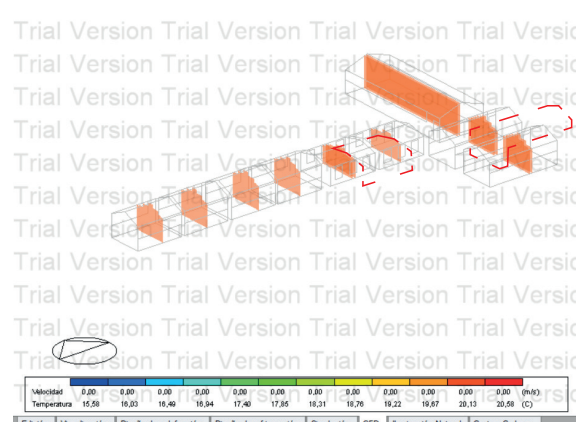
4.2.2.2.6 Análisis de Ventilación

El análisis CFD muestra la velocidad del aire en las aulas. La normativa NEC y ASHRAE 62.1 recomiendan valores de ACH (renovaciones/hora) mínimos para garantizar calidad de aire y confort térmico.

ESCUELA MUNICIPAL BORJA



ESCUELA MUNICIPAL ARMIJOS



Escuela	Tipo de Aula	ACH(ren/h) medida	Nec	Cumple	Observaciones
Municipal Borja	Hormigon Bloque 9	0,71	0.05	No	Ventilación deficiente sin flujo cruzado.
Municipal Borja	Prefabricada Bloque 7	0,71	0.05	No	Ventilación deficiente sin flujo
Municipal Armijos	Hormigon Bloque 18	1,27	0.05	No	Debajo de lo requerido
Municipal Armijos	Prefabricada Bloque 10	1,27	0.05	No	Baja Ventilación

Figura 92: Análisis de Ventilación
Autor: Elaborado por el autor, 2025

La velocidad del aire en todas las aulas es muy baja, entre 0.00 y 0.05 m/s, lo que se traduce en tasas de renovación de aire muy inferiores a las recomendadas por la NEC y ASHRAE.

Esto provoca acumulación de calor y deterioro de la calidad del aire interior, afectando el confort térmico de los estudiantes.

TABLA RESUMEN DIAGNOSTICO



UNIDAD EDUCATIVA MUNICIPAL BORJA



UNIDAD EDUCATIVA MUNICIPAL MONS. JORGE GUILLERMO ARMIJOS

CONFORT TÉRMICO

HORMIGON		PREFABRICADA	
CALOR	FRIO	CALOR	FRIO
29,61°C	27,25°C	29,67°C	27,97°C

NORMA ASHRAE 55: RANGO DE TEMPERATURA PERMITIDO 20-26°C

CONFORT LUMÍNICO

HORMIGON		PREFABRICADA	
LUX		LUX	
750LUX		6 LUX	

NEC : RANGO PERMITIDO 300-500 LUX OPTIMO 750 LUX

VENTILACIÓN

HORMIGON		PREFABRICADA	
.	.	.	.

NEC : RANGO PERMITIDO 0,05 RENOVACIÓN DEL AIRE

CONFORT TÉRMICO

HORMIGON		PREFABRICADA	
CALOR	FRIO	CALOR	FRIO
29,61°C	27,25°C	29,67°C	27,97°C

NORMA ASHRAE 55: RANGO DE TEMPERATURA PERMITIDO 20-26°C

CONFORT LUMÍNICO

HORMIGON		PREFABRICADA	
LUX		LUX	
400LUX		8 LUX	

NEC : RANGO PERMITIDO 300-500 LUX OPTIMO 750 LUX

VENTILACIÓN

HORMIGON		PREFABRICADA	
.	.	.	.

NEC : RANGO PERMITIDO 0,05 RENOVACIÓN DEL AIRE

4.2.3. Análisis de Resultados

4.2.3.1 Análisis de Usuario

El análisis de usuario se desarrolló con el objetivo de identificar percepciones directas sobre el confort ambiental en las aulas escolares, fortaleciendo la validez del diagnóstico arquitectónico desde la experiencia cotidiana de quienes habitan los espacios. Tal como señala Montoya Abril (2021), “Conocer los resultados del análisis de usuario permite identificar hallazgos clave que orientan las decisiones de diseño e intervención”.

Para ellos se aplicaron dos instrumentos complementarios

- Encuestas Estructuradas, que permitieron obtener datos cuantitativos sobre confort térmico, lumínico, acústico y ventilación.
- Entrevistas semiestructuradas, que profundizan en la percepción docente sobre las condiciones ambientales que inciden en el aprendizaje de los usuarios.

Ambos instrumentos se dirigieron exclusivamente al personal docente de las escuelas municipales Mons. Jorge Guillermo Armijos y Borja, seleccionados por su uso constante y conocimiento directo de los espacios escolares. Por consideraciones éticas, se excluyó a los estudiantes, priorizando la fiabilidad de los datos obtenidos.

Las encuestas se aplicaron a la totalidad del personal docente, es decir a 20 profesores (10 por escuela), mediante un muestreo censal, ya que la población es reducida y completamente accesible. Este enfoque garantiza representatividad completa sin necesidad de fórmulas estadísticas, como lo señala Hernandez Sampieri et al., (2014).

Las entrevistas se realizaron a cinco docentes seleccionados por muestreo por criterio, considerando su antigüedad y experiencia directa en el uso de espacios escolares. Este tipo de muestreo es adecuado en investigaciones cualitativas, ya que permite elegir participantes con conocimiento profundo del fenómeno estudiado (Hernandez Sampiere et al., 2014)

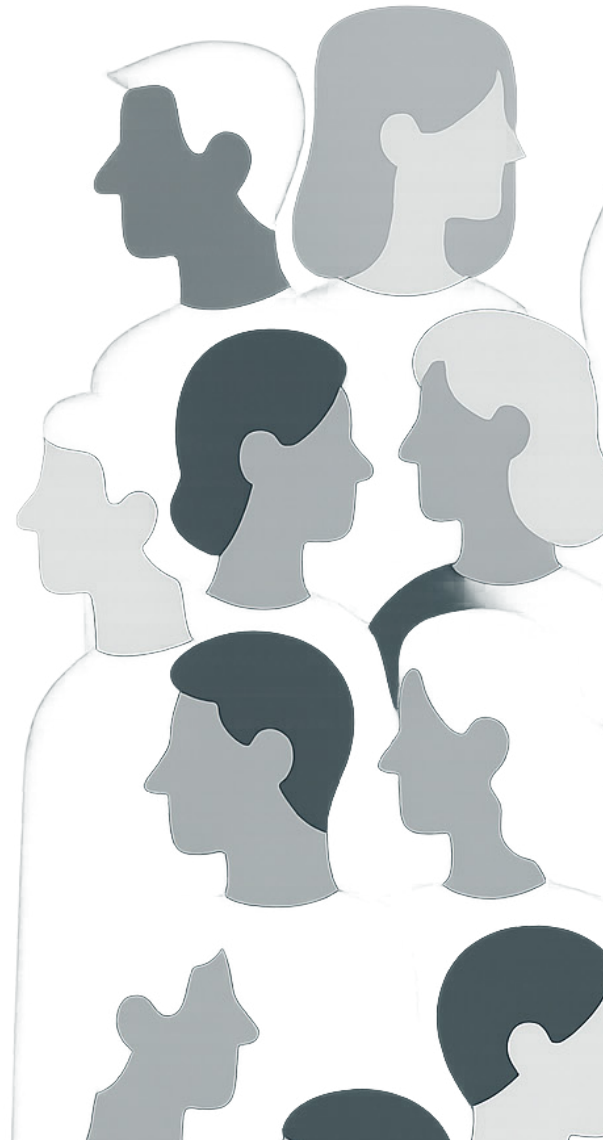


Figura 93: Análisis de Usuario
Autor: Elaborado por el autor, 2025

4.2.3.2 Modelo de Entrevista

1. ¿Cómo varía la percepción de la temperatura en el aula para los estudiantes durante diferentes momentos del día (por ejemplo: ¿en la mañana, al mediodía y en la tarde)?
2. ¿Cree usted que la temperatura del aula genera incomodidad en los estudiantes especialmente en aquellos que se muestran inquietos, distraídos o fatigados?
3. En momentos de mucho frío o mucho calor, ¿qué acciones realizan los estudiantes para adaptarse al ambiente del aula? (por ejemplo: abrir ventanas, cambiarse de lugar, beber agua, ponerse o quitarse el abrigo)
4. ¿La ventilación natural del aula permite renovar el aire adecuadamente a lo largo del día?
5. ¿Considera que la ventilación natural del aula contribuye a evitar la acumulación de malos olores, o cree que no es suficiente para mantener el aire fresco durante la Jornada escolar?
6. ¿La cantidad de luz natural que ingresa al aula es suficiente, insuficiente o excesiva para realizar actividades como leer, escribir o usar dispositivos electrónicos?
7. ¿Considera que el nivel de ruido dentro del aula o proveniente del entorno afecta la concentración o desempeño de los estudiantes? ¿En qué momentos del día o actividades se vuelve
8. ¿Ha observado que los estudiantes o usted mismo adoptan estrategias para contrarrestar el ruido en el aula o en el entorno? (por ejemplo: cerrar ventanas, hablar más fuerte, cambiar de

4. ¿La temperatura del aula es adecuada para las clases?
Sí - No - Poco adecuada - Adecuada

5. En condiciones de frío, ¿con qué frecuencia los estudiantes se colocan una chompa u otra prenda adicional durante la jornada escolar?
Siempre - Frecuentemente - Ocasionalmente - Nunca

6. En condiciones de calor, ¿con qué frecuencia los estudiantes se quitan la chompa u otra prenda durante la jornada escolar?
Siempre - Frecuentemente - Ocasionalmente - Nunca

Confort Lumínico

7. ¿Considera que la iluminación natural del aula es suficiente para realizar las actividades escolares?
Sí - No - A veces

8. ¿Los estudiantes manifiestan incomodidad visual debido a la iluminación del aula?
Sí, frecuentemente - A veces - Rara vez - Nunca

Confort Acústico

9. ¿Con qué frecuencia el ruido externo interfiere en las actividades escolares?
Siempre - Frecuentemente - Ocasionalmente - Nunca

10. ¿Los estudiantes manifiestan distracción debido al ruido dentro o fuera del aula?
Sí, frecuentemente - A veces - Rara vez - Nunca

Ventilación

11. ¿Considera que el aula cuenta con una ventilación adecuada?
Sí - No

12. ¿Con qué frecuencia se abren las ventanas del aula para permitir la circulación de aire?
Siempre - Frecuentemente - Ocasionalmente - Nunca

13. ¿Considera que la ventilación natural del aula contribuye a evitar la acumulación de malos olores?
SI - NO

4.2.3.3 Modelo de Encuesta

Confort Térmico

1. ¿Cómo describiría la temperatura del aula cuando hace frío?
Muy fría - Fría - Neutral - Poco fría

2. ¿Cómo describiría la temperatura del aula cuando hace calor?
Muy caliente - Caliente - Neutral - Poco caliente - Muy fría - Fría - Neutral - Poco fría

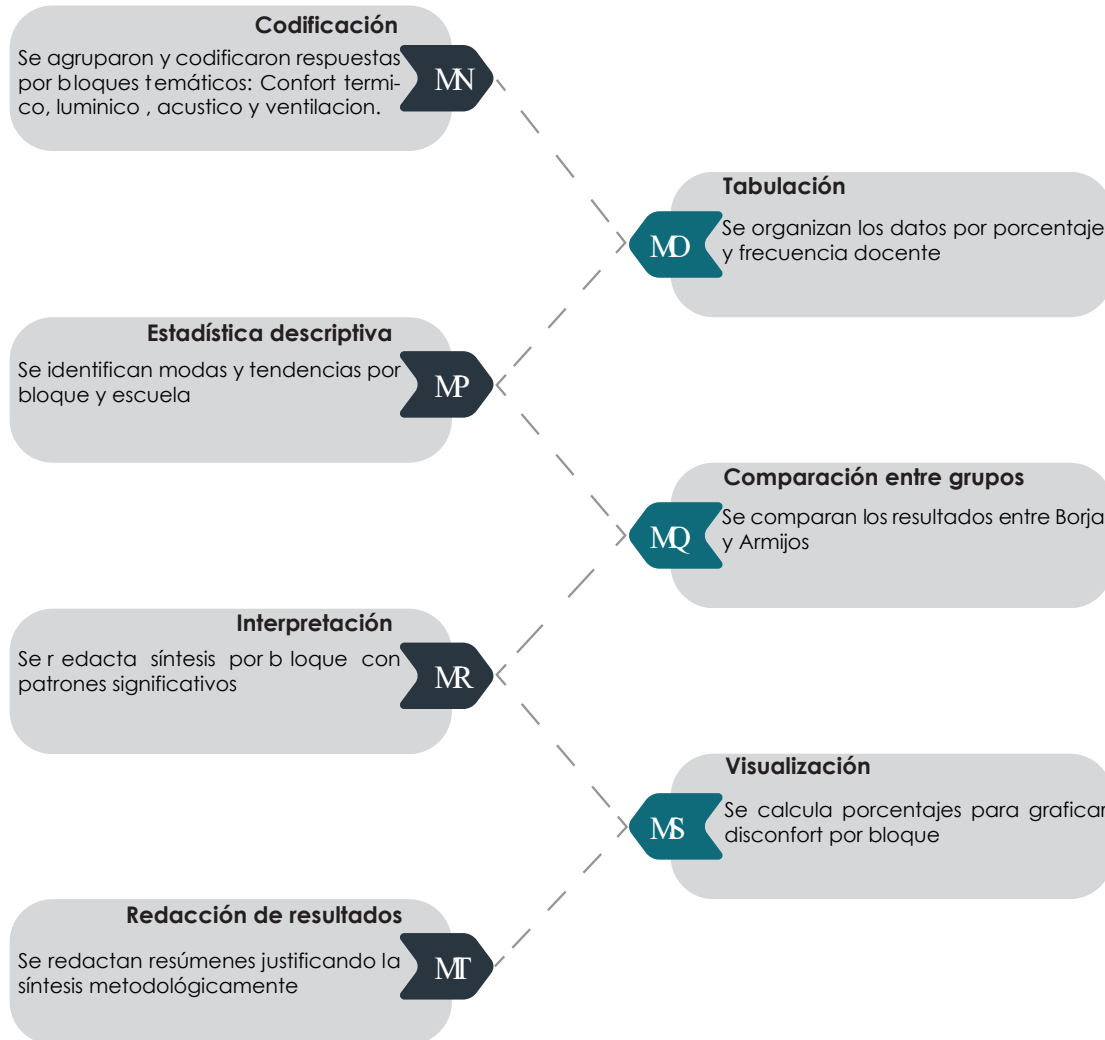
3. ¿Te gustaría que la temperatura fuera?
Mas fría - Ningún Cambio - Mas Cálida

4.2.3.4 Metodología del Análisis Cuantitativo

Para procesar la información obtenida en las encuestas y entrevistas al cuerpo docente, se aplicó la secuencia metodológica propuesta por Hernández Sampieri (2014)

Este enfoque permitió organizar, codificar y comparar los datos de manera sistemática, identificando patrones de confort y discomfort ambiental que respaldan las conclusiones y recomendaciones del estudio.

Etapas del análisis cuantitativo, Sampieri, 2014



4.2.3.5 Modelo de Encuesta

4.2.3.5.1 Codificación - Bloques Temáticos y preguntas asociadas

Bloque Temático	Preguntas del cuestionario	Tipo de respuestas codificadas
Confort Termico	Preguntas del 1-6	Muy Fría, Fría, Neutral, Caliente, Muy Caliente
Confort Lumínico	Preguntas del 7-8	Suficiente, Insuficiente, Incomodidad Visual
Confort Acústico	Preguntas del 9-10	Distraccion, Ruido externo, Frecuencia
Ventilación	Preguntas del 11-13	Adecuada, No adecuada, Evita olores

Figura 94: Codificación
Autor: Elaborado por el autor, 2025

La codificación organiza las respuestas en cuatro bloques temáticos confort térmico, lumínico, acústico y ventilación para detectar diferentes tipos de inconfort en el aula. Cada bloque agrupa preguntas específicas y categorías que permiten identificar que condiciones afectan la experiencia educativa y orientar futuras mejoras arquitectónicas

4.2.3.5.2 Tabulación - Frecuencia por Bloque y Escuela asociadas

Bloque Temático	Indicador de Disconfort	Borja (docentes)	Borja (%) (docentes)	Armijos (docentes)	Armijos (%)
Confort Termico	Muy fría o muy caliente / No adecuada	6	60%	8	80%
Confort Lumínico	No hay suficiente luz/ Incomodidad frecuente	4	40%	6	60%
Confort Acústico	Distracción frecuente por ruido / Interferencia sonora	7	70%	8	80%
Ventilación	Ventilación no adecuada / No se evita malos	7	70%	8	80%

Figura 95: Tabulación
Autor: Elaborado por el autor, 2025

El nivel de disconfort es alto en ambas instituciones, especialmente en Armijos, donde los cuatro bloques alcanzan el 80%. El confort acústico y la ventilación muestran igual afectación en Borja (70%)

mientras que el térmico y lumínico reflejan condiciones menos severas. Estos datos sugieren que la calidad del ambiente escolar requiere mejoras multidimensionales, priorizando control térmico, ventilación y reducción de ruidos.

4.2.3.5.3 Estadística Descriptiva - Tendencia por Bloque Asociadas

Bloque Temático	Escuela	Indicador de Disconfort	Tendencia General
Confort Térmico	Borja Armijos	Muy fría/Muy Caliente Fria/Muy Caliente	Disconfort considerado Disconfort severo por calor y frío
Confort Lumínico	Borja Armijos	No hay suficiente luz Incomodidad visual Frecuente	Problemas de iluminación natural Distribución irregular de luz interior
Confort Acústico	Borja Armijos	Distracción frecuente por ruido Ruido externo frecuente	Problemas moderados de ruido Alta interferencia sonora
Ventilación	Borja Armijos	No adecuada/ Se abren ventanas No adecuada/ Se abren ventanas	Ventilación insuficiente Mala renovación de aire

Figura 96: Estadística
Autor: Elaborado por el autor, 2025

4.2.3.5.4 Comparación entre U.E.M. Borja - U.E.M.M.J.G.A

El análisis de las percepciones docentes en la Unidad Educativa Municipal Monseñor Jorge Armijos evidencia niveles elevados de disconfort ambiental, principalmente en los componentes de confort térmico (80 %), confort acústico (80%) y ventilación (85%), lo que refleja condiciones interiores inadecuadas para el desarrollo óptimo de las actividades educativas. Adicionalmente, el confort lumínico (60 %) presenta un nivel medio de inconformidad, asociado a una iluminación natural y artificial insuficiente en ciertos espacios. Estos resultados permiten identificar deficiencias ambientales significativas que afectan el bienestar y el rendimiento de los usuarios.

U.E.M.M.J.G.A presenta niveles altos de disconfort en:



En la Unidad Educativa Municipal Borja, los resultados del levantamiento de percepciones docentes indican niveles altos de disconfort ambiental, especialmente en confort térmico (70 %), confort acústico (70 %) y ventilación (70 %), lo que evidencia limitaciones en las condiciones ambientales interiores. Por su parte, el confort lumínico (40 %) presenta un nivel moderado de inconformidad, lo que sugiere la presencia de deficiencias puntuales en la distribución y calidad de la iluminación. En conjunto, estos indicadores reflejan la necesidad de estrategias de intervención arquitectónica orientadas a mejorar la calidad

Escuela Municipal Borja presenta niveles altos de disconfort en:



4.2.3.5.5 Interpretación por Bloque temático y por Escuela

Los resultados por bloque temático fueron analizados considerando las particularidades de cada institución. A continuación, se presentan las principales interpretaciones.
Confort Térmico

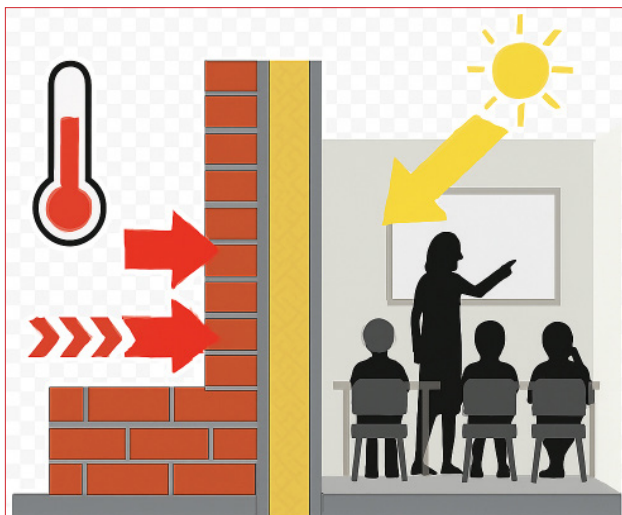
U.E.M.M.J.G.A: El 80% de docentes reporta disconfort térmico, señalando aulas muy calientes en jornadas soleadas y frías en invierno. Esto evidencia falta de aislamiento térmico y ausencia de regulación de temperatura

U.E.M.B: Aunque el porcentaje es menor (60%), también se percibe incomodidad térmica, principalmente por frío en las mañanas. Se requiere optimizar estrategias de ganancia solar y protección en horas calidas.

Confort Lumínico

U.E.M.M.J.G.A: El 60% manifiesta molestias visuales, lo que sugiere una distribución desigual de la luz natural o reflejos molestos.

U.E.M.B: El 40% señala insuficiente luminica, probablemente por orientación desfavorable o apertura limitada hacia el exterior.



Confort Acústico

U.E.M.B: 70%
 U.E.M.M.J.G.A: 80%

Ambas escuelas presentan disconfort acústico asociado a interferencia sonora tanto interna como externa. Se identifican dificultades de concentración durante clases, especialmente en actividades que requieren silencio o atención. Este factor incide directamente en el rendimiento académico y en la necesidad de implementar medidas de control y aislamiento acústico en las aulas.

Confort Ventilación

U.E.M.M.J.G.A: El 85% percibe la ventilación como no adecuada, con persistencia de malos olores y sensación de aire estancado.

U.E.M.B: El 70% considera que la ventilación no es adecuada, registrándose en ciertos momentos acumulación de malos olores y una atmósfera poco fresca, situación que se acentúa en aulas con menor apertura de vanos y orientación que dificulta la circulación natural del aire

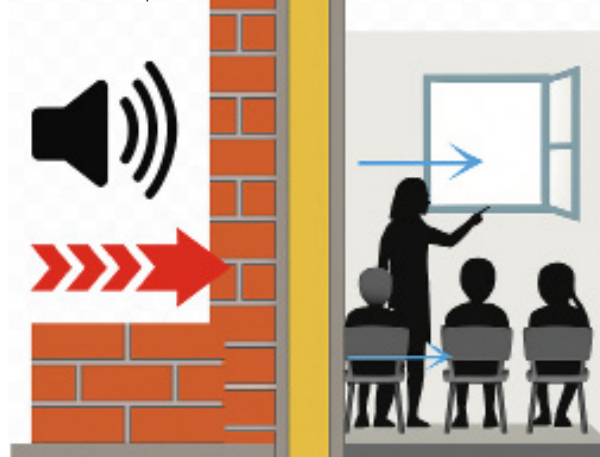
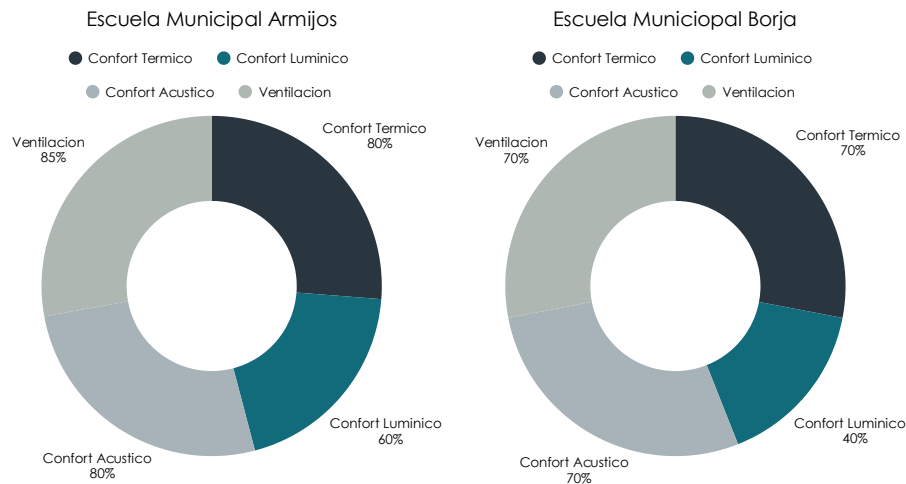


Figura 97: Térmico
 Autor: Elaborado por el autor, 2025

4.2.3.5.6 Visualización Gráfica

Se contrastaron los resultados por bloque temático entre las escuelas Borja y Mons. Jorge Armijos, evidenciando diferencias relevantes en las percepciones docentes respecto al confort ambiental:



4.2.3.5.7 Redacción de Resultados

Este proceso metodológico permitió sistematizar las percepciones docentes sobre el confort ambiental en las aulas, validando los hallazgos desde la experiencia del usuario. Tal como señala Sampieri (2014), “la investigación cualitativa busca comprender fenómenos desde la perspectiva de los participantes”, por lo tanto se determino que:

Escuela Municipal Mons. Jorge Guillermo Armijos

Se evidencian condiciones térmicas adversas, con acumulación de calor en el interior del aula, posiblemente vinculadas a la orientación y materiales de envolvente.

Se reporta una alta presencia de ruido externo e interno, que interfiere en la concentración de los estudiantes durante las clases.

La ventilación natural presenta deficiencias significativas, generando una atmósfera cargada y poco renovada.

Se identifican problemas lumínicos derivados de reflejos molestos en superficies de trabajo y una distribución irregular de la luz.

Escuela Municipal Borja

Las condiciones térmicas resultan incómodas en ciertos momentos del día, especialmente en aulas expuestas a radiación directa sin control pasivo.

El ruido ambiental aparece como un factor disruptivo, aunque con menor intensidad que en la otra institución.

La ventilación se percibe como insuficiente, especialmente en espacios cerrados o con ventanas obstruidas.

La iluminación natural genera contrastes y deslumbramientos puntuales, afectando la visibilidad en zonas específicas del aula.

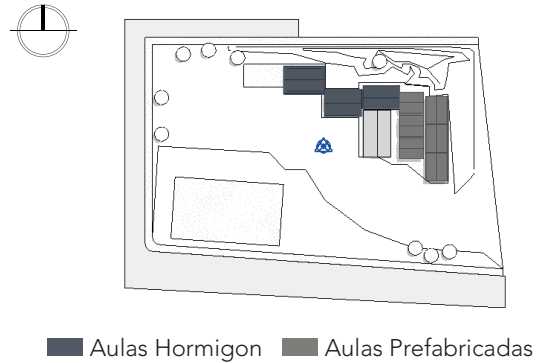
4.2.3.3 Síntesis FODA

Fortalezas:

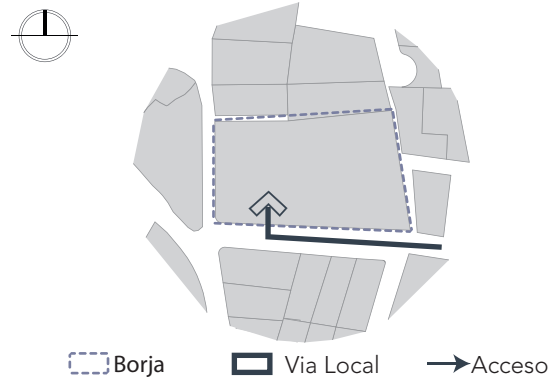
FORTALEZAS (Factores Internos Positivos)

Escuela Municipal Borja

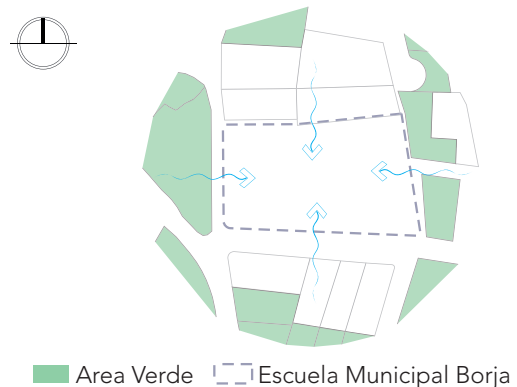
La escuela cuenta con dos tipos de aula : Mamposteria y otras Prefabricadas, esta diversidad constructiva permite evaluar el comportamiento termico de cada sistema y aplicar estrategias constructivas especificas segun el tipo de material y su configuracion. Se evidenció que ambas tipologías presentan sobrecalentamiento, siendo mas crítico en las aulas prefabricadas por su baja inercia térmica y escasa ventilación. Las de manposteria también requieren mejoras, como control solar y ventilación cruzada para optimizar el confort térmico.



La unidad educativa dispone de acceso directo desde la via pública. Esto mejora la movilidad peatonal y vehicular, facilitando el ingreso de estudiantes, docentes y conectando el equipamiento con su entorno inmediato. La ubicación del acceso influye directamente en la seguridad en el ingreso y la relación funcional con el espacio urbano, ya que determina los flujos de circulación, la visibilidad del equipamiento y su integración con la infraestructura existente.



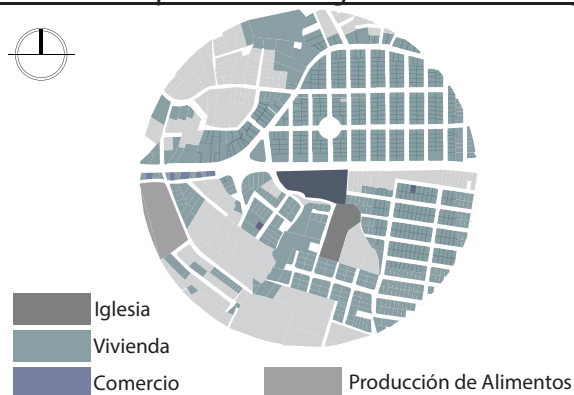
La escuela conlinda con terrenos baldíos y áreas verdes espontaneas que generan microclimas favorables y actúan como barreras termicas naturales, ayudando a reducir el impacto del clima exterior sobre el confort térmico interno de las aulas.



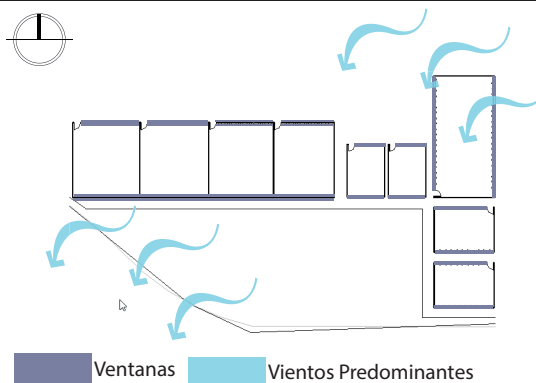
Fortalezas:

FORTALEZAS (Factores Internos Positivos) Escuela Municipal Mons. Jorge Guillermo Armijos

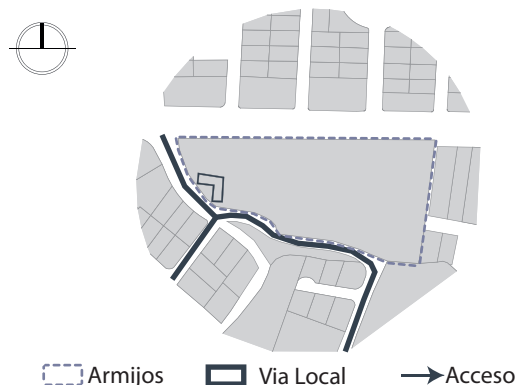
La escuela se ubica en un entorno mixto, caracterizado por la presencia de viviendas, comercio barrial, producción de alimentos y equipamientos comunitarios como la iglesia. La cercanía de servicios básicos, comercio, vivienda y espacios religiosos facilita el acceso cotidiano de estudiantes y docentes, permitiendo que muchos permanezcan en el entorno escolar antes y después de la jornada. Esto refuerza el vínculo comunitario y el aprovechamiento del equipamiento educativo como espacio de encuentro y apoyo social.



Las aulas cuentan con ventanas orientadas en función de los vientos predominantes del sector, lo que permite implementar estrategias de ventilación cruzada. Esta condición favorece la renovación del aire interior y contribuye a mejorar la envolvente térmica del espacio, reduciendo la acumulación de calor y optimizando el confort ambiental de forma pasiva.



La localización del acceso principal sobre una vía pública garantiza una conectividad directa con la red vial urbana, promoviendo una accesibilidad eficiente y segura para peatones y vehículos. Esta condición incide positivamente en la operatividad del equipamiento y su relación con el tejido urbano.

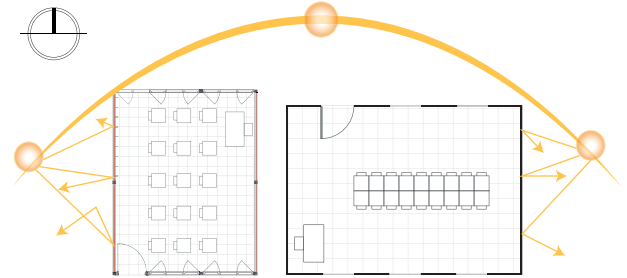


Debilidades:

DEBILIDADES (Factores Internos Negativos)

Escuela Municipal Borja

Las aulas seleccionadas están mal orientadas, no reciben radiación solar directa ni permiten una ventilación cruzada adecuada, lo que afecta negativamente el confort térmico y lumínico de los espacios interiores.



Los materiales utilizados en la envolvente (plancha de fibrocemento en techo, muros sin aislamiento, ventanas de vidrio simple) presentan una alta transmitancia térmica, lo que reduce la eficiencia energética y confort ambiental dentro del aula. Esta condición favorece la acumulación de calor en horas pico, limita la capacidad de regulación térmica pasiva y genera ambientes poco adecuados para el aprendizaje. El diagnóstico evidencia la necesidad de implementar intervenciones constructivas como aislamiento en cubierta y muros, incorporación de vidrio doble o elementos de sombra, con el fin de mejorar el desempeño térmico del espacio y garantizar condiciones óptimas para el uso educa-

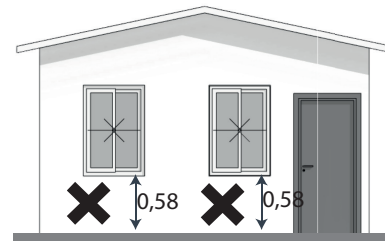


Cubierta de fibrocemento sin cielo raso

Ventanas de vidrio simple de 3mm

Muros de mampostería de ladrillo sin aislantes.

La altura del antepecho de 58 cm no cumple con los estándares mínimos de seguridad, ya que para aulas con niños pequeños se recomienda una altura mínima de 90 cm para prevenir riesgos de caídas. Debido a esta altura insuficiente, las ventanas no se abren completamente para garantizar la seguridad y el cuidado de los niños, lo que limita la ventilación natural y afecta negativamente el confort térmico.



Altura de Antepecho Recomendado 90cm ✓

Altura de Antepecho Actual 58cm ✗

Debilidades:

DEBILIDADES (Factores Internos Negativos)

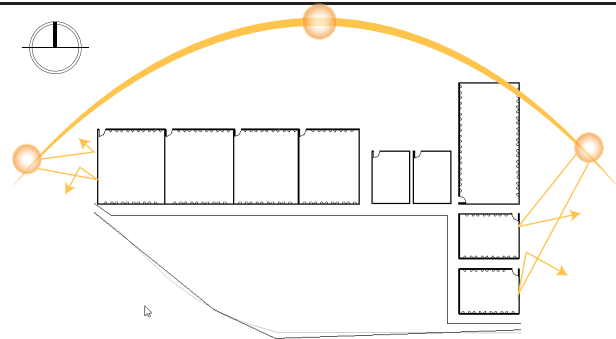
Escuela Municipal Mons. Jorge Guillermo Armijos

Los materiales que se usan a nivel de envolvente panel prefabricado fibrocemento, ventanas de marco de aluminio con vidrio simple no son los mas aptos ya que tienen alta transmitancia termica lo que dificulta la habitabilidad dentro de las aulas de clase.

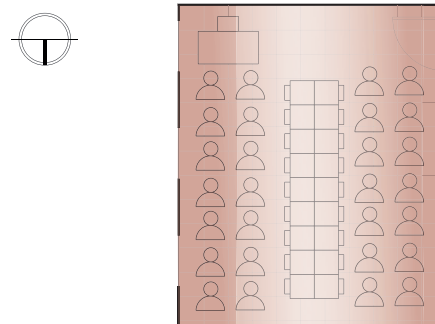


- Ventanas de vidrio simple 3mm con marco de aluminio
- Paneles de fibrocemento espesor 4cm sin aislantes.

Las aulas cuentan con una orientacion desfavorable lo que limita la entrada de luz natural ya que las ventanas se encuentran ubicadas en la orientacion contraria al recorrido solar.



Las aulas seleccionadas se encuentran densamente ocupadas sin tener una buena iluminacion y ventilacion lo cual afecta al acondicionamiento termico, ayudando a subir la temperatura interior y generar malos olores internos.



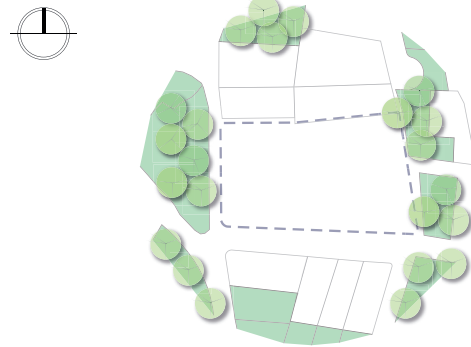
- Temperatura alta interna
- Alta densidad de alumnos

Oportunidades:

OPORTUNIDADES (Factores Externos Positivos)

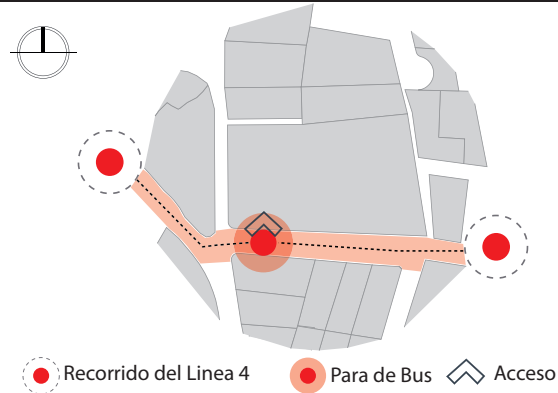
Escuela Municipal Borja

Existen terrenos baldíos colindantes al predio educativo que pueden ser aprovechados para la implementación de estrategias pasivas como huertos, zonas de sombra vegetal o barreras mediante vegetación que ayuden a mejorar el microclima del entorno inmediato.



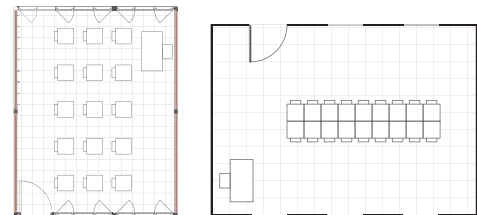
■ Area Verde disponible para intervención bioclimática.

La escuela esta conectada con la línea de transporte público urbano (Linea 4), lo que mejora su accesibilidad desde otras zonas de la ciudad y fortalece la integración territorial del equipamiento.



● Recorrido del Linea 4 ● Para de Bus ↗ Acceso

Las normativas nacionales e internacionales, como la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) y el estándar ASHRAE 55, ofrecen criterios técnicos que permiten justificar las intervenciones arquitectónicas orientadas a mejorar el confort térmico y la eficiencia energética. Su aplicación fortalece la propuesta de mejora al vincularla con parámetros reconocidos de habitabilidad, eficiencia energética y desempeño ambiental, para entornos educativos.



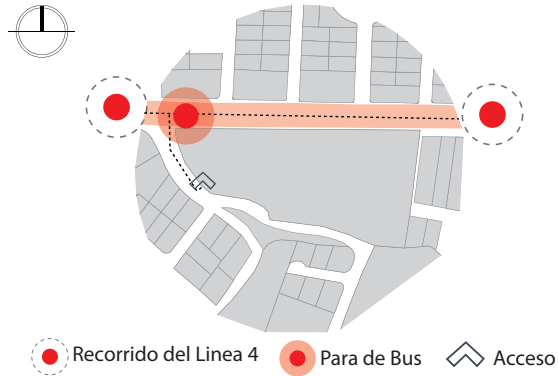
📖 Norma Nec Eficiencia Energética 📖 ASHRAE 55

Oportunidades:

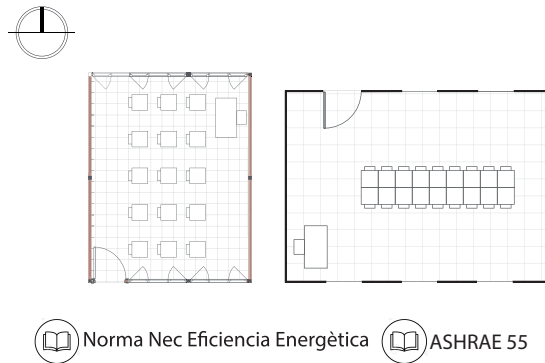
OPORTUNIDADES (Factores Externos Positivos)

Escuela Municipal Mons. Jorge Armijos

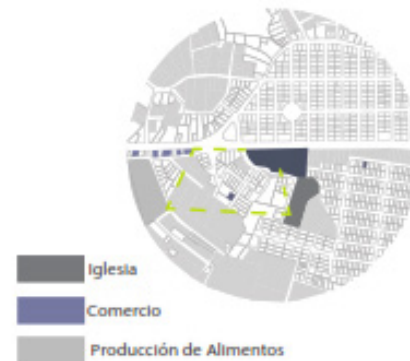
La escuela armijos cuenta con linea de transporte publico (L8) la cual facilita la accesibilidad a los usuarios y ayuda a la conexiòn de la escuela con mas partes de la ciudad.



El respaldo de normativas nacionales e internacionales, como la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) y la ASHRAE 55, permite sustentar técnicamente las intervenciones orientadas a mejorar el confort térmico y la eficiencia energética, lo que aporta solidez y coherencia a la propuesta arquitectónica.



La escuela se ubica en un sector con mezcla de usos residenciales, comerciales, productivos y religiosos, lo que genera un entorno con alta accesibilidad y disponibilidad de servicios. Esta condición permite integrar la escuela a la vida cotidiana mediante proyectos arquitectónicos y educativos compartidos, optimizando recursos existentes, fortaleciendo la seguridad y fomentando la identidad barrial.

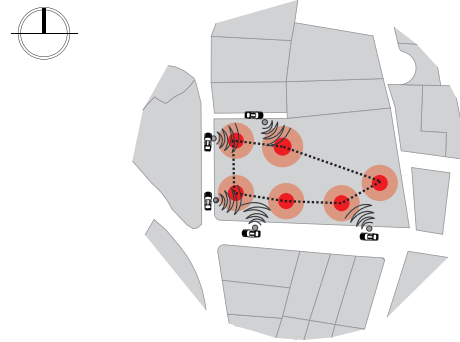


Amenazas:

AMENAZAS (Factores Externos Negativos)

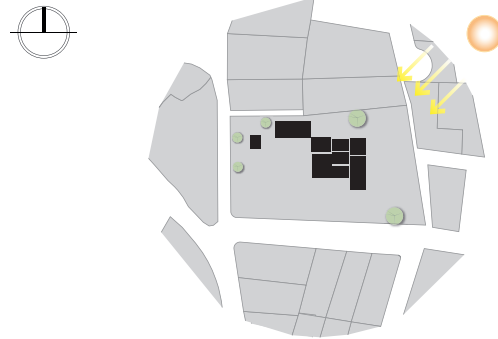
Escuela Municipal Borja

La escuela se encuentra ubicada próxima a vías de circulación vehicular, lo que genera la presencia constante de ruido proveniente de automóviles, motocicletas y transporte público. Este ruido se propaga hasta las aulas debido a la falta de barreras acústicas naturales o artificiales afectando la concentración y el confort sonoro de estudiantes y docentes. La exposición prolongada a niveles elevados de ruido puede obligar a mantener cerradas las ventanas para reducir la interferencia, disminuyendo la ventilación natural y aumentando altas temperaturas internas en el aula.



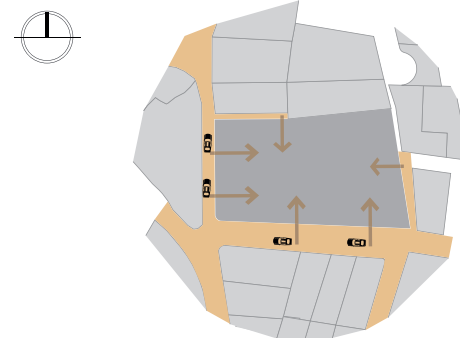
Aulas Principalmente Afectadas.

El perímetro de la escuela Borja presenta una escasa presencia de árboles en las aceras y calles cercanas. La falta de cobertura vegetal reduce la capacidad de sombreado y enfriamiento natural en el entorno inmediato, lo que incrementa la temperatura de pavimentos y fachadas durante las horas de mayor radiación solar (10-12am). La carencia de arbolado perimetral afecta tanto el confort térmico exterior como el microclima general del predio, incrementando la dependencia de ventilación mecánica.



Superficie Duras (Hormigon) Aulas

La escuela municipal Borja se encuentra rodeada de vías sin pavimentar, las cuales por el tránsito vehicular, especialmente en época seca, generan emisiones de polvo que se dispersan hacia el interior del predio. Esta condición deteriora la calidad del aire y provoca molestias a los usuarios.



Vías sin Pavimentar Borja

Amenazas:

AMENAZAS (Factores Externos Negativos)

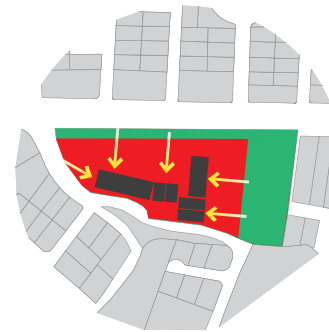
Escuela Municipal Mons. Jorge Guillermo Armijos

La escuela se encuentra ubicada en una zona donde se encuentra el mercado y al ser una zona comercial, existe la contaminación acústica por parte de los camiones y autos particulares debido a que el ruido llega hasta las aulas de la escuela.



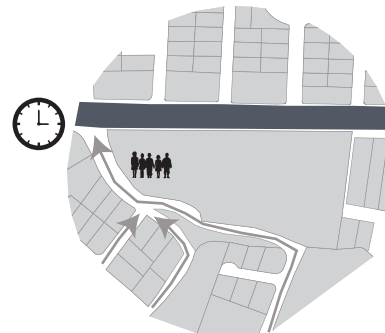
● Aulas Principalmente Afectadas.

La escuela se ubica en un entorno con alta proporción de superficies duras (asfaltos, hormigón, cubiertas metálicas) y escasa vegetación, lo que provoca un incremento de la temperatura exterior entre 2°C y 5°C por efecto isla de calor. Este aumento térmico reduce la efectividad de la ventilación natural, eleva la carga térmica sobre la envolvente y limita el enfriamiento afectando el confort térmico interior y pudiendo incrementar el uso de soluciones mecánicas.



■ Aulas
■ Area Verde
■ Superficie Duras (Hormigón) ■ Efecto isla de calor +2 - 5°C

El equipamiento educativo se encuentra vinculado de manera directa a una vía arterial de alto flujo vehicular, lo que genera congestión durante los horarios de ingreso y de salida escolar, esta condición expone a los estudiantes y docentes a situaciones de riesgo peatonal, especialmente en zonas con ausencia de pasos seguros, señalización vial, o zonas de transición adecuadas.



■ Vía arterial Av. Pablo Palacio □ Vía Local



05

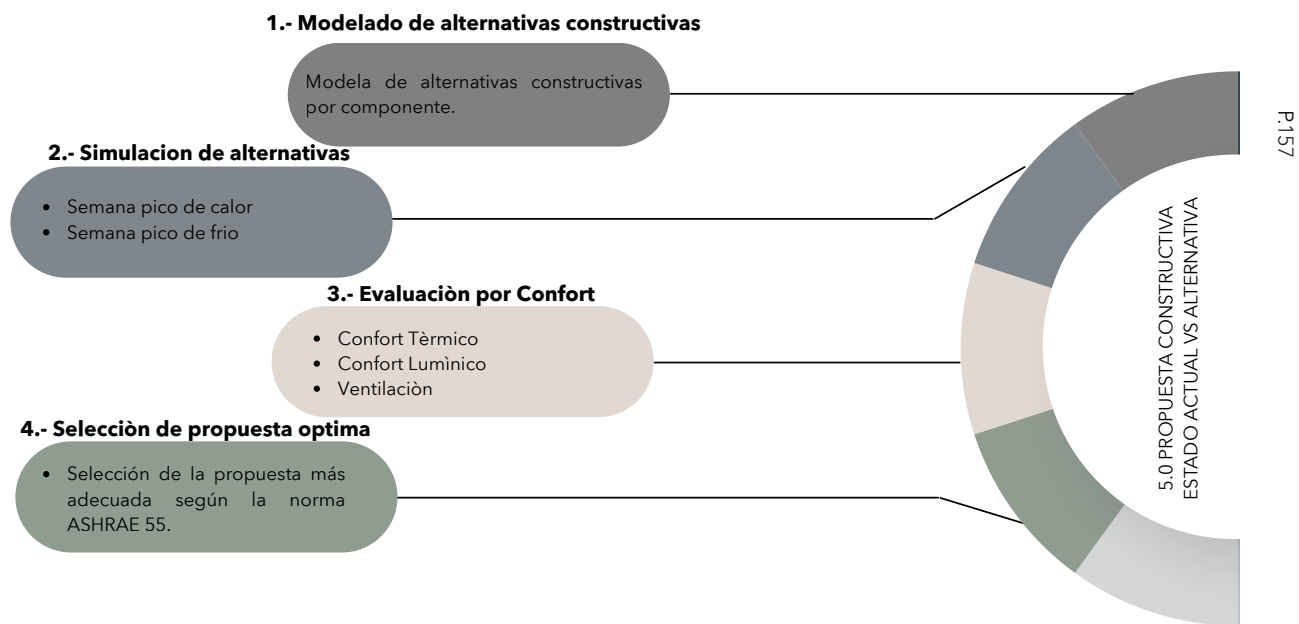
PROPUESTA



PROPUESTA PARA ESCUELAS:
MONS. JORGE GUILLERMO ARMIJOS Y ESCUELA MUNICIPAL BORJA

5.0 Metodología.

La metodología aplicada se basa en el planteamiento de Wang (2013) y se adapta al análisis del comportamiento térmico de bloques escolares mediante el uso de DesignBuilder. Este enfoque permite integrar información climática, constructiva y funcional del edificio en un modelo digital tridimensional, con el fin de simular distintos escenarios, evaluar el confort térmico y aplicar estrategias pasivas replicables en otras escuelas municipales de Loja.



5.0.1 UNIDAD EDUCATIVA MUNICIPAL BORJA



P.158

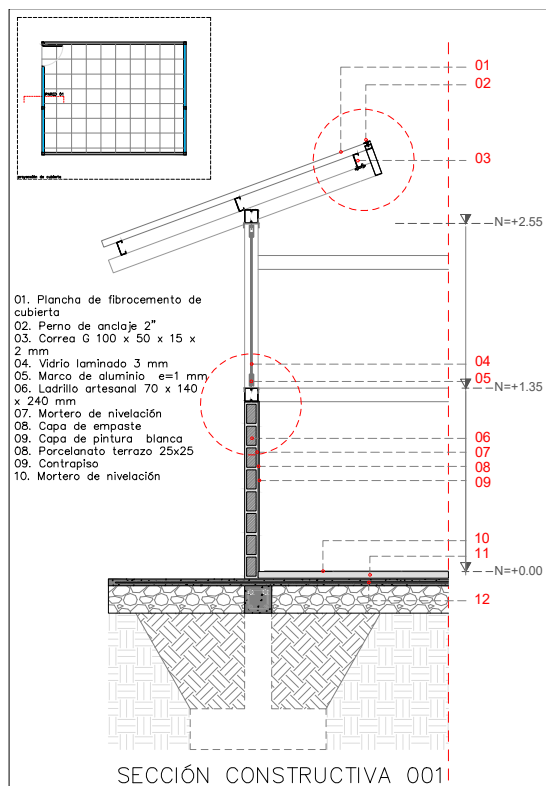
 AULA DE HORMIGON

 AULA DE PREFABRICADA

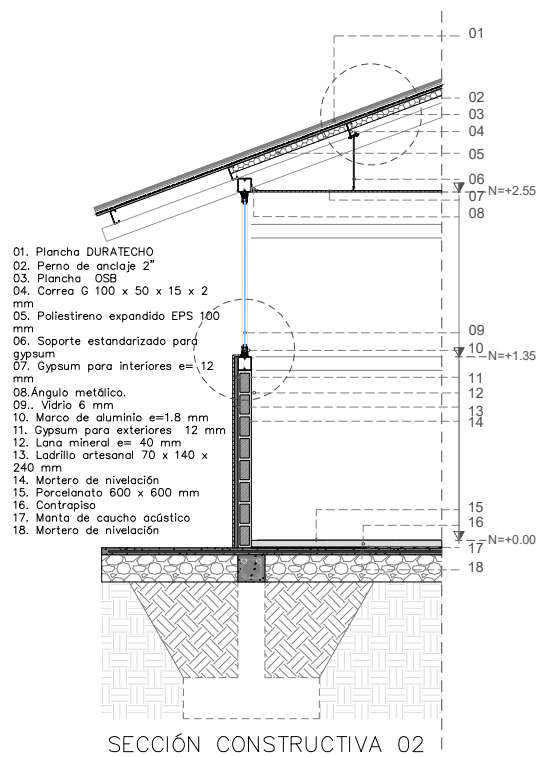
5.0.2 Propuesta constructiva estado actual vs alternativa

HORMIGÓN

ESTADO ACTUAL



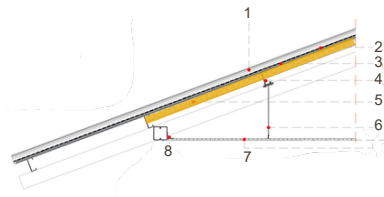
ALTERNATIVA 1



P159

5.1 Modelado de alternativas por componente

5.1.1 Cubierta

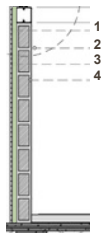


- 1.- Plancha de duratecho
- 2.-Perno de anclaje
- 3.-Plancha de osb
- 4.-Correa G 100x 50 x 15 x 2mm
- 5.-Poliestireno expandido EPS 100mm
- 6.-Soporte estandarizado de gypsum
- 7.-Gypsum para exteriores 12mm
- 8.- Angulo metalico

Confort Térmico

El EPS de 100 mm reduce la ganancia y pérdida de calor a través de la cubierta.

5.1.2 Muro



Exterior Interior

- 1.- Pared de gypsum de 1.22 x2.44 e= 12 mm
- 2.-Ladrillo artesanal 70 x 140 x240mm
- 3.-Lana minmeral 50mm
- 4.- Ladrillo artesanal 70 x 140 x240mm

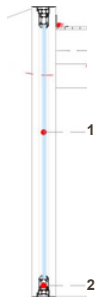
Confort Térmico

Reduce la transmisión térmica mediante cámara y aislamiento.

Ventilación

La rejilla permite ventilación pasiva del sistema.

5.1.3 Ventana



- 1.- Vidrio e:6mm
- 2.-Marco de aluminio con puente térmico e: 1.8mm

Confort Térmico

El vidrio doble y el marco con puente térmico reducen pérdidas y ganancias de calor.

5.1.4 UEMB Simulación Confort Térmico

ALTERNATIVA 1

HORMIGÓN

5.1.4.1 MEJORAS DE HABITABILIDAD

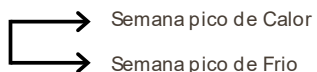
(Ampliación de ventanas, aleros y estrategias pasivas)

Incorporación de control solar pasivo persianas.



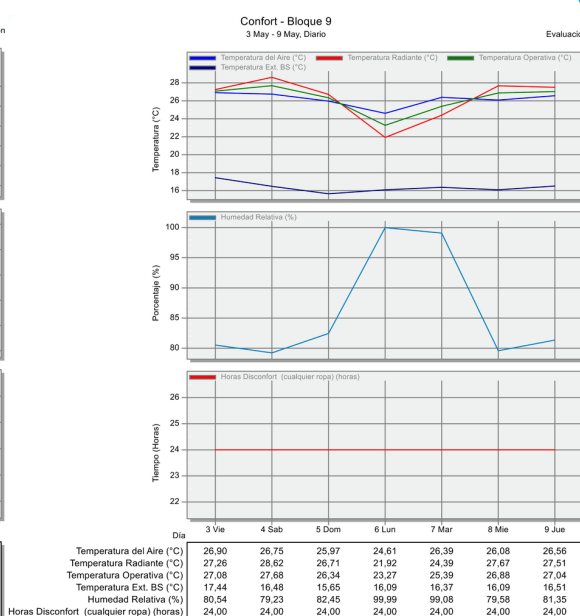
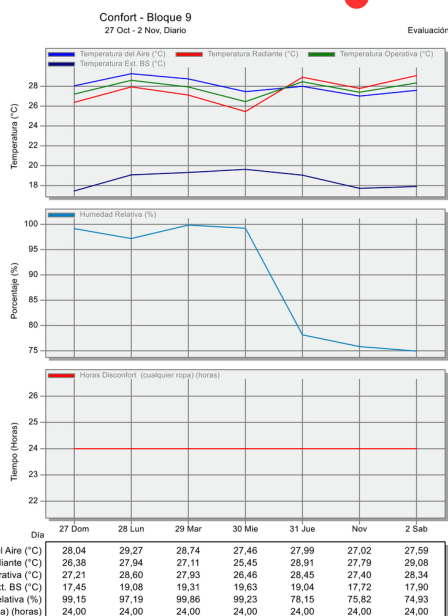
HORMIGON

EVALUACIÓN



Semana pico de Calor - Aula Prefabricada

Semana pico de Frio - Aula Prefabricada



Temperatura Alternativa 1: 29,27(°C) X
 +3 Grados°C sobre el rango permitido.
 Temperatura Permitida Ashrae55 20-26(°C)

Temperatura Alternativa 1: 26,90(°C) X
 +0,90 Grados°C sobre el rango permitido.
 Temperatura Permitida Ashrae55 20-26(°C)

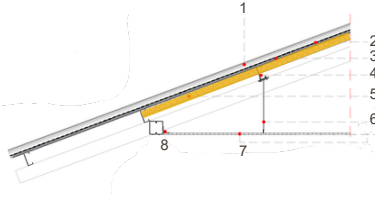
5.1.5 UEMB Simulación Confort Térmico

ALTERNATIVA 2

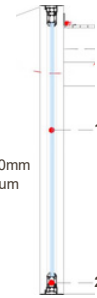
HORMIGÓN

5.1.5.1 MEJORA EN CUBIERTA Y VIDRIO

Aplicación de cielo raso en cubierta con aislantes térmicos + Vidrio doble de 6mm con marco de aluminio con puente termico e:1.8mm

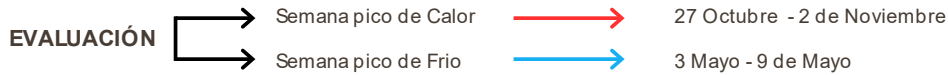


- 1.- Plancha de duratecho
- 2.-Perno de anclaje
- 3.-Plancha de osb
- 4.-Correa G 100x 50 x 15 x 2mm
- 5.-Poliestireno expandido EPS 100mm
- 6.-Soporte estandarizado de gypsum
- 7.-Gypsum para exteriores 12mm
- 8.- Angulo metalico

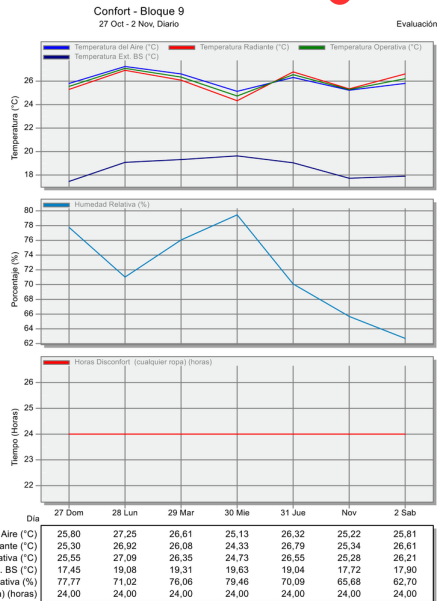


- 1.- Vidrio doble e:6mm
- 2.-Marco de aluminio con puente termico e: 1.8mm

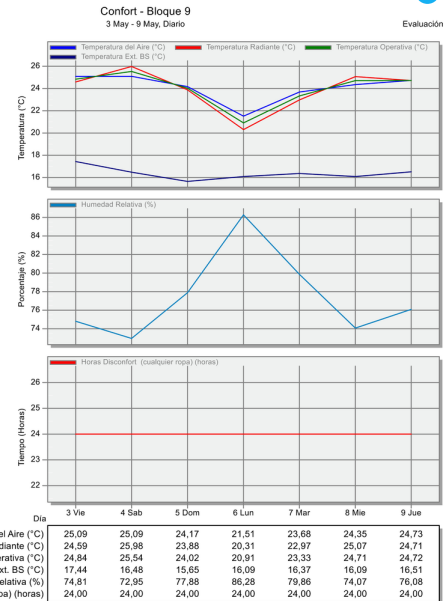
HORMIGON



Semana pico de Calor - Aula Prefabricada



Semana pico de Frio - Aula Prefabricada



Temperatura Alternativa 2: 25,13(°C) ✓

Dentro del rango permitido

Temperatura Permitida Ashrae55 20-26(°C)

Temperatura Alternativa 2: 25,09(°C) ✓

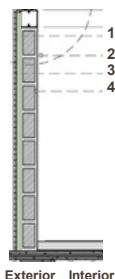
Dentro del rango permitido

Temperatura Permitida Ashrae55 20-26(°C)

5.1.5.2 UEMB Simulación Confort Térmico **ALTERNATIVA 3****HORMIGÓN**

5.1.5.3 MEJORA AISLAMIENTO EN MUROS

Aplicación de cielo raso en cubierta con aislantes térmicos + Vidrio doble de 6mm con marco de aluminio con puente termico e:1.8mm



- 1.- Pared de gypsum de 1.22 x2.44 e= 12 mm
- 2.-Mortero adhesivo
- 3.- Ladrillo artesanal 70 x 140 x240mm
- 4.- Mortero de nivelación
- 5.-Rejilla metalica de 100mm
- 6.-Lana mineral 50mm

Exterior Interior

HORMIGON

EVALUACIÓN



Semana pico de Calor



27 Octubre - 2 de Noviembre

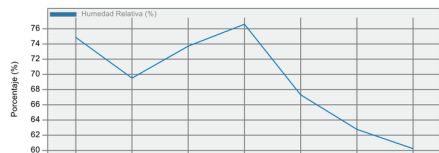
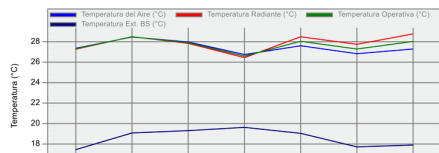
Semana pico de Frio



3 Mayo - 9 de Mayo

Semana pico de Calor - Aula PrefabricadaConfort - Bloque 9
27 Oct - 2 Nov, Diario

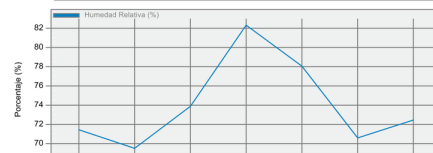
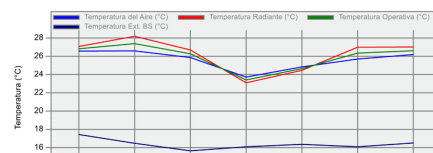
Evaluación



Día	27 Dom	28 Lun	29 Mar	30 Mie	31 Jue	Nov	2 Sab
Temperatura del Aire (°C)	27,36	28,46	27,97	26,75	27,60	26,83	27,29
Temperatura Radiante (°C)	27,27	28,49	27,84	26,44	28,48	27,75	28,77
Temperatura Operativa (°C)	27,32	28,48	27,91	26,60	28,04	27,29	28,03
Temperatura Ext. BS (°C)	17,45	19,08	19,31	19,63	19,04	17,72	17,90
Humedad Relativa (%)	74,87	69,51	73,73	76,60	67,31	62,76	60,22
Horas Disconfort (cualquier ropa) (horas)	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00	23,00	23,00

Semana pico de Frio - Aula PrefabricadaConfort - Bloque 9
3 May - 9 May, Diario

Evaluación



Día	3 Vie	4 Sab	5 Dom	6 Lun	7 Mar	8 Mie	9 Jue
Temperatura del Aire (°C)	26,57	26,59	25,86	23,72	24,84	25,70	26,19
Temperatura Radiante (°C)	27,08	26,19	26,69	23,10	24,46	26,99	27,02
Temperatura Operativa (°C)	26,62	27,39	26,27	23,41	24,65	26,34	26,60
Temperatura Ext. BS (°C)	17,44	16,48	15,65	16,09	16,37	16,09	16,51
Humedad Relativa (%)	71,44	69,51	73,88	82,32	78,06	70,60	72,45
Horas Disconfort (cualquier ropa) (horas)	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00	23,00	24,00

Temperatura Alternativa 3: **28,46(°C)** ✗

+2,46 grados °C sobre el rango permitido

Temperatura Permitida Ashrae55 20-26(°C)

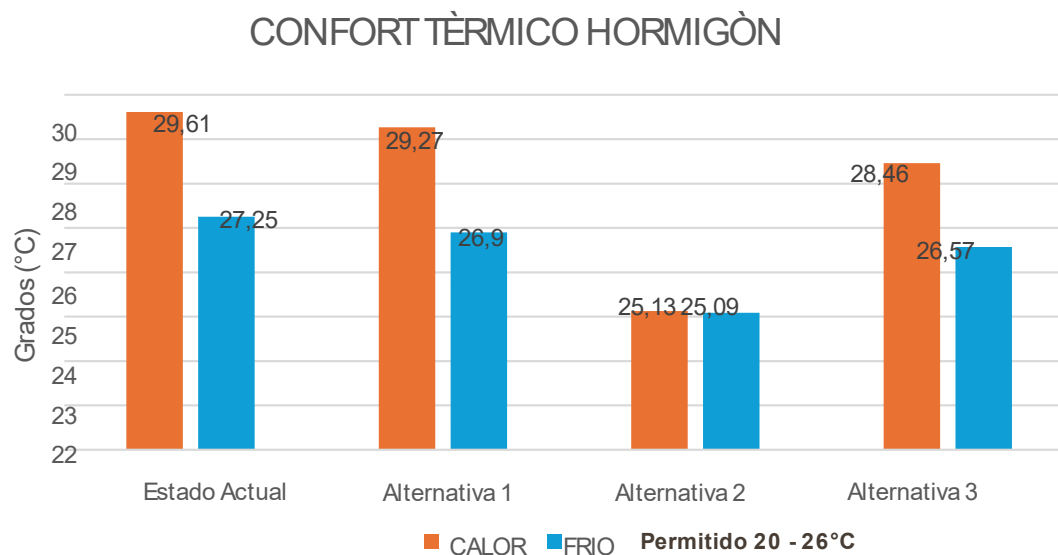
Temperatura Alternativa 3: **26,57(°C)** ✗

+0,57 grados °C sobre el rango permitido

Temperatura Permitida Ashrae55 20-26(°C)

5.1.6 UEMB Evaluación comparativa confort térmico

HORMIGÓN



5.1.6.1 Selección de propuesta optima

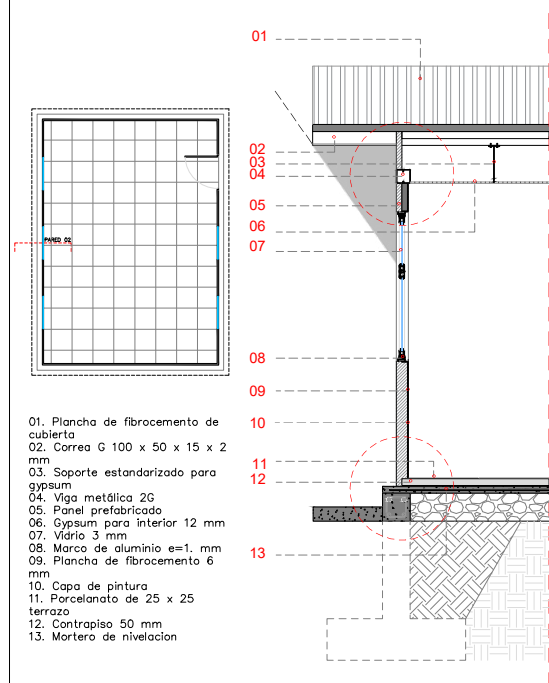
De acuerdo con la norma ASHRAE Standard 55 (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers [ASHRAE], 2020), que establece un rango de confort térmico para aulas entre 20 °C y 26 °C, el aula de hormigón presenta en su estado actual temperaturas de 29,61 °C en condición de calor y 27,25 °C en condición de frío, valores que se encuentran fuera del rango de confort normativo. La Alternativa 1, que optimiza los vanos y reduce el alero, mejora parcialmente el desempeño térmico, alcanzando 29,27 °C en calor y 26,90 °C en frío, pero aún no cumple con la norma. La Alternativa 2, mediante la mejora de la envolvente con cubierta de plancha Duratecho de 50 mm de poliestireno expandido, cielo raso de gypsum de 25 cm, y vidrio doble de 6 mm con marco de aluminio y puente térmico de 1,8 mm, reduce significativamente las temperaturas interiores a 25,13 °C en calor y 25,09 °C en frío, cumpliendo así con los criterios de confort.

Por otro lado, la Alternativa 3, que incorpora aislamiento térmico en muros mediante lana mineral de 50 mm, incrementa la temperatura a 28,46 °C en calor y 26,57 °C en frío, generando un desempeño térmico adverso. En conclusión, la combinación de Alternativa 1 y Alternativa 2 constituye la solución más adecuada, ya que permite alcanzar temperaturas interiores dentro del rango de confort normativo, mientras que la inclusión de la Alternativa 3 resulta contraproducente para el confort de los usuarios.

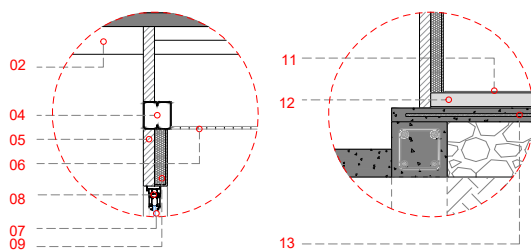
5.1.7 Propuesta constructiva estado actual vs alternativa

PREFABRICADA

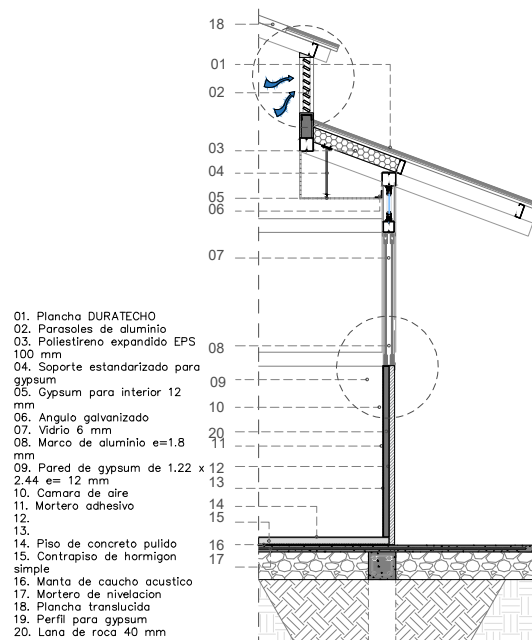
5.1.7.1 ESTADO ACTUAL



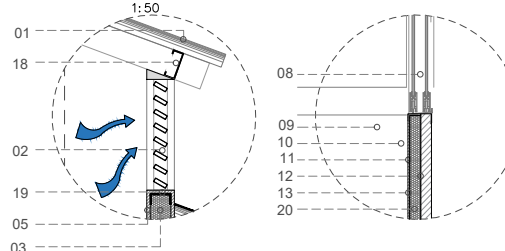
SECCIÓN CONSTRUCTIVA 003

ESCALA
1:50

5.1.7.2 ALTERNATIVA 1



SECCIÓN CONSTRUCTIVA 04

ESCALA
1:50

5.1.8 UEMB Modelado de alternativas por componente

PREFABRICADA

5.1.8.1 Cubierta



- 1.-Plancha de policarbonato translúcida
- 2.-Plancha de duratecho
- 3.-Parasoles de aluminio
- 4.-Poliestireno expandido 100mm
- 5.-Soporte estandarizado para gypsum
- 6.-Angulo galvanizado

Confort Térmico

El EPS reduce la carga térmica interior y los parasoles limitan la radiación directa.

Confort Lumínico

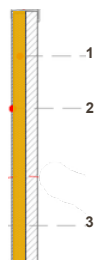
El policarbonato permite el ingreso de luz natural controlada.

Ventilación

La apertura superior favorece la evacuación de aire caliente.

5.1.8.2

Muro



- 1.- Lana de vidrio 40mm
- 2.-Panel de fibrocemento espesor 6mm
- 3.-Pintura blanca

Confort Térmico

La lana de vidrio reduce la transferencia de calor en el sistema liviano.

Exterior Interior

5.1.8.3 Ventana



- 1.-Ventana alta para luz indirecta
- 2.- Vidrio doble e:6mm con cámara de aire de argon
- 3.-Marco de aluminio e:1.8mm

Confort Térmico

El vidrio doble reduce la transmisión térmica del cerramiento.

Ventilación

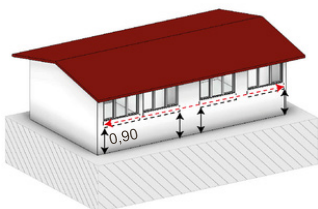
Favorece la ventilación superior por diferencia térmica.

5.1.9 UEMB Simulación Confort Térmico

ALTERNATIVA 1

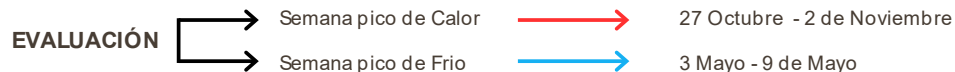
PREFABRICADA

5.1.9.1 MEJORAS DE HABITABILIDAD → AMPLIACIÓN DE VANO Y ALTURA DE ANTEPECHO



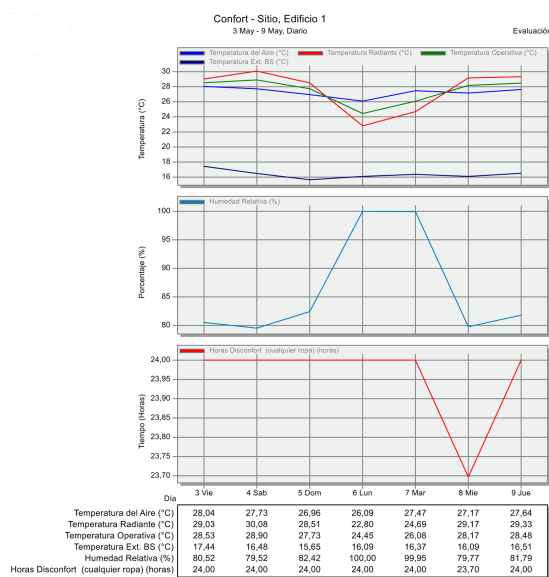
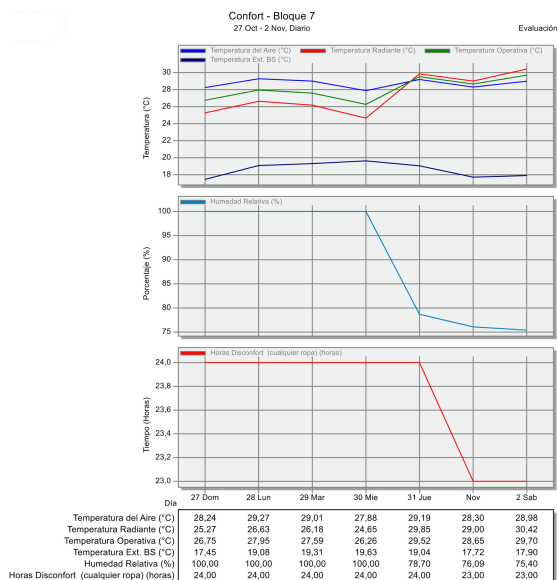
CRITERIO	ESTADO ACTUAL	ALTERNATIVA 1
Dimensión de vanos	5 vanos de 1,20 × 0,90 m	2 vano continuo de 4,50 × 1,20 m
Área total de vanos	6,30 m ²	5,40 m ²
Área del muro	13,80 m ²	13,80 m ²
% de vanos en fachada	39,7%	55,1%

5.1.9.2 PREFABRICADA



Semana pico de Calor - Aula Prefabricada

Semana pico de Frio - Aula Prefabricada



Temperatura Actual: 29,27(°C) ✗
 +3,27 °C grados sobre el rango permitido
 Temperatura Permitida Ashrae55 20-26(°C)

Temperatura Actual: 28,04(°C) ✗
 +2,04 °C grados sobre el rango permitido
 Temperatura Permitida Ashrae55 20-26(°C)

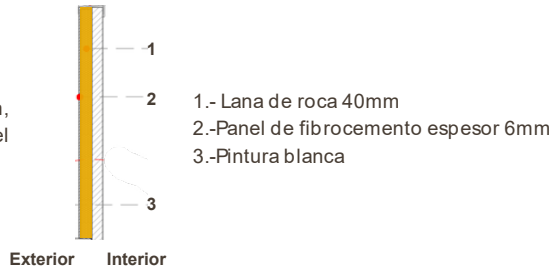
5.1.11 UEMB Simulación Confort Térmico

ALTERNATIVA 3

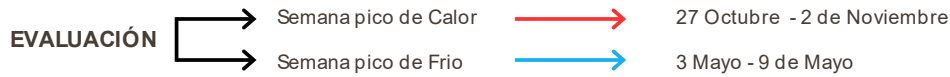
PREFABRICADA

5.1.11.1 MEJORA AISLAMIENTO TÉRMICO EN MUROS

Aplicación de aislantes térmicos lana de vidrio de 40mm, reduce la ganancia y pérdida de calor a través del cerramiento, mejorando el confort térmico interior del aula

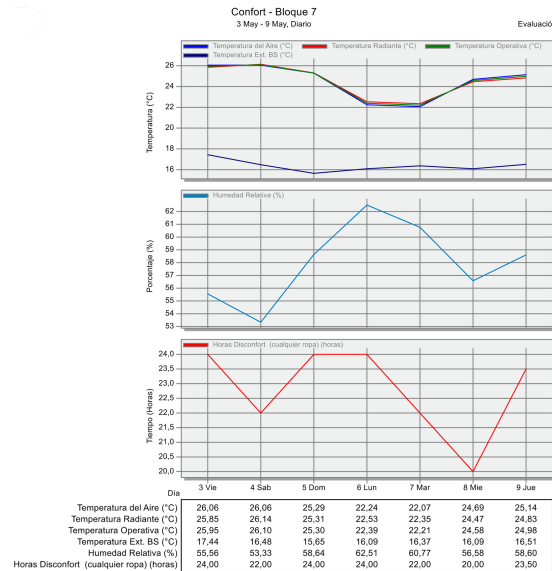
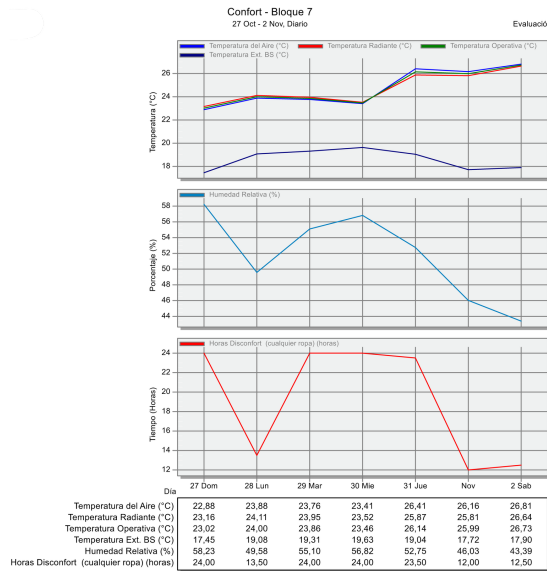


PREFABRICADA



Semana pico de Calor - Aula Prefabricada

Semana pico de Frio - Aula Prefabricada

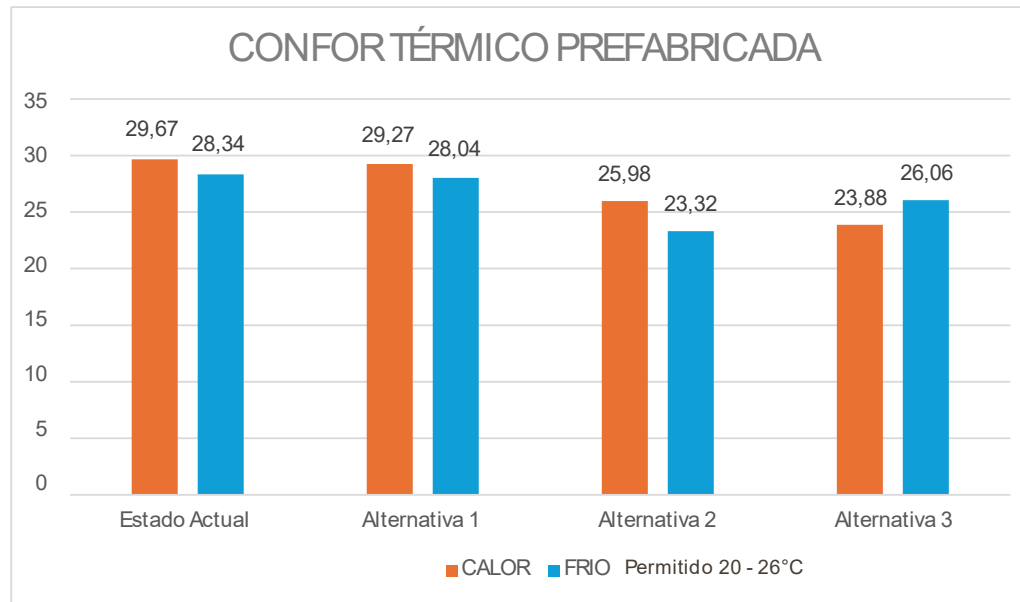


Temperatura Actual: 23,88(°C) ✓
Dentro del rango permitido
Temperatura Permitida Ashrae55 20-26(°C)

Temperatura Actual: 26,06(°C) ✓
Dentro del rango permitido
Temperatura Permitida Ashrae55 20-26(°C)

5.1.12 UEMB Evaluación Comparativa confort térmico

PREFABRICADA



5.1.13 Selección de propuesta optima

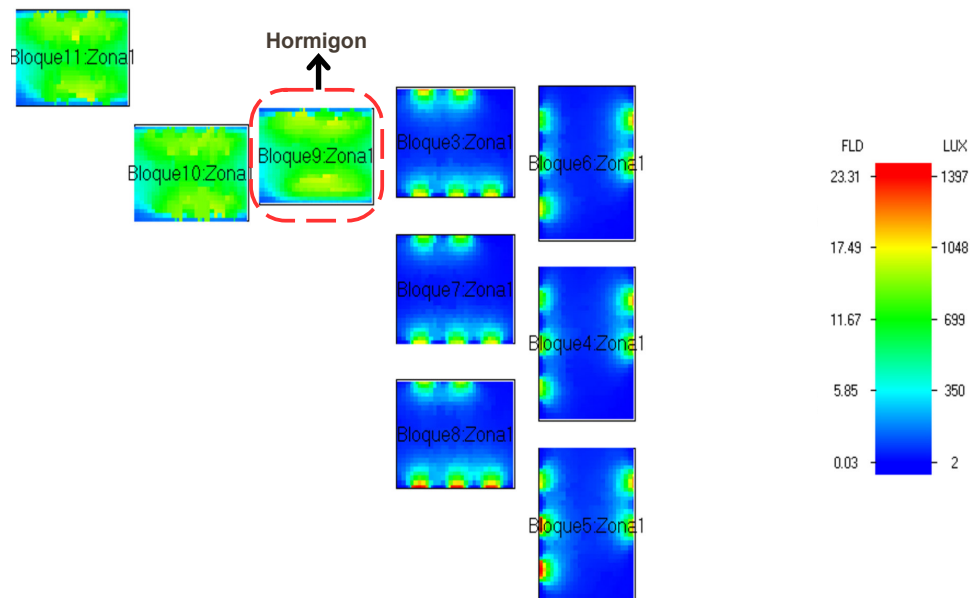
De acuerdo con la norma ASHRAE Standard 55 (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers [ASHRAE], 2020), que establece un rango de confort térmico entre 20 °C y 26 °C para espacios educativos, el aula prefabricada presenta en su estado actual temperaturas de 29,67 °C en condición de calor y 29,34 °C en condición de frío, valores que no cumplen con la normativa. La Alternativa 1, basada en la optimización del dimensionamiento de vanos, modificó cinco ventanas de 1,40 × 0,90 m a un vano continuo de 4,50 × 1,20 m, cumpliendo con lo establecido en el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), Norma A.040 “Educación”, que indica que el área de vanos para iluminación natural en aulas debe ser al menos el 20 % de la superficie del aula, y además se elevó el antepecho a 90 cm para mejorar la seguridad de los estudiantes. Esta intervención redujo ligeramente la temperatura a 29,27 °C en calor y 28,04 °C en frío, sin alcanzar aún el rango de confort térmico.

La Alternativa 2, que consistió en la mejora de la cubierta con parasoles de aluminio, aislamiento de 100 mm de poliestireno expandido, vidrio doble con cámara de aire argón y marco de aluminio de 1,8 mm, con una abertura superior de 20 cm para captación de luz natural, permitió reducir la temperatura a 25,98 °C en calor y 23,32 °C en frío, cumpliendo con la norma. La Alternativa 3, mediante la incorporación de aislamiento térmico en muros con lana de vidrio de 40 mm, mostró temperaturas de 23,88 °C en calor y 26,06 °C en frío, también dentro del rango normativo. En conclusión, aunque tanto la Alternativa 2 como la Alternativa 3 cumplen con ASHRAE 55, la implementación de la Alternativa 2 es suficiente, ya que además de mejorar el confort térmico, optimiza las condiciones de iluminación y ventilación en el aula.

5.1.14 UEM B Simulación Confort Luminico

HORMIGÓN

5.1.14.1 ESTADO ACTUAL



750 LUX - SI CUMPLE ✓

5.1.15 Análisis de resultados

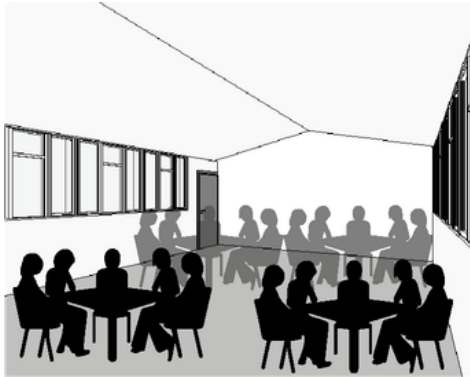
Luego de arealizar analisis de confort lumínico en el aula de hormigon de la escuela municipal borja, se determina que los valores obtenidos se encuentran dentro del nivel óptimo de 750 lux, establecido por la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) para espacios destinados a actividades educativas y de trabajo que requieren un alto esfuerzo visual. De acuerdo con la NEC, este rango de iluminancia garantiza condiciones adecuadas de confort lumínico, necesarias para el correcto desarrollo de actividades académicas, asegurando una adecuada percepción visual y un desempeño eficiente para los usuarios.

El cumplimiento del valor normativo de 750 lux permite una correcta captación y distribución de la luz, evitando deficiencias o excesos de iluminación que puedan generar deslumbramiento, fatiga visual o disminución del rendimiento. En consecuencia, se concluye que el aula analizada cumple con los criterios de confort lumínico exigidos por la NEC, asegurando un ambiente visualmente confortable y adecuado para su función educativa.

5.1.16 UEMB Simulación Confort Lumínico

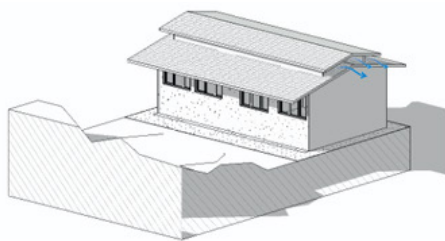
PREFABRICADA

5.1.16.1 PROBLEMA



- Aulas Oscuras, por lo cual se necesita prender la luz artificial durante las clases

5.1.16.3 SOLUCIÓN

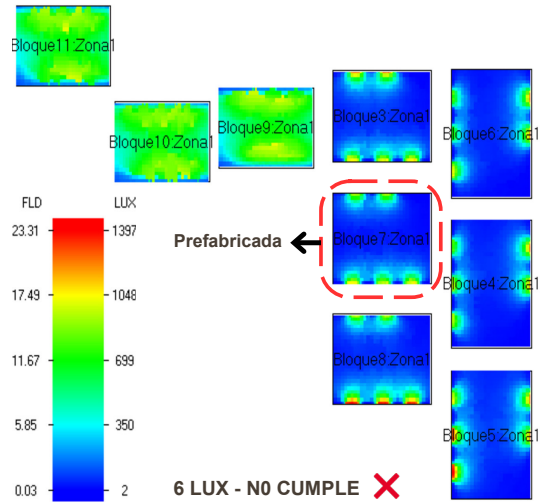


- Incorporar cubierta con aberturas para obtener luz cenital natural.

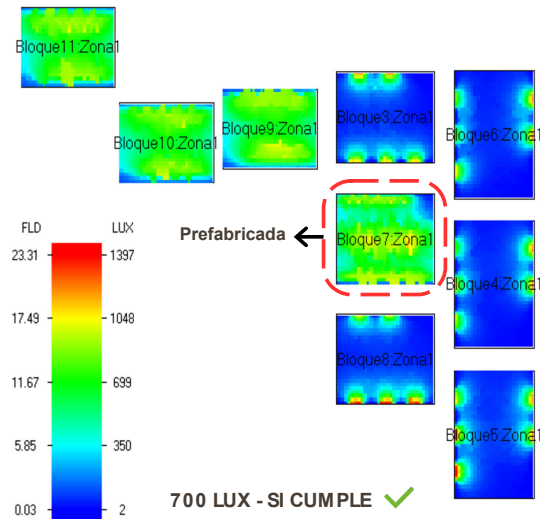
Análisis de resultados

- La simulación del estado actual evidencia niveles de iluminación natural insuficientes en las áreas educativas, con valores aproximados de 6 lux, incumpliendo lo establecido por la normativa NEC, que recomienda hasta 750 lux para espacios educativos. Como estrategia de mejora, se incorpora una cubierta con aberturas indirectas de 40 cm, alcanzando valores cercanos a 700 lux, los cuales se encuentran dentro del rango normativo, optimizando la captación de luz natural y la eficiencia energética del espacio.

5.1.16.2 ESTADO ACTUAL



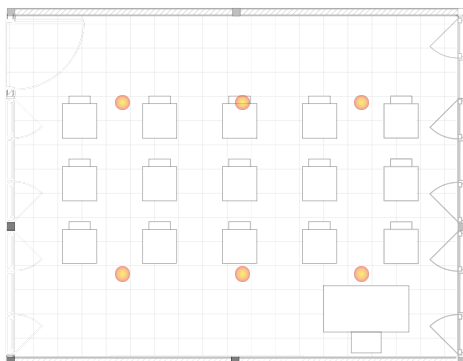
5.1.16.4 ALTERNATIVA 2



5.1.16 UEMB Iluminacion Artificial

HORMIGÓN

5.1.16.2 ESTADO ACTUAL

**Bombilla incandescente 100w Philips**

- Aulas Oscuras
- Baja eficacia luminosa
- Alto consumo energético
- Generan calor
- Vida util corta ❌

Cálculo de Iluminancia

$$Em = \frac{N \cdot \Phi}{S}$$

Donde:

Em = Iluminancia media (lux)

N = Número de luminarias

 Φ = Flujo luminoso por luminaria (lm)S = Superficie del aula (m²)**Cálculo de Potencia Instalada**

$$P = N \cdot W$$

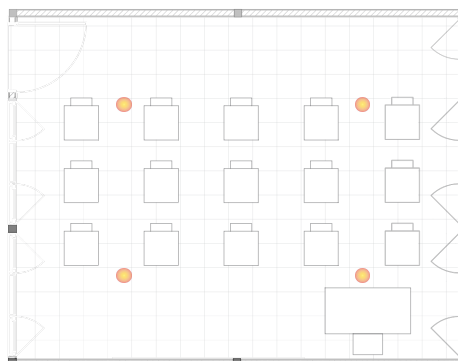
Donde:

P = Potencia total (W)

W = Potencia por luminaria (W)

Parametro	Estado Actual	Alternativa
Potencia	400w	168w
Iluminancia	348Lux	392Lux
Eficacia	27,8 lumens	76 lumens
Consumo	-----	72% menos

5.1.16.2 ALTERNATIVA

**Bombilla led 42w Sylvania**

- Aula correctamente iluminadas
- Buena eficacia luminosa
- Reduce el consumo energético
- No genera calor
- Mayor vida util ✅

Cálculo de Eficacia Luminosa

$$\eta = \frac{\Phi}{W}$$

Donde:

N = Número de luminarias

 Φ = Flujo luminoso por luminaria (lm)

W = Potencia por luminaria (W)

Reducción porcentual de consumo

$$\% = \frac{P_{actual} - P_{nuevo}}{P_{actual}} \times 100$$

Donde:

% = Reducción porcentual del consumo

P_actual = Potencia del sistema existente

P_nuevo = Potencia del sistema propuesto

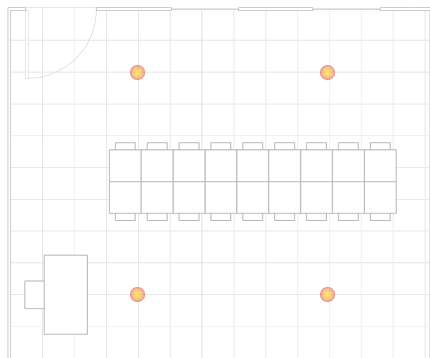
Análisis de resultados

La sustitución de 6 luminarias incandescentes de 100W por 4 luminarias LED de 42W mantiene e incluso mejora los niveles de iluminación, pasando de 348 lux a 392 lux, al tiempo que reduce la potencia instalada de 600 W a 168 W, lo que representa un ahorro energético del 72 %. Esta intervención optimiza significativamente la eficiencia del sistema de iluminación, disminuye la generación de calor en el aula de hormigón y garantiza condiciones adecuadas de confort visual con un menor consumo eléctrico.

5.1.16 UEMB Iluminacion Artificial

PREFABRICADA

5.1.16.2 ESTADO ACTUAL



Bombilla incandescente 100w Philips

- Aulas Oscuras
- Baja eficacia luminosa
- Alto consumo energético
- Generan calor
- Vida util corta ✗

Cálculo de Iluminancia

$$Em = \frac{N \cdot \Phi}{S}$$

Donde:

- Em = Iluminancia media (lux)
- N = Número de luminarias
- Φ = Flujo luminoso por luminaria (lm)
- S = Superficie del aula (m²)

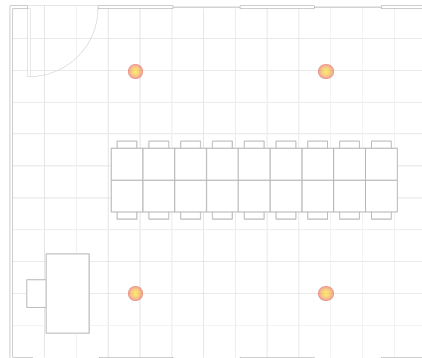
Cálculo de Potencia Instalada

$$P = N \cdot W$$

Donde:

- P = Potencia total (W)
- W = Potencia por luminaria (W)

5.1.16.2 ALTERNATIVA



Bombilla led 42w Sylvania

- Aula correctamente iluminadas
- Buena eficacia luminosa
- Reduce el consumo energético
- No genera calor
- Mayor vida util ✓

Cálculo de Eficacia Luminosa

$$\eta = \frac{\Phi}{W}$$

Donde:

- N = Número de luminarias
- Φ = Flujo luminoso por luminaria (lm)
- W = Potencia por luminaria (W)

Reducción porcentual de consumo

$$\% = \frac{P_{actual} - P_{nuevo}}{P_{actual}} \times 100$$

Donde:

- % = Reducción porcentual del consumo
- P_{actual} = Potencia del sistema existente
- P_{nuevo} = Potencia del sistema propuesto

Análisis de resultados

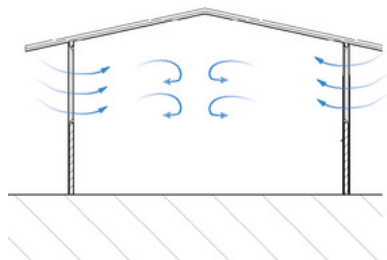
Parametro	Estado Actual	Alternativa
Potencia	400w	252w
Iluminancia	348Lux	540Lux
Eficacia	15,6 lumens	63,1 lumens
Consumo	-----	58% menos

La sustitución por luminarias LED incrementa la iluminancia de 231 a 392 lux y reduce el consumo eléctrico en un 58 %, mejorando significativamente la eficiencia energética; además, los 700 lux aportados por la iluminación natural complementan el sistema artificial, garantizando un aula adecuadamente iluminada con menor generación de calor y mayor rendimiento energético.

5.1.17 UEMB Simulación ventilación

HORMIGÓN

5.1.17.1 ESTADO ACTUAL

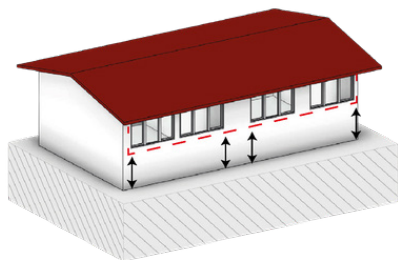


0,55(m/s) dentro del rango permitido

Según lo establecido en la Norma NEC, la base para garantizar una correcta ventilación es de 0,05 m/s. Luego de realizar la simulación correspondiente, se determinó que el aula cumple con este requisito, ya que el resultado obtenido fue de 0,55 m/s. Por lo tanto, no se considera necesaria ninguna intervención adicional en este espacio construido con sistema de hormigón.

PREFABRICADA

Problema

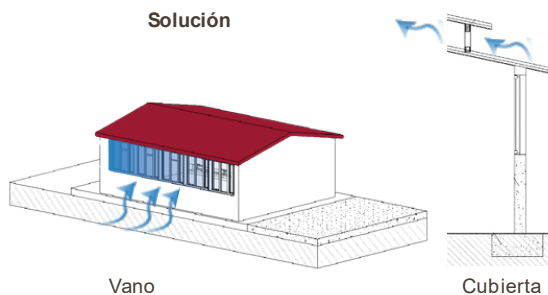


0,46(m/s) ✗

Vano Independiente con antepecho 0,58

- Mala Ventilación
- Estancamiento de malos olores.
- Problemas de seguridad para niños por antepechos bajos

Solución



Vano

Cubierta

0,64(m/s) ✓

Vano continuo con antepecho de 0.90

- Cubierta Ventilada 40cm, mejora la ventilación y genera iluminación cenital.
- Vano continuo que mejorar la ventilación
- Antepecho altura 0.90 brinda mayor seguridad a los niños

5.1.18 Análisis de resultados

	Estado Actual	Alternativa	Nec	Cumple
Hormigon	0,55 ✓	0,55(m/s)	0.05(m/s)	✓
Prefabricada	0,46 ✗	0,64(m/s)	0.05(m/s)	✓

Según la Norma NEC, el parámetro mínimo para una correcta ventilación es de 0,05 m/s. La simulación inicial del aula prefabricada arrojó un valor de 0,46 m/s, por lo que no cumplía con el requisito. Se implementaron estrategias de mejora, consistentes en la generación de dos vanos continuos en la fachada principal y posterior, además de una cubierta ventilada que favorece tanto la ventilación como el ingreso de luz cenital para el confort lumínico. Tras estas intervenciones, la nueva simulación registró un valor de 0,64 m/s, resultado que evidencia el cumplimiento de la norma gracias al incremento de los vanos y la optimización de la cubierta.

ESCANTILLON ESTADO ACTUAL

HORMIGÓN

P.176



- Bombilla incandescente 100w
- Cubierta de Fibrocemento sin aislamiento térmico
- Vidrio Simple 3mm
- Muro de ladrillo tradicional

Confort Térmico

UEMB	Calor	Frio	Ashrae55	
	29,61(°C)✗	27,25(°C)✗	20-26(°C)	No cumple ✗

Confort Lumínico

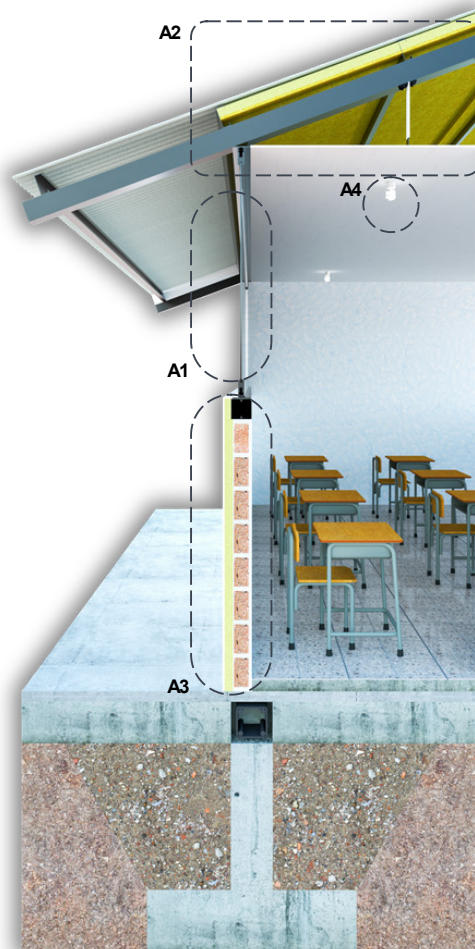
UEMB	Lux	Nec	
	750Lux✓	300-500-	Cumple ✓

Iluminación Artificial 750Lux

UEMB	Potencia Total	Lux	Lumens	
	400w✗	348✓	27,8✗	Desfavorable ✗

Ventilación

UEMB	Lux	Nec	
	0,55m/s✓	0,50m/s	Cumple ✓

**Alternativa 1**

Ampliación de ventanas, Aleros, Estrategias pasivas

Incorporación de control solar pasivo (Persianas)

Confort Térmico

UEMB	Calor	Frio	
	29,27(°C) X	26,90(°C) X	No cumple X

Alternativa 2 - Seleccionada

Mejora en cubierta y Vidrio

Poliestireno expandido (EPS) 100mm + Vidrio doble de 6mm con marco de aluminio con puente termico e: 1.8mm

Confort Térmico

UEMB	Calor	Frio	
	25,13(°C) ✓	25,09(°C) ✓	Cumple ✓

Alternativa 3

Mejora en aislamiento en muro

Se incorpora en la parte exterior del muro Lana Mineral como aislante 50mm + Panel de gysum e:12mm

Confort Térmico

UEMB	Calor	Frio	
	28,46(°C) X	26,57(°C) X	No cumple X

Alternativa 4 - Seleccionada

Iluminación artificial

Se sustituyeron las bombillas incandescentes de 100w por luminarias LED de 42w con el fin de mejorar la eficiencia energética y el nivel de iluminación del aula.

UEMB	Potencia Total	Iluminancia	Eficacia	Consumo	
	168W	392Lux	76Lumen	72%Menos	Cumple ✓

s

ESCANTILLON ESTADO ACTUAL

PREFABRICADA

P.178



→ Cubierta de Fibrocemento sin aislamiento térmico

→ Cielo raso gypsum interior e 12mm

→ Bombilla incandescente 100w

→ Vidrio Simple 3mm

→ Pared prefabricada a fibrocemento 4cm

Confort Térmico

UEMB	Calor	Frio	Ashrae55	
	29,27(°C)	28,04(°C)	20-26(°C)	No cumple

Confort Lumínico

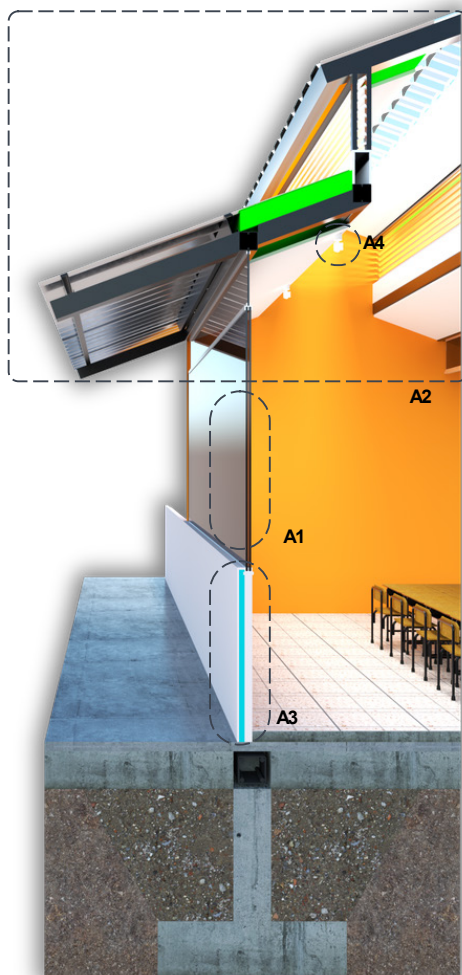
UEMB	Lux	Nec	
	6Lux	300-500-750Lux	No cumple

Iluminación Artificial

UEMB	Potencia Total	Lux	Lumens	
	400w	348	15,6	Desfavorable

Ventilación

UEMB	Lux	Nec	
	0,46m/s	0,50m/s	No cumple



Alternativa 1

Ampliación de ventanas, Aleros, Estrategias pasivas

Se genera un vano continuo en la fachada frontal y la fachada posterior de 4,50 x 1,20 para mejorar la ventilación cruzada.

Confort Térmico

UEMB	Calor	Frio	No cumple ✗
	29,27(°C) ✗	26,90(°C) ✗	

Alternativa 2 - **Seleccionada****Mejora en cubierta y Vidrio**

Poliestireno expandido (EPS) 100mm + Vidrio doble de 6mm con marco de aluminio con puente termico e: 1.8mm y ventana alta para captar mayor iluminación 30cm.

UEMB	Confort Térmico		Luminancia Lux	Ventilación (m/s)
	Calor	Frio	Cumpl	Cumpl
	25,98(°C) ✓	23,32(°C) ✓	700Lux ✓	0,64m/s ✓
			Cumpl ✓	Cumpl ✓

Alternativa 3

Mejora en aislamiento en muro

Se incorpora en la parte exterior del muro Lana de roca como aislante 40mm + Panel de gysum e:12mm

Confort Térmico

UEMB	Calor	Frio	Parcialmente
	23,88(°C) ✓	26,06(°C) ✗	

Alternativa 4 - **Seleccionada****Iluminación artificial**

Se sustituyeron las bombillas incandescentes de 100w por luminarias LED de 42w con el fin de mejorar la eficiencia energética y el nivel de iluminación del aula.

UEMB	Potencia Total	Iluminancia	Eficacia	Consumo
	252W	540Lux	63Lumen	58%Menos

5.2 UNIDAD EDUCATIVA MUNICIPAL MONS. JORGE GUILLERMO ARMIJOS

P.180



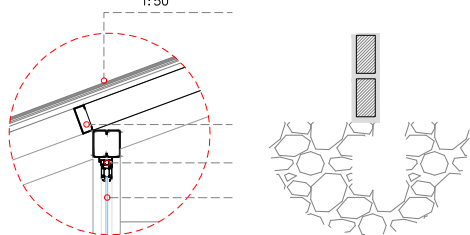
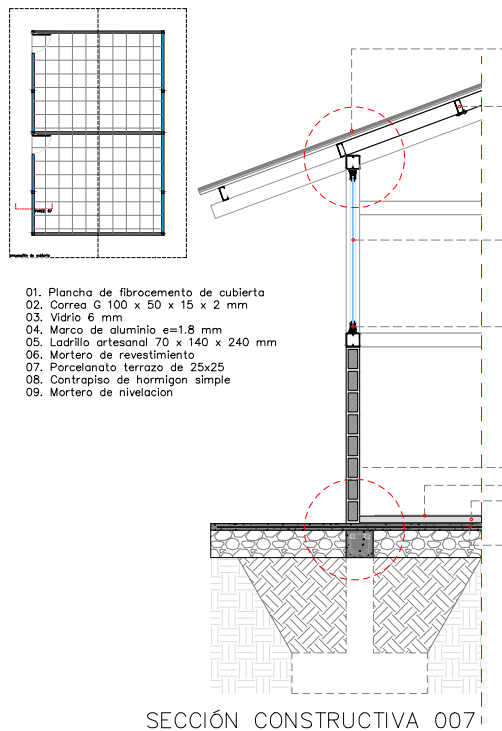
 AULA DE PREFABRICADA

 AULA DE HORMIGON

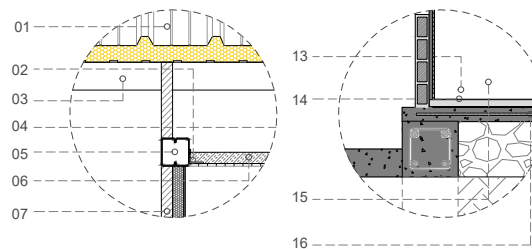
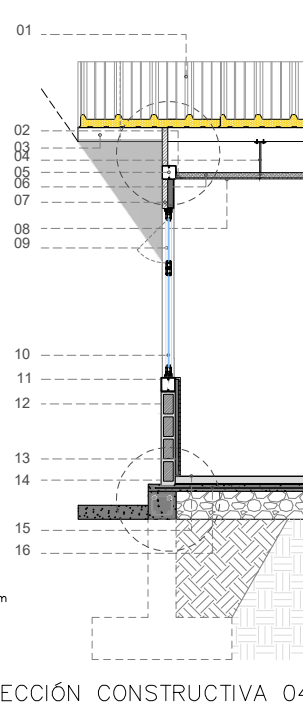
5.1.7 Propuesta constructiva estado actual vs alternativa

HORMIGÓN

5.1.7.1 ESTADO ACTUAL



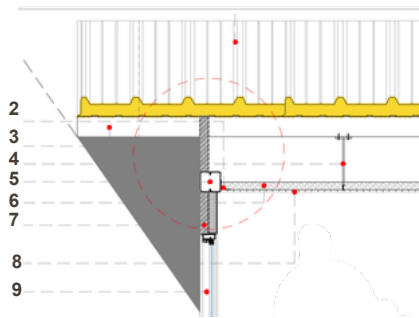
5.1.7.2 ALTERNATIVA



5.2.1 UEMMJGA Modelado de alternativas por componente

HORMIGÓN

5.2.1.1 Cubierta 1

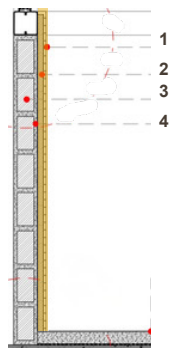


- 1.-Panel sandwich nucleo de poliuretano
- 2.-Angulo Galvanizado
- 3.-Correa G 100 x 50 x 15 x 2mm
- 4.- Soporte estandarizado para gypsum
- 5.- Viga metalica
- 6.-Lana de vidrio
- 7.-Panel prefabricado
- 8.-Gypsum para interior

Confort Térmico

El EPS de 100 mm reduce la ganancia y pérdida de calor a través de la cubierta.

5.2.1.2 Muro



- 1.- Gypsum para exteriores 12mm
- 2.-Lana de roca 40mm
- 3.- Ladrillo artesanal 70x140x240m
- 4.- Mortero de nivelación

Confort Térmico

Reduce la transmisión térmica mediante cámara y aislamiento.

Ventilación

La rejilla permite ventilación pasiva del sistema.

Exterior Interior

5.2.1.3 Ventana



- 1.- Tarjetero de 30cm
- 2.- Vidrio e:6mm
- 3.- Marco de aluminio con puente térmico e:1.8mm

Confort Térmico

El vidrio doble y el marco con puente térmico reducen pérdidas y ganancias de calor.

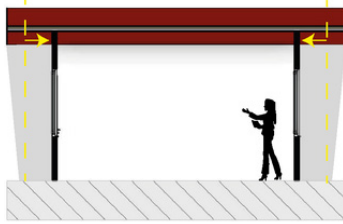
5.2.2 UEMMJGA Simulación Confort Térmico

ALTERNATIVA 1

HORMIGÓN

5.2.2.1 MEJORAS DE HABITABILIDAD

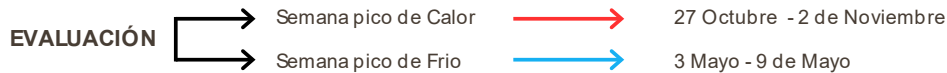
(Ampliación de ventanas, aleros y estrategias pasivas)



Reducción de Alero

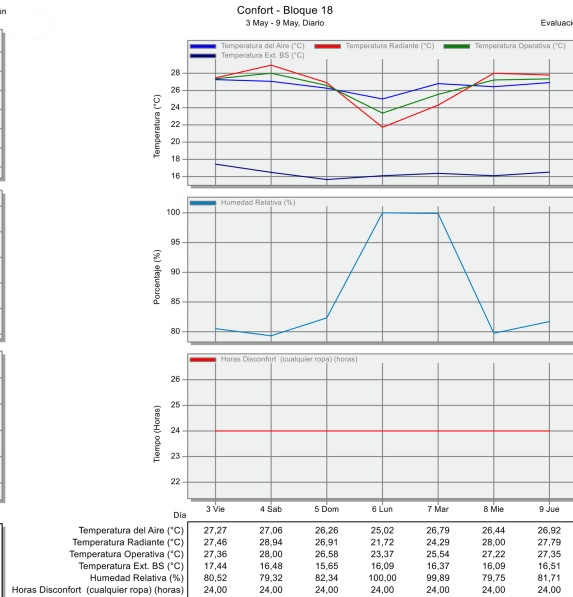
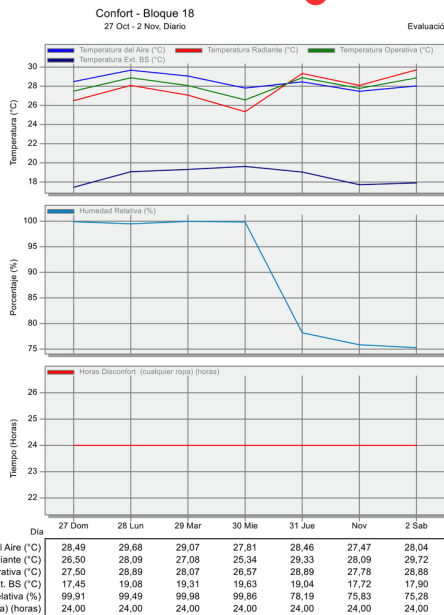
CRITERIO	ESTADO ACTUAL	ALTERNATIVA 1
Altura de vano (H)	1,20	1,20
Profundidad de alero (P)	1.0	0,84
Evaluación Climática	No cumple	Si Cumple
Formula Givoni	$P=0,7 \cdot H$	$P=0,7 \cdot 1,20$
	0,7= Representa el 70% del vano	$P= 0,84$

5.2.2.2 HORMIGON



Semana pico de Calor - Aula de Hormigon

Semana pico de Frio - Aula de Hormigon



Temperatura Actual: **29,68(°C)** ✗
 +3,68 grados °C sobre el rango permitido
 Temperatura Permitida Ashrae55 20-26(°C)

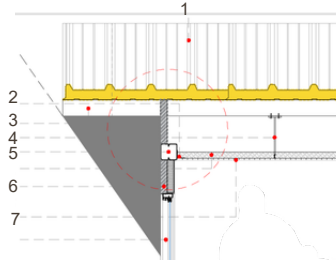
Temperatura Actual: **27,27(°C)** ✗
 +1,27 grados °C sobre el rango permitido
 Temperatura Permitida Ashrae55 20-26(°C)

5.2.3 UEMM JGA Simulación Confort Térmico

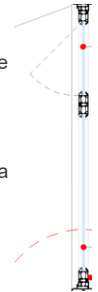
ALTERNATIVA 2

HORMIGO

5.2.3.1 MEJORA EN CUBIERTA Y VIDRIO



- 1.-Panel sandwich nucleo de poliuretano
- 2.-Angulo Galvanizado
- 3.-Correa G 100 x 50 x 15 x 2mm
- 4.- Soporte estandarizado para gypsum
- 5.- Viga metalica
- 6.-Panel prefabricado
- 7.-Gypsum para interior



- 1.- Tarjetero superior de 30cm
- 2.- Vidrio e:6mm
- 3.- Marco de aluminio con puente térmico e:1.8mm

EVALUACIÓN



Semana pico de Calor



27 Octubre - 2 de Noviembre

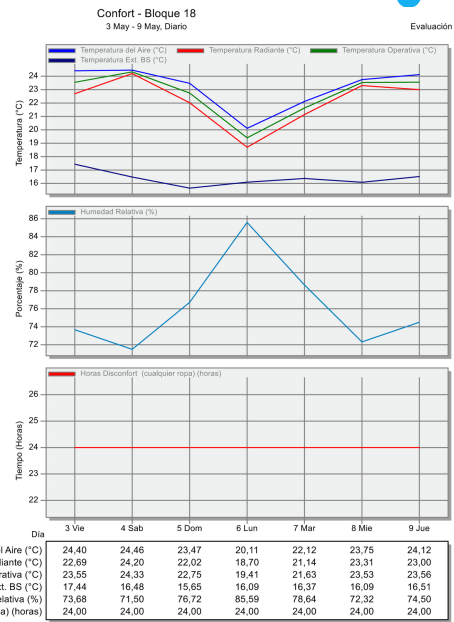
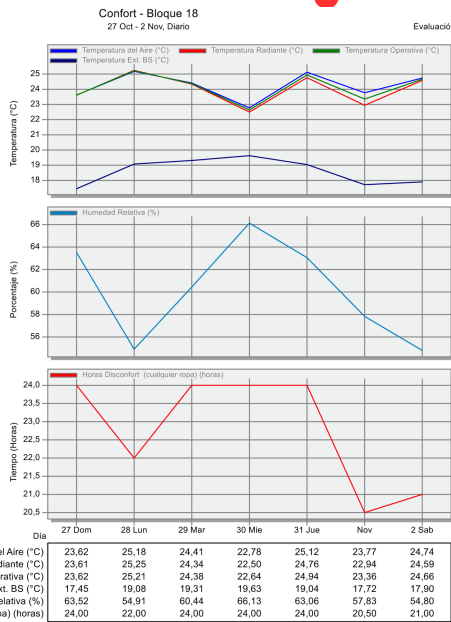
Semana pico de Frio



3 Mayo - 9 de Mayo

Semana pico de Calor - Aula de Hormigon

Semana pico de Frio - Aula de Hormigon



Temperatura Actual: 25,18(°C) ✓

Dentro del rango permitido

Temperatura Permitida Ashrae55 20-26(°C)

Temperatura Actual: 24,40(°C) ✓

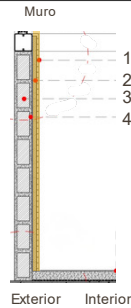
Dentro del rango permitido

Temperatura Permitida Ashrae55 20-26(°C)

5.2.4 UEMM JGA Simulación Confort Térmico **ALTERNATIVA 3**

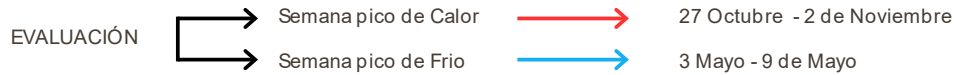
HORMIGÓN

5.2.4.1 MEJORA AISLAMIENTO EN MUROS



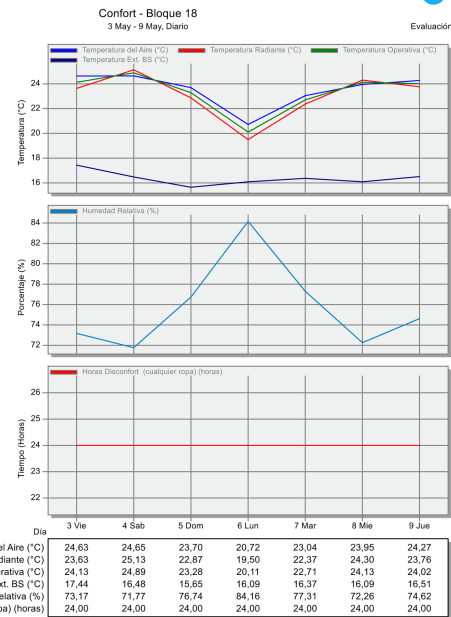
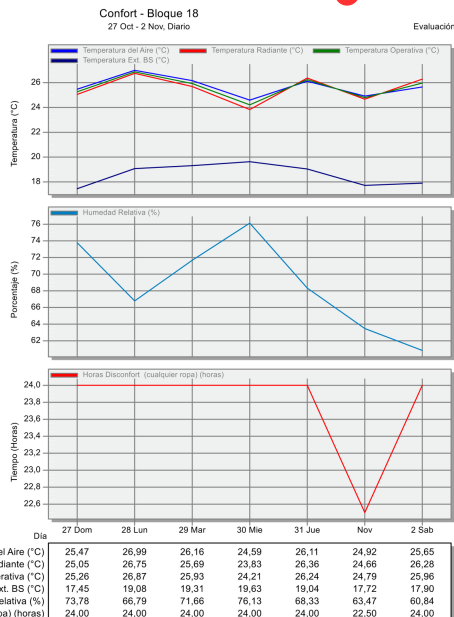
- 1.- Gypsum para exteriores 12mm
- 2.- Lana de roca 40mm
- 3.- Ladrillo artesanal 70x140x240m
- 4.- Mortero de nivelación

5.2.4.2 HORMIGÓN



Semana pico de Calor - Aula de Hormigon

Semana pico de Frio - Aula de Hormigon

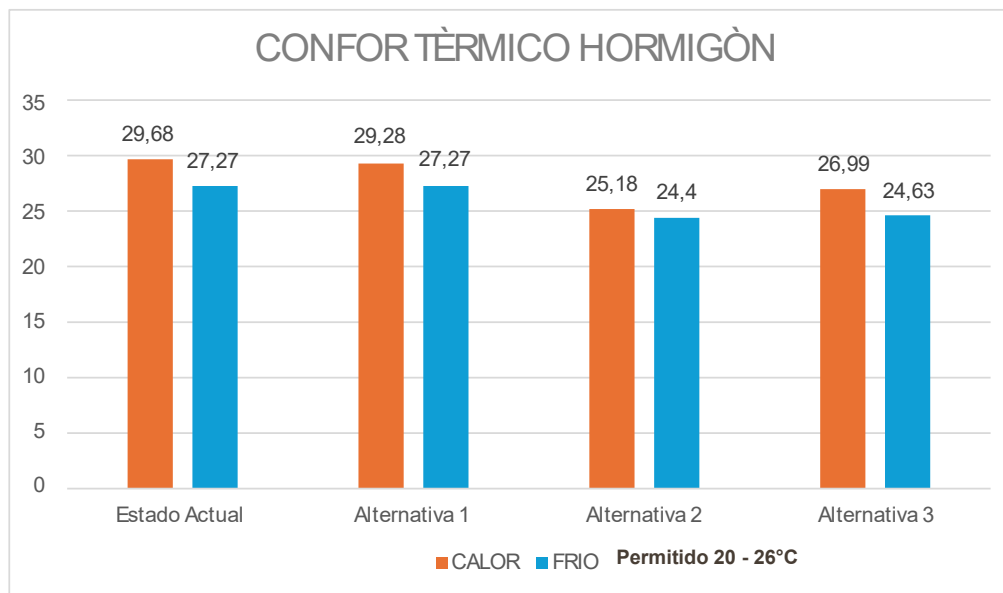


Temperatura Actual: **26,99(°C)** ❌
 +1 grado °C sobre el rango permitido
 Temperatura Permitida Ashrae55 20-26(°C)

Temperatura Actual: **24,63(°C)** ✅
 Dentro del rango permitido
 Temperatura Permitida Ashrae55 20-26(°C)

5.2.5 Evaluación comparativa confort térmico

HORMIGÓN



5.2.6 SELECCION DE PROPUESTA OPTIMA

Según la norma ASHRAE 55, el rango de confort térmico para aulas educativas se sitúa entre 20 °C y 26 °C. En el estado actual, las aulas de hormigón de la Escuela Municipal Mons. Jorge Guillermo Armijos no cumplen con este rango, registrando 29,68 °C en condición de calor y 27,27 °C en condición de frío.

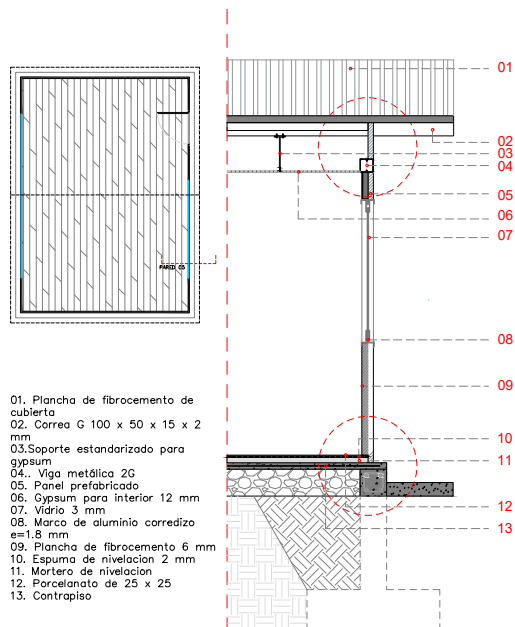
La Alternativa 1, basada en la optimización de vanos y la reducción del alero conforme al criterio de Givoni (70 % de la altura de la ventana), no generó variaciones térmicas significativas; sin embargo, permitió mejorar el ingreso de luz natural al corregir un alero sobredimensionado. La Alternativa 2, que incorpora aislamiento en cubierta mediante panel sándwich con núcleo de poliuretano, lana de vidrio y vidrio doble, presentó el mejor desempeño térmico, alcanzando 25,18 °C en calor y 24,40 °C en frío, cumpliendo con la normativa. En cambio, la Alternativa 3, correspondiente al aislamiento en muros con lana de roca de 40 mm, mostró un efecto adverso en condición de calor (26,99 °C), superando el rango de confort.

En conclusión, la combinación de la Alternativa 1 y la Alternativa 2 resulta la solución más eficiente para alcanzar condiciones de confort térmico adecuadas en las aulas analizadas.

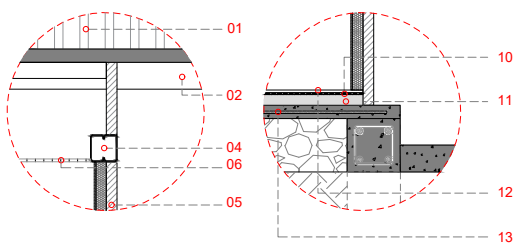
5.2.7 Propuesta constructiva estado actual vs alternativa

PREFABRICADA

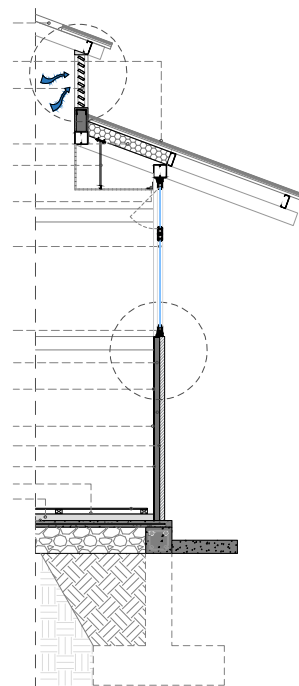
5.2.7.1 ESTADO ACTUAL



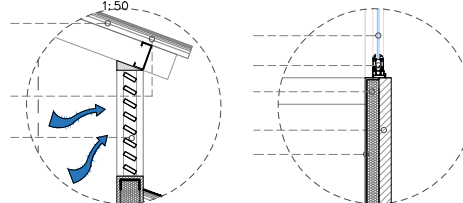
SECCIÓN CONSTRUCTIVA 005

ESCALA
1:50

5.2.7.2 ALTERNATIVA 3



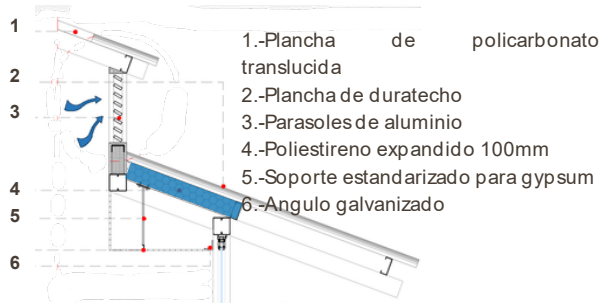
SECCIÓN CONSTRUCTIVA 008

ESCALA
1:50

5.2.8 UEMMJGA Modelado de alternativas por componente

PREFABRICADA

5.2.8.1 Cubierta



Confort Térmico

El EPS reduce la carga térmica interior y los parasoles limitan la radiación directa.

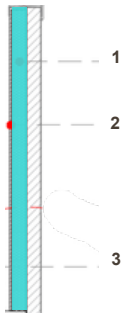
Confort Lumínico

El policarbonato permite el ingreso de luz natural controlada.

Ventilación

La apertura superior favorece la evacuación de aire caliente.

5.2.8.2 Muro



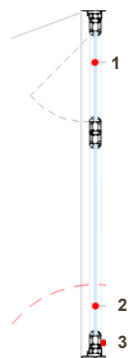
- 1.- Lana de roca 40mm
- 2.-Panel de fibrocemento espesor 6mm
- 3.-Pintura blanca

Confort Térmico

La lana de vidrio reduce la transferencia de calor en el sistema liviano.

Exterior Interior

5.2.8.3 Ventana



- 1.- Tarjetero de 30cm
- 2.- Vidrio e:6mm
- 3.- Marco de aluminio con puente térmico e:1.8mm

Confort Térmico

El vidrio doble reduce la transmisión térmica del cerramiento.

Ventilación

Favorece la ventilación superior por diferencia térmica.

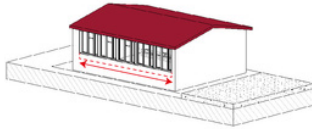
5.2.9 UEM M JGA Simulación Confort Térmico

ALTERNATIVA 1

PREFABRICADA

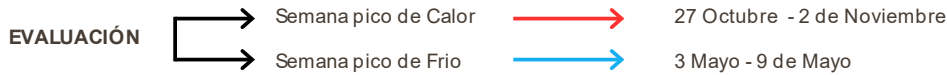
5.2.9.1 MEJORAS DE HABITABILIDAD

→ AMPLIACIÓN DE VANO Y ALTURA DE ANTEPECHO



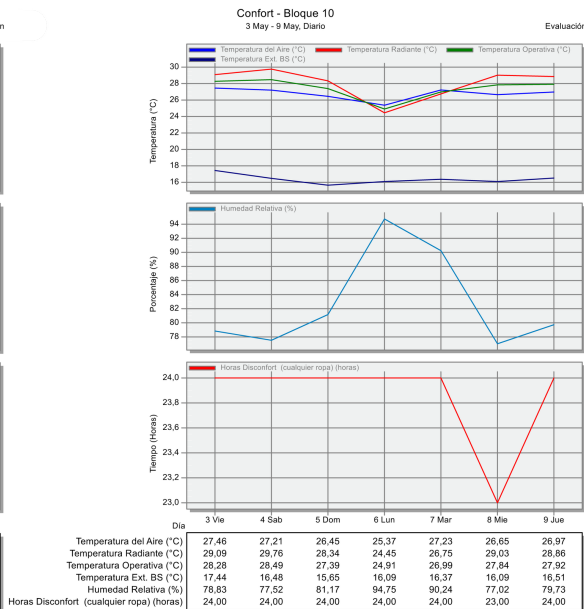
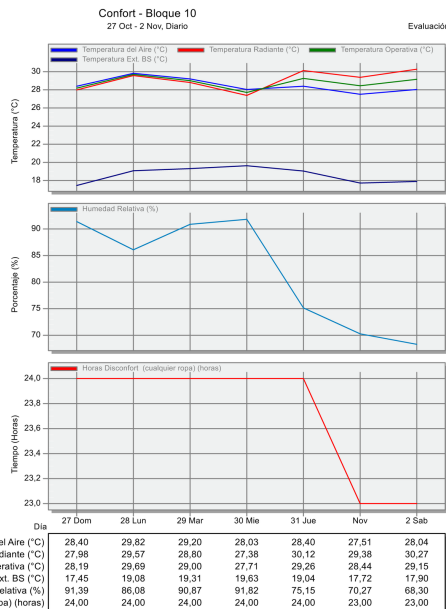
CRITERIO	ESTADO ACTUAL	ALTERNATIVA 1
Dimensión de vanos	5 vanos de 1,40 × 0,90 m	1 vano continuo de 6 × 0.90 m
Área total de vanos	6,30 m ²	5,40 m ²
Área del muro	13,80 m ²	13,80 m ²
% de vanos en fachada	45,7%	39,9 %
Cumplimiento normativo (≤ 40 %)	No cumple	Si cumple

5.2.9.2 PREFABRICADA



Semana pico de Calor - Aula Prefabricada

Semana pico de Frio - Aula Prefabricada



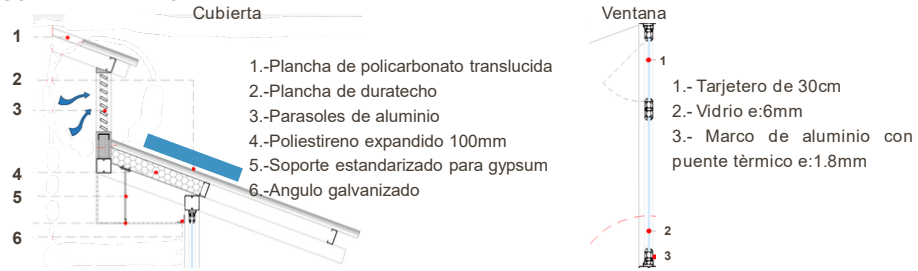
Temperatura Actual: 29,82(°C) ✗
 +3,82 grados °C sobre el rango permitido
 Temperatura Permitida Ashrae55 20-26(°C)

Temperatura Actual: 27,46(°C) ✗
 +1,46 grados °C sobre el rango permitido
 Temperatura Permitida Ashrae55 20-26(°C)

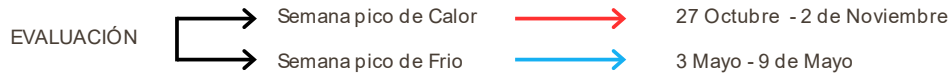
5.2.10 UEMMJGA Simulación Confort Térmico **ALTERNATIVA 2**

PREFABRICADA

5.2.10.1 MEJORA EN CUBIERTA Y VIDRIO

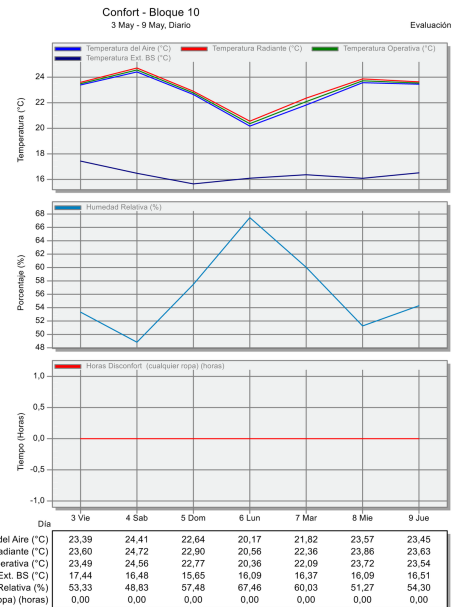
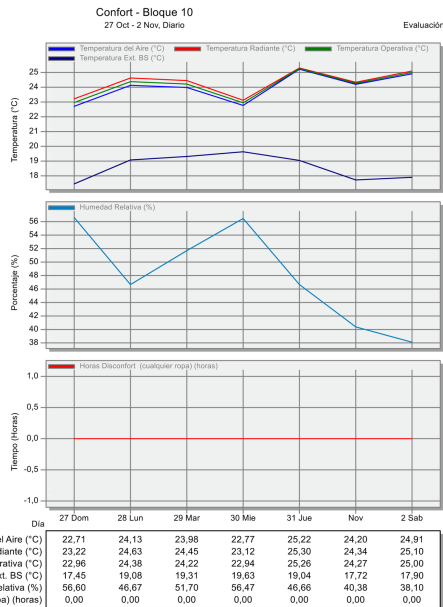


5.2.10.2 PREFABRICADA



Semana pico de Calor - Aula Prefabricada

Semana pico de Frio - Aula Prefabricada



Temperatura Actual: 24,13(°C) ✓

Dentro del rango permitido

Temperatura Permitida Ashrae55 20-26(°C)

Temperatura Actual: 23,39(°C) ✓

Dentro del rango permitido

Temperatura Permitida Ashrae55 20-26(°C)

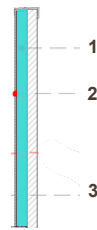
5.2.11 UEMMJGA Simulación Confort Térmico

ALTERNATIVA 3

PREFABRICADA

5.2.11.1 MEJORA EN MUROS

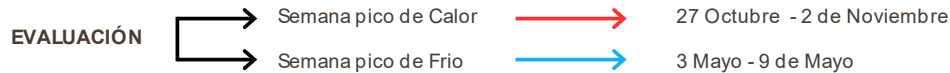
Muro



- 1.- Lana de roca 40mm
- 2.-Panel de fibrocemento espesor 6mm
- 3.-Pintura blanca

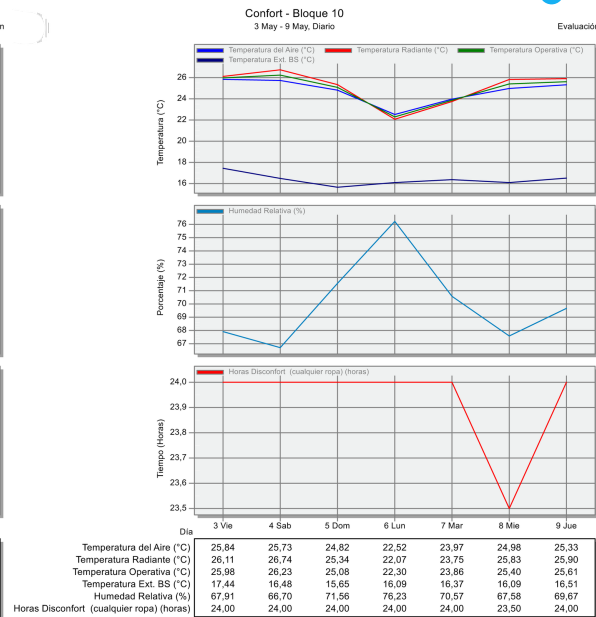
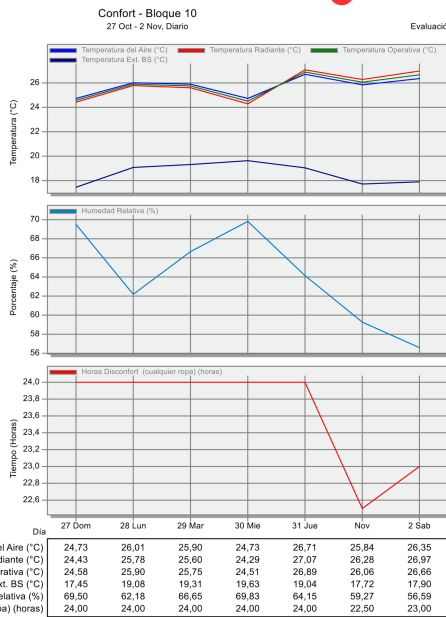
Exterior Interior

PREFABRICADA



Semana pico de Calor - Aula Prefabricada

Semana pico de Frio - Aula Prefabricada



Temperatura Actual: 26,01(°C) ✓

Dentro del rango permitido

Temperatura Permitida Ashrae55 20-26(°C)

Temperatura Actual: 25,84(°C) ✓

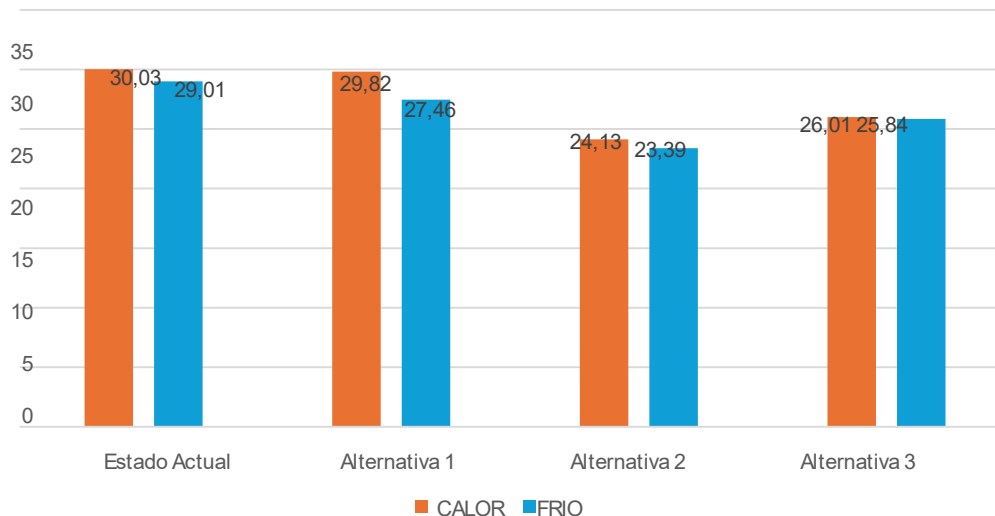
Dentro del rango permitido

Temperatura Permitida Ashrae55 20-26(°C)

5.2.12 UEMMJGA Evaluación Comparativa confort térmico

PREFABRICADA

CONFORT TÉRMICO PREFABRICADA



5.2.13 CONCLUSIÓN

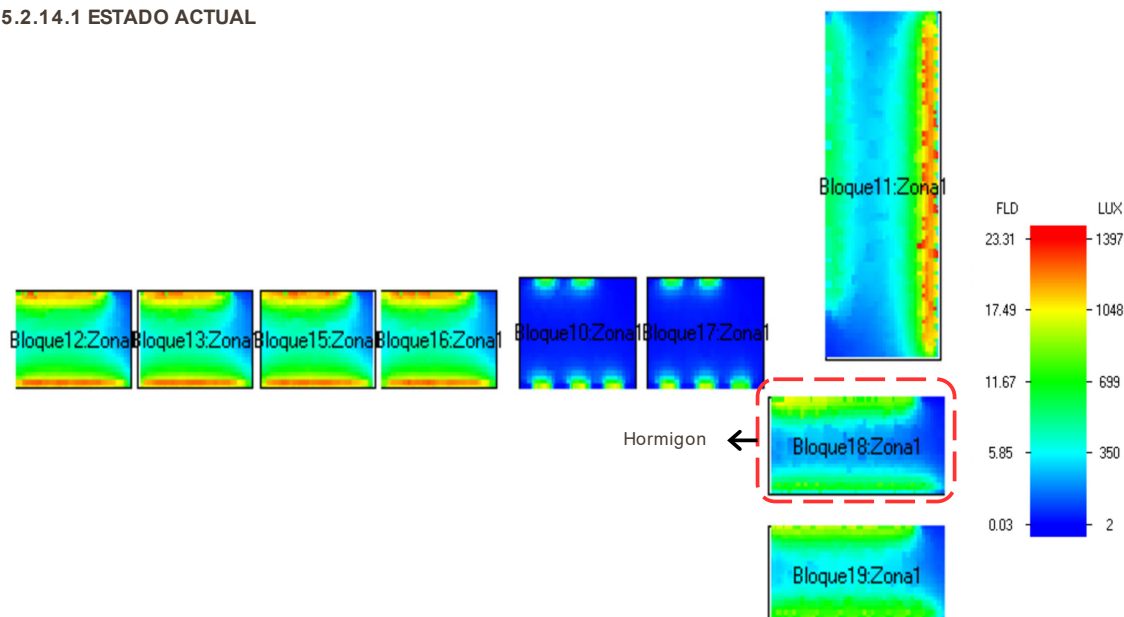
Las simulaciones térmicas realizadas en DesignBuilder para el estado actual del aula de hormigón evidencian condiciones de desconfort térmico, con temperaturas interiores de 29,68 °C en condición de calor y 27,27 °C en condición de frío, valores que no cumplen con el rango de confort establecido por la norma ANSI/ASHRAE Standard 55, la cual define para espacios educativos temperaturas aceptables entre 20 °C y 26 °C (ASHRAE, 2020). La aplicación de la Alternativa 1, que consiste en la reducción del alero de 1,00 m a 0,84 m conforme a la fórmula de Givoni, se plantea como una estrategia para mejorar la captación de luz natural, considerando que aleros sobredimensionados pueden interferir en el ingreso de iluminación sin aportar mejoras térmicas significativas (Givoni, 1998); sin embargo, los resultados de la simulación indican que esta intervención no genera variaciones en el comportamiento térmico del aula, manteniéndose los mismos valores de temperatura interior.

En contraste, la Alternativa 2, basada en la mejora de la envolvente mediante la incorporación de una cubierta tipo panel sándwich con núcleo de poliuretano y el uso de vidrio de 6 mm con tarjetero superior de 30 cm y marco de aluminio con puente térmico de 1,8 mm, evidencia una reducción significativa de las temperaturas interiores, alcanzando 25,18 °C en condición de calor y 24,40 °C en condición de frío, valores que cumplen con la normativa ASHRAE 55. Por su parte, la Alternativa 3, que incorpora aislamiento térmico en muros mediante lana de roca de 40 mm, presenta un desempeño parcial, ya que en condición de calor la temperatura se eleva a 26,99 °C, mientras que en condición de frío se mantiene en 24,63 °C, cumpliendo únicamente en esta última. En consecuencia, se concluye que la combinación de la Alternativa 1 y la Alternativa 2 constituye la solución más adecuada, al optimizar la iluminación natural y garantizar condiciones de confort térmico conforme a la normativa vigente.

5.2.14 UEM MJGA Simulación confort lumínico

HORMIGON

5.2.14.1 ESTADO ACTUAL



400 LUX - SI CUMPLE ✓

5.2.15 CONCLUSIÓN

De acuerdo con la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), los niveles de iluminancia recomendados para aulas educativas se encuentran en un rango de 300 a 500 lux, estableciéndose como valor óptimo 750 lux para el desarrollo adecuado de actividades académicas. A partir de la simulación lumínica realizada en el aula de hormigón de la Escuela Municipal Mons. Jorge Guillermo Armijos, se determinó que el espacio cumple parcialmente con los valores normativos, ya que se registran aproximadamente 700 lux en la zona próxima a la ventana y alrededor de 350 lux en la zona central del aula.

Estos resultados evidencian que el aula satisface los requerimientos mínimos establecidos por la NEC en gran parte del espacio, motivo por el cual no se consideró necesaria la aplicación de alternativas de intervención arquitectónica para mejorar la captación de luz natural, sin considerar el aporte adicional del sistema de iluminación artificial. Cabe señalar que el análisis lumínico fue realizado a las 10:00 a.m., franja horaria en la cual la radiación solar natural es representativa y permite evaluar condiciones favorables de iluminación natural dentro del aula.

5.2.16 UEMM JGA Simulación confort lumínico

PREFABRICADA

5.2.16.1 PROBLEMA



- Las aulas presentan insuficiencia de iluminación natural, lo que obliga al uso permanente de iluminación artificial durante el desarrollo de las actividades académicas.

5.2.16.3 SOLUCIÓN

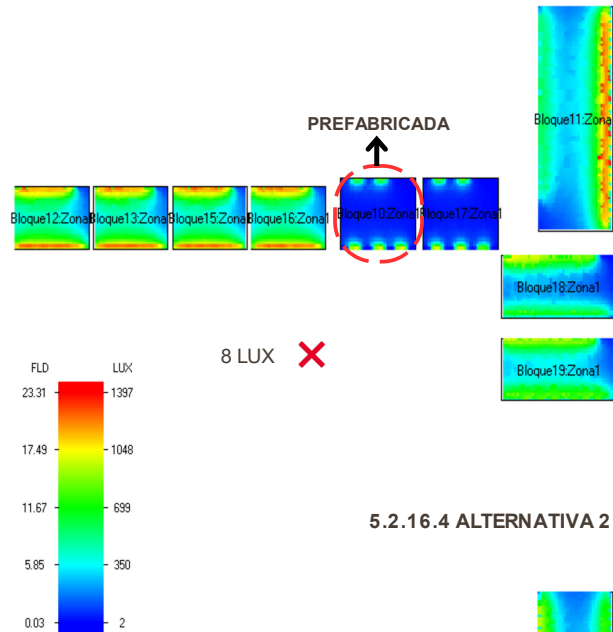


- Incorporación de una cubierta con aberturas que permiten el ingreso de iluminación natural cenital.

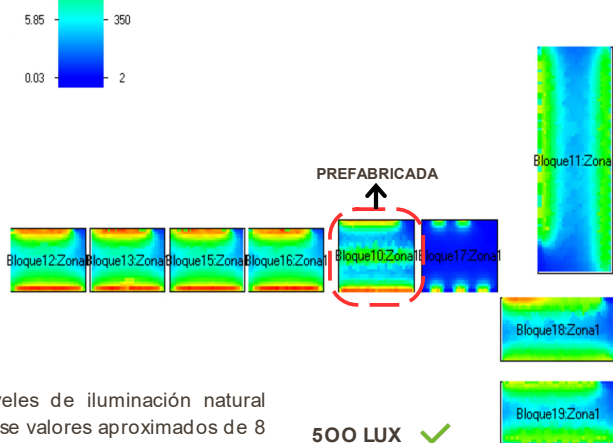
5.2.16.5 CONCLUSIÓN

- La simulación del estado actual evidencia niveles de iluminación natural insuficientes en las áreas educativas, registrándose valores aproximados de 8 lux, lo cual no cumple con lo establecido por la normativa NEC, que establece valores recomendados de hasta 750 lux para espacios educativos. Como estrategia de mejora, se incorpora una cubierta con aberturas indirectas de 40 cm, logrando niveles de iluminación cercanos a 500 lux, los cuales se encuentran dentro del rango normativo permitido, optimizando la captación de luz natural y mejorando la eficiencia energética del espacio.

5.2.16.2 ESTADO ACTUAL



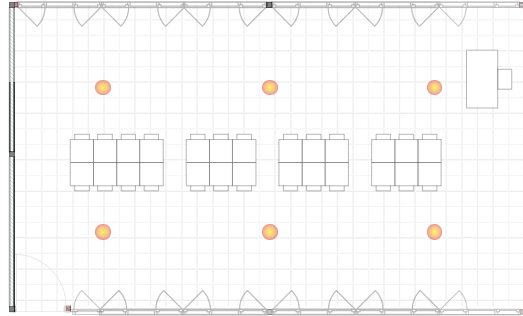
5.2.16.4 ALTERNATIVA 2



5.2.16 UEMMJGA Iluminacion Artificial

HORMIGÓN

5.2.16.2 ESTADO ACTUAL

**Bombilla Led 30w Inco**

- Aula correctamente iluminadas
- Buena eficacia luminosa
- Reduce el consumo energético
- No genera calor
- Mayor vida útil ✓

Cálculo de Potencia Instalada

$$P = N \cdot W$$

Donde:

P = Potencia total (W)

W = Potencia por luminaria (W)

Calculo de Iluminancia

$$E_m = \frac{N \cdot \Phi}{S}$$

Donde:

E_m = Iluminancia media (lux)

N = Número de luminarias

Φ = Flujo luminoso por luminaria (lm)

S = Superficie del aula (m²)

Cálculo de Eficacia Luminosa

$$\eta = \frac{\Phi}{W}$$

Donde:

N = Número de luminarias

Φ = Flujo luminoso por luminaria (lm)

W = Potencia por luminaria (W)

Análisis de resultados

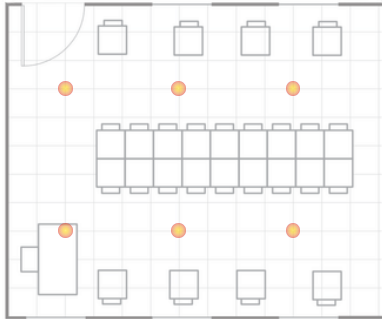
Parametro	Estado Actual
Potencia Total	180w
Iluminancia	300Lux
Eficacia	90lumens

El sistema actual presenta un bajo consumo eléctrico y cumple con los niveles mínimos de iluminación requeridos para actividades académicas, alcanzando una iluminancia promedio de 300 lux en el aula analizada. Este valor garantiza condiciones adecuadas de confort visual para el desarrollo de clases sin generar sobreconsumo energético; por lo tanto, no se consideró necesario realizar modificaciones ni proponer una alternativa de sustitución de luminarias, ya que el sistema instalado satisface los requerimientos normativos y funcionales del espacio. Además, considerando el aporte significativo de iluminación natural durante el día, el sistema artificial funciona principalmente como complemento en horario nocturno o en condiciones climáticas desfavorables, optimizando el rendimiento energético del aula.

5.2.16 UEM M JGA Iluminacion Artificial

PREFABRICADA

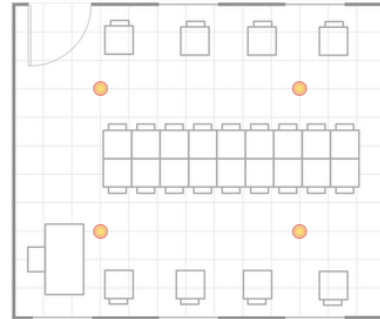
5.2.16.2 ESTADO ACTUAL



Bombilla Led 30w Osram

- Aulas Oscuras
- Baja eficacia luminosa ❌

5.2.16.2 ALTERNATIVA



Bombilla led 42w Sylvania

- Aula correctamente iluminadas
- Buena eficacia luminosa
- Reduce el consumo energético
- No genera calor
- Mayor vida util ✅

Cálculo de Iluminancia

$$Em = \frac{N \cdot \Phi}{S}$$

Donde:

- Em = Iluminancia media (lux)
- N = Número de luminarias
- Φ = Flujo luminoso por luminaria (lm)
- S = Superficie de la aula (m²)

Cálculo de Potencia Instalada

$$P = N \cdot W$$

Donde:

- P = Potencia total (W)
- W = Potencia por luminaria (W)

Cálculo de Eficacia Luminosa

$$\eta = \frac{\Phi}{W}$$

Donde:

- N = Número de luminarias
- Φ = Flujo luminoso por luminaria (lm)
- W = Potencia por luminaria (W)

Reducción porcentual de consumo

$$\% = \frac{P_{actual} - P_{nuevo}}{P_{actual}} \times 100$$

Donde:

- % = Reducción porcentual del consumo
- P_{actual} = Potencia del sistema existente
- P_{nuevo} = Potencia del sistema propuesto

Análisis de resultados

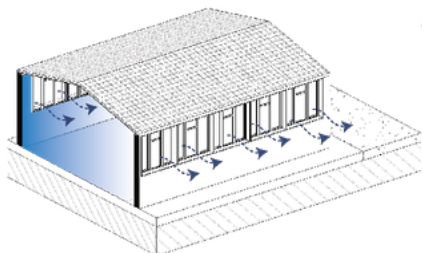
El sistema actual presenta un bajo consumo eléctrico; sin embargo, no cumple con los niveles mínimos de iluminación requeridos para actividades académicas (128 lux). La propuesta incrementa la iluminación hasta 303 lux, garantizando condiciones adecuadas de confort visual con la menor cantidad de luminarias posibles y optimizando el rendimiento energético del aula. Además, considerando el aporte significativo de iluminación natural durante el día, el sistema artificial operará únicamente como complemento en horario nocturno o en días nublados.

Parametro	Estado Actual	Alternativa
Potencia Total	180w	168w
Iluminancia	128Lux	303Lux
Eficacia	63,1 lumens	75,3 Lumens
Consumo	-----	180% mas

5.2.17 UEMMJGA Simulación ventilación

HORMIGÓN

5.2.17.1 ESTADO ACTUAL

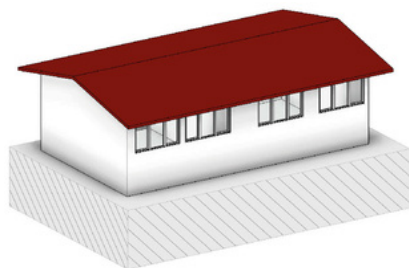


De acuerdo con la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), se establece que el rango mínimo de velocidad del aire para garantizar una ventilación adecuada en espacios interiores es de 0,55 m/s; posteriormente, mediante el análisis realizado en el software DesignBuilder, se determinó que las aulas construidas en hormigón presentan una velocidad media del aire de 0,55 m/s, valor que se encuentra dentro del mínimo exigido por la normativa, por lo que se concluye que sí cumplen con las condiciones de ventilación establecidas, no siendo necesaria una intervención constructiva en este aspecto.

0,55(m/s) dentro del rango permitido ✓

Prefabricada

Estado Actual

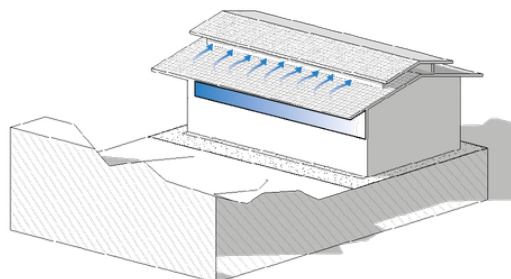


0,46(m/s) ✗

Vano Independiente con antepecho 0,58

- Mala Ventilación
- Problemas de seguridad para niños por antepechos bajos

Alternativa



0,64(m/s) ✓

Vano continuo con antepecho de 0.90

- Cubierta Ventilada 40cm, mejora la ventilación y genera iluminación cenital.
- Vano continuo que mejorará la ventilación
- Antepecho altura 0.90 brinda mayor seguridad a los niños

5.2.18 Análisis de resultados

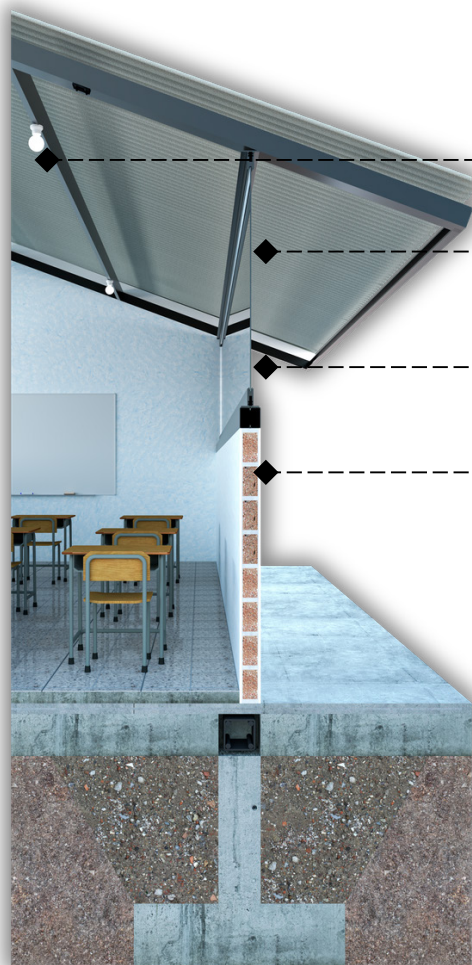
	Estado Actual	Alternativa	Nec	Cumple
Hormigon	0.55 ✓	0,55(m/s)	0.05(m/s)	✓
Prefabricada	0,46 ✗	0,64(m/s)	0.05(m/s)	✓

El estado actual de las aulas prefabricadas registra en la simulación una velocidad del aire de 0,46 m/s; sin embargo, tras la intervención a nivel de envolvente arquitectónica en ventanas y cubierta, se implementaron dos vanos continuos en fachada, se elevó el antepecho a 0,90 m, y en la cubierta se incorporó un sistema de cubierta ventilada con aberturas laterales de 0,40 m, lo cual permitió mejorar las condiciones de ventilación natural y, de manera complementaria, optimizar el confort lumínico de los espacios interiores.

ESCANTILLON ESTADO ACTUAL

Hormigon

P.198



- Bombilla Led 30 w Inco
- Cubierta de Fibrocemento sin aislamiento térmico
- Vidrio Simple 3mm
- Muro de ladrillo tradicional

Confort Térmico

UEMB	Calor	Frio	Ashrae55	
	29,68(°C) ✗	27,27(°C) ✗	20-26(°C)	No cumple

Confort Lumínico

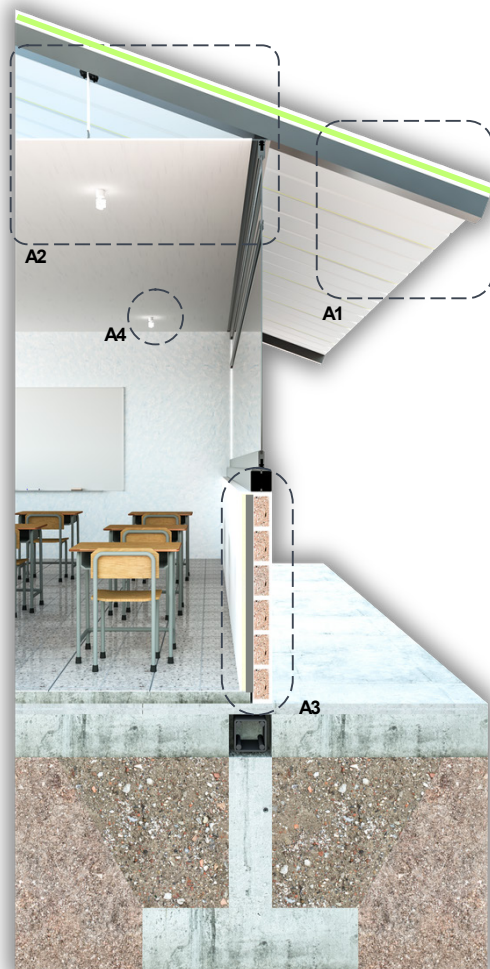
UEMB	Lux	Nec	
	400Lux ✓	300-500-750Lux	Cumple

Iluminación Artificial

UEMB	Potencia Total	Lux	Lumens	
	180w ✗	300 ✓	90L ✗	Favorable

Ventilación

UEMB	Lux	Nec	
	0,55m/s ✓	0,50m/s	Cumple



Alternativa 1

Ampliación de ventanas, Aleros, Estrategias pasivas

Recorte de alero sobredimensionado de 1 metro a 0,84

Confort Térmico

	Calor	Frio	
UEMB			No cumple ✗
	29,68(°C) ✗	27,27(°C) ✗	

Alternativa 2 - **Seleccionada****Mejora en cubierta y Vidrio**

Plancha sandwich con nucleo de poliuretano + Cielo raso con gypsum de 12mm + Vidrio de 6mm, Ventana con tarjetero de 30cm

Confort Térmico

	Calor	Frio	
UEMB			
	25,18(°C) ✓	24,40(°C) ✓	

Alternativa 3

Mejora en aislamiento en muro

Se baja el antepecho de 1.20 a 0,90 y se implementa Lana de roca como aislante de 40mm

Confort Térmico

	Calor	Frio	
UEMB			Cumple parcialmente ✗
	26,99(°C) ✗	24,63(°C) ✓	

Alternativa 4

Iluminación artificial

Los focos actuales, Bombilla LED de 30W marca Inco, presentan un nivel de iluminación y eficiencia energética adecuados para el aula; por lo tanto, no se considera necesario realizar cambios

	Potencia Total	Iluminancia	Eficacia	
UEMB				Cumple ✓
	180W	300Lux	90Lumens	

ESCANTILLON ESTADO ACTUAL

PREFABRICADA

P.200



→ Cubierta de Fibrocemento sin aislamiento térmico

→ Bombilla Led 30

→ Vidrio Simple 3mm

→ Pared prefabricada fibrocemento 4cm

Confort Térmico

UEMB	Calor	Frio	Ashrae55	
	30,03(°C) ✗	29,01(°C) ✗	20-26(°C)	No cumple ✗

Confort Lumínico

UEMB	Lux	Nec	
	8Lux ✗	300-500-750Lux	No cumple ✗

Iluminación Artificial

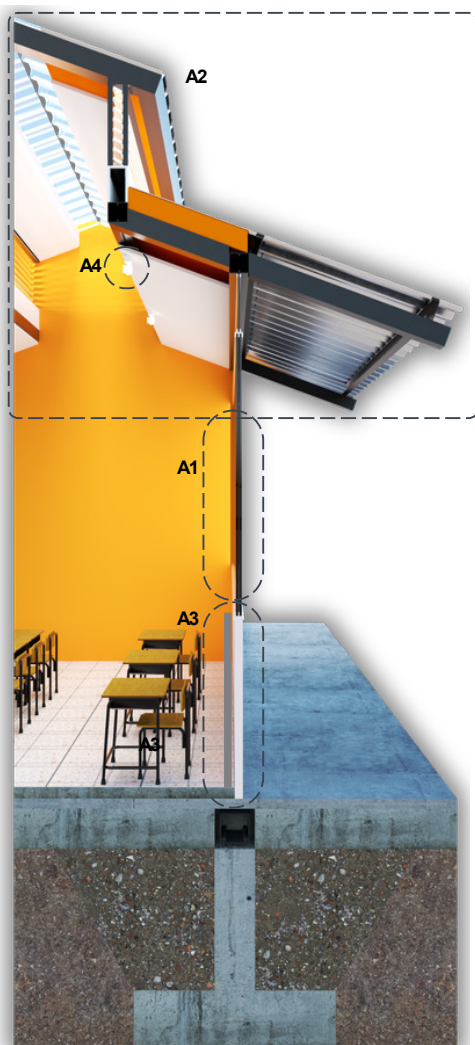
UEMB	Potencia Total	Lux	Lumens	
	180w ✗	128 ✗	75,3L ✗	Desfavorable ✗

Ventilación

UEMB	Lux	Nec	
	0,46m/s ✓	0,50m/s	No cumple ✗

ESCANTILLON DE ALTERNATIVAS

PREFABRICADA



Alternativa 1

Ampliación de ventanas, Aleros, Estrategias pasivas

Se genera un vano continuo en la fachada principal y posterior de 6 metros de largo por 0,90 de alto

Confort Térmico

UEMB	Calor	Frio	
	29,82(°C) X	27,46(°C) X	No cumple X

Alternativa 2 - **Seleccionada****Mejora en cubierta y Vidrio**

Plancha duratecho + Poliestireno Expandido 100mm + Cumbretero translucido con parasoles de aluminio 40cm

Confort Térmico

Confort Luminico Ventilación

UEMB	Calor	Frio	UEMB	Lux	UEMB	(m/s)
	24,13(°C) ✓	23,39(°C) ✓		500Lux ✓		0,64m/s ✓
Cumple ✓			Cumple ✓		Cumple ✓	

Alternativa 3

Mejora en aislamiento en muro

Se sube el antepecho de 0,58 a 0,90 lo que resuelve el problema de seguridad para los niños y se genera un vano de 6m por 0.90 de alto que nos ayuda en el confort Luminico y se aplica como aislante térmico lana de roca 40mm

Confort Térmico

UEMB	Calor	Frio	
	26,01(°C) ✓	25,84(°C) ✓	Cumple ✓

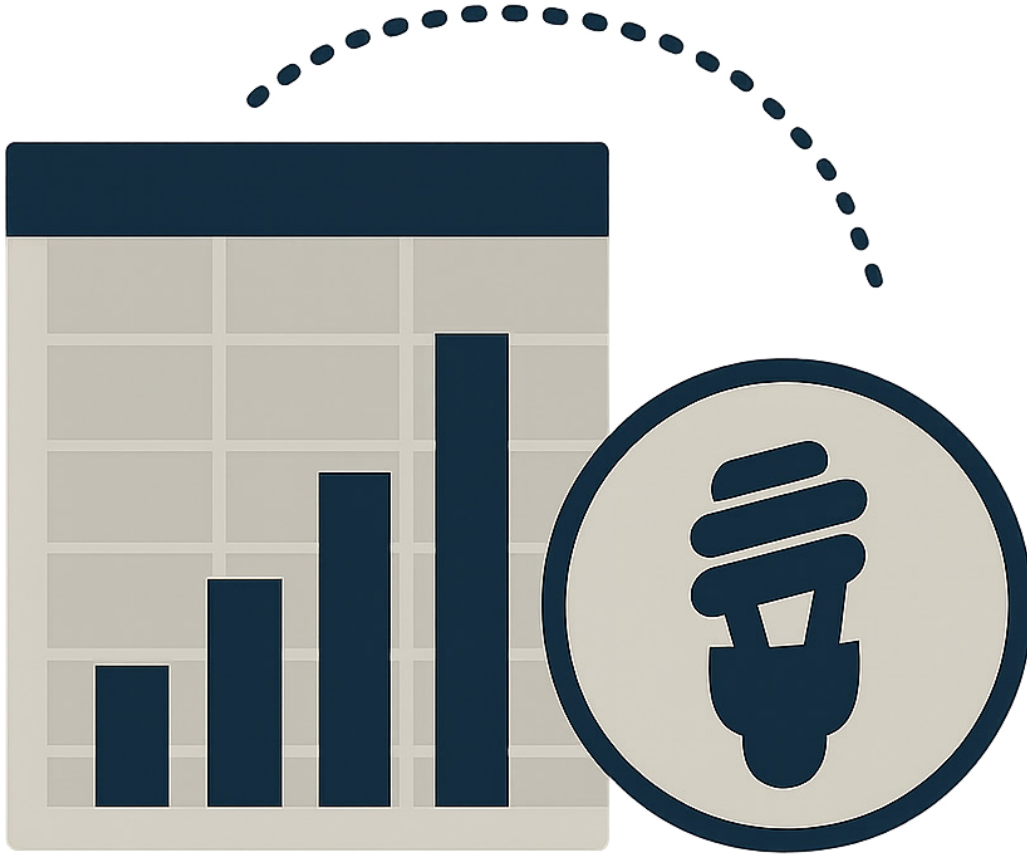
Alternativa 4 - **Seleccionada****Iluminación artificial**

Se reemplazaron las bombillas LED de 30W (Osram) por luminarias LED de 42W (Sylvania) para mejorar los niveles de iluminación y la eficiencia energética del espacio.

UEMB	Potencia Total	Iluminancia	Eficacia	
	168W	303Lux	63.1Lumens	Cumple ✓



RESULTADOS



5.3 RESULTADOS

UNIDAD EDUCATIVA MUNICIPAL BORJA

CONFORT TÉRMICO

La normativa ASHRAE 55 establece un rango de confort térmico entre 20 °C y 26 °C. En el estado actual, el aula con sistema constructivo de hormigón registró temperaturas de 29,61 °C en época de calor y 27,25 °C en época de frío. En el sistema prefabricado se registraron valores de 29,61 °C en época de calor y 27,25 °C en época de frío.

Posterior a la aplicación de la Alternativa 2 (mejoramiento de cubierta y vidrio), las temperaturas operativas registradas fueron de 25,13 °C en época de calor y 25,09 °C en época de frío para el sistema de hormigón, mientras que en el sistema prefabricado se registraron valores de 25,98 °C en época de calor y 23,32 °C en época de frío.

CONFORT LUMINÍCO

La normativa NEC establece niveles de iluminancia entre 300 y 750 lux para espacios educativos. En el estado actual, el aula de hormigón registró 750 lux, mientras que el aula prefabricada registró 6 lux.

Tras la aplicación de la Alternativa 2, el sistema prefabricado alcanzó niveles de 700 lux.

ILUMINACIÓN ARTIFICIAL

En el estado actual, el sistema de hormigón registró niveles de iluminancia de 348 lux con una eficacia de 27,8 lm/W. En el sistema prefabricado se registraron 348 lux con una eficacia de 15,6 lm/W.

Con la implementación de la Alternativa 4, los niveles de iluminación alcanzaron 392 lux en el sistema de hormigón y 540 lux en el sistema prefabricado. La eficacia lumínica registrada fue de 76 lm/W en hormigón y 63,1 lm/W en prefabricado.

VENTILACIÓN

La Norma NEC establece una velocidad mínima de 0,50 m/s. En el estado actual, el sistema de hormigón registró una velocidad del aire de 0,55 m/s, mientras que el sistema prefabricado registró 0,46 m/s.

Con la aplicación de la alternativa de mejora en vanos, la velocidad del aire interior registrada fue de 0,64 m/s.

UNIDAD EDUCATIVA MUNICIPAL BORJA

Confort Térmico

Norma	Estado Actual				Alternativa 2			
	Hormigòn		Prefabricada		Hormigòn		Prefabricada	
	Calor	Frio	Calor	Frio	Calor	Frio	Calor	Frio
ASHRAE55								
20-26(°C)	29,61(°C)	27,25(°C)	29,61(°C)	27,25(°C) ✗	25,13(°C)	25,09(°C)	25,98(°C)	23,32(°C) ✓
	Cumple ✓							

Confort Luminico

Norma	Estado Actual		Alternativa 2	
	Hormigòn	Prefabricada	Hormigòn	Prefabricada
NEC 300-500-750LUX	750Lux ✓	6 Lux ✗	-----	700Lux ✓
	Cumple ✓			

Luz Artificial

		Iluminancia	Eficacia	Consumo
Estado Actual	Hormigòn	348 Lux ✗	27,8Lumens ✗	----- ✗ Desfavorable
	Prefabricada	348 Lux ✗	15,6 Lumens ✗	----- ✗ Desfavorable
Alternativa 4	Hormigòn	392Lux ✓	76 Lumens ✓	72%menos ✓ Favorable
	Prefabricada	540Lux ✓	63,1 Lumens ✓	58%menos ✓ Favorable

Ventilación

		Norma Nec	Estado	Alternativa 1 y 2
Estado Actual	Hormigòn	(0,50m/s)	0,55m/s ✓	-----
	Prefabricada	(0,50m/s)	0,46m/s ✗	0,64m/s ✓ Cumple

UNIDAD EDUCATIVA MUNICIPAL MONS. JORGE GUILLERMO ARMIJOS

CONFORT TÉRMICO

La normativa ASHRAE 55 establece un rango de confort térmico entre 20 °C y 26 °C. En el estado actual, el aula con sistema constructivo de hormigón registró temperaturas de 29,68 °C en época de calor y 27,27 °C en época de frío. En el sistema prefabricado se registraron valores de 30,03 °C en época de calor y 29,01 °C en época de frío.

Posterior a la aplicación de la Alternativa 2 (mejoramiento de cubierta y vidrio), las temperaturas operativas registradas fueron de 25,18 °C en época de calor y 24,40 °C en época de frío para el sistema de hormigón, mientras que en el sistema prefabricado se registraron valores de 24,13 °C en época de calor y 23,39 °C en época de frío.

CONFORT LUMINÍCO

La normativa NEC establece niveles de iluminancia entre 300 y 750 lux para espacios educativos. En el estado actual, el aula con sistema de hormigón registró 400 lux, mientras que el aula prefabricada registró 8 lux.

Tras la aplicación de la Alternativa 2, el sistema prefabricado alcanzó niveles de 500 lux.

ILUMINACIÓN ARTIFICIAL

En el estado actual, el sistema de hormigón registró niveles de iluminancia de 300 lux con una eficacia de 90 lm/W. En el sistema prefabricado se registraron 128 lux con una eficacia de 63,1 lm/W.

Con la implementación de la Alternativa 4, el sistema prefabricado alcanzó 303 lux con una eficacia de 75,3 lm/W.

VENTILACIÓN

La Norma NEC establece una velocidad mínima de 0,50 m/s. En el estado actual, el sistema de hormigón registró una velocidad del aire de 0,55 m/s, mientras que el sistema prefabricado registró 0,46 m/s.

Con la aplicación de la alternativa de mejora en vanos, la velocidad del aire interior registrada fue de 0,64 m/s.

UNIDAD EDUCATIVA MUNICIPAL MONS. JORGE GUILLERMO ARMIJOS

Confort Térmico

Norma	Estado Actual				Alternativa 2			
	Hormigòn		Prefabricada		Hormigòn		Prefabricada	
	Calor	Frio	Calor	Frio	Calor	Frio	Calor	Frio
ASHRAE55								
20-26(°C)	29,68(°C)	27,27(°C)	30,03(°C)	29,01(°C) ✗	25,18(°C)	24,40(°C)	24,13(°C)	23,39(°C) ✓
	Cumple ✓							

Confort Luminico

Norma	Estado Actual		Alternativa 2	
	Hormigòn	Prefabricada	Hormigòn	Prefabricada
	NEC 300-500-750LUX	400Lux ✓	8 Lux ✗	-----
	Cumple ✓			

Luz Artificial

Estado Actual		Iluminancia		Eficacia		Consumo	
		Hormigòn	300Lux ✓	90Lumens ✓	-----	✓ Favorable	
Prefabricada	128 Lux ✗	63,1 Lumens ✗	-----	✗ Desfavorable			
Alternativa 4	Hormigòn	-----	-----	-----			
Prefabricada	303 Lux ✓	75,3 Lumens ✓	180%mas	✓ Favorable			

Ventilación

Estado Actual		Norma Nec		Estado Actual		Alternativa 1 y 2	
		Hormigòn	(0,50m/s)	0,55m/s ✓	-----		
Prefabricada	(0,50m/s)	0,46m/s ✗	0,64m/s ✓				

5.4 CONCLUSIONES

El análisis de las Unidades Educativas Municipales Borja y Mons. Jorge Guillermo Armijos evidenció un bajo nivel de confort ambiental en las aulas, donde las aulas de hormigón presentan sobrecalentamiento, mientras que las prefabricadas muestran mayores deficiencias térmicas, lumínicas y de ventilación; en este sentido, se determina que la envolvente arquitectónica es el factor decisivo en el desempeño ambiental, situación que además se repite en otras unidades educativas municipales de Loja. Para realizar esta evaluación se establecieron parámetros

normativos basados en la norma ASHRAE 55 para confort térmico (20–26 °C), la NEC para iluminación (300–500–750 lux) y el valor mínimo de ventilación natural (0,05 m/s), los cuales funcionaron como base técnica para analizar y validar los resultados obtenidos; bajo estos criterios, la simulación realizada en DesignBuilder durante los períodos climáticos críticos de Loja (época de calor y frío) confirmó que las aulas se encuentran fuera de los rangos normativos en confort térmico, lumínico y ventilación, evidenciando un desempeño ambiental deficiente.

Evaluación Estado Actual	Confort Térmico				Confort Lumínico		Ventilación	
	Hormigón		Prefabricada		Hormigón	Prefabricada	Hormigón	Prefabricada
	Calor	Fri	Calor	Fri				
UEMB	29,61(°C) ✗	27,25(°C) ✗	29,67(°C) ✗	28,34(°C) ✗	750Lux ✓	8Lux ✗	✓ 0,55(m/s)	0,46(m/s) ✗
UEMMJGA	29,68(°C) ✗	27,27(°C) ✗	30,03(°C) ✗	29,01(°C) ✗	400Lux ✓	6Lux ✗	✓ 0,55(m/s)	0,46(m/s) ✗
Normativa	Ashrae 55 20-26 grados				NEC: 300-500-750Lux		NEC: 0,05(m/s)	

A partir de estos resultados se identificó que el sistema constructivo prefabricado presenta los mayores problemas respecto al confort, especialmente en temperatura interior, iluminación natural y ventilación, lo que lo convierte en el sistema con mayores deficiencias de confort en general frente a este diagnóstico se plantearon tres alternativas de

intervención en la envolvente arquitectónica: ampliación de ventanas y estrategias pasivas, mejora de cubierta y vidrio, y refuerzo de aislamiento en muros, y tras la simulación comparativa la Alternativa 2, correspondiente a la intervención en cubierta y vidrio, obtuvo el mejor desempeño en confort térmico, lumínico y ventilación.

Evaluación Propuesta

Alternativa 2	Confort Térmico				Confort Lumínico		Ventilación	
	Hormigón		Prefabricada		Alternativa 2	Prefabricada	Prefabricada	
	Cubierta y Vidrio	Calor	Fri	Calor				Fri
UEMB	25,13(°C) ✓	25,09(°C) ✓	25,98(°C) ✓	23,32(°C) ✓	700Lux ✓	0,64m/s ✓		
UEMMJGA	25,18(°C) ✓	24,40(°C) ✓	24,13(°C) ✓	23,39(°C) ✓	500Lux ✓	0,64m/s ✓		
Normativa	Ashrae 55 20-26 grados				Normativa	Nec 300-500-750 Lux	Normativa 0,55m/s	

En cuanto al confort térmico, la intervención en la cubierta permitió estabilizar la temperatura interior dentro o cercana al rango normativo de 20–26 °C, mientras que en el confort lumínico natural se logró una mejora significativa en los niveles de iluminación, especialmente en aulas prefabricadas; además, en iluminación artificial se alcanzaron valores cercanos o superiores al mínimo normativo de 300 lux, logrando también una reducción del consumo energético del 58 % en la UEM Borja, y en ventilación natural las aulas prefabricadas alcanzaron 0,64 m/s, superando el valor mínimo requerido.

Finalmente, se concluye que, debido al clima característico de Loja, la estrategia más determinante para mejorar el confort es la optimización de la cubierta mediante aislamiento térmico y mejoras en elementos superiores de iluminación, ya que no resulta prioritario intervenir muros o piso al concentrarse en la cubierta la mayor incidencia en el comportamiento ambiental; por lo tanto, aunque el sistema prefabricado presenta mayores problemas de confort, mediante una intervención estratégica en la cubierta es posible cumplir los parámetros normativos y garantizar condiciones adecuadas para el proceso de enseñanza–aprendizaje.

BIBLIOGRAFÍA

- Alamino, Y., & Re, M. (2024). Evaluación de la calidad lumínica y acústica en edificios escolares de clima templado cálido, mediante la aplicación de la metodología MECSA.
- Caamaño, J., & Pérez, J. (2024). Armonía ambiental: Análisis climático y confort interior mediante equipos DIY y tecnología de inteligencia artificial.
- Cardellino, P. (2022). Arquitectura escolar para la educación primaria: Un estudio del caso de Uruguay. *ACE: Architecture, City and Environment*, 17(49)
- Castro, A., & Florencia, M. (2021). Espacio escolar y utopía universalizadora-definiciones, tensiones y preguntas en torno a lo espacial y la ampliación del derecho a la escolaridad. *Perfiles Educativos*, 43(171), 178–195.
- Cedeño, M., Solano, T., Mora, D., & Chen, M. (2022). Evaluación del desempeño de sistemas de ventilación en salones de clase: Estudio numérico en edificios universitarios en Panamá. *Revista Digital NovasinerGIA*, 5(1), 100–127.
- DesignBuilder. (2020). DesignBuilder software ltd - simulación. <https://designbuilder.co.uk/simulation>
- Esquivias, P., Moreno, D., & Fernández, M. (2019). Ahorro energético y confort lumínico: La protección solar en el paradigma de la arquitectura actual., 349–365.
- González, I. (2022). Eficiencia energética: Especial referencia a la rehabilitación de edificios., 263.
- González, M. &, & Molina, L. (2017). Envolvente arquitectónico: Un espacio para la sostenibilidad. *Portal De Revistas Fundación Universidad De América*, 1(1), 49–62.
- Guillen, G., & De Schiller, S. (2022). La noción de confort interior en el hábitat construido: Estrategias bioclimáticas de una vivienda seccional de clima frío. *ACTAS-Jornadas De Investigación*, , 2290–2303.
- Iturralde, L., Monteagudo, J., & Castro, N. (2021). La eficiencia energética y la competitividad empresarial en América del Norte. *Revista Universidad Y Sociedad*, 13(5), 479–489.
- Jumbo, G., & Monteros, K. (2023). El confort térmico en la arquitectura vernácula de la parroquia Chuquiribamba-Ecuador. *Anales De Investigación En Arquitectura*, 13(2)
- Ley Orgánica de Eficiencia Energética. (2019). Registro oficial nº 449 – suplemento. <https://n9.cl/yk15>
- Luna, E. (2019). Evaluación formativa del modelo educativo en instituciones de educación superior en México. *Revista Mexicana De Investigación Educativa*, 24(83), 997–1026.
- Márquez, S., & Martínez, F. (2022). Mejoras para condiciones de iluminación en aulas tipo de escuelas nuevas construidas en Tucumán, Argentina. *Arquitecto*, (20), 67–77.
- Martínez, F., & Gassinski, L. (2022). La eficiencia energética y el papel del mantenimiento en la misma. *Ingeniería Energética*, 43(2), 10–18.
- Mayorga, J. (2019). Equipamientos colectivos: "Lugares" de producción de capital social. *Revista De Arquitectura (Bogotá)*, 21(2), 68–75.
- Medina, N., & Escobar, J. (2019). Envolventes eficientes. relación entre condiciones ambientales, espacios confortables y simulaciones digitales. *Revista De Arquitectura (Bogotá)*, 21(1), 90–109.
- Mesa, D. (2024). Al otro lado del muro: La arquitectura escolar y el proyecto socioeducativo de la DDR. Paper presented at the *Arquitectura Escolar (1919-1975) Una Necesidad Permanente*, 435–441.
- Misad, K., Misad, R., & Dávila, O. (2022). El clima escolar desde la gestión directiva en Latinoamérica: Una revisión de la producción académica. *Gestionar: Revista De Empresa Y Gobierno*, 2(2), 7–24.
- Narváez, L. (2021). Análisis de la distribución espacial y accesibilidad geográfica a los equipamientos educativos de la margen derecha del municipio de Santa Cruz de Lórica.

Norma 55-Condiciones ambientales térmicas para la ocupación humana. (2023). ANSI/ASHRAE55. <https://n9.cl/2gfd8j>

Norma 90.1-2022-Norma energética para sitios y edificios, excepto edificios residenciales de baja altura. (2022). Ashrae 90.1-2022 (i-p). <https://n9.cl/mc4gh9>

Norma Ecuatoriana de la Construcción. (2018). Ministerio de desarrollo urbano y vivienda. <https://n9.cl/ji8bc>

Peláez, A., García, M., & González, F. (2025). Adaptar los edificios escolares existentes a las nuevas pedagogías. *Arquitecturas Del Sur*, , 8.

Quesada, M. (2019). Condiciones de la infraestructura educativa en la región pacífico central: Los espacios escolares que promueven el aprendizaje en las aulas. *Revista Educación*, 43(1), 1–35.

Ré, M., & Michaux, M. (2023). Arquitectura escolar del plan quinquenal en la provincia de san juan. *Reformatoria a la Ordenanza Municipal de Urbanismo, Construcción y Ornato del cantón Loja*. (2014). Gobierno autónomo municipal de loja. <https://n9.cl/rvrlud>

Rodríguez, D., & Sosa, L. (2024). Análisis de morfologías evolutivas con CFD: Mejorar la ventilación natural en vivienda de patio central, en zonas semi cálidas de latinoamérica. *Hábitat Sustentable*, 14(2), 48–59.

Rojas, K. (2018). Confort ambiental basado en los principios de una arquitectura bioclimática de un centro educativo básico especial para niños de 0-14 años en la provincia de cajamarca. <https://n9.cl/n9dzbx>

Silva, L. (2023). Los equipamientos educativos de nivel básico como elementos de cohesión social frente al envejecimiento demográfico en la ciudad méxico.

Tituana, K., & Guillén, V. (2024). Análisis de percepción del confort térmico de edificaciones residenciales en la ciudad de loja basado en la norma ecuatoriana de eficiencia energética. *Revista Técnica" Energía"*, 21(1), 122–132.

Torres, Y. (2020). La eficiencia energética y el ahorro energético residencial. *South Sustainability*, 1(1), e011.

UNESCO. (2017). Suficiencia, equidad y efectividad de la infraestructura escolar en américa latina. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247571>

Vera, O., & Arispe, F. (2021). Campamentos mineros en el Perú: Análisis bioclimático y recomendaciones de diseño para mejorar el confort interior. *Módulo Arquitectura-CUC*, 26, 47–82.

Vertua, M. (2021). La carencia de espacios, equipamientos y materiales en educación física. la influencia en la enseñanza-aprendizaje. Paper presented at the

Yncil, J. (2023). Aplicación de la arquitectura bioclimática y mejora de la habitabilidad educativa del sector José Carlos Mariátegui, SJL 2023. Universidad Cesar Vallejo,



Escuela de
Arquitectura

UIDE | Powered by ASU