

Espacios de
aprendizaje
desde las
energías
sostenibles

Proyectos de Investigación Fadu 2023



Espacios de aprendizaje desde las energías sostenibles

Proyectos de Investigación Fadu 2023

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

Lic. Rodrigo Arim - Rector

FACULTAD DE ARQUITECTURA, DISEÑO Y URBANISMO

Arq. Marcelo Danza - Decano

CONSEJO DE LA FACULTAD DE ARQUITECTURA, DISEÑO Y URBANISMO

Orden estudiantil

Andrea García

Mailén Dávila

Valentina Hernández

Orden docente

Lucía Bogliaccini

Ana Vallarino

Daniel Bergara

Mercedes Medina

Juan Articardi

Orden egresados

Sonia Prieto

Mercedes Espasandín

Guillermo Rey

FACULTAD DE ARQUITECTURA, DISEÑO Y URBANISMO INSTITUTO DE PROYECTO

Autoría, diseño y producción, edición

Equipo docente

Arq. Sebastián Pérez, g2

Arq. Mauricio Dibarboure, g1

Arq. Pablo Míguez, g1

Estudiantes pasantes de investigación

Valentina Alzati

Celina Cardozo

Imanol de los Reyes

Josefina Fulgueiras

Joaquín Martínez

Emanuel Sagasti

Irina Tadich

Agradecemos especialmente a:

Pedro Barrán

Daniel Sosa

Susana Colmegna

Paula Giordano

Centro de Sustentabilidad

Pilar Muñoz

Alfredo Peláez

PAEMFE

ANEP

TAGMA

Autoridades y docentes de los
centros educativos nacionales

Joaquín Odriozola

Agustín Riverdieu

Gastón Castro

Manuel Miranda

Matías Coitíño

Martín Espósito

Todos los contenidos cuya autoría no se encuentra indicada a pie de página son originales y realizados por los autores y/o los estudiantes pasantes de investigación.

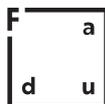
Se autoriza la reproducción parcial o total de los textos y originales gráficos siempre que se cite la procedencia.

© Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo,
Udelar, 2024.

© Los autores, 2024.

ESPACIOS DE APRENDIZAJE

DESDE LAS ENERGÍAS SOSTENIBLES



Facultad de Arquitectura,
Diseño y Urbanismo
UDELAR



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY

ÍNDICE

1. Introducción.....	7
2. Marco Teórico.....	13
3. Marco metodológico.....	21
4. Casos de estudio.....	37
4a. Casos internacionales.....	39
Corona School, USA (1935) - Richard Neutra.....	42
Escuela en Fares, Egipto (1957) - Hassan Fathy.....	54
Munkegaardsskolen, Dinamarca (1957) - Arne Jacobsen.....	66
Grupo Escolar de Vila María, Brasil (1961) - P. Mendes da Rocha, J. E. de Gennaro.....	78
Stewart Secondary School, USA (2006) - Kieran Timberlake.....	90
Jardín de Infancia, España (2011) - Abar arquitectos + Ovidi Alum.....	102
Asilo Nido Iride, Italia (2015) - Mario Cucinella.....	114
Lyceé Schorge, Burkina Faso (2016) - Francis Keré.....	126
Campus Colégio Pequeno Príncipe, Brasil (2022) - Gusmão Otero Arquitetos Associados.....	138
4b. Casos nacionales.....	151
Escuela Experimental de Malvín, Malvín, Montevideo (1929) - J. A. Scasso.....	162
Escuela José H. Figueira, Buceo, Montevideo (1945) - Andrés Pombo.....	178
Escuela N°47 Washington Beltrán, Capurro, Montevideo (1958) - Rodríguez Juanotena, Rodríguez Orozco..	192
Escuela Rural N°27, La Macana, Florida (1970) - E. Dieste, M. Sasson.....	208
Liceo N°3 Obelisco - Batalla de las Piedras, Las Piedras, Canelones (2002) - ANEP.....	224
Escuela N°384, Sarandí Nuevo, Montevideo (2015) - P. Barrán.....	240
Escuela Sustentable de Jaureguiberry, Jaureguiberry, Canelones (2016) - M. Reynolds, F. Palermo.....	256
Escuela N°319 República Popular China, Casavalle, Montevideo (2020) - L. Lombardi, N. Cordero.....	272
4c. Profundización.....	289
5. Superposición.....	305
Planos de superposición.....	306
Estrategias de diseño.....	334
Reflexiones finales.....	338
Análisis de prototipos ANEP.....	342
6. Bibliografía.....	344

INTRODUCCIÓN

Resumen de la investigación
Fundamentación y antecedentes
Objetivos generales y específicos
Alcance y limitaciones

1

Resumen de la investigación

A partir de reconocer la relevancia de la temática ambiental desde sus múltiples dimensiones – ecológica, económica y social– en la agenda contemporánea, el presente trabajo tiene como objetivo analizar el acondicionamiento bioclimático de una serie de centros educativos internacionales y nacionales, desde diferentes escalas, perspectivas y profundidades. Estudio que permite definir una caja de herramientas proyectuales a ser aplicadas a la enseñanza del proyecto arquitectónico, lo que aportará a la construcción de procesos transformadores del hábitat y la comunidad, con el fin de obtener entornos más sostenibles.

Metodológicamente, primero se realiza el estudio de los casos internacionales para registrar algunas estrategias proyectuales energéticas pasivas aplicadas al programa educativo, que puedan ser adaptadas a nuestro entorno. Luego se analiza en profundidad una serie de escuelas nacionales a partir de tres criterios de estudio preestablecidos (FORMA E IMPLANTACIÓN; ENVOLVENTE Y DISPOSITIVOS; ESPACIO EXPERIENCIA) con el fin de identificar patrones arquitectónicos y energéticos en común. Una vez analizados los casos de estudio, se colocan las piezas gráficas generadas en los diferentes apartados sobre planos de superposición buscando generar interconexiones entre ellos y reflexiones cruzadas. Finalmente, se propone una serie de estrategias bioclimáticas pasivas identificadas en los casos de estudio, pero reconfiguradas a nuestro clima, que puedan ser incorporadas por los prototipos de espacios de aprendizaje establecidos por ANEP con el fin de lograr niveles de confort internos durante un amplio período de tiempo con el menor consumo de energía. Como resultado se propone una publicación abierta que pueda ser utilizada como documentación guía y referencia para docentes y estudiantes de los cursos

de grado y posgrado que se especializan en la temática y para equipos de diseño que se encargan de proyectar centros educativos en nuestro medio.

Fundamentación y antecedentes

¿Cómo podemos aportar desde el proyecto a la construcción de procesos transformadores de nuestros hábitats y comunidades hacia entornos más sustentables? Desde hace décadas un sinfín de fuentes vienen advirtiendo sobre las dificultades a las que nos enfrentamos nosotros y el medio ambiente. Los arquitectos llevan tiempo siendo conscientes de esta situación, aunque las prácticas sostenibles y ecológicas son pocas. Se parte de que el reto de la arquitectura y el urbanismo ya no es un desafío antropocéntrico sino un acto consciente para construir y equilibrar el clásico dilema entre desarrollo y regeneración ecológica. Lograr algunos acuerdos proyectuales que hagan contribuciones positivas entre la arquitectura, el urbanismo y el ambiente es esencial para la adaptación.

La preocupación por los problemas ambientales se incorpora como temática emergente de la agenda internacional hacia fines de los años sesenta y se consolida a mediados de los ochenta bajo el concepto de desarrollo sustentable como nuevo paradigma. La agenda internacional define una serie de lineamientos y compromisos que impactan en el diseño de las políticas públicas de los diferentes países y se asocian a líneas de financiamiento que contribuyen a la implementación de los acuerdos (Cumbre de Estocolmo, 1972; Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, 1992, Protocolo de Kioto, 1997; Acuerdo de París, 2015; Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, Objetivos de Desarrollo Sostenible, ODS, 2015, Conferencia de Naciones Unidas Habitat III, Quito, 2016).

A partir de mediados de los noventa el tema comienza a plantearse en nuestra Facultad por

medio de varias y diversas actividades bastante desconectadas y no curriculares, las cuales lograron instalar el tema en el ambiente académico. En la entonces Facultad de Arquitectura se destacó el esfuerzo académico de José Miguel Aroztegui, (1937-1996) arquitecto reconocido por su actividad académica en torno a la arquitectura bioclimática y de su trabajo en el Departamento de Clima y Confort en Arquitectura fue construyendo una mirada inclusiva respecto a los temas ambientales. La actividad de este profesor es reconocida por la academia latinoamericana de arquitectura, llevando su nombre el primer premio del Arquisur y la Bienal Iberoamericana de Arquitectura Bioclimática, sin embargo la mayor parte de los proyectos realizados por estudiantes y profesionales del continente no reflejan preocupación o aportes respecto al cambio de paradigma. Estos resultados denotan la dificultad de integrar estos temas como parte, no sólo del proyecto arquitectónico, sino también en materia de acción cotidiana y permanente en multiplicidad de disciplinas. Recién en el año 2017 se introdujo la enseñanza del concepto Sustentabilidad en la currícula obligatoria de la carrera de Arquitectura en el Plan de Estudios 2015, en la Transversal de "Sustentabilidad". Dicha asignatura es cursada de manera obligatoria por los estudiantes de primer año de la carrera. Sus docentes provienen de las 3 áreas de la arquitectura; área técnica, área proyectual y área teórica. Se podría entender que la FADU sigue concibiendo este tema como algo a ser abordado desde la técnica, al otorgar la responsabilidad de esta materia a dicha área. Con respecto a la enseñanza de grado otro antecedente es el "Proyecto con las Energías" que en el año 2008 fue creado por docentes del ámbito del Proyecto y del Decca (Balarini, G; López, M, Picción, A, Sarthou, E) como una materia opcional dentro del plan 2002 y continúa hasta hoy como un curso de Proyecto Tema Específico (PTE) dentro del Taller Velázquez en el

Plan 2015. Este curso demuestra un esfuerzo por indagar en el proyecto arquitectónico bioclimático, en sus 15 años de trayectoria varios trabajos estudiantiles han recibido premios en competencias internacionales, esto demuestra la pertinencia de la temática dentro de la carrera de Arquitectura de la Facultad de Arquitectura Diseño y Urbanismo de la Udelar.

En su conjunto, estas aproximaciones a la enseñanza de grado pretenden contribuir a la transformación de la forma de entender y actuar en relación a las problemáticas ambientales aportando en clave interdisciplinar desde el diseño y el proyecto en vínculo con la planificación urbana, así como expone una visión de la arquitectura que integra en su concepción aspectos energéticos, de clima y lugar, entendiendo la estrecha relación que existe con el ambiente al momento de diseñar. En ese sentido se consideran los aspectos fundamentales de la Arquitectura y su correlación con distintas estrategias de diseño destinadas a conseguir niveles de confort (térmico, lumínico y acústico) durante la mayor parte del año con el menor consumo de energía. La Arquitectura Bioclimática relaciona al proyecto de una manera coherente con las condiciones climáticas o naturales propias del sitio (radiación solar, vegetación, precipitaciones, vientos, y sus variaciones en el tiempo) mediante la integración del espacio construido al entorno, con la premisa de alterar lo menos posible las condiciones naturales, garantizando la preservación de los ecosistemas existentes y evitando su contaminación. Se define como un conjunto de elementos arquitectónicos, constructivos y pasivos, capaces de transformar las condiciones del microclima para lograr valores que lo acerquen a las condiciones de bienestar termofisiológico del ser humano, utilizando preferentemente energías pasivas, en pos de la reducción de los consumos de

energía y minimización de impactos negativos al medio ambiente (Conforme-Zambrano, 2020). Otro antecedente constituye ADAPTA FADU cuyo objetivo principal fue "generar una estrategia de abordaje para dar respuesta a la adaptación de los espacios construidos a contextos de Cambio y Variabilidad Climática (CVC) en zonas urbanas" enmarcado en el Plan de Adaptación elaborado por el MVOT y MA, 2021 (NAP Ciudades), en donde se plantea el análisis de proyectos desde el enfoque de bioclimatismo, toma como punto de partida la caracterización de microclimas urbanos, la evaluación desde la perspectiva de confort térmico en espacios públicos y la efectividad de estrategias bioclimáticas en espacios públicos y edificaciones.

Otro punto de partida es el tema de Centros educativos. Existen aportes importantes en el ámbito de la arquitectura educativa (escolar, liceal) con experiencias destacadas de vínculo entre arquitectura y educación (Cattaneo & Serra, 2020; Ortega Ibarra & Dussel, 2019, Pozo Bernal, 2021) como en Uruguay (Gatti & Alberti, 2010; Barrán Casas, 2020; Peláez Iglesias, 2021). Estos "espacios de aprendizaje" y lo que implica repensar el fenómeno desde la disciplina arquitectónica, adaptada a la sociedad del conocimiento desde una serie de aproximaciones transversales como el bienestar térmico, la ventilación, la iluminación natural y el aislamiento acústico, siendo esencial para el aprendizaje (Alvarado Pereda, 2020). Para ello es necesario conocer las variables bioclimáticas, con miras a un desarrollo sostenible. Para los arquitectos Lacaton & Vassal ser sostenible consiste en prolongar la vida de lo existente, comprender sus valores para resaltarlos y alcanzar una nueva calidad inalterable, consiste en crear las condiciones óptimas para habitar y ocupar el espacio, consiste en inventar (Lacaton & Vassal, 2017).

En la investigación se analizan una serie de casos de

estudio internacionales que fueron seleccionados particularmente por las estrategias bioclimáticas que aplican y una serie de edificios educativos nacionales definidos por ciertas investigaciones energéticas o por producciones masivas en el que se instalaron modelos con el mismo criterio proyectual en varios puntos del país. Muchos de los casos seleccionados se realizaron después de 1950 principalmente por las preocupaciones higienistas que habían en ese período de posguerra, otros son más contemporáneos por una cierta concientización de la problemática y después se toman otros casos aislados, que se considera no podían quedar por fuera del trabajo.

El fin de la segunda guerra mundial generó impulsos de desarrollo en diferentes ámbitos a lo largo de todo el planeta y la educación fue uno de ellos. Reino Unido, Estados Unidos y Canadá fueron claros ejemplos, con varias búsquedas de innovación pedagógica, que se tradujeron en diversos experimentos a nivel arquitectónico. Aparecieron las escuelas de planta abierta con muros livianos y equipamientos móviles, que buscaban materializar el concepto de "paisajes de aprendizajes" centrado en el estudiante de Hertzberger (2008). Otros casos que rechazaban el concepto de aula cerrada fueron los centros educativos que se construyeron en Hertfordshire, Inglaterra, donde se proyectaban una serie de espacios semi-abiertos interconectados, centrados en la sistematización y prefabricación.

El comienzo del siglo XXI trae consigo cambios en el ámbito educativo de la mano del resurgimiento de las pedagogías activas que buscan reemplazar el modelo tradicional a favor de una mayor participación de los alumnos en los procesos de aprendizaje, incluidos los modelos pedagógicos de aprendizaje basados en problemas y en proyectos (Voet & De Wever, 2018). Esto implica la aproximación multidisciplinar de la temática, desde la sociología,

antropología, psicología, pedagogía y el foco central de este proyecto la arquitectura, entendiendo la educación como concepto dinámico e imprescindible para la evolución social. El comprender la adaptación del entorno de aprendizaje no solo a la velocidad de los cambios sociales y tecnológicos para plantear propuestas abiertas y flexibles que den respuesta a un estado en constante transformación sino el tema clave que asocia a la Sostenibilidad ambiental del edificio público ya que es deseable que integre en su concepción aspectos energéticos, de clima y lugar, entendiendo la estrecha relación que existe con el ambiente y la sostenibilidad social (entendiendo el edificio educativo como edificio público), el valor de la autogestión y de la posibilidad de entender el edificio educativo como un edificio multifuncional, en transformación constante, soporte del espacio público. Según Cardellino (2022), es en este período que se renueva el interés internacional por los 'ambientes de aprendizaje innovadores' y se reaviva el debate sobre el diseño escolar y su estrecha vinculación con los métodos pedagógicos. Desde varias disciplinas como la arquitectura, la historia y la pedagogía, se amplían considerablemente los estudios que conciben a la arquitectura escolar como objeto de investigación específico (Burke & Grosvenor, 2008; Cattaneo & Espinoza, 2018; Ortega Ibarra & Dussel, 2019) donde se reconoce el papel significativo que juega en la determinación de los procesos de enseñanza y aprendizaje.

Objetivos generales y específicos

• Objetivo general:

Aportar a la elaboración de una caja de herramientas proyectuales bioclimáticas vinculadas a edificios educativos desde un enfoque energético, analizando sus acondicionamientos térmicos, lumínicos y acústicos desde diferentes escalas, perspectivas y

profundidades, que puedan ser aplicables directamente a la enseñanza del proyecto y que permitan desde el propio proyecto a la construcción de procesos transformadores del hábitat y la comunidad hacia entornos más sustentables.

• Objetivos específicos:

Desarrollo académico

1. Aportar el enfoque de bioclimatismo y su relación con el proyecto a la enseñanza e investigación para el abordaje integral de la temática.

Investigación y desarrollo conceptual

2. Identificar algunas estrategias proyectuales enfocadas en las energías a partir del estudio de una serie de edificios educativos internacionales.

3. Analizar los casos más relevantes de la infraestructura escolar nacional desde un enfoque energético, considerando los acondicionamientos térmicos, lumínicos y acústicos.

4. Determinar las dimensiones que componen el bioclimatismo desde la lógica del proyecto, sus consecuencias espaciales, formales, materiales y las técnicas de la integración de lo bioclimático en el proyecto arquitectónico para los casos de estudio.

5. Identificar patrones comunes de diseño mediante la comparación, superposición y un análisis energético cualitativo de los casos nacionales seleccionados.

6. Desarrollar una serie de estrategias bioclimáticas pasivas aplicables a los prototipos de aula establecidos por ANEP, que les permitan lograr niveles interiores de confort durante gran parte del año con el menor consumo de energía.

Enseñanza.

7. Aplicar algunos de los contenidos de la

investigación, como los “Planos de superposición”, las “Fichas de análisis de los casos seleccionados”, o el “catálogo de estrategias energéticas aplicables a los prototipos de aulas de ANEP”; a los cursos de grado de Transversal 1 y EPCLE (El proyecto con las energías, PTE del Taller Velázquez).

Alcance y limitaciones

El análisis planteado, basado en estudios de caso, es de tipo cualitativo: se fundamenta en recomendaciones —provenientes de distintas fuentes— que resultan pertinentes para cada clima y buscan alcanzar el confort bioclimático en las arquitecturas estudiadas. Esto implica que de ninguna manera este trabajo se fundamenta en aspectos cuantitativos: no busca realizar simulaciones o cálculos energéticos, aunque se utilizan algunas herramientas elementales —Velux Daylight Visualiser para confort lumínico, Optivent para condiciones básicas de ventilación, Radit para modelizar comportamiento acústico en el interior de un recinto— para comparar distintas situaciones y así orientar la toma de decisiones.

Por cuestiones metodológicas, el confort higrotérmico es el que puede estudiarse de manera más consistente, abarcando las estrategias de captación y protección solar, así como las de ventilación. Por su parte, las referidas a la iluminación se centran principalmente en qué tipos de dispositivos permiten una mejor calidad lumínica, con algunas valoraciones referidas a las tonalidades

de las superficies que componen el aula. En materia acústica se aplican conceptos básicos, razonando sobre posibilidades de aislación acústica o el impacto que las superficies que componen el aula pudieran tener en la calidad interior del sonido.

Cabe indicar que las consideraciones críticas sobre los casos se centran específicamente lo bioclimático, que si bien ello implica a todos los aspectos fundamentales de la arquitectura — orientación, toma de partido, organización, materialidad, características dimensionales, etc.— no buscan de ninguna manera concluir cuáles casos son mejores o cuáles peores, sino aprender de cada uno de las estrategias implementadas y las oportunidades de mejora. Podrían existir incluso casos que por otras cuestiones resultan relevantes — significación social, capacidad de innovación, etc.— pero que en materia bioclimática no realizan aportes significativos. En cualquier caso, tales relaciones conflictivas se pueden problematizar a partir de este estudio de casos.

Por último es preciso mencionar que otros aspectos referidos a la sustentabilidad —manejo de aguas, reciclaje de materiales, ciclo de vida de las construcciones, sistemas de movilidad asociados a los edificios, generación de energía, gestiones participativas u otros rasgos de la sustentabilidad social, etc.— no son abordados de manera directa, aunque es posible que sean mencionados en algunos casos en particular.

MARCO TEÓRICO

2

Se presentan a continuación una serie de conceptos generales sobre los cuales se fundamenta este trabajo.

Confort higrotérmico

Para analizar la relación entre el medio ambiente, el ser humano y la arquitectura, es esencial estudiar cómo el ser humano responde a las condiciones termofísicas del entorno construido, que dependen de los factores climáticos de la zona. El confort higrotérmico es crucial para el bienestar integral, aunque otros factores como acústica, seguridad y adecuación espacial también influyen (Gonzalo, 2015: 123-124).

La ASHRAE define el confort térmico como la satisfacción mental con el entorno térmico. Monnier distingue dos procesos fisiológicos: defensa contra el frío (conservación del calor) y defensa contra el calor (disipación del calor). Para conservar el calor, el cuerpo utiliza mecanismos como la vasoconstricción, reducción de la evaporación de agua por la piel y mucosas, y estructuras aislantes como grasa y cabello. La producción de calor incluye reacciones vasomotoras y actividades musculares (Gonzalo, 2015: 123-124).

Para disipar el calor, el cuerpo emplea mecanismos como la vasodilatación, sudoración y aceleración de la respiración. La sudoración es especialmente eficiente, permitiendo evaporar grandes cantidades de agua (Gonzalo, 2015: 123-124).

A los efectos de este trabajo, los parámetros de referencia para conocer el confort higrotérmico se obtienen como resultado de los diagramas psicrométricos elaborados para cada clima estudiado, mediante el software Climate Consultant, que se explica en profundidad en otro apartado.

Acondicionamiento térmico

Un edificio debe proporcionar condiciones de vida confortables para sus ocupantes, con ambientes adecuados a sus funciones. Es crucial que el edificio tenga un microclima que atenúe las variaciones climáticas externas. Aunque el acondicionamiento artificial (como aire acondicionado y calefacción) puede crear condiciones confortables, esto aumenta los costos de equipos, mantenimiento y energía (Gonzalo, 2015: 139-140).

Por ello, es importante diseñar el edificio para maximizar el confort mediante soluciones bioclimáticas, adaptándolo al clima local para aprovechar sus aspectos positivos y mitigar los negativos. Esto incluye la forma del edificio, su implantación, distribución de espacios, ubicación y tamaño de aberturas, y el uso de materiales y técnicas constructivas adecuadas (Gonzalo, 2015: 139-140).

Las características termofísicas de los elementos constructivos son fundamentales, ya que regulan el clima interno del edificio. Su correcta elección influye en los costos de funcionamiento y mantenimiento. También se deben considerar los costos energéticos de fabricación de materiales, su disposición final y posibilidades de reutilización al final de la vida útil del edificio (Gonzalo, 2015: 139-140).

Para este trabajo no se realizan análisis de desempeño térmico, como podrían ser los Cálculos de Temperatura Interior Media u otros similares, en la medida en que se realiza un estudio cualitativo de la aplicación de las estrategias bioclimáticas y la pertinencia según su clima, que implica el acondicionamiento térmico interior (ganancias internas, captación solar, sombreado de aberturas, masa térmica, etc.).

Ventilación natural

El movimiento desigual de la radiación solar sobre la superficie terrestre genera diferencias de presión atmosférica, creando vientos que se mueven de zonas de alta presión (anticiclones) a zonas de baja presión (ciclones). La rotación de la Tierra introduce la fuerza de Coriolis, que desvía el movimiento del aire según la latitud. La fricción con la superficie terrestre también influye en la velocidad y estabilidad del viento. Estos factores hacen que el comportamiento del viento sea difícil de predecir y varíe con otros fenómenos atmosféricos como granizo, lluvia y nieve. Para diseñar la ventilación natural en edificios, se utilizan valores promedio basados en datos de estaciones meteorológicas (Gonzalo, 2015: 177). Junto con el calentamiento diferencial de superficies, determinan el movimiento del aire interior y su intercambio con el exterior. Un diseño adecuado de aberturas puede incrementar la ventilación interior en caudal y velocidad. Además, la conformación del edificio puede reforzar la ventilación mediante el efecto de "chimenea solar". (Gonzalo, 2015: 187-188).

A la luz de estas recomendaciones y para los efectos de este trabajo, se estudian cualitativamente las posibilidades dimensionales, materiales y constructivas que permiten en mayor o menor medida aplicar distintas estrategias de ventilación: ventilación unilateral, ventilación cruzada y ventilación mediante otros sistemas como por ejemplo la convectiva.

Se realizan algunas comprobaciones mediante el software Optivent, que permitirán profundizar algunas comparaciones aunque no realizar conclusiones cuantitativas certeras.

El confort en la iluminación interior

Para lograr un ambiente lumínicamente confortable, es importante considerar no solo los niveles de iluminación necesarios para la tarea visual, sino también la relación de luminancias de las superficies interiores. Grandes diferencias de luminancias pueden causar fatiga visual, ya que el ojo debe adaptarse constantemente, reduciendo la capacidad de trabajo visual (Gonzalo, 2015: 220).

El deslumbramiento, causado por una distribución inadecuada de los niveles de iluminación que genera grandes contrastes, es un problema común. Este efecto suele ser provocado por ventanas con un brillo excesivo en comparación con otras superficies interiores.

Para evitar o reducir el deslumbramiento, se recomienda proveer un nivel adecuado de uniformidad en la iluminación, utilizar fuentes de luz indirecta o ventanas secundarias, controlar el brillo de las ventanas con persianas móviles o cortinas livianas, usar colores claros y mate en paredes y cielorrasos para incrementar las luminancias y reducir el contraste (Gonzalo, 2015: 220).

En este trabajo se toman estas recomendaciones como guía para la interpretación de cómo los distintos casos tienen el potencial de aprovechar o no la energía incidente para lograr el confort lumínico.

Se realizan algunas comprobaciones mediante el software Velux Daylight Visualiser, a los efectos netamente comparativos de situaciones, aunque no con el objetivo de determinar situaciones óptimas o cuantitativamente consistentes.

El confort acústico

El confort acústico no solo se asocia con la presencia de ruido molesto, sino también con las propiedades acústicas de un espacio, como su tiempo de reverberación y el tipo de sonido, incluyendo su nivel en decibelios (dB) y su espectro de frecuencias. Además, se considera si el sonido es deseado o no (Serra Florensa, R., & Coch Roura, H., 1995: 82).

A los efectos de este trabajo se consideran nociones fundamentales de posibilidad de aislación de las aulas, así como la interpretación de las posibilidades de mejorar la calidad acústica interior en función de las superficies reflejantes o absorbentes del sonido presentes en el aula, sin llegar a realizar una cuantificación rigurosa.

Sobre los dispositivos bioclimáticos

En el documento síntesis de Adapta Fadu (Picción, A.; Sierra, P. et al., 2021: 100-105) se sintetizan las distintas estrategias bioclimáticas que de manera genérica se aplican para el período frío y para el período caluroso para edificios, así como los dispositivos bioclimáticos que permitan ejecutarlas.

En cuanto al período caluroso, existe la necesidad tanto de disipar o absorber la energía, como de evitar el ingreso.

Para la función 'evitar', las estrategias son (1) el sombreado —mediante sistemas de doble envolvente como fachada o cubierta ventilada, aleros, pérgolas, chapa perforada, toldos, árboles, cubierta verde, fachada verde, pérgola verde, cortinas vegetales—, (2) el tratamiento superficial —control solar por reflexión a través de vidrios especiales con alta reflectividad, pinturas con alto albedo, o elementos metálicos para el control por emisividad— y (3) el aislamiento —aislantes térmicos, sistemas EIFS, ventanas con rotura de puente

térmico, ventanas con doble o triple vidrio hermético—.

Para la función 'disipar', las estrategias es la ventilación, tanto por diferencia de presión —mediante ventanas o claraboyas para generar ventilación cruzada o unilateral—, como por diferencia de temperatura —por ejemplo chimenea solar, atrio ventilado, sistemas de fachada ventilada o losas huecas con circulación de aire—, o finalmente la combinación de las anteriores: la ventilación inducida —torres de viento, captadores de viento, extractores eólicos o pozos canadienses—.

Para la función 'enfriar', las estrategias es el refrescamiento evaporativo, tanto de tipo directo —mediante fuente, espejo de agua, piscina, rociador de agua, torre evaporativa, árboles, cobertura de suelo, arbustos—, o de tipo indirecto —como la cubierta inundada—.

Para la función 'absorber', las estrategias es la masa térmica, mediante uso de cerramientos —tierra, cerámicos, piedra, hormigón o materiales con cambio de fase— o elementos interiores —escaleras o muros divisorios—. En este compendio se indica que es una estrategia que se potencia al combinarse con el aislamiento, la ventilación y el sombreado de los cerramientos transparentes.

Para la función 'proteger', la estrategia es el sombreado, con dispositivos análogos a los descritos en la función 'evitar'.

Por su parte en el período frío se trata de conservar, distribuir, captar y acumular la energía incidente, principalmente la solar.

Para la función 'captar', la estrategia es el calentamiento solar pasivo, que combinada con la masa térmica y con el aislamiento, se potencia. Los principios de funcionamiento son la ganancia directa —conseguida mediante espacios intermedios tales

como invernadero, invernadero en techo, galerías acristaladas, o mediante doble envolvente como son el muro trombe o sistemas de fachada ventilada con vidrio—.

Para la función ‘acumular’, la estrategia es el uso de la masa térmica, con dispositivos análogos a los descritos en el apartado de masa térmica del periodo caluroso, aunque en las recomendaciones se agregan los ‘elementos anexos’ tales como el muro trombe, muro de agua, lecho de piedras, lecho de agua y pozo canadiense. También se indica que esta estrategia se potencia combinándola con el aislamiento y el calentamiento solar pasivo.

Para la función ‘conservar’, las estrategias son (1) el aislamiento —mediante cerramientos opacos tales como aislantes térmicos o sistemas EIFS, cerramientos transparentes tales como ventanas con rotura de puente térmico o ventanas de doble-triple vidrio hermético, o mediante la vegetación como por ejemplo la cubierta verde—, (2) la hermeticidad —barreras climáticas, sellos, burletes, gomas, cintas— y (3) ganancias internas —aprovechando el calor metabólico como el de las cargas por ocupación de personas o animales, o el calor sensible, aprovechando el aporte del equipamiento como electrodomésticos, máquinas o iluminación artificial—.

Consideraciones sobre las especificidades del programa centro educativo público

Generalidades

Es pertinente realizar algunas puntualizaciones referidas a las especificidades del programa centro educativo público, sobre el cual se plantea profundizar en este trabajo.

Al analizar la enseñanza en un centro educativo público se identificaron una serie de especificidades

que fueron consideradas tanto a nivel analítico como propositivo.

Más allá de variaciones de fechas que se van dando año a año, el calendario lectivo se inicia a principios de marzo y finaliza a principios de diciembre y el horario de clases está entre las 7:30 y las 18:00, dependiendo del tipo de centro educativo. Existen casos y/o usos particulares que se entienden más allá de los periodos mencionados, como clases nocturnas o exámenes en liceos o centros UTU.

Estas características establecen que el uso del edificio se realiza mayormente en las mañanas y tardes de los periodos fríos y templados, teniendo muy poca actividad en el periodo caluroso.

Situación económica

En los edificios educativos públicos existe una condicionante económica que es muy importante. Más allá de que la inversión monetaria para la construcción de un edificio educativo nuevo sea importante, los recursos económicos de mantenimiento de ese centro siempre son escasos. Esto implica que, si un dispositivo o elemento de control energético no se instaló originalmente con la obra (ya sea pasivo como una cortina o activo como un equipo de aire acondicionado), es muy difícil obtenerlo luego de estar en funcionamiento. Esta condición provoca que los estudios térmico, lumínico y acústico de las aulas sean imprescindibles, y que los dispositivos de control energético estén diseñados e instalados antes de la inauguración del edificio para asegurar que las aulas logren obtener el mayor confort interior posible de forma pasiva.

Primaria / Secundaria / Terciaria - Urbana / Rural

Existen una serie de diferencias importantes entre los distintos grados/tipos de enseñanza que se dictan en nuestro país.

Por un lado, está la propia condición física del

estudiante: claramente no es lo mismo proyectar un espacio educativo para un niño, un adolescente o un adulto. Poseen diferentes temperaturas corporales y percepciones escalares, así como también, tienen distintas alturas de campos visuales y planos de trabajo.

Por otro lado, existen diferencias en las organizaciones y dinámicas de las clases. Las capacidades de ocupación de las aulas varían con el grado de enseñanza, la temperatura interior de un salón no es la misma si éste está ocupado por 20 niños o por 32 adolescentes. Los usos de los espacios y los controles de los mismos son distintos, en inicial o primaria los niños siempre se encuentran en un espacio determinado (aunque éste sea el patio) bajo el control de un maestro, mientras que en secundaria o terciaria los estudiantes pueden estar en un espacio común sin control de un profesor (un caso común es la "hora libre" por ausencia del docente).

Por último, es necesario mencionar el caso de las escuelas rurales, donde existe una superposición de grados. Allí, las diferentes actividades y dinámicas para niños con edades y capacidades también distintas, se realizan en simultáneo.

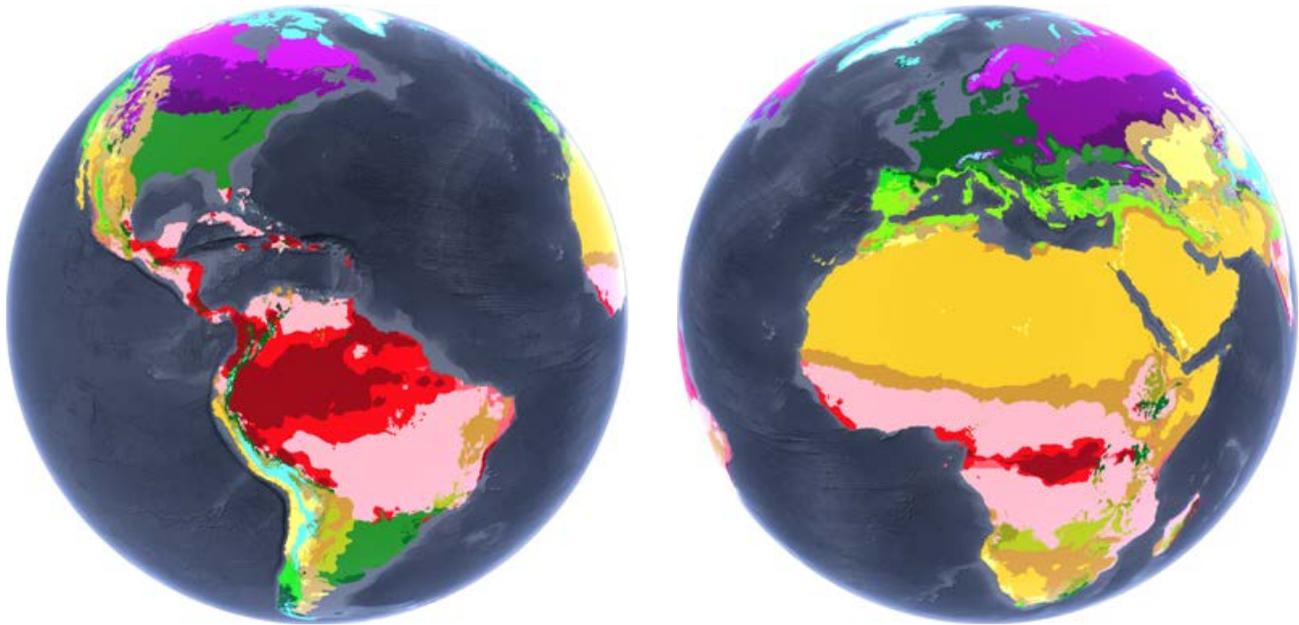
La clasificación climática de Köppen-Geiger

La clasificación climática de Köppen-Geiger, desarrollada por Wladimir Köppen y actualizada por Rudolf Geiger, es una de las más utilizadas para categorizar los climas del mundo. Esta clasificación se basa en cinco grupos de vegetación que corresponden a diferentes zonas climáticas: ecuatorial (A), árida (B), templada cálida (C), de nieve (D) y polar (E).

Cada grupo se define por la temperatura y la precipitación, utilizando una segunda letra para indicar la precipitación (por ejemplo, Df para nieve y completamente húmedo) y una tercera letra para la temperatura del aire (por ejemplo, Dfc para nieve, completamente húmedo con verano fresco).

La clasificación Köppen-Geiger sigue siendo ampliamente utilizada en estudios climáticos y se ha actualizado con datos globales recientes de temperatura y precipitación. Esta clasificación es fundamental para investigaciones en hidrología, modelización climática y estudios sobre el impacto del cambio climático. (Kottek et al, 2006; Rubel et al, 2017).

En este trabajo solo se estudian casos de climas B (Seco) y C (Templado).



Referencias:

Af Am As Aw

A: Tropical

BSh BSk BWh BWk

B: Seco

Cfa Cfb Cfc
Csa Csb Csc
Cwa Cwb Cwc

C: Templado

Dfa Dfb Dfc Dfd
Dsa Dsb Dsc Dsd
Dwa Dwb Dwc Dwd

D: Frío

EF ET

E: Polar

FIGURA. Mapamundi según la clasificación Köppen-Geiger [Gráfico].
Recuperado de: <https://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/present.htm>

MARCO METODOLÓGICO

3

Estrategias, metodología y materiales de investigación

La presente propuesta pretende desarrollar un análisis desde un enfoque energético (acondicionamientos térmicos, lumínicos y acústicos) a una serie de centros educativos nacionales, que permitan definir una caja de herramientas proyectuales (patrones de diseño) aplicadas a la enseñanza del proyecto, que aporten desde el propio proyecto a la construcción de procesos transformadores del hábitat y la comunidad, con el fin de obtener entornos más sustentables.

La estrategia metodológica planteada se divide en 3 etapas, una etapa de inventario de estudios de casos internacionales y nacionales con diferentes grados de profundidad, otra etapa con la identificación de patrones a partir del análisis energético y la superposición de los casos analizados y una última etapa el desarrollo proyectual de una serie de estrategias bioclimáticas aplicables a los prototipos de aulas establecidos por ANEP. A continuación se desarrollan los abordajes en relación a las etapas:

Inventario de casos de estudio

Incluye la selección de casos a nivel internacional y nacional y el análisis de los mismos desde un punto de vista energético, incluyendo estudios a nivel térmico, lumínico y acústico.

La gran mayoría de los edificios educativos seleccionados se enmarcan en uno de los períodos planteados por Pozo Bernal (2021). El "Espacio clasificado", que tiene su origen higienista al espacio educativo al aire libre, período que se corresponde con varios de los casos que se realizaron en las décadas del 50 y 60. Estos centros educativos en general recuperan la implicación pedagógica y el compromiso social de los espacios funcionalistas, que favorecieron a la mejora de la experiencia

arquitectónica de las aulas en cuanto a parámetros de trabajo esenciales como iluminación, ventilación y confort. Estos casos establecen unas exigencias mínimas de habitabilidad, que hoy deben entenderse como una herramienta del proceso de generación arquitectónica del espacio educativo. El espacio activo, el multiespacio y las aproximaciones a la disolución del aula a partir del movimiento constructivista y el autoaprendizaje.

El análisis de los casos realizados en el período contemporáneo busca investigar sobre las estrategias proyectuales que se están aplicando actualmente a la hora de diseñar un centro educativo. Contemporaneidad que es de gran dinamismo en varios sentidos, pero que quedó en jaque cuando el coronavirus COVID-19 se expandió por todo el planeta. Los espacios educativos (y no sólo ellos) volvieron a ser cuestionados desde una visión higienista y las aulas físicas se diluyeron en los momentos más críticos, transformándose en salas virtuales. Los ámbitos educativos al aire libre y la tecnología (con todas sus derivadas) pasaron a tener un rol protagónico dentro de los ámbitos educativos.

Más allá de estos dos períodos de tiempo, existen algunos centros educativos que se incluyeron en la presente investigación, que son externos a estos dos momentos de la historia, pero que se analizaron porque tienen incorporadas algunas estrategias bioclimáticas interesantes o porque fueron construidos masivamente en todo el país.

Se aclara la codificación realizada para los casos de estudio, que se observa más adelante:

XX-...-... I indica anterior al 2000, mientras que II indica posterior al 2000.

...-XX-... Orden cronológico de construcción de los centros siendo 01 el más antiguo.

...-...-XX Tipo de clima según la clasificación

Koppen-Geiger.

Casos de estudio internacionales

Estudio de una serie de edificios educativos internacionales que fueron diseñados a partir de ciertos criterios bioclimáticos, considerando siempre sus locaciones y las características de los entornos ambientales en los que están insertos. Este estudio tiene el objetivo de identificar y analizar sus estrategias proyectuales enfocadas en las energías, desde cuestiones morfológicas hasta dispositivos específicos que tengan el propósito de mejorar las condiciones de confort interior. Las mismas serán categorizadas en térmicas, lumínicas y acústicas, pudiendo existir alguna que sea compartida. En la definición de casos se buscó que estén localizados en climas diferentes y que por ende, apliquen estrategias energéticas pasivas también distintas, para poder abrir las opciones disponibles.

Los edificios educativos internacionales analizados son los siguientes:

- I-01-Bsk Corona School (California, Estados Unidos)
- I-02-Bwh Escuela en Fares (Luxor, Egipto)
- I-03-Cfb Munkegårdsskolen (Copenhague, Dinamarca)
- I-04-Cfa Grupo escolar de Vila María (São José dos Campos, Brasil)
- II-01-Cfa Stewart Secondary School (Washington, Estados Unidos)
- II-02-Csa Jardín de Infancia en Sant Pere (Girona, España)
- II-03-Cfa Asilo Nido Iride (Guastalla, Italia)
- II-04-Bsh Lycée Schorge (Koudougou, Burkina Faso)
- II-05-Cfa Campus Colegio Pequeño Príncipe (Ribeirao Preto, Brasil)

Casos de estudio nacionales

Analizando la producción de la infraestructura escolar nacional, se observan tres situaciones bien diferenciadas, que determinan el criterio de selección de casos.

Por un lado, existen una serie de casos seleccionados que fueron construidos masivamente en varios puntos del país, con criterios proyectuales y constructivos preestablecidos según las oficinas públicas encargadas y los planes de construcciones de centros educativos (Barrán, 2023). La escuela rural de La Macana, en el departamento de Florida, es uno de los ejemplos de estos casos, que es obra del Ing. Eladio Dieste y se realizó bajo el Plan Bicentenario del año 1961. Otro caso es el Liceo N° 3 de Las Piedras, que es un modelo que fue replicado en varias partes del país en la década del 90, con algunas variantes según las particularidades de los predios. En este grupo se encuentra también la escuela José H. Figueira N° 60-69, ubicada en el Buceo, que pertenece al Plan Berreta de 1944, donde se realizaron escuelas no estandarizadas, pero que tenían ciertos criterios programáticos predefinidos en común.

Por otro lado, se destacan algunos centros educativos construidos en los últimos 15 años, período en el que se realizaron edificios que han obtenido diferentes reconocimientos nacionales e internacionales desde el punto de vista arquitectónico. A diferencia del primer grupo a estudiar, estas escuelas no son el resultado de la repetición de un sistema con lógicas proyectuales preestablecidas, sino que son casos individuales, destacados por diferentes motivos particulares. Dentro de este grupo de edificios educativos se seleccionaron la escuela N°319 República Popular China, realizada por las arqs. Lucía Lombardi y Natalie Cordero en Casavalle en el año 2020 y la

escuela N°384, construida en 2015 y proyectada por el Mg. Arq. Pedro Barrán Casas.

Por último, se analizan otras escuelas nacionales que se destacan por tener ciertas búsquedas energéticas en sus concepciones iniciales. Este es el caso de la escuela de Jaureguiberry, diseñada por Michael Reynolds, que está concebida para ser autosustentable y agrupa una serie de estrategias proyectuales bioclimáticas que el arquitecto estadounidense ha venido aplicando en sus diferentes obras (Fascioli, 2016, Tagma, 2016). También se estudia la Escuela Experimental de Malvín, realizada por el arquitecto Juan Antonio Scasso en 1927-1929, que conceptualmente incorpora ciertos criterios lumínicos de definición y se consideraba necesario incluir.

La escuela N° 47 Washington Beltrán, ubicada en Capurro, es un caso particular ya que pertenecería al primer y tercer grupo. Fue construida en 1958 por el Departamento de Arquitectura Escolar del Ministerio de Obras Públicas, que concluía una serie de profundas investigaciones de los destacados arquitectos de la época Rodríguez Juanotena y Rodríguez Orozco. Las escuelas se conformaban por la agrupación de módulos de 2 aulas, cada una de ellas con sus servicios, equipamientos y una expansión al espacio exterior. Fueron formuladas para ser construidas masivamente con materiales prefabricados, pensadas para ser realizadas en taller y transportadas al sitio (Peláez Iglesias, 2021). En gráficos originales de la época se identifican algunas estrategias energéticas como la apertura hacia el norte, los aleros de protección, la generación de iluminación indirecta y las ventilaciones naturales cruzadas.

Más allá de este criterio de selección, los análisis posteriores se establecen por un orden cronológico, al igual que los casos internacionales:

- I-05-Cfa Escuela Experimental de Malvín, Montevideo
- I-06-Cfa Escuela José H. Figueira N° 60-69, Buceo, Montevideo
- I-07-Cfa Escuela N°47 Washington Beltrán, Capurro, Montevideo
- I-08-Cfa Escuela Rural N°27, La Macana, Florida
- II-06-Cfa Liceo N°3 Obelisco, Las Piedras, Canelones
- II-07-Cfa Escuela N°384, Nuevo París, Montevideo
- II-08-Cfa Escuela Sustentable, Jaureguiberry, Canelones
- II-09-Cfa Escuela N°319 República Popular China, Casavalle, Montevideo

- Superposición

Una vez que se realizaron los estudios de los casos nacionales e internacionales, se superpusieron todos los resultados obtenidos sobre un mismo plano de comparación.

Allí se reconocen las estrategias proyectuales bioclimáticas pasivas de los casos de estudio internacionales que podrían ser aplicadas localmente, reflexionando si la misma mantiene su efectividad frente al cambio de contexto. Por otro lado, se realiza una superposición y puesta en comparación de los centros educativos nacionales analizados, con el fin de reconocer los patrones comunes destacables.

Esta superposición se realizó separadamente en cada una de las categorías analizadas.

Se superpusieron los gráficos realizados para cada caso de estudio en FORMA E IMPLANTACIÓN (plantas y axonometrías generales) y ENVOLVENTE Y DISPOSITIVOS (axonometrías de aulas y cortes perspectivados). Esto permitió trazar cruces,

comparar situaciones de los diferentes casos analizados y reflexionar sobre las aplicaciones de las estrategias aplicadas. Para finalizar este apartado, se realizó un filtro selectivo donde se individualizan y destacan las estrategias bioclimáticas que aparentemente podrían tener buenos resultados nivel local, generando los PLANOS DE SUPERPOSICIÓN SELECTIVA:

- SUPERPOSICIÓN TÉRMICA
- SUPERPOSICIÓN DE ILUMINACIÓN
- SUPERPOSICIÓN DE VENTILACIÓN

- Estrategias de diseño

A modo de cierre de la Investigación se realiza una lámina desplegable que analiza los prototipos de centros educativos establecidos por ANEP, compila las diferentes estrategias bioclimáticas pasivas identificadas en los casos de estudio nacionales e internacionales y propone la implementación de estas estrategias en el prototipo.

El documento "Pautas y normas básicas de arquitectura para centros educativos de la ANEP" (ANEP, 2024) analiza los requerimientos de los diferentes niveles de enseñanza, establece una serie de pautas y recomendaciones para el diseño de edificios educativos, hasta desarrollar y proponer una serie de prototipos arquitectónicos con cierto grado de especificidad (ANEP, 2024). En ese documento se establecen 4 prototipos de aulas, que varían según los grados de enseñanza de los mismos. La combinación y secuencia de espacios sugerida se mantiene en todos los casos (PASILLO DE ACCESO / AULA / PATIO EXTENSIÓN DE AULA), lo que varía son las dimensiones del aula y su capacidad locativa. Las mismas se detallan a continuación:

AULA DE EDUCACIÓN INICIAL

8.1x6.5x2.8 m (25 estudiantes)

AULA DE EDUCACIÓN PRIMARIA

6.5x6.5x2.8 m (25 estudiantes)

AULA DE EDUCACIÓN SECUNDARIA

7.0x6.5x3.0 m (30 estudiantes)

AULA DE CENTRO EDUCATIVO RURAL

5.0x6.0x3.0 m (10 estudiantes)

Considerando que las aulas de educación primaria son las que involucran a más niños en todo el país y que la mayoría de los casos estudiados son escuelas, se decidió analizar este prototipo en profundidad. Más allá de que los otros casos no fueron estudiados, se considera que las reflexiones posteriores pueden ser adaptadas a estos, ya que las diferencias son menores.

- Etapa 4: Prototipos de aulas - espacios de aprendizaje. Desarrollo proyectual de una serie de espacios educativos prototípicos, basados en las investigaciones realizadas en las etapas anteriores, que incorporen las estrategias energéticas identificadas para lograr niveles de confort durante todo el año con el menor consumo de energía. Una vez analizados energéticamente los casos reales estudiados, superpuestos en el cuadro comparativo e identificadas las estrategias bioclimáticas incorporadas y potenciales de ser adaptadas; se propone la realización de unos prototipos de aula (desarrolladas en diferentes situaciones genéricas), que por sus propias condiciones y características puedan ser energéticamente eficientes. Cabe aclarar que el confort buscado no es genérico, sino que es específico, aplicado directamente a las actividades que se desarrollan en un espacio educativo. Los avances metodológicos dan prioridad a las relaciones generadas en el proceso de aprendizaje, lo que establece un diálogo directo y necesario con el espacio soporte y la experiencia directa con el entorno a través de los sentidos

requiriendo un entorno arquitectónico cualificado para una mayor adaptación al modo de percibir.

Como resultado final de la investigación se propone la realización de un “Catálogo de prototipos de aulas – espacios de aprendizaje”, que pueda ser utilizado como material didáctico tanto a nivel interno de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo UdelaR, como externo. Una publicación abierta que sirva de documentación guía y referencia para docentes y estudiantes de los cursos de grado y posgrado que se especializan en la temática, desde materias de la etapa inicial (Transversal 1), o cursos en etapas avanzadas (EPCLE o cursos de Proyecto Edificio que desarrollen centros educativos) o cursos de educación permanente vinculados a cuestiones bioclimáticas.

CLIMATE CONSULTANT

WORKSHOP "ESPACIOS EDUCATIVOS BIOCLIMÁTICOS"

Luego de seleccionar los edificios educativos internacionales a estudiar, se analiza con precisión los climas de las localidades donde estos se encuentran e identifican las estrategias bioclimáticas que permiten lograr los máximos niveles de confort interior de forma pasiva. Para ello se utiliza la herramienta Climate Consultant –en adelante “CC”–, un software que establece una relación de correspondencia entre las características del clima de un sitio en particular y las estrategias para alcanzar el confort higrotérmico interior. Estos datos permitieron evaluar más adelante la pertinencia real de las propuestas bioclimáticas de cada caso de estudio.

Al cargar el archivo climático de cada localidad (*.epw), el programa elabora una serie de gráficos e infografías sobre las características de su clima en un período de tiempo dado (mediciones de temperatura, humedad, incidencia solar, dirección e

intensidad del viento, entre otros). Dentro de todos los resultados obtenidos, para la investigación se toma el diagrama psicrométrico y las rosas de los vientos, dos gráficos muy completos, que nos permiten realizar una evaluación general de las condiciones climáticas de cada lugar. El diagrama psicrométrico, tal como se establece en el manual del CC, muestra la temperatura de bulbo seco y el contenido de humedad del aire para cada hora de cada día del año. En paralelo y mediante un algoritmo, el software genera un listado de las estrategias energéticas recomendadas, que se ordenan de mayor a menor según sus porcentajes de incidencia.

Cabe destacar que, para la investigación sólo se consideraron las estrategias pasivas, ya que el software también establece propuestas activas. Por otro lado, las rosas de los vientos aportan una cantidad importante de información sobre los vientos del lugar. En este caso se tomaron los datos de

vientos más frecuentes y más intensos (direcciones y velocidades de ambos casos).

La funcionalidad más importante a los efectos de esta investigación es la posibilidad de visualizar las estrategias de diseño que son pertinentes para cada zona del diagrama. Es decir, cuáles son las medidas a implementar para alcanzar el grado de confort para las horas que se encuentren en determinados rangos de temperatura y humedad. Se plantea un panel de resumen de 16 estrategias de diseño, con el detalle del total de horas del año –en valor absoluto y en porcentaje– en que resulta pertinente aplicarlas. En la medida en que los puntos pueden pertenecer a más de una zona, la suma de horas de este panel completo da por lo general más de 100%.

Inicialmente se evaluaron los porcentajes de días que se está confort en estos climas con y sin

estrategia bioclimáticas aplicadas. Más allá de realizar una revisión general de todas las estrategias indicadas por el programa, se realizó un análisis profundo de aquellas que se encontraban valoradas como más importantes, es decir, se estudiaron aquellas estrategias energéticas que permiten alcanzar el confort por un período de tiempo mayor.

A partir de un intercambio realizado con el Centro de Sustentabilidad de la FADU se desarrolla el Workshop ESPACIOS EDUCATIVOS SUSTENTABLES. El mismo

estuvo inscripto en el FORO DE SUSTENTABILIDAD, evento organizado entre FADU y CENUR LN.

La actividad fue realizada por el Mg. Arq. Daniel Sosa de forma presencial en la sede de Salto en setiembre de 2023, pero virtualmente abierta a todos los interesados a través de la plataforma zoom.

En el Workshop se presentaron algunos conceptos básicos de diseño bioclimático, se explicó el manejo del software CLIMATE CONSULTANT y de los archivos climáticos y se analizaron brevemente las

FORO SUSTENTABILIDAD
PRIMERA EDICIÓN | 2023

Workshop «ESPACIOS EDUCATIVOS BIOCLIMÁTICOS»

Fecha y hora: viernes 08 set de 2023 de 9:00 a 12:00 hrs.
Modalidad Híbrida - presencial en CENUR LN Sede Salto, Salón 8 y virtual en simultáneo [ADU](#)
Organiza: Centro de Sustentabilidad FADU

En el marco del FORO SUSTENTABILIDAD 2023, el Centro de Sustentabilidad de FADU presenta el workshop «ESPACIOS EDUCATIVOS BIOCLIMÁTICOS», orientado a diseñadores interesados en el **diseño bioclimático de ambientes construidos**, sin experiencia previa.

El workshop propone un recorrido por distintos climas del mundo, en los que se ubican **doce casos de estudio de edificios educativos**¹. Partiendo del clima como elemento identitario, comprenderemos las nociones básicas del **diseño bioclimático** y las **estrategias de diseño** asociadas a cada contexto, a partir de archivos climáticos locales y el manejo de software especializado.

En este workshop aprenderemos:

- Nociones básicas sobre **bioclimatismo** y **diseño bioclimático**
- Manejo de fuentes de **archivos climáticos**
- Manejo del software **Climate Consultant**
- Nociones básicas de las **estrategias bioclimáticas**

NOTA: Para la realización del workshop se requiere computadora personal o laptop con conexión a internet, parlantes, micrófono y cámara, e instalación previa del software gratuito Climate Consultant, disponible [ADU](#).

¹El workshop y sus resultados se vinculan al proyecto de investigación de la Investigación FADU "Espacios de aprendizaje desde las energías sostenibles".

FORO SUSTENTABILIDAD 2023 | Workshop «ESPACIOS EDUCATIVOS BIOCLIMÁTICOS»

FORO SUSTENTABILIDAD
PRIMERA EDICIÓN | 2023

Casos de estudio de edificios educativos

1. **Austin, ESTADOS UNIDOS**
Kines School
MELISSA FATHY

2. **Brno, REPUBLICA CHECA**
Lynce Schrage
KEM ARCHITECTURE

3. **Copenhague, DINAMARCA**
Escuela Montessori
KEM ARCHITECTURE

4. **Washington, EE.UU.**
Escuela de arquitectura media
KEM ARCHITECTURE

5. **San Paulo, BRASIL**
Escuela Prof. Antonio de Mattos
ZUCAR DE GIOVANNI Y MENDES DA ROCHA

6. **Brno, República Checa**
Campus de Diseño Pedagógico
GOLA

7. **Antioquia, COLOMBIA**
Aula ambiental IEE
PENA ARCHITECTOS

8. **Los Angeles, EE.UU.**
Cultura School
RICARDO NEUTRA

9. **Genova, ITALIA**
Aula Mediaeval
AMARO CUCONELLA

10. **Stresa, ESPAÑA**
Jardín de infancia
AMARO ARCHITECTOS + OVER ARCHITECTS

11. **Combray, FRANCIA**
School complex
DUNGAN LEWIS

12. **San Martín de Porres, PERÚ**
Materia escuela en la comunidad
Asociación de Mujeres
AMARCA ARCHITECTOS, BENEVOLENTES

FORO SUSTENTABILIDAD 2023 | Workshop «ESPACIOS EDUCATIVOS BIOCLIMÁTICOS»

FIGURA. Afiche de presentación del workshop Espacios Educativos Bioclimáticos [Gráfico] Centro de Sustentabilidad Fadu Udelar.

estrategias proyectuales energéticas resultantes del programa. Como trabajo práctico se estudiaron los climas de las localidades de los centros educativos a analizar en la investigación y se exportaron sus diagramas psicrométricos y rosas de los vientos. Como ejercicio práctico de manejo del software cada equipo estudiantil debía ingresar el archivo climático de la localidad de uno de los casos de estudio de la presente investigación al CC. Luego de ingresar los archivos, se establecieron los parámetros de evaluación (se determinó un período lectivo y un horario un análisis más concreto en el tiempo).

Cada equipo de trabajo analizó brevemente los resultados obtenidos de la localidad que se le asignó y exportó los diagramas psicrométricos y las rosas de los vientos, que sirvieron como insumo para el presente trabajo. A nivel internacional se analizaron todas las localidades donde se ubican los edificios educativos estudiados en la investigación y a nivel nacional se estudiaron las localidades de Montevideo y Salto.

Cabe aclarar que, al momento de realizar el workshop se estaba evaluando incluir otros tres casos internacionales, que finalmente se descartaron tres motivos (escala de la edificación, estrategias energéticas aplicadas y/o dificultad en la obtención de los insumos gráficos). Es así que, en el workshop realizado se obtuvieron resultados de tres localidades no desarrolladas posteriormente (Antioquía, Colombia / San Martín de Pangoa, Perú y Caubarrere de Francia.

A modo de referencia se presenta a continuación el análisis realizado al clima de la localidad de Copenhage, Dinamarca (sitio donde se ubica el centro educativo Munkegaard, obra del arquitecto Arne Jacobsen, I-03-Cfb).

A partir del diagrama psicrométrico elaborado por el software, se realizaron tres gráficas, que permiten

individualizar y aclarar la información obtenida para una mejor comprensión de la situación:

HORAS DE CONFORT SIN ESTRATEGIAS APLICADAS

Se indican los porcentajes de horas que se está en confort sin la aplicación de las estrategias energéticas sugeridas por el programa (para este caso en particular, solamente el 16% del tiempo se está en confort).

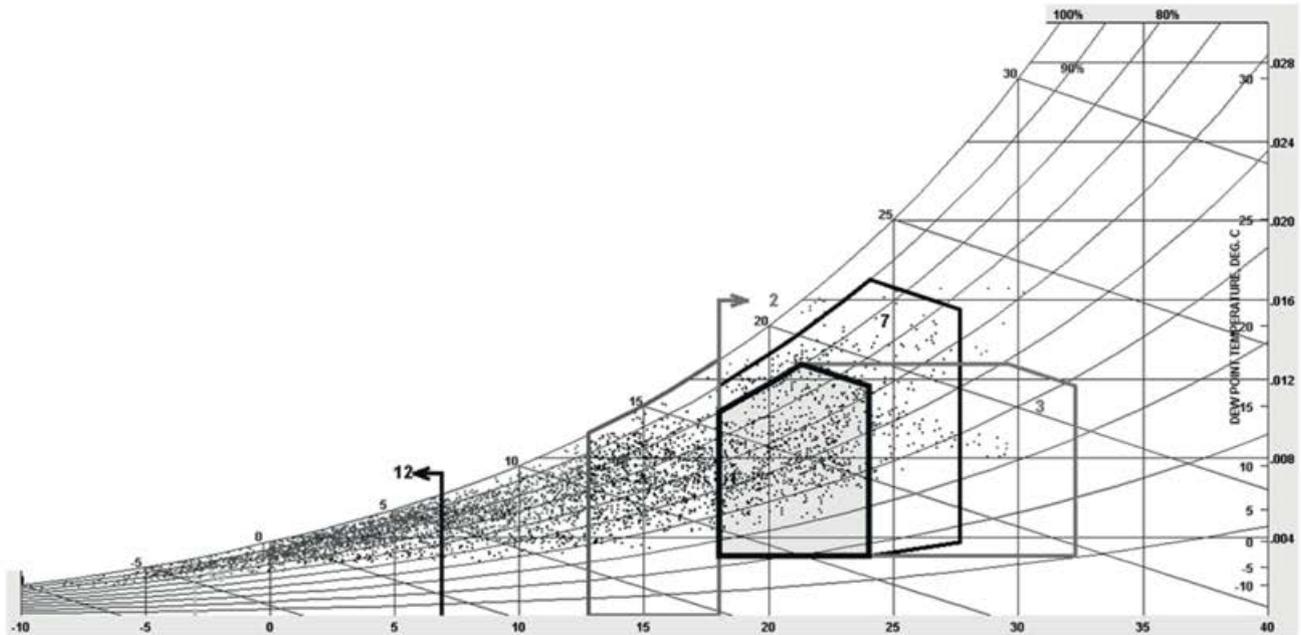
SET DE LAS MEJORES ESTRATEGIAS PASIVAS

Este gráfico enumera las estrategias energéticas pasivas que sugiere el software para ese sitio analizado. El mismo se ordena de mayor a menor, según sea su porcentaje de incidencia. En este caso, la estrategia Ganancias internas es la más importante, ya que permite alcanzar el confort higrotérmico en el 20.3% de las horas del año.

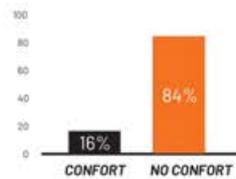
HORAS DE CONFORT SIN ESTRATEGIAS APLICADAS

Una vez revisadas las estrategias bioclimáticas sugeridas por el CC, se grafica la incidencia del acumulado de las más preponderantes. En este caso de referencia, se puede lograr el confort en el 49.2% de las horas.

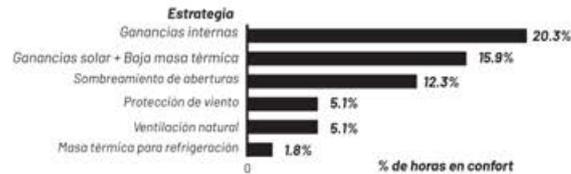
Más allá de las gráficas mencionadas, al final de la lámina se realiza un análisis de los datos obtenidos.



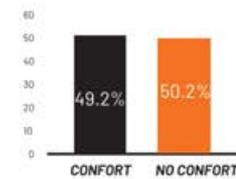
% DE HORAS EN CONFORT
SIN ESTRATEGIAS APLICADAS



SET DE LAS MEJORES ESTRATEGIAS PASIVAS DE DISEÑO PARA EL SITIO.



% DE HORAS DE CONFORT
CON SET DE ESTRATEGIAS APLICADAS



La ciudad de Copenhague posee un clima templado de categoría Cfb según la clasificación Köppen-Geiger, con temperaturas que oscilan entre -1° y 22° (mínima de invierno y máxima de verano respectivamente).

Los resultados del diagrama psicrométrico de la ciudad (realizado para su correspondiente calendario lectivo y en horarios de dictado de clase) permiten observar que las estrategias energéticas pasivas sólo nos permitirían lograr un confort interno en el 39.6 %

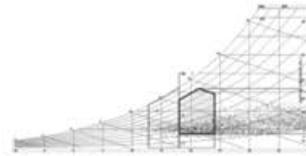
de los días del año, restando los 60.4 % para ser acondicionados a través de algún elemento mecánico.

Para llegar al máximo de confort pasivo es necesario aplicar principalmente tres estrategias energéticas:

- Ganancias internas
- Ganancias solares / baja masa térmica
- Protecciones del viento

FIGURA. Diagrama Psicrométrico. Adaptado de Climate Consultant (n.d.). Psicrometric Chart [Gráfico].

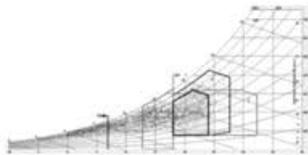
CLIMATE CONSULTANT DIAGRAMAS PSICROMÉTRICOS



Asuan, Egipto



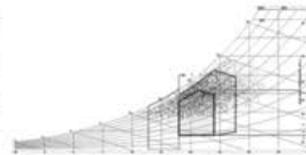
Koudougou, Burkina Faso



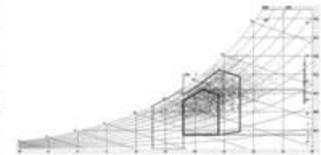
Copenhague, Dinamarca



Washington, EE.UU.



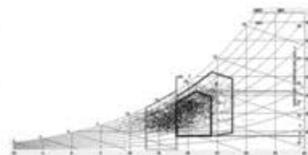
Sao José dos Campos, Brasil



Ribeirao Preto, Brasil



Antioquia, Colombia



Los Ángeles, EE.UU.



Guastalla, Italia



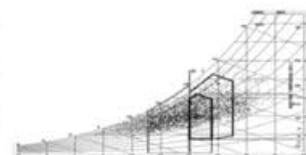
Girona, España



Cornebarrieu, Francia



San Martín de Pangoa, Perú



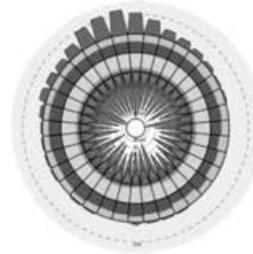
Montevideo, Uruguay



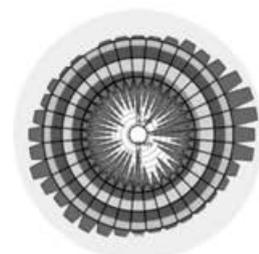
Salto, Uruguay

FIGURA. Diagramas Psicrométricos. Adaptado de Climate Consultant (n.d.). Psychrometric Chart [Gráfico].

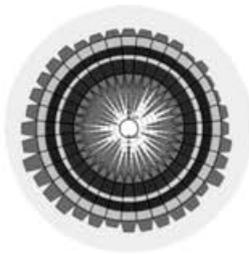
CLIMATE CONSULTANT ROSAS DE LOS VIENTOS



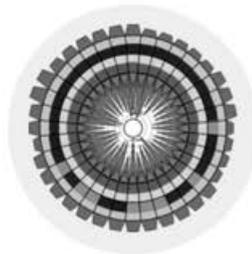
Asuan, Egipto



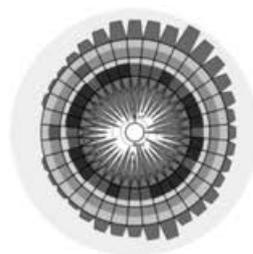
Koudougou, Burkina Faso



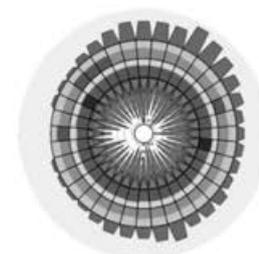
Copenhague, Dinamarca



Washington, EE.UU.



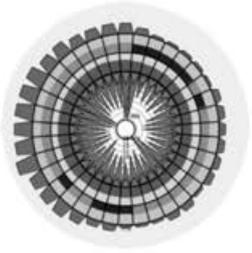
Sao José dos Campos, Brasil



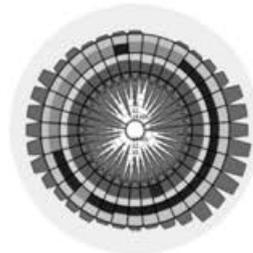
Ribeirao Preto, Brasil



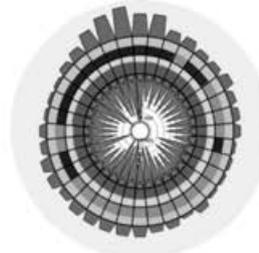
Antioquia, Colombia



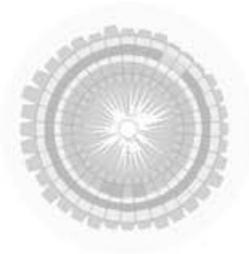
Los Ángeles, EE.UU.



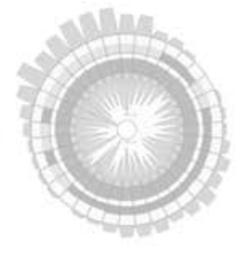
Guastalla, Italia



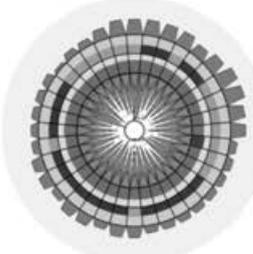
Girona, España



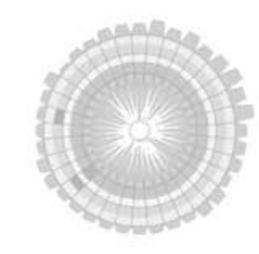
Cornebarrieu, Francia



San Martín de Pangoa, Perú



Montevideo, Uruguay



Salto, Uruguay

FIGURA. Rosas de los vientos. Adaptado de Climate Consultant (n.d.). Psicrometric Chart [Gráfico].

METODOLOGÍA DE ANÁLISIS

CASOS INTERNACIONALES Y NACIONALES

Una vez definidos los casos de estudio, tanto internacionales como nacionales, se procedió a definir la metodología de análisis de los mismos. Estos estudios se realizan en diferentes apartados, que van variando en escala y especificidad.

A modo introductorio se presentan una serie de láminas informativas, donde se explican las particularidades de cada centro educativo y el motivo de su selección a través de una serie de fotografías seleccionadas y de una breve descripción. Esto varía caso a caso, ya que cada uno tiene sus singularidades y sus diferentes contextos arquitectónicos, urbanos, geográficos, sociales, económicos y/o constructivos, entre otros, que lo enmarcaron y definieron.

En el apartado UBICACIÓN Y CLIMA se ubica geográficamente cada centro educativo, con acercamientos que aumentan en escala hasta contextualizarlo en el entorno más inmediato (mundo, región, país, ciudad y manzana) y se indica el clima en el que se encuentra según la categorización de Köppen-Geiger. Se analizan los diagramas psicrométricos resultantes del workshop "Espacios de enseñanza bioclimáticos" realizados a través del software Climate Consultant, ya explicados anteriormente, y se evalúan las estrategias energéticas recomendadas por el programa.

Primero se grafica el porcentaje de horas anuales que se está en confort en un espacio sin la aplicación de estrategias bioclimáticas (*1). Luego se revisan las estrategias sugeridas y se ordenan de mayor a menor según sea su incidencia y la mayor cantidad de horas que en las que se obtiene confort gracias a su aplicación (*2), para luego indicar el porcentaje de horas anuales que se está en confort una vez que se apliquen las estrategias antes detalladas (*3).

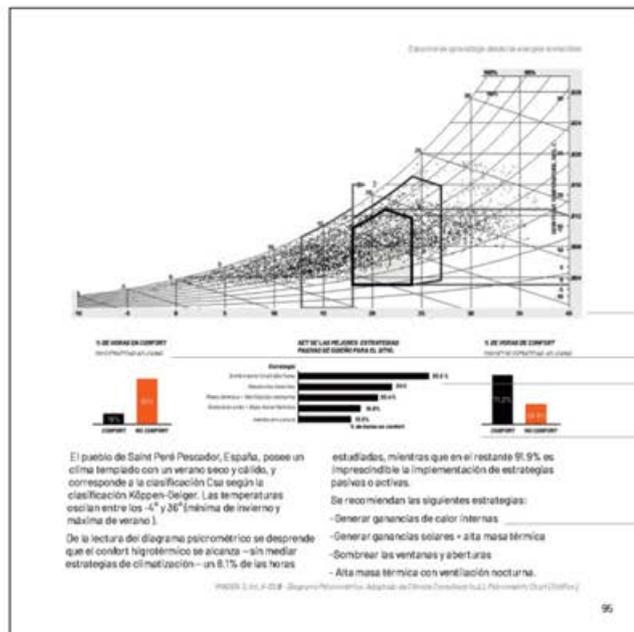


Diagrama psicrométrico resultante del workshop

*1
*2
*3

Breve análisis del clima de la localidad en estudio y de las estrategias bioclimáticas sugeridas

Referencia de análisis realizado en el apartado UBICACIÓN Y CLIMA
Caso II-02-Csa (Jardín de Infancia en Sant Pere Pescador, Girona, España)

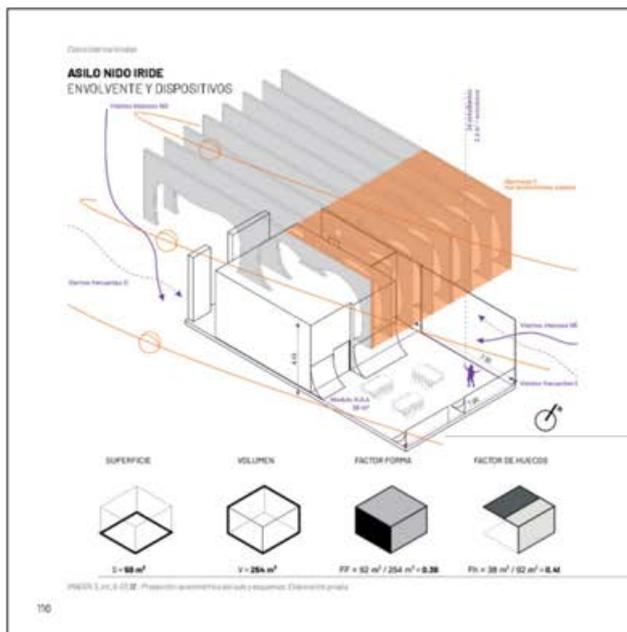
La morfología y la relación con el entorno más directo son analizados en FORMA E IMPLANTACIÓN a través de la planta principal y de una axonometría general de todo el centro educativo. De la planta principal se individualizan y esquematizan las aulas, los patios, las circulaciones y algunas particularidades de cada proyecto como antesalas, servicios, u otros elementos espaciales diferenciados.

Se aclara que la mayoría de los planos de los casos de estudio se realizaron a partir de gráficos obtenidos de internet en las diferentes plataformas. Esto implica que, más allá de que se buscaron diferentes referencias que permitiesen corroborar la escala y las medidas de los espacios (procedimiento que se buscó realizar de la forma más precisa posible), seguramente existan diferencias de medidas con los edificios construidos. Solamente en algunos de los casos

nacionales se obtuvieron los planos originales o relevamientos fehacientes. En la axonometría general del edificio se grafican

algunos elementos condicionantes del entorno. Se reconoce la orientación y los recorridos solares (se indican los solsticios y los equinoccios), se identifican las direcciones de los vientos más frecuentes y los más intensos, se muestran las construcciones linderas, las calles y los patios con las especies vegetales presentes en el lugar, además de individualizar el módulo aula a modo de referencia.

En el último apartado de análisis de los centros educativos ENVOLVENTE Y DISPOSITIVOS se analiza el intercambio energético que existe entre el aula y el entorno. Allí se indica las características del ambiente que lo rodea (orientación del NORTE, recorridos solares y los vientos más frecuentes y/o intensos), además de realizar una serie de cuantificaciones que se esquematizan individualmente (cantidad de estudiantes, superficie del aula, relación de área/estudiante, volumen del aula, factor forma y factor de huecos) *4.



Axonometría del aula con las características del entorno incorporadas

*4

Referencia de análisis realizado en el apartado ENVOLVENTE Y DISPOSITIVOS Caso II-03-Cfa (Asilo Nido Iride, Guastalla, Italia)

Estos cálculos permiten realizar un análisis morfológico del aula y evaluar el intercambio real que se tiene con el entorno. El FACTOR FORMA es el resultado de la división del área de aberturas sobre la superficie del cerramiento interior/ exterior, mientras que el FACTOR DE HUECOS se obtiene al dividir el área expuesta sobre el volumen del espacio.

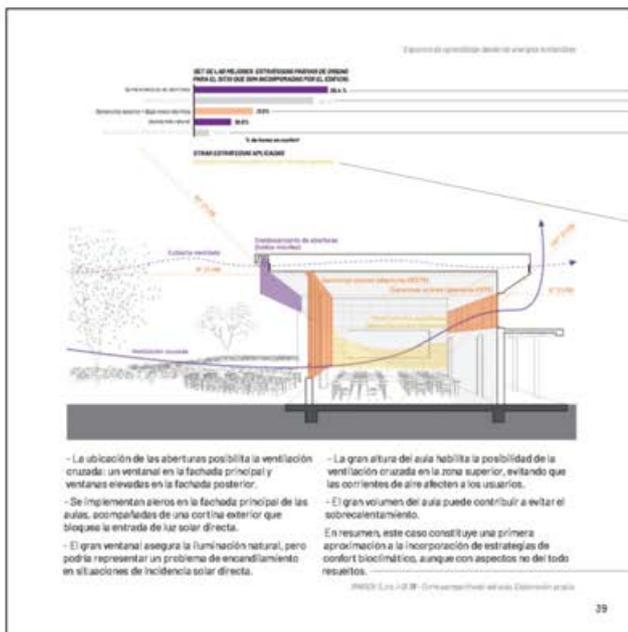
Estos datos permiten realizar una comparación entre todos los casos de estudio sobre el final de la investigación y generar una serie de reflexiones, que consideramos importantes a continuar desarrollando.

A modo de cierre del análisis de los casos de estudio se elabora un corte perspectivado del aula dónde se grafica el intercambio existente entre el espacio interior y su entorno, reconociendo las estrategias energéticas pasivas aplicadas a nivel

proyectual, tanto térmicas como de iluminación y ventilación.

Algunas de esas estrategias indicadas se encuentran explicitadas en las descripciones y/o en los gráficos realizados por el propio autor del caso, pero también hay otras estrategias que se intuyen al estudiar minuciosamente el corte e intuir cómo debe ser la interacción entre el edificio y las energías que lo rodean. Se estima la incidencia que tiene el sol (con sus diferentes recorridos y ángulos) y los vientos (con sus direcciones y velocidades), en el interior del espacio de aprendizaje.

Identificadas las estrategias bioclimáticas presentes en el corte perspectivado de cada caso de estudio, se pasa a comparar con las estrategias energéticas sugeridas por el software CLIMATE CONSULTANT para esa localidad. Se define el siguiente criterio de comparación:



1. COLOR PLENO
Estrategia sugerida por el CC que es aplicada efectivamente en el caso

3. COLOR GRIS
Estrategia sugerida por el CC que no es aplicada en el caso de estudio

5. COLOR VARIABLE (EXTRA)
Si el aula del centro educativo en estudio posee una estrategia energética no indicada en el CC, la misma es agregada aparte. Esto sucede con todas las estrategias de iluminación en los diferentes proyectos analizados, ya que el análisis del software es solamente higrotérmico y no considera análisis ni propuestas de iluminación.

2. COLOR GRIS (ganancias internas)
Estrategia que depende del uso y de la hermeticidad del cerramiento (no considerada en ningún caso)

4. COLOR CON TRANSPARENCIA 50%
Estrategia recomendada por CC que no se encuentra aplicada correctamente en el edificio o que se genera por la sumatoria de dos estrategias y en el proyecto se identifica solamente una de ellas.

Evaluación escrita de las estrategias energéticas aplicadas en el edificio

Referencia de análisis realizado en el apartado ENVOLVENTE Y DISPOSITIVOS Caso I-01-Bsk (Corona School, California, Estados Unidos)

El análisis de los casos nacionales adquirió un nivel mayor con las visitas realizadas a los centros educativos. En los recorridos se revisaron que los planos obtenidos estuviesen coincidiendo con la realidad, se entrevistaron a referentes de cada institución y se fotografiaron los diferentes espacios.

Esto permitió generar un análisis más vivencial de los centros educativos, para lograr comprender sus dinámicas de usos, entre otras cosas, que no eran viables de identificar solamente a través de los

planos. Allí se identificaron interferencias acústicas por aberturas entre aulas y pasillos (ventanas que se proyectaron para generar ventilaciones cruzadas, pero que se anularon por los ruidos).

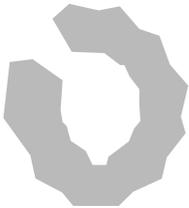
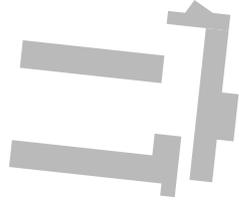
Este apartado se denominó ESPACIO EXPERIENCIA y como resultado se realizaron tres infografías (intervenciones sobre fotografías tomadas en las visitas) dónde se grafican cuestiones vinculadas a las diferentes energías, tanto positivas como negativas.

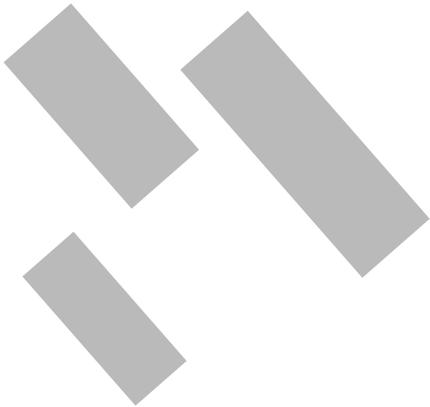
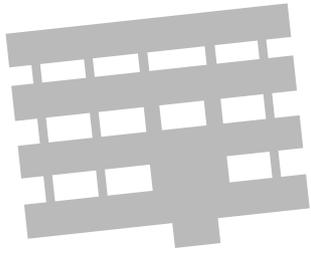


FIGURA. Ejemplo de Espacio Experiencia de acondicionamiento térmico, ventilación e iluminación. Ver apartado correspondiente.

CASOS DE ESTUDIO

4





CASOS INTERNACIONALES

4a

CASOS INTERNACIONALES





OBRA
UBICACIÓN
FECHA
AUTOR
CÓDIGO

Corona School
California, Estados Unidos de América
1935
Richard Neutra
I-01-BSk



IMAGEN 01. Patio-jardin adyacente a las aulas. Hidden Architecture (s.f.). Corona School [Fotografía]. Recuperado de: <https://hiddenarchitecture.net/corona-school/>



IMAGEN 02. Fachada oeste de aulas. Hidden Architecture (s.f.). Corona School [Fotografía].
Recuperado de: <https://hiddenarchitecture.net/corona-school/>

CORONA SCHOOL RICHARD NEUTRA

El terremoto de 1933 en Los Angeles precipitó la necesidad de repensar los espacios educativos (Hidden Architecture, s.f.). En la exposición del MoMA en 1932, Neutra presentó sus reflexiones acerca de la higiene, bienestar y flexibilidad espacial, que llamaron la atención de las autoridades educativas que en 1934 lo convocaron para la expansión de una escuela existente en la Corona Avenue en el distrito de Bell (Hines, 1982: 164).

Tal como señala R. Cabrero-Olmos (2022: 5), la arquitectura de Richard Neutra se orienta a la búsqueda del bienestar físico y emocional de los usuarios, concibiendo para ello la continuidad entre la naturaleza y el ser humano. En su práctica arquitectónica ello se ve reflejado en la fluidez en el vínculo entre lo construido y el entorno exterior.

Este aspecto se ve materializado en la Corona School, que si bien en la actualidad el edificio ha sufrido varios agregados y modificaciones, el proyecto original

dispone para cada aula un jardín propio concebido como la extensión del aula.

El conjunto de aulas se desarrolla longitudinalmente, estructuradas mediante una circulación abierta en el este, mientras que para el oeste se abren mediante grandes ventanales hacia los patios-jardín.

La planta rectangular del aula se orienta de modo que los lados largos configuran las fachadas, decisión conveniente para maximizar el contacto con el exterior. La altura de más de 4 metros potencia esta decisión, que a la vez permite la colocación de aberturas en altura, en la fachada opuesta y sobre la circulación general. Dichas aberturas posibilitan la ventilación cruzada, crucial para la ventilación higiénica y de refrescamiento para el período caluroso.

Lo destacado de este planteo es claramente la fuerte conexión entre el interior y el exterior de las aulas. La

particularidad de los ventanales es su forma de movimiento corredizo que abren hasta casi un 40% de la totalidad del cerramiento, y al ser vidriados, deja entrar grandes cantidades de luz solar al interior, pudiendo ser regulado por unas protecciones exteriores posteriormente incorporadas.

El exterior de cada uno de los patios poseen vegetación: un árbol para cada una de las aulas permiten generar sombra para los estudiantes, y así evitar el uso de otros elementos de sombreado, y unos arbustos que delimitan el espacio de cada patio y ordenan el exterior de la fachada principal.

Tal como menciona Hines (1982: 164-165) los testimonios de las autoridades educativas de la época eran elogiosos en términos de iluminación natural, de la integración con el aire libre y los efectos positivos sobre la salud asociados, inclusive en el manejo del color. Es por ello que resultó servir de ejemplo para la construcción de otras escuelas en el área.



IMAGEN 03. Interior de aula. Hidden Architecture (s.f.). Corona School [Fotografía]. Recuperado de: <https://hiddenarchitecture.net/corona-school/>

CORONA SCHOOL UBICACIÓN Y CLIMA

BSk

Clasificación
Köppen-Geiger

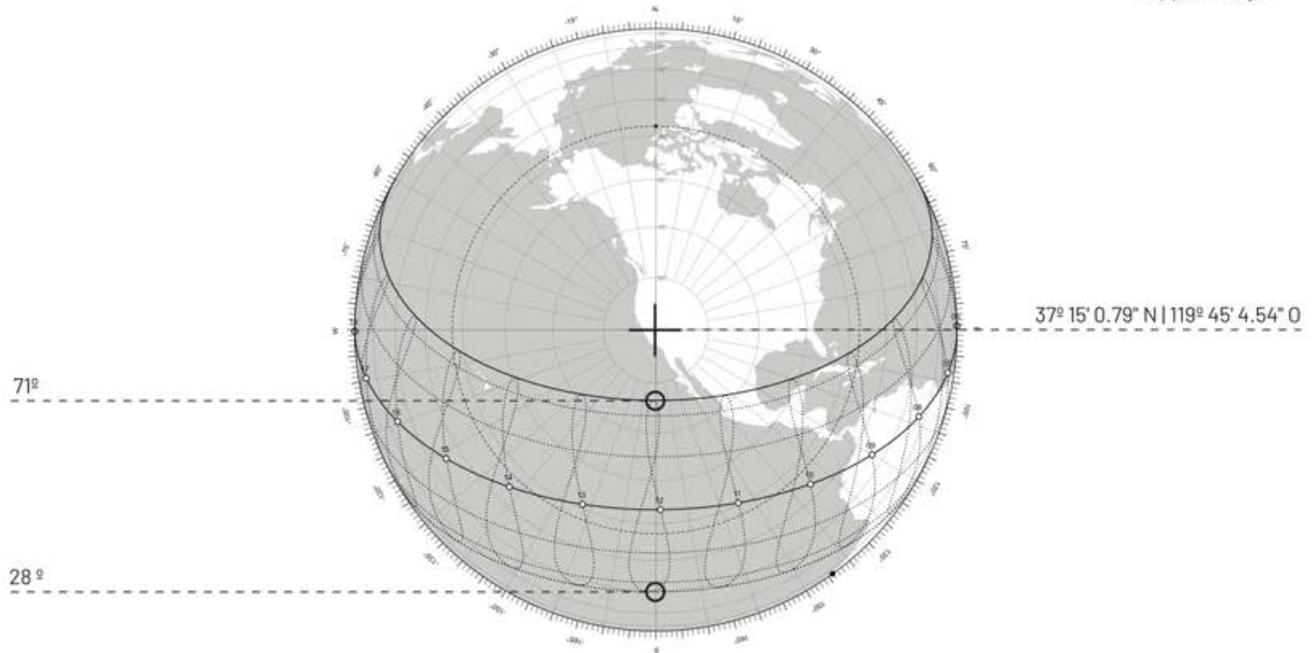
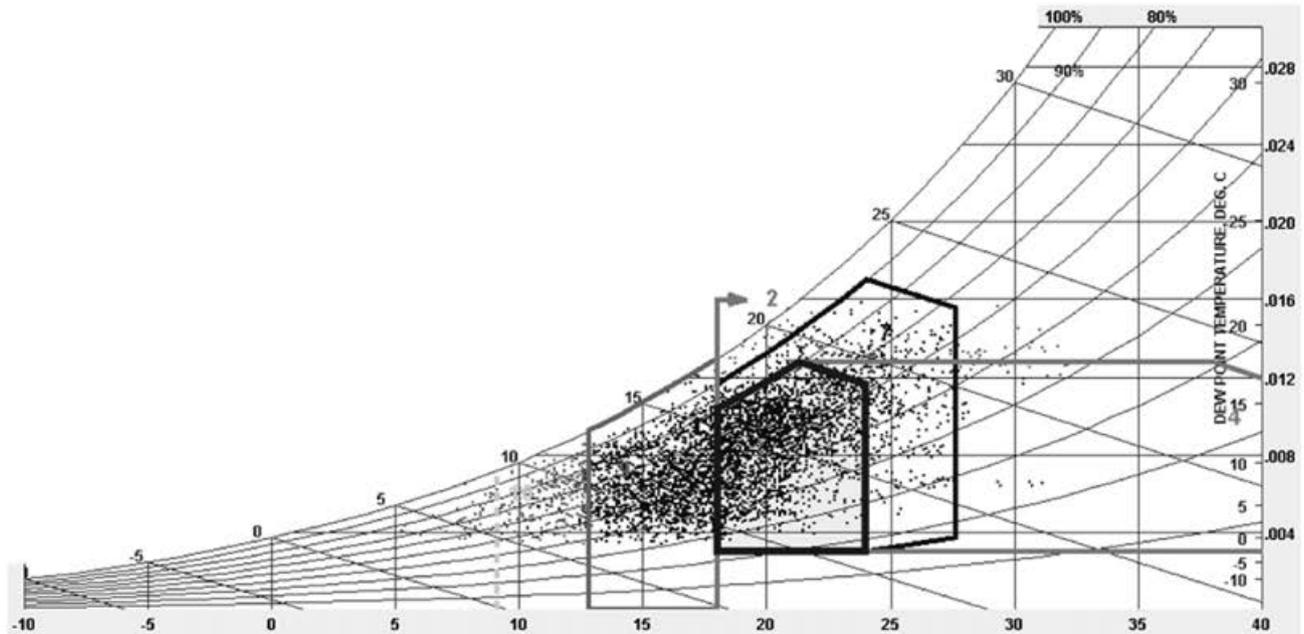
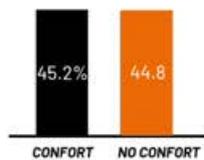


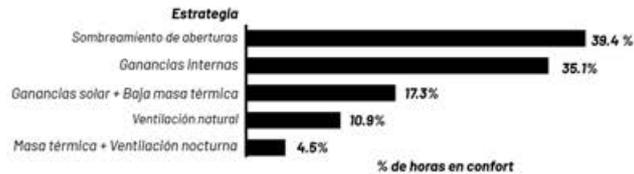
FIGURA 04 a 06. Proyección estereográfica y mapa. Adaptados de Andrew Marsh (n.d.). Sun Path on Map [Gráfico]. Recuperado de: <https://drajmarsh.bitbucket.io/sunpath-on-map.html>
IMAGEN 07 a 08. Imágenes aéreas. Adaptadas de Google Earth Pro 7.3.6.9796 (2024).



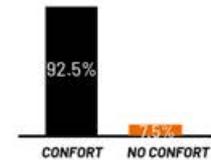
% DE HORAS EN CONFORT
SIN ESTRATEGIAS APLICADAS



SET DE LAS MEJORES ESTRATEGIAS PASIVAS DE DISEÑO PARA EL SITIO.



% DE HORAS DE CONFORT
CON SET DE ESTRATEGIAS APLICADAS



La ciudad de Los Angeles posee un clima árido con un verano e invierno seco, y corresponde a la clasificación BSk según la clasificación Köppen-Geiger. Las temperaturas oscilan entre los 9° y 29° (mínima de invierno y máxima de verano respectivamente).

De la lectura del diagrama psicrométrico se desprende que el confort higrotérmico se alcanza —sin mediar estrategias de climatización— un 45.2% de las horas

estudiadas, mientras que en el restante 54.8% es imprescindible la implementación de estrategias pasivas o activas.

Se recomiendan las siguientes estrategias para poder generar más tiempo de confort:

- Conservar ganancias de calor internas
- Sombrear las ventanas y aberturas
- Asegurar la ventilación cruzada

FIGURA 09. Diagrama Psicrométrico. Adaptado de Climate Consultant (n.d.). Psychrometric Chart [Gráfico].

CORONA SCHOOL

FORMA E IMPLANTACIÓN

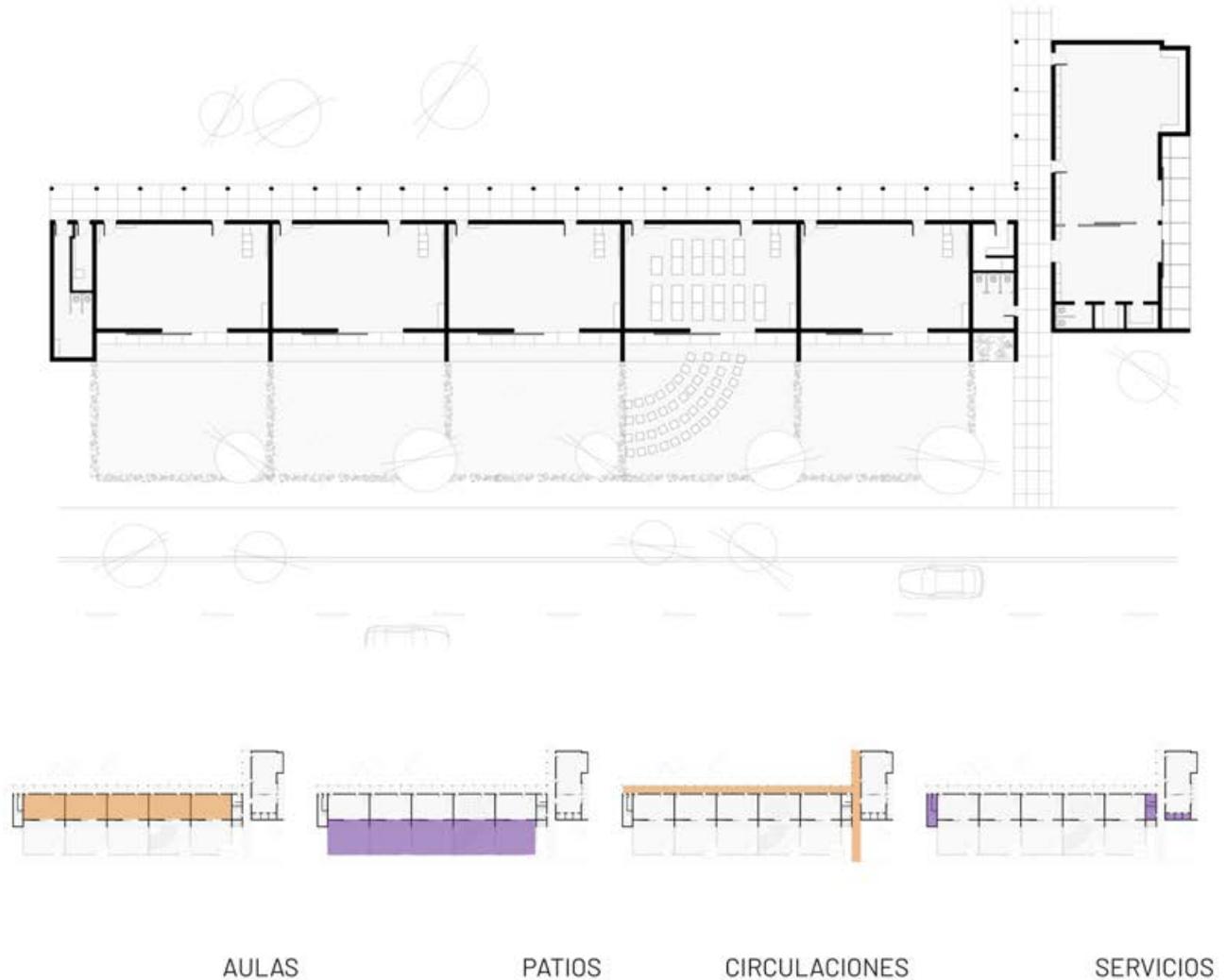
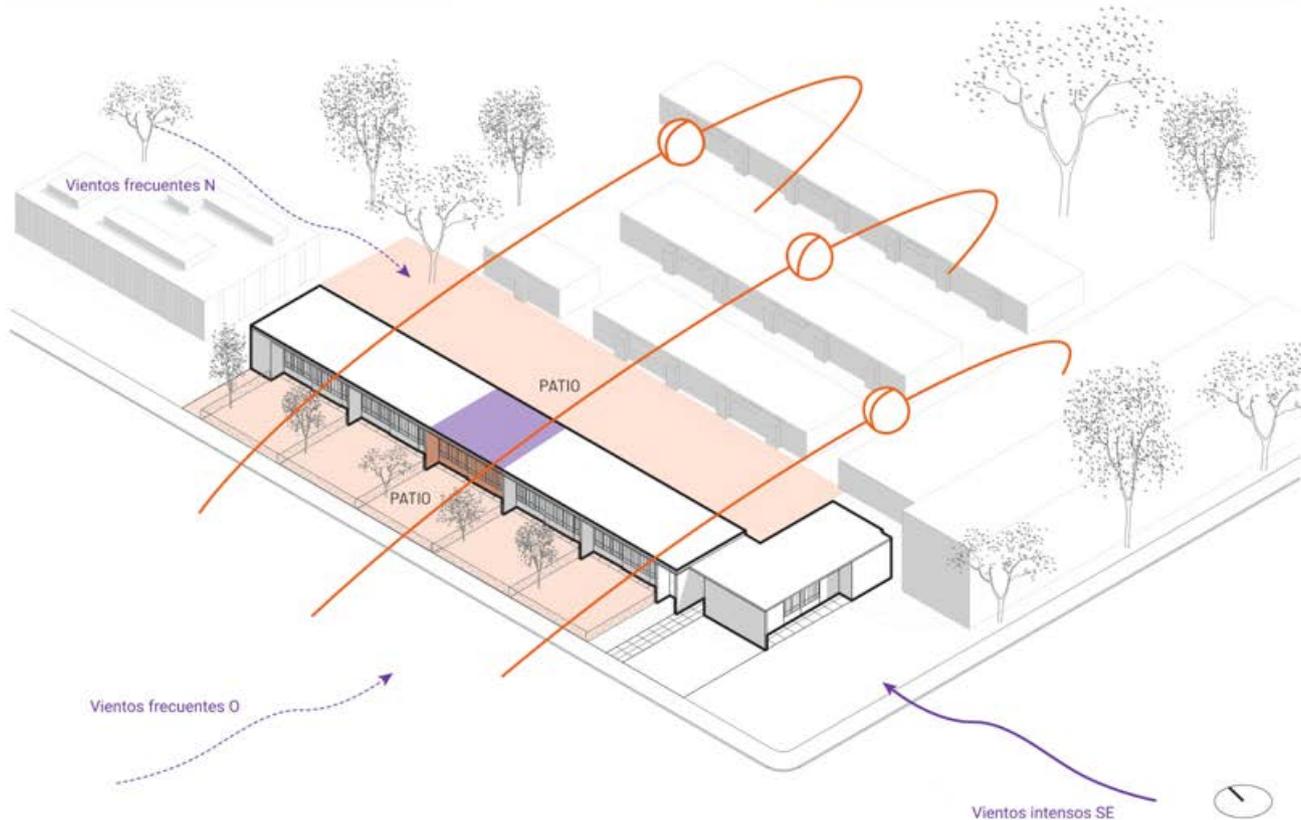


FIGURA 10. Planta del conjunto. Elaboración propia adaptada de Hidden Architecture (s.f.). Corona School [Gráfico].
Recuperado de: <https://hiddenarchitecture.net/corona-school/>

ÁREA PB 483 m² / ÁREA PA 0 m² / ÁREA PREDIO 1665 m²



ÁREA ANTESALA 18 m² / ÁREA AULA 51 m² / ÁREA PATIO 75 m²



La construcción en forma de L constaba de dos aulas de jardín de infantes y cinco de primaria (Hines, 1982: 164). La apertura —mediante grandes ventanales— hacia el oeste, sobreexpone a las aulas a la incidencia solar directa en horas de la tarde durante todo el año. Esto puede ser beneficioso en materia térmica en el periodo frío, pero un problema en periodo caluroso, como también en términos de exceso de iluminación y encandilamiento. Dicho efecto se ve matizado con la

definición que el proyecto original toma, posicionando a los jardines entre las aulas y el espacio urbano, cuyos elementos vegetales le confieren un carácter de alivio y amortiguación en algunos sentidos. En cualquier caso esta decisión se explica en la necesidad de abrir casi en su totalidad el espacio interior para integrarse al exterior y desbordar hacia allí las actividades estudiantiles.

FIGURA 11. Proyección axonométrica del conjunto. Elaboración propia.

CORONA SCHOOL

ENVOLVENTE Y DISPOSITIVOS

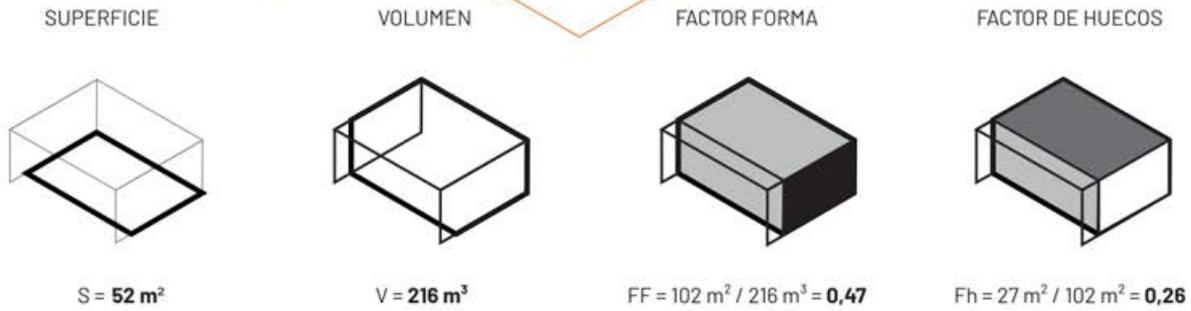
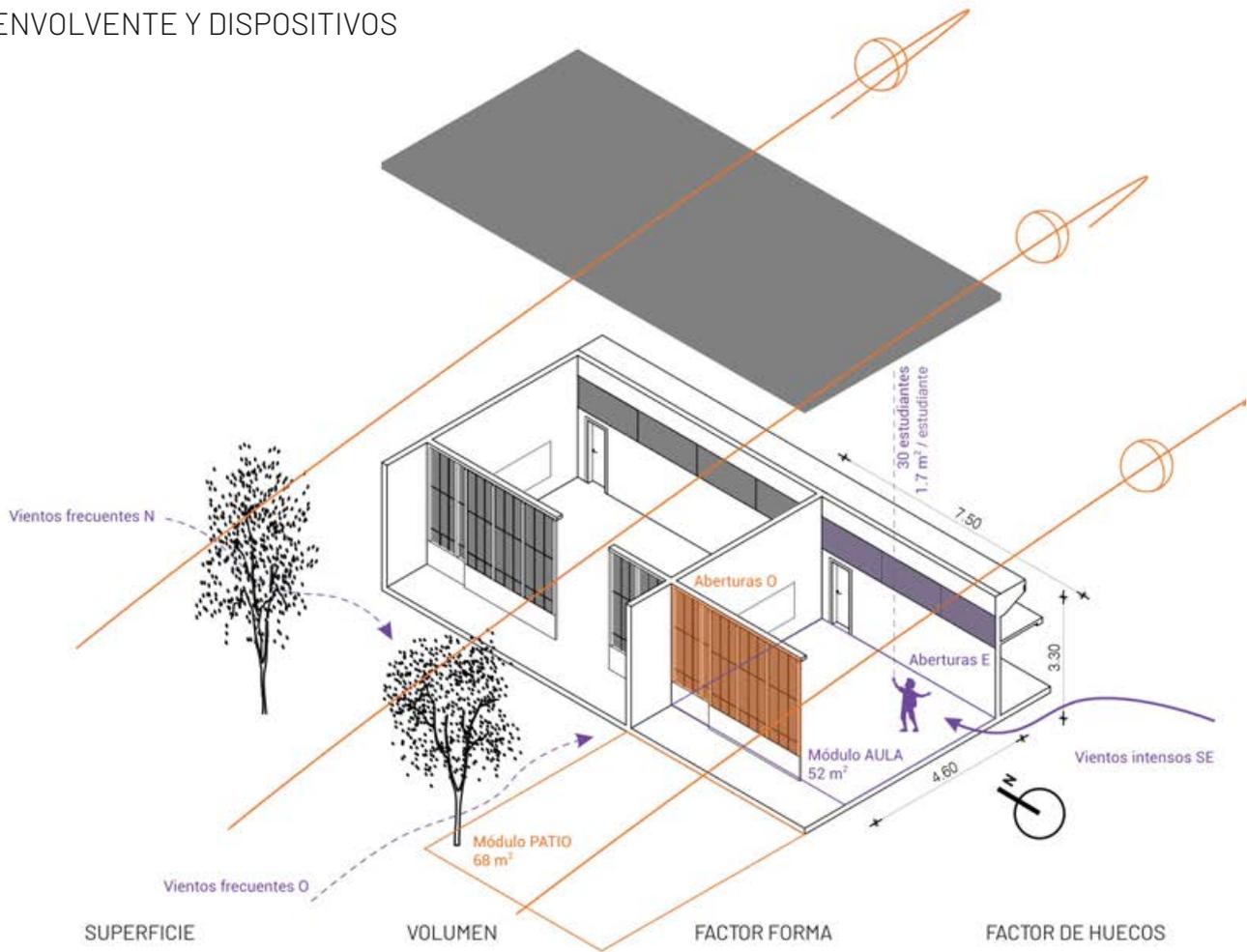
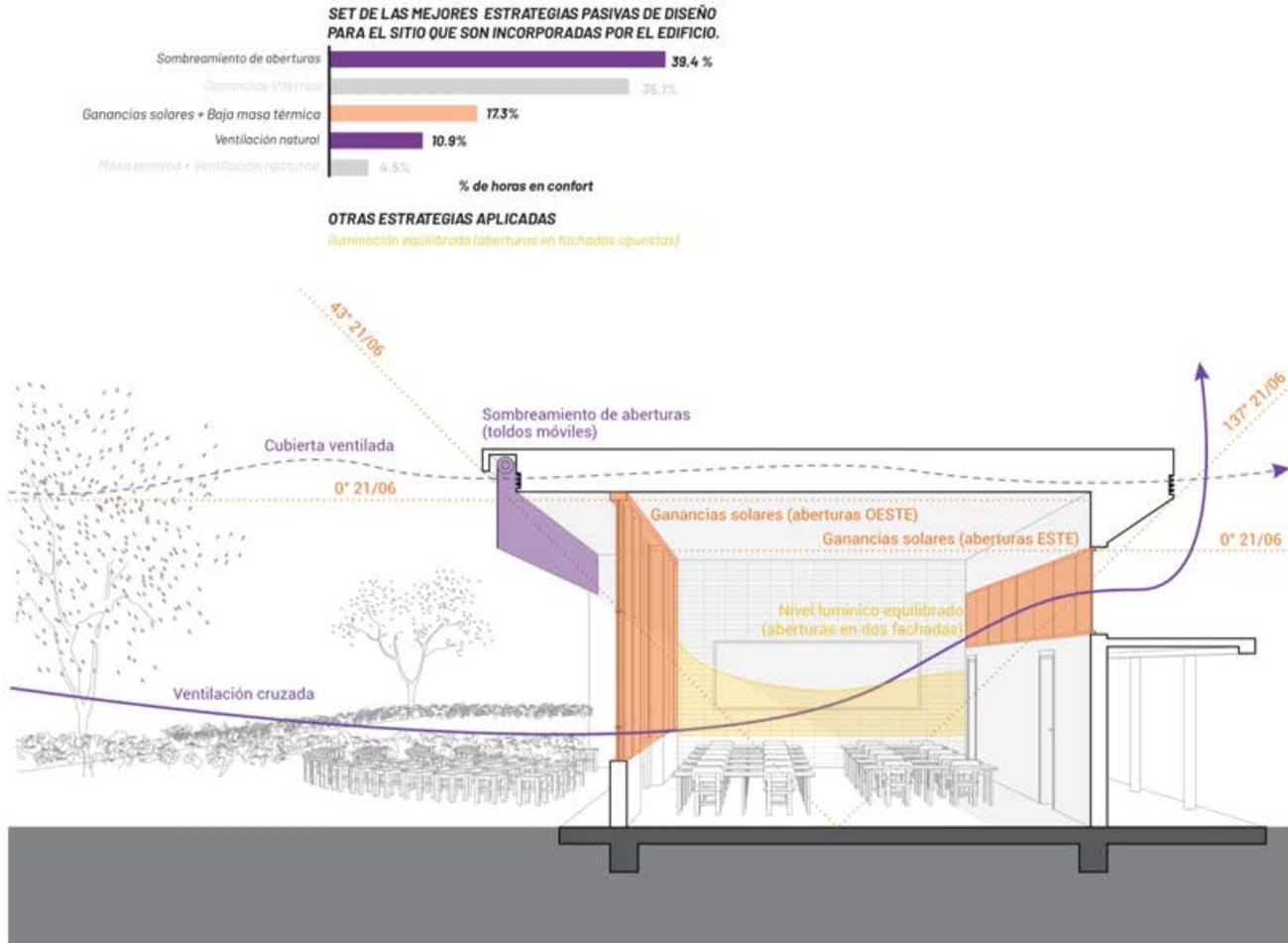


FIGURA 12. Proyección axonométrica del aula y esquemas. Elaboración propia.



- La ubicación de las aberturas posibilita la ventilación cruzada: un ventanal en la fachada principal y ventanas elevadas en la fachada posterior.

- Se implementan aleros en la fachada principal de las aulas, acompañadas de una cortina exterior que bloquea la entrada de luz solar directa.

- El gran ventanal asegura la iluminación natural, pero podría representar un problema de encandilamiento en situaciones de incidencia solar directa.

- La gran altura del aula habilita la posibilidad de la ventilación cruzada en la zona superior, evitando que las corrientes de aire afecten a los usuarios.

- El gran volumen del aula puede contribuir a evitar el sobrecalentamiento.

En resumen, este caso constituye una primera aproximación a la incorporación de estrategias de confort bioclimático, aunque con aspectos no del todo resueltos.

FIGURA 13. Corte perspectivo del aula. Elaboración propia.

CORONA SCHOOL

ESTRATEGIAS DE DISEÑO

(1) Estrategias pertinentes implementadas

Sombreamiento de aberturas (2147hs).

Se implementan principalmente dos estrategias de sombreado.

En primer lugar los aleros, de mayores dimensiones sobre los grandes ventanales orientados al oeste, mientras que en menor medida se presenta un alero que cubre el ventaneo superior orientado al este. A juzgar por su profundidad cumplen la función de sombreado de las aberturas en las horas próximas al mediodía solar. Esto implica principalmente que para las horas de la tarde, no son suficientes para cubrir el gran ventanal.

Es por eso que se observa el uso de un segundo sistema, consistente en cortinas de enrollar tipo roller, que por tratarse de un dispositivo móvil permite una mejor adaptación a las distintas condiciones térmicas

y lumínicas. En cualquier caso, y por la posición en que se encuentran, su máximo despliegue compromete los valores espaciales de integración con el patio-jardín. Una posibilidad de resolución de este asunto es la extensión de una cortina horizontal, a modo de toldo que cubra el espacio del patio-jardín, tal como resolviera Giuseppe Terragni dos años después en el Parvulario Sant'Elia, en la ciudad de Como, Italia.

Refrescamiento por ventilación natural (519hs).

La implementación de esta estrategia se presenta como uno de los grandes diferenciales de esta arquitectura con respecto a la práctica anterior, al menos en materia de construcción de aulas. El gran ventanal, en combinación con los ventanales superiores en la fachada opuesta, permite la ventilación cruzada, especialmente útil en el período caluroso. La posición de las banderolas en la parte

superior contribuye a que las corrientes de aire no afecten a los usuarios del aula. En base a los recaudos estudiados no es posible determinar ni la forma, el porcentaje de apertura de dichas banderolas, como tampoco la forma de operación y movimiento de las mismas, por lo que no es posible evaluar con mayor detalle su efectividad. En cualquier caso resulta pertinente su implementación para el clima de Los Ángeles.

Ganancia solar pasiva de baja masa (821hs)

En la medida en que la construcción original se consideraba como ligera, compuesta principalmente por acero y madera (Darlan-Smith, Kate & Willis, J. (2016): 40), puede considerarse una construcción de baja masa. Esto permite el rápido calentamiento del espacio, en la medida en que existan grandes ventanales sin cubrir —como es el caso—, algo

particularmente útil en el periodo frío.

(2) Estrategias pertinentes no implementadas

Ganancias de calor internas (1667hs)

El gran volumen de aire y el elevado factor de huecos del aula no contribuyen a conservar las ganancias de calor internas, por lo que se entiende que es una estrategia no implementada.

(3) Otras estrategias implementadas

La vegetación presente en el patio-jardín adyacente permite controlar la temperatura superficial del exterior, mientras que evita encandilamientos excesivos.

Por su parte el gran ventanal permite tener máxima iluminación al interior del aula, a diferencia de la construcción escolar que se realizaba hasta el momento.

OBRA
UBICACIÓN
FECHA
AUTOR
CÓDIGO

Escuela en Fares
Luxor, Egipto
1957
Hassan Fathy
I-02-BWh



IMAGEN 01. Vista del conjunto. Fares School [Fotografía], por Archnet (s.f.).
Recuperado de: <https://www.archnet.org/sites/2608>



IMAGEN 02. Interior del aula. Archnet (s.f.). Fares School [Fotografía].
Recuperado de: <https://www.archnet.org/sites/2608>

ESCUELA EN FARES

HASSAN FATHY

De modo de interpretar la importancia y el alcance de este caso de estudio, es imprescindible conocer el contexto histórico y las inquietudes de su autor, el arquitecto egipcio Hassan Fathy (1900-1989).

Fathy se caracteriza principalmente por estudiar y reivindicar la arquitectura tradicional egipcia y en profundizar las implicancias de sus atributos bioclimáticos —tal como consta en sus publicaciones como *Natural energy and vernacular architecture* (1986: 19-23)—, posicionándose como respuesta crítica a la industrialización y mecanización de la construcción y climatización, propugnado a través del movimiento moderno en su fase de internacionalización, en el periodo de posguerra.

Fathy compartía el objetivo del movimiento moderno de mejorar las condiciones de vida humanas a través de la arquitectura, pero sus enfoques y métodos fueron notablemente diferentes. Mientras que el movimiento moderno se centró en la urbanización y la

explotación de nuevas tecnologías y materiales, Fathy se centró en las necesidades de los pobres rurales y buscó la continuidad con las técnicas de construcción tradicionales. Estas diferencias fundamentales llevaron a resultados muy diferentes en términos de la relación entre la arquitectura y el público, con la arquitectura moderna a menudo percibida como ajena y desconocida, mientras que la arquitectura de Fathy se basaba en un vocabulario arquitectónico tradicional y familiar (Richard, 1985: 10-14).

Fathy, en tanto empleado de la administración de municipios del gobierno egipcio, conoció la pobreza rural y la arquitectura vernácula egipcia —tanto en materia espacial como en técnicas constructivas asociadas al ladrillo de barro—, proponiendo su desarrollo e implementación para los encargos públicos, tales como escuelas primarias (Paquot, 2009). Nombrado luego como director del Departamento de Construcción de Escuelas del

Ministerio de Educación, desarrolló la idea de un prototipo de escuela que sintetiza los conceptos constructivos y bioclimáticos estudiados, y que resulta asequible para su construcción por parte de las comunidades rurales (Steele, 1988: 81-84).

La primera que construye es la Escuela para Niños en la localidad de Fares —ubicado entre Luxor y Asuán— (Steele, 1988: 81). Esta experiencia le permitió a Fathy la definición de un tipo de edificio escolar que se implementaría en distintas formas en proyectos posteriores, pero manteniendo algunos rasgos fundamentales, tales como el diseño del patio, la repetición de módulos de aulas caracterizados por su planta y corte, el uso de la grilla ortogonal y la presencia de espacios colectivos (Bertini, 2021: 151-152). A ello cabe agregar la implementación de técnicas de construcción con ladrillo de barro, caracterizado por muros gruesos y cerramientos superiores abovedados.



ESCUELA EN FARES UBICACIÓN Y CLIMA

BWh

Clasificación
Köppen-Geiger

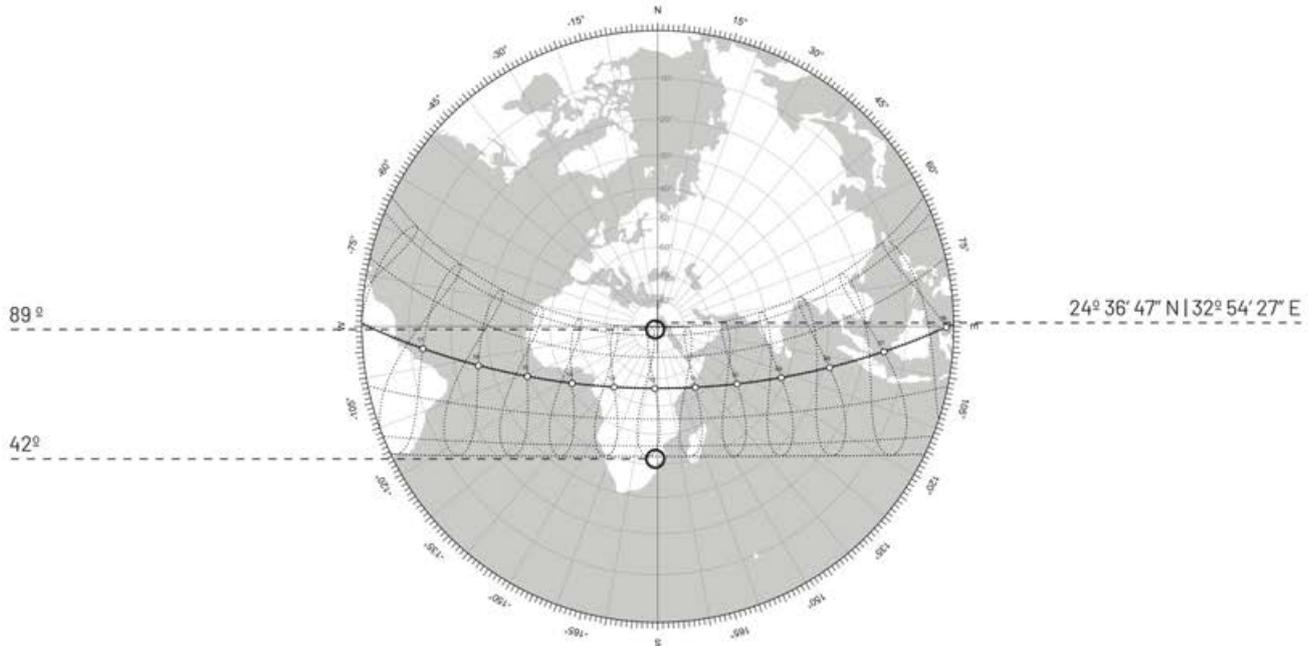
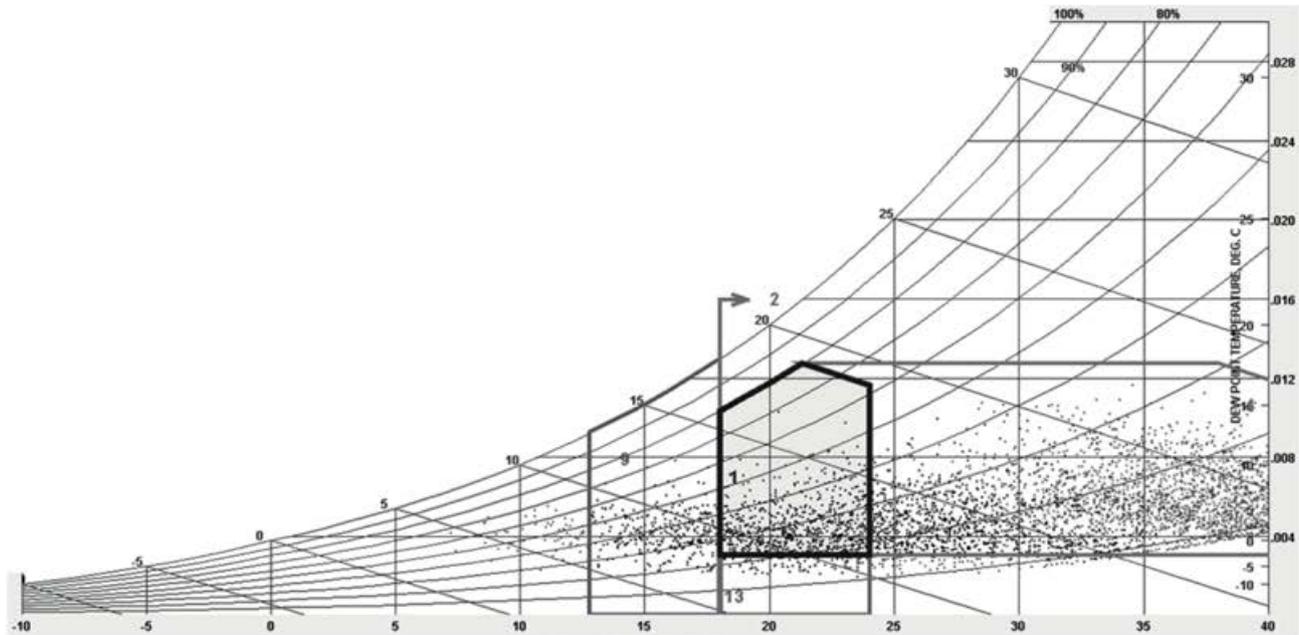
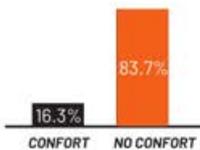


FIGURA 04 A 06. Proyección estereográfica y mapa. Adaptados de Andrew Marsh (n.d.). Sun Path on Map [Gráfico]. Recuperado de: <https://drajmarsh.bitbucket.io/sunpath-on-map.html>
IMAGEN 07 A 08. Imágenes aéreas. Adaptadas de Google Earth Pro 7.3.6.9796 (2024).



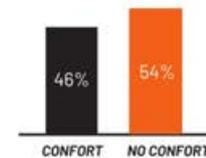
% DE HORAS EN CONFORT
SIN ESTRATEGIAS APLICADAS



SET DE LAS MEJORES ESTRATEGIAS PASIVAS DE DISEÑO PARA EL SITIO.



% DE HORAS DE CONFORT
CON SET DE ESTRATEGIAS APLICADAS



La localidad de Fares posee un clima seco, desértico y cálido, correspondiendo a la clasificación BWh según la clasificación Köppen-Geiger.

De la lectura del diagrama psicrométrico se desprende que el confort higrotérmico se alcanza —sin mediar estrategias de climatización— un 16.3% de las horas estudiadas, mientras que en el restante 83.7% es imprescindible la implementación de estrategias

pasivas o activas.

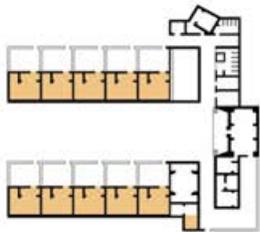
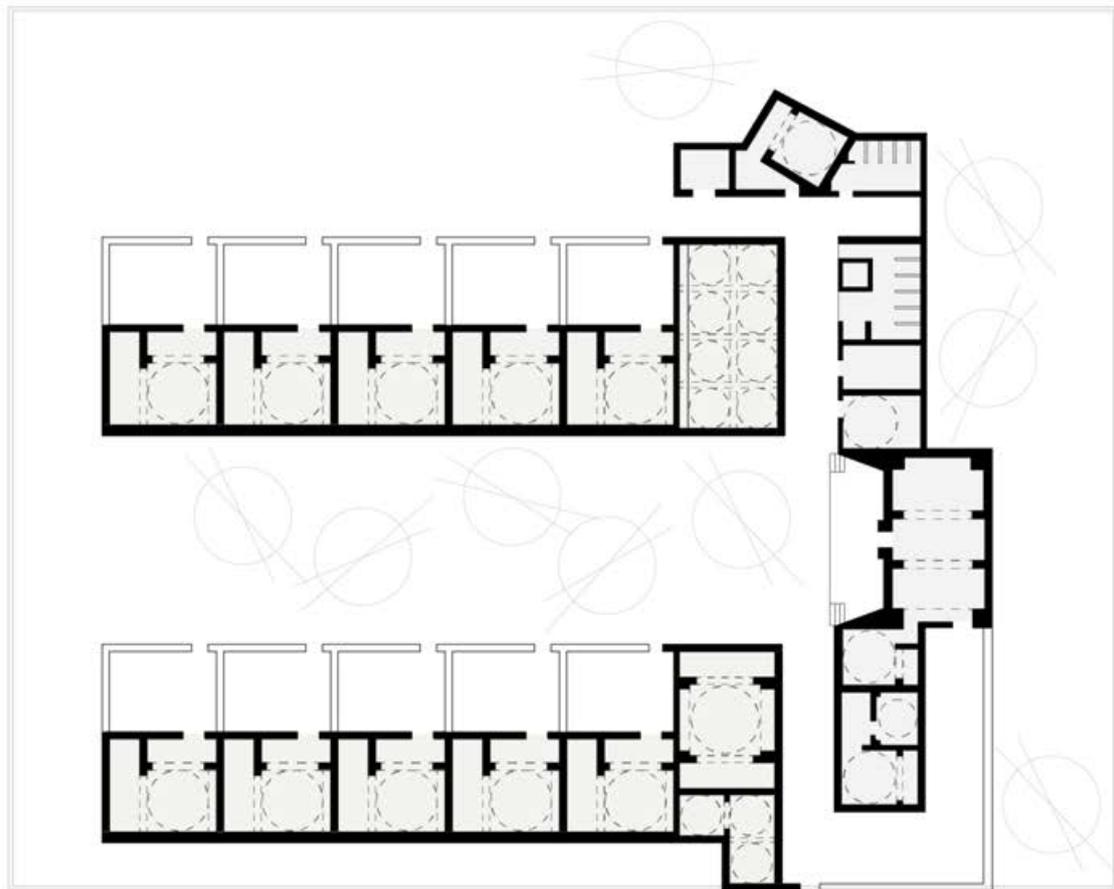
Se recomiendan las siguientes estrategias para poder generar más tiempo de confort:

- Sombrear las ventanas y aberturas
- Tener masa térmica + ventilación nocturna.
- Aprovechar ganancias internas en algunas situaciones.

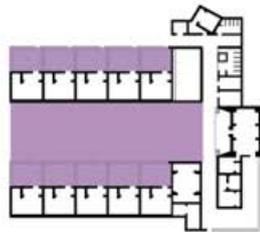
FIGURA 09. Diagrama Psicrométrico. Adaptado de Climate Consultant (n.d.). Psychrometric Chart [Gráfico].

ESCUELA EN FARES

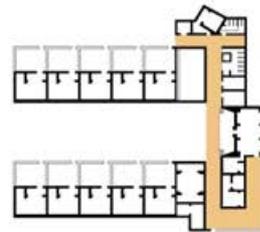
FORMA E IMPLANTACIÓN



AULAS



PATIOS



CIRCULACIONES



SERVICIOS

FIGURA 10. Planta del conjunto. Elaboración propia adaptada de James Steele (1989), Hassan Fathy [Gráfico].



La escuela se implanta al borde de localidad de Fares, enclavada en la zona fértil próxima al río Nilo.

Se organiza en forma de "U" en torno a un patio central, con ambos brazos constituidos por las aulas mientras que el ala conectora posee oficinas, biblioteca, salón de actos y una mezquita. Mientras que los locales del ala conectora dan al este y al oeste, las aulas se desarrollan en dos tiras enfrentadas (Steele, 1989: 17-18), igualmente orientadas, con las aberturas

principales hacia el sur, por lo que las del norte miran al patio y las del sur al exterior.

Se accede a cada aula de manera independiente y directamente desde el espacio exterior. Cada aula se compone de tres sectores: el espacio principal de planta cuadrada y con una cúpula como cubierta, un espacio anexo con techo abovedado en la parte posterior, y un sector lineal en el lateral de acceso.

FIGURA 11. Proyección axonométrica del conjunto. Elaboración propia adaptada de Bertini (2021). Learning, building, imagining. The schools of Hassan Fathy. Recuperado de: <https://www.famagazine.it/index.php/famagazine/article/view/737/1855>

ESCUELA EN FARES

ENVOLVENTE Y DISPOSITIVOS

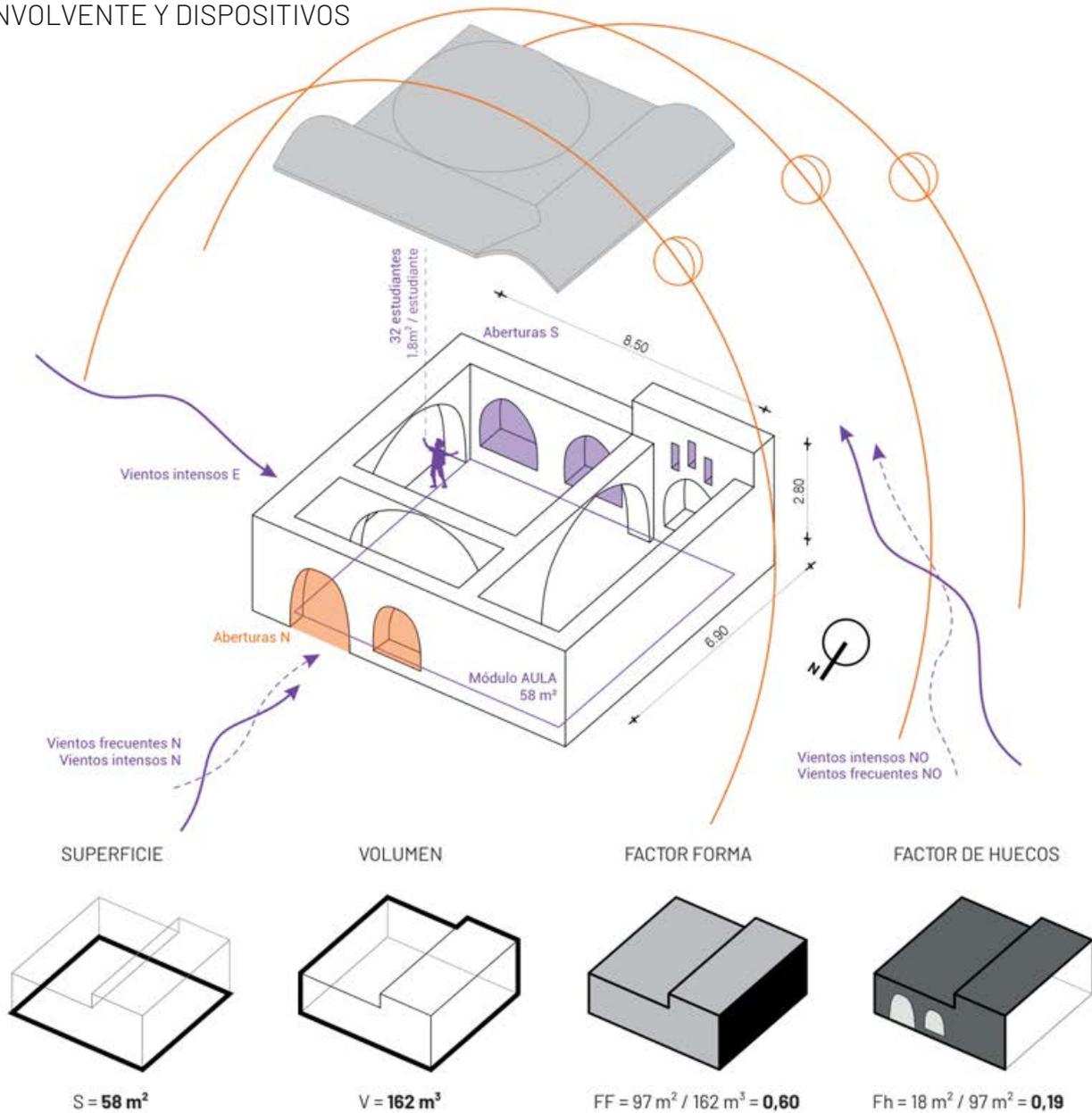
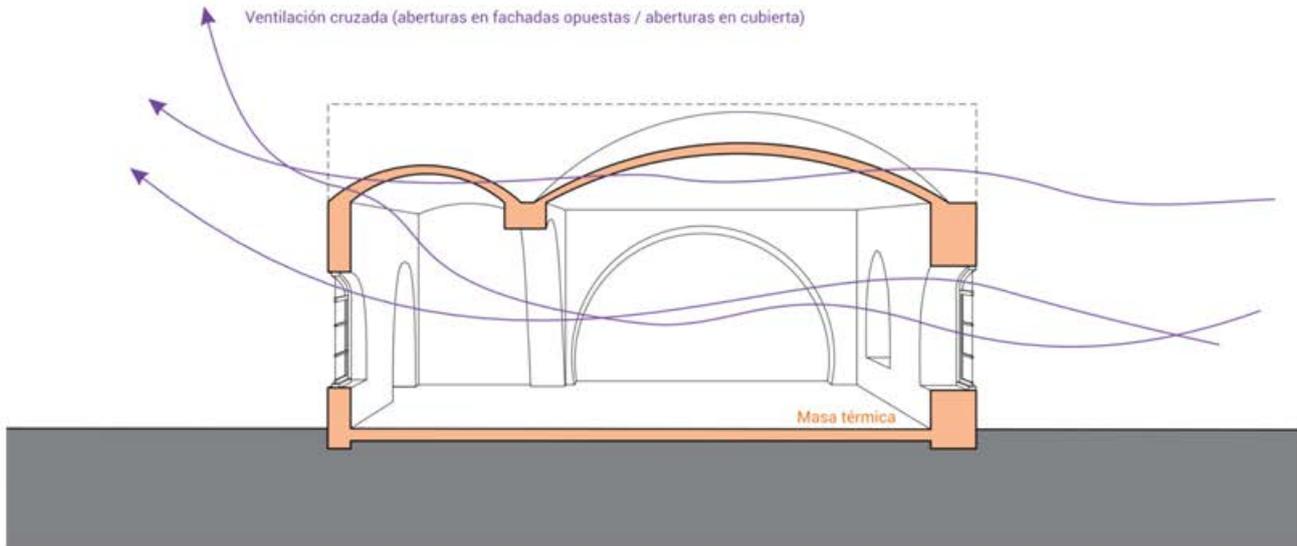


FIGURA 12. Proyección axonométrica del aula y esquemas. Elaboración propia.



- La envolvente se constituye mediante muros gruesos de ladrillo de barro revocados, permitiendo aislar la temperatura interior de confort ante las temperaturas elevadas exteriores, con el efecto agregado de la inercia térmica para equilibrar las temperaturas nocturnas con las diurnas. A su vez el escaso factor de huecos contribuye a mantener las condiciones interiores de confort higrotérmico.
- Cada aula posee, además de la puerta de acceso, dos

ventanas de forma de arco apuntado, de tipo batientes, y una ventana con vidrio fijo de forma circular. No poseen dispositivos de protección o sombreadamiento.

- En materia de confort acústico, la decisión de utilizar el sistema de cubierta de cúpula – validado por la tradición constructiva egipcia–, puede tener efectos negativos en el confort acústico del aula, por lo que se advierte como una posible desventaja del planteo.

FIGURA 13. Corte perspectivo del aula. Elaboración propia.

ESCUELA EN FARES

ESTRATEGIAS DE DISEÑO

(1) Estrategias pertinentes implementadas

Alta masa térmica con ventilación nocturna (1033hs)

Esta estrategia consiste en que se logre refrescar el interior mediante ventilación nocturna, manteniéndose durante el día, cerrando el local y conservando la temperatura mediante los efectos de retardo y amortiguación de la masa. En este caso puede observarse, aunque sea en su idea original, ejecuciones constructivas tendientes a lograrlo: grandes muros de ladrillo de barro proporcionan la inercia térmica, mientras que los dispositivos superiores permitirían la ventilación. Las ventanas batientes podrían aportar a la ventilación (Steele, 1989: 17-18), aunque de abrirse en horas del día pueden comprometer la baja temperatura alcanzada durante la noche.

Humidificación (68hs)

Originalmente se concibió un sistema de ventilación

natural para las aulas, debido al alto costo de la ventilación mecánica. Esto explica que el aula posea un área cuadrada con cúpula y un espacio lineal abovedado, debiendo tener este último un salsabil o fuente de agua, que enfriara el aire incidente por las ranuras de la bóveda superior. Sin embargo los salsabiles nunca se ejecutaron (Steele, 1989: 17-18). Si bien desde el punto de vista estricto, no fue puesta en práctica, a los efectos del análisis resulta pertinente mencionar la intención original de la incorporación del salsabil, que aportaría un refrescamiento evaporativo adicional.

(2) Estrategias pertinentes no implementadas

Sombreamiento de aberturas (2951hs)

No existen elementos para determinar que existiera alguna vez —tanto en el proyecto original como en usos posteriores— dispositivos de sombreado de aberturas. En los registros fotográficos se observan

las aberturas a las cuales les llega la radiación solar directa. En cambio, en imágenes satelitales, la situación existente posee abundante vegetación en torno a las aulas, por lo que se entiende puedan evitar al menos parcialmente el ingreso de la radiación solar.

(3) Otras estrategias implementadas

Iluminación interior

En los registros fotográficos se observa que la iluminación pudo haberse visto comprometida por la decisión de tener poco factor de huecos en la envolvente, aunque resulta justificado en un clima de altas temperaturas. Asimismo se entiende que la implementación de dispositivos de sombreado hubiera comprometido aún más la iluminación interior, por lo que resulta pertinente preguntarse qué operaciones deben realizarse para permitir una buena iluminación en situaciones en que el bajo factor de huecos es imprescindible para el confort higrotérmico.



IMAGEN 14. Interior del aula. Archnet (n.d.). Fares School [Fotografía].
Recuperado de: <https://www.archnet.org/sites/2608>

OBRA
UBICACIÓN
FECHA
AUTOR
CÓDIGO

Munkegaardsskolen
Copenhage, Dinamarca
1957
Arne Jacobsen
I-03-Cfb



IMAGEN 01. Interior del aula. Arne Jacobsen (s.f.). Munkegaard School [Fotografía].
Recuperado de: <https://arnejacobsen.com/works/munkegaard-school/>



IMAGEN 02. Vista aérea de conjunto. Arne Jacobsen (s.f). Munkegaard School [Fotografía].
Recuperado de: <https://arnejacobsen.com/works/munkegaard-school/>

MUNKEGAARDSSKOLEN

ARNE JACOBSEN

El enfoque de diseño integral de la escuela Munkegaard representa el establecimiento de nuevos estándares para la arquitectura escolar danesa, abarcando tanto los espacios arquitectónicos — interiores y exteriores— como el mobiliario, orientados al bienestar físico y al aprendizaje (Arne Jacobsen, s.f.).

Ante la convocatoria de un concurso para diseñar la escuela, Arne Jacobsen propone un tipo arquitectónico caracterizado por su isotropía, horizontalidad formal, diálogo con el terreno, en contacto con la naturaleza y correctamente orientado, especialmente adecuado para áreas urbanas de baja densidad y para las primeras etapas de escolarización, tanto así que Jacobsen lo implementó en proyectos

posteriores como las escuelas Nyagger (1959-1965), Gentofte (1959) y Christianeum (1966) (Sanmartí, s.f.: 3-4).

En la medida en que las tendencias educativas de la época enfatizaban la necesidad de los niños de luz natural y actividad física, Jacobsen plantea las aulas como pabellones bajos, cada uno con su patio privado, potenciando la noción de calma e intimidad en un complejo diseñado para 850 alumnos (Arne Jacobsen, s.f.).

La escuela está compuesta por cuatro alas conectadas por pasillos, formando una estructura en cuadrícula, conectando patios, aulas y las otras dependencias complementarias (Sanmartí, s.f.: 5). Tres de las alas son pabellones de una sola planta con

aulas para diferentes grupos de años. Cada pabellón tiene su propio atrio. La distribución abierta y los tejados inclinados permiten la entrada de luz natural a las aulas (Arne Jacobsen, s.f.).

El módulo de dos aulas y un patio se constituye como elemento generador del proyecto, mediante su repetición hasta colonizar toda la superficie del predio (Sanmartí, s.f.: 5).

El conjunto de la escuela está abierto por sus extremos y limitado en los laterales por un sector de aulas especiales y el gimnasio con sus servicios utilizables desde el patio, que se utiliza como campo de juegos y lugar de reunión y como hall exterior dado que conecta con los pasillos que abastecen a las aulas y la sala polivalente (Sanmartí, s.f.: 5-6).

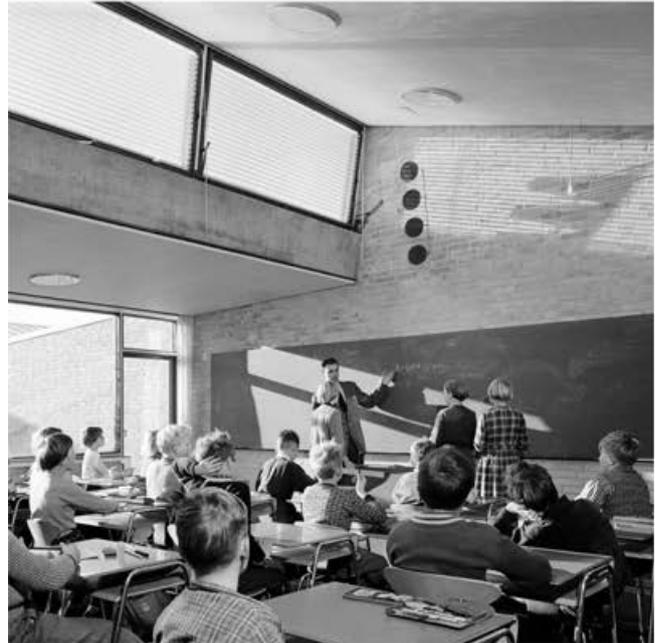


IMAGEN 03. Interior del aula. Arne Jacobsen (s.f.). Munkegaard School [Fotografía]. Recuperado de: <https://arnejacobsen.com/works/munkegaard-school/>

MUNKEGAARDSSKOLEN

UBICACIÓN Y CLIMA

Cfb
Clasificación
Köppen-Geiger

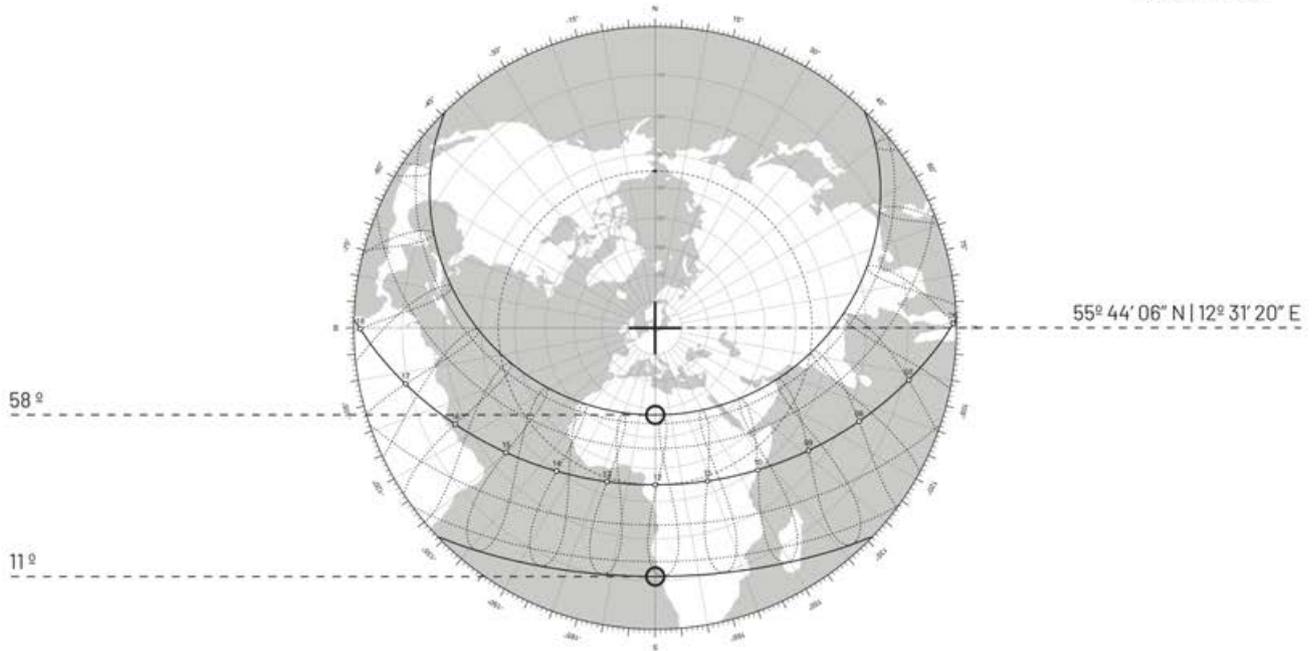
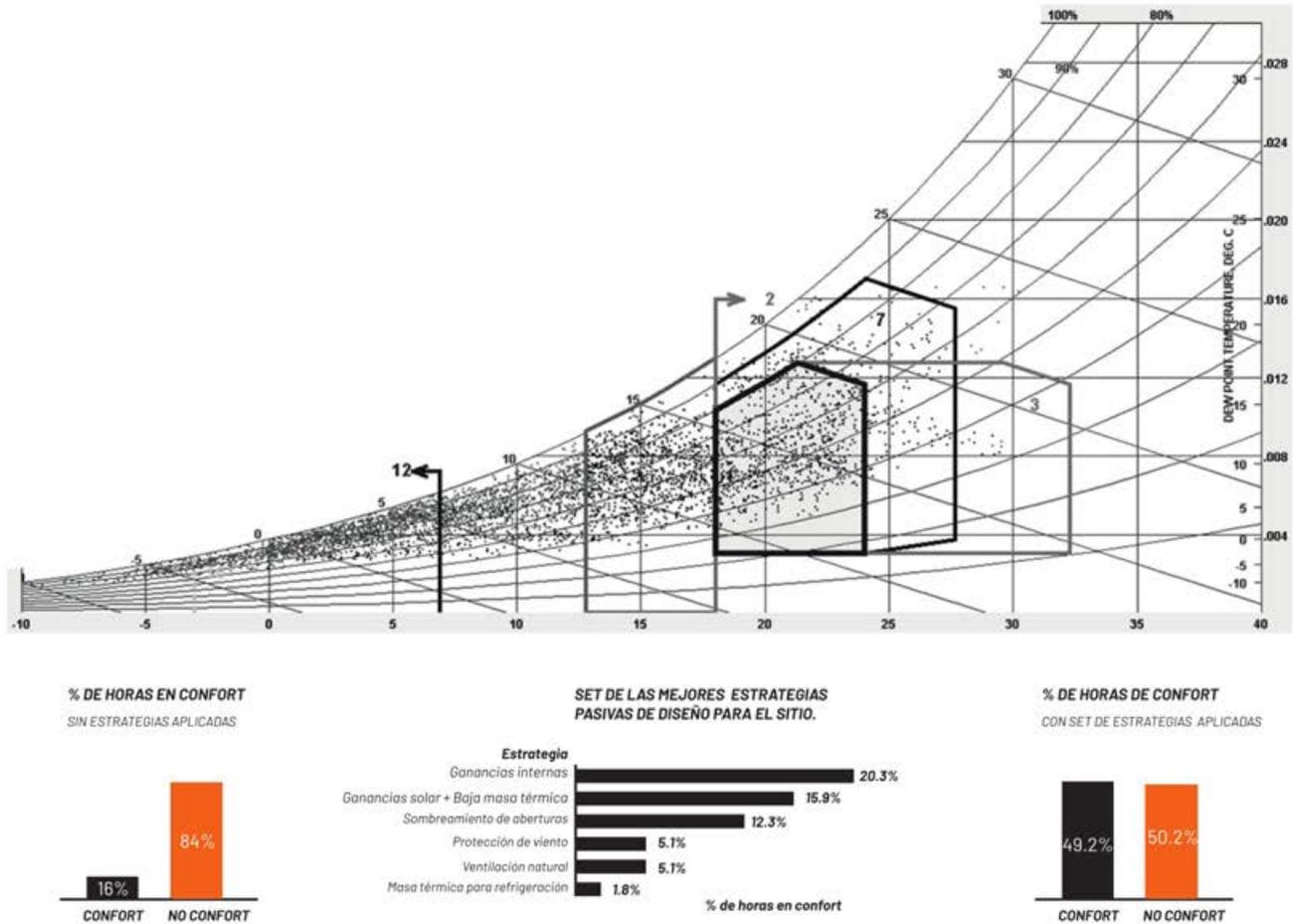


FIGURA 04 A 06. Proyección estereográfica y mapa. Adaptados de Andrew Marsh (n.d.). Sun Path on Map [Gráfico]. Recuperado de: <https://drajmarsh.bitbucket.io/sunpath-on-map.html>
IMAGEN 07 A 08. Imágenes aéreas. Adaptadas de Google Earth Pro 7.3.6.9796 (2024).



La ciudad de Copenhague posee un clima templado de categoría Cfb según la clasificación Köppen-Geiger, con temperaturas que oscilan entre -1° y 22° (mínima de invierno y máxima de verano respectivamente).

Los resultados del diagrama psicrométrico de la ciudad (realizado para su correspondiente calendario lectivo y en horarios de dictado de clase) permiten observar que las estrategias energéticas pasivas sólo nos permitirían lograr un confort interno en el 49.2 %

de los días del año, con los restantes para acondicionar mediante estrategias activas.

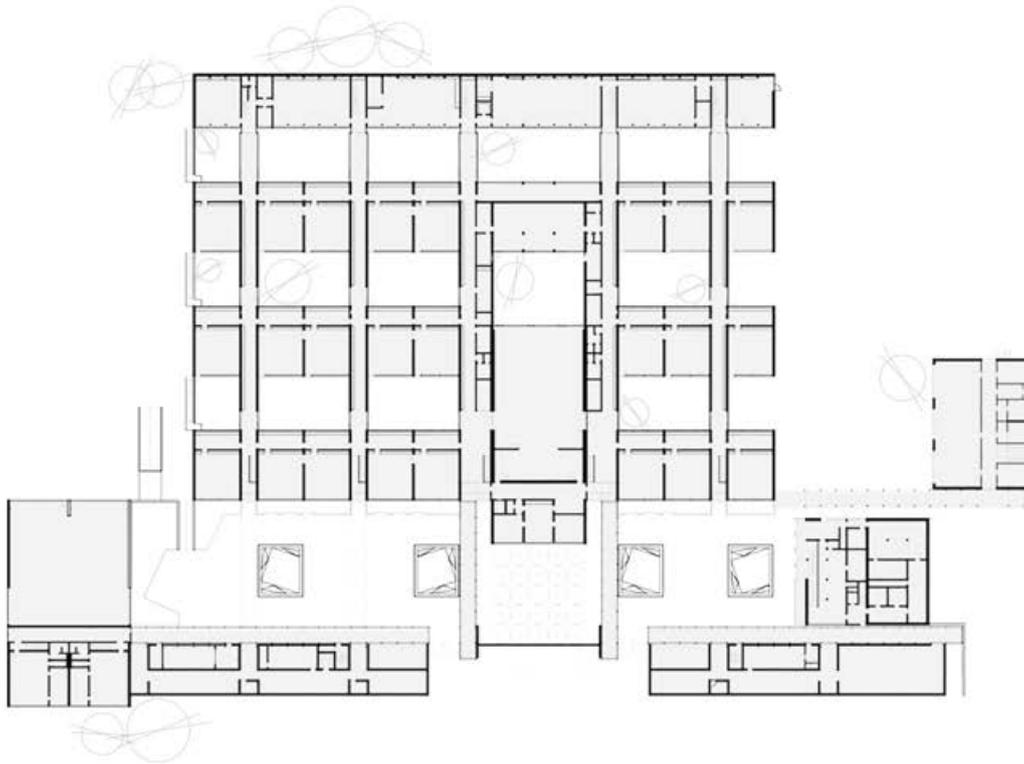
Para llegar al máximo de confort pasivo es necesario aplicar principalmente cuatro estrategias:

- Ganancias internas
- Ganancias solares / baja masa térmica
- Sombreamiento de aberturas
- Protecciones de los exteriores ante el viento.

FIGURA 09. Diagrama Psicrométrico. Adaptado de Climate Consultant (n.d.). Psicrometric Chart [Gráfico].

MUNKEGAARDSSKOLEN

FORMA E IMPLANTACIÓN



AULAS



PATIOS

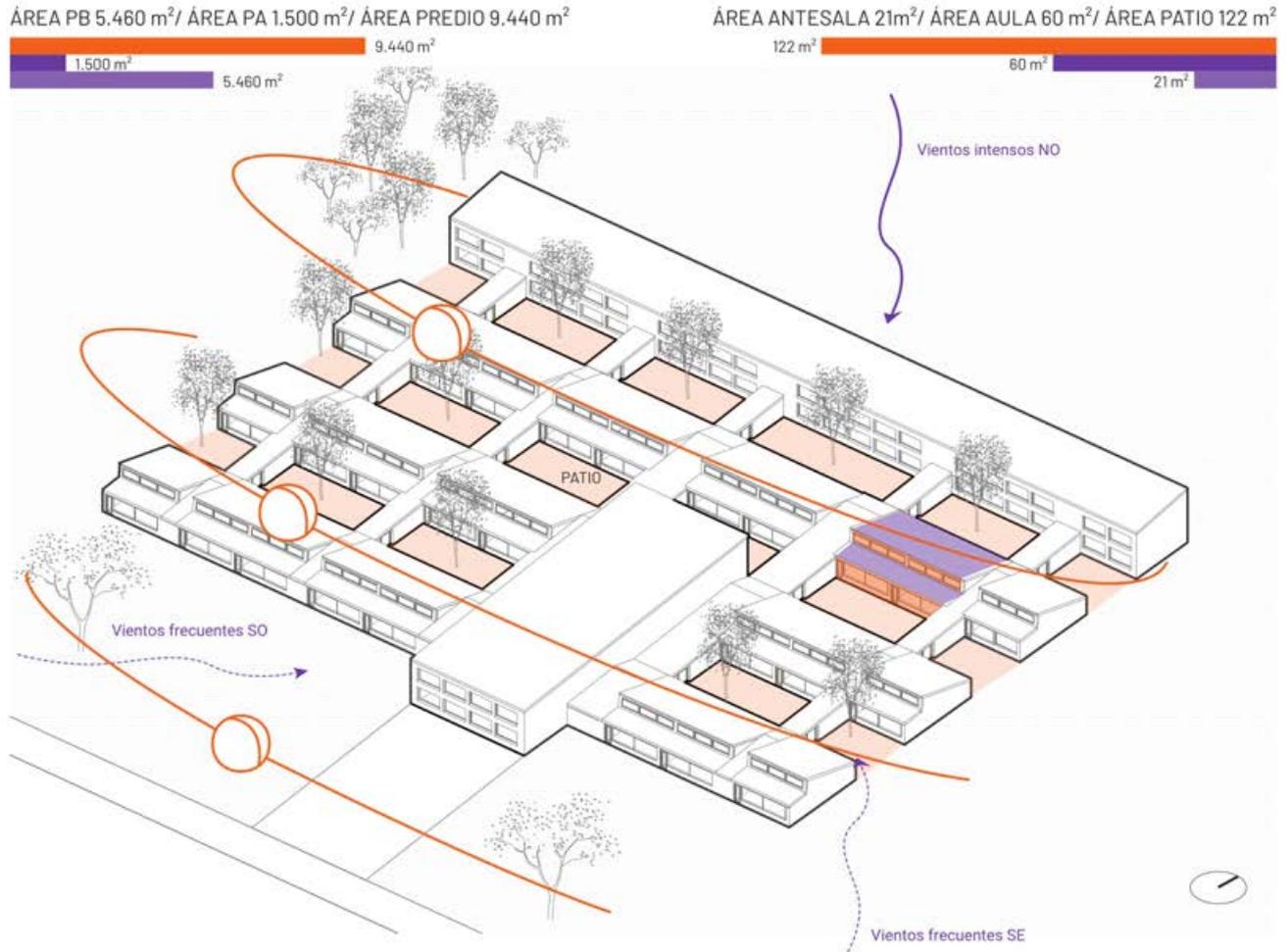


CIRCULACIONES



SERVICIOS

FIGURA 10. Planta del conjunto. Circaq (2015). Munkegård School, «la escuela de Jacobsen» 1951-1958 [Gráfico].
Recuperado de: <https://circaq.wordpress.com/2015/02/09/munkegard-school-la-escuela-de-jacobsen-1951-1958/>



Al momento de su construcción el tejido residencial del entorno no era tan consolidado como en la actualidad, por lo que la escuela podía entenderse como un sitio de referencia urbana (Sanmartí, s.f.: 6).

El módulo base del proyecto está compuesto por dos aulas (cada una de ellas con una antesala) y un patio compartido. Las aulas se orientan al SUR para obtener la mayor ganancia solar posible y se acceden a través

de circulaciones NORTE-SUR.

El aula posee dos zonas definidas por alturas distintas de cubierta, y en espacio previo de conexión con los pasillos que puede tener un uso docente complementario. Por su parte el patio puede considerarse como espacio lúdico, y es compartido con el aula colindante (Sanmartí, s.f.: 5).

FIGURA 11. Proyección axonométrica del conjunto. Elaboración propia.

MUNKEGAARDSSKOLEN

ENVOLVENTE Y DISPOSITIVOS

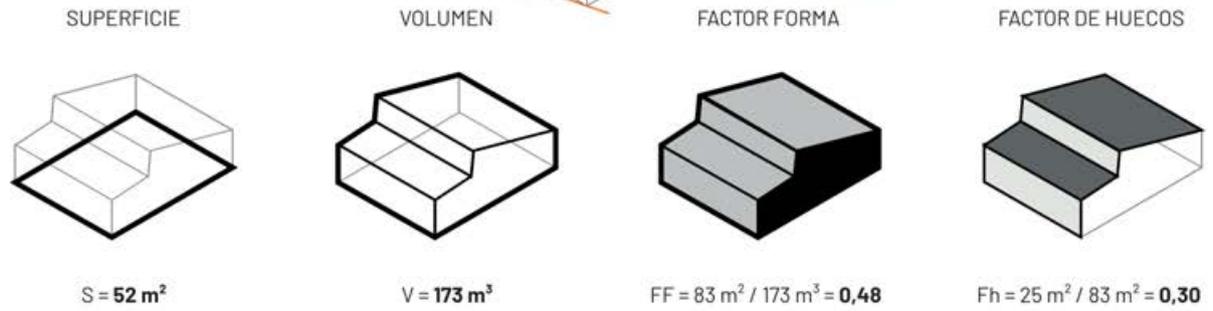
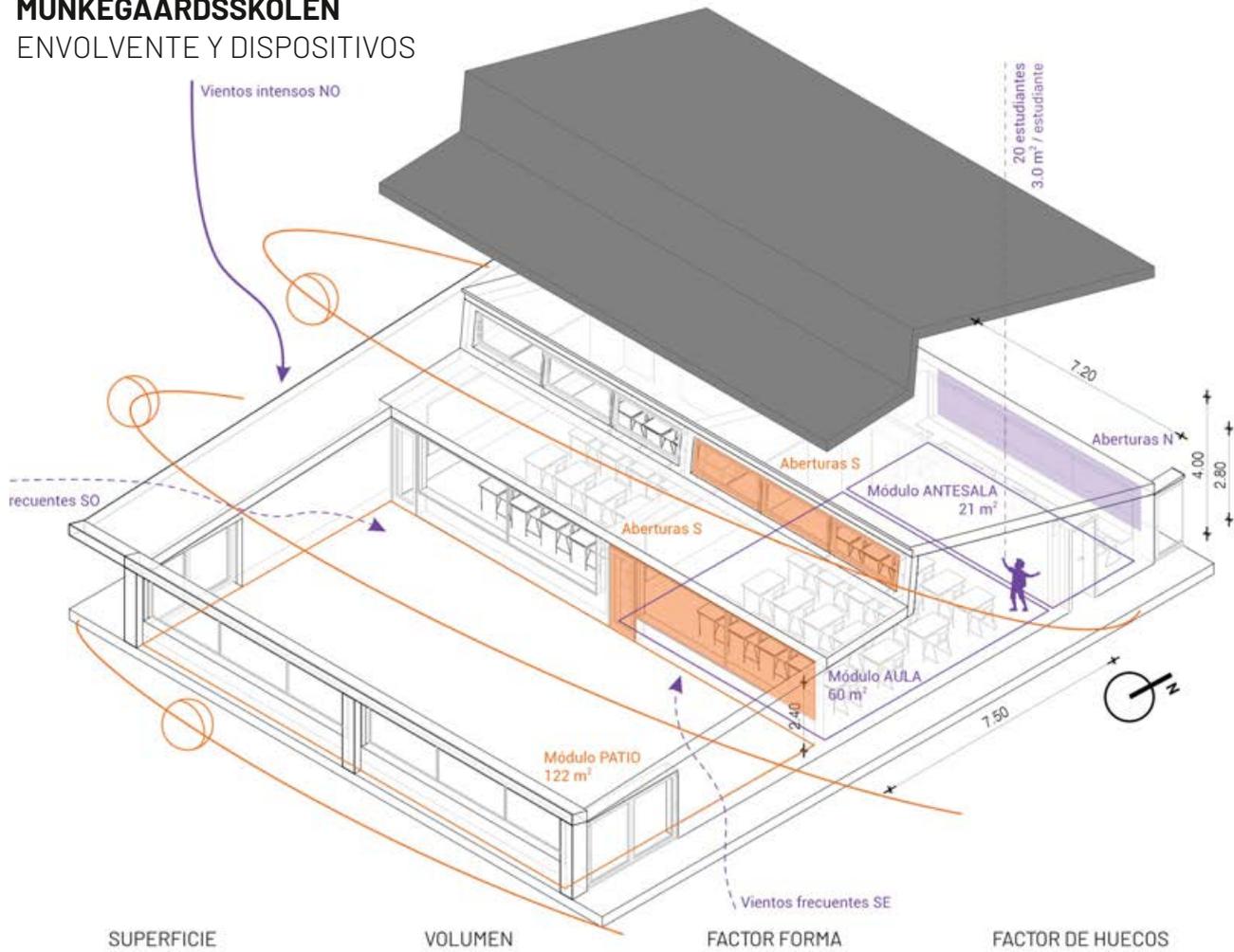
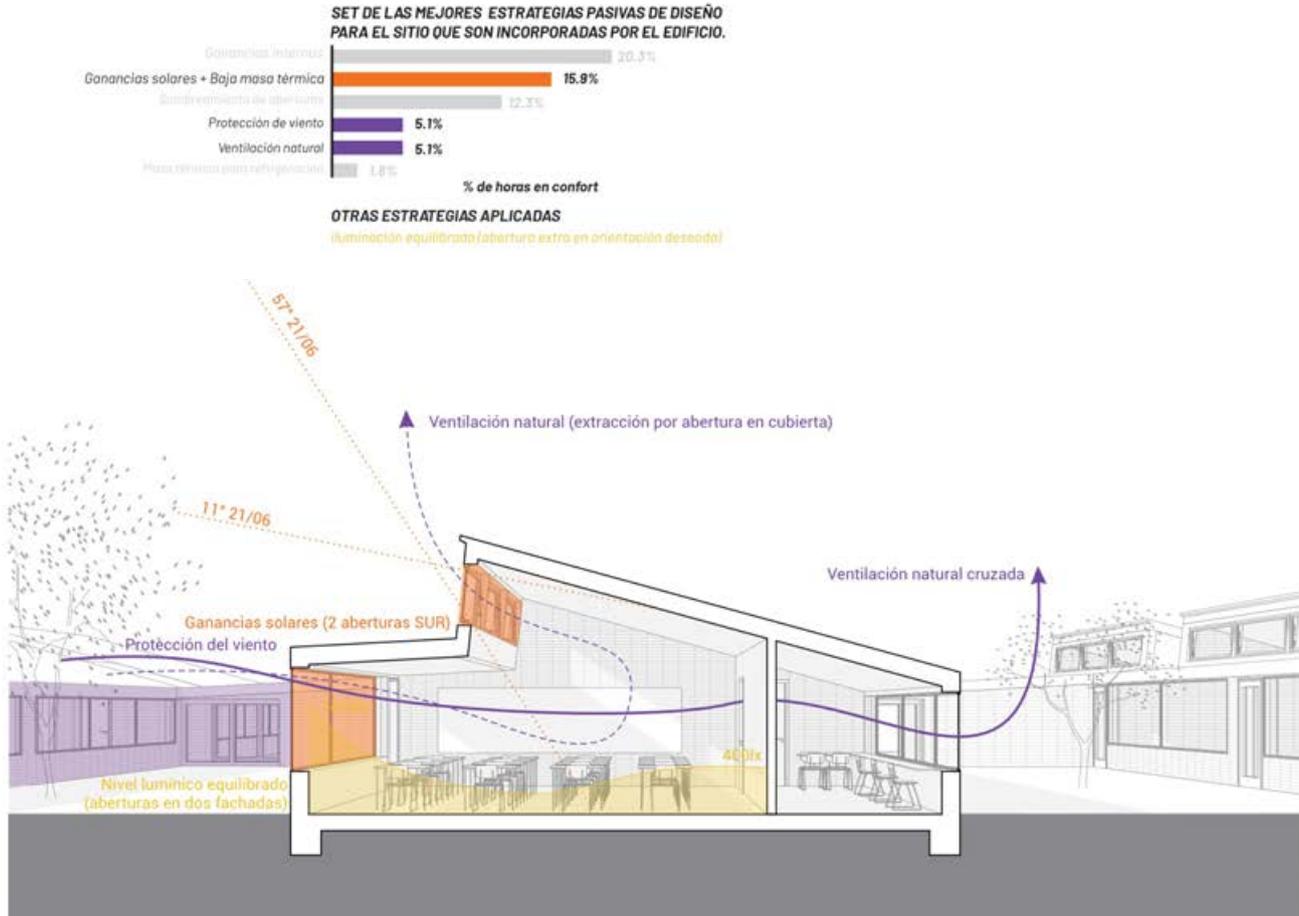


FIGURA 12. Proyección axonométrica del aula y esquemas. Elaboración propia.



Tal como indica Solaguren-Beascoa de Corral (1992) la configuración espacial del aula se explica analizando su corte: la alteración en la cubierta inclinada permite abrir una nueva ventana que le confiere mayor claridad al espacio de dos alturas.

Es una escuela construida con paredes de ladrillo y losas de hormigón inclinadas en las aulas, que contrastan con las cubiertas horizontales de los pasillos, de menor altura (Sanmartí, 2024: 6), mientras

que las paredes no portantes son de panelería metálica, y tanto los canalones como la cubierta del techo son de acero inoxidable, mientras que las ventanas y puertas son de madera y vidrio (Gentofte Kommune, 2013).

Como puede apreciarse en los registros fotográficos, existen cortinas venecianas que ofician de dispositivos de protección de las aberturas.

FIGURA 13. Corte perspectivo del aula. Elaboración propia.

MUNKEGAARDSSKOLEN

ESTRATEGIAS DE DISEÑO

(1) Estrategias pertinentes implementadas

Ganancias solares pasivas con baja masa térmica (754 hs)

Esta estrategia se ve implementada mediante la apertura de ventanas hacia la orientación sur. La implicancia de la baja masa —se asume que al menos la tabiquería interior es de panelería liviana, tal como se indica en (Gentofte Kommune, 2013)— es que ante una incidencia solar directa puede sobrecalentarse el espacio rápidamente. Sin embargo esto puede verse como una ventaja en tales latitudes.

Asimismo la configuración espacial extensiva del conjunto podría ser negativo en términos de contener la energía captada, al menos en comparación de tomas de partido más compactas.

Protección ante el viento de los espacios exteriores

(240hs)

La propia toma de partido arquitectónico, que estructura pequeños patios asociados a pares de aulas, contribuye a que el viento incida en menor magnitud que un esquema más compacto y por tanto expuesto al viento. En otras palabras, el aula próxima contribuye a controlar el viento en el patio de cada aula, permitiendo inclusive mejorar la percepción de confort al exterior de los patios.

(2) Estrategias pertinentes no implementadas

Ganancias internas (961 hs)

Se considera que el edificio tiene dos características que energéticamente producen resultados negativos. Por una lado, su importante área expuesta al exterior aumenta las pérdidas de calor y por otro, el plano vidriado norte es demasiado grande, generando pocas

ganancias y muchas pérdidas, por lo que, al menos en teoría, no puede asegurarse que las ganancias internas se aprovechen de la mejor manera posible, aunque mediante la mejora de la aislación de los planos vidriados, este efecto podría aumentarse.

Sombreamiento de aberturas (583hs)

Los dispositivos de sombreado permitirían evitar el ingreso excesivo de energía solar al interior de las aulas. En este caso, si bien sí se pueden observar cortinas venecianas en el ventanal superior y cortinas corredizas en los inferiores, en la medida en que se encuentran detrás del plano de vidrio —es decir, al interior del aula— no poseen esta función, y se limitan a controlar la iluminación incidente. En cualquier caso, y dado el importante ventaneo, en situaciones de exceso de calor, por ejemplo en el periodo caluroso, este efecto puede compensarse mediante la

ventilación del espacio interior.

(3) Otras estrategias implementadas

Iluminación interior

Se reconoce que los dos planos vidriados al SUR son un excelente recurso para lograr una iluminación natural homogénea del aula (observándose que es necesaria la presencia de cortinas interiores para generar una iluminación difusa).

Se encuentra perfectamente documentado (ver Circaq, 2015) que la homogeneidad en los niveles de iluminación fue un aspecto particularmente estudiado y el diseño del ventaneo y la cubierta responde a esa inquietud. Este efecto se ve potenciado también por el hecho de que las aberturas se expanden en todo el largo de la fachada, que dando hacia el sur, el sol incide directamente.

OBRA
UBICACIÓN
FECHA
AUTOR
CÓDIGO

Grupo Escolar de Vila Maria
São José dos Campos, Brasil
1961
Paulo Mendes da Rocha / João Eduardo de Gennaro
I-04-Cfa

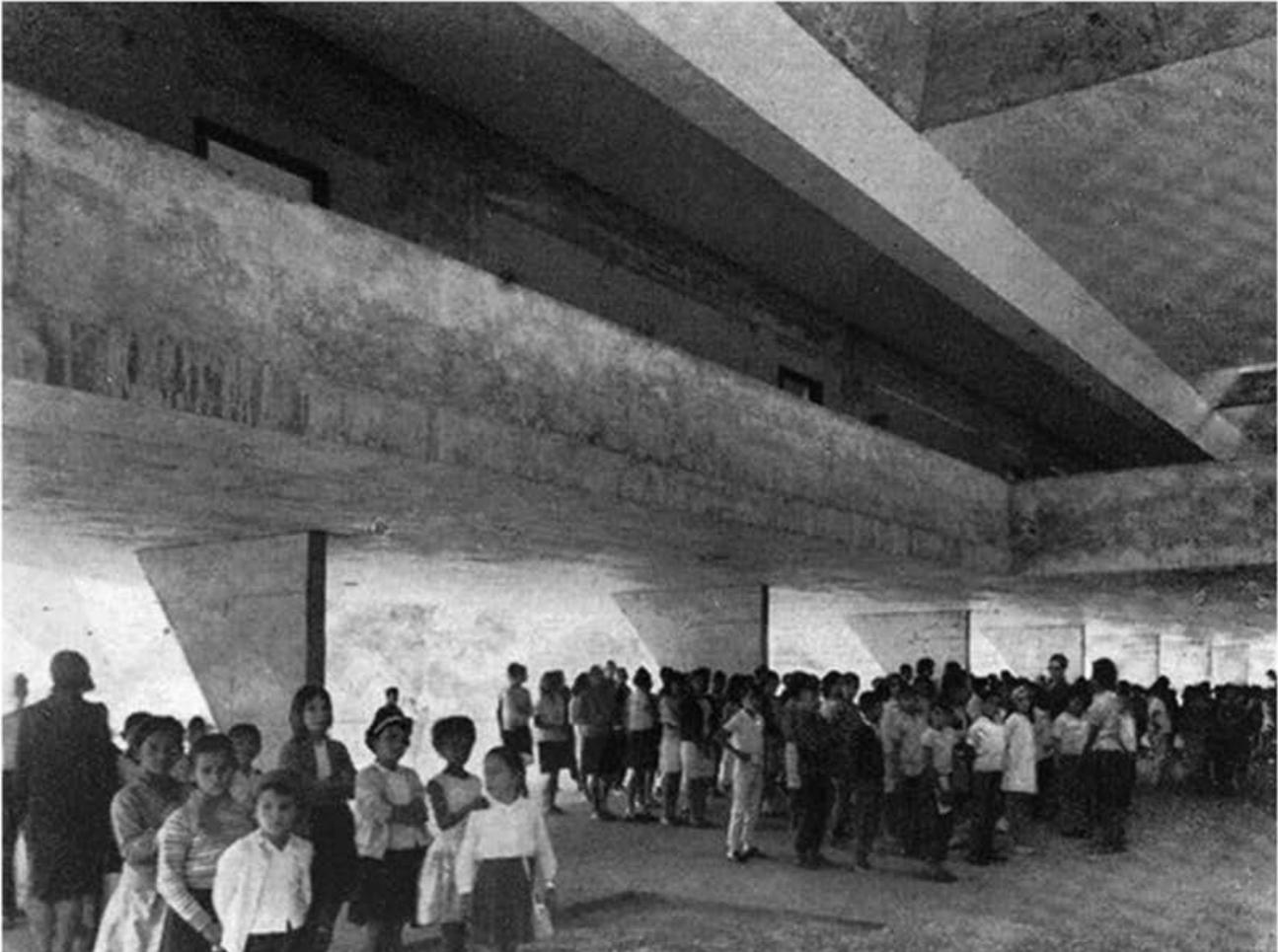


IMAGEN 01. Vista de sector bajo volumen. Archivo Arq (s.f.). Escola Estadual Profª Suely Antunes de Mello (Grupo Escolar Vila Maria)[Fotografia]. Recuperado de: <https://arquivo.arq.br/projetos/escola-estadual-prof-suely-antunes>



IMAGEN 02. Vista exterior de conjunto. Arquivo Arq (s.f.), Escola Estadual Profª Suely Antunes de Mello (Grupo Escolar Vila Maria)[Fotografia]. Recuperado de: <https://arquivo.arq.br/projetos/escola-estadual-prof-suely-antunes>

GRUPO ESCOLAR DE VILA MARÍA

PAULO MENDES DA ROCHA / JOÃO EDUARDO DE GENNARO

El Grupo Escolar de Vila Maria, fue diseñado por Paulo Mendes da Rocha y João Eduardo de Gennaro en 1961, y es hoy conocida como Escuela Estatal Profesora Suely Antunes de Mello. Está ubicada en el barrio del mismo nombre, cerca del centro de São José do Campos, se encuentra rodeado principalmente por edificios residenciales y comercios locales. El terreno está ubicado en un cruce de tres calles donde se encuentran las dos entradas a la escuela (Souza Silva, 2022: 145).

La disposición de la escuela aprovecha la pendiente del terreno desde el acceso por la calle Siqueira Campos, se ingresa al edificio al mismo nivel. Este piso a nivel de la calle se convierte en un nivel superior, lo que permite una vista del valle de la ciudad. La caja rectangular del edificio se encuentra suspendida sobre pilares triangulares dispuestos en una fila, liberando todo el nivel inferior (Souza Silva, 2022: 145).

La escuela está implantada de manera longitudinal en el eje este-oeste y descentralizada en un terreno inclinado de grandes dimensiones, dejando una gran parte del lote libre (Souza Silva, 2022: 146).

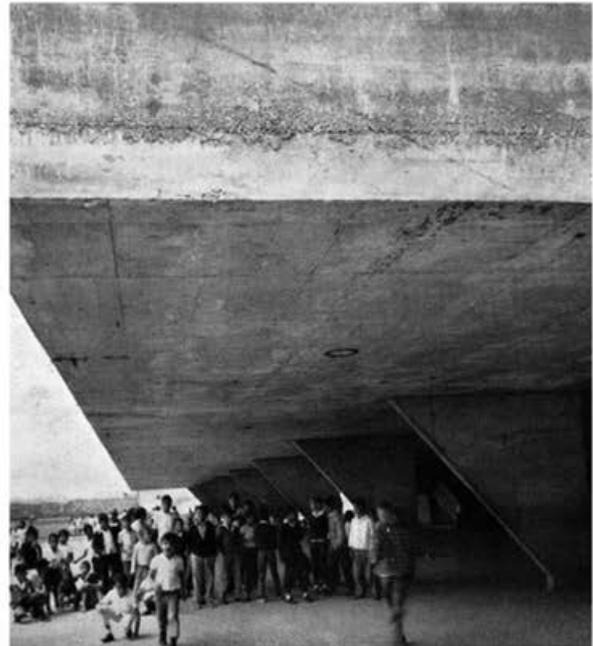
Todo el programa de necesidades se encuentra bajo una única cubierta y está organizado en dos plantas, priorizando las áreas comunes de la escuela. El piso inferior se destina casi exclusivamente a actividades colectivas. Un amplio patio se ilumina mediante aberturas cenitales. En el centro del patio, se encuentra un auditorio de planta cuadrada, y junto a este la cocina, el comedor y, en los extremos, baños y vestuarios (Souza Silva, 2022: 147).

Tanto el patio que se forma bajo la cubierta, sobre el nivel de Planta Baja, como la circulación e ingreso en el primer nivel, son abiertas, permitiendo la libre circulación del aire. El nivel uno se puede entender como formado por dos "alas" paralelas separadas por un espacio central de seis metros, formado por la

doble altura del piso inferior. Sobre el ala oeste se ubican las aulas destinadas a enseñanza primaria y áreas administrativas (secretaría, la biblioteca, la dirección, una sala auxiliar, la sala de profesores y una sala para atención médica y odontológica) y en esta aulas de enseñanza básica (Souza Silva, 2022: 147).

La distribución de las aulas sigue la modulación estructural cada 10 metros, donde los pilares en el piso inferior se convierten en paredes en el piso superior. En la pasarela que cruza el espacio central, se encuentra la escalera que conecta los dos pisos y los baños destinados a los estudiantes de primaria, un volumen circular (Souza Silva, 2022: 147).

Las aulas, de 48 m² cada una, se disponen en una planta cuadrada, abriéndose hacia el Este. A pesar de tener esta apertura completamente vidriada, se coloca un macizo de hormigón de dos metros de ancho en la parte superior, atendiendo a la necesidad de sombreadamiento necesario para el clima de esta localidad.



GRUPO ESCOLAR DE VILA MARÍA

UBICACIÓN Y CLIMA

Cfa
Clasificación
Köppen-Geiger

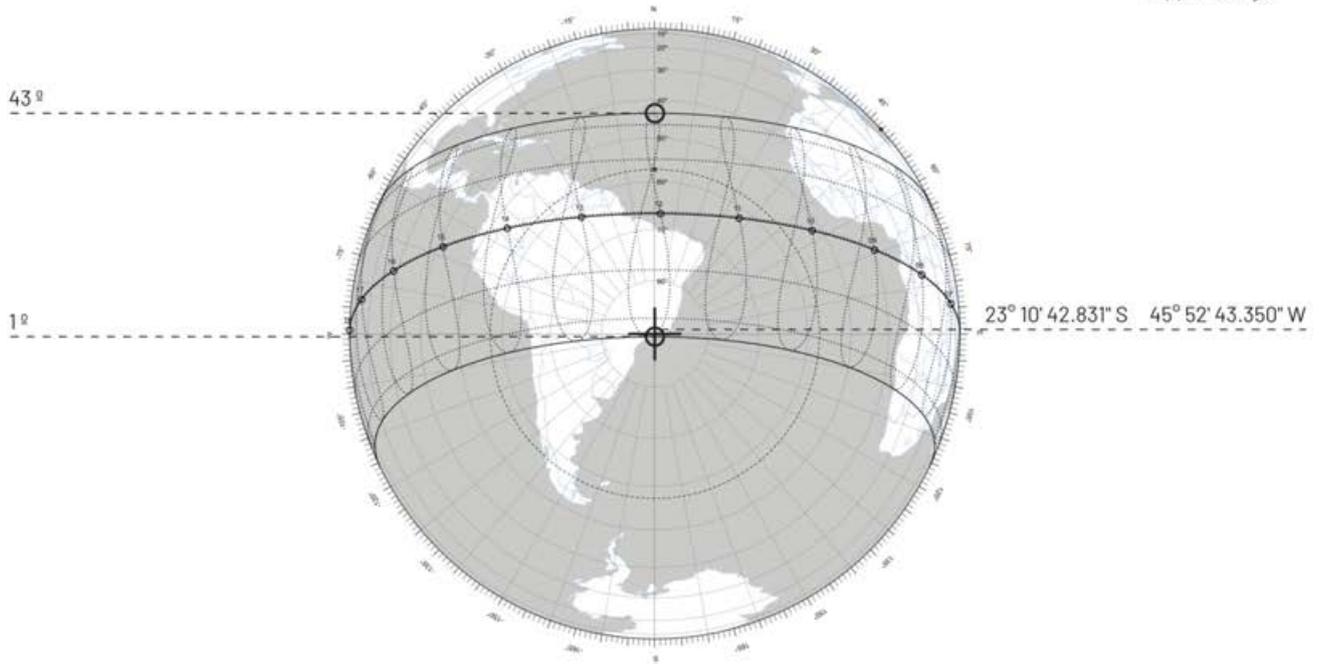
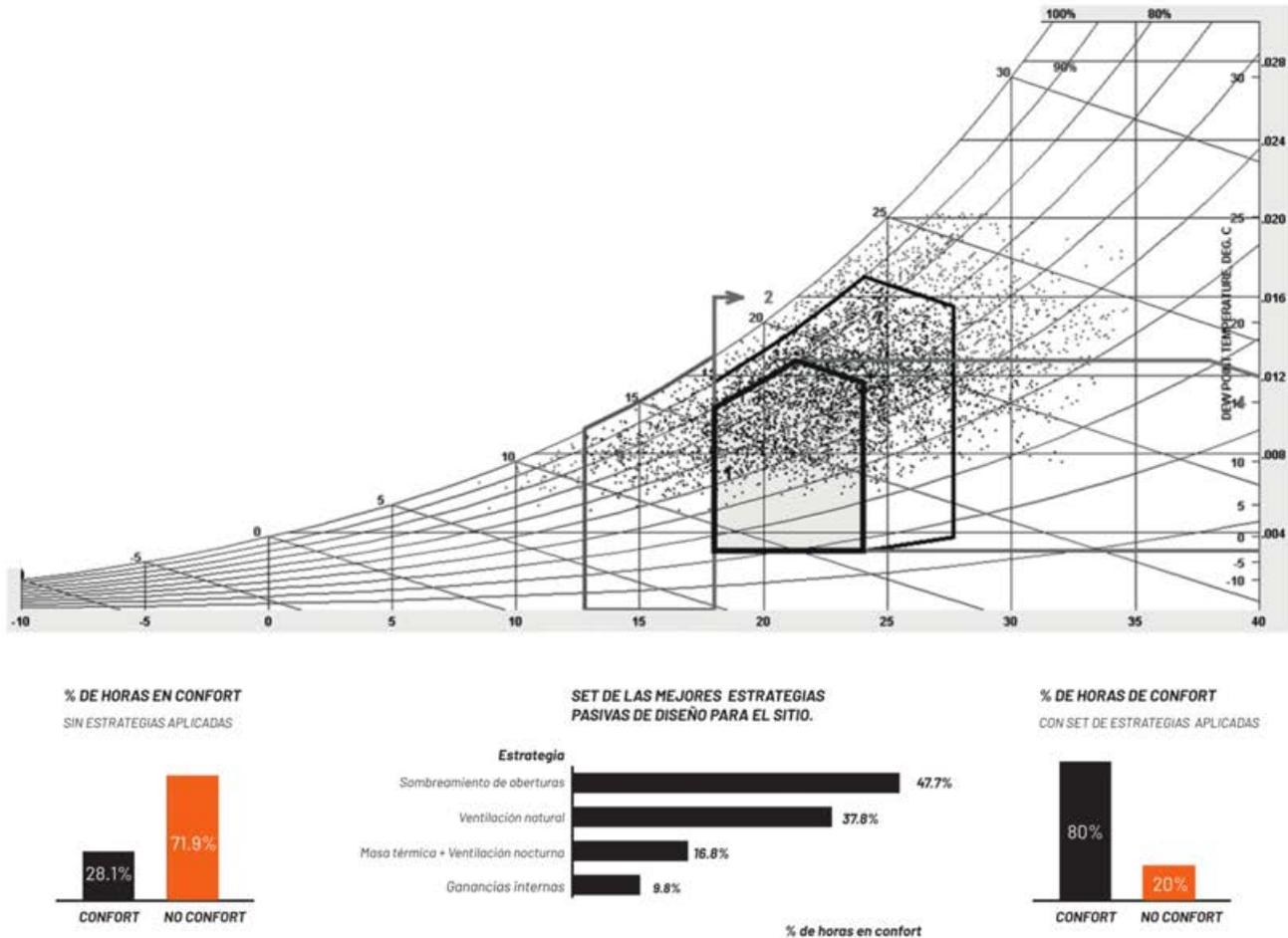


FIGURA 04 A 06. Proyección estereográfica y mapa. Adaptados de Andrew Marsh (n.d.). Sun Path on Map [Gráfico]. Recuperado de: <https://drajmarsh.bitbucket.io/sunpath-on-map.html>
IMAGEN 07 A 08. Imágenes aéreas. Adaptadas de Google Earth Pro 7.3.6.9796 (2024).



En la ciudad de São José dos Campos, São Paulo, Brasil, se da un clima templado, con temperaturas que oscilan entre 10°C en los meses más fríos y 34°C en los meses más cálidos. Este clima se adscribe a la clasificación Cfa según el sistema Köppen-Geiger.

El verano, que va de diciembre a marzo, es la temporada más cálida y húmeda, con lluvias frecuentes y temperaturas elevadas. El invierno, de junio a septiembre, es más seco y fresco, con noches

más frías.

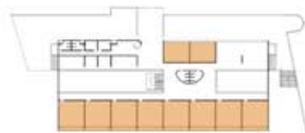
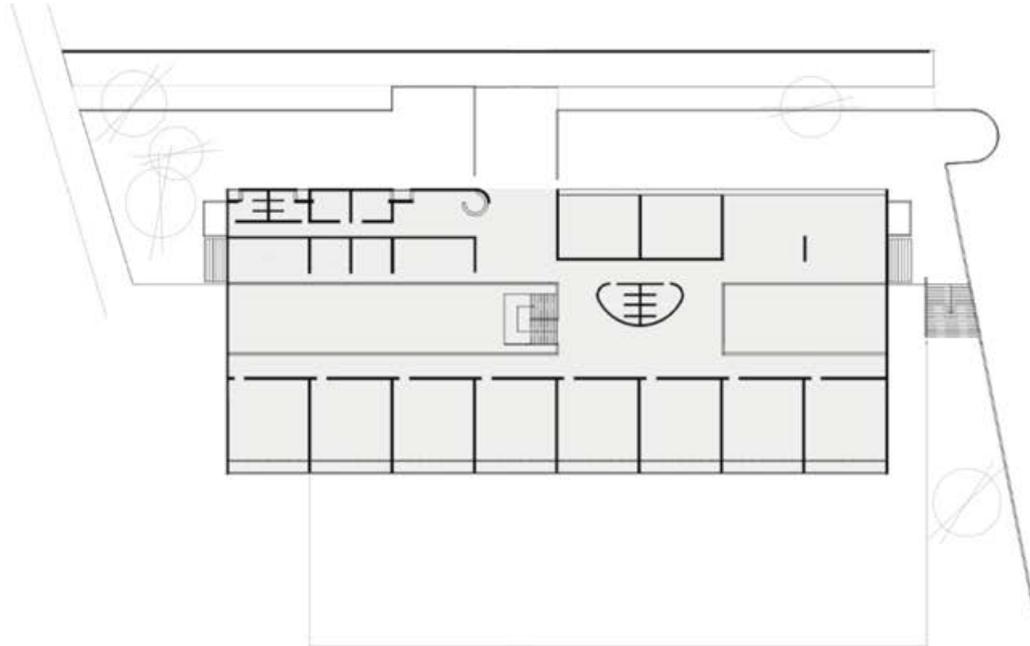
Al analizar el diagrama psicrométrico, se deduce que se logra un confort higrotérmico sin necesidad de estrategias de climatización en un 28.1% de las horas consideradas, mientras que el 71.9% restante requiere la aplicación de estrategias pasivas o activas.

Por ser un clima mayoritariamente cálido, las estrategias predominantes están orientadas a evitar ganancia de calor o generar pérdidas del mismo.

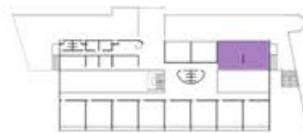
IMAGEN 09. Diagrama Psicrométrico. Adaptado de Climate Consultant (s.f.). Psychrometric Chart [Gráfico].

GRUPO ESCOLAR DE VILA MARÍA

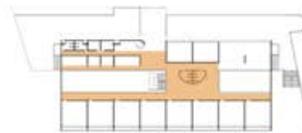
FORMA E IMPLANTACIÓN



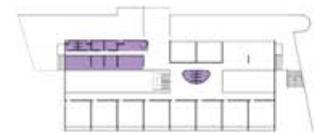
AULAS



PATIOS



CIRCULACIONES

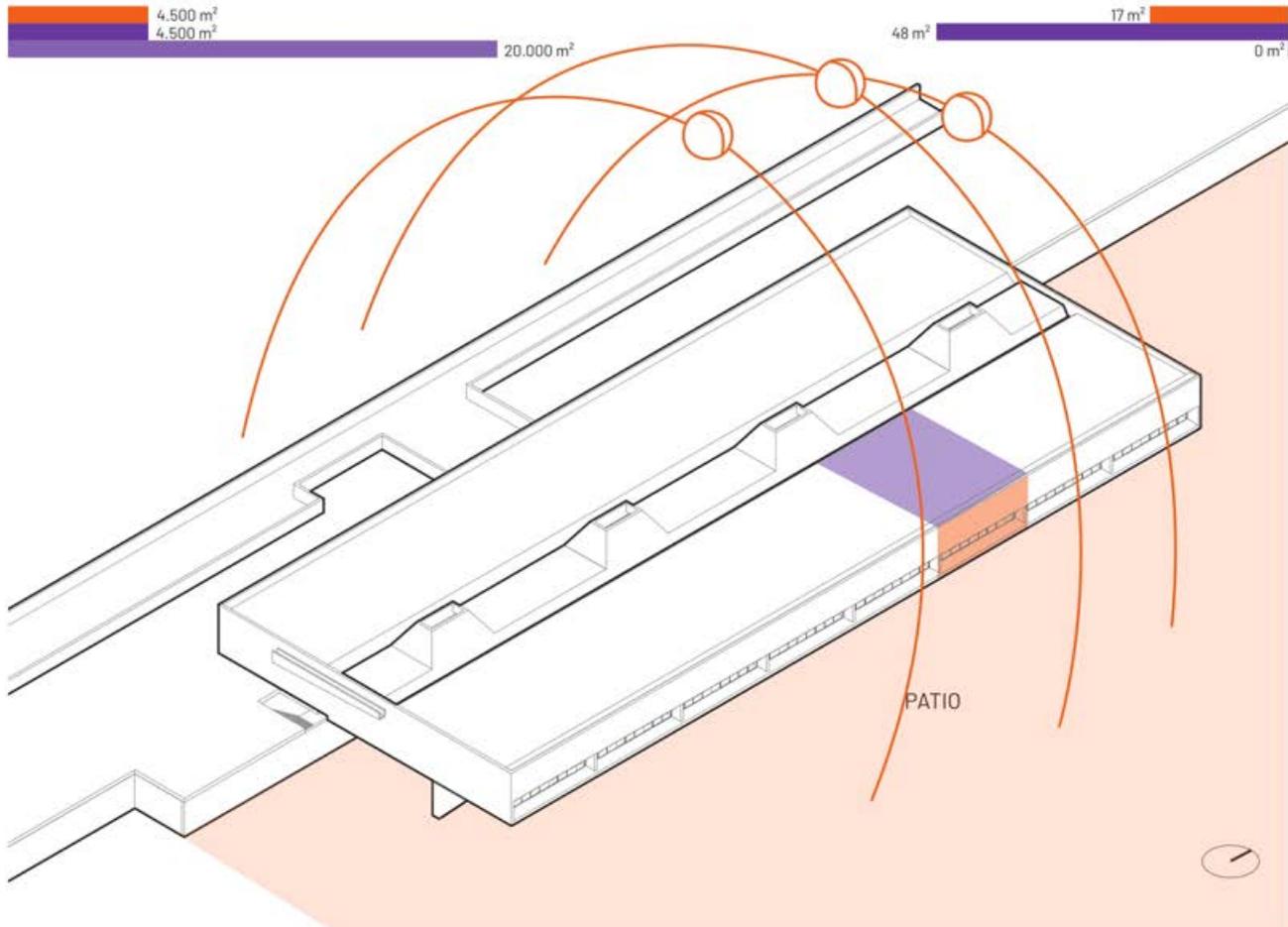


SERVICIOS

FIGURA 10. Planta del conjunto. Adaptada de Arquivo Arq (s.f.). Escola Estadual Profª Suely Antunes de Mello (Grupo Escolar Vila Maria)[Gráfico]. Recuperado de: <https://arquivo.arq.br/projetos/escola-estadual-prof-suely-antunes>

ÁREA PB 4.500 m²/ ÁREA PA 4.500 m²/ ÁREA PREDIO 20.000 m²

ÁREA ANTESALA 17m²/ ÁREA AULA 48 m²/ ÁREA PATIO 0 m²



El volumen se orienta con su fachada principal, donde se ubican las aulas, hacia el este. A partir de la elevación de este volumen, se genera un espacio sombreado en planta baja que sirve de patio exterior.

En la fachada este, las aberturas lineales de las aulas son ventanas de doble cristal, que van desde el suelo hasta el techo, con aberturas superiores y basculantes

a altura media.

El control de la radiación solar se realiza mediante un parasol vertical, un metro separado de la losa de techo, que evita que el sol de la mañana entre completamente en el espacio, mientras que una marquesina interna de hormigón refleja la luz solar de la tarde hacia el techo, permitiendo más iluminación.

FIGURA 11. Proyección axonométrica del conjunto. Elaboración propia.

GRUPO ESCOLAR DE VILA MARÍA

ENVOLVENTE Y DISPOSITIVOS

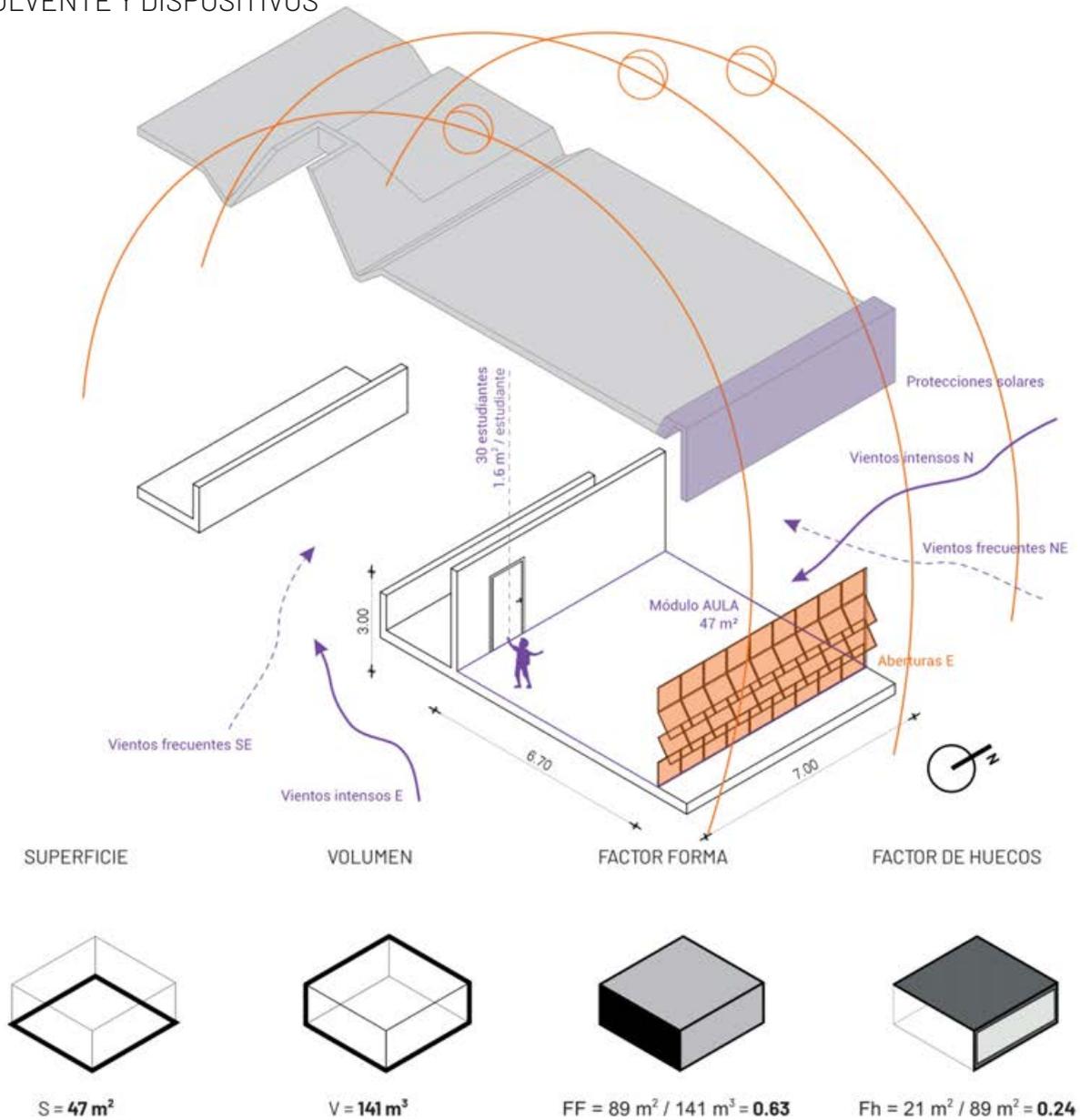
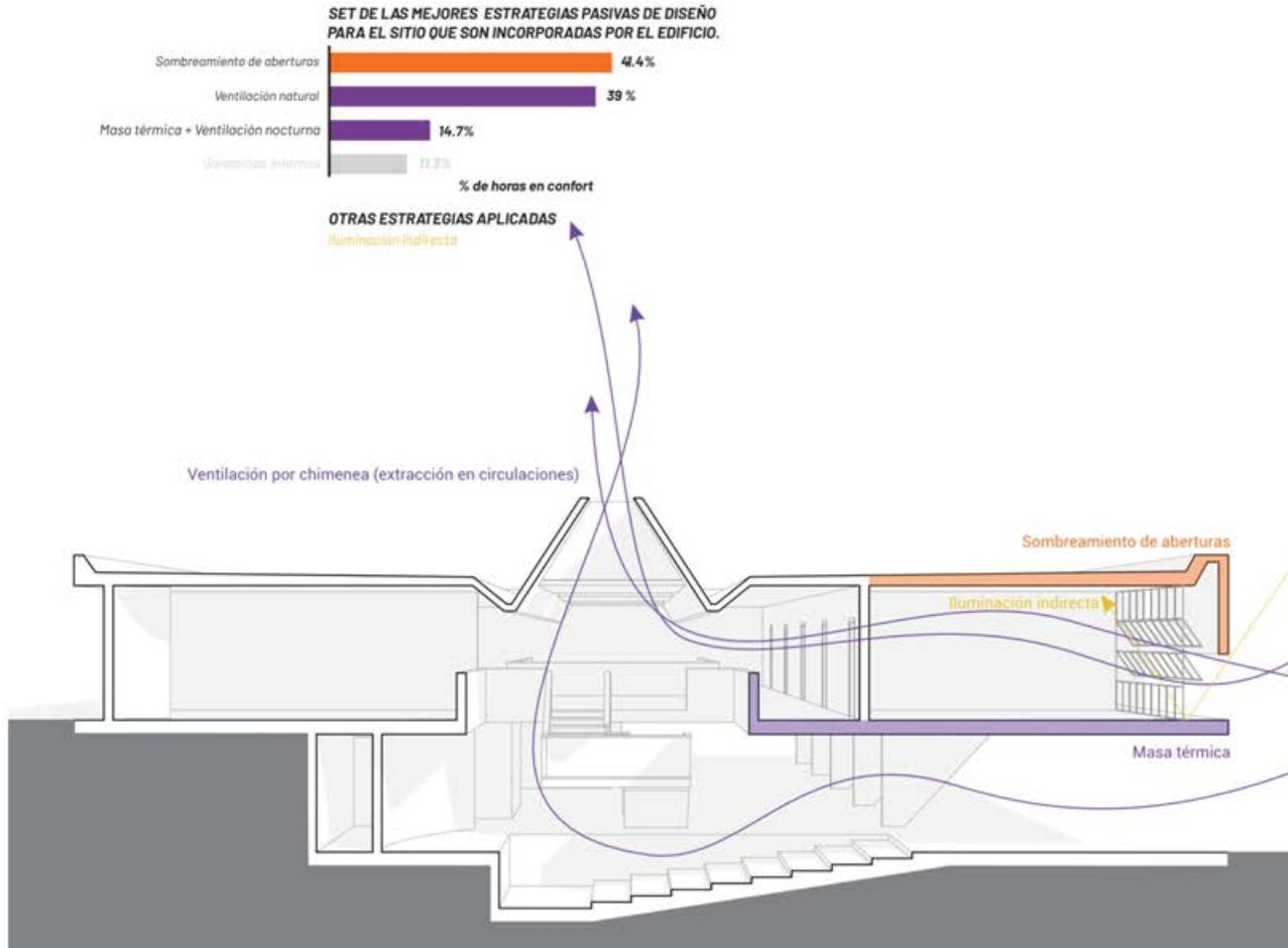


FIGURA 12. Proyección axonométrica del aula y esquemas. Elaboración propia.



El proyecto incorpora ciertas estrategias energéticas beneficiosas para el tipo de clima donde se encuentra: la generación de un espacio sombreado que permite actividades recreativas en el exterior, la protección de las aberturas a través de un parasol horizontal, la ventilación convectiva a partir de aberturas cenitales y la iluminación difusa a partir de la reflexión de la radiación en el plano inferior de las aulas.

Por otra parte, se cuestiona la materialidad aplicada en la envolvente. Tanto por el material elegido, como

por el espesor de la misma, se genera nula masa térmica, por ende poco retardo térmico, no siendo beneficiosos en épocas cuyas temperaturas son muy elevadas o muy bajas.

Del mismo modo, la relación entre sus caras expuestas y el volumen, al ser alta, si bien en el período caluroso genera el enfriamiento de las caras en sombra, puede resultar perjudicial en el período frío donde se generan más pérdidas.

FIGURA 13. Corte perspectivo del aula. Elaboración propia.

GRUPO ESCOLAR DE VILA MARÍA

ESTRATEGIAS DE DISEÑO

De acuerdo con el diagrama psicrométrico observado anteriormente, la implementación efectiva de las estrategias puede aumentar el porcentaje de horas de confort térmico del 20% al 80% del tiempo. Esto subraya la importancia de un diseño que mitigue las dificultades provocadas por el exceso de temperatura, mejorando significativamente el bienestar de los ocupantes.

(1) Estrategias pertinentes implementadas

Sombreamiento de aberturas (1964 hs)

Las aulas cuentan con ventanas lineales que se extienden desde el suelo hasta el techo, orientadas hacia la fachada este. Estas ventanas incluyen aberturas proyectantes a media altura y en la parte superior. Los grandes muros de hormigón que rodean las ventanas actúan como elementos de

sombreamiento, protegiendo el interior de la radiación solar directa. Aunque esto reduce la conexión visual con el exterior, es crucial para mantener temperaturas interiores confortables en un clima cálido. La extensión de la losa que funciona de piso hacia exterior de las aulas actúa como una marquesina de hormigón armado que refleja la luz solar de la tarde hacia el techo, proporcionando una iluminación difusa hacia el interior del aula.

Ventilación natural (1851 hs)

La circulación central del edificio facilita la ventilación cruzada dentro de las aulas. Las chimeneas ubicadas en esta circulación ayudan a la ventilación convectiva a través de aberturas cenitales, permitiendo que el aire caliente escape y promoviendo un enfriamiento natural. Aunque las puertas son las principales aberturas hacia la circulación central, la incorporación

de ventanas adicionales, especialmente altas, podría mejorar aún más el flujo de aire y la ventilación cruzada en los salones.

El diseño del espacio central con múltiples niveles y chimeneas ayuda a disipar las altas temperaturas y facilita la ventilación natural. La apertura en las cuatro orientaciones permite un flujo constante de entrada y salida de aire, evitando la acumulación de calor.

2) Estrategias pertinentes no implementadas

Ganancias internas (535 hs)

Para esta estrategia, aunque necesaria en menor medida, no parecen haberse tomado medidas específicas. Si bien es cierto que es posible que las características físicas del hormigón permitan cierta capacidad de retraso térmico, dada la cantidad de caras expuestas que posee el aula y el gran plano

vidriado, no puede asegurarse que resulte ejecutada satisfactoriamente.

Iluminación interior

Dado que el sombreado intenso reduce la entrada de luz natural, es probable que se requiera iluminación artificial adicional en las aulas para complementar la iluminación durante el día.

(3) Otras estrategias implementadas

La plaza en planta baja ofrece un gran espacio sombreado que puede usarse para diversas actividades, proporcionando alivio del sol directo y creando un ambiente exterior agradable. Se destaca la integración del desnivel natural del terreno para crear un volumen elevado con la plaza en la parte baja, maximizando así el uso del espacio y el confort exterior.

OBRA
UBICACIÓN
FECHA
AUTOR
CÓDIGO

Stewart Secondary School
Washington DC, Estados Unidos de América
2006
Kieran Timberlake
II-01-Cfa



IMAGEN 01. Vista interior del aula. Kieran Timberlake (s.f.). Stewart Middle School [Fotografía].
Recuperado de: <https://kierantimberlake.com/page/stewart-middle-school>



IMAGEN 02. Vista exterior de patio. Kieran Timberlake (s.f.), Stewart Middle School [Fotografía].
Recuperado de: <https://kierantimberlake.com/page/stewart-middle-school>

STEWART SECONDARY SCHOOL

KIERAN TIMBERLAKE

El plan maestro para la Sidwell Friends School, una escuela independiente cuáquera que abarca desde preescolar hasta el grado 12, se centra en satisfacer las necesidades programáticas de sus dos campus en Washington, D.C., y Bethesda, Maryland, incluyendo la unificación de los campus a través espacios verdes y una mejor circulación peatonal (AIA, s.f.).

La renovación y ampliación de la escuela secundaria transforma una instalación de 55 años en una escuela que enseña responsabilidad ambiental con el ejemplo. La ampliación más que duplicó el tamaño del edificio existente, proporcionando espacios para música y arte, laboratorios de ciencia y computación, administración y una biblioteca, al tiempo que se conserva y mejora el valor de la estructura existente (AIA, s.f.).

Una de las consideraciones climáticas más importantes fue minimizar el número de días de discomfort de los usuarios debido al calor y la humedad en los meses de finales de primavera y principios de verano. Esto llevó al equipo a limitar la penetración solar directa mediante pantallas y dispositivos de sombreado, y a dar prioridad al desarrollo de sistemas de ventilación natural y asistida mecánicamente robustos sin necesidad de aire acondicionado (AIA, s.f.).

El edificio revela su orientación a través de la configuración de pantallas solares exteriores en la fachada, que fueron diseñadas para equilibrar el rendimiento térmico con una iluminación natural óptima. En el lado norte, no se necesita protección y las ventanas altas admiten luz difusa. En el lado sur,

las pantallas se colocaron horizontalmente sobre las ventanas. En los lados este y oeste, las sombras están dispuestas verticalmente y en ángulo a 51° al norte del oeste para minimizar la ganancia de calor solar y maximizar la penetración de la luz natural durante las primeras horas de la tarde. Detrás de la sombra de madera hay una pared de pantalla de lluvia de madera diseñada para desviar la mayor parte del agua pero permanecer abierta al movimiento del aire. Se incorporó un estante de luz en la fachada para transmitir la luz natural profundamente en el edificio mientras se sombrea los pasillos del sol directo. Un techo verde proporciona sombra y un valor de aislamiento superior para la superficie del techo (AIA, s.f.)

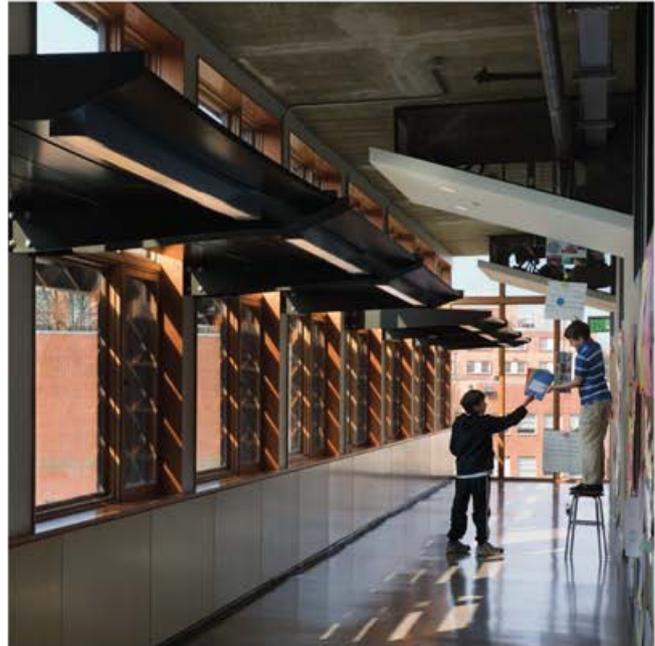


IMAGEN 03. vista interior de circulaciones. Kieran Timberlake (s.f.), Stewart Middle School [Fotografía]. Recuperado de: <https://kierantimberlake.com/page/stewart-middle-school>

STEWART SECONDARY SCHOOL

UBICACIÓN Y CLIMA

Cfa
Clasificación
Köppen-Geiger

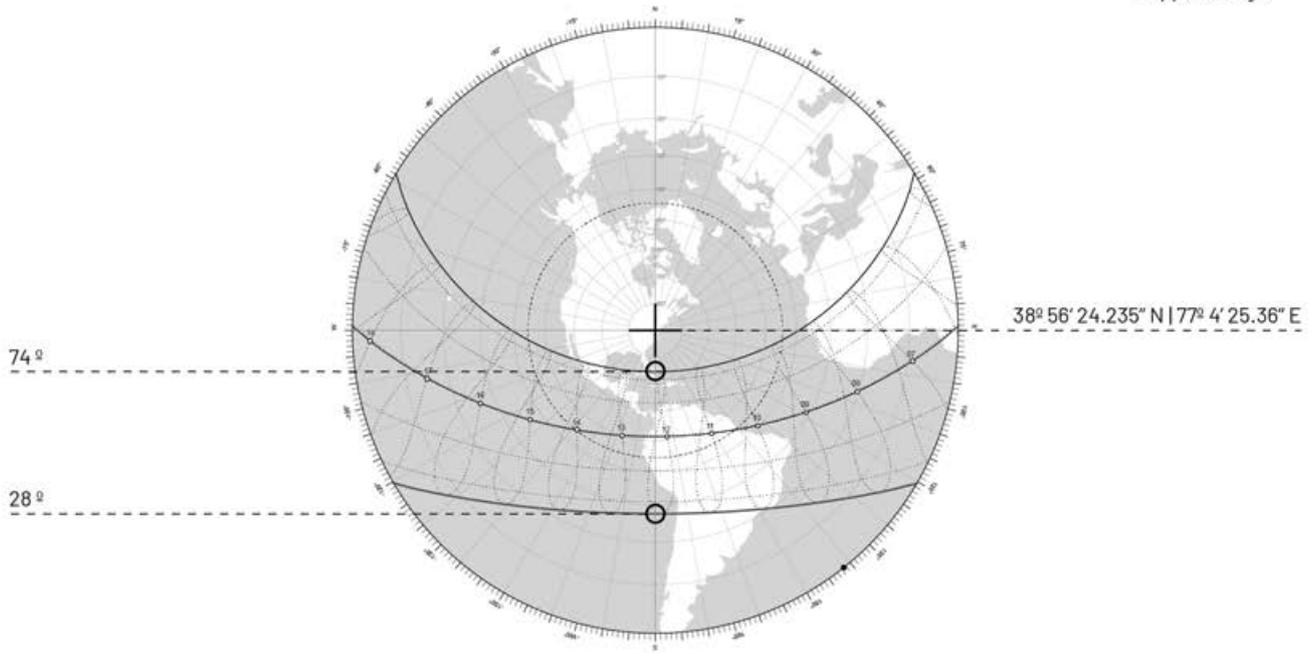
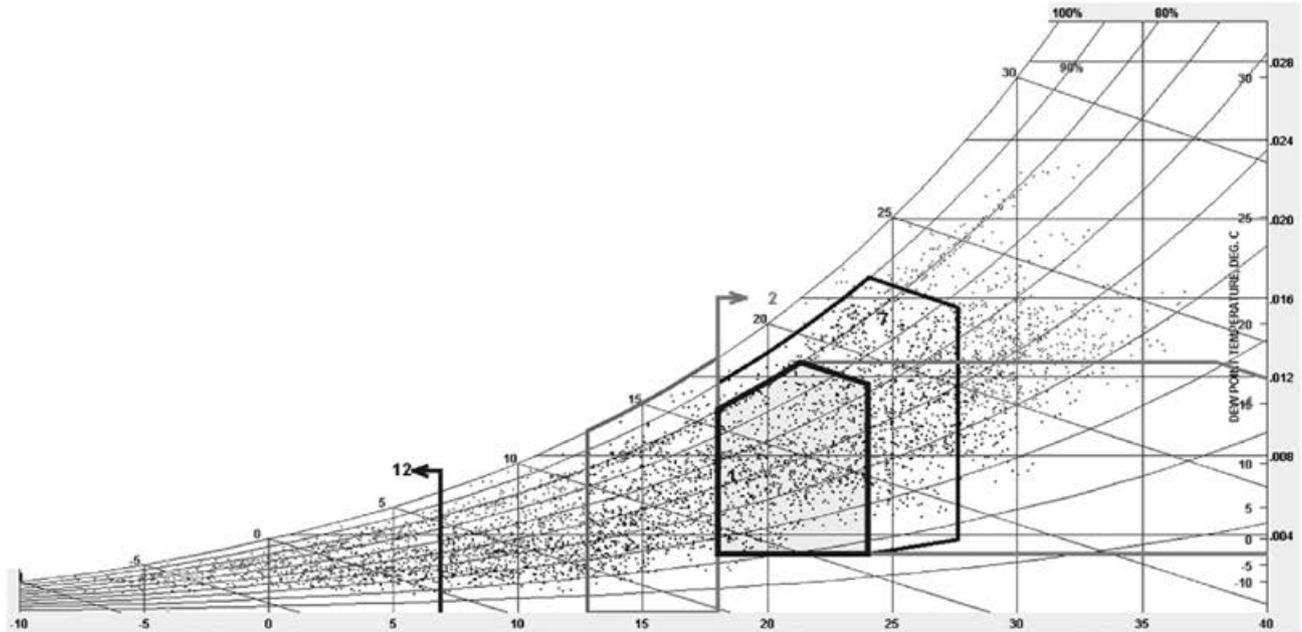
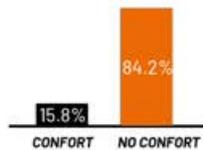


FIGURA 04 A 06. Proyección estereográfica y mapa. Adaptados de Andrew Marsh (n.d.). Sun Path on Map [Gráfico]. Recuperado de: <https://drajmarsh.bitbucket.io/sunpath-on-map.html>

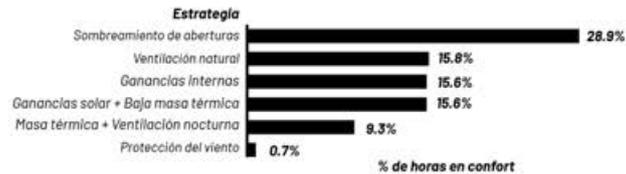
FIGURA 07 A 08. Imágenes aéreas. Adaptadas de Google Earth Pro 7.3.6.9796 (2024).



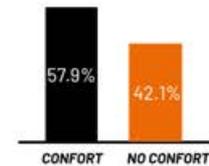
% DE HORAS EN CONFORT
SIN ESTRATEGIAS APLICADAS



SET DE LAS MEJORES ESTRATEGIAS PASIVAS DE DISEÑO PARA EL SITIO.



% DE HORAS DE CONFORT
CON SET DE ESTRATEGIAS APLICADAS



La ciudad de Washington DC posee un clima continental de categoría Cfa según la clasificación Köppen-Geiger, con temperaturas que oscilan entre -1°C y 31°C (mínima de invierno y máxima de verano respectivamente). Los resultados del diagrama psicrométrico de la ciudad (realizado para su correspondiente calendario lectivo y en horarios de dictado de clase) permiten observar que las estrategias energéticas pasivas sólo nos permitirían lograr un confort interno en el 57.9 % de los días del

año, restando los 42.1 % para ser acondicionados a través de algún elemento mecánico.

Para llegar al máximo de confort pasivo es necesario aplicar cuatro estrategias energéticas:

- Sombreamiento de aberturas
- Ventilación natural
- Ganancias internas
- Ganancia solar + baja masa térmica

FIGURA 09. Diagrama Psicrométrico. Adaptado de Climate Consultant (n.d.). Psychrometric Chart [Gráfico].

STEWART SECONDARY SCHOOL

FORMA E IMPLANTACIÓN

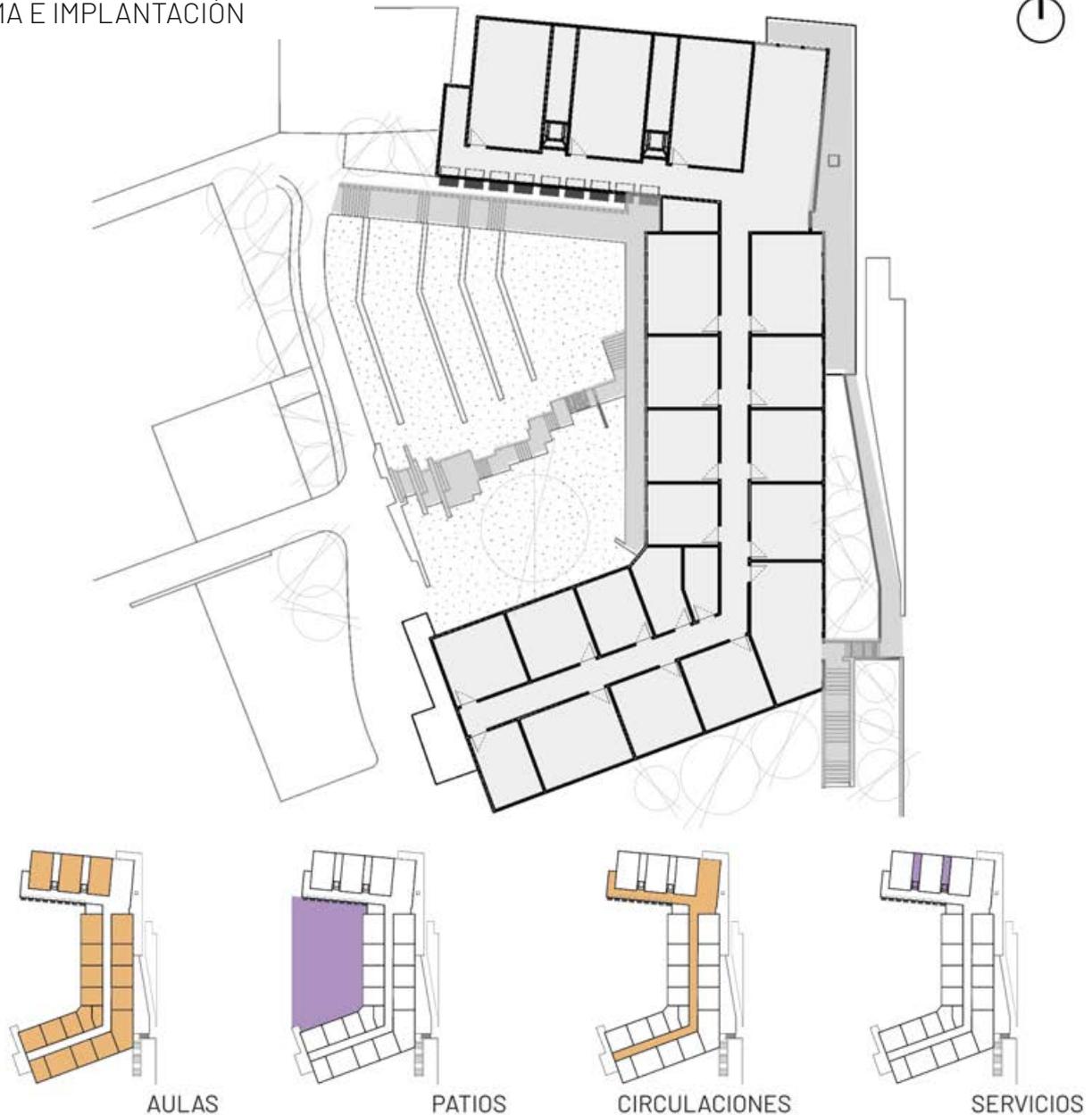
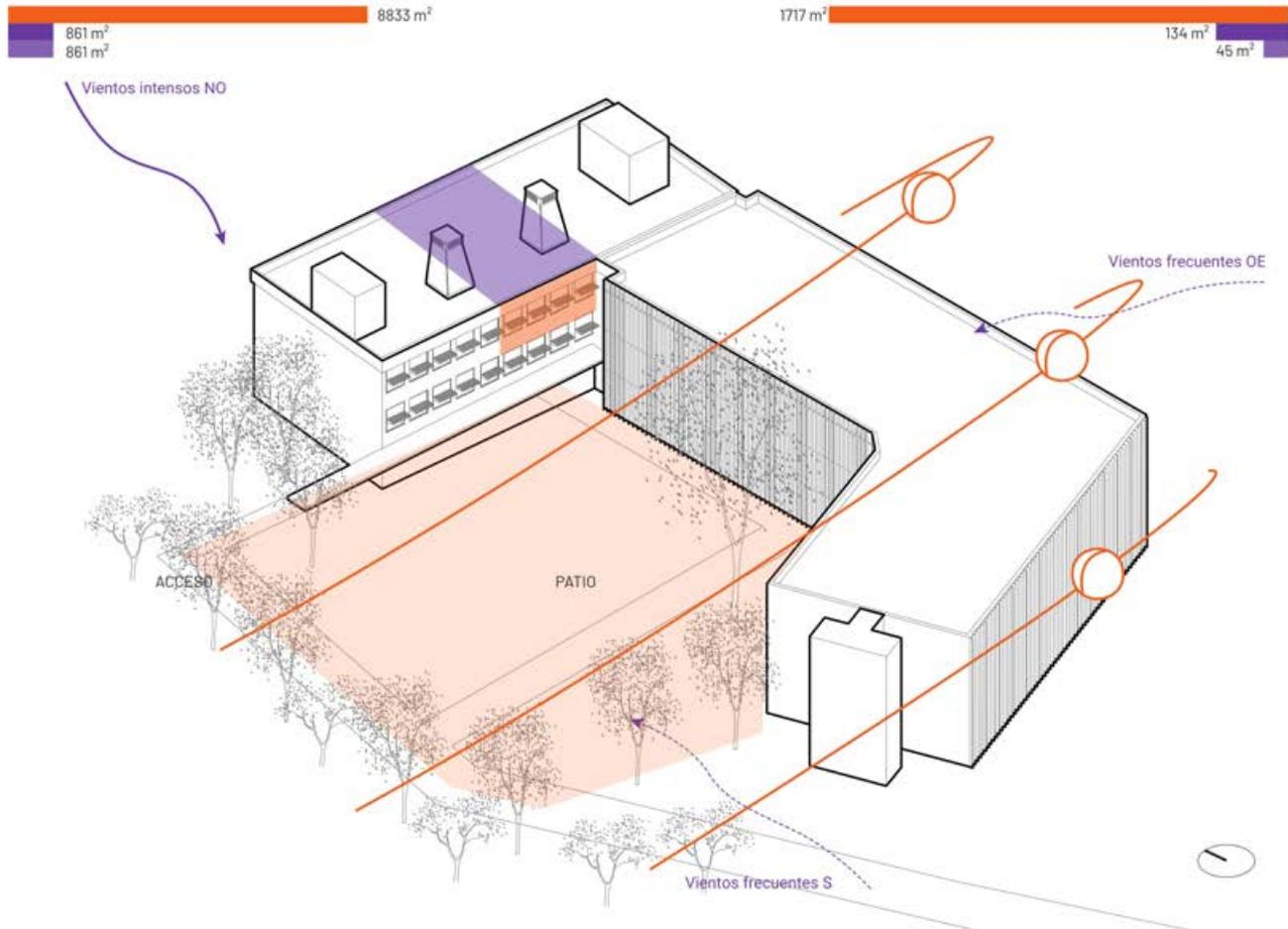


FIGURA 10. Planta del conjunto. Adaptada de Archidose (2007). Sidwell Friends Middle School. Recuperado de: <https://archidose.blogspot.com/2007/06/sidwell-friends-middle-school.html?m=0>

ÁREA PB 861 m² / ÁREA PA 861 m² / ÁREA PREDIO 8833 m²

ÁREA ANTESALA 45 m² / ÁREA AULA 134 m² / ÁREA PATIO 1717 m²



El edificio posee tres niveles y tiene forma de "C", con los dos brazos más cortos y un cuerpo central más alargado, que se desarrolla en el eje norte-sur. Esta forma contiene parcialmente el gran patio en desnivel con vegetación y manejo de aguas.

Los locales se organizan mediante doble crujía, excepto las aulas en el brazo norte que son de crujía

simple. Estas son las aulas a ser estudiadas en profundidad. La consecuencia de esta disposición general es que existen locales orientados en distintas direcciones: para el este, el oeste, norte y sur. Las aulas en cuestión se orientan al norte, con el pasillo protegido con parasoles dispuesto al sur.

FIGURA 11. Proyección axonométrica del conjunto. Elaboración propia.

STEWART SECONDARY SCHOOL

ENVOLVENTE Y DISPOSITIVOS

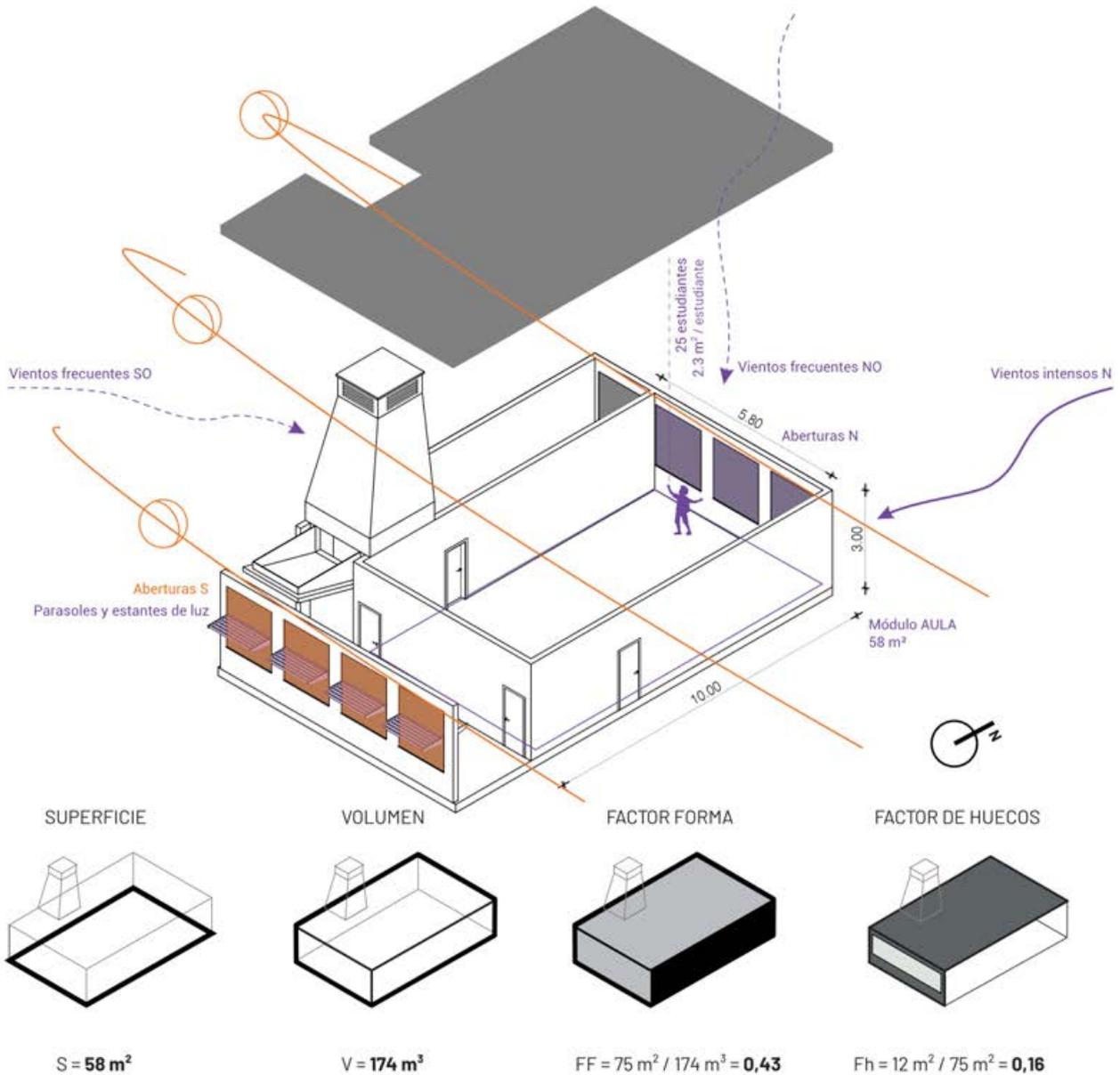
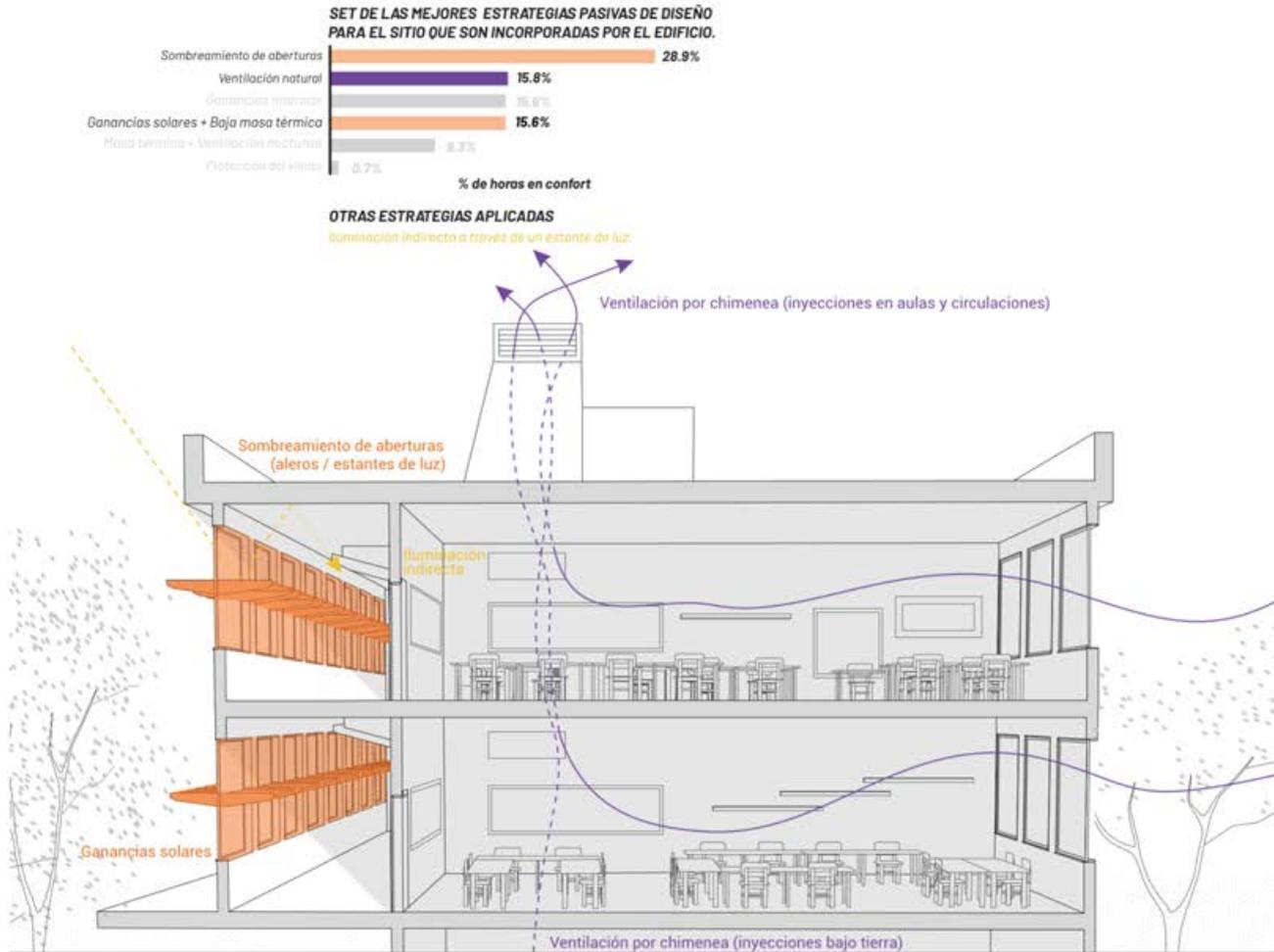


FIGURA 12. Proyección axonométrica del aula y esquemas. Elaboración propia.



El sector de aulas que es objeto de estudio, posee una serie de estrategias bioclimáticas.

En primer lugar el pasillo de acceso a las aulas posee aberturas protegidas por parasoles / estantes de luz ubicados a media altura. Esto permite a la vez que controlar la incidencia solar —sombreamiento de aberturas— aprovechar, cuando lo amerite, las ganancias solares producto de la orientación sur.

Con respecto a la ventilación existen las chimeneas solares con vidrio orientado al sur calientan que el aire contenido y generan una corriente de convección.

Las aberturas hacia el norte proporcionan la iluminación natural, con una proporción de vidriado que se presenta como adecuada para evitar pérdidas térmicas en ese sector de la envolvente.

FIGURA 13. Corte perspectivo del aula. Elaboración propia.

STEWART SECONDARY SCHOOL

ESTRATEGIAS DE DISEÑO

(1) Estrategias pertinentes implementadas

Sombreamiento de aberturas (1369hs)

En la medida en que las aulas estudiadas para este caso se orientan al norte, el sombreado de aberturas no se aplica directamente en ellas, sino a su corredor de acceso ubicado al sur. Consisten en dispositivos de protección llamados estantes de luz, que permiten dispersar la luz incidente al tiempo que sombrean las aberturas, evitando la captación solar excesiva. Si bien este proceso tiene una incidencia indirecta en la propia aula, a los efectos de este trabajo resulta significativa en la medida en que evidencia un enfoque integral en el manejo bioclimático.

Ventilación natural (748hs)

El principal sistema consiste en las chimeneas solares, que al poseer vidriados hacia el sur provocan que el aire contenido en ellas aumente su

temperatura, creando una corriente de convección que atrae más aire fresco al edificio a través de las aberturas que se orientan al norte. Según consta en (AIA, s.f.) este sistema es potenciado por sistemas activos de ventilación mecánica y mediante un economizador que minimiza el enfriamiento mecánico cuando es suficiente la ventilación con la apertura de las ventanas. Este tipo de estrategias combinadas son representativas del enfoque que utiliza alta tecnología para alcanzar los objetivos bioclimáticos, aunque justamente ello no implique un aumento en el consumo de energía, sino una optimización en su uso a través de la combinación con las estrategias pasivas.

Ganancias solares + baja masa térmica (739hs)

Las ganancias solares se dan, al menos indirectamente, a través del corredor vidriado de las aulas estudiadas. Respecto a la materialidad de la envolvente, la bibliografía consultada (AIA, s.f.) refiere

al uso de materiales livianos y reciclados tales como el corcho, para la conformación de la envolvente. Es por eso que se presentan las condiciones para la implementación de esta estrategia, que posee como característica principal la posibilidad de que se sobrecaliente el espacio si no existe un apropiado sombreado de aberturas, como son en este caso los estantes solares presentes en el corredor.

(2) Estrategias pertinentes no implementadas

Ganancias internas (740hs)

Ni en la bibliografía consultada ni del análisis de los componentes puede establecerse con claridad si esta estrategia es efectivamente implementada. Mantener las ganancias térmicas generadas al interior del aula implica la compatibilización con estos sistemas avanzados de ventilación y la operabilidad y capacidad de aislamiento de la envolvente.

Alta masa térmica + ventilación nocturna (442hs)

Esta estrategia no puede implementarse en la medida en que se tenga baja masa térmica.

(3) Otras estrategias implementadas

Este caso implementa varias estrategias referidas a la sustentabilidad que vale la pena mencionar, aunque no sean directamente del tipo energético-bioclimático.

Existe un sistema de manejo de aguas asociado al humedal presente en el patio, configurando un paisaje no sólo de contemplación sino también de aprendizaje.

Existen dispositivos de señalética activa para informar en tiempo real el impacto en el ahorro energético de las estrategias implementadas, lo que contribuye al rol pedagógico del propio edificio.

Existen también otras estrategias para desalentar el uso de los medios de transporte individuales en pos del uso de los colectivos.

OBRA
UBICACIÓN
FECHA
AUTOR
CÓDIGO

Jardín de Infancia
Sant Pere Pescador, Girona, España
2011
Abar arquitectos + Ovidi Alum
II-02-Csa



IMAGEN 01. Vista interior del aula. Archdaily en Español (2012). Jardín de Infancia / Abar arquitectos + Ovidi Alum [Fotografía]. Recuperado de: <https://www.archdaily.cl/cl/02-136058/jardin-de-infancia-abar-ovid-i-alum>



IMAGEN 02. Vista del patio. Archdaily en Español (2012). Jardín de Infancia / Abar arquitectos + Ovidi Alum [Fotografía]. Recuperado de: <https://www.archdaily.cl/cl/02-136058/jardin-de-infancia-abar-ovidi-alum>

JARDÍN DE INFANCIA

ABAR ARQUITECTOS + OVIDI ALUM

El proyecto se trata de un Jardín de Infancias de pequeña escala realizado por el Ayuntamiento de Sant Pere Pescador. Gracias a una subvención otorgada por el ICAEN (Instituto Catalán de Energía) y el trabajo del equipo de arquitectos, ha obtenido los sellos de calidad y ecodiseño europeos ISO 9001 e ISO 14006, consiguiendo la máxima calificación -A- en eficiencia energética (Archdaily, 2011). Resuelto en un solo nivel, el proyecto se compone por un bloque rectangular compacto que se abre hacia su fachada sur donde se encuentra el patio. El bloque edificado y el patio tienen iguales dimensiones y se encuentran totalmente integrados, tanto visual como espacialmente. El bloque se implanta de manera exenta en el corazón de una manzana verde, donde el único otro edificio presente es el Centro Cívico. Se le ingresa por la fachada norte, opuesta al patio, donde se encuentra el estacionamiento y al cual se llega a través de una calle semipeatonal. Una vez dentro del edificio, se encuentra un hall de distribución amplio e

iluminado, que se vuelca hacia un pasillo lineal y longitudinal en el centro del bloque, conectando el ala de servicios al norte con el ala de aulas al sur. El ala de sur se compone por tres aulas, un espacio polivalente y una administración (Archkids, 2012). Al encontrarse en la fachada sur, se abren totalmente hacia la misma a partir de paños vidriados que favorecen el ingreso de luz solar y la ganancia de calor en períodos fríos. El ala de servicios cuenta con una cocina, un vestuario, servicios higiénicos y una cantina. Se ubican en la fachada norte para generar un colchón térmico frente a la humedad y el viento (Archdaily, 2011). La simplicidad formal es uno de los fuertes del proyecto, permitiendo un mejor vínculo con el entorno, la optimización del espacio y el manejo eficiente de las energías (Archkids, 2012).

Los materiales constructivos también son simples, pero se complementan con algunos dispositivos de control energético, los cuales son claves para el

proyecto. En el exterior, se puede apreciar el uso de ladrillo prefabricado de hormigón blanco, vigas de hormigón visto y grandes paños de vidrio, los cuales cuentan con sensores de control lumínico y rotura de puente térmico (Archdaily, 2011).

A su vez, el edificio cuenta con una cubierta verde y energía geotérmica asociada al suelo radiante (Archkids, 2012).

En el interior, los espacios son blancos y luminosos, y los pavimentos son de microcemento color gris claro. A su vez, las paredes de las aulas se encuentran parcialmente revestidas de corcho, un material de proximidad en la zona (Archdaily, 2011).

Por último, se encuentra la estructura de acero pintado de negro que sostiene los grandes toldos móviles del patio que permiten regular la incidencia de luz solar de acuerdo a las necesidades del usuario (Arxiubak, 2013).



JARDÍN DE INFANCIA

UBICACIÓN Y CLIMA

Csa
Clasificación
Köppen-Geiger

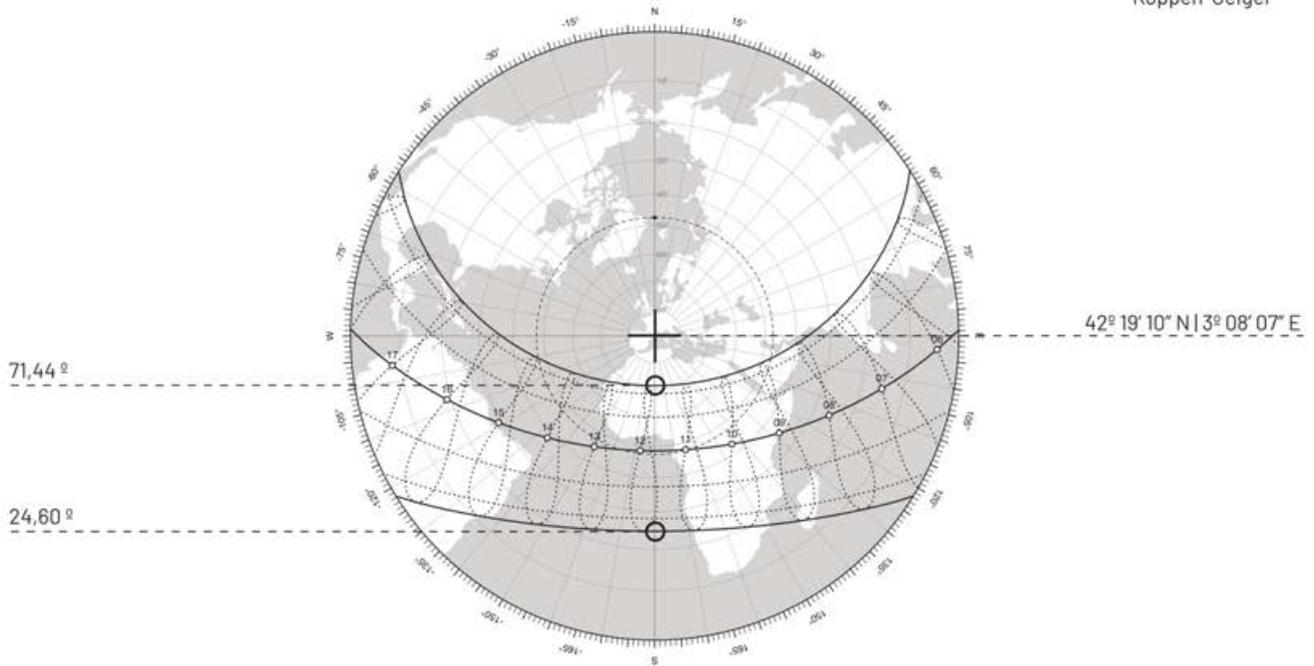
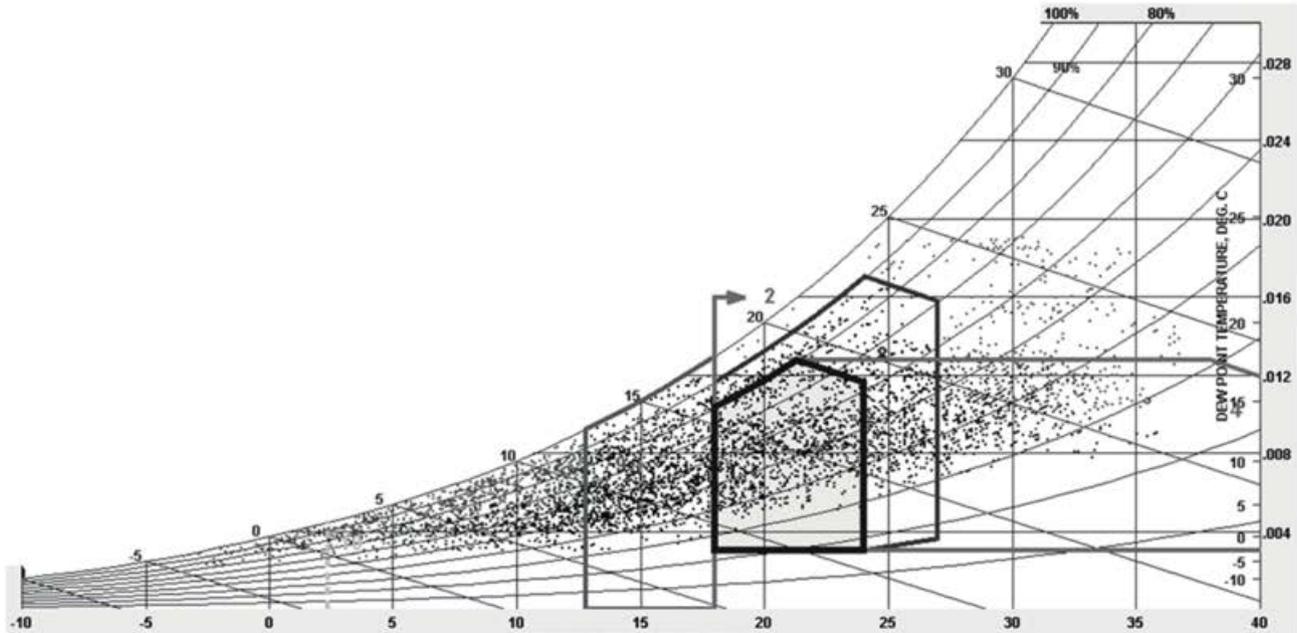
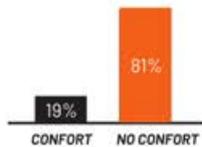


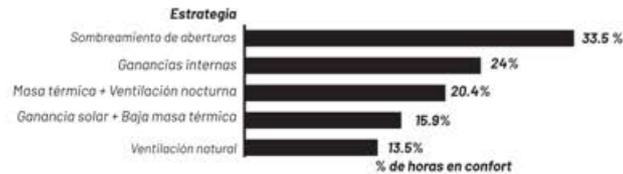
FIGURA 04 A 06. Proyección estereográfica y mapa. Adaptados de Andrew Marsh (n.d.). Sun Path on Map [Gráfico]. Recuperado de: <https://drajmarsh.bitbucket.io/sunpath-on-map.html>
IMAGEN 07 A 08. Imágenes aéreas. Adaptadas de Google Earth Pro 7.3.6.9796 (2024).



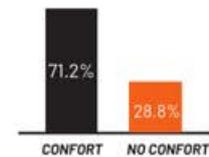
% DE HORAS EN CONFORT
SIN ESTRATEGIAS APLICADAS



SET DE LAS MEJORES ESTRATEGIAS PASIVAS DE DISEÑO PARA EL SITIO.



% DE HORAS DE CONFORT
CON SET DE ESTRATEGIAS APLICADAS



El pueblo de Saint Peré Pescador, España, posee un clima templado con un verano seco y cálido, y corresponde a la clasificación Csa según la clasificación Köppen-Geiger. Las temperaturas oscilan entre los -4° y 36° (mínima de invierno y máxima de verano).

De la lectura del diagrama psicrométrico se desprende que el confort higrotérmico se alcanza —sin mediar estrategias de climatización— un 8.1% de las horas

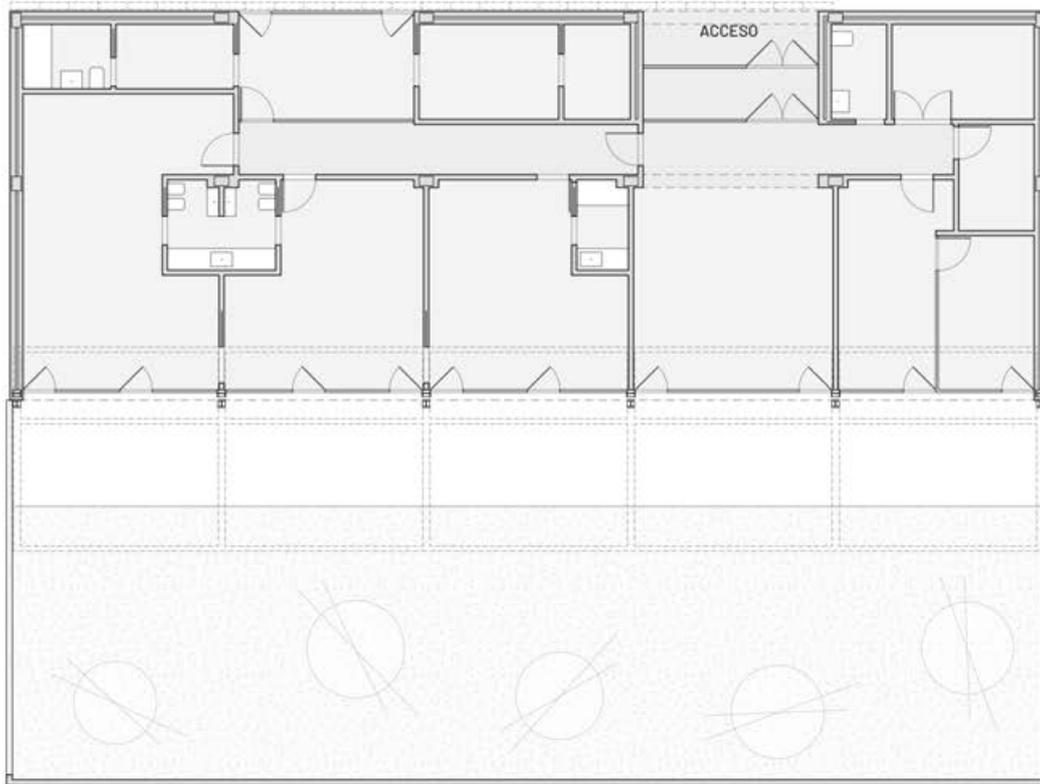
estudiadas, mientras que en el restante 91.9% es imprescindible la implementación de estrategias pasivas o activas.

Se recomiendan las siguientes estrategias:

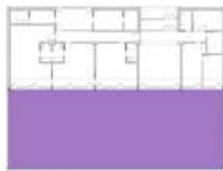
- Generar ganancias de calor internas
- Generar ganancias solares + alta masa térmica
- Sombrear las ventanas y aberturas
- Alta masa térmica con ventilación nocturna.

JARDÍN DE INFANCIA

FORMA E IMPLANTACIÓN



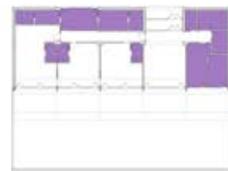
AULAS



PATIOS



CIRCULACIONES

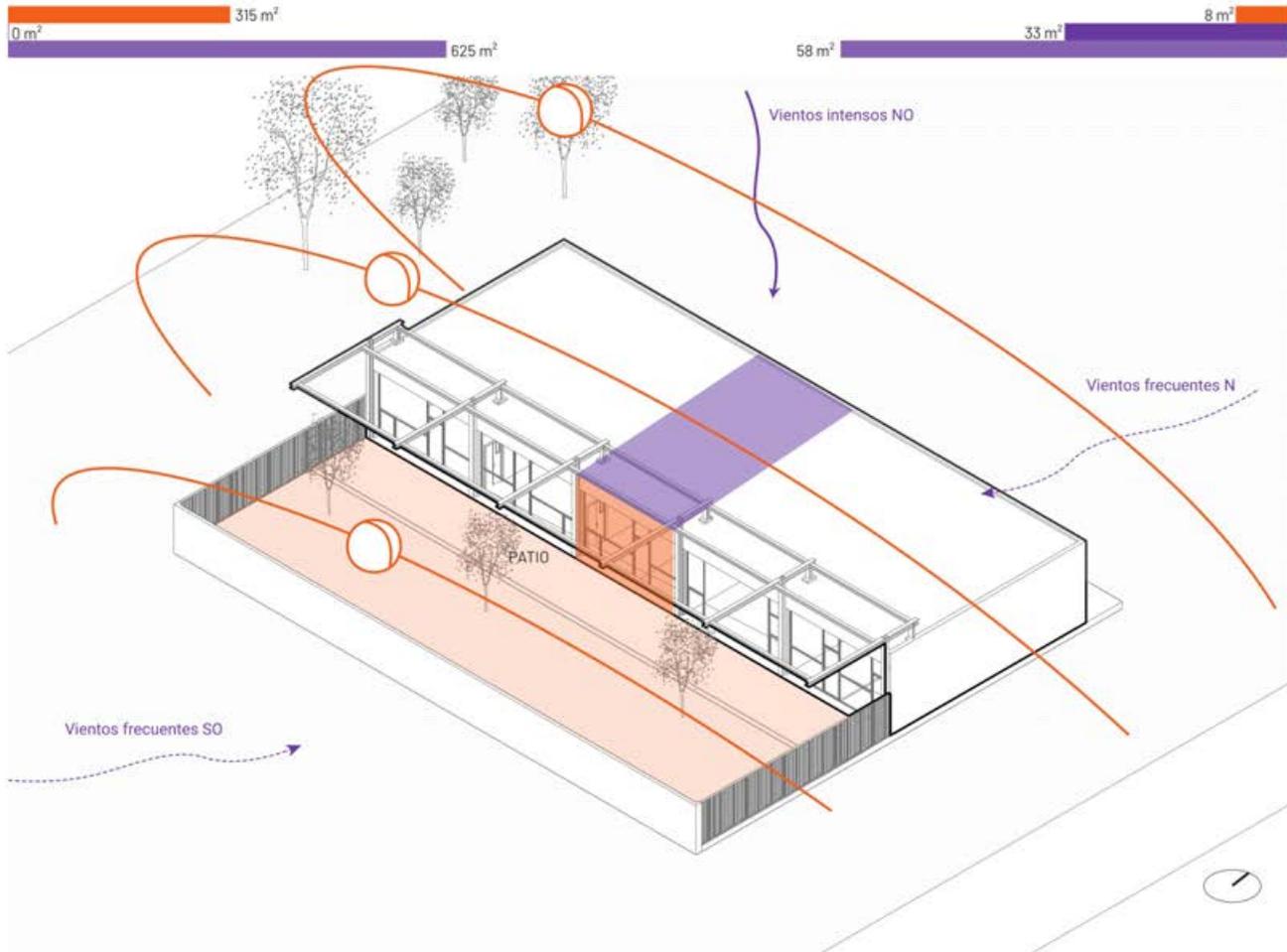


SERVICIOS

FIGURA 10. Planta del conjunto. Adaptada de Archdaily en Español (2012). Jardín de Infancia / Abar arquitectos + Ovidi Alum [Fotografía]. Recuperado de: <https://www.archdaily.cl/cl/02-136058/jardin-de-infancia-abar-ovidi-alum>

ÁREA PB 315 m² / ÁREA PA 0 m² / ÁREA PREDIO 625 m²

ÁREA ANTESALA 8 m² / ÁREA AULA 33 m² / ÁREA PATIO 58 m²



El jardín de infantes se posiciona en la trama urbana de este pequeño centro poblado, adyacente al centro cívico, de manera exenta.

De un solo nivel, el edificio asume la orientación sur como la que vincula directamente a las aulas con el exterior, tanto espacialmente como desde el punto de vista de la incidencia solar. En cuanto al jardín

vinculado a las aulas, posee algunos ejemplares vegetales que contribuirían con el control solar y el sombreado del espacio.

Por su parte los espacios de servicio se posicionan hacia el norte, por lo que su conformación más cerrada supone una estrategia pertinente en términos de impedir pérdidas térmicas.

FIGURA 11. Proyección axonométrica del conjunto. Elaboración propia.

JARDÍN DE INFANCIA

ENVOLVENTE Y DISPOSITIVOS

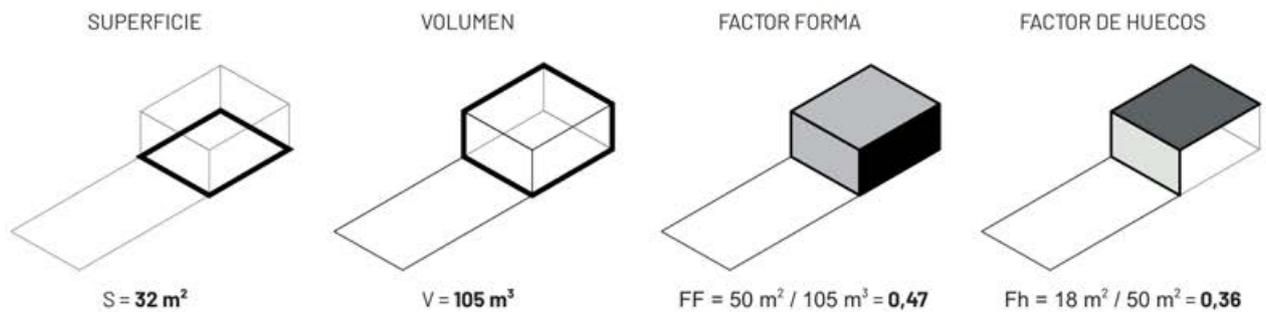
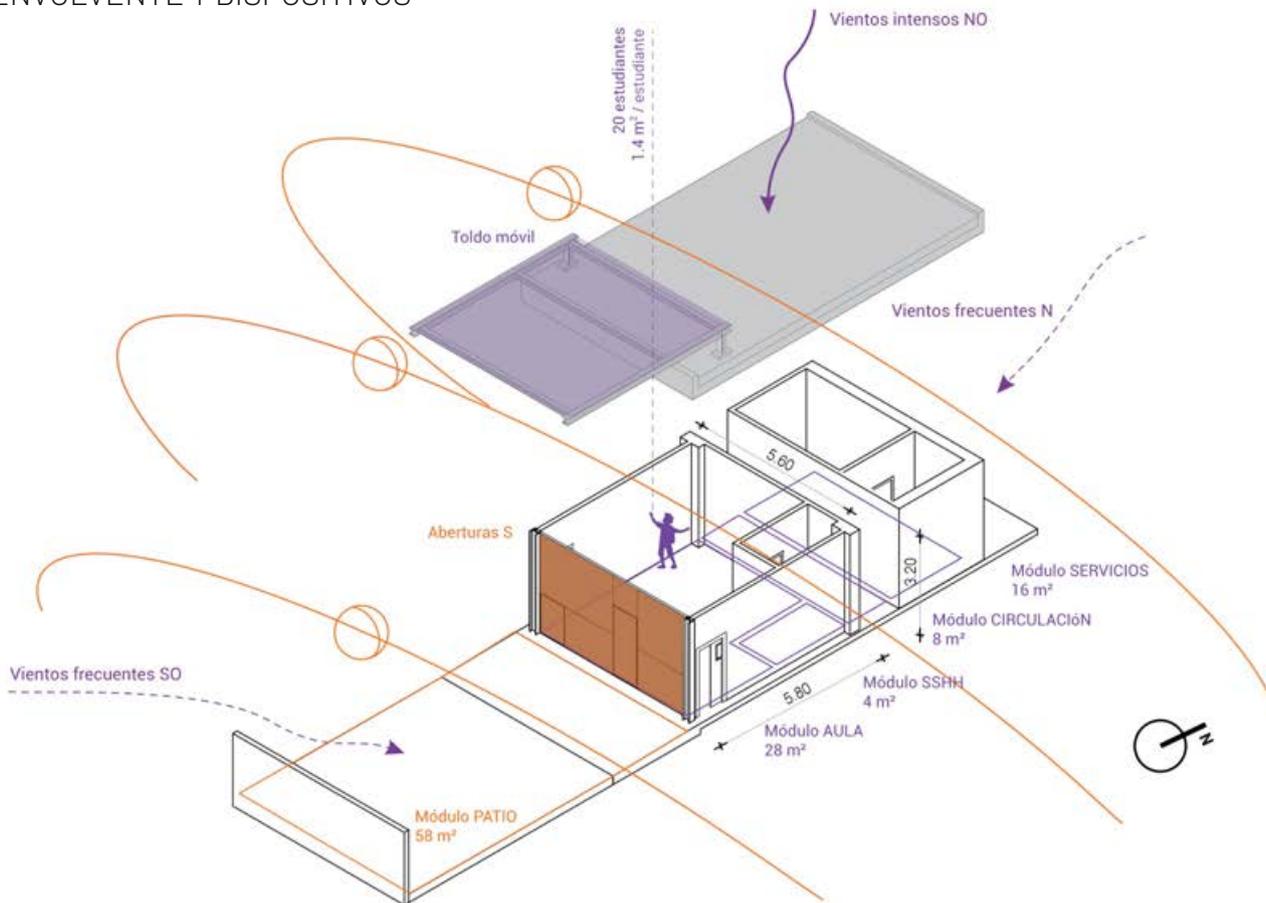
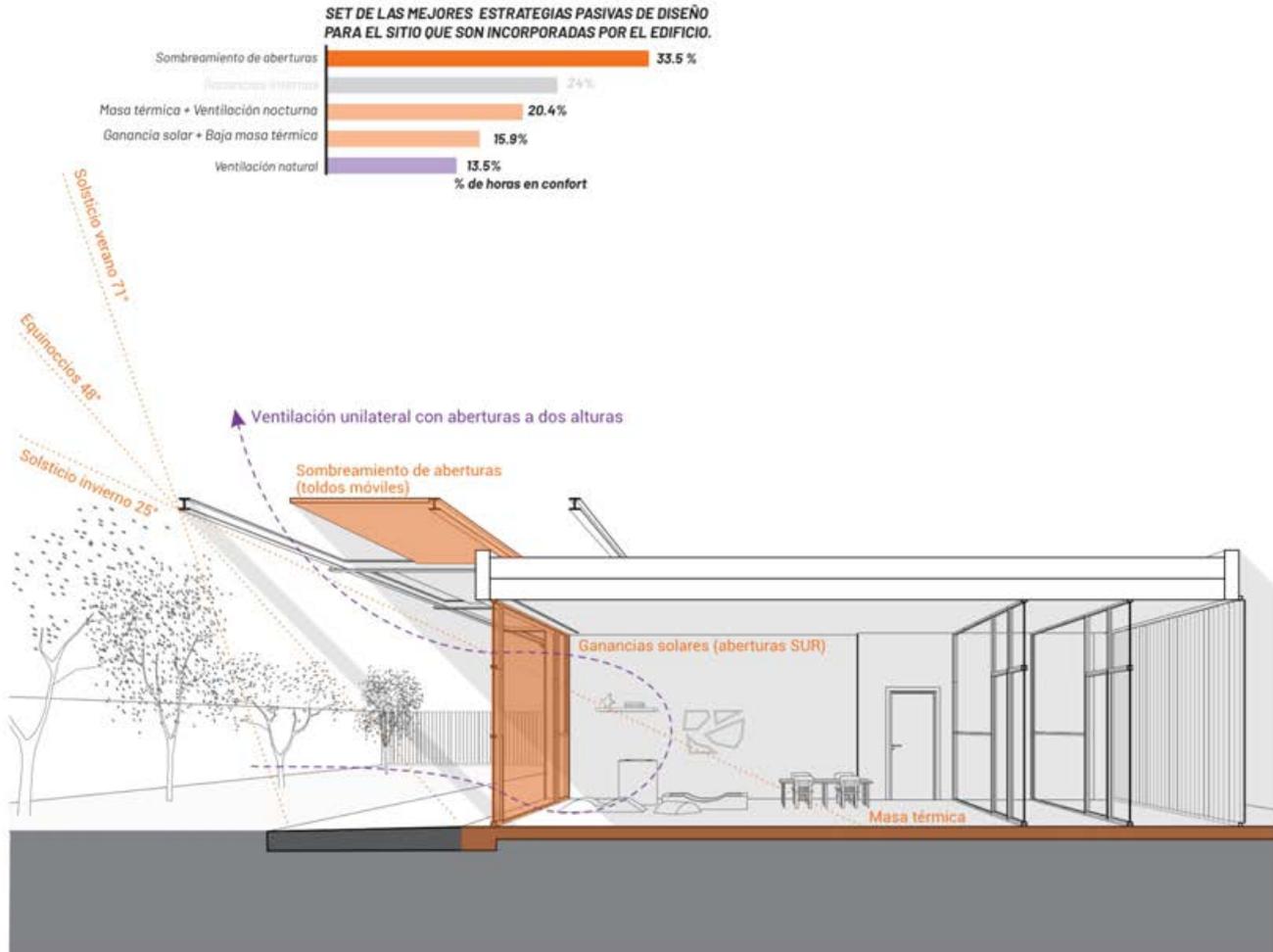


FIGURA 12. Proyección axonométrica del aula y esquemas. Elaboración propia.



La principal estrategia bioclimática corresponde a los toldos retráctiles que permiten el sombreado de aberturas solo cuando se entiende necesario, principalmente utilizable en el periodo caluroso, mientras que en el periodo frío puede mantenerse replegado para aprovechar las ganancias solares directas de los grandes ventanales ubicados al sur. Por tratarse de una construcción de baja masa el principal inconveniente radica en el riesgo del

sobrecalentamiento, que puede controlarse mediante el dispositivo de sombreado mencionado.

La ventilación unilateral se presenta en general como de menor efecto que la ventilación cruzada, aspecto que no aporta específicamente para resolver el problema del sobrecalentamiento anteriormente mencionado. Asimismo el hecho de ser aulas pequeñas y tener poco volumen, coloca a este caso como uno de los más comprometidos en este sentido.

FIGURA 13. Corte perspectivo del aula. Elaboración propia.

JARDÍN DE INFANCIA

ESTRATEGIAS DE DISEÑO

(1) Estrategias pertinentes implementadas

Sombreamiento de aberturas (1590hs)

Esta estrategia se implementa mediante toldos retráctiles que poseen desarrollo horizontal, a modo de aleros móviles, ubicados a nivel de cubierta, sustentados por una estructura independiente de acero. Su despiece se corresponde con las aulas, de modo tal que puedan operarse de modo distinto según las necesidades de cada una. Asimismo permite la cobertura del espacio exterior adyacente.

Incidencia solar directa más baja masa térmica (968hs)

En edificios de baja masa la gran cantidad de superficie vidriada sobrecalentar el espacio demasiado pronto. Esto funciona solo para el caso en que exista un dispositivo de sombreado de aberturas, para controlar el exceso de incidencia solar.

Ganancias de calor internas (1137hs)

Esta estrategia puede implementarse en la medida en que la envolvente del edificio posee masa térmica aislada: muro con ladrillos de hormigón y corcho como aislación térmica en los cerramientos verticales y losa aligerada aislada mediante la cubierta verde en el cerramiento horizontal superior.

(2) Estrategias pertinentes no implementadas

Alta masa con ventilación nocturna (756hs)

Tal como se ha descrito en casos anteriores —escuela en Fares, por ejemplo— este sistema permite equilibrar las grandes diferencias de temperatura entre el día y la noche, haciendo que la ventilación nocturna refresque el ambiente y que en el día se aisle del exterior para evitar el calentamiento. En este caso, si bien podría ser posible un control de este tipo, no se visualizan dispositivos que demuestren que esta estrategia sea implementada. Asimismo, el gran

vidriado podría no ser óptimo a los efectos del aislamiento del exterior.

(3) Otras estrategias implementadas

Iluminación interior

Al orientarse hacia el sur las aulas pueden recibir radiación solar directa, algo beneficioso en términos de acondicionamiento térmico en el periodo frío, aunque puede generar encandilamiento y por ello discomfort lumínico. El sistema de toldos retráctiles permite controlar esta situación sombreando aberturas y evitando que las superficies interiores se iluminen en exceso. Esto plantea el inconveniente de que en situaciones de período frío, la radiación solar directa se bloquea si se precisa evitar el encandilamiento, debiendo optarse por resolver una u otra situación, pero no las dos en simultáneo.



OBRA
UBICACIÓN
FECHA
AUTOR
CÓDIGO

Asilo Nido Iride
Guastalla, Italia
2015
Mario Cucinella
II-03-Cfa



IMAGEN 01. Vista interior del aula. Archdaily en Español (2015). Kindergarten in Guastalla / Mario Cucinella Architects [Fotografía]. Recuperado de: <https://www.archdaily.com/775276/nido-dinfanzia-a-guastalla-mario-cucinella-architects>



IMAGEN 02. Vista exterior. Archdaily en Español (2015). Kindergarten in Guastalla / Mario Cucinella Architects [Fotografía]. Recuperado de: <https://www.archdaily.com/775276/nido-dinfanzia-a-guastalla-mario-cucinella-architects>

ASILO NIDO IRIDE MARIO CUCINELLA

El nuevo Nido de Infancia en Guastalla reemplaza dos jardines comunales dañados por el terremoto de 2012. Puede albergar hasta 120 niños de entre 0 y 3 años y forma parte del plan de reconstrucción post-sismo de Emilia. El proyecto de Mario Cucinella está diseñado para estimular la interacción del niño con su entorno, considerando la distribución de áreas didácticas, la elección de materiales y la integración entre el interior y el exterior (Domus, 2015).

Mario Cucinella destaca la importancia de integrar diversas disciplinas (arquitectura, pedagogía, psicología y antropología) en el diseño de guarderías y escuelas infantiles. La arquitectura puede ser una herramienta educativa, influyendo en los comportamientos y ayudando a que los niños crezcan en ambientes confortables y estimulantes, convirtiéndose en adultos más conscientes (Domus, 2015).

Los elementos arquitectónicos del nuevo jardín de infancia, como la forma de los interiores, los muebles, la organización, la elección de materiales y las percepciones sensoriales (luz, colores, sonidos y tacto), están diseñados considerando los aspectos pedagógicos del crecimiento infantil (MC Architects, 2024).

La estructura utiliza materiales naturales o reciclados de bajo impacto ambiental, con marcos de madera laminada como soporte principal. Los elementos verticales de madera, inspirados en las hileras de árboles y campos cultivados, aportan ligereza al diseño y rompen con la imagen tradicional de una escuela compacta y monolítica (Domus, 2015).

El planteo está fuertemente centrado en asegurar la iluminación natural. La alta aislación, la distribución óptima de superficies transparentes, los sistemas avanzados de recuperación de agua de lluvia y un

sistema fotovoltaico en el techo minimizan el uso de instalaciones mecánicas para satisfacer las necesidades energéticas del edificio (Domus, 2015).

Se ha puesto especial atención en crear una relación entre los niños y el entorno natural, incluyendo eventos atmosféricos y patrones estacionales. Todas las secciones del jardín de infancia están conectadas con el jardín exterior.

El proyecto del paisaje incluye un recorrido sensorial con pequeños jardines temáticos (mariposas, sonidos, perfumes, goloso y Pulgarcito) y un jardín de invierno.

Los espacios de conexión están diseñados para estimular la curiosidad, con nichos y elementos transparentes para mirar al exterior (MC Architects, 2024).

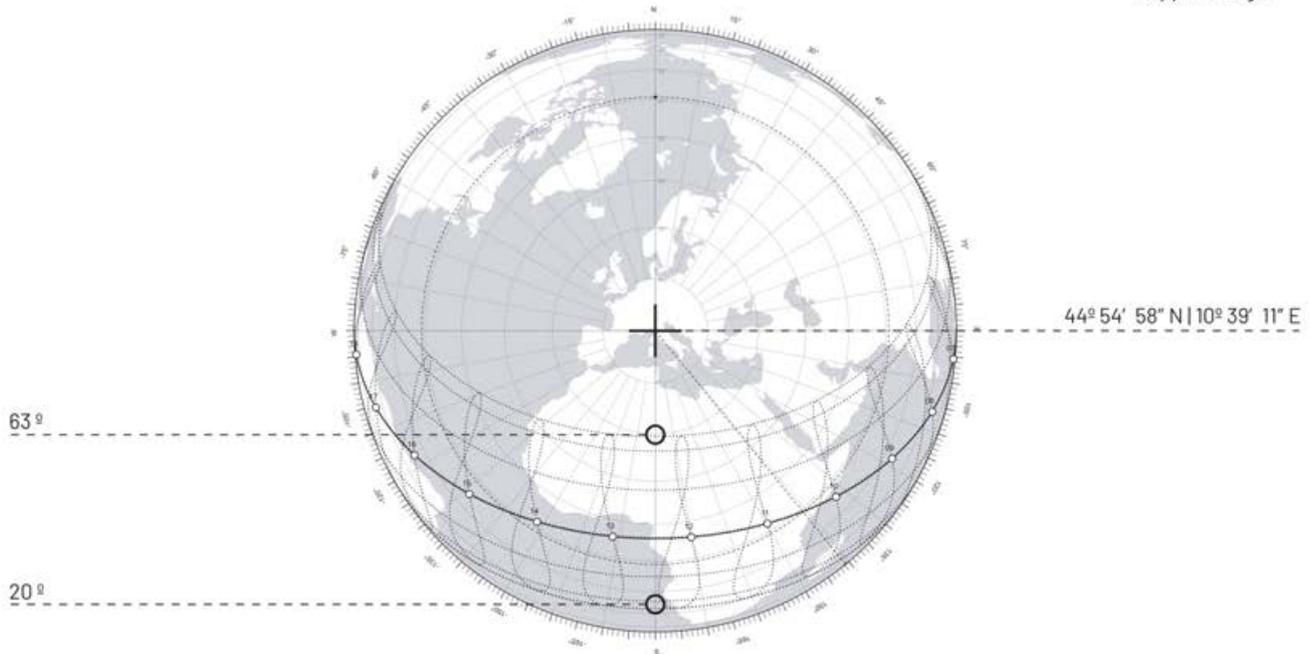


IMAGEN 03. Vista interior del aula. Archdaily en Español (2015). Kindergarten in Guastalla / Mario Cucinella Architects [Fotografía]. Recuperado de: <https://www.archdaily.com/775276/nido-dinfanzia-a-guastalla-mario-cucinella-architects>

ASILO NIDO IRIDE

UBICACIÓN Y CLIMA

Cfa
Clasificación
Köppen-Geiger



EUROPA

ITALIA

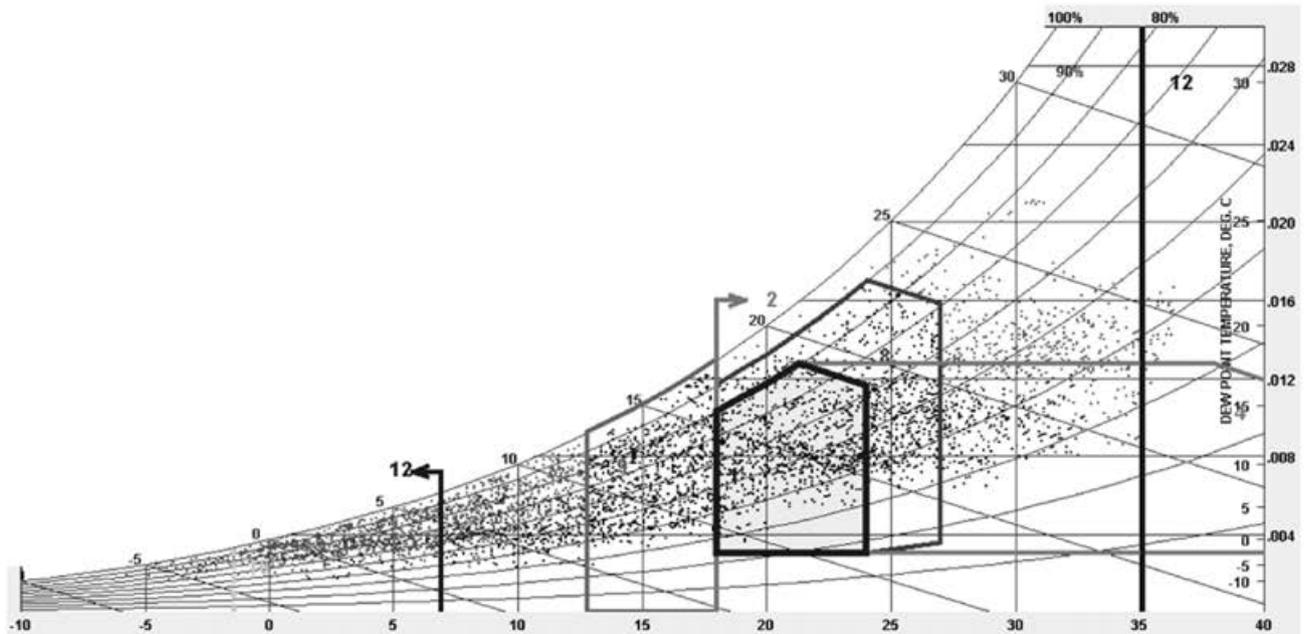


REGGIO EMILIA

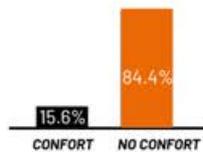


GUASTALLA

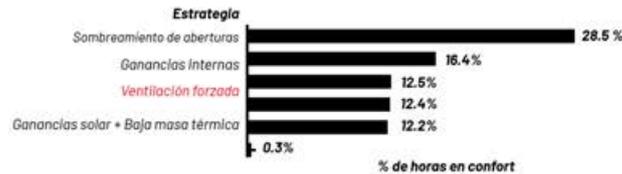
FIGURA 04 A 06. Proyección estereográfica y mapa. Adaptados de Andrew Marsh (n.d.). Sun Path on Map [Gráfico]. Recuperado de: <https://drajmarsh.bitbucket.io/sunpath-on-map.html>
IMAGEN 07 A 08. Imágenes aéreas. Adaptadas de Google Earth Pro 7.3.6.9796 (2024).



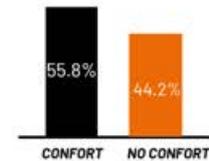
% DE HORAS EN CONFORT
SIN ESTRATEGIAS APLICADAS



SET DE LAS MEJORES ESTRATEGIAS PASIVAS DE DISEÑO PARA EL SITIO.



% DE HORAS DE CONFORT
CON SET DE ESTRATEGIAS APLICADAS



La ciudad de Guastalla, Reggio Emilia posee un clima templado con un verano cálido e invierno húmedo, y corresponde a la clasificación Cfa según la clasificación Köppen-Geiger. Las temperaturas oscilan entre los -1° y 31° (mínima de invierno y máxima de verano).

De la lectura del diagrama psicrométrico se desprende que el confort higrotérmico se alcanza —sin mediar estrategias de climatización— un 15.6% de las horas

estudiadas, mientras que en el restante 84.4% es imprescindible la implementación de estrategias pasivas o activas.

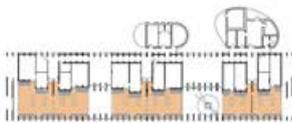
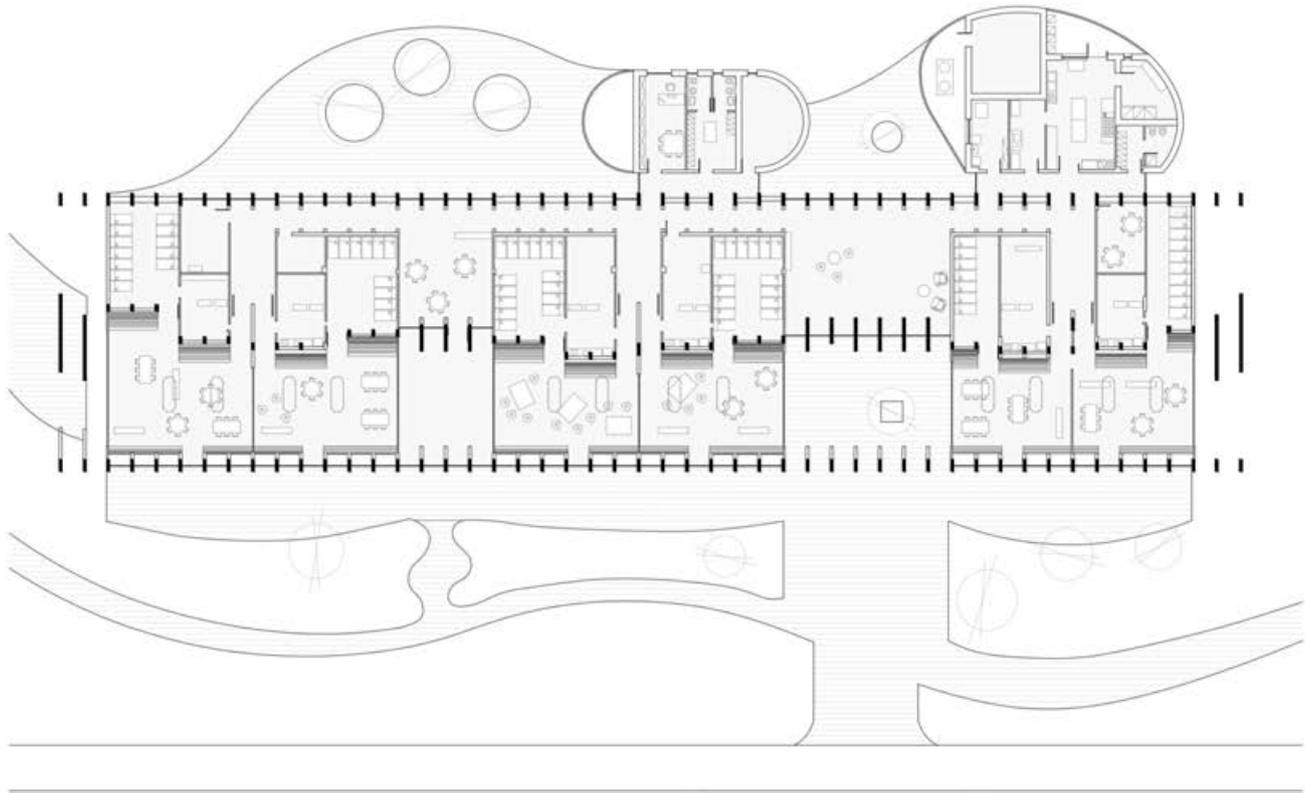
Se recomiendan las siguientes estrategias:

- Generar ganancias de calor internas
- Generar ganancias solares en materiales de baja masa térmica
- Sombrear las ventanas y aberturas

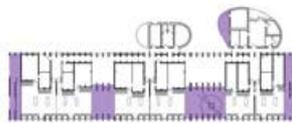
FIGURA 09. Diagrama Psicrométrico. Adaptado de Climate Consultant (n.d.). Psicrometric Chart [Gráfico].

ASILO NIDO IRIDE

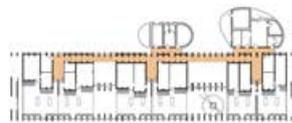
FORMA E IMPLANTACIÓN



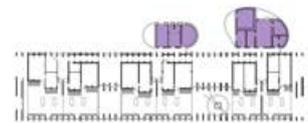
AULAS



PATIOS



CIRCULACIONES

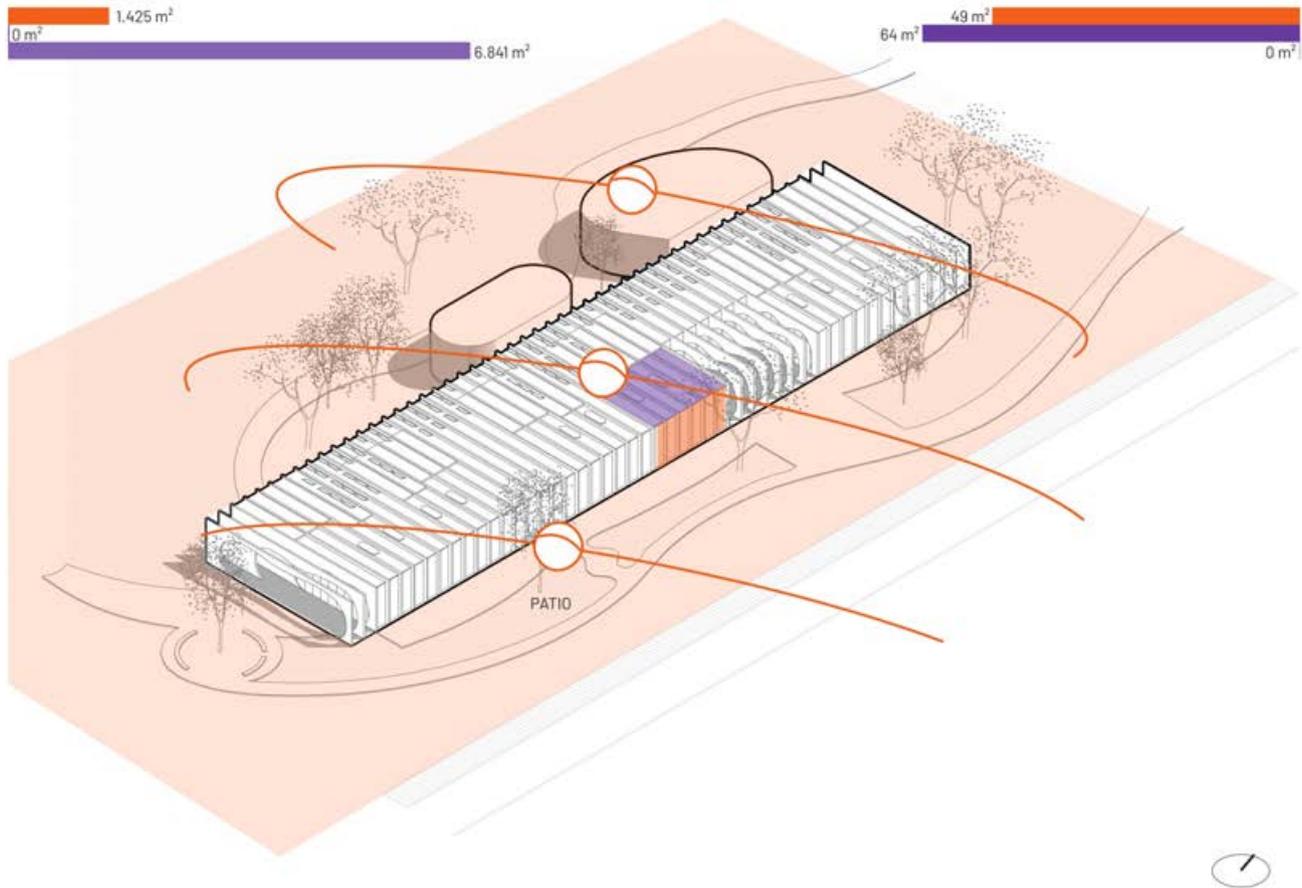


SERVICIOS

FIGURA 10. Planta del conjunto. Adaptada de Archdaily en Español (2015). Kindergarten in Guastalla / Mario Cucinella Architects [Fotografía]. Recuperado de: <https://www.archdaily.com/775276/nido-dinfnanza-a-guastalla-mario-cucinella-architects>

ÁREA PB 1.425 m² / ÁREA PA 0 m² / ÁREA PREDIO 6.841 m²

ÁREA ANTESALA 49m² / ÁREA AULA 64 m² / ÁREA PATIO 0 m²



La escuela infantil se inserta en el entorno natural de manera orgánica, teniendo en cuenta las características típicas del lugar.

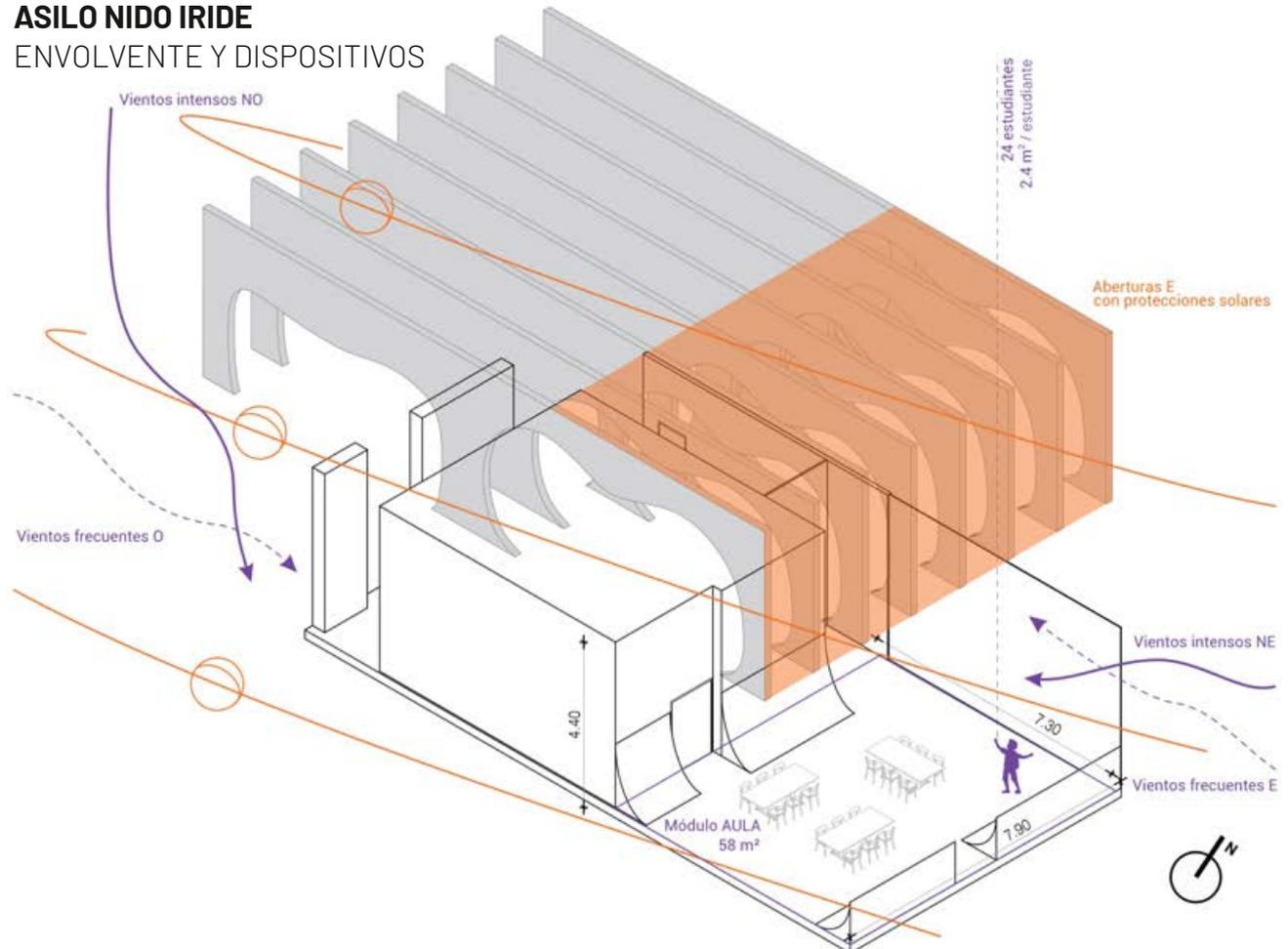
Por fuera del edificio se desarrolló un camino sensorial que se relaciona con los árboles existentes, generando espacios protegidos para el desarrollo de las actividades cotidianas.

La gran importancia de Mario Cucinella para este proyecto fue la relación entre el interior y el exterior, a través de grandes áreas permeables que permiten observar lo que sucede al exterior constantemente, como cambios climáticos, estacionales o variaciones de los niveles de iluminación.

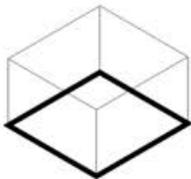
FIGURA 11. Proyección axonométrica del conjunto. Elaboración propia.

ASILO NIDO IRIDE

ENVOLVENTE Y DISPOSITIVOS

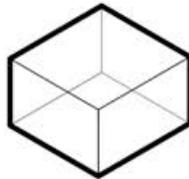


SUPERFICIE



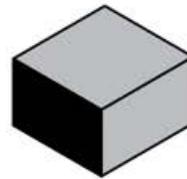
$$S = 58 \text{ m}^2$$

VOLUMEN



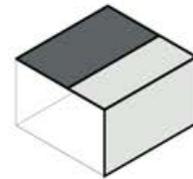
$$V = 254 \text{ m}^3$$

FACTOR FORMA



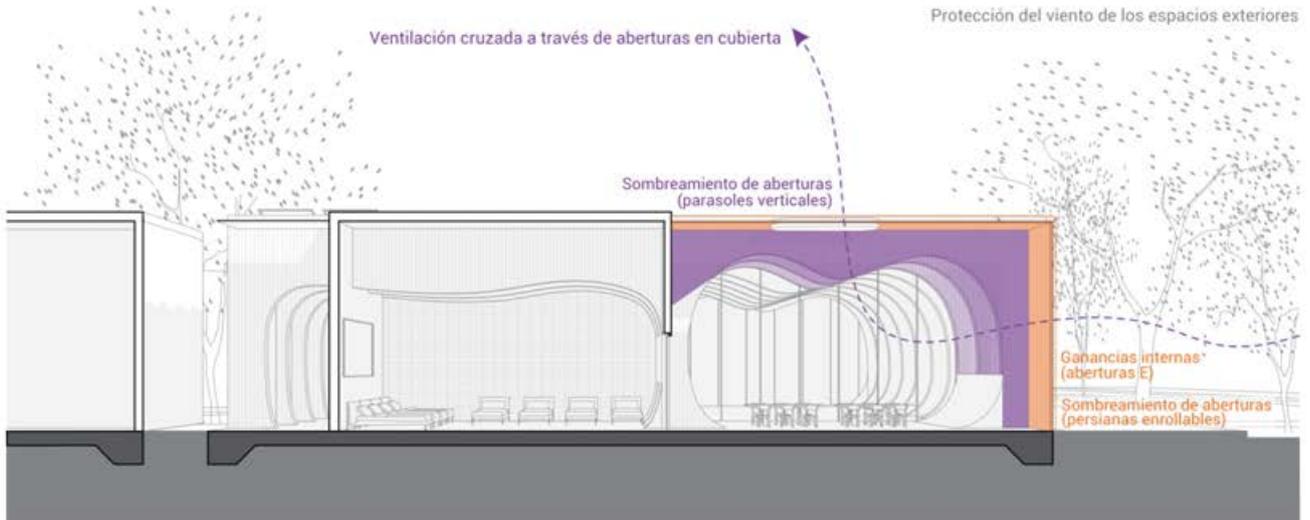
$$FF = 92 \text{ m}^2 / 254 \text{ m}^3 = 0.36$$

FACTOR DE HUECOS



$$Fh = 38 \text{ m}^2 / 92 \text{ m}^2 = 0.41$$

FIGURA 12. Proyección axonométrica del aula y esquemas. Elaboración propia.



Se identifica la aplicación de estrategias que colaboran con el desempeño bioclimático del edificio.

Se genera una ventilación cruzada con efecto chimenea, gracias a las ventanas en el perímetro del edificio y las ventilaciones en el techo.

El edificio posee un sistema de recolección de aguas pluviales que luego pueden abastecer los servicios del edificio, siendo más eficiente bioclimáticamente.

Se ubican las fachadas vidriadas al sureste y noroeste, lo que permite que en el invierno el sol incida directamente en sus horas de mayor fortaleza en prácticamente todo el edificio. Esto puede llegar a ser contraproducente en el verano, pero se entiende que Guastalla es más demandante de calor en el invierno que de frío en el verano.

La madera funciona como aislante térmico para las épocas calurosas del año.

FIGURA 13. Corte perspectivo del aula. Elaboración propia.

ASILO NIDO IRIDE

ESTRATEGIAS DE DISEÑO

(1) Estrategias pertinentes implementadas

Ganancia solar pasiva con baja masa (590hs)

El alto factor de huecos de la envolvente permite la captación de la energía solar incidente a los efectos del calentamiento pasivo. Al orientarse las aulas hacia el suroeste, los espacios de circulación quedan al noroeste. Esto impide el sobrecalentamiento de las aulas en las horas de la tarde en el período caluroso.

Alta masa térmica con ventilación nocturna (580hs)

Si bien no es posible apreciarse con total certeza que se implemente de hecho esta estrategia, el proyecto coloca los recursos suficientes para hacerlo: la madera maciza aportaría la masa térmica que permita amortiguar las diferencias de temperatura a lo largo del día, mientras que los distintos dispositivos de

ventilación podrían habilitar el refrescamiento en las horas de la noche.

Sombreamiento de aberturas (1351hs)

Las costillas estructurales, dispuestas en vertical, se constituyen también como parasoles y le aportan a la envolvente a los efectos del sombreado. Asimismo la vegetación circundante podría ser un elemento relevante a tales efectos, aunque en los registros fotográficos disponibles no se aprecia que tal recurso aparezca con la densidad suficiente como para tener este efecto. En cambio las protecciones presentes —cortinas tipo roller— se posicionan al interior del espacio, por lo que no poseen un efecto de protección de la envolvente acristalada.

(2) Estrategias pertinentes no implementadas

Ganancias internas (778hs)

En cualquier caso, es posible que un planteo así de acristalado pueda presentar inconvenientes en términos de mantener la energía captada –tanto proveniente del interior como del exterior–, pudiendo ser las pérdidas térmicas muy elevadas en momentos en que no exista radiación solar directa, algo especialmente negativo en el periodo frío.

(3) Otras estrategias implementadas

Ventilación

La integración interior de los espacios posibilita la ventilación cruzada, al tiempo que la disposición longitudinal del edificio mejora este aspecto, disminuyendo la cantidad de sectores que no cumplan con esta condición.

Por su parte las aulas pueden ventilarse mediante aberturas colocadas en la cubierta del edificio.

Iluminación interior

El edificio Asilo Nido Iride cuenta con porcentaje elevado de área vidriada al sureste donde allí se encuentran ubicadas las aulas, lo que favorece el nivel lumínico. Asimismo, como dispositivo de protección existen cortinas tipo roller que permiten difuminar la luz directa incidente.

Dispositivos activos

Es importante destacar que este proyecto se apoya también en estrategias activas, tanto de captación de energía –paneles fotovoltaicos–, de reutilización de agua pluvial y de calefacción para el período frío mediante losa radiante.

OBRA
UBICACIÓN
FECHA
AUTOR
CÓDIGO

Lycée Schorge
Koudougou, Burkina Faso
2014-2016
Francis Keré
II-04-Bsh



IMAGEN 01. Vista interior del aula. Keré Architecture (s.f.). Lycée Schorge [Fotografía].
Recuperado de: <https://www.kerearchitecture.com/work/building/lycee-schorge>



IMAGEN 02. Vista exterior. Keré Architecture (s.f.). Lycée Schorge [Fotografía]. Recuperado de: <https://www.kerearchitecture.com/work/building/lycee-schorge>

LYCEÉ SCHORGE

FRANCIS KERÉ

Francis Kéré, nacido en Gando, Burkina Faso, es un arquitecto reconocido por su compromiso con la arquitectura sostenible y la educación. Fue el primer miembro de su comunidad en asistir a la escuela y luego se trasladó a Berlín para estudiar carpintería y arquitectura. Fundó la asociación Schulbausteine für Gando e.V., ahora Kéré Foundation e.V., y su oficina Kéré Architecture. Su primer proyecto, la Escuela Primaria Gando, fue reconocido con el Premio Aga Khan. Kéré ha empleado a cientos de personas locales en sus proyectos de construcción y ha ganado varios premios por su trabajo. En 2021 se convirtió en el primer arquitecto africano en recibir el Premio Pritzker (ArchDaily, 2022).

La Escuela Secundaria Lycée Schorge se ubica en la tercera ciudad más poblada de Burkina Faso. El diseño de la escuela consta de 9 módulos que alojan una serie de aulas y salas de administración, incluyendo una

clínica dental. (Kéré Architecture, s.f.). Terminado en 2016 y financiado por el Stern Stewart Institute de Múnich, esta escuela secundaria busca mejorar el nivel educativo en una región donde el 80% de la población es analfabeta. La nueva escuela es crucial para hacer de la educación una realidad para muchos habitantes (Cigarini, 2017: 40).

El proyecto del colegio Schorge refleja un profundo entendimiento de las construcciones locales, con una disposición similar a las casas autoconstruidas que forman un patio central. La escuela está compuesta por 9 módulos iguales, organizados alrededor de un círculo irregular, e incluye 7 aulas, oficinas y una clínica dental (Cigarini, 2017: 40).

Las paredes del colegio Schorge están hechas de ladrillos locales de arcilla con partículas de fierro, modelados y secados al sol, lo que les da una gran resistencia y capacidad de aislamiento térmico. Las

aulas tienen techos ondulados de hormigón armado y paja, con cortes para la ventilación del aire caliente. Vigas metálicas crean un espacio para la circulación del aire y proporcionan sombra continua alrededor de los bloques. En el exterior, una pared de ramas de eucalipto crea un juego de luz y sombra, reflejando la sostenibilidad climática del edificio (Cigarini, 2017: 40-41).

El colegio Schorge actúa como un condensador social, integrando a una comunidad que antes no tenía acceso a una arquitectura digna. El edificio ha generado un cambio positivo, con la comunidad apropiándose y cuidándolo. Algunos pobladores han contactado a Kéré para que sus hijos estudien arquitectura. Este tipo de obras son esenciales para activar procesos de cambio y romper con modelos occidentales que no siempre se adaptan a la realidad de los países en desarrollo (Cigarini, 2017: 41).

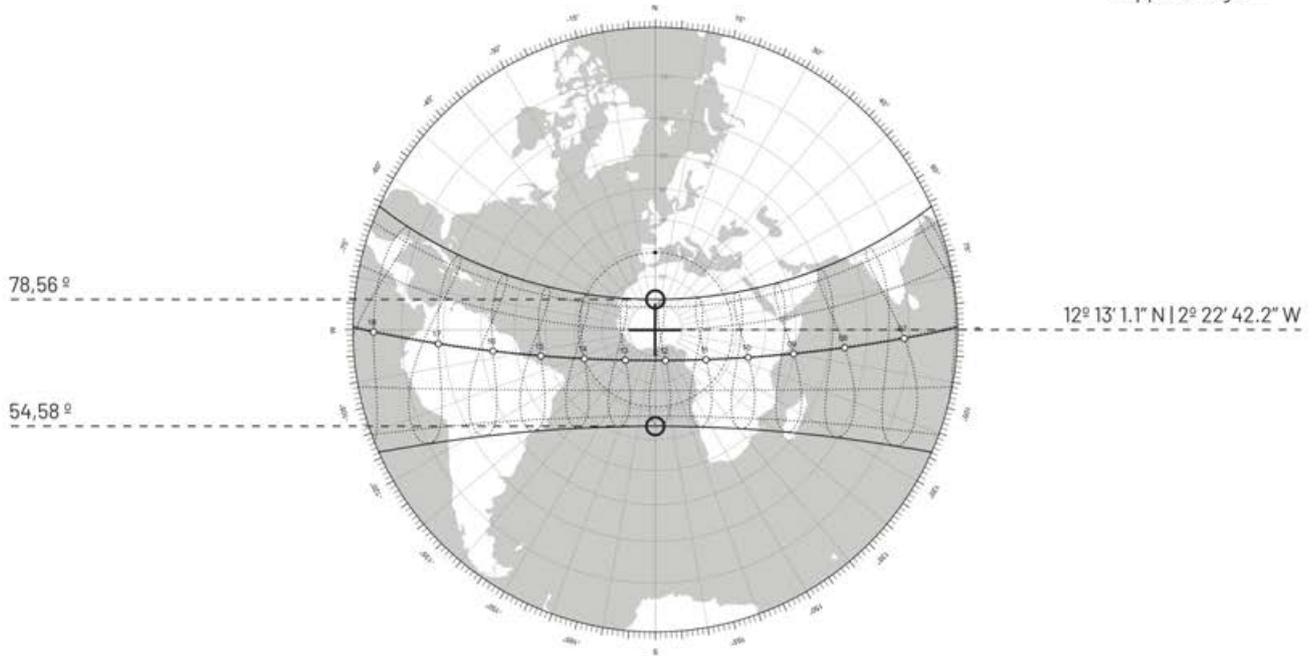


IMAGEN 03. Vista del espacio entre el aula y la envolvente exterior. Kéré Architecture (s.f.). Lycée Schorge [Fotografía]. Recuperado de: <https://www.kerearchitecture.com/work/building/lycee-schorge>

LYCÉE SCHORGE

UBICACIÓN Y CLIMA

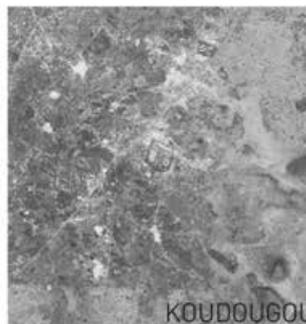
BSh
Clasificación
Köppen-Geiger



ÁFRICA



BURIKINA FASO

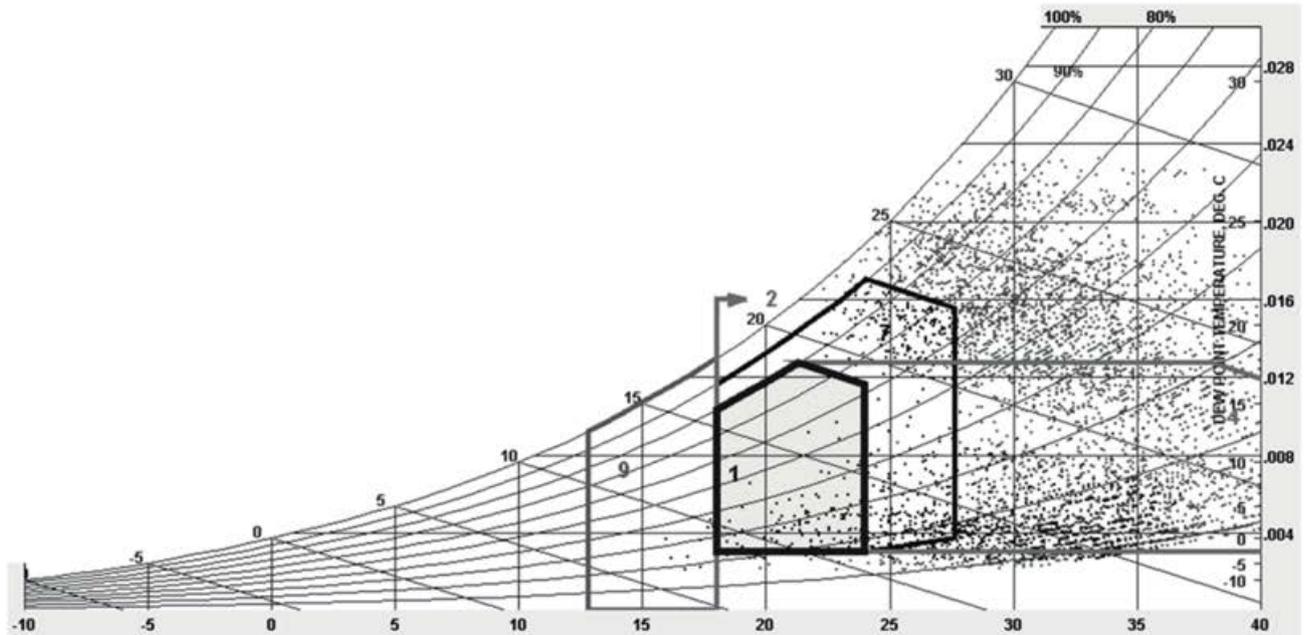


KOUDDOUGOU

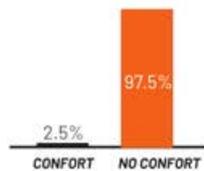


LYCÉE SCHORGE

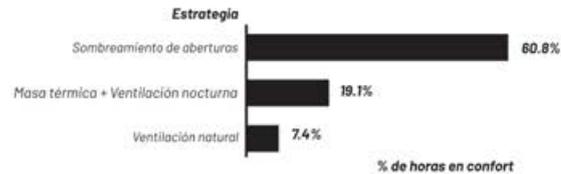
FIGURA 04 A 06. Proyección estereográfica y mapa. Adaptados de Andrew Marsh (n.d.). Sun Path on Map [Gráfico]. Recuperado de: <https://drajmarsh.bitbucket.io/sunpath-on-map.html>
IMAGEN 07 A 08. Imágenes aéreas. Adaptadas de Google Earth Pro 7.3.6.9796 (2024).



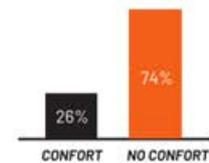
% DE HORAS EN CONFORT
SIN ESTRATEGIAS APLICADAS



SET DE LAS MEJORES ESTRATEGIAS PASIVAS DE DISEÑO PARA EL SITIO.



% DE HORAS DE CONFORT
CON SET DE ESTRATEGIAS APLICADAS



La ciudad de Koudougou, Burkina Faso, posee un clima semiárido y cálido, y corresponde a la clasificación Bsh según la clasificación Köppen-Geiger. Las temperaturas oscilan entre los 15° y 40°.

De la lectura del diagrama psicrométrico se desprende que el confort higrotérmico se alcanza —sin mediar estrategias de climatización— un 2.5% de las horas estudiadas, mientras que en el restante 97.5% es

imprescindible la implementación de estrategias pasivas o activas.

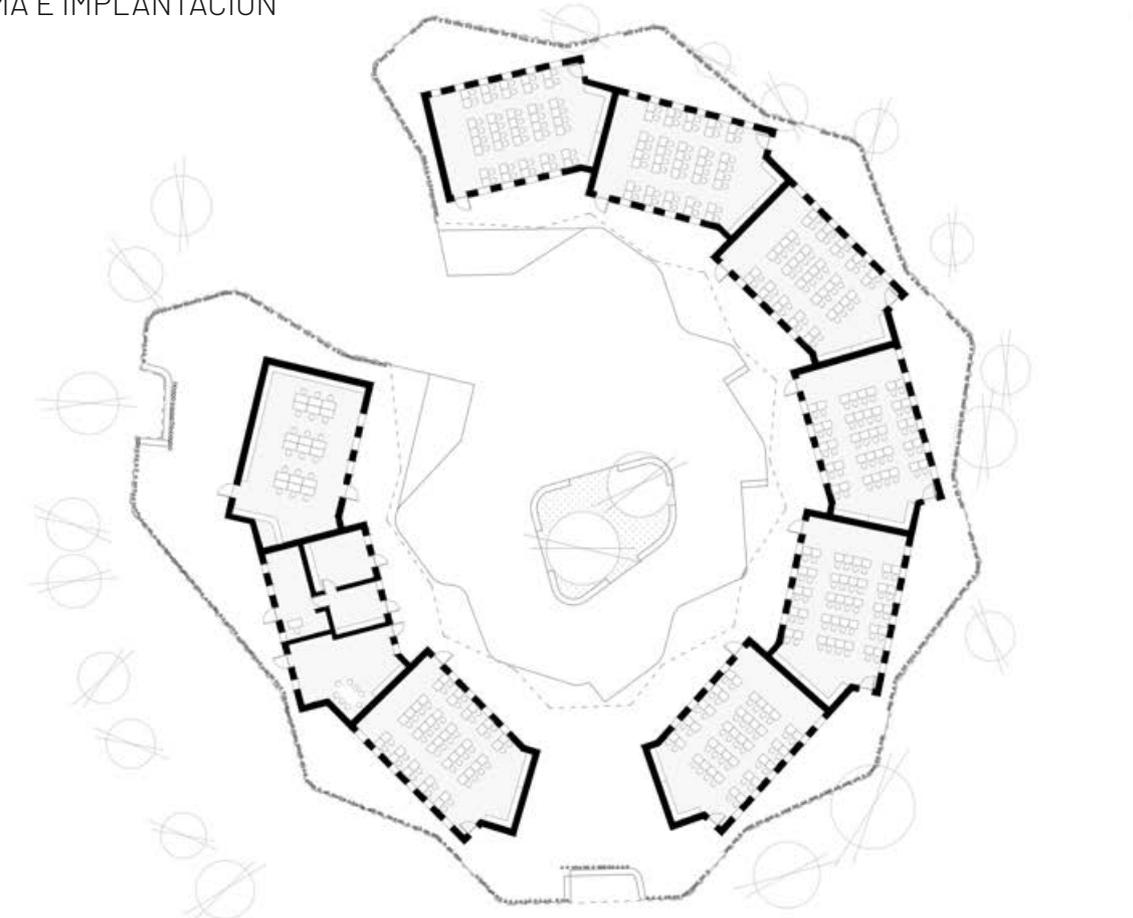
Se recomiendan las siguientes estrategias:

- Sombreamiento de aberturas.
- Alta masa térmica más ventilación nocturna.
- Ventilación natural.

FIGURA 09. Diagrama Psicrométrico. Adaptado de Climate Consultant (n.d.). Psychrometric Chart [Gráfico].

LYCÉE SCHORGE

FORMA E IMPLANTACIÓN



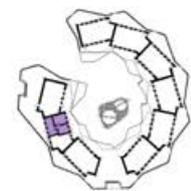
AULAS



PATIOS

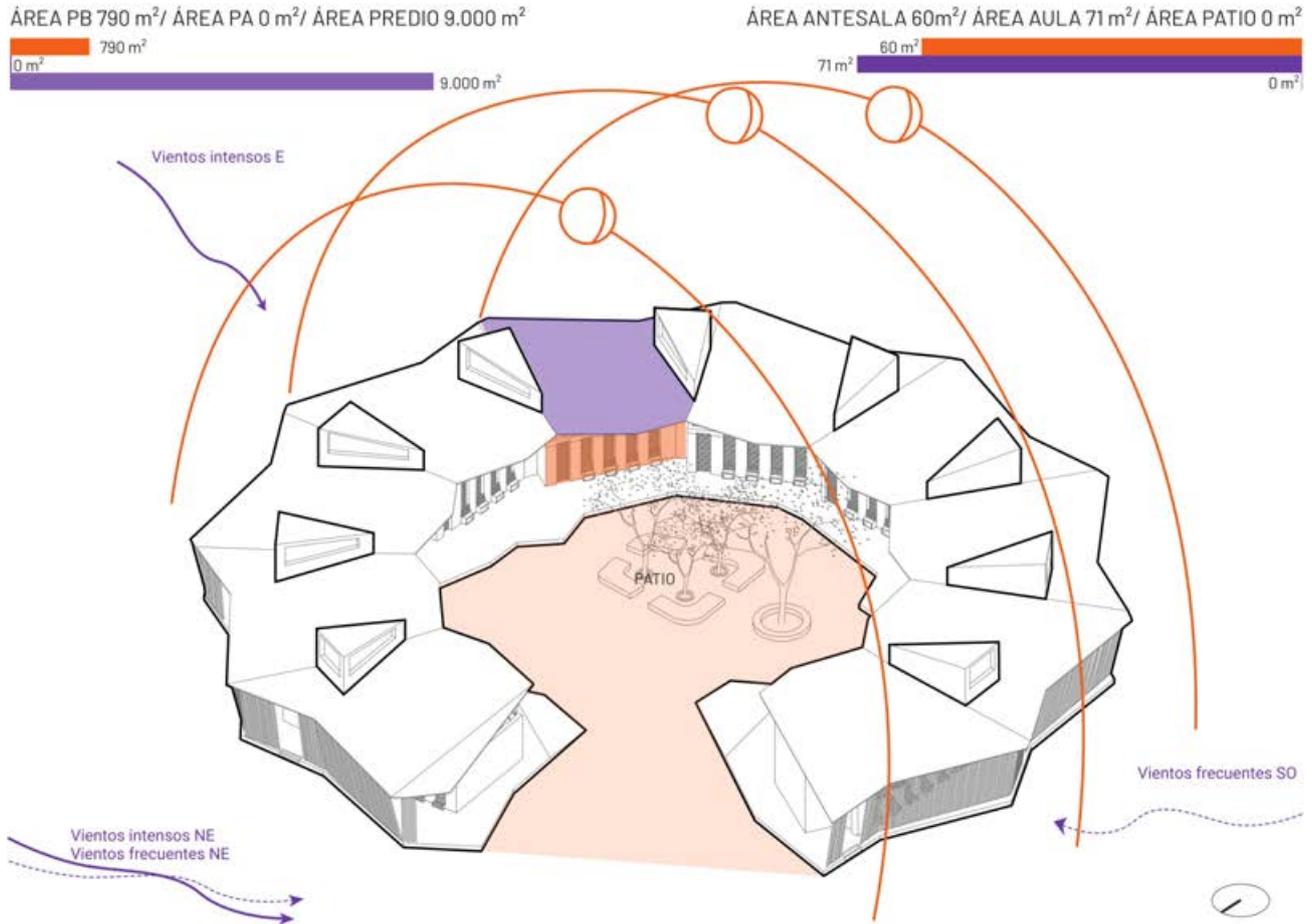


CIRCULACIONES



SERVICIOS

FIGURA 10. Planta del conjunto. Adaptada de Lycée Schorge [Artículo]. Keré Architecture.
Recuperado de: <https://www.kerearchitecture.com/work/building/lycee-schorge>



Los módulos de la escuela están dispuestos radialmente alrededor de un patio central, creando una especie de “aldea” autónoma. Esta configuración no sólo crea privacidad, sino que también protege el patio interior contra el viento y el polvo (Keré Architecture, s.f.). El techo y el zócalo curvo y continuo del colegio Schorge unifican el complejo (Cigarini, 2017: 41). Un aspecto particularmente interesante de esta disposición es que cada aula posee una orientación distinta, que resultaría

inadecuada en situaciones climáticas en las que deba aprovecharse la incidencia solar, en cambio en esta situación, en la que el objetivo es protegerse, no resulta un posicionamiento inadecuado.

El patio interior del colegio Schorge, que rodea dos árboles centrales, simboliza la importancia de la naturaleza. Este espacio es utilizado para actividades escolares comunes, así como para encuentros, fiestas y celebraciones comunitarias (Cigarini, 2017: 41).

FIGURA 11. Proyección axonométrica del conjunto. Elaboración propia.

LYCEÉ SCHORGE

ENVOLVENTE Y DISPOSITIVOS

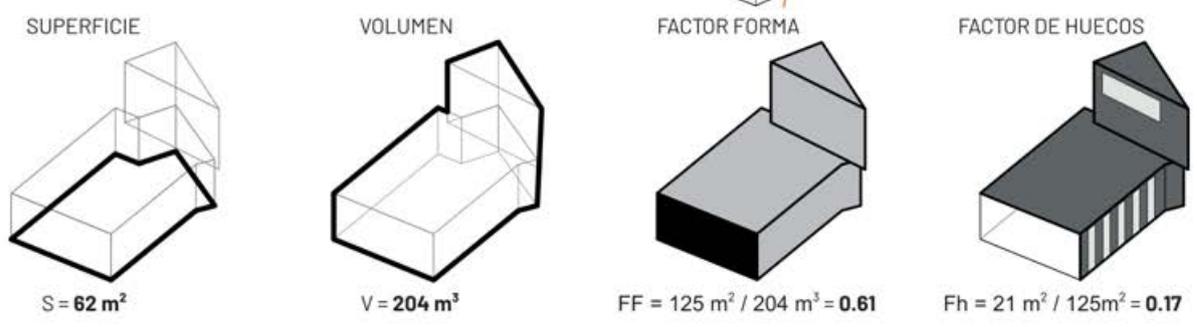
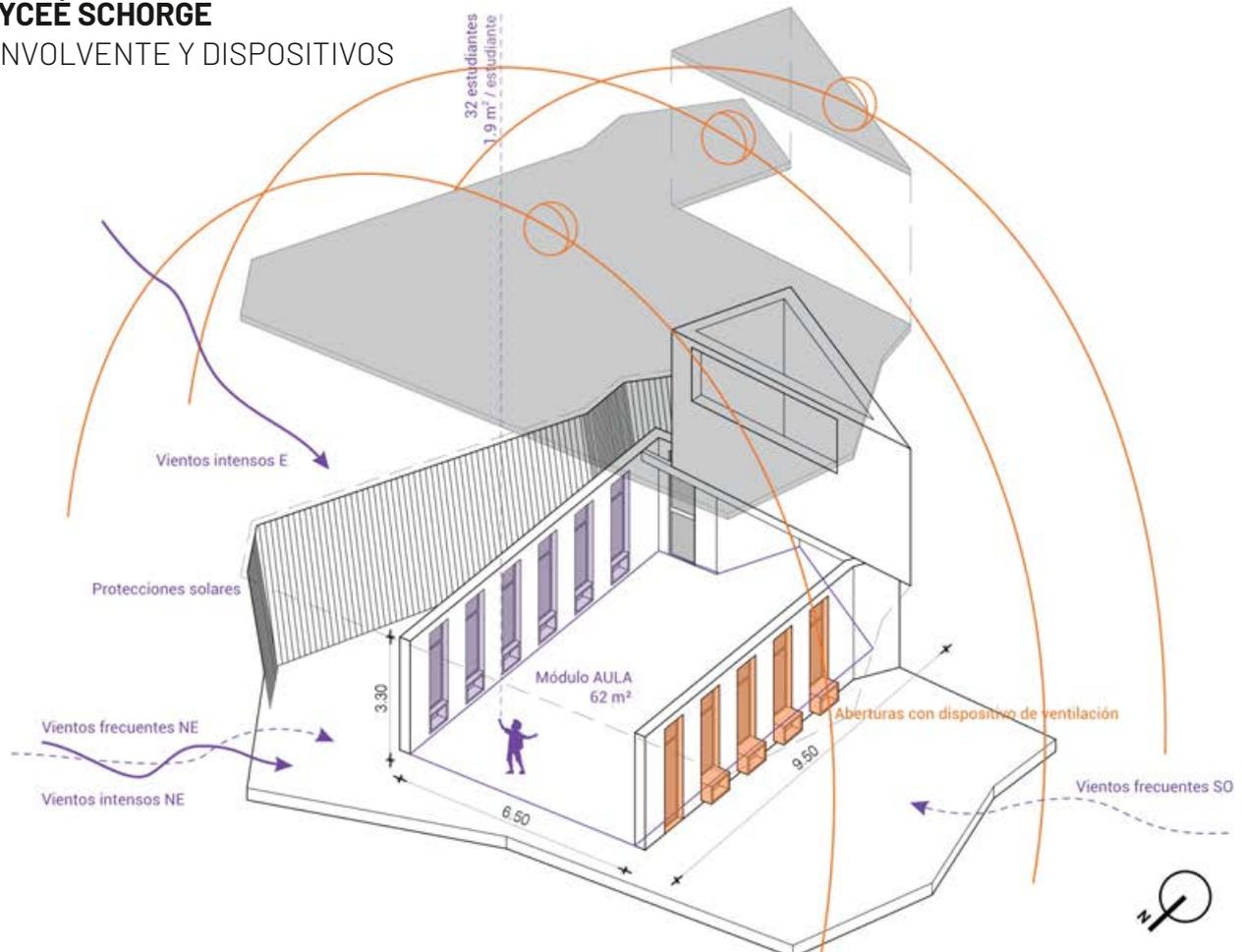
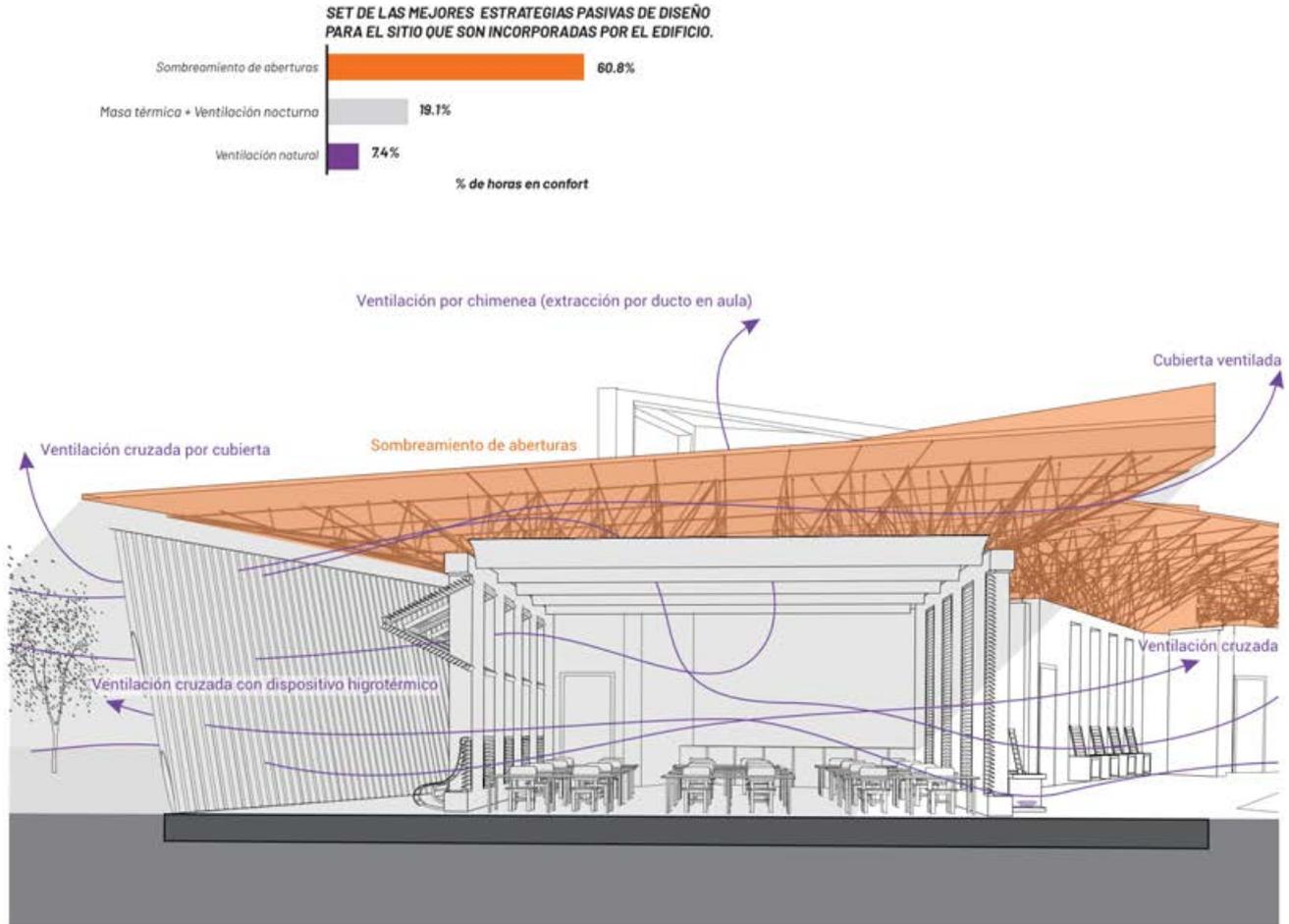


FIGURA 12. Proyección axonométrica del aula y esquemas. Elaboración propia.



De manera análoga al caso I-02-BWh (Escuela en Fares), la estrategia bioclimática consiste principalmente en aislar mediante muros macizos y ventilar mediante la captación de viento. Mediante una doble envolvente ventilada y dispositivos tales como chimeneas, se alcanza fácilmente.

Es preciso destacar el sistema de ventaneo planteado, consistente en una sucesión de aberturas verticales sin vidrio y protegidas mediante lamas horizontales

móviles, pudiendo ser ventajosas en términos de establecimiento de la segregación de actividades, difusión de luz al interior y de aumento de la ventilación.

También existe sombreado de muros: Una fachada secundaria de madera local envuelve las aulas, creando asimismo espacios de reunión informal y protegiendo las aulas del polvo y los vientos (Kéré Architecture, s.f.).

FIGURA 13. Corte perspectivo del aula. Elaboración propia.

LYCEÉ SCHORGE

ESTRATEGIAS DE DISEÑO

(1) Estrategias pertinentes implementadas

Sombreamiento de aberturas (2884 hs)

El sombreado de las aberturas se alcanza mediante dos dispositivos: en primer lugar, a través de parasoles tipo venecianos en las aberturas verticales del aula, y en segundo lugar la capa exterior de elementos de madera, que impiden que exista incidencia solar directa a la interna de las aulas.

Ventilación natural (350hs)

Se visualiza claramente que mediante torres captadoras de viento y la cubierta ventilada se busca que por efecto del movimiento del aire se alcance la disminución de la temperatura interior. De igual modo mediante las aberturas de la envolvente del aula – ventanas y espacios abiertos entre muro y cielorraso – se maximiza la ventilación.

Cada aula del colegio Schorge tiene una torre eólica triangular para ventilación natural, lo que le da al edificio un perfil variado. Estas torres y las zonas sombreadas son esenciales debido al clima tropical, donde las temperaturas pueden alcanzar los 47°C en verano. El diseño del edificio es sostenible y está adaptado inteligentemente a las condiciones climáticas extremas (Cigarini, 2017: 41).

(2) Estrategias pertinentes no implementadas

Alta masa térmica con ventilación nocturna (906hs)

En la reseña oficial del proyecto se indica que las paredes de los módulos están hechas de piedra de laterita producida localmente, un material que proporciona una excelente masa térmica (Kéré Architecture, s.f.). En este proyecto, a diferencia de la escuela en Fares, no se aplica estrictamente la posibilidad de la ventilación nocturna y cerrarse

totalmente en horas del día para conservar el fresco, dado que existen aberturas que no pueden cerrarse por completo, tales como las que existen entre la viga superior de los muros y la cubierta sinusoidal. Es por ello que queda abierta la interrogante de cómo se logra mantener el fresco interior en situaciones en que la temperatura del aire exterior es muy elevada.

(3) Otras estrategias implementadas

Sombreamiento de envolvente

Tanto la capa exterior de elementos de madera, como la cubierta superior, constituyen una segunda envolvente a la del espacio del aula —constituida por muros de ladrillo y cielorrasos de yeso—, quedando un espacio de aire entre ellas, cuyo calentamiento puede disiparse fácilmente por efecto del movimiento del aire.

Refrescamiento evaporativo

En su parte inferior se define un hueco-banco que según consta en los esquemas del proyecto, se prevé para la incorporación de recipientes con agua, que pudieran aportar un refrescamiento evaporativo al interior de las aulas.

Iluminación interior

En materia de iluminación, los cielorrasos ondulados de yeso se separan de las paredes, oficiando de lucernarios y aumentando la iluminación al ser de color blanco (Keré Architecture, s.f.).

Confort acústico

En materia de confort acústico no es posible comprobar el efecto de los cielorrasos ondulados o del bajo grado de aislamiento acústico presente en una envolvente con tantas aperturas.

OBRA
UBICACIÓN
FECHA
AUTOR
CÓDIGO

Campus Colégio Pequeno Príncipe
Ribeirão Preto, Brasil
2022
GOAA - Gusmão Otero Arquitetos Associados
II-05-Cfa



IMAGEN 01. Vista exterior del conjunto, GOAA (2022), CPP Campus Colégio Pequeno Príncipe [Fotografía].
Recuperado de: <https://goaa.com.br/projetos/cpp/campus-colegio-pequeno-principe>



IMAGEN 02. Vista interior. GOAA (2022). CPP Campus Colégio Pequeno Príncipe [Fotografía], Recuperado de: <https://goaa.com.br/projetos/cpp/campus-colegio-pequeno-principe>

CAMPUS COLÉGIO PEQUENO PRÍNCIPE GOAA - GUSMÃO OTERO ARQUITETOS ASSOCIADOS

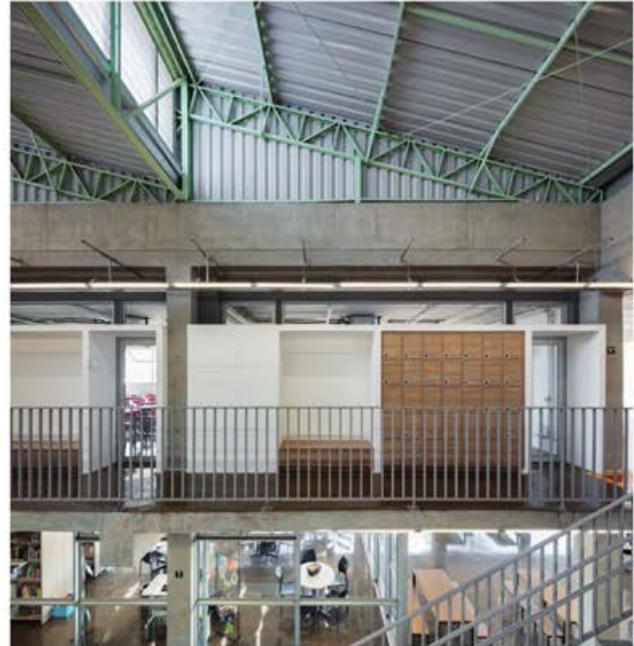
Tal como describen los propios autores (GOAA, 2022) el nuevo campus del Colegio Pequeño Príncipe se ubica en el sur de Ribeirão Preto, en una zona de baja densidad alejada del centro de la ciudad. De acuerdo a la descripción de los autores fue diseñado para integrar la pedagogía humanizada de la institución con las características del terreno de 20,000 m² en el que se ubica. Con una ligera pendiente hacia el oeste, el diseño aprovecha esta topografía organizando el espacio en cuatro bloques independientes, uno para cada ciclo escolar y otro para actividades colectivas. Esta disposición minimiza los movimientos de tierra y permite que cada construcción se inserte en su cota natural, creando así espacios externos autónomos y respetuosos con el entorno. En el centro de los bloques se encuentra una amplia plaza central diseñada para albergar a toda la comunidad escolar,

que se complementa con una pista de atletismo, una cancha al aire libre y una de arena. Un enfoque clave del proyecto es la integración de los edificios con el entorno natural, reforzando la creación de espacios abiertos y permeables, lo que se ve reflejado en la plantación de 250 nuevos árboles y la implementación de un paisajismo cuidadoso.

La estructura de los bloques está construida en hormigón armado, con un sistema de pilares y vigas moldeados in situ y losas prefabricadas. El diseño expone intencionalmente la materialidad constructiva, mostrando tanto las instalaciones eléctricas como hidráulicas, lo que añade un carácter honesto y funcional a la estética del campus. Los brises y aleros incorporados en los edificios proporcionan protección solar y ventilación, esenciales para el confort ambiental.

Adicionalmente, el campus apuesta por la sostenibilidad mediante la instalación de paneles solares que generan el 50% de la energía requerida, demostrando un compromiso con prácticas constructivas y operativas ecológicas. El enfoque modular del diseño no solo facilita una construcción más rápida y limpia, sino que también reduce significativamente los residuos de construcción, contribuyendo a un impacto ambiental menor.

La construcción de cada bloque del nuevo campus del Colegio Pequeño Príncipe sigue un principio rector de diseño consistente: una estructura prefabricada de hormigón combinada con parasoles y aleros. Esta combinación no solo proporciona un comportamiento climático eficiente, sino que también asegura la durabilidad y la funcionalidad del complejo.



CAMPUS COLÉGIO PEQUENO PRÍNCIPE UBICACIÓN Y CLIMA

Cfa
Clasificación
Köppen-Geiger

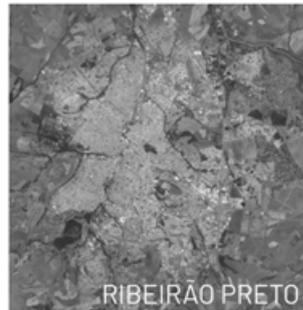
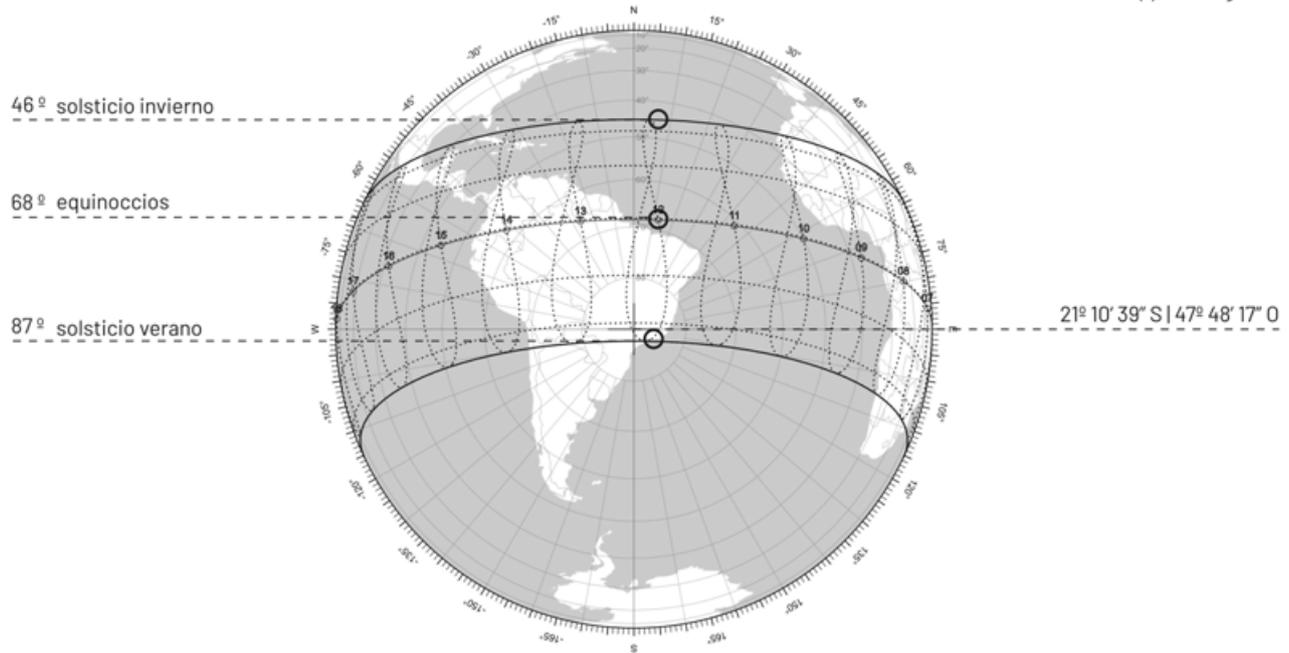
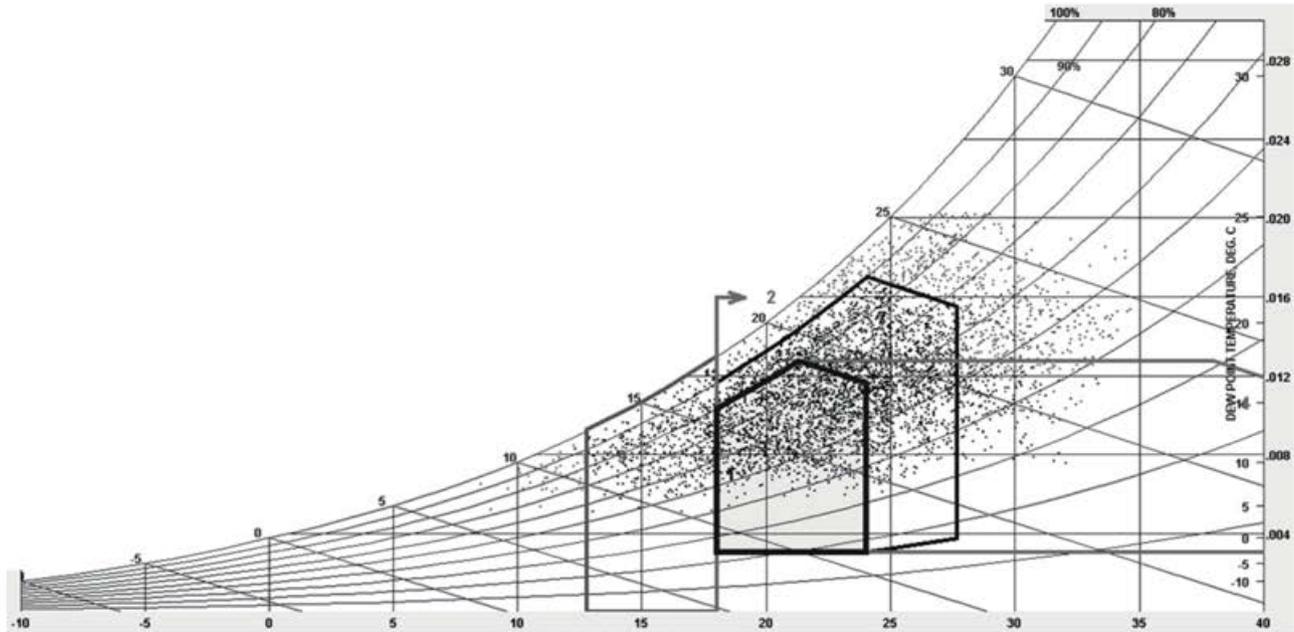
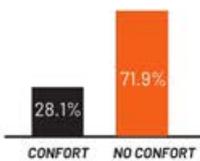


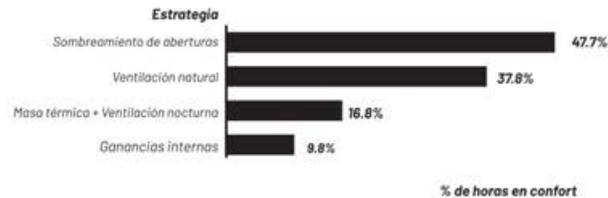
FIGURA 04 A 06. Proyección estereográfica y mapa. Adaptados de Andrew Marsh (n.d.). Sun Path on Map [Gráfico]. Recuperado de: <https://drajmarsh.bitbucket.io/sunpath-on-map.html>
IMAGEN 07 A 08. Imágenes aéreas. Adaptadas de Google Earth Pro 7.3.6.9796 (2024).



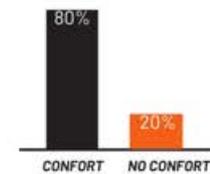
% DE HORAS EN CONFORT
SIN ESTRATEGIAS APLICADAS



SET DE LAS MEJORES ESTRATEGIAS PASIVAS DE DISEÑO PARA EL SITIO.



% DE HORAS DE CONFORT
CON SET DE ESTRATEGIAS APLICADAS



La escuela se encuentra ubicada en Ribeirão Preto, un municipio brasileño del interior del estado de São Paulo. Esta región posee un clima tropical de sabana, según la clasificación climática de Köppen. Los resultados del diagrama psicrométrico de la ciudad (realizado según el calendario lectivo y los horarios de clase correspondientes) muestran que el conjunto de las mejores estrategias energéticas pasivas permitiría alcanzar un confort interno en el 80 % de los días del

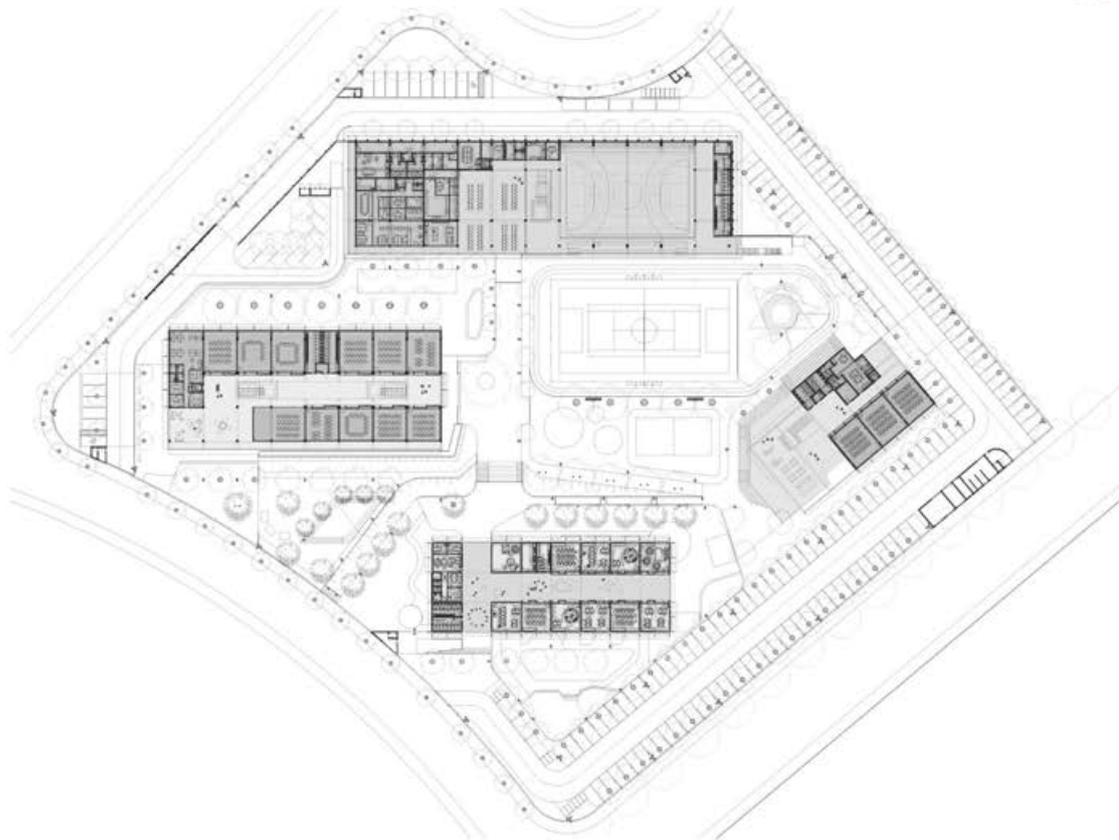
año, quedando el 20 % restante para ser acondicionado mediante algún sistema mecánico. Para maximizar el confort pasivo, es necesario aplicar principalmente cuatro estrategias energéticas:

- Sombreamiento de aberturas.
- Ventilación natural.
- Masa térmica + ventilación nocturna.
- Ganancias internas

FIGURA 09. Diagrama Psicrométrico. Adaptado de Climate Consultant (n.d.). Psychrometric Chart [Gráfico].

CAMPUS COLÉGIO PEQUENO PRÍNCIPE

FORMA E IMPLANTACIÓN



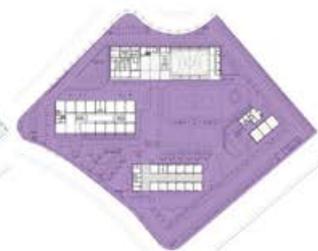
AULAS



SERVICIOS



CIRCULACIONES

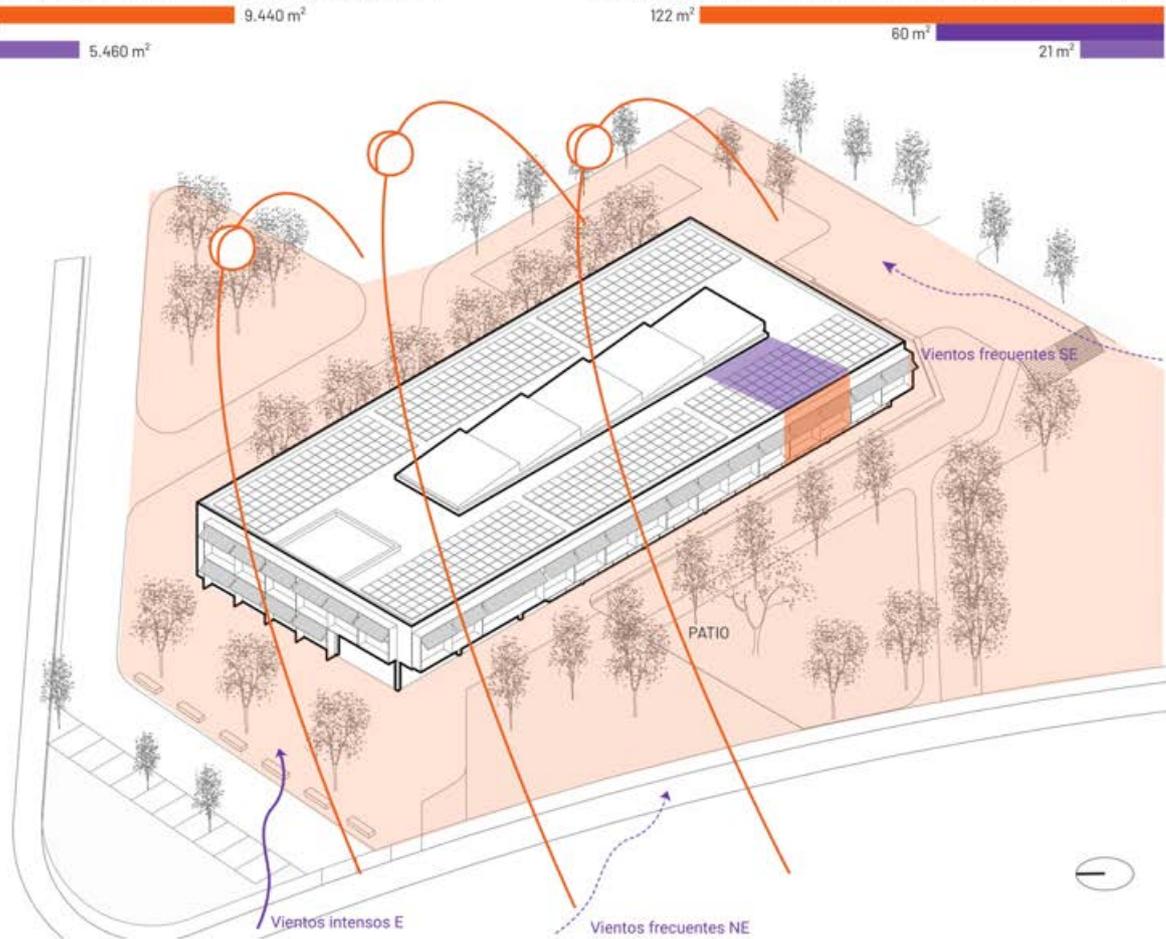


PATIOS

FIGURA 10. Planta del conjunto. Adaptada de CPP Campus Colégio Pequeno Príncipe [Artículo]. GOAA.
Recuperado de: <https://goaa.com.br/projetos/cpp/campus-colegio-pequeno-principe>

ÁREA PB 5.460 m²/ ÁREA PA 1.500 m²/ ÁREA PREDIO 9.440 m²

ÁREA ANTESALA 21m²/ ÁREA AULA 60 m²/ ÁREA PATIO 122 m²



Tres de los bloques del edificio están orientados en la dirección noreste-suroeste (NE/SO), mientras que el cuarto bloque está ligeramente inclinado, alineándose con la dirección de la calle adyacente. Esta disposición estratégica permite una mejor integración del edificio con el entorno urbano.

Para los tres bloques dedicados a las aulas, se adoptó un esquema organizativo uniforme: una circulación central que actúa como eje principal, con aulas mono

orientadas a cada lado. Este diseño permite una distribución eficaz del espacio y una organización clara, facilitando el flujo de personas y el acceso a las diferentes áreas del edificio.

La circulación central es un espacio techado de doble altura que está abierto en sus extremos. Esta configuración permite una entrada adicional de luz natural y aire, creando un ambiente luminoso y ventilado.

FIGURA 11. Proyección axonométrica del conjunto. Elaboración propia.

CAMPUS COLÉGIO PEQUENO PRÍNCIPE

ENVOLVENTE Y DISPOSITIVOS

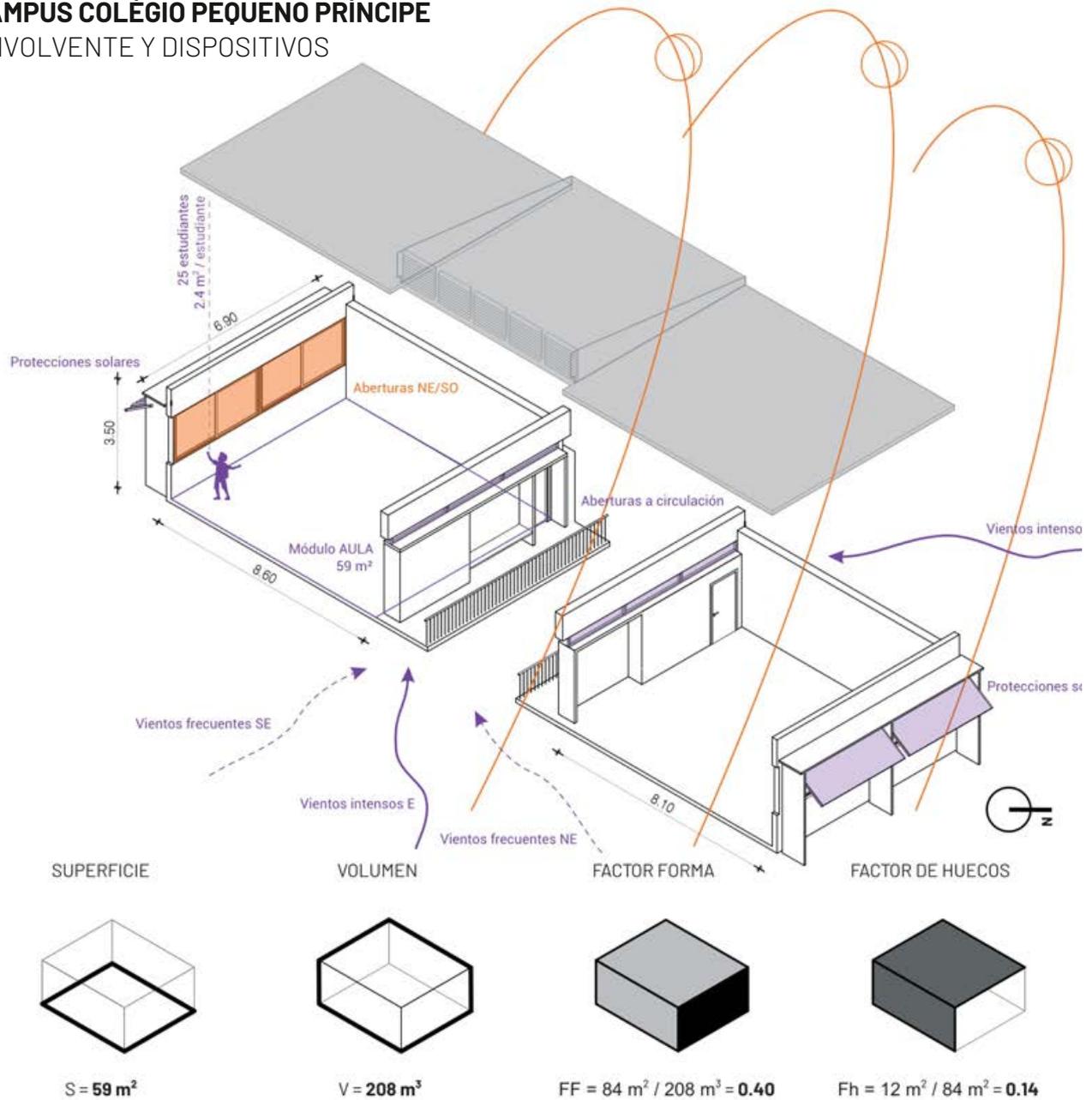
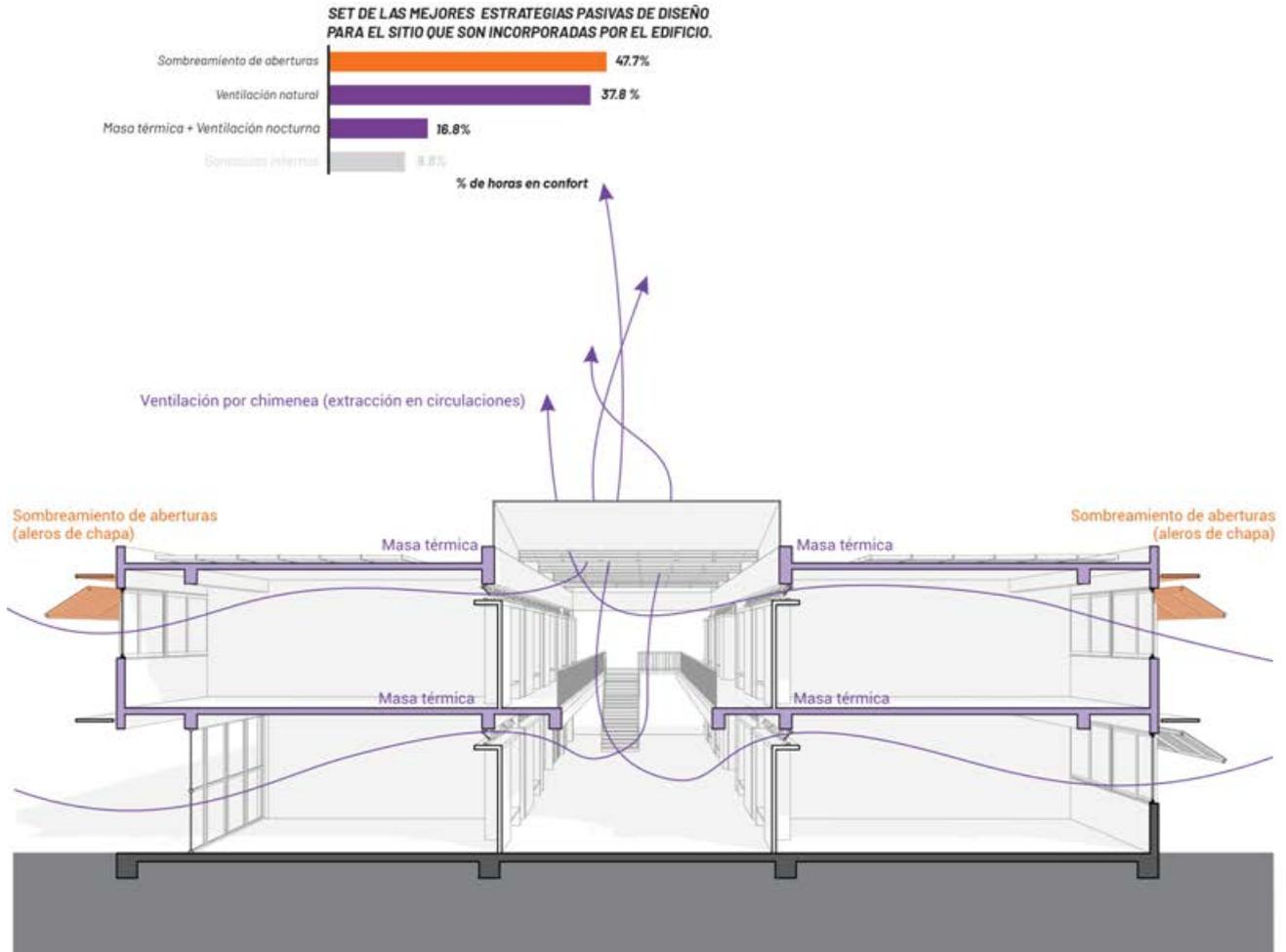


FIGURA 12. Proyección axonométrica del aula y esquemas. Elaboración propia.



- La protección solar se logra mediante voladizos en los bloques, que, junto con brise-soleil correctamente ubicados, protegen adecuadamente las aberturas. Las aberturas, especialmente en las aulas, no son de grandes dimensiones y cuentan con antepechos para evitar ganancias solares innecesarias.

- La ubicación estratégica de las ventanas permite una ventilación cruzada eficiente, con un ventanal en

la fachada principal y ventanas elevadas en la fachada que da hacia la circulación semiexterior. Además, las ventanas aseguran una óptima iluminación natural. En algunos bloques, los parasoles son dobles, proporcionando una mayor protección solar.

- La incorporación de vegetación contribuye a evitar el sobrecalentamiento exterior, ofreciendo protección adicional a las ventanas.

FIGURA 13. Corte perspectivo del aula. Elaboración propia.

CAMPUS COLÉGIO PEQUENO PRÍNCIPE

ESTRATEGIAS DE DISEÑO

En el diseño del nuevo campus del Colegio Pequeño Príncipe, se han aplicado las tres estrategias energéticas fundamentales basadas en el diagrama psicrométrico: protección solar, buena ventilación natural y uso de masa térmica con ventilación nocturna.

(1) Estrategias pertinentes implementadas

Sombreamiento de aberturas:

Se logra mediante varios elementos arquitectónicos. Los grandes voladizos de los bloques proporcionan sombra directa a las fachadas, reduciendo la incidencia solar. Además, las aberturas están protegidas con brisoleis, que son lamas metálicas inclinadas que controlan la entrada de luz solar directa, contribuyendo a mantener un ambiente interior más fresco. La incorporación de vegetación cerca de los edificios añade otra capa de protección, creando sombra natural y ayudando a moderar la

temperatura alrededor de las estructuras.

Ventilación natural:

La circulación central de cada bloque es clave para asegurar una ventilación cruzada efectiva. Esta circulación está diseñada en múltiples alturas, techada pero abierta en sus extremos, lo que facilita un flujo constante de aire. Gracias a su apertura en las cuatro orientaciones, se permite la entrada y salida del aire, promoviendo un enfriamiento natural del edificio y evitando la acumulación de calor. Este diseño no solo garantiza un ambiente interior más confortable, sino que también ofrece la posibilidad de forzar la ventilación hacia el interior de las aulas cuando sea necesario. Este espacio central, semiabierto y protegido del sol, está diseñado para funcionar como un corredor ventilado en las cuatro direcciones actúa como un área de transición que no solo conecta las diferentes partes del edificio, sino que también sirve como un lugar de encuentro y

socialización, al tiempo que mantiene una buena ventilación natural y una protección solar adecuada. Esta combinación de diseño y funcionalidad refleja el enfoque del proyecto hacia la creación de un entorno educativo que promueva el bienestar y la interacción.

Masa térmica con ventilación nocturna:

Para responder a las distintas necesidades de confort en el edificio, se han utilizado dos sistemas constructivos diferentes. Las áreas de circulación, donde el movimiento y la transición son más frecuentes y las exigencias térmicas son menores, están construidas de manera liviana con cubierta de chapa, lo que permite una rápida adaptación a los cambios de temperatura. En contraste, las aulas, que requieren un mayor control del confort térmico, están construidas con un sistema de hormigón. Este material proporciona una mayor masa térmica, lo que significa que puede almacenar calor durante el día y liberarlo durante la noche, manteniendo una

temperatura más estable dentro de las aulas. Estas estrategias arquitectónicas y constructivas integradas garantizan un alto rendimiento energético del campus, aprovechando al máximo los recursos naturales disponibles y minimizando la dependencia de sistemas artificiales de climatización.

(2) Estrategias pertinentes no implementadas

Se puede observar en las fotos de los autores que las ventanas no cuentan con cortinas. Aunque las aberturas están protegidas por el voladizo del edificio y por aleros metálicos inclinados, lo que contribuye a reducir la incidencia directa de la luz solar, probablemente estas medidas no sean suficientes para evitar el encandilamiento en ciertas horas del día.

(3) Otras estrategias implementadas

El proyecto contempla la recolección de agua de lluvia para usos internos, así como la instalación de paneles solares en la azotea.