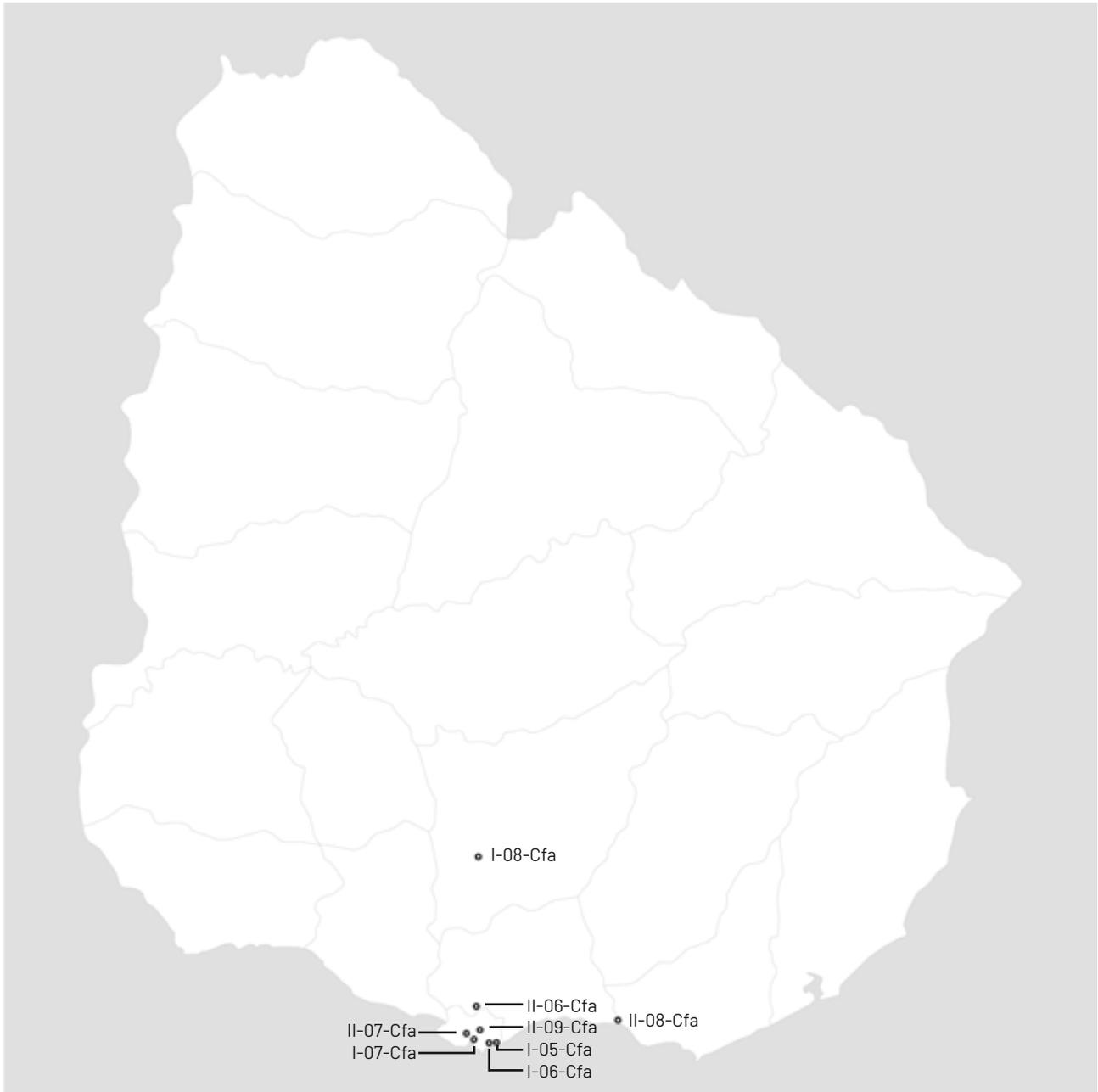
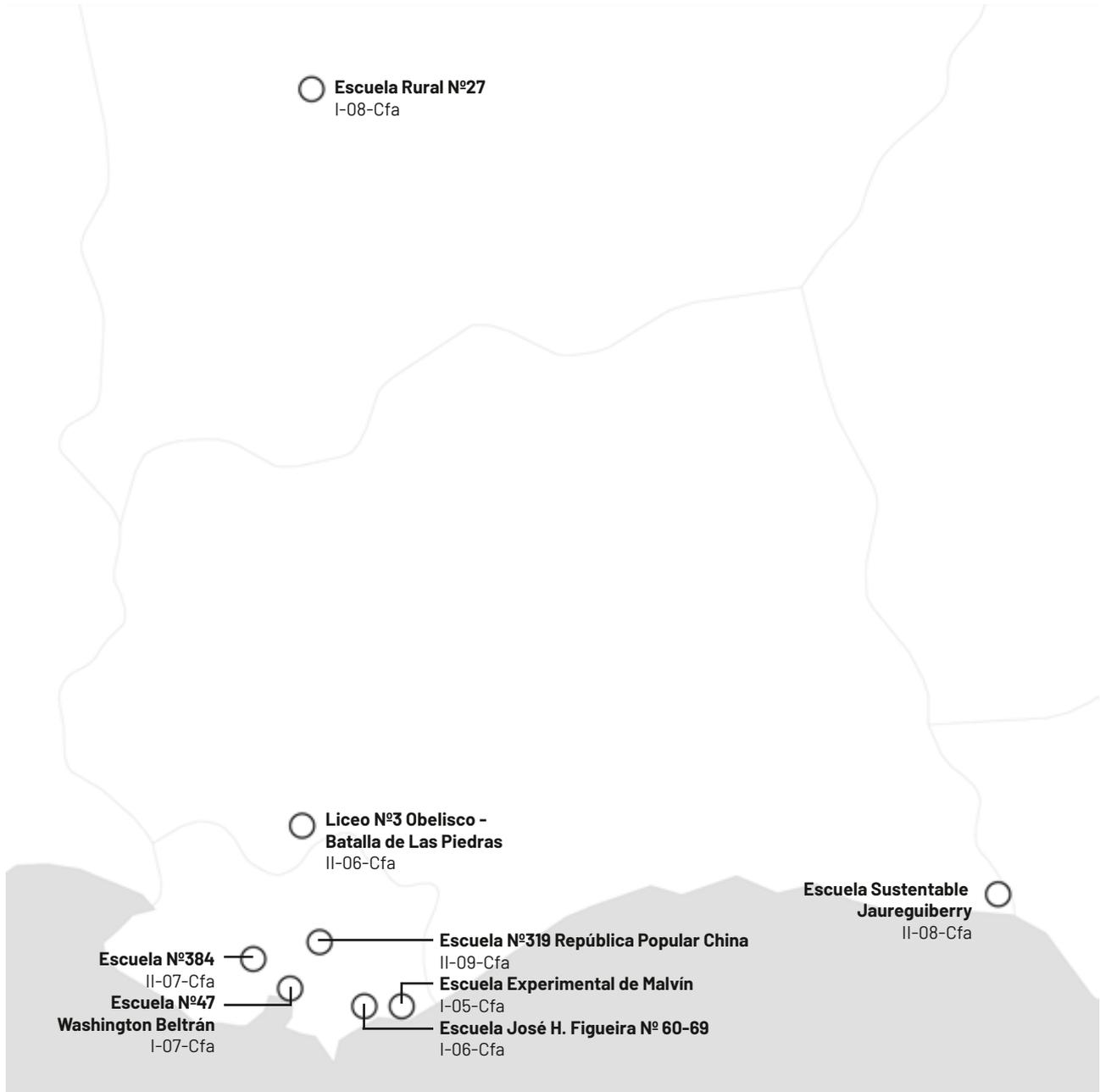


CASOS NACIONALES

4b





CASOS NACIONALES

UBICACIÓN Y CLIMA

A nivel nacional se toma el clima de Montevideo como referente porque es aquí donde se ubican la mayor parte de los edificios educativos analizados.

Se tiene conocimiento de que en Uruguay existen varias zonas climáticas con diferentes rangos de temperatura, humedad y diferentes características de los vientos, pero se considera que el "caso Montevideo" puede ser generalizable a todo el país porque las estrategias energéticas a aplicar van a ser prácticamente las mismas, lo que varía son sus porcentajes de incidencia. Es decir, si se va a realizar construir un edificio educativo en una localidad del Norte del país como Artigas, con promedios de temperatura mayores a las de Montevideo, se deberá tener prioridad en algunas estrategias de ventilación o sombreadamiento frente a las de captación de radiación solar.

Comparando los resultados obtenidos en el CC para los climas de Montevideo y Salto, se observa que el programa sugiere que se apliquen exactamente las mismas estrategias higrotérmicas, lo que sí varía es el porcentaje de incidencia de cada una, tal como se mencionó anteriormente. Además de esta

comparación, se estudia también la diferencia entre un análisis anual (enero-diciembre de 00:00 a 24:00) a un año lectivo (marzo-diciembre de 8:00 a 17:00). En el primer período se recomienda asociar la ganancia solar a una alta masa térmica del cerramiento, mientras que en el año lectivo se aconseja vincularla a un elemento constructivo con baja masa térmica.

A continuación, se detallan las estrategias energéticas

recomendadas para nuestro clima, indicando los

porcentajes de incidencia en Montevideo y Salto:

GANANCIAS INTERNAS

(MONTEVIDEO 41.2% / SALTO 18.3%)

En esta zona las cargas internas -luces, personas, equipos- mantendrán por sí solas al edificio dentro de la zona de confort. Las cargas internas pueden variar según el uso del edificio. Esta estrategia debe estar asociada a la conservación de esta energía mediante una correcta hermeticidad y aislación del edificio.

SOMBREAMIENTO DE ABERTURAS

(MONTEVIDEO 31.9% / SALTO 43.4%)

Se define por una temperatura de bulbo seco exterior y una radiación horizontal total mínima sobre la cual todas las ventanas deben ser sombreadas. Una buena regla es utilizar la temperatura más baja que define la zona de confort, porque por encima de esta temperatura cualquier radiación solar que entre en el edificio no contribuirá a la comodidad y probablemente contribuirá a sobrecalentar el espacio. Es particularmente eficaz en las ventanas para ayudar a evitar que las temperaturas de bulbo seco interiores superen la temperatura ambiente.

GANANCIA SOLAR + BAJA MASA TÉRMICA

(MONTEVIDEO 18.1% / SALTO 8.3%)

Esta estrategia se obtiene por la combinación de las ganancias solares, que permiten un calentamiento solar pasivo, y la capacidad material de los cerramientos de poseer baja masa térmica.

Se observa que, si no son consideradas en conjunto, la estrategia reducirá en gran medida su efectividad.

A continuación, se describe cada una de ellas por separado:

GANANCIA SOLAR

Si el edificio tiene la cantidad adecuada de vidrio expuesto a la radiación solar, el calentamiento solar pasivo puede elevar la temperatura interna. Se asume que el sombreado bloquea la radiación solar directa cuando no es necesaria. Si se trata de un edificio de gran masa térmica, la cantidad de vidrio puede ser mayor sin peligro de que la ganancia solar sobrecaliente el espacio.

BAJA MASA TÉRMICA

En esta zona la masa térmica debe ser reducida porque no es necesario almacenar las ganancias solares obtenidas. El cerramiento liviano recibe la radiación solar directa a través de una abertura y la libera rápidamente al espacio, ya que no posee capacidad acumulativa.

VENTILACIÓN NATURAL

(MONTEVIDEO 11.1% / SALTO 21.4%) En esta zona se alcanza el confort mediante el efecto de enfriamiento por movimiento del aire en el interior del edificio. En climas cálidos y húmedos, el movimiento del aire es una de las pocas formas de producir un efecto de enfriamiento en el cuerpo humano. Se produce aumentando la tasa de evaporación del sudor y generando sensación de enfriamiento (teniendo en cuenta que la ventilación en realidad no reduce la temperatura del bulbo seco). Se asume que las aberturas en el edificio se ajustarán para utilizar plenamente las velocidades del viento más bajas o para reducir las velocidades del viento más altas a velocidades interiores cómodas, y que el edificio está diseñado para una

ventilación cruzada adecuada o ventilación por chimenea para proporcionar velocidades de aire cómodas a través del edificio.

ALTA MASA TÉRMICA + VENT. NOCTURNA (MONTEVIDEO 11.7% / SALTO 19.6%)

En este caso se combina las estrategias de un cerramiento con elevada masa térmica y la ventilación natural, ambas descritas anteriormente. La única particularidad de esta combinación es que la ventilación natural se debe realizar por la noche, en ausencia de la radiación solar directa.

Se aclara que, al igual que en el análisis de los centros educativos internacionales, para el presente trabajo no se indicó si la estrategia energética GANANCIAS INTERNAS estaba aplicada o no. Ésta depende del uso particular del edificio y de la hermeticidad y aislación de los cerramientos. Se considera que la misma debe estar aplicada en la mayoría de los casos, pero como no se realizó ningún análisis técnico/práctico de las capacidades de los cerramientos, no se puede confirmar que la misma esté aplicada efectivamente. Algo similar sucede con la combinación de las estrategias

ALTA MASA TÉRMICA + VENTILACIÓN NOCTURNA.

En este caso, la estrategia depende del uso y de que el espacio realmente sea ventilado por las noches. Sólo se considera que es completamente efectiva esta estrategia en aquellos casos donde la ventilación se realiza a través de rejillas, y por lo tanto, no requiere de la apertura de un vano para que el espacio se pueda ventilar.

CASOS INTERNACIONALES

UBICACIÓN Y CLIMA

Cfa
Clasificación
Köppen-Geiger

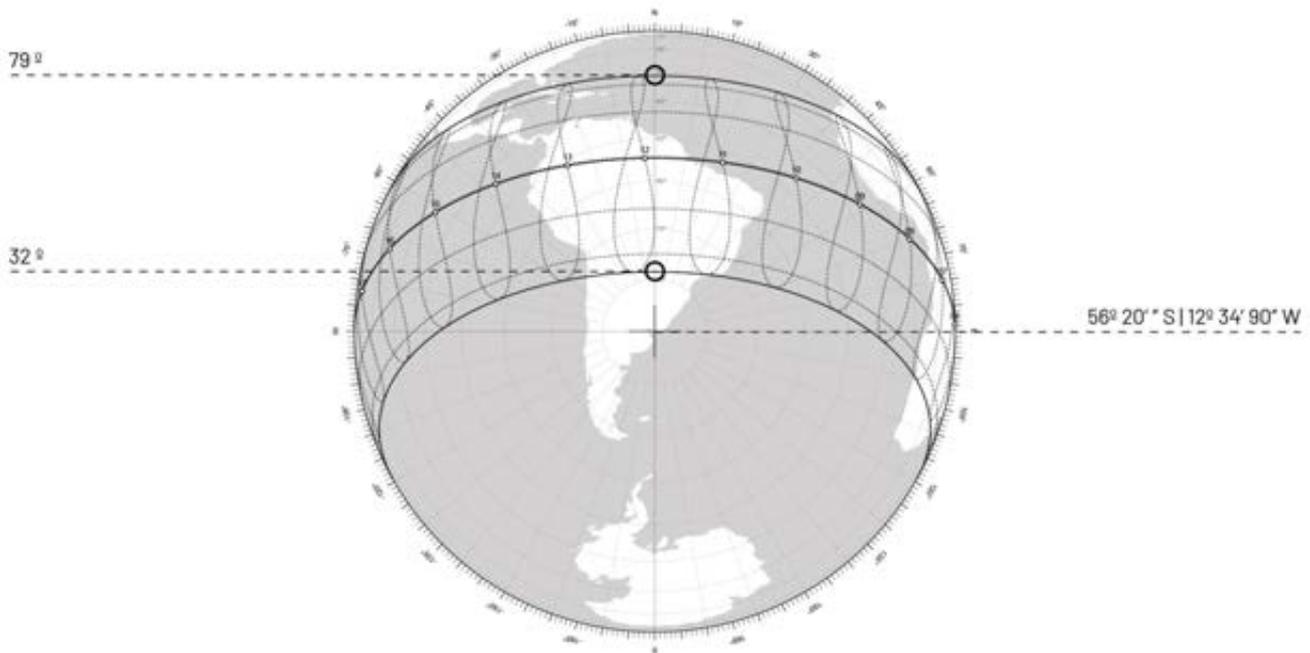


FIGURA 01. Proyección estereográfica y mapa. Adaptados de Andrew Marsh (n.d.), Sun Path on Map [Gráfico]. Recuperado de: <https://drajmarsh.bitbucket.io/sunpath-on-map.html>

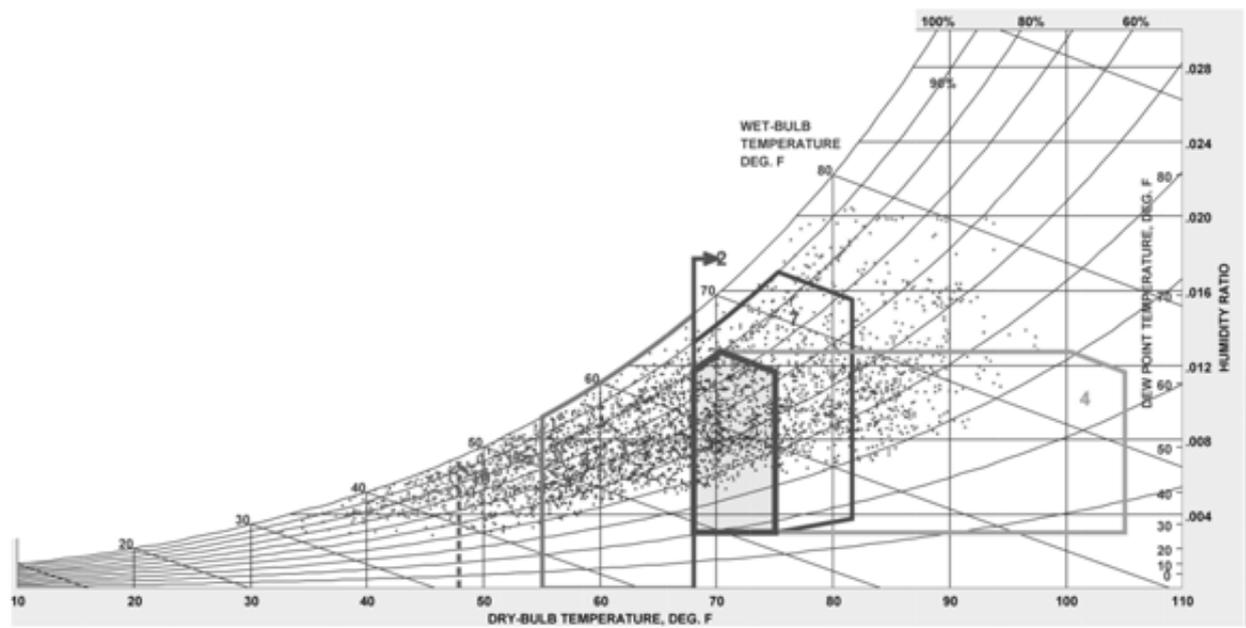
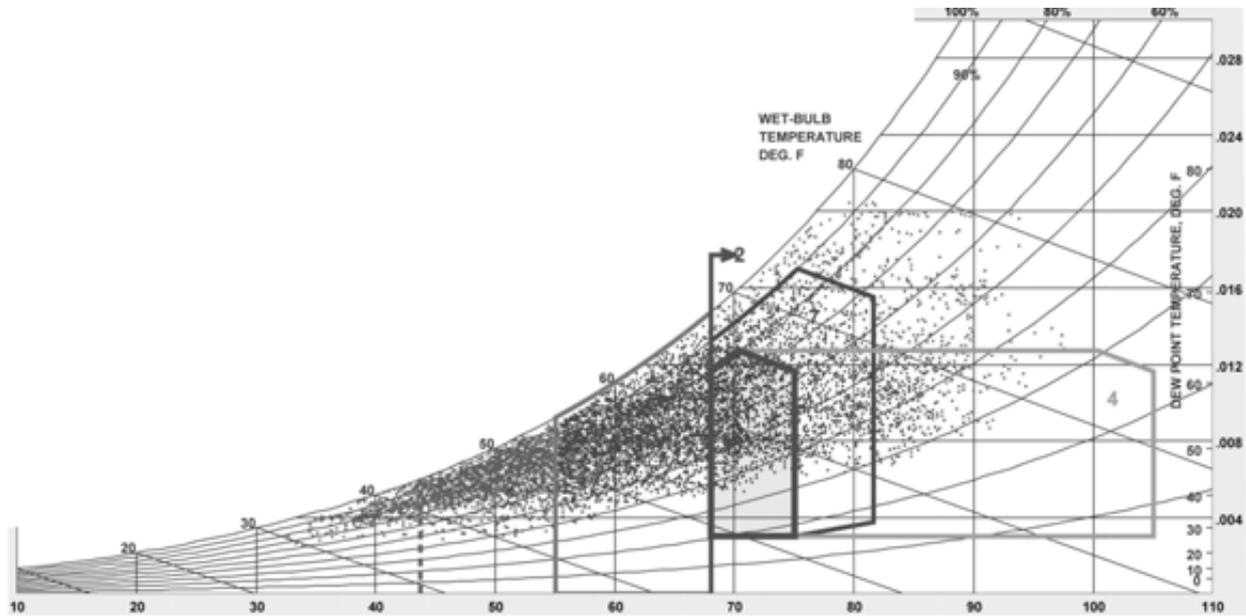


FIGURA 02 (superior). Diagrama Psicrométrico de Montevideo, de enero a diciembre, de 0 a 24hs. Adaptado de Climate Consultant (n.d.). Psychrometric Chart [Gráfico].
 FIGURA 03 (inferior). Diagrama Psicrométrico de Montevideo, de marzo a diciembre, de 8 a 17hs. Adaptado de Climate Consultant (n.d.). Psychrometric Chart [Gráfico].

El tiempo en confort higrotérmico sin la implementación de estrategias específicas oscila entre 13.1% y 18.8%. El primer valor es obtenido a partir de un estudio anual completo (de enero a diciembre de 00:00 a 24:00), mientras que el segundo porcentaje corresponde al período lectivo durante el

horario de clases (de marzo a diciembre de 8:00 am y las 5:00 pm). Estos valores aumentan a 72.1% y 76.8% respectivamente si aplicamos las estrategias energéticas sugeridas por el software CC.

Al estudiar el horario escolar en particular, se observa que la incidencia de cada estrategia cambia considerablemente. Un ejemplo destacado es el incremento en la efectividad del sombreado de aberturas, que mejora el confort térmico de un 17.3% a un 31.9%, lo que subraya la mayor importancia de la protección solar en este contexto.

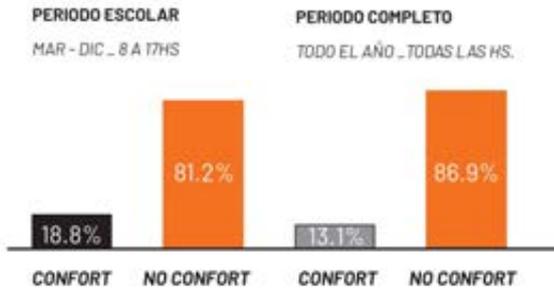
En la estrategia de ganancia solar también se genera un cambio importante al modificar el período de análisis. Si se considera el ciclo anual, esta estrategia se debe asociar a una elevada masa térmica del cerramiento y tiene una incidencia de 13.8%, mientras que en el período escolar se debe asociar a un cerramiento liviano (18.1%). Esto se debe a que la alta masa térmica permite prolongar el aprovechamiento de las ganancias solares obtenidas para emitirlas por las noches (momento en que el edificio educativo está desocupado), además de que en el período caluroso esta estrategia no es necesaria.

Por último, la ventilación natural, que contribuye con un 10% de confort durante todo el año y ocupa el tercer lugar en eficacia, desciende al sexto lugar cuando se considera únicamente el horario escolar.

% HORAS EN CONFORT

% DE HORAS EN CONFORT

SIN ESTRATEGIAS APLICADAS



% DE HORAS DE CONFORT

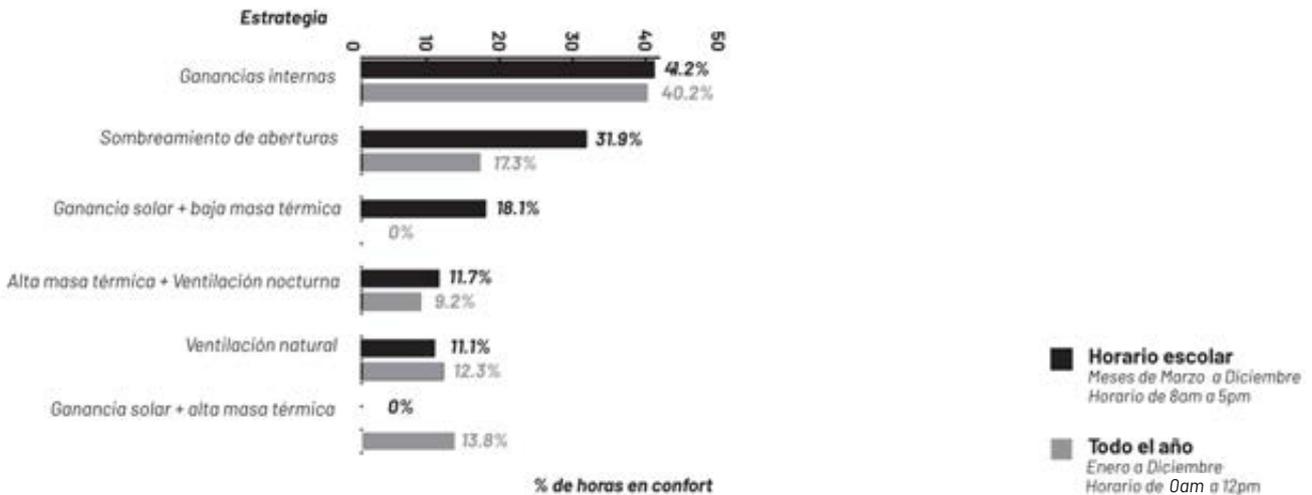
CON SET DE ESTRATEGIAS APLICADAS



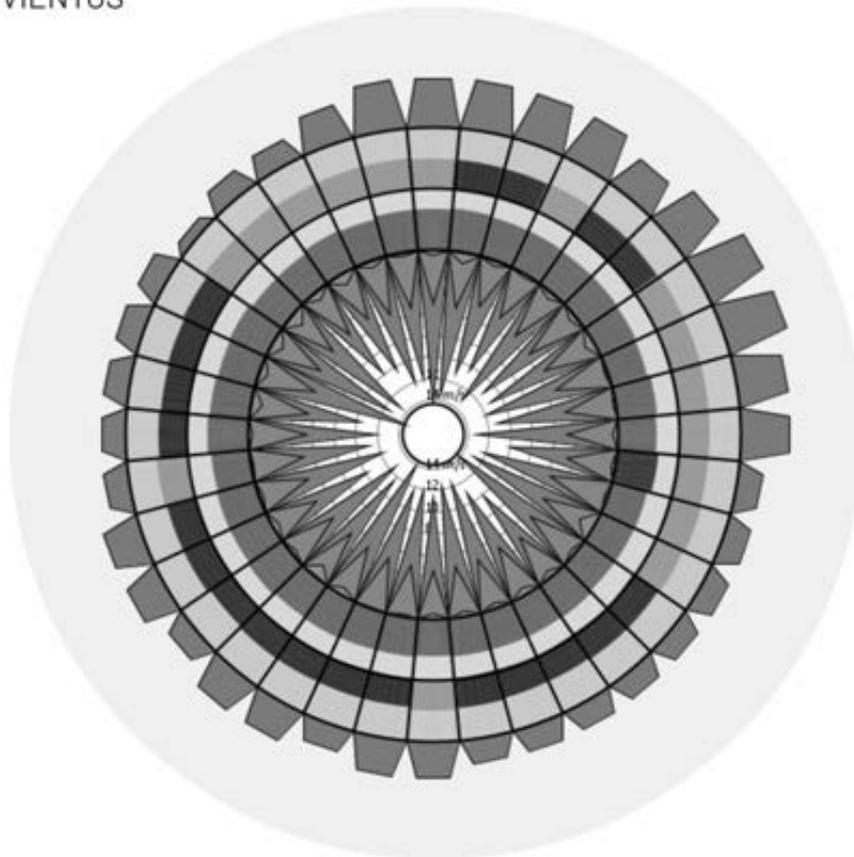
SET DE LAS MEJORES ESTRATEGIAS PASIVAS

% DE INCIDENCIAS TODO EL AÑO Y EN HORARIO ESCOLAR

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



WORKSHOP “ESPACIOS EDUCATIVOS BIOCLIMATICOS” ROSAS DE LOS VIENTOS



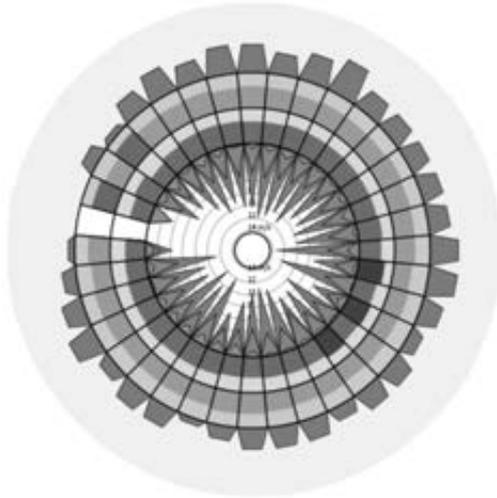
Montevideo, Uruguay
ANÁLISIS ANUAL

Al igual que en el análisis del clima de Montevideo a través del diagrama psicrométrico, donde se consideraron dos períodos de estudio (uno anual y otro lectivo), al estudiar los vientos también se determinaron dos momentos. Uno anual que permite obtener un panorama general de la situación y de las características de los vientos y otro más particular donde se evaluaron los periodos calurosos en que se tiene clase (marzo-mayo y octubre-diciembre),

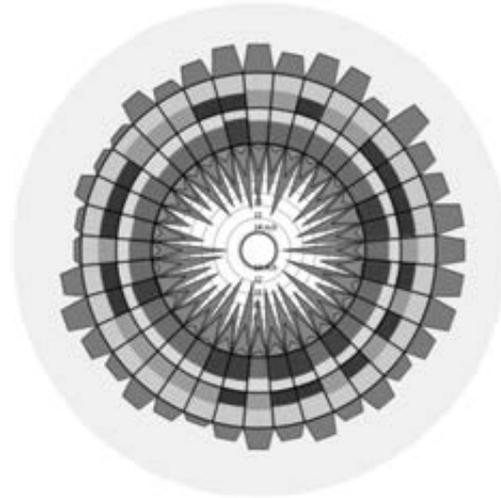
momentos en que realmente los vientos son necesarios para poder ventilar los espacios interiores. Analizando en detalle este período, se observa que los vientos más frecuentes provienen del ESTE, NORTE y NORESTE, mientras que los vientos más intensos vienen desde el SURESTE y NOROESTE, alcanzando por momentos los 14m/s. Se considera que estos datos son importantes para determinar los puntos de inyección y extracción de la ventilación de un espacio.

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

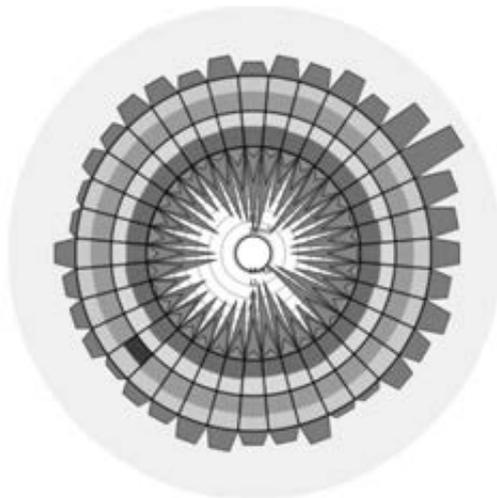
WORKSHOP "ESPACIOS EDUCATIVOS BIOCLIMÁTICOS" ROSAS DE LOS VIENTOS



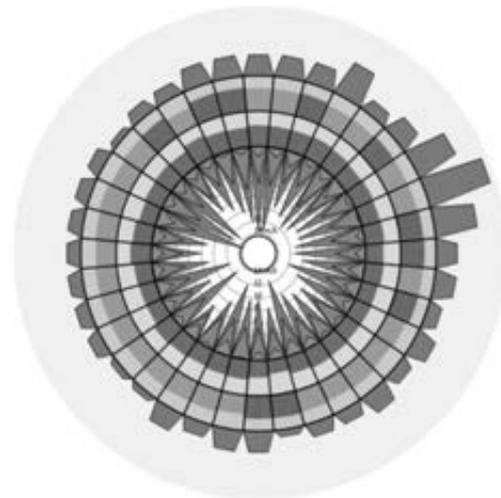
Montevideo, Uruguay
PERÍODO MARZO-ABRIL



Montevideo, Uruguay
PERÍODO ABRIL-MAYO



Montevideo, Uruguay
PERÍODO OCTUBRE-NOVIEMBRE



Montevideo, Uruguay
PERÍODO NOVIEMBRE-DICIEMBRE

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

OBRA
UBICACIÓN
FECHA
AUTOR
CÓDIGO

Escuela Experimental de Malvín
Malvín, Montevideo
1927-1929
Juan Antonio Scasso
I-05-Cfa



IMAGEN 01. Vista del corredor de aulas. Elaboración propia.



IMAGEN 02. Vista exterior. Elaboración propia.

ESCUELA EXPERIMENTAL DE MALVÍN

JUAN ANTONIO SCASSO

La Escuela Experimental de Malvín, diseñada por Juan Antonio Scasso entre 1929 y 1930, es un ejemplo destacado de la arquitectura moderna en Uruguay y de la pedagogía de la Escuela Nueva. En la primera mitad del siglo XX, Uruguay se caracterizó por ser un Estado de bienestar, consolidando la democracia política, la reforma social y la prosperidad económica. En este contexto, se consagró la gratuidad en los niveles medio y superior de la educación, y se construyeron escuelas basadas en el principio de la democratización territorial (Barrán, 2008: 25).

La pedagogía de la Escuela Nueva, basada en las ideas del belga Ovide Decroly, destacaba el valor del juego, el interés del niño y la percepción sincrética. Su método se centraba en los Centros de Interés, a través de los cuales se pretendía desarrollar los procesos de observar, asociar y expresar. La Escuela Experimental de Malvín buscaba relacionarse con el medio ambiente y la comunidad, con espacios diseñados para fomentar la socialización y la recreación (Barrán,

2008: 25).

Se posiciona en la historia de la arquitectura educacional nacional como rupturista con respecto a la tradición. A diferencia de las escuelas de inicios de siglo XX —como por ejemplo la Escuela Brasil, ubicada en Pocitos, Montevideo— el arquitecto Juan Antonio Scasso concibe una escuela a escala del niño y adaptada a sus necesidades y actividades. De este modo, en lugar de grandes aberturas verticales y monumentales escalinatas que separan al edificio del terreno, Scasso plantea aberturas horizontales y en contacto directo con el terreno circundante (Scasso, 1965).

La Escuela Experimental de Malvín se encuentra marcada por la preocupación de contactar al niño y al aula con los espacios exteriores. Se organiza por tanto en pabellones articulados por espacios abiertos que contienen parque y huerta, resultando una configuración que permite la integración con el barrio,

potenciada por el uso de la comunidad (Gatti, P., & Alberti, M., 2009). Además, la escuela contaba con instalaciones como laboratorio, biblioteca, cocina, comedor y salón de actos (Barrán, 2008: 25).

El espacio del aula también presenta rasgos distintivos que afirman estos conceptos. La propia planta cuadrada equipada con mesas de trabajo dispuestas libremente diluye la organización vareliana de la maestra al frente y los bancos fijos tradicionales. Los pizarrones se disponen a la altura del niño, existe un rincón de lectura y se incorporan toboganes para descender desde la planta alta (Gatti, P., & Alberti, M., 2009).

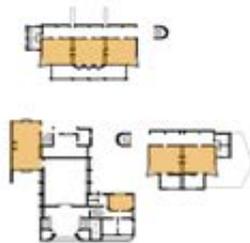
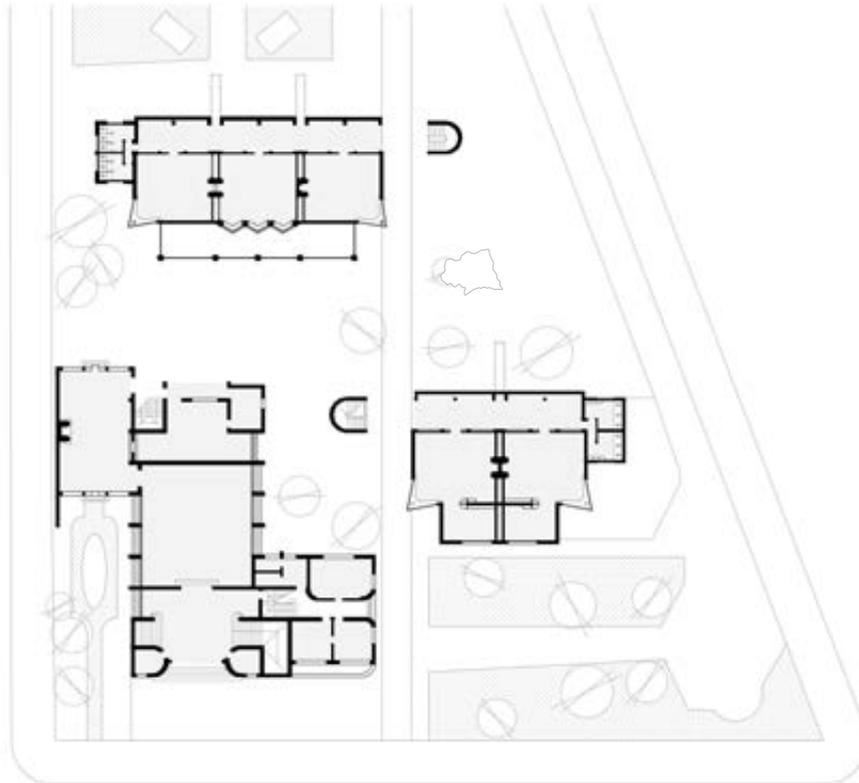
Al respecto de la escuela, Barrán (2008: 29) destaca a la escuela por lo bien que se integra y relaciona con el barrio, por su reconocimiento como una unidad a pesar de constituirse por varios volúmenes, por el manejo de los espacios exteriores para que sean utilizados como espacio educativo.



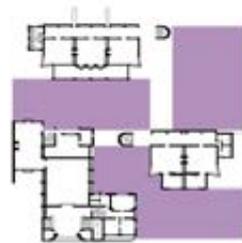
IMAGEN 03. Vista interior del aula. Elaboración propia.

ESCUELA EXPERIMENTAL DE MALVÍN

FORMA E IMPLANTACIÓN



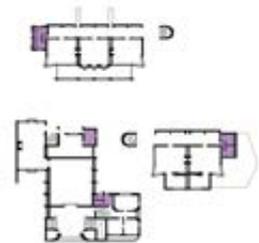
AULAS



PATIOS

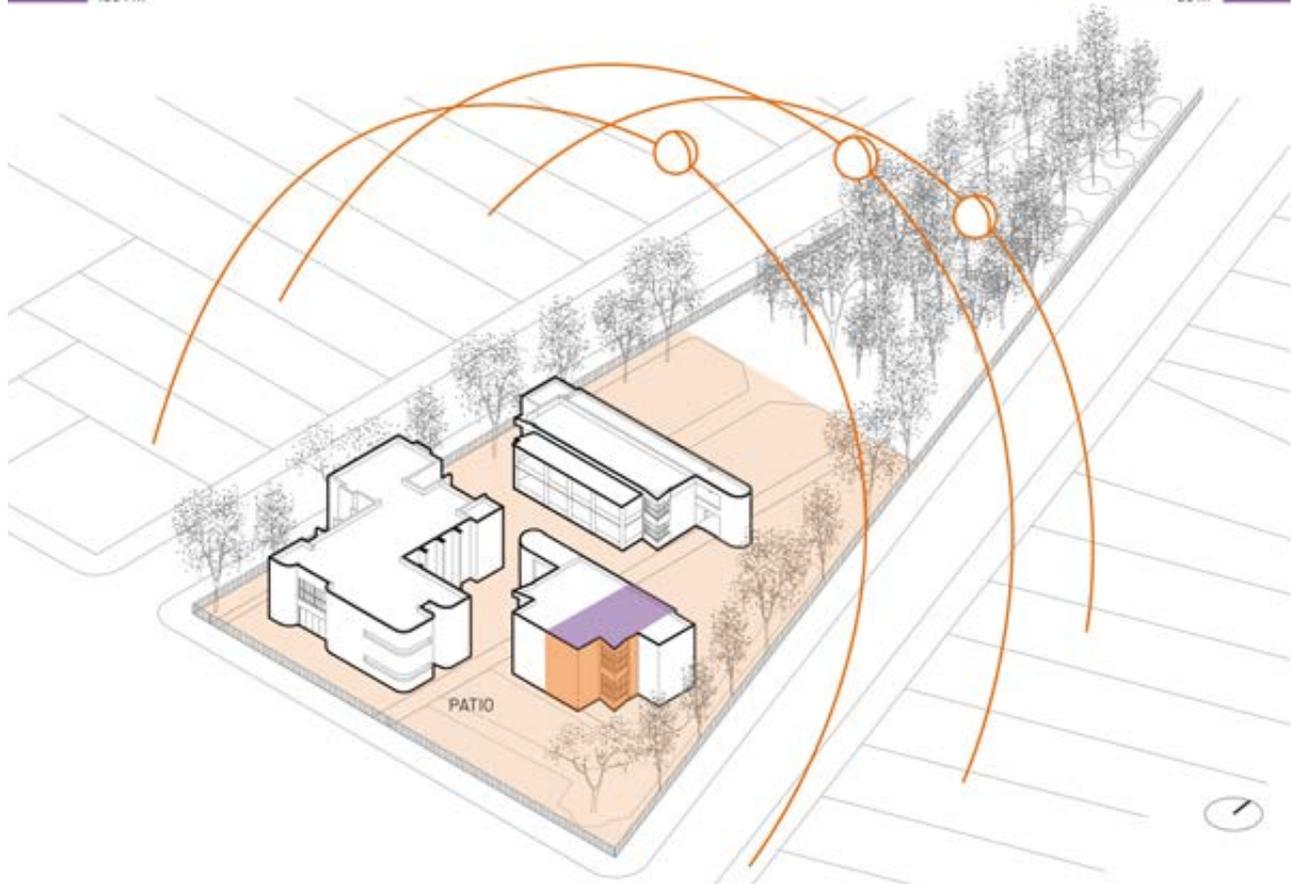


CIRCULACIONES



SERVICIOS

FIGURA 04. Planta del conjunto. Adaptada de *Las escuelas experimentales de Malvín y Las Piedras* [Artículo], Juan Antonio Scasso. *Revista de la Facultad de Arquitectura* (6)(1965).

ÁREA PB 1054 m² / ÁREA PA 1054 m² / ÁREA PREDIO 4626 m²ÁREA ANTESALA 26m² / ÁREA AULA 70.8 m² / ÁREA PATIO 0 m²

Los tres pabellones se ubican en un predio triangular en el barrio de Malvín, en un sector caracterizado por tejido residencial de baja altura. Al norte y al este quedan los pabellones que alojan la mayoría e las aulas. Estos dos últimos poseen una organización de crujía simple, con el corredor de acceso posicionado al norte y las aulas en el sur. Este corredor, al ser abierto, permite que la fachada interior del aula se considere

como fachada norte, y por consiguiente con posibilidades de aprovechamiento de la incidencia solar directa.

Entre ellos discurren los patios, que teniendo distintas dimensiones y caracterizaciones, le confieren un entorno variado, signado por la vegetación que provee sombreados adicionales a las fachadas expuestas.

FIGURA 05. Proyección axonométrica del conjunto. Elaboración propia.

ESCUELA EXPERIMENTAL DE MALVÍN ENVOLVENTE Y DISPOSITIVOS

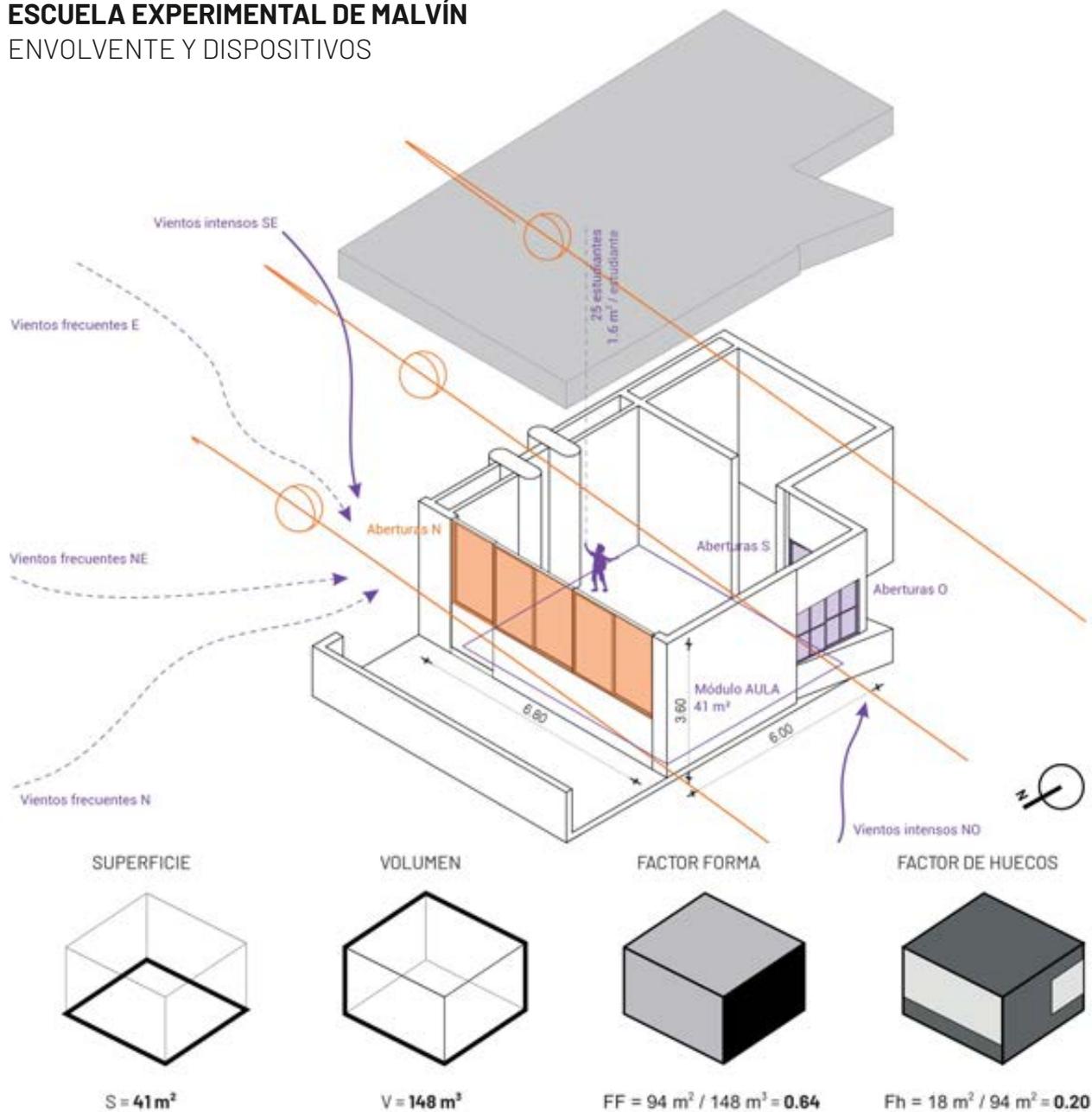
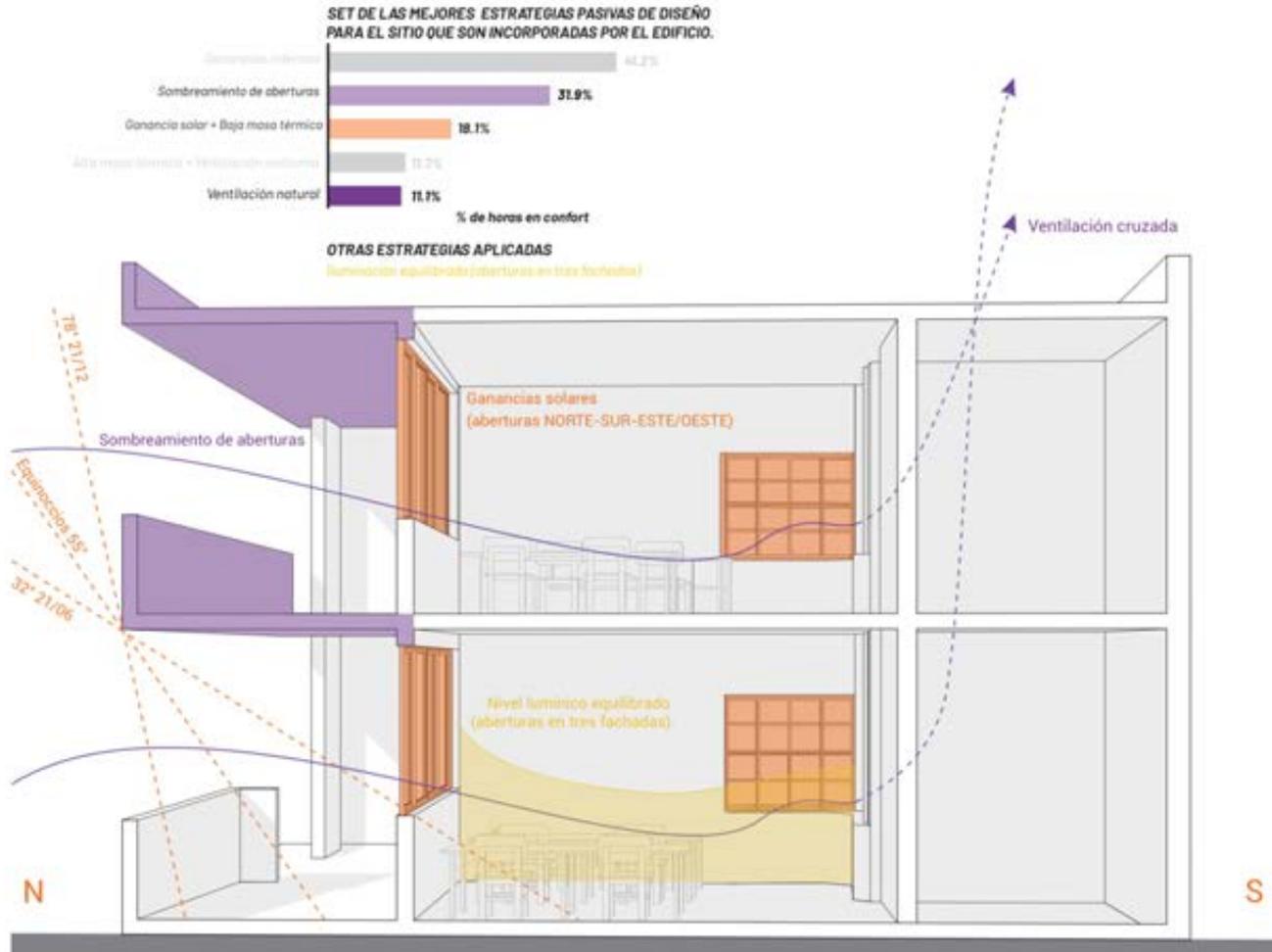


FIGURA 06. Proyección axonométrica del aula y esquemas. Elaboración propia.



A diferencia de otros casos contemporáneos, como por ejemplo la Corona School de Richard Neutra, la Escuela Experimental de Malvín no apuesta por la máxima apertura de sus fachadas. En cambio, las aulas presentan un factor de huecos relativamente bajo, a partir de aberturas en distintas direcciones. El aula seleccionada para los efectos del análisis posee aberturas hacia el pasillo abierto (norte), y en la esquina, abriéndose al sur y al oeste.

Esto representa un factor crucial para controlar las pérdidas térmicas y mantener las ganancias de calor tanto externas como internas. Asimismo, esto permite tener un buen nivel de iluminación, al tiempo que de diferencian lumínicamente los distintos sectores del aula.

Finalmente la apertura de vanos en distintas direcciones mejora las capacidades de ventilación.

FIGURA 07. Corte perspectivo del aula. Elaboración propia.

ESCUELA EXPERIMENTAL DE MALVÍN

ESPACIO EXPERIENCIA

El día 29 de mayo a las 10:40 se realizó la visita a la Escuela Experimental de Malvin junto a la maestra Virginia Palleiro. La temperatura exterior era de 16°, el clima estaba húmedo, ventoso y nublado.

Son dos escuelas diferentes según el turno, en la mañana funciona la escuela N°19 y acuden al rededor de 440 alumnos y alumnas.

Cuenta con 18 aulas, por lo tanto la cantidad de estudiantes por aula varía de 20 a 22 niños. La organización interna cambia según la maestra y la didáctica.

La maestra expresó que el comportamiento térmico de las aulas en el período frío y caluroso era malo. Por dicha razón se hace uso del aire acondicionado todo el año, en invierno con más intensidad. Además agregó que la acústica externa muchas veces interfería con el dictado de la clase.



IMAGEN 08. Imagen interior del aula. Elaboración propia.

ESCUELA EXPERIMENTAL DE MALVÍN

ACONDICIONAMIENTO LUMÍNICO

El día de la visita estaba parcialmente nublado, por lo que la fuente artificial se encontraba encendida.

Si bien el aula cuenta con iluminación natural en tres de sus cuatro cerramientos verticales, la misma no es suficiente para lograr la iluminación total.

La maestra nos comenta que es necesario mantener la fuente artificial encendida la mayoría de los días del año, para lograr la homogeneidad lumínica y que todos los espacios de trabajo tengan el nivel de iluminancia adecuado.

La superficie del pizarrón se identifica con problemas de reflexión, lo que imposibilita la lectura completa del mismo.

Las aberturas no tienen ningún sistema de control lumínico, sólo una de ellas se encuentra contigua a la galería lo que ocasiona que en verano no ingrese luz directa al aula, por lo que la iluminación natural es mayoritariamente difusa.



IMAGEN 09. Imagen intervenida del interior del aula. Elaboración propia.

ESCUELA EXPERIMENTAL DE MALVÍN

ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO

La maestra nos comenta que el interior del aula se ve interrumpido por los ruidos exteriores, niños y niñas en clase de gimnasia, actividades de mantenimiento del parque, dinámicas diversas como huerta, entre otros.

En estos momentos son dónde la maestra debe subir el volumen para que los y las niñas puedan escucharse.



IMAGEN 10. Imagen intervenida del interior del aula. Elaboración propia.

ESCUELA EXPERIMENTAL DE MALVÍN

ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO

El día de la visita, la temperatura exterior era fría, en el interior del aula era confortable, sin embargo, las y los alumnos se encontraban abrigados.

La maestra nos comenta que es necesario utilizar el aire acondicionado en todas las estaciones del año, debido a que la temperatura interior es casi igual al exterior.

Los cerramientos son de mampostería tradicional, y las aberturas al ser originales, son una gran fuente de pérdida de calor.



IMAGEN 11. Imagen intervenida del interior del aula. Elaboración propia.

OBRA
UBICACIÓN
FECHA
AUTOR
CÓDIGO

Escuela José H. Figueira 60-69
Buceo, Montevideo
1945
Andrés Pombo
I-06-Cfa



IMAGEN 01. Vista interior del aula. Elaboración propia.



IMAGEN 02. Vista exterior. Latchinián, D. (2014). SMA-S788-001 [Fotografía]. SMA.

ESCUELA JOSÉ H. FIGUEIRA 60-69

ANDRÉS POMBO

La Escuela 60-69 está ubicada en el departamento de Montevideo, sobre la calle Solferino esquina Av. Mariscal Francisco Solano López, comprendida dentro del Barrio Buceo.

Es una escuela de tiempo completo, compuesta por 10 aulas para escolares, un sector de aulas destinado para preescolares, comedor, áreas administrativas y servicios. Sus puertas están abiertas desde las 8:00am hasta las 4:00pm, desarrollándose entre esos horarios el dictado de clases, como también clases de educación física, recreos y espacios de comidas.

El edificio se desarrolla en dos niveles adoptando una forma de arco. En la fachada norte del edificio se encuentran ubicadas las aulas, lo que permite la entrada de luz natural a los espacios interiores. Por otro lado, en la fachada sur se localizan las áreas destinadas a la circulación y servicios.

El ingreso a la escuela se orienta hacia el sur un hall. A este espacio se adosa una circulación lineal que da paso a los salones en planta baja. Este mismo esquema se repite en planta alta cosiendo ambos niveles a través de una escalera de dos tramos.

Los salones dispuestos en planta baja tienen un vínculo directo con el patio mediante un área vidriada significativa y una puerta que refuerza aún más esa conexión. Este patio cuenta con un sector de asientos distribuidos de forma circular siendo su centro un árbol que acompaña desde sus inicios a la edificación. Por otro lado, cuenta con un sector de juegos para niños, donde actualmente se le incorporó vegetación nueva. Los espacios están diseñados teniendo en cuenta ciertas estrategias bioclimáticas para el confort interior del edificio, generando ventilación cruzada en las áreas de aulas, como también el uso de

aleros protegiendo la entrada de luz en los momentos más críticos.

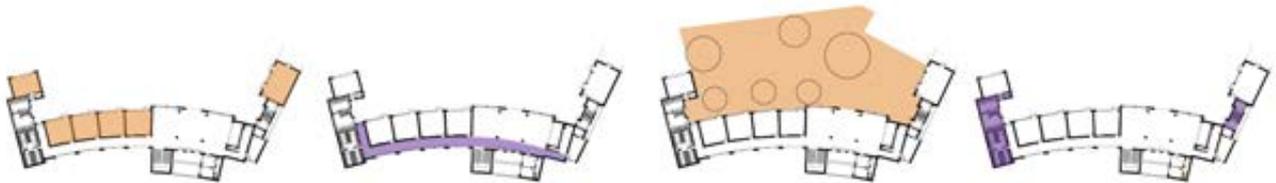
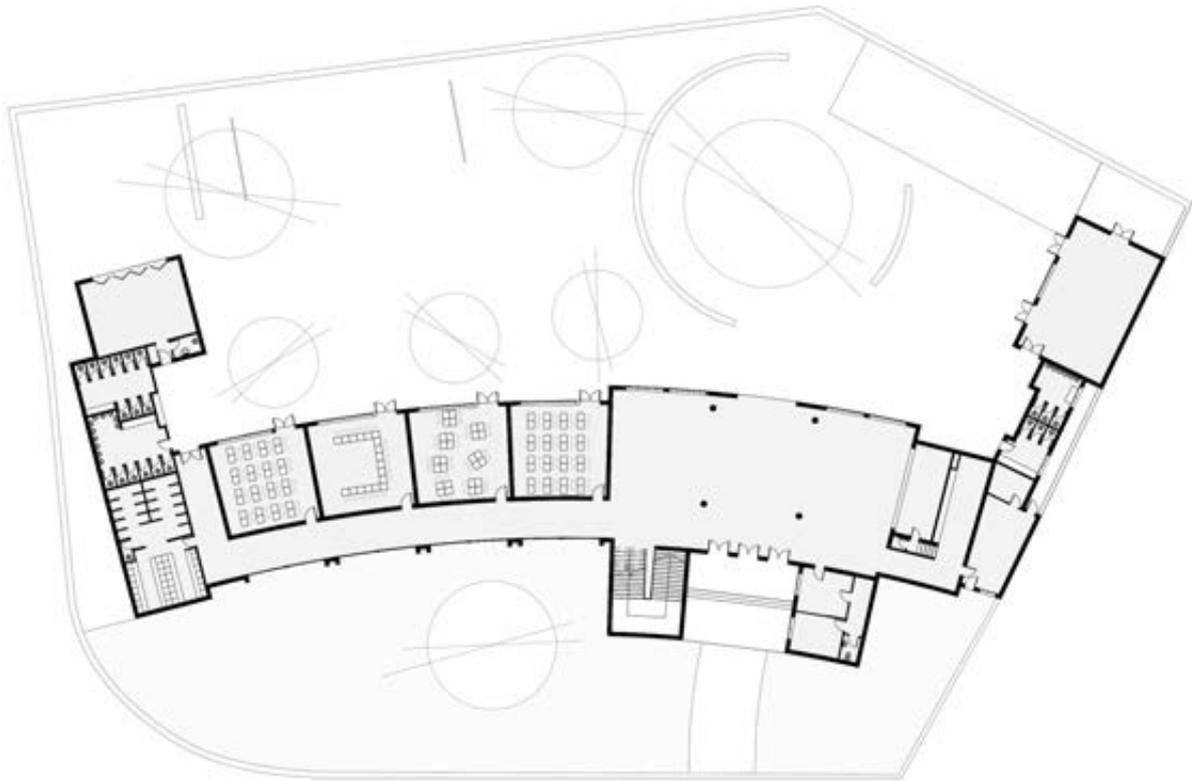
Este proyecto refleja la aplicación de uno de los principios fundamentales de la Ley de Edificación Escolar: la integración y conexión entre el interior y el exterior. Esta idea se materializa a través de las aberturas en los salones, que se abren hacia el patio, creando un diálogo continuo entre el espacio construido y el entorno natural. Esto no solo enriquece el paisaje visual, sino que también proporciona un área de uso para los estudiantes en diferentes momentos del año. Se alinea con los principios pedagógicos de la época, que valoraban la importancia del entorno natural en el desarrollo integral de los niños.



IMAGEN 03. Pasillo de acceso a las aulas. Elaboración propia.

ESCUELA JOSÉ H. FIGUEIRA 60-69

FORMA E IMPLANTACIÓN



AULAS

CIRCULACIONES

PATIOS

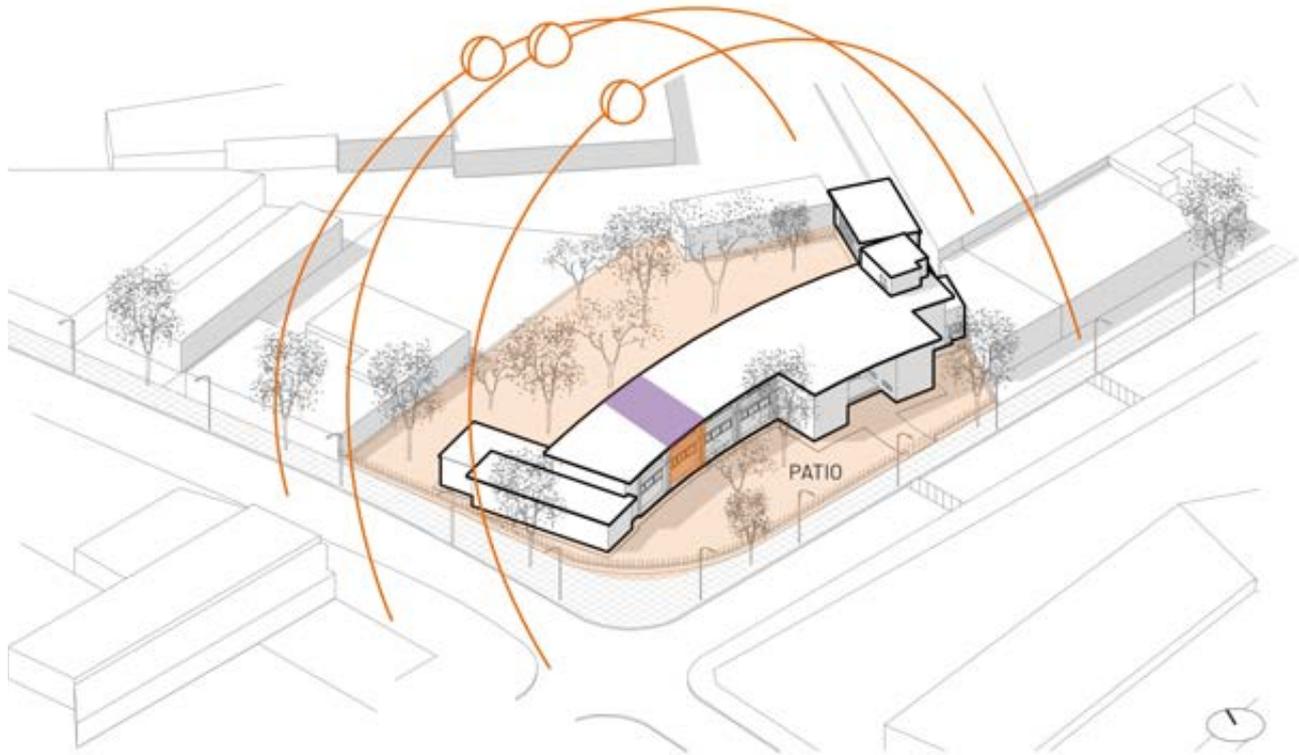
SERVICIOS

FIGURA 04. Planta del conjunto. Cortesía PAEMFE-ANEP.

ÁREA PB 1109 m²/ ÁREA PA 841 m²/ ÁREA PREDIO 4356 m²



ÁREA ANTESALA 0 m²/ ÁREA AULA 57 m²/ ÁREA PATIO 0 m²



La orientación del edificio esta pensada para favorecer la iluminación natural al interior del mismo, principalmente en los espacios destinados a aulas, reflejando uno de los requerimientos destacados para llevar a cabo la tarea educativa. Las zonas destinadas a servicios higiénicos y circulación horizontal y

vertical se destinan en las zonas de menor entrada de luz natural.

El patio queda protegido de los vientos por la gran masa edilicia que figura como barrera, como también se incorpora vegetación para proteger de la incidencia solar directa en la época de verano.

FIGURA 05. Proyección axonométrica del conjunto. Elaboración propia.

ESCUELA JOSÉ H. FIGUEIRA 60-69

ENVOLVENTE Y DISPOSITIVOS

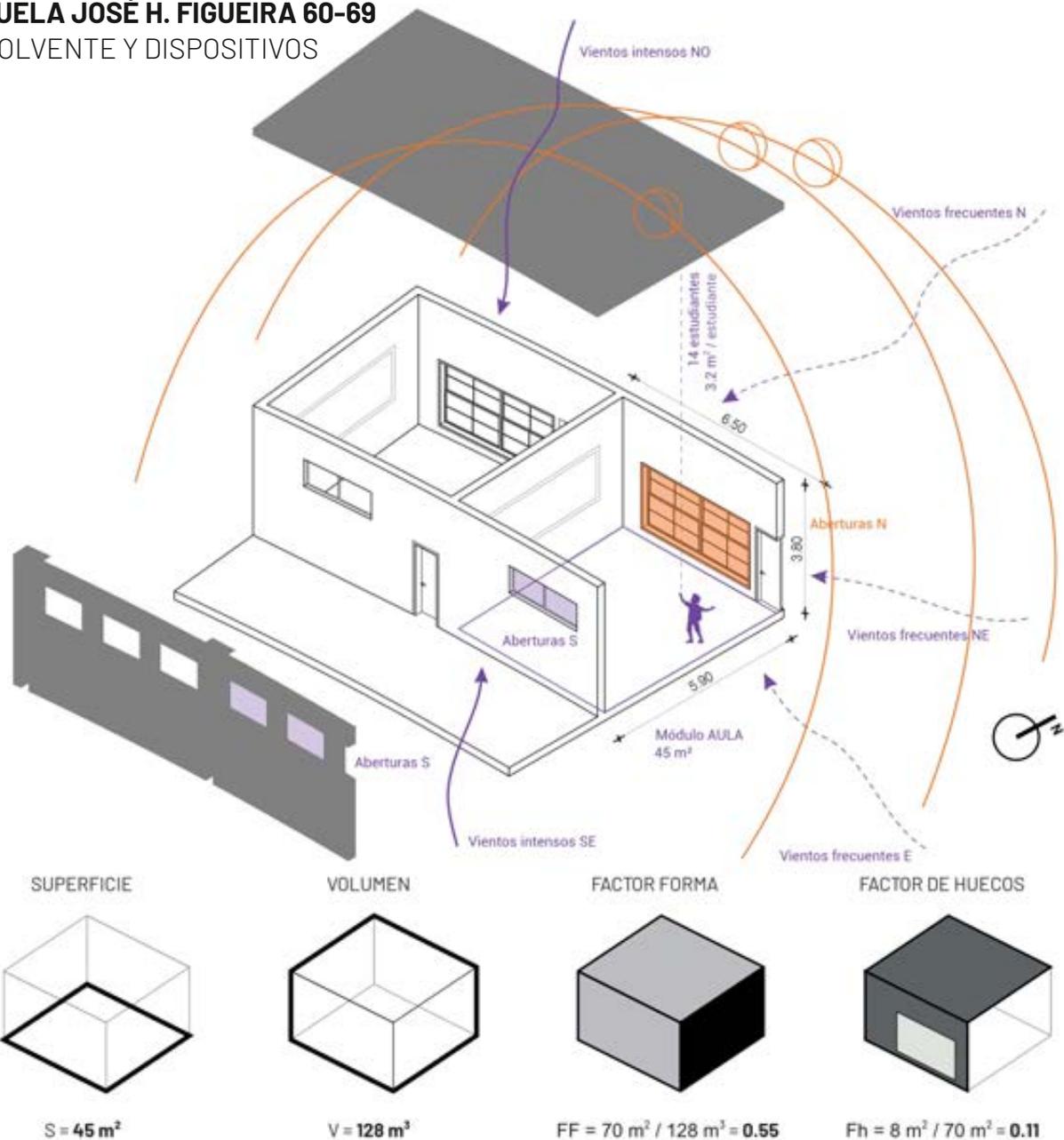
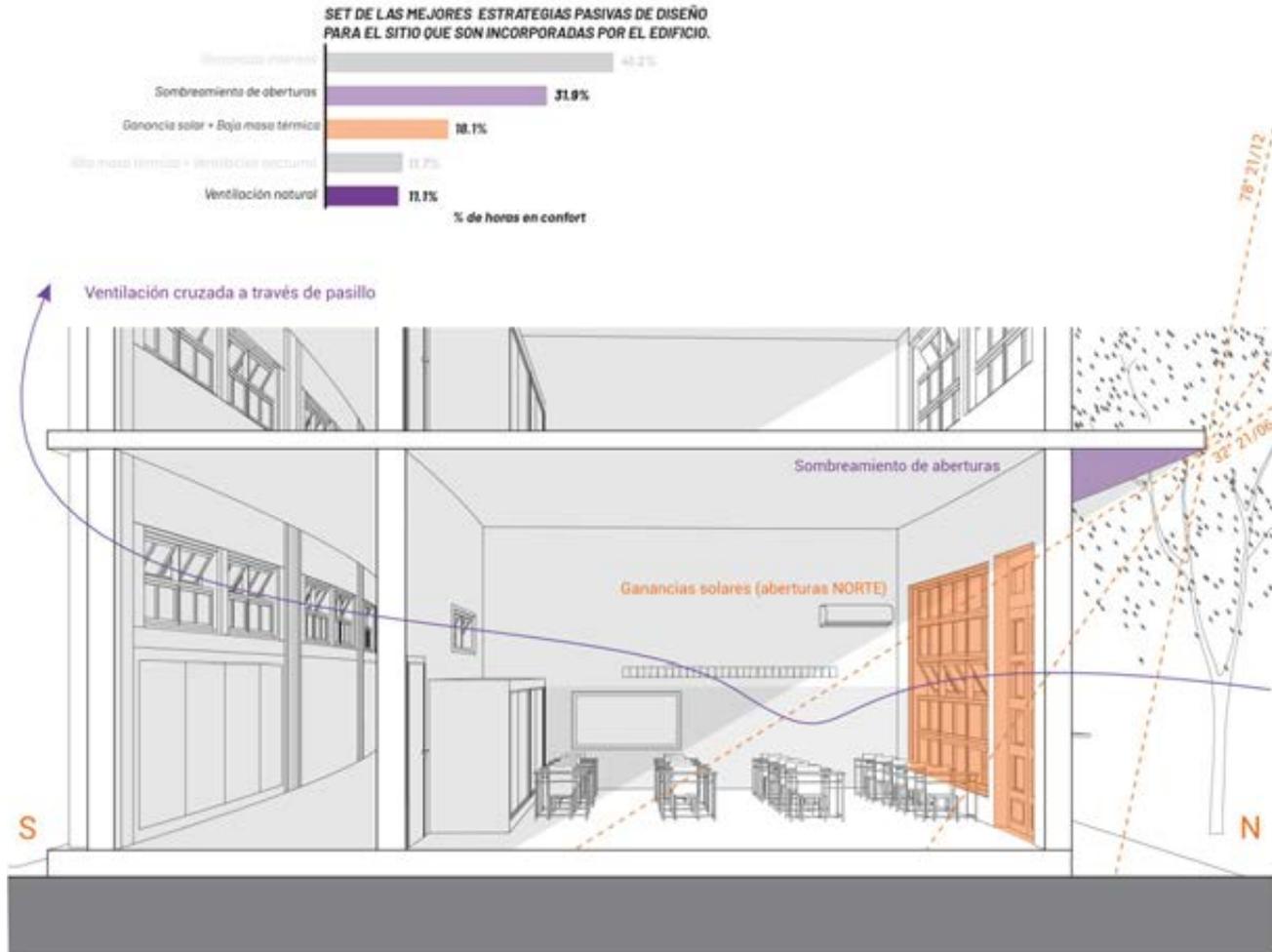


FIGURA 06. Proyección axonométrica del aula y esquemas. Elaboración propia.



Del análisis del edificio se observa la intención de ciertas herramientas bioclimáticas.

Se proyectan en cada aula aberturas opuestas que tienen el objetivo de permitir el ingreso y egreso de aire de forma continua en el aula, aunque esto no funciona de manera eficiente, ya que en la mayoría del tiempo las aberturas que dan al patio están tapadas por cortinas o incluso están cerradas en las horas de

clase.

El ingreso de aire queda bastante obstruido por la presencia del pasillo y la abertura de pequeño tamaño. Se plantea la idea de generar una protección solar que resulta en un alero del lado norte, para evitar el mayor ingreso de luz solar, pero esto queda completamente inútil, debido a que se proyecta con poca extensión.

FIGURA 07. Corte perspectivado del aula. Elaboración propia.

ESCUELA JOSÉ H. FIGUEIRA 60-69

ACONDICIONAMIENTO LUMÍNICO

El día 4 de abril de 2024 a las 15.00hs se realizó la visita a la Escuela N°60 José H. Figueira. La temperatura exterior era de 22°, siendo un día soleado y sin nubosidad.

La escuela funciona de 9.00 a 16.00hs, en régimen de doble turno. Cada salón concentra por encima de 20 alumnos, con variaciones dependiendo del grado.

La organización interna es cambiante dependiendo de la metodología y actividad de la maestra.

Cada salón cuenta con grandes ventanales por donde ingresa la radiación solar directa.

La maestra mencionó que este ingreso de luz es muy molesto por lo que tienen que recurrir a protegerse mediante las cortinas durante todo el año lectivo. Aún así la luz solar directa refleja sobre la superficie blanca del pizarrón, generando el efecto del encandilamiento y por tanto el discomfort visual.

Resulta pertinente mencionar la coloración de las

cortinas, siendo de colores intensos, variando según el salón. Esto le confiere un tono marcado de color a la iluminación interior, pudiendo representar un inconveniente en la realización de las tareas y actividades en el aula.

Las cortinas cerradas a su vez llevan en algunos casos a la utilización de la iluminación artificial en pleno día, algo que no resulta óptimo desde el punto de vista tanto del aprovechamiento pasivo de las energías como desde el punto de vista del confort.



IMAGEN 08. Imagen interior del aula. Elaboración propia.



IMAGEN 09. Imagen intervenida interior del aula. Elaboración propia.

ESCUELA JOSÉ H. FIGUEIRA 60-69

ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO

Según datos recabados de la encuesta realizada a la maestra de segundo grado, se refleja una cierta incomodidad por los ruidos exteriores al salón, interfiriendo con la tarea diaria.

En primer lugar todos los salones, tanto en planta baja como en el primer nivel dan hacia el único patio. El hecho de que cada curso tenga su recreo en horarios distintos resulta en la problemática de la interferencia acústica para quienes se encuentran en los salones. Este fenómeno, según lo mencionado por la maestra, resulta determinante para poder llevar a cabo las clases de una manera confortable.

Cada salón cuenta con una abertura que da hacia el pasillo de circulación, ocasionando el ingreso de ruidos por conversaciones de alumnos y docentes. Cabe destacar que los salones tienen gran altura, por lo que la maestra mencionó que su voz muchas veces queda perdida y resulta necesario aumentar el volumen.



IMAGEN 10. Imagen interior del aula. Elaboración propia.



IMAGEN 11. Imagen intervenida del interior del aula. Elaboración propia.

ESCUELA JOSÉ H. FIGUEIRA 60-69

ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO

El día de la visita la temperatura dentro del aula resultaba confortable, aunque por efecto del aire acondicionado encendido.

La maestra explicó que la incorporación de aparatos de aire acondicionado responde a que en la época calurosa el espacio se sobrecalienta. Esto nos permite conocer con mayor detalle en qué medida funciona en la práctica el sistema de ventilación cruzada conformado por el par de aberturas opuestas (ventanal - banderola). O bien no resulta suficiente la ventilación natural, tanto por velocidad del viento o por tamaño y disposición de aberturas, o bien no se operan correctamente —no abriéndose en situaciones de exceso de calor—. Esto último puede deberse a interferencias sonoras y de uso con el patio, así como a que el despiece y los sectores del paño acristalado que efectivamente se abren, resultan incómodos o incompatibles con el uso de otros dispositivos como por ejemplo las cortinas.

Estas cuestiones evidencian el bajo alcance de las estrategias implementadas, tanto del alero, que resulta insuficiente como dispositivo de sombreado de aberturas, como de las cortinas, que al posicionarse del lado interior de la envolvente del aula tampoco posee la función de sombrear la envolvente, limitándose su función de difusor de la luz.



IMAGEN 12. Imagen del corredor de acceso a las aulas. Elaboración propia.



IMAGEN 13. Imagen intervenida del interior del aula. Elaboración propia.

OBRA
UBICACIÓN
FECHA
AUTOR
CÓDIGO

Escuela N°47 Washington Beltrán
Capurro, Montevideo
1958
Rodríguez Juanotena - Rodríguez Orozco
I-07-Cfa



IMAGEN 01. Vista exterior. Servicio de Medios Audiovisuales Fadu (s.f.). Escuela N° 47 Washington Beltrán - Escuela N° 237 [Fotografía]. Nómada Recuperado de: <https://nomada.uy/guide/view/attractions/4333>



IMAGEN 02 y 03. Vistas de los espacios exteriores. Elaboración propia.

ESCUELA Nº47 WASHINGTON BELTRÁN RODRÍGUEZ JUANOTENA - RODRÍGUEZ OROZCO

La Escuela 47/108 'Washington Beltrán', construida en 1958, es un ejemplo emblemático de la arquitectura escolar en Uruguay durante el periodo de modernización educativa que tuvo lugar a mediados del siglo XX.

Ubicada en el barrio de Capurro, en Montevideo, la escuela fue diseñada por los arquitectos Gonzalo Rodríguez Orozco y Hugo Rodríguez Juanotena como parte de un proyecto nacional que implicó la construcción de 180 escuelas en áreas suburbanas de Montevideo y otras ciudades del interior del país. Este proyecto fue llevado a cabo por el Ministerio de Obras Públicas (MOP) y se caracterizó por la implementación de un prototipo arquitectónico que buscaba eficiencia y economía en la construcción utilizado entre 1952 y 1965 (Barrán, 2020).

La escuela se encuentra en una zona industrial de la rambla montevideana, a pocos metros de la Bahía de Montevideo y justo detrás del parque Público Capurro. Este parque se destaca por su diseño que aprovecha la topografía natural del lugar, convirtiéndose en un balcón con vistas panorámicas al río y la bahía. Sin embargo, a pesar de la proximidad de la escuela a este paisaje espectacular, el diseño arquitectónico de la misma, basado en un prototipo estandarizado, orientó las aulas hacia el norte, siguiendo criterios funcionales y de eficiencia energética, en lugar de aprovechar las vistas hacia la bahía.

La materialidad de la escuela refleja las tendencias de la época hacia la ligereza y la prefabricación. La estructura del edificio es metálica, y los cerramientos están compuestos por paneles prefabricados livianos. (Barrán, 2013).

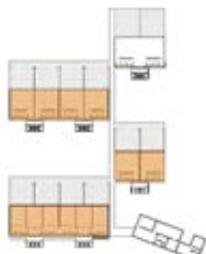
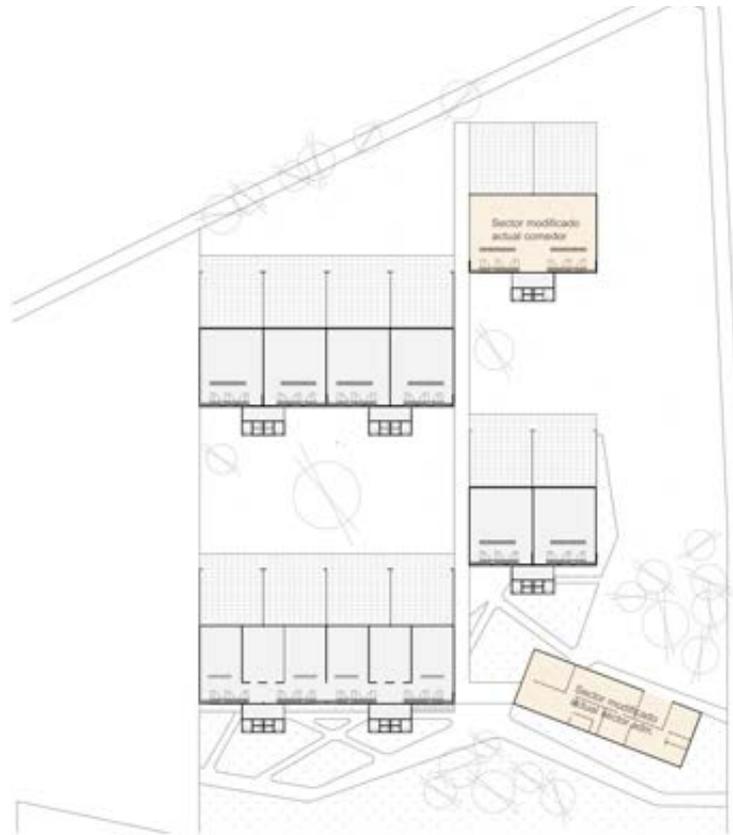
Las fachadas presentan aberturas de hierro casi completamente vidriadas, lo que maximiza la entrada de luz natural. Estas ventanas están equipadas con parasoles de varilla y chapa a nivel del dintel, diseñados para reducir la entrada directa de luz solar, lo que a su vez contribuye a controlar la ganancia térmica dentro de las aulas. Sin embargo, este enfoque constructivo no estuvo exento de desafíos. Los muros delgados presentan problemas de aislamiento térmico, y se han identificado filtraciones en varios sectores del edificio. Además, las ventanas, si bien permiten una abundante entrada de luz, también son fuente de sobrecalentamiento en los meses más calurosos. El sistema de parasoles no es completamente eficaz, y las cortinas interiores, que deberían ayudar a mitigar la entrada de luz, no cubren completamente los tramos de vidrio, lo que ha llevado

a soluciones temporales, como el uso de papel para bloquear la luz solar.

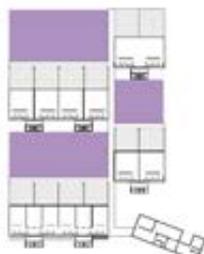
Una de las características más innovadoras del diseño de la escuela es la flexibilidad del espacio interior. En cada uno de los bloques hay un tabique que separa las aulas que es móvil, lo que permite reconfigurar el espacio según las necesidades pedagógicas. Este diseño facilita la expansión del aula hacia un espacio exterior pavimentado, del mismo tamaño que el aula interior, permitiendo que las clases se impartan al aire libre o que se conecten fácilmente con la clase contigua para actividades conjuntas. Esta flexibilidad espacial refleja un enfoque progresista en la educación, que reconoce la importancia del entorno físico en el proceso de enseñanza y aprendizaje.

ESCUELA Nº47 WASHINGTON BELTRÁN

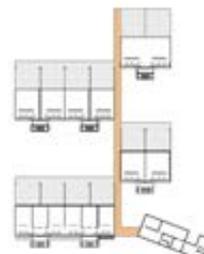
FORMA E IMPLANTACIÓN



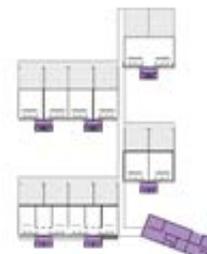
AULAS



PATIOS

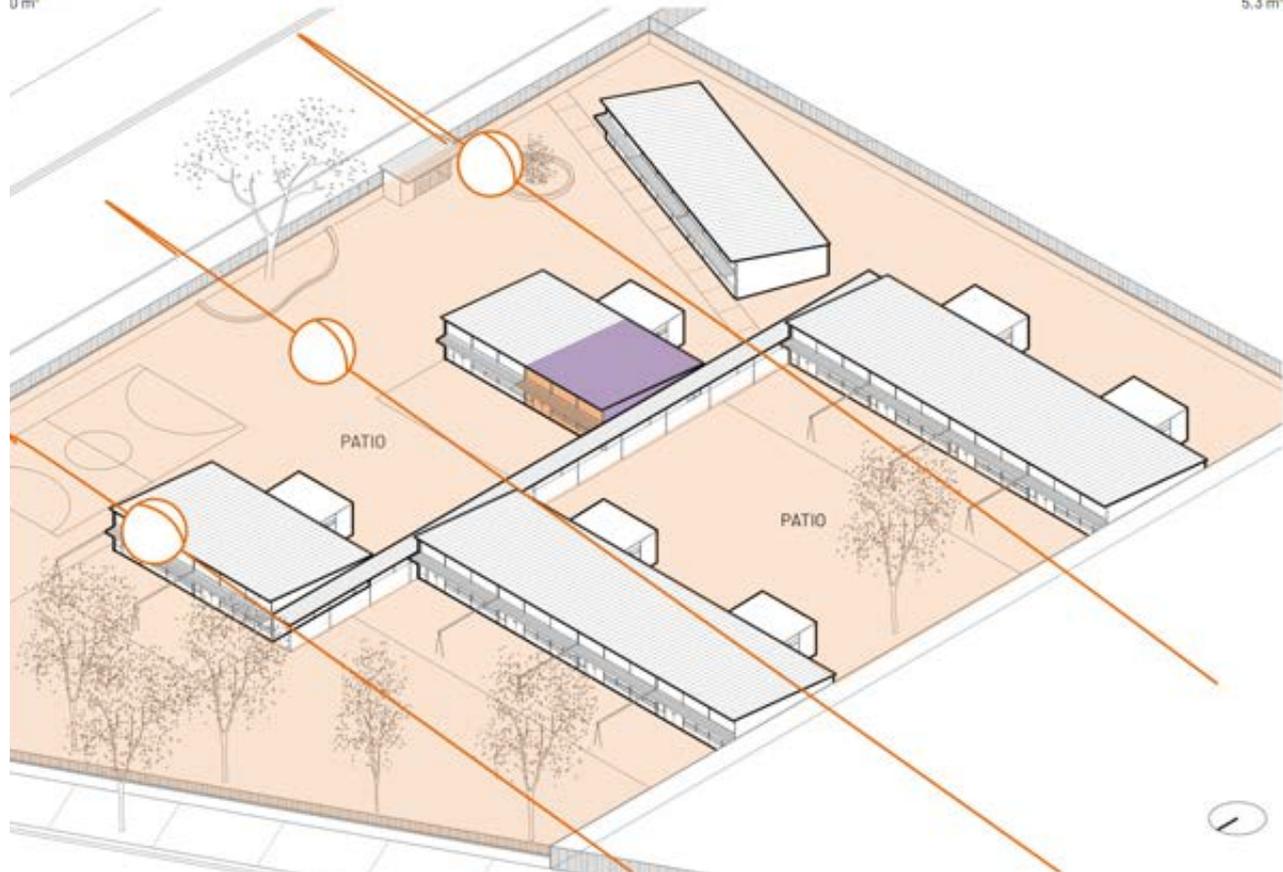


CIRCULACIONES



SERVICIOS

FIGURA 04. Planta. Nómada (s.f.). Escuela Nº 47 Washington Beltrán - Escuela Nº 237 [Gráfico].
Recuperado de: <https://nomada.uy/guide/view/attractions/4333>

ÁREA PB 1400 m² / ÁREA PA 0 m² / ÁREA PREDIO 6385 m²ÁREA ANTESALA 5.3 m² / ÁREA AULA 78 m² / ÁREA PATIO 4985 m²

El prototipo utilizado para la Escuela 47/108 se caracteriza por su organización en un solo nivel, con volúmenes dispuestos en forma de peine. Esta disposición consiste en tiras de aulas con techos inclinados, conectadas por un pasaje techado que permite la circulación entre los diferentes espacios del edificio. Este corredor cubierto no solo facilita el acceso a todas las instalaciones, sino que también ofrece protección contra las inclemencias del tiempo, un aspecto crucial en el diseño de una escuela.

Actualmente la escuela está compuesta por cinco volúmenes independientes: 1 pabellón que incluye los servicios administrativos, 3 pabellones que contienen las aulas y baños y el quinto pabellón incorporado en la década del 1980 que alberga la cocina y comedor. Estos volúmenes están organizados con una orientación predominante norte-sur, optimizando la exposición solar para mejorar las condiciones de iluminación natural y la eficiencia energética.

FIGURA 05. Proyección axonométrica del conjunto. Elaboración propia.

ESCUELA Nº47 WASHINGTON BELTRÁN

ENVOLVENTE Y DISPOSITIVOS

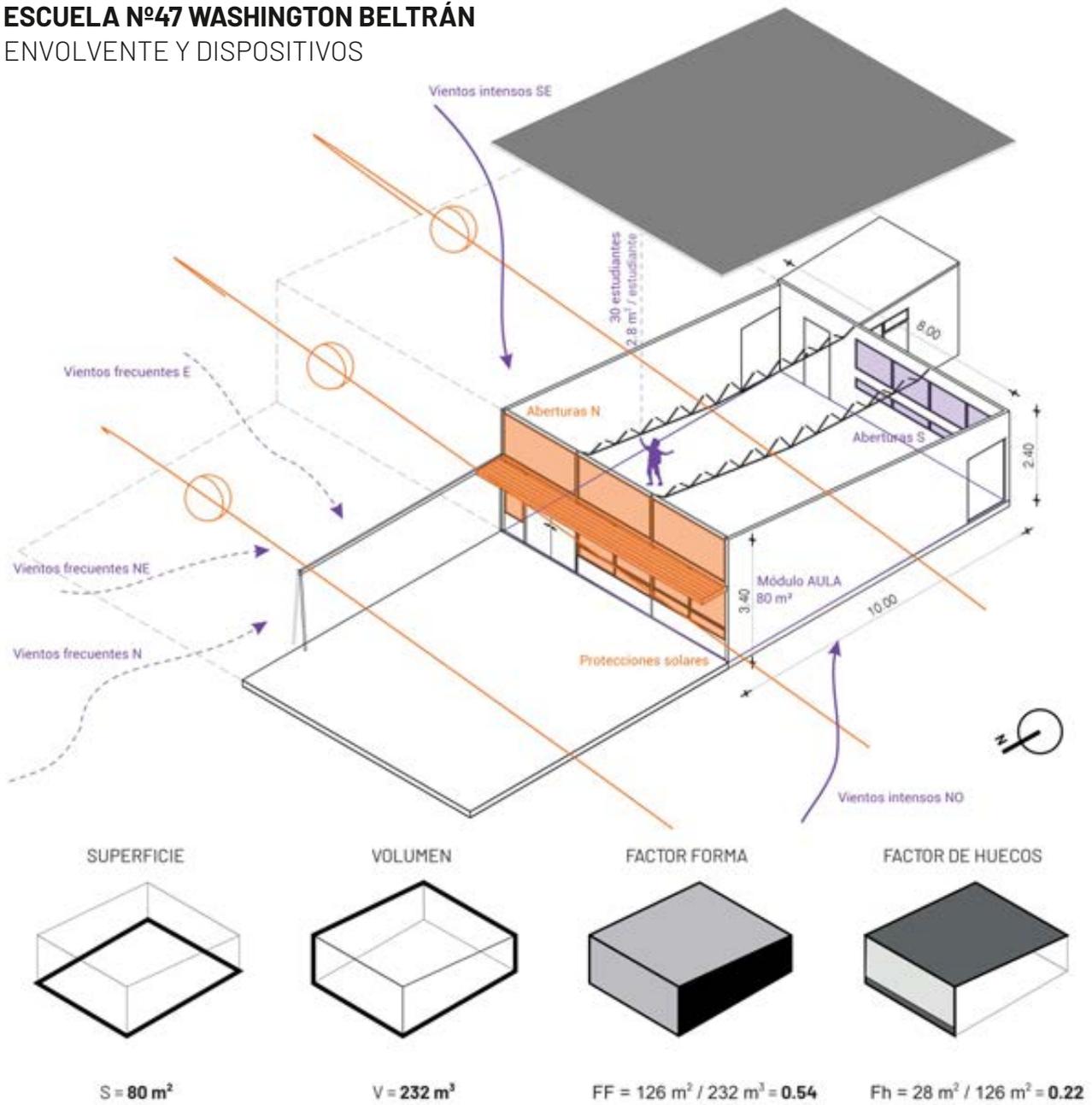
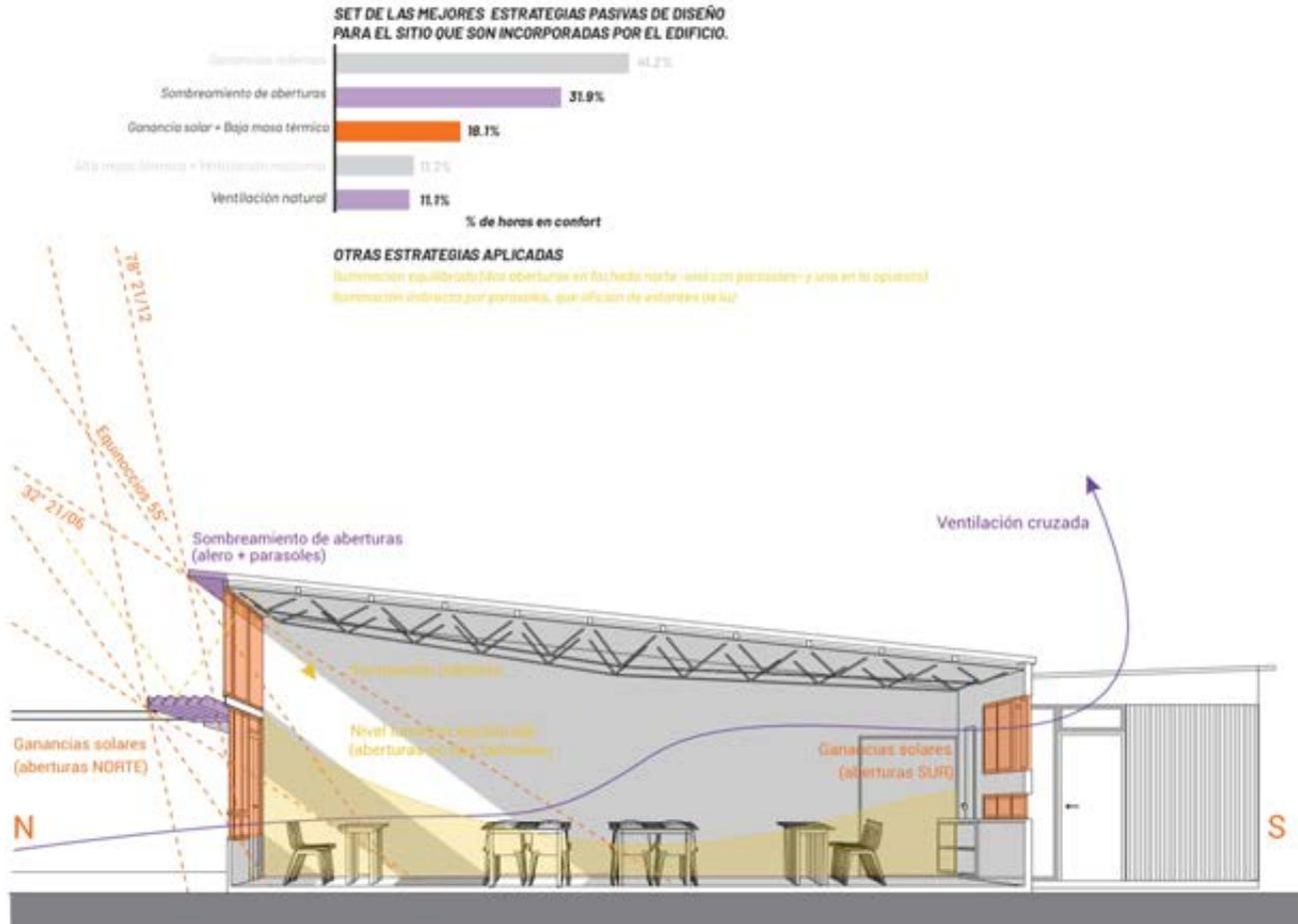


FIGURA 06. Proyección axonométrica del aula y esquemas. Elaboración propia.



Se observa que, gracias a la orientación norte-sur de las aulas estas reciben abundante radiación solar. Protección solar: la fachada norte se protege parcialmente con un alero conformado por lamas metálicas de una medida adecuada. Estos se ubiquen a una altura intermedia aproximadamente a 2.1 m del nivel interior. Por encima de esto, el volado de la cubierta, que es muy corto, no protege correctamente el tramo superior de la fachada.

Ventilación: La organización de las aulas habilitan

ventilación cruzada. Sin embargo, se observa que, en la fachada norte, el porcentaje de apertura es muy bajo (la mayoría son paños fijos), por lo que, para tener una correcta ventilación en períodos calurosos, es necesario abrir la puerta.

Inercia Térmica: Se advierte que el sistema constructivo utilizado en el prototipo, al ser liviano y muy delgado, sumado al % de huecos el aula no proporciona suficiente inercia térmica al aula.

FIGURA 07. Corte perspectivo del aula. Elaboración propia.

ESCUELA N°47 WASHINGTON BELTRÁN

ESPACIO EXPERIENCIA

ESCUELA N° 47 WASHINGTON BELTRÁN

El día 7 de diciembre de 2023, a las 09:00 horas, se realizó una visita a la Escuela N° 47 Washington Beltrán junto a la maestra directora y la auxiliar administrativa. La temperatura exterior ese día varió entre una mínima de 13° y una máxima de 21°, nublado y parcialmente soleado.

La escuela opera en régimen de doble turno de tiempo completo, con alrededor de 355 alumnos distribuidos en 12 clases, con un promedio de 30 alumnos por clase. El horario de clases es de 8:30 a 16:00 horas, de marzo a diciembre. Las maestras están presentes durante todo el horario escolar, incluyendo las actividades extras como inglés y educación física.

La escuela cuenta con dos tipos de aulas: aulas grandes de 8 x 9,6 metros (que es el modelo utilizado como caso de estudio), y más pequeñas, de 5,3 x 7 metros.

Actividades y Uso del Espacio:

La directora de la escuela comentó que se realizan actividades distintas al esquema tradicional de clase: talleres, asambleas, horas de juego dirigidas con fundamento teórico, inglés y educación física. Estas actividades están estipuladas en la Acta N° 90, que establece el modelo pedagógico de las escuelas de tiempo completo. Se utilizan tanto en espacios interiores como exteriores, incluyendo un escenario y el espacio de comedor. Para este tipo de actividades

entienden hace falta que en la escuela tenga al menos un aula de usos múltiples.

En 2015, se renovaron los baños y se mejoró el aislamiento de los muros. Se retiraron las chapas existentes y la cáscara de arroz utilizada como aislante. Se colocó aislamiento térmico nuevo antes de volver a colocar las chapas utilizadas como terminación exterior.

Los muros corredizos que se arreglaron en ese momento actualmente no funcionan, lo que limita la flexibilidad del espacio. Cuando estos funcionaban les resultaban útiles para tener aulas más grandes que funcionaran para usos múltiples dando la posibilidad de realizar actividades que involucrara más de una clase en simultáneo.

La organización del mobiliario en las aulas depende de cada maestra, pero las aulas más pequeñas tienen menos flexibilidad para reorganizar sillas y mesas debido al espacio limitado para los 30 alumnos que actualmente albergan.

Mobiliario:

Las mesas tienen un diseño curvo que dificulta su uso al intentar unirlos, ya que los objetos colocados en ellas pueden caer. Las sillas con respaldo redondo, adquiridas en 2015, no son del todo cómodas para los estudiantes. Hay dos tamaños de sillas: uno para los grados 1° a 3° y otro para los grados 4° a 6°, pero las son medidas generales y no siempre adecuadas para todos los alumnos, especialmente para los grandes.



IMAGEN 08. Imagen del interior del aula. Elaboración propia.

ESCUELA Nº47 WASHINGTON BELTRÁN

ACONDICIONAMIENTO LUMÍNICO

Iluminación natural

Las aulas reciben una buena cantidad de luz natural, especialmente el aula estudiada (aula grande) que tienen fachadas expuestas tanto al norte como sur. Sin embargo, las aulas más pequeñas solo tienen una fachada expuesta al norte.

Uso de luminarias:

Durante la visita, las luminarias estaban encendidas aunque no parecía necesario debido a la abundante luz natural. La Directora y la Auxiliar administrativa mencionaron que generalmente no encienden las luces en días soleados, ya que no identificaron zonas oscuras en las aulas.

Exceso de luz y deslumbramiento:

Se constató que en días soleados existe un problema de exceso de luz, causando deslumbramiento. Aunque las aulas cuentan con parasoles exteriores y cortinas instaladas en una reforma en 2015, estas no cubren completamente las ventanas, dejando el tramo superior sin protección. Esto, junto con un alero corto en la cubierta inclinada, contribuye a la entrada de radiación solar directa, lo que genera deslumbramiento y problemas térmicos.

Medidas tomadas: Durante la reforma, se decidió colocar una lámina de protección solar en el tramo

superior de las ventanas y hacer las cortinas más bajas. Sin embargo, esta medida no ha sido suficiente para evitar el deslumbramiento, y parece haber empeorado la calidad de la luz en el interior.

En las aulas más grandes, se ha optado por retirar las sillas y mesas cercanas a la fachada para mitigar el problema, mientras que en las aulas más pequeñas, donde el espacio es limitado, se han pegado papeles en las ventanas para intentar reducir el deslumbramiento.

Destaca la cantidad de luz que se obtiene en las aulas, particularmente las grandes, pero se observa la necesidad de revisar las soluciones para poder controlar y/o difuminar el exceso de luz.





IMAGEN 11. Imagen del interior del aula. Elaboración propia.

ESCUELA N°47 WASHINGTON BELTRÁN

ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO

Reverberación en el Aula

Al consultar con los usuarios sobre la acústica de los salones, nos comentaron que consideran que las aulas no presentan problemas de eco y que, en general, se escucha correctamente cuando alguien habla.

La geometría del aula y los materiales absorbentes, como la ropa en percheros y los libros en estanterías abiertas, a pesar del piso reflejante, contribuyen a reducir el tiempo de reverberación, evitando problemas de eco y facilitando la comprensión de la comunicación oral.

Aislamiento acústico entre aulas

Las mayores dificultades acústicas surgen de la falta de hermeticidad de los paneles corredizos que separan las aulas. Estos paneles no solo tienen problemas de funcionamiento (quedando trabados en algunos casos, sin terminar de cerrar), sino que también fallan en proporcionar un aislamiento adecuado, permitiendo que el ruido pase de un aula a otra. Las puertas corredizas que comunican directamente las aulas funcionan, pero el sistema también carece de la hermeticidad necesaria, agravando el problema de interferencia acústica entre los salones.

Interferencia del ruido exterior

La escuela se ubica en la esquina de la calle Capurro (de mayor tránsito de autos y ómnibus) y Juan María Gutiérrez.

Los bloques que dan a la calle Capurro, especialmente el destinado a aulas, sufren más la interferencia del ruido externo debido al mayor tráfico de esta calle.

Es adecuado que el bloque más cercano a la calle Capurro se utilice como cocina y comedor, ya que este tipo de espacios tiene menores requerimientos acústicos. Se identifica que haber ubicado el sector administrativo en el segundo bloque que da a Capurro podría haber sido una mejor solución para evitar los ruidos más molestos en las aulas.

Aunque la reverberación interna en las aulas no es un problema significativo, el aislamiento acústico entre salones y la interferencia del ruido exterior son aspectos que requieren atención. Mejorar estos aspectos contribuiría a una mejor calidad acústica general en la escuela.

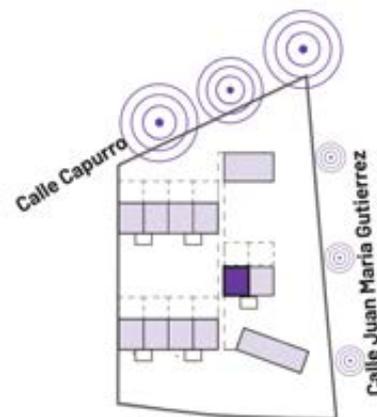


FIGURA 12. Esquema de fuentes de ruido del entorno. Elaboración propia.



IMAGEN 13. Imagen intervenida del interior del aula. Elaboración propia.

ESCUELA N°47 WASHINGTON BELTRÁN

ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO

Temperatura interior

Al consultar a los usuarios si la temperatura interior del aula era confortable, nos comentaron que en general, sí, pero gracias al apoyo del aire acondicionado.

Los aires acondicionados instalados en 2016 se utilizan tanto en invierno como en verano, dependiendo del criterio de cada maestra, pero en general calculan que los usan dos horas en la mañana y dos horas por la tarde.

Observan que la temperatura es más crítica durante el período caluroso debido al exceso de radiación solar.

La protección solar resulta insuficiente, particularmente en la parte superior del cerramiento norte, lo que causa problemas de calor excesivo en la temporada cálida.

Cabe destacar que al igual que para el confort lumínico las aulas más chicas se comportan peor con la radiación solar debido a la menor posibilidad de alejar las mesas de la fachada y la menor cantidad de volumen de aire.

Con el objetivo de mejorar la protección solar en la fachada norte se destaca la iniciativa de los maestros de instalar en 2023 toldos exteriores horizontales (en una primera instancia, solamente en dos de las aulas por falta de presupuesto).

Estos toldos mejoran notoriamente la temperatura tanto en el interior como en el exterior.

Ventilación

Las aulas grandes (caso de estudio) tiene ventilación cruzada Norte-Sur.

Cabe destacar que gracias a la cercanía con la rambla y la orientación norte-sur los usuarios identifican que las aulas logran una buena ventilación.

De todos modos se observa que la mayoría de la fachada Norte es fija, por lo que si se sumara apertura en algunas de las ventanas se favorecería considerablemente a una buena ventilación para el período caluroso.

La utilización del toldo horizontal exterior parece una solución muy adecuada tanto para controlar la radiación solar por arriba de los parasoles como para el uso protegido del espacio exterior.

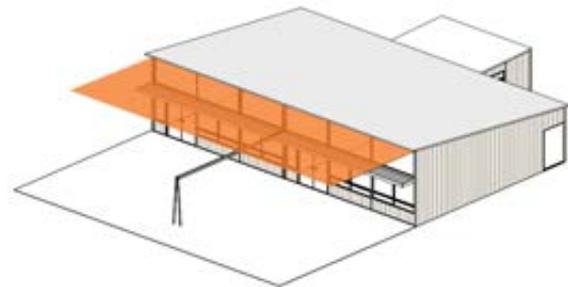


FIGURA 14. Axonométrica del aula con indicación de la propuesta de implementación de toldo. Elaboración propia.



IMAGEN 15. Imagen intervenida del interior del aula. Elaboración propia.

OBRA
UBICACIÓN
FECHA
AUTOR
CÓDIGO

Escuela Rural Nº27
La Macana, Florida
1970
Eladio Dieste - Marcelo Sasson
I-08-Cfa



IMAGEN 01. Imagen exterior de acceso al edificio. Elaboración propia.



IMAGEN 02. Imagen exterior de acceso. Elaboración propia.

ESCUELA RURAL N°27

ELADIO DIESTE - MARCELO SASSON

La escuela N° 27 “La Macana” se ubica próximo al pueblo con el mismo nombre, en el departamento de Florida. Se posiciona en un terreno exento, en el medio rural, desarrollándose en una única planta. En el año 2018 fue declarada por la Comisión del Patrimonio Cultural de la Nación (CPCN), como Monumento Histórico Nacional, así como otras obras de Eladio Dieste.

La Escuela Rural N°27 La Macana surge de la iniciativa del filántropo Alberto Gallinal Heber y el ingeniero Eladio Dieste para el reemplazo de las precarias escuelas rurales por unas de mejores condiciones. Entre 1961 y 1972, este esfuerzo conjunto resultó en la construcción de 228 escuelas rurales, todas con el distintivo diseño de Dieste: estructuras de ladrillo con techos ondulados y bóvedas autoportantes (Higgs, 2021).

El modelo de financiamiento, conocido como Plan Gallinal, se basaba en la donación de tierras por parte

de terratenientes locales y la colaboración comunitaria para la construcción. Los padres y otros miembros de la comunidad participaban activamente en la excavación de los cimientos y la edificación de las escuelas. Además, se formaron albañiles locales, quienes a su vez enseñaron a otros, asegurando la sostenibilidad del proyecto (Higgs, 2021).

El nuevo edificio, diseñado por Eladio Dieste, data de 1967. Según información de la CPCN, en ese año la escuela tenía 100 alumnos y tres maestros, siendo una de las más grandes construidas bajo el Plan Gallinal (ANEP, 2018).

En la elección de la técnica constructiva estaba la intención de seleccionar materiales que se pudieran obtener en la zona de la construcción de la escuela, así como el involucramiento de la comunidad escolar en forma de mano de obra.

Casualmente el pueblo de La Macana, es una zona

donde predomina el oficio del ladrillero (Martínez, 2018).

Los ladrillos utilizados, conocidos como “ladrillos de campo”, se fabricaban en el lugar con barro y virutas de madera, y se cocían en hornos de leña. Este método no solo era económico, sino que también fomentaba la autosuficiencia y el uso de recursos locales (Higgs, 2021).

Cada escuela incluía una a tres aulas espaciosas, un baño, una cocina y la vivienda del maestro. Este enfoque práctico permitió que las escuelas se integren fácilmente en sus comunidades, con variaciones mínimas según el lugar (Higgs, 2021).

A nivel constructivo, se materializa a partir de la sucesión de bóvedas semicirculares de cerámica armada dispuestas cada 2,82m. Estas organizan la disposición de los muros, los cuales también son de cerámica (Barrán, 2020: 166).



IMAGEN 03. Imagen interior del aula. Elaboración propia.

ESCUELA RURAL Nº27

FORMA E IMPLANTACIÓN

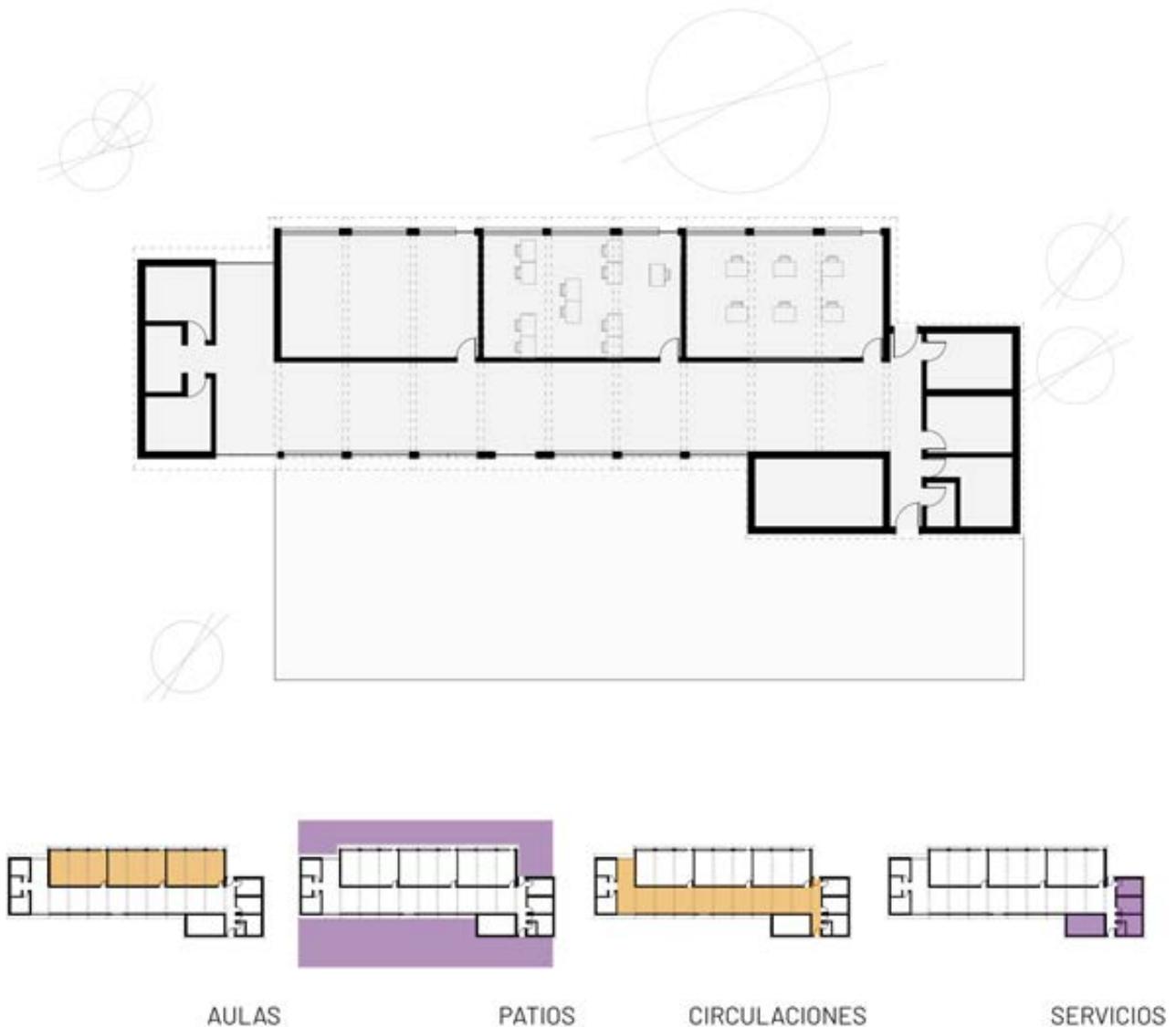
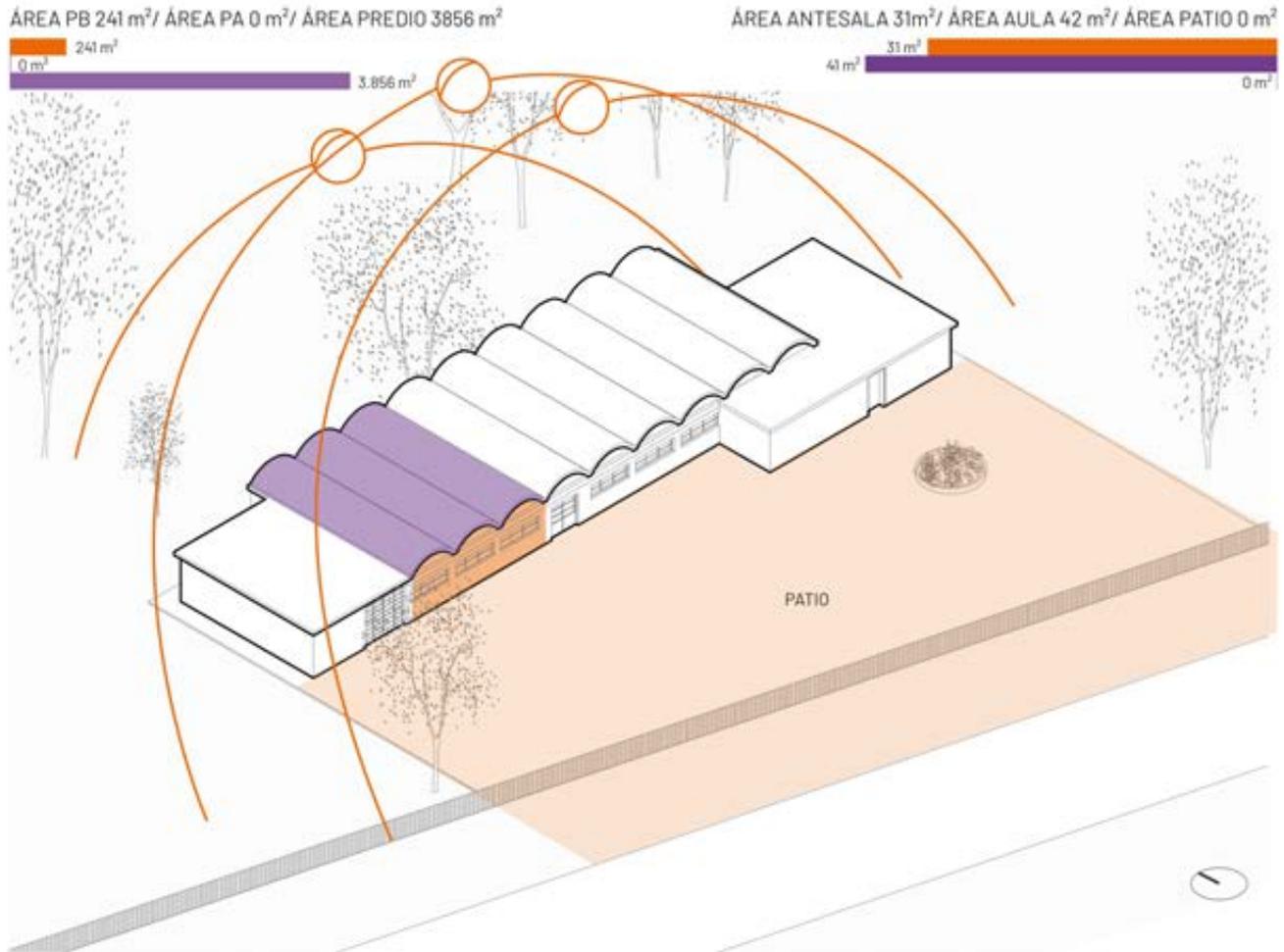


FIGURA 04. Planta del conjunto. Adaptada de *La sistematización de la arquitectura escolar pública. Orígenes, difusión internacional y desarrollo en el Río de la Plata (1955-1973)*. [Gráfico]. Barrán, P. Tesis doctoral en Arquitectura Fadu Udelar (2020).



El núcleo de servicios que inicialmente consistía de la vivienda de el/la maestro/a se dispone sobre la fachada Oeste, generando que la escuela creciera hacia el eje Este, por ende posibilitando el asoleamiento de las aulas sobre la orientación Norte y la galería sobre el Sur.

La galería históricamente se hacía abierta, sin embargo, en este plan se optó por dejarla cerrada para

aprovechar este espacio como comedor o patio cerrado.

Si bien el volumen compacto al que se llega resulta ser beneficioso para climas templados como el de Uruguay (por minimizar caras expuestas y evitar pérdidas de calor) no permite la conformación de espacios exteriores semi-cerrados resguardados del clima.

FIGURA 05. Proyección axonométrica del conjunto. Elaboración propia.

ESCUELA RURAL N°27

ENVOLVENTE Y DISPOSITIVOS

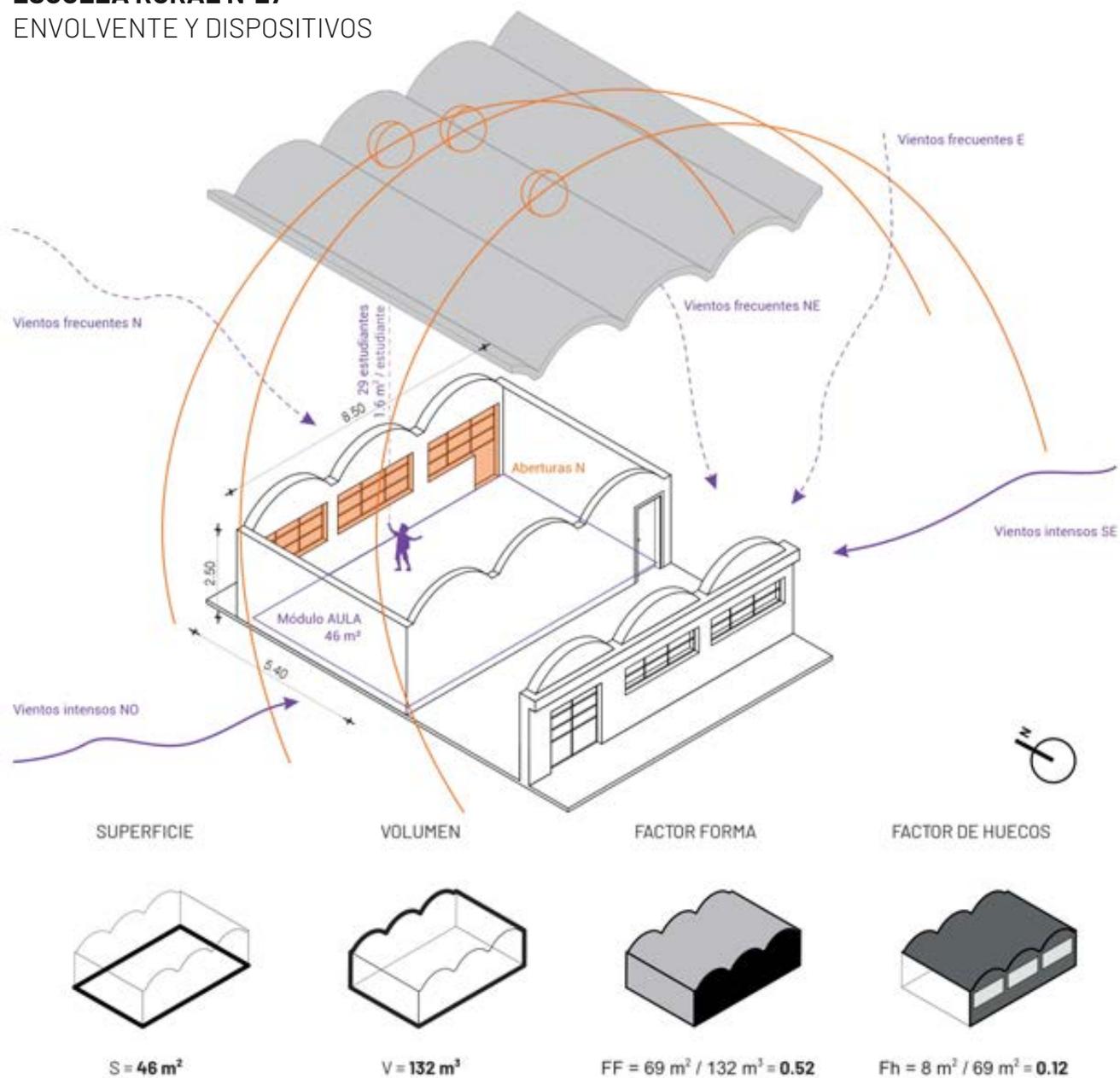


FIGURA 06. Proyección axonométrica del aula y esquemas. Elaboración propia.



El aislamiento térmico de los cerramientos es mínimo. Si bien los muros se proyectaron como dobles, no se realizaron así y la cubierta posee nula aislación térmica, siendo la cerámica y la impermeabilización lo único que separa el interior del exterior, siendo imprescindible el uso del acondicionamiento térmico activo (aire acondicionado) todo el año.

Las aberturas son de hierro, lo cual genera grandes puentes térmicos y nula aislación con el exterior.

La geometría de la cubierta no condiciona el

comportamiento acústico de los salones, pero sí perjudica el confort sonoro en la galería por poseer mayores dimensiones.

Los salones reciben buena iluminación natural por tener aberturas norte, pero es necesario el uso de cortinas para evitar encandilamientos excesivos.

Si bien la ventilación natural es unidireccional, el uso de acondicionamiento térmico activo permite la correcta renovación de aire.

FIGURA 07. Corte perspectivado del aula. Elaboración propia.

ESCUELA RURAL N°27

ESPACIO EXPERIENCIA

La visita a la escuela se realizó el día 14 de diciembre de 2023 a las 08:30 am. La misma estuvo a cargo de la maestra encargada de la Clase 1.

El cielo en ese momento se encontraba nublado pero la temperatura era bastante elevada, ± 24 °C.

La escuela opera en un régimen anual de Marzo a Diciembre con un horario variable de 10:00 am a 15:00 pm en invierno (Mar-Nov) y 8:00 am a 13:00 pm en verano (Nov-Dic).

Recibe 29 alumnos los cuales se dividen en dos grupos multigrado: Clase 1 (3,4,5 años, Primero y Segundo) y Clase 2 (Tercero, Cuarto, Quinto y Sexto)

Uso del espacio:

La escuela consta de tres aulas de 45m²; una por grupo multigrado y un aula de inglés. Además cuenta con un espacio cerrado de galería que se utiliza como comedor y patio cerrado, baños, cocina y dirección.

El esquema de organización espacial en la clase de Inicial es flexible, realizándose actividades con distribuciones de bancos en rondas, filas, rincones e incluso en el piso sobre alfombras.

Por otra parte los alumnos de Primaria siguen un esquema más tradicional de bancos organizados en filas para evitar la dispersión y distracción de los niños.

La galería interior y el patio exterior son utilizados para realizar diversas actividades didácticas, según comenta la maestra. Sin embargo, luego de que un temporal derribó los árboles presentes en el patio, este quedó desprovisto de protección del viento y radiación solar, limitando la realización de actividades en el mismo, el mayor porcentaje de los días del año.

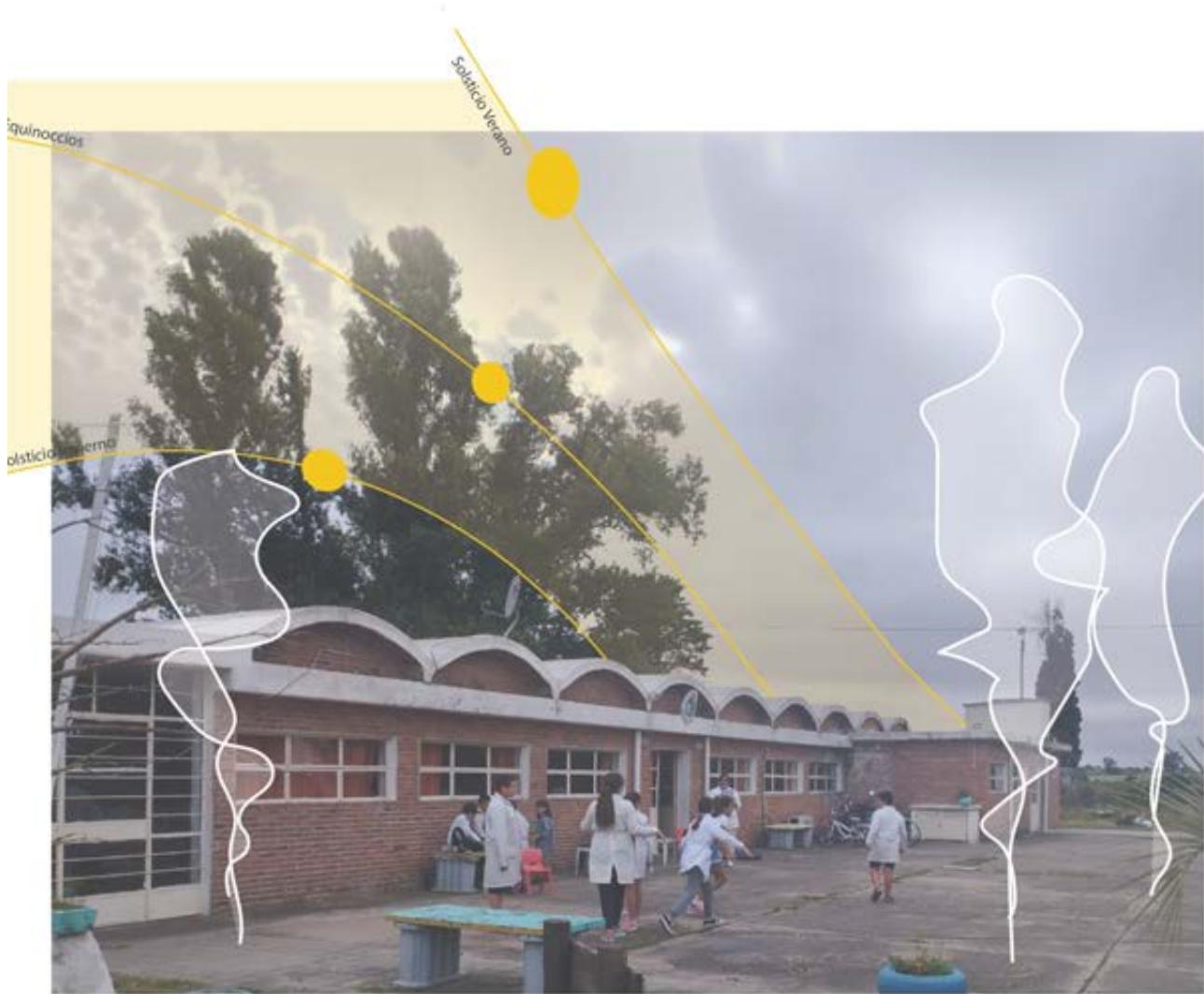


IMAGEN 08. Imagen exterior intervenida. Elaboración propia.

ESCUELA RURAL Nº27

ACONDICIONAMIENTO LUMÍNICO

Iluminación natural:

La observación inicial era de que la iluminación natural del aula era más que suficiente, lo cual la maestra confirmó. Las mismas, por orientarse hacia el Norte, reciben luz solar directa constantemente durante prácticamente todo el año, sin embargo no cuentan con ningún dispositivo de sombreado exterior

Exceso de luz:

Se deben utilizar cortinas ya que la luz directa que entra en las aulas es excesiva, provocando deslumbramientos y reflejo sobre las áreas de trabajo.

Esto se da en ambas disposiciones de aulas, tanto con el pizarrón orientado perpendicular al plano de las ventanas como paralelo a este.

Iluminación artificial:

Si bien el espacio cuenta con luminarias de tipo tubular color frío, estas no se utilizan salvo excepciones como días muy nublados, según comenta la maestra.



IMAGEN 09. Vista exterior. Elaboración propia.

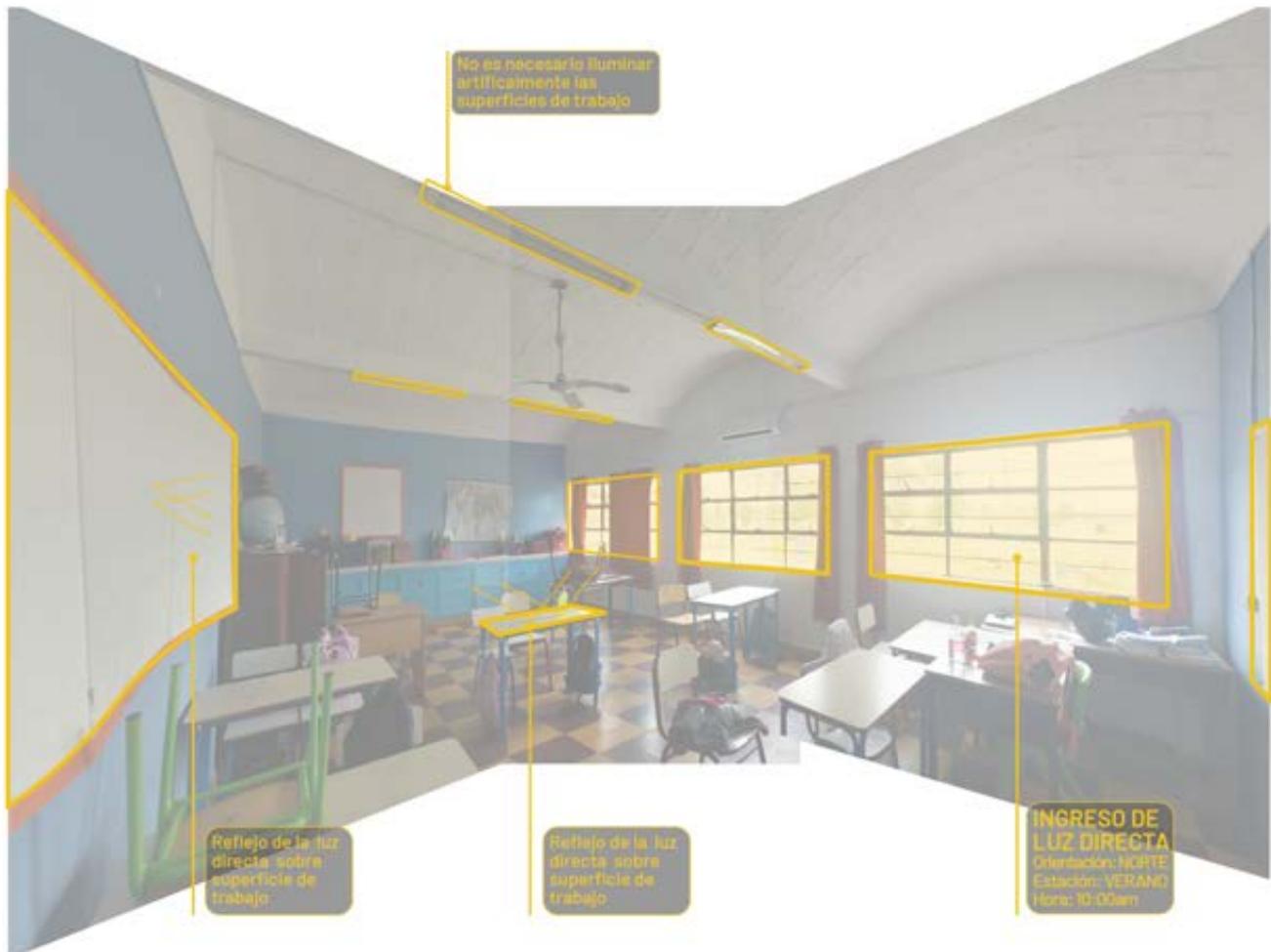


IMAGEN 10. Imagen interior intervenida. Elaboración propia.

ESCUELA RURAL Nº27

ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO

Interferencia:

Si bien la escuela se encuentra lejos de grandes fuentes de sonido, sí se producen interferencias entre aulas y del aula con la galería cuando se están realizando actividades en la misma.

La separación entre las mismas es de apenas un muro de ladrillo de 15cm aproximadamente, teniendo nula aislación acústica.

Reverberación:

Como se nombró anteriormente, se realizan actividades didácticas en la galería. Según relata la maestra, en esta, se produce una reverberación excesiva, dificultando la comunicación cuando se encuentran muchos alumnos allí.

Esto se le podría atribuir a la geometría de su cubierta en bóvedas, en combinación con la gran área que posee.



IMAGEN 11. Vista interior de corredor. Elaboración propia.

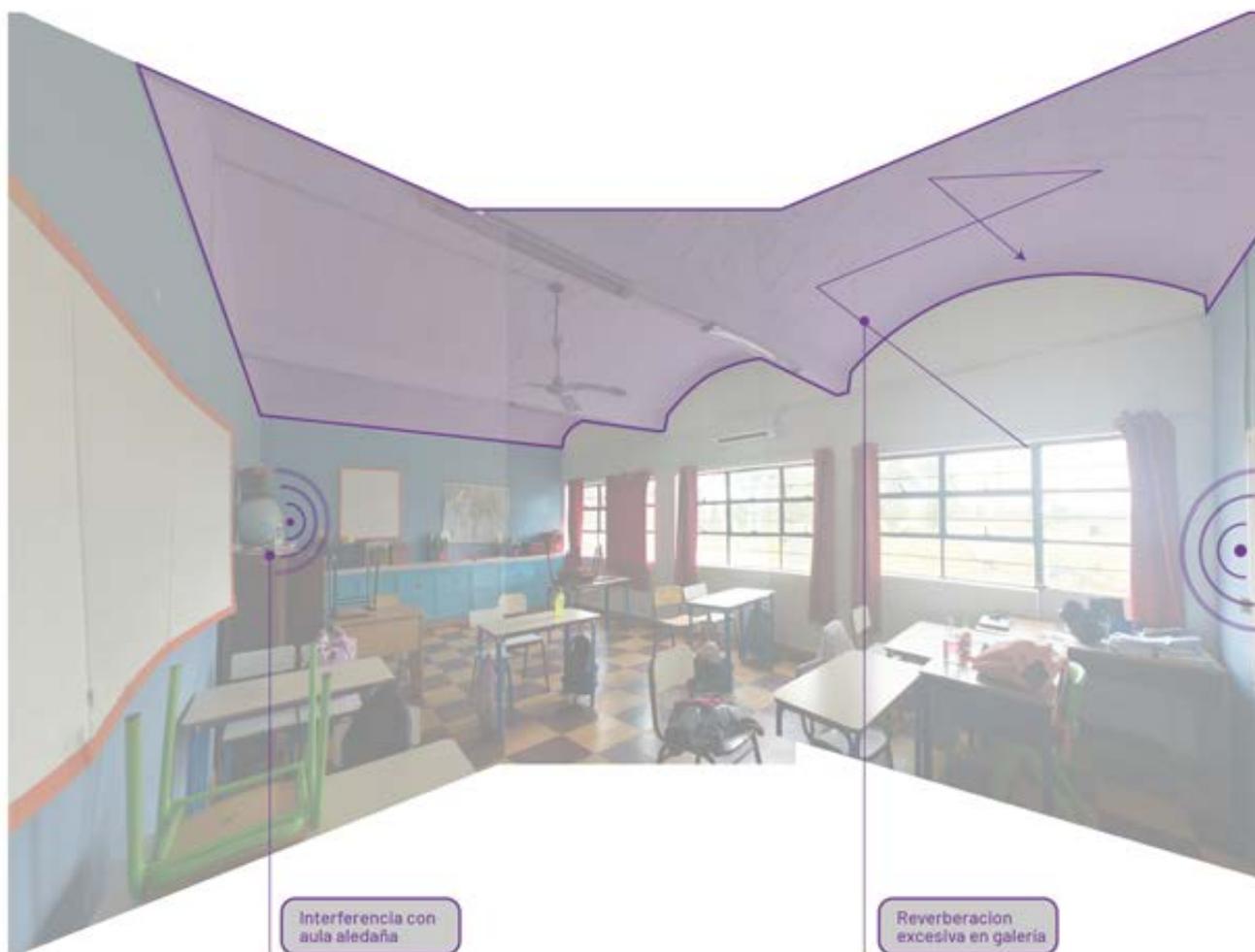


IMAGEN 12. Imagen interior intervenida. Elaboración propia.

ESCUELA RURAL Nº27

ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO

Temperatura interior:

Si bien la maestra comentaba que la temperatura interior es adecuada y los niños no necesitan utilizar abrigo sobre la túnica, también expresaba que el aire acondicionado se utiliza todo el día durante todo el año.

Es por esto que se dificulta la evaluación objetiva de la experiencia de los usuarios en cuanto a confort térmico.

Sin embargo, se puede asumir que el comportamiento térmico de las aulas es deficiente debido a la conformación material de los cerramientos. Estos son de muros de ladrillo simple, aunque se proyectaron como dobles, cubierta cerámica y aberturas de marco de hierro y vidrio simple.

El mayor desconfort a nivel térmico se presenta en el espacio de Galería, cuya orientación Sur no permite las ganancias térmicas y las pérdidas de calor son

mayores.

Ventilación:

A pesar de que aparentemente su ventilación unilateral a través de ventanas batientes, pareciera ser suficiente, la misma se realiza en mayor medida a partir del aire acondicionado.

Temperatura exterior:

Como se nombró anteriormente, la falta de protección al exterior, evita la posibilidad de realizar actividades en el patio la mayor parte del año. Tanto por radiación solar excesiva en el período caluroso, como por viento y frío en el período frío.



IMAGEN 13. Imagen interior intervenida. Elaboración propia.

OBRA
UBICACIÓN
FECHA
AUTOR
CÓDIGO

Liceo N°3 Obelisco - Batalla de Las Piedras
Las Piedras, Canelones
2002
ANEP
II-06-Cfa



IMAGEN 01. Vista interior del aula. Elaboración propia.



IMAGEN 02. Imagen exterior del acceso. Elaboración propia.

LICEO N°3 OBELISCO - BATALLA DE LAS PIEDRAS

ANEP

El liceo N°3 de Las Piedras fue fundado en el año 1997 en un local alquilado que se localizaba frente a su actual edificio. A pesar de que originalmente sólo se dictaba el ciclo básico, siempre fue muy importante para todo el barrio y rápidamente generó un sentido de pertenencia en las familias de la zona.

En las décadas de 1990 y 2000 ANEP construyó una serie de liceos en varias localidades del país con criterios proyectuales, programáticos y estéticos muy similares, generando una edificación con cierta iconicidad que es fácilmente reconocible. En el año 2002 se construye la actual sede del liceo N° 3 de la ciudad de Las Piedras bajo estos criterios. El edificio es rectangular con una doble crujía de aulas, que se

separan del sector administrativo por el Hall. Posee dos circulaciones verticales, una al final del pasillo de las aulas y otra en la doble altura del Hall.

Originalmente el edificio tenía 10 aulas, pero la alta demanda provocó que se realice una ampliación con aulas prefabricadas colocadas en el patio. Recién en el año 2015 se concreta la ampliación planificada y definitiva, donde se llegaron a realizar 4 aulas extras. Los espacios de aprendizaje agregados continúan el esquema proyectual inicial de doble crujía.

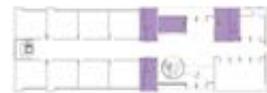
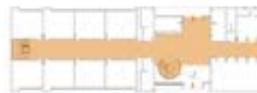
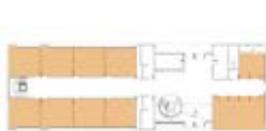
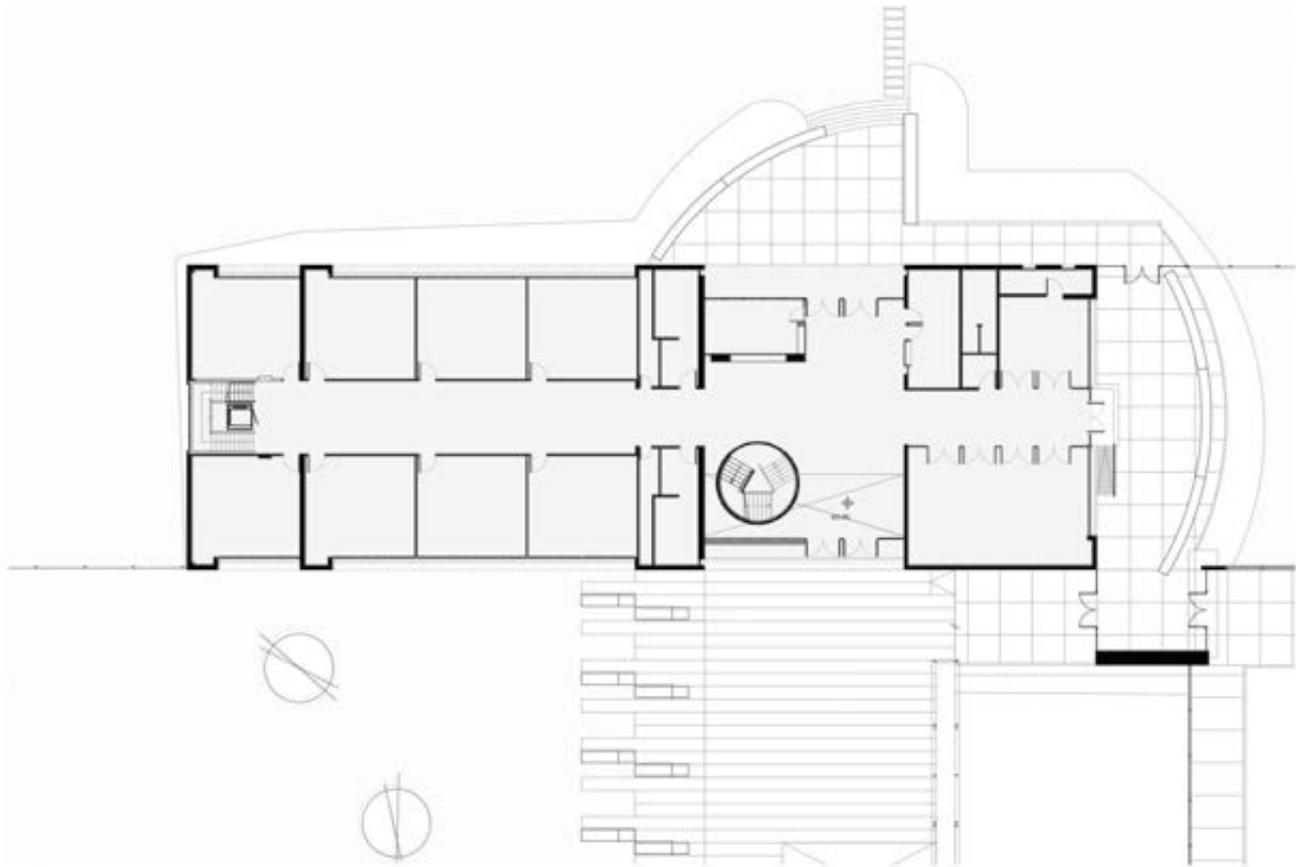
El edificio se ubicó centralmente en el predio, liberando a un lado una cancha y una huerta, mientras que hacia el otro sector quedó el patio principal con algunos servicios independientes (Liceo de Las Piedras, 2020).



IMAGEN 03. Imagen exterior. Elaboración propia.

LICEO Nº3 OBELISCO - BATALLA DE LAS PIEDRAS

FORMA E IMPLANTACIÓN



AULAS

PATIOS

CIRCULACIONES

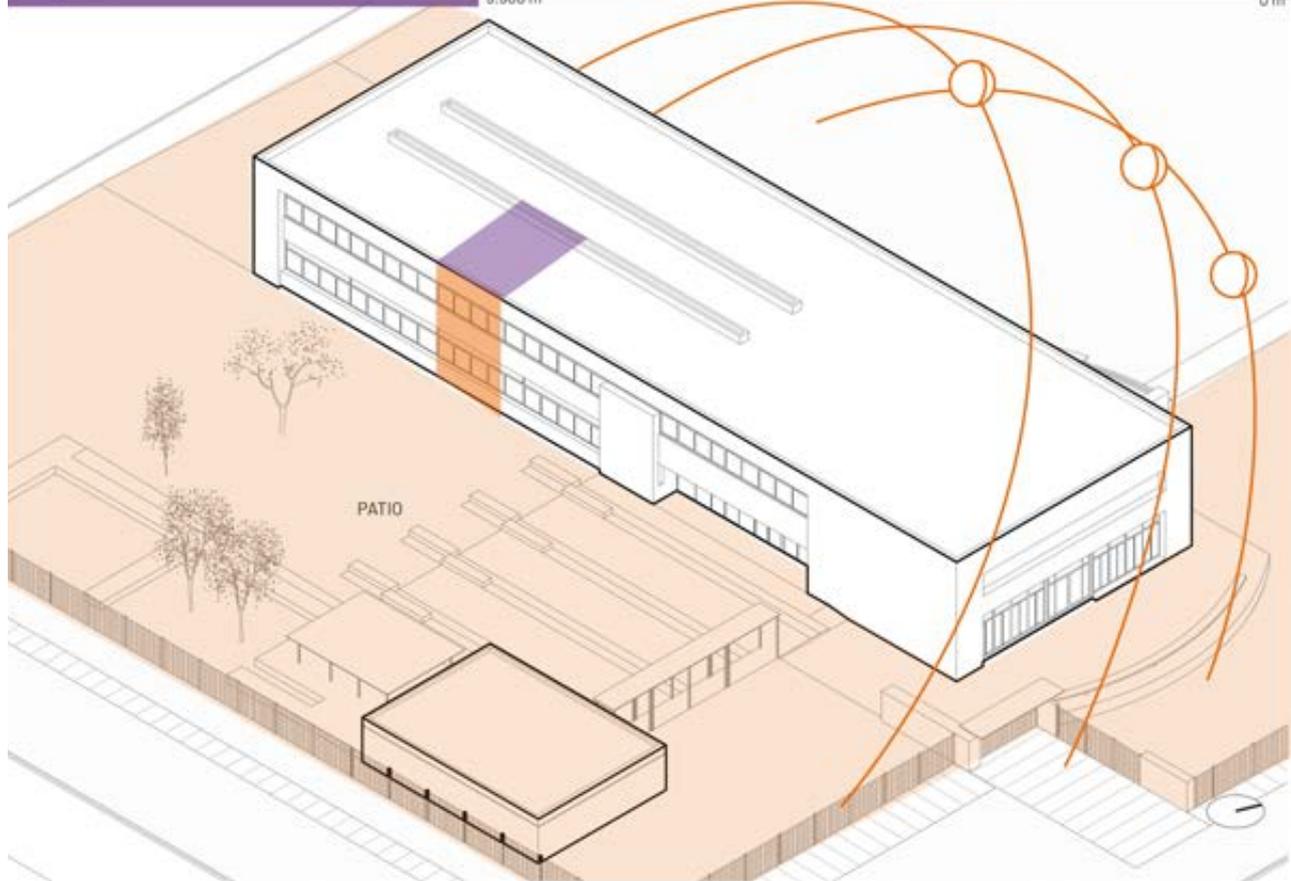
SERVICIOS

FIGURA 04. Planta del conjunto. Adaptada de planos originales. Gentileza de Paemfe.

ÁREA PB 1.020 m²/ ÁREA PA 950 m²/ ÁREA PREDIO 9.900 m²



ÁREA ANTESALA 30m²/ ÁREA AULA 40 m²/ ÁREA PATIO 0 m²



Realizando una revisión de varios de los liceos construidos bajo este mismo plan, se observa que la ubicación y disposición de los edificios responden a las condicionantes del predio y sus linderos, sin importar la orientación de cada situación. En este caso, el liceo N°3 de Las Piedras se posiciona del tal forma, que las aulas quedan orientadas al noroeste o

sureste, dependiendo del lado de la crujía en el que se encuentren. La circulación longitudinal central posee unos lucernarios lineales, que se reproducen en el entresuelo, y permiten iluminar esos espacios, aunque lo hace a muy bajos niveles. Además de esta iluminación natural, el pasillo posee aberturas en sus extremos (accesos y escalera).

FIGURA 05. Proyección axonométrica del conjunto. Elaboración propia.

LICEO Nº3 OBELISCO - BATALLA DE LAS PIEDRAS

ENVOLVENTE Y DISPOSITIVOS

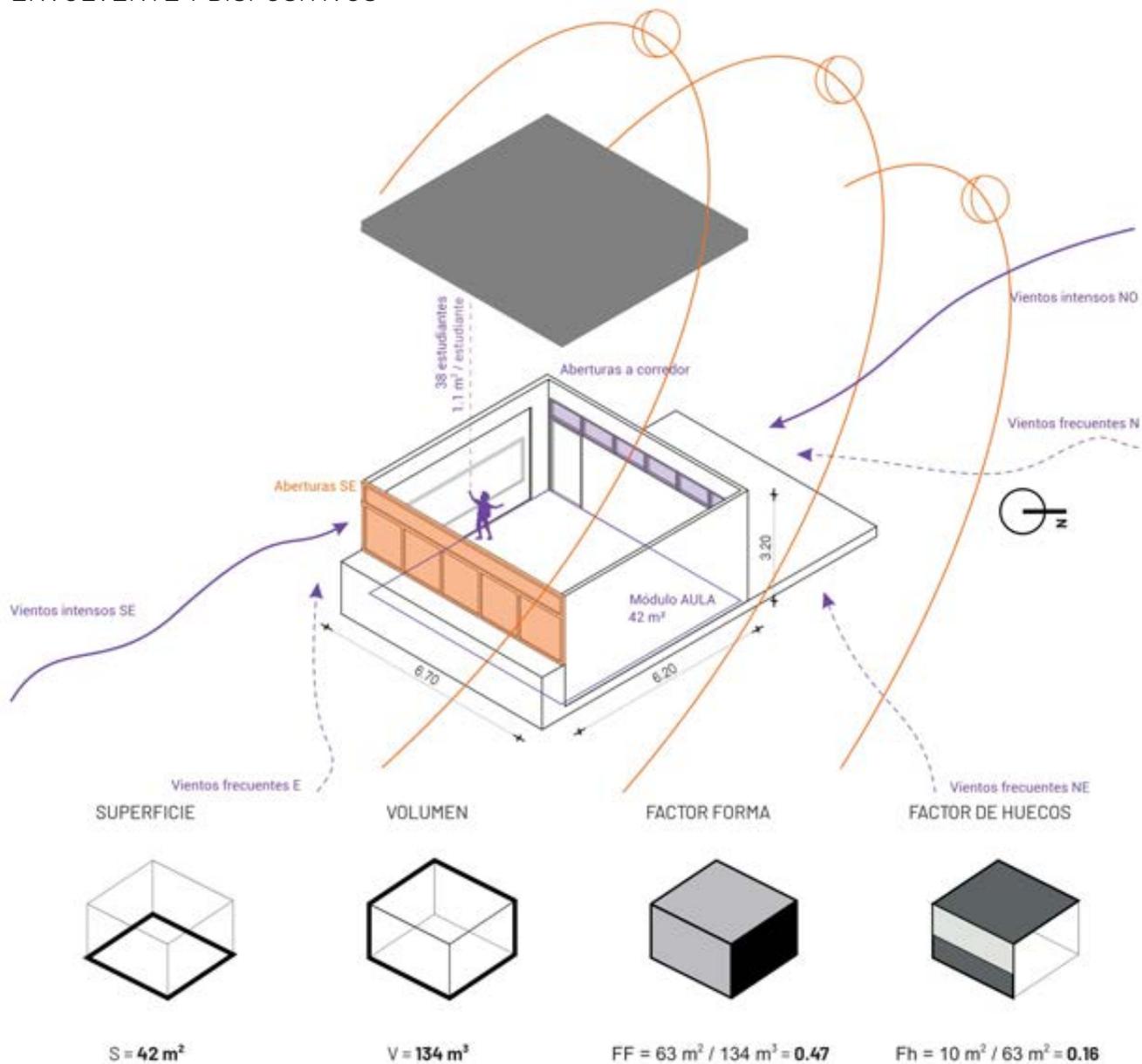
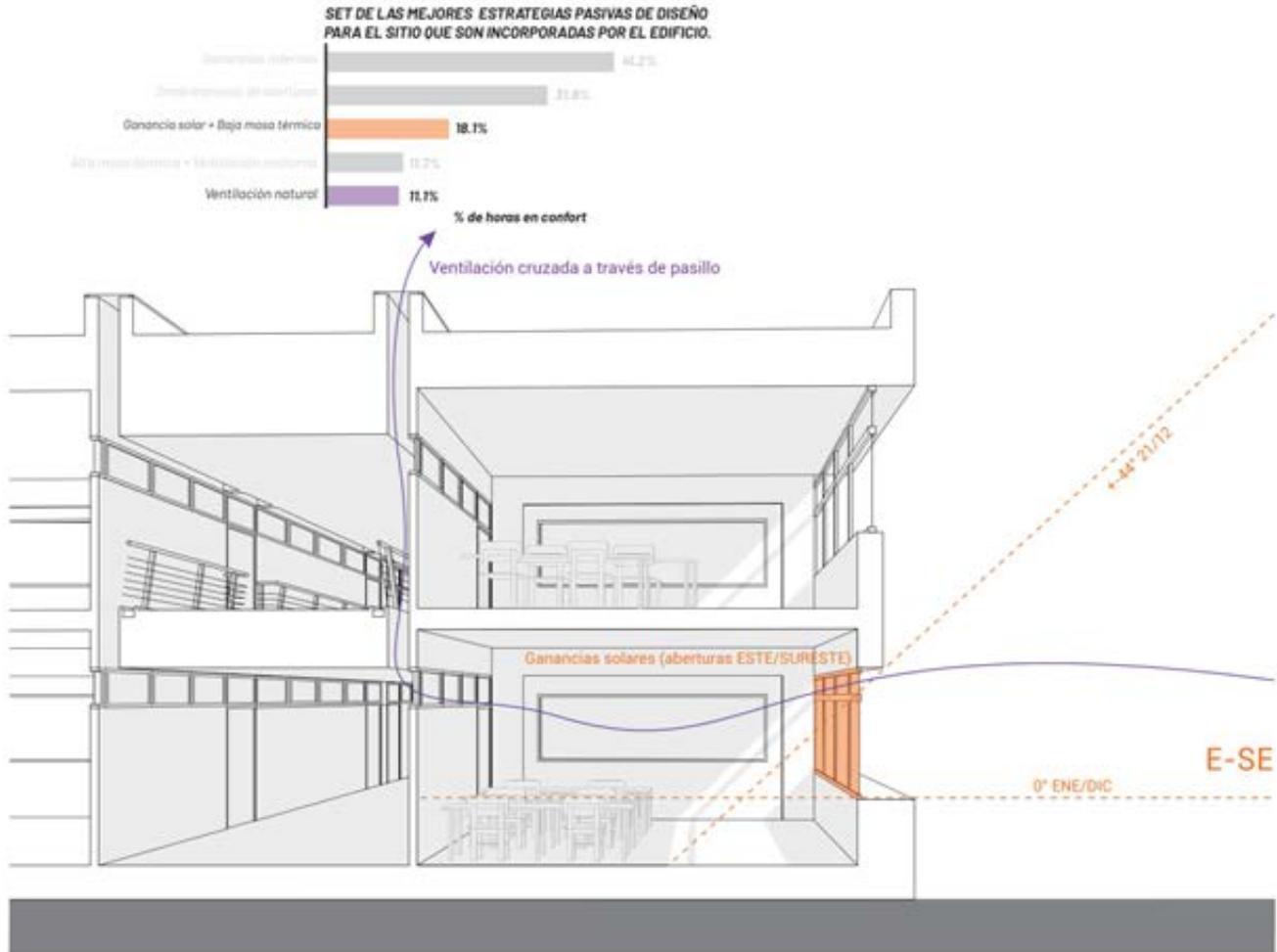


FIGURA 06. Proyección axonométrica del aula y esquemas. Elaboración propia.



Como se mencionó anteriormente, en este proyecto no se identifica un posicionamiento que considere la orientación del predio, por ende, carece de criterio energético en la definición de vanos y cerramientos.

Aún en esta situación, tampoco reconoce la orientación de apertura de vanos para considerar algún de protección, el cual es imprescindible. Los

únicos dispositivos que se identifica puedan tener un propósito energético son las aberturas que comunican aula y pasillo. Estas permiten generar ventilaciones cruzadas en las aulas (aunque sean a través de la circulación) e iluminar naturalmente las fachadas interiores de las mismas, aunque sea en muy bajos niveles.

FIGURA 07. Corte perspectivado del aula. Elaboración propia.

LICEO N°3 OBELISCO - BATALLA DE LAS PIEDRAS

ESPACIO EXPERIENCIA

El día 8 de diciembre de 2023 a las 11:00 horas se realizó la visita al Liceo N°3 de Las Piedras. El cielo estaba despejado y la temperatura exterior de ese día varió entre una mínima de 20° a una máxima de 31°. El recorrido se realizó junto al subdirector de la institución y en el mismo se ingresó a tres de sus aulas (dos con aberturas hacia el sureste y una con apertura hacia el noroeste), además de recorrer varias de las instalaciones y los dos patios. En la sala de profesores se realizaron las consultas planteadas en la encuesta a seis de los docentes. El liceo se encontraba en un período de recuperación, donde los estudiantes van a preparar o profundizar ciertos temas de estudio previo a los exámenes. Esto provocó que el centro educativo no se encontrara en el aforo normal de un día de clases, sino que se observaba una concurrencia bastante reducida, tanto por los estudiantes como por los docentes presentes. El Liceo se enmarca en el Plan de 1996 y las aulas tienen entre 35 y 40 estudiantes. Los docentes comentaron que, dadas las dimensiones de los espacios, el equipamiento y la cantidad de alumnos, es prácticamente inviable considerar otra opción de organización espacial y por

ende, otra dinámica de enseñanza, diferente al tradicional esquema de estudiantes enfrentados al pizarrón. Las cuatro aulas que conformaron la ampliación del edificio, se construyeron unos centímetros más angostas respecto a las originales, esta diferencia se aprecia claramente por la falta de espacio y la proximidad de los estudiantes al pizarrón. Los docentes coincidieron en que la sensación térmica es similar en todas las aulas, siendo éstas calurosas en el verano y frías en invierno. Aclararon que ninguna aula tiene equipos de aire acondicionado por cuestiones meramente económicas.

Dado el posicionamiento del edificio y las fachadas vidriadas de las aulas, se da la situación que algunas reciben radiación solar directa en las mañanas (aberturas orientadas al sureste), mientras que las otras lo hacen en las tardes (fachadas noroeste).

Esto no sólo genera el desconfort térmico mencionado anteriormente, sino que también tiene consecuencias lumínicas negativas, ya que el recorrido solar y sus diferentes ángulos de incidencia provocan que se generen encandilamientos en diferentes momentos.



IMAGEN 08. Imagen interior del aula. Elaboración propia.

LICEO Nº3 OBELISCO - BATALLA DE LAS PIEDRAS

ACONDICIONAMIENTO LUMÍNICO

Iluminación natural

Las aulas cuentan con una gran área vidriada apaísada a lo largo de la fachada exterior, las aberturas de fachada carecen de parasoles o aleros, contando únicamente con cortinas interiores que permanecen generalmente cerradas para evitar el encandilamiento.

Por la mañana, las aulas del lado sur-este reciben luz directa, mientras que las aulas del lado noroeste reciben por la tarde. El ingreso de luz a los pasillos se genera por medio de ventanas altas en las aulas y los lucernarios lineales que hay a ambos lados del pasillo en el segundo nivel, no siendo suficientes para generar corredor luminoso.

Uso de luminarias

Al momento de la visita (11:00 con cielo despejado), las luminarias de todos los salones se encontraban encendidas. En las aulas con fachada sureste ya no ingresaba radiación solar directa y, a pesar de ello, todas las cortinas interiores se encontraban cerradas.

Más allá de lo mencionado, se observa que la rugosidad y la coloración de los diferentes materiales (losas, vigas, muros, etc) no colaboran en aportar una mayor luminosidad a los espacios.



IMAGEN 09. Vista interior del aula. Elaboración propia.

IMAGEN 10. Vista del pasillo del segundo nivel. Elaboración propia.



IMAGEN 11. Imagen interior intervenida. Elaboración propia.

LICEO Nº3 OBELISCO - BATALLA DE LAS PIEDRAS

ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO

Aislamiento acústico entre aulas

Los docentes consultados nos comentaron que el comportamiento acústico de las aulas es muy satisfactorio. El único problema acústico identificado es la interferencia sonora que se genera por las aberturas que comunican aula y pasillo. Estas se abren para generar una ventilación cruzada del aula, pero los ruidos del pasillo distorsionan en normal dictado de la clase y se terminan clausurando, invalidando la estrategia de ventilación cruzada.

En este caso es necesario mencionar que, por el propio funcionamiento de un liceo, donde varios docentes dictan clases en el día de un grupo, es

normal que hayan estudiantes en los pasillos por horas "libres". Esto provoca que el problema identificado sea constante.

Interferencia del ruido exterior

La interferencia con el ruido exterior no es significativa, las calles de los alrededores contienen líneas de ómnibus pero están lo suficientemente alejadas para generar interferencias, por más de que algunas aulas estén contiguas a los patios, estos espacios son grandes y contienen espacios de esparcimiento y de estancia alejados del edificio, lo cual ayuda en caso de tener estudiantes con horas libres o fuera de las aulas.



IMAGEN 12. Imagen interior intervenida. Elaboración propia.

LICEO Nº3 OBELISCO - BATALLA DE LAS PIEDRAS

ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO

Temperatura interior

Los usuarios del liceo nos comunicaron que es normal que en las aulas se sienta frío o calor, durante el periodo caluroso la temperatura aumenta bastante, sobretodo en las aulas ubicadas sobre el noroeste, debido a la falta de protección de las aberturas, no cuenta con alero, ni parasoles de ningún tipo, únicamente con cortinas interiores

En invierno, por más que ingrese la radiación solar, esta se pierde por la gran cantidad de superficie vidriada de las fachadas. Este edificio no cuenta con dispositivos de calefacción artificial.

Ventilación

Las aulas tienen gran parte de su superficie exterior vidriada y móvil, más aberturas en la parte superior del muro que da hacia el pasillo abriendo la posibilidad de un flujo de aire que pueda atravesar todo el edificio, a su vez, el pasillo del segundo nivel permite el paso del aire en dirección vertical. Se podría decir que la ventilación del edificio depende en su mayoría de los usuarios. Como aspecto negativo volvemos a mencionar que quizás la altura de las ventanas de las aulas que dan al pasillo pueden ser poco prácticas para abrir y cerrar con frecuencia.



IMAGEN 13. Imagen exterior. Elaboración propia.

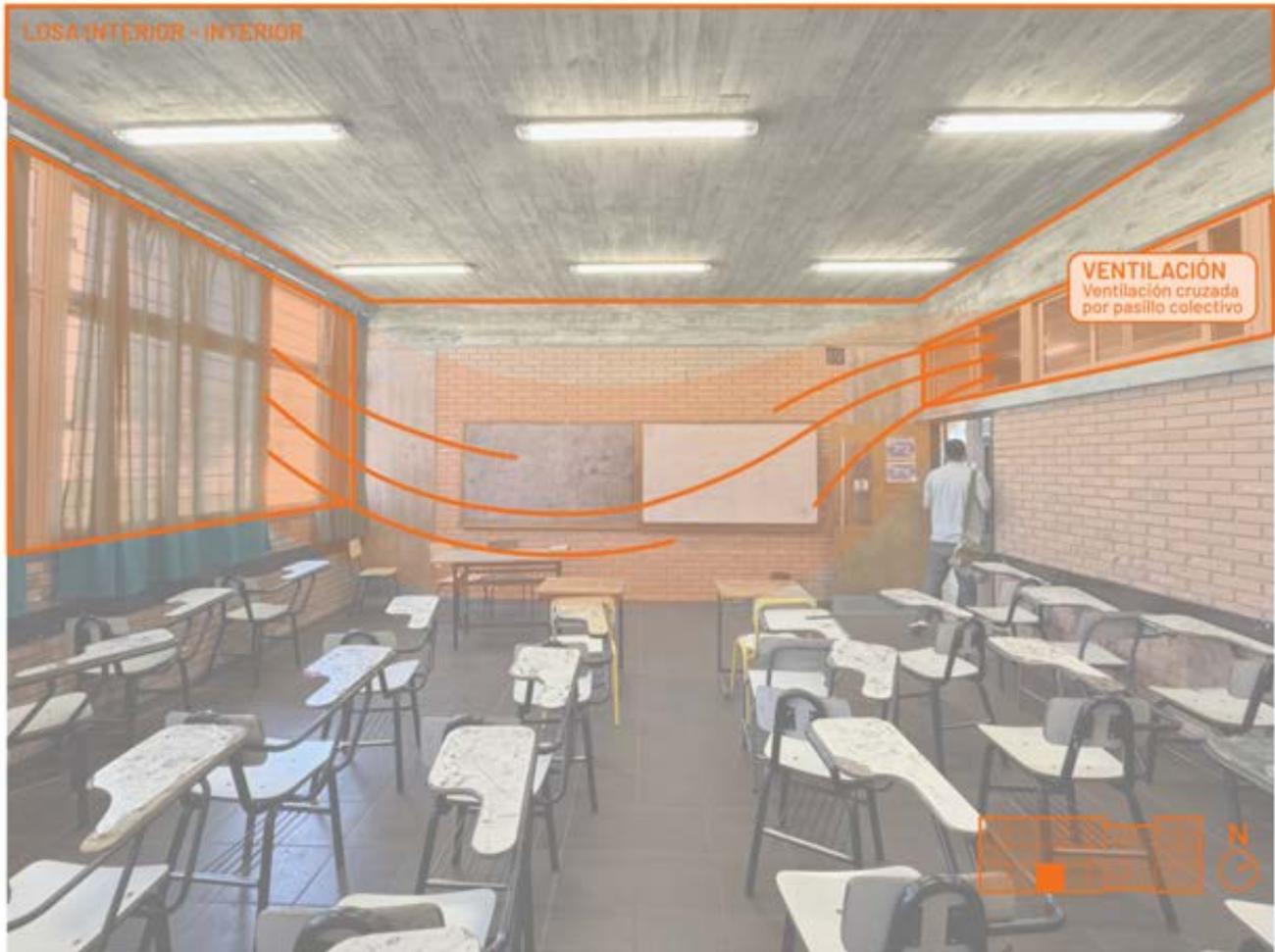


IMAGEN 14. Imagen interior intervenida. Elaboración propia.

OBRA
UBICACIÓN
FECHA
AUTOR
CÓDIGO

Escuela N°384
Barrio Sarandí Nuevo, Montevideo
2015
Pedro Barrán Casas
II-07-Cfa



IMAGEN 01. Vista exterior del conjunto. Barrán, P. (2016). Escuela N°384 de Tiempo Completo en Montevideo [Fotografía]. ARQA. Recuperado de: <https://arqa.com/arquitectura/escuela-n384-de-tiempo-completo-en-montevideo.html>



IMAGEN 02. Vista exterior del patio. Barrán, P. (2016). Escuela N°384 de Tiempo Completo en Montevideo [Fotografía]. ARQA. Recuperado de: <https://arqa.com/arquitectura/escuela-n384-de-tiempo-completo-en-montevideo.html>

ESCUELA N°384

PEDRO BARRÁN CASAS

La escuela de Tiempo Completo N° 384, proyecto nominado al Premio Mies Crown Hall Americas y a la Bienal de Arquitectura y Urbanismo 2016 (Barrán, 2016), surge como propuesta de consolidar la urbanización en una zona vacante en el área intermedia de Montevideo, en conjunto con la construcción más de 400 viviendas —Plan Juntos y cooperativas por Ayuda Mutua—. En el masterplan se prevé la construcción de la escuela y de un jardín de infantes (Barrán, 2016).

El conjunto se compone de 12 salones de clase (10 en planta alta y 2 en planta baja, cada uno con su servicio sanitario), sala de dirección y maestros, comedor, cocina y despensa, espacio deportivo y recreativo conformado por una cancha de fútbol, la placita y el tobogán (DGEIP, 2015).

La implantación responde tanto al desnivel pronunciado como al contexto urbano, considerando los niveles de ruido por las vías principales y la

integración al barrio de los espacios colectivos, manteniendo la mayoría de las aulas en planta alta.

En diálogo con los distintos actores —personal docente, padres y autoridades— se acordó la apertura de las aulas hacia corredores abiertos asociados a los patios de modo fomentar la integración con el exterior, intentando asegurar el buen asoleamiento y la ventilación cruzada (Barrán, 2016).

Con respecto al sistema constructivo, Barrán (2016) hace énfasis en su simpleza, facilidad de mantenimiento y durabilidad, consistiendo en una estructura de hormigón armado, con tabiques separativos de aulas de bloques de hormigón o placares con aislación acústica —con la posibilidad de que en el futuro sean retirados en caso de requerir la integración entre dos locales ante el cambio de las necesidades educativas—, mientras que las fachadas son de aluminio y vidrio con laminados coloreados.



IMAGEN 03. Vista interior del aula. Elaboración propia.

ESCUELA N°384

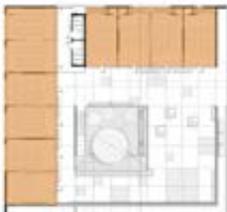
FORMA E IMPLANTACIÓN



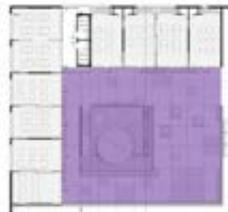
Planta Baja



Planta Alta



AULAS



PATIOS

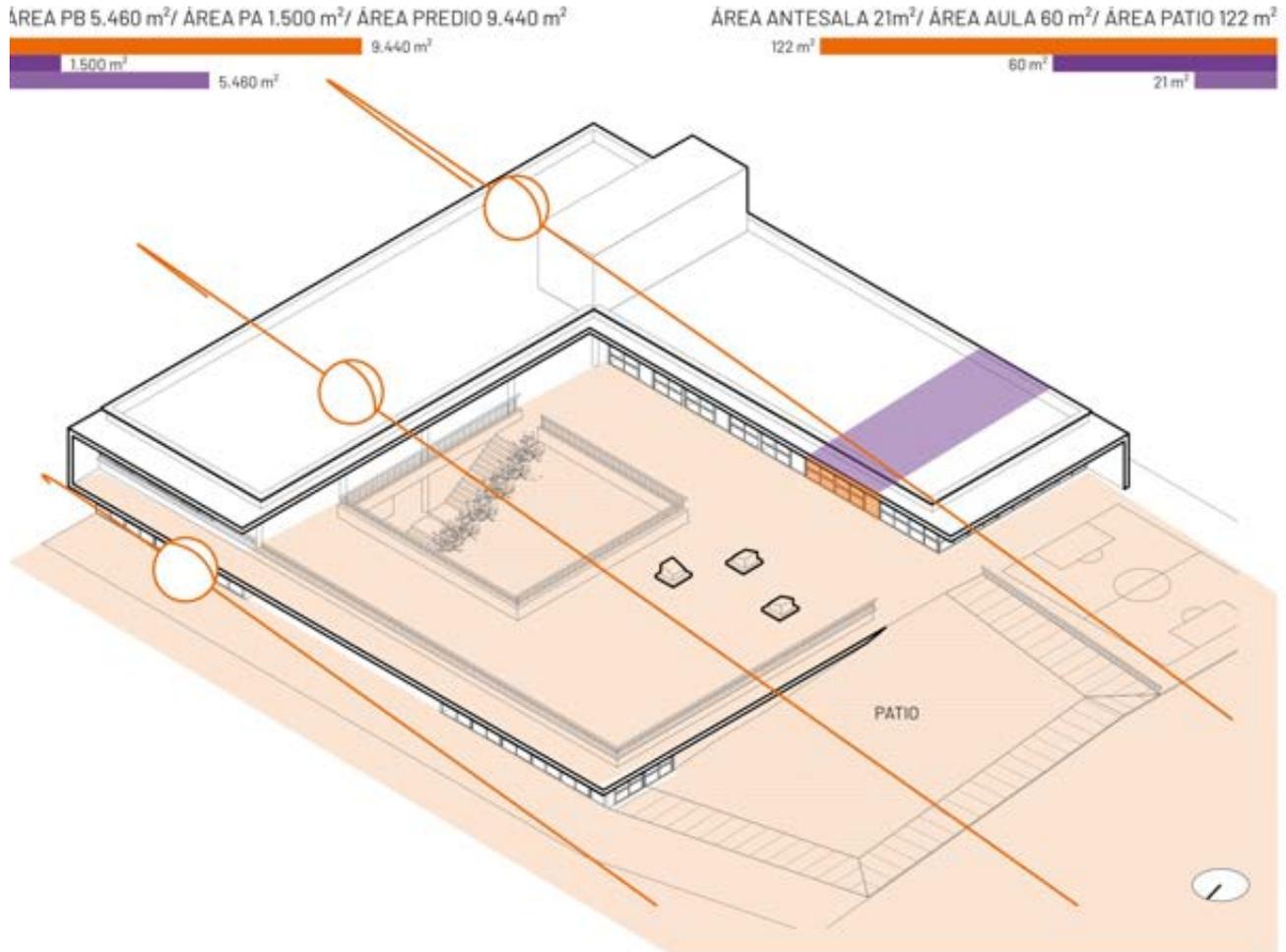


CIRCULACIONES



SERVICIOS

FIGURA 04. Planta. Barrán, P. (2016). Escuela N°384 de Tiempo Completo en Montevideo [Fotografía]. ARQA. Recuperado de: <https://arqa.com/arquitectura/escuela-n384-de-tiempo-completo-en-montevideo.html>



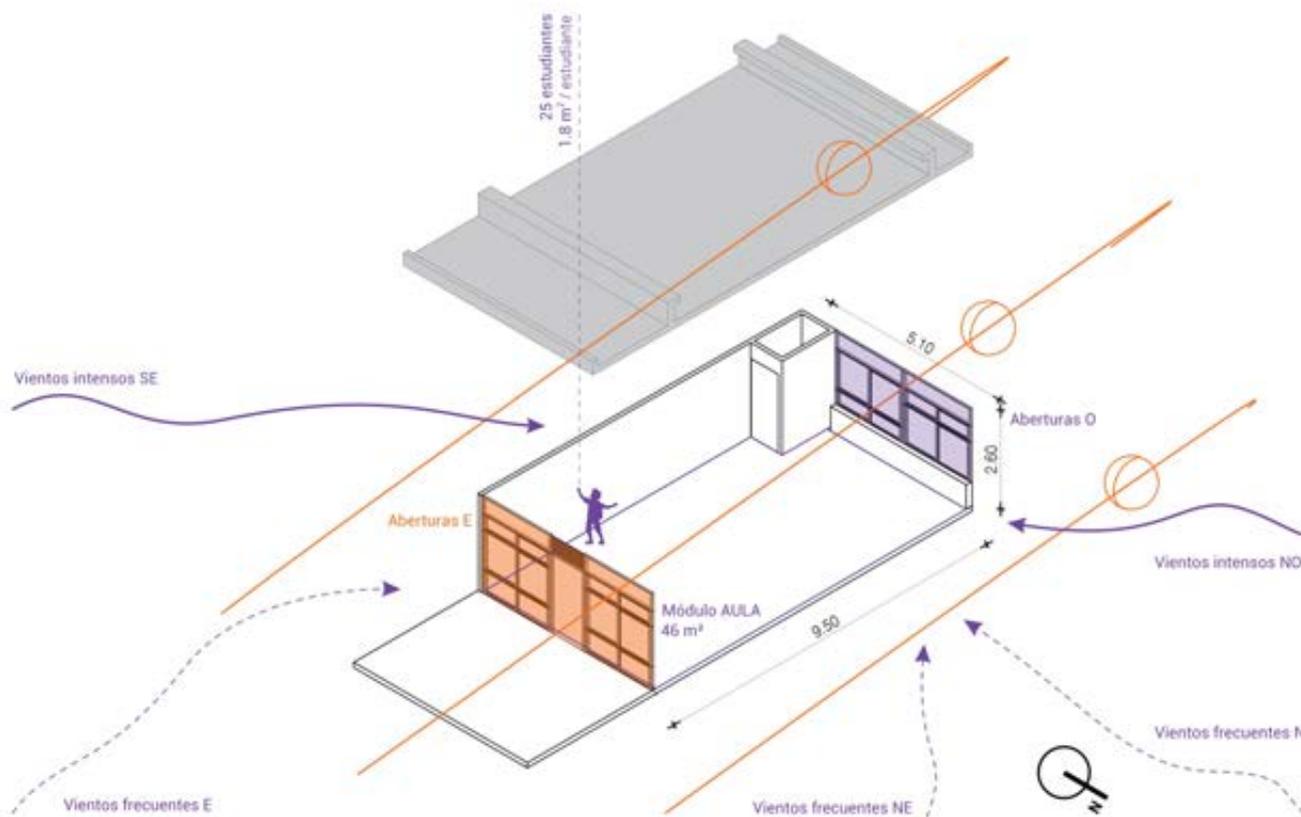
Se implanta en un pequeño terreno, signado por una gran pendiente. La distribución programática vuelca a los espacios colectivos —salón de usos múltiples, sectores administrativos, plaza de acceso y hall— hacia el barrio colocándose en la planta baja, de modo de asegurar su uso por parte de la comunidad de manera independiente, sobre todo del salón de usos múltiples (Barrán, 2016). Por su parte la planta alta — que posee un acceso secundario— aloja la mayoría de

las aulas, abriéndose a un patio elevado enfrentado al barrio. Esta implantación se justifica al cerrarse al sur —orientación de vientos predominantes—, al oeste —principales fuentes de ruido en el Camino de las Tropas— y se abre al norte —aprovechando el asoleamiento— y al este —en mayor contacto con el barrio—. Conectando los dos niveles se ubica un jardín en pendiente que contiene una escalera y un tobogán (Barrán, 2016).

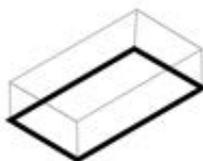
FIGURA 05. Proyección axonométrica del conjunto. Elaboración propia.

ESCUELA N°384

ENVOLVENTE Y DISPOSITIVOS

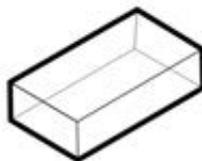


SUPERFICIE



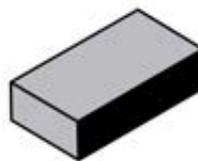
$S = 46 \text{ m}^2$

VOLUMEN



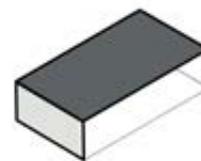
$V = 120 \text{ m}^3$

FACTOR FORMA



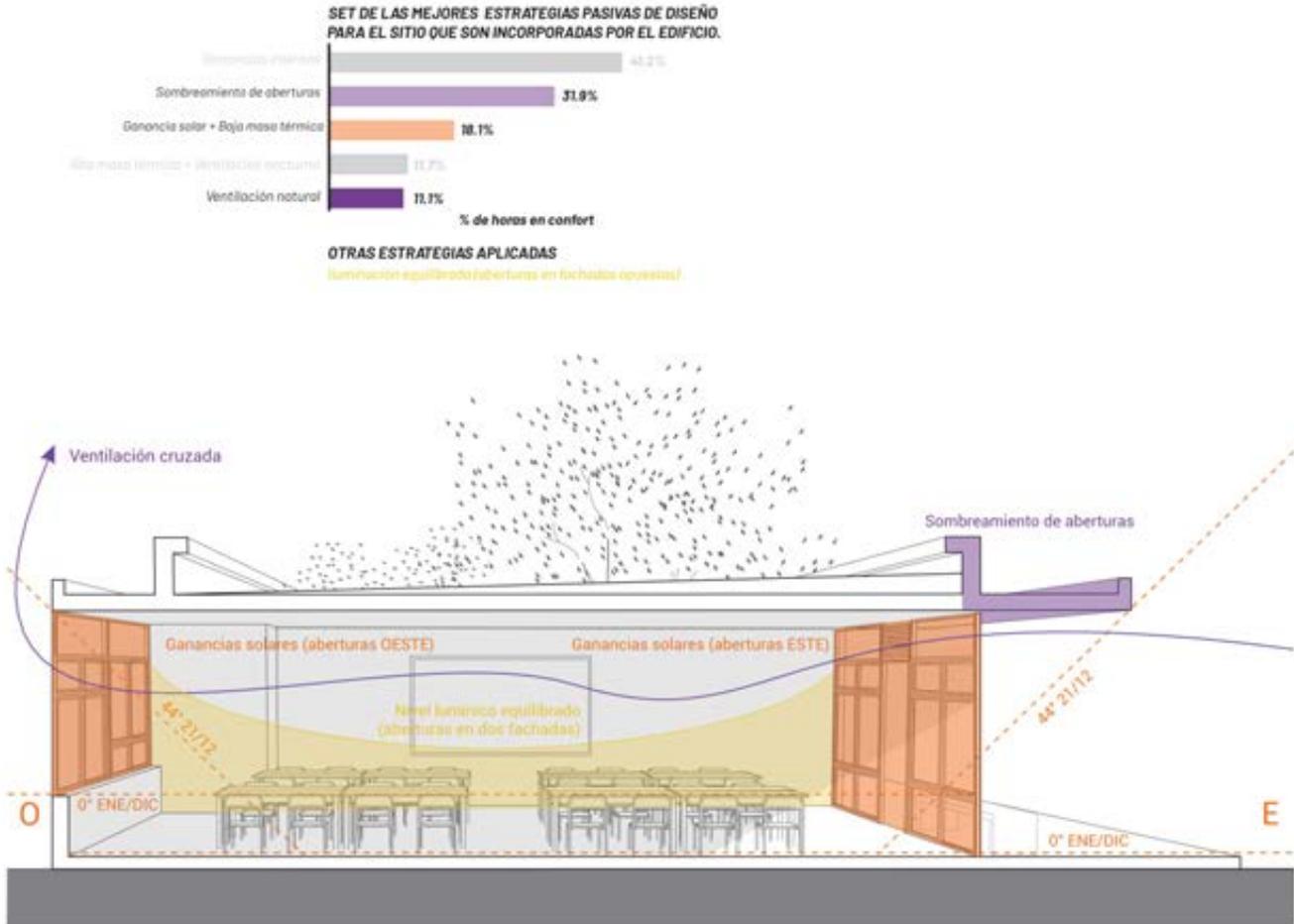
$FF = 75 \text{ m}^2 / 120 \text{ m}^3 = 0.63$

FACTOR DE HUECOS



$Fh = 20 \text{ m}^2 / 75 \text{ m}^2 = 0.27$

FIGURA 06. Proyección axonométrica del aula y esquemas. Elaboración propia.



Ganancias internas: El aula tiene una alta densidad de ocupación. Esto implica que el calor generado internamente es significativo. El elevado porcentaje de aberturas no contribuye a mantener las ganancias térmicas generadas.

Sombreamiento de aberturas: La fachada este cuenta con un alero que proporciona cierta protección, aunque insuficiente durante todo el año. La fachada oeste, por otro lado, no tiene ningún tipo de protección. No hay actualmente árboles ni

construcciones cercanas que generen sombra. Por lo tanto, la protección actual de las aberturas es limitada.

Ganancias solares: Debido a la orientación este-oeste y al tamaño de las aberturas, las aulas reciben una cantidad considerable de radiación solar.

Ventilación natural: Todas las aulas están equipadas con ventilación cruzada, lo cual es un aspecto positivo, especialmente beneficioso durante los periodos calurosos.

FIGURA 07. Corte perspectivo del aula. Elaboración propia.

ESCUELA N°384

ESPACIO EXPERIENCIA

ESCUELA N° 384 BARRIO SARANDÍ NUEVO

El 19 de marzo de 2024, a las 10:30, se realizó una visita a la Escuela N° 384, ubicada en el barrio Sarandí Nuevo. Durante la visita, el clima se presentó nublado pero caluroso, con temperaturas que oscilaron entre los 18° y 22°C. Durante la visita se dialogó con la directora y maestros.

La escuela opera bajo un régimen de tiempo completo, con clases de 8:30 a 16:00 horas. En el año 2024, la institución alberga a 198 alumnos, distribuidos entre 8 maestros. Cada aula cuenta con un promedio de 25 estudiantes, aunque algunas alcanzan los 30. Según lo comentado por las maestras, este elevado número de alumnos limita la flexibilidad para reorganizar el mobiliario, manteniendo generalmente una disposición ortogonal, con todos los estudiantes orientados hacia el pizarrón.

Actividades y Uso de Espacios

Las clases regulares se complementan con talleres de convivencia, artes visuales, inglés, educación física y actividades de lectura. Estas actividades adicionales suelen realizarse en el salón de usos múltiples (SUM), en el comedor o, cuando el clima lo permite, en el patio. Sin embargo, a pesar de esta diversidad de actividades, la infraestructura de la escuela presenta varios desafíos relacionados con el confort ambiental y la

adecuada distribución de los espacios.

Diseño e Implantación del Edificio

Uno de los aspectos más positivos destacados durante la visita fue la implantación del edificio en el terreno. La escuela cuenta con un patio elevado que ofrece vistas hacia el barrio, lo que no solo mejora el uso de los espacios exteriores, sino que también establece una conexión visual y espacial con el entorno urbano.

Adicionalmente, la incorporación de una pendiente vegetal en el acceso a la escuela ha sido un recurso que sorprende a los visitantes. Esta solución verde y atractiva contribuye a la vez a salvar la diferencia de nivel que tiene el predio entre una calle y la otra.



ESPACIO EXPERIENCIA



IMAGEN 10. Vista interior del aula. Elaboración propia.

ESCUELA N°384

ACONDICIONAMIENTO LUMÍNICO

En la Escuela N.º 384 se identifican dos tipos de aulas con orientaciones diferentes, lo que afecta significativamente la cantidad y calidad de luz natural que reciben. Las aulas con orientación este-oeste reciben luz solar directa tanto en la mañana como en la tarde, lo que genera niveles altos de iluminancia. Los salones orientados norte-sur tienen una ventaja con respecto a la iluminación, ya que reciben luz más uniforme y estable a lo largo del día gracias al alero ubicado al norte, que, debido a su profundidad, protege de la radiación directa sobre el plano de trabajo durante la mayor parte del año.

Las ventanas expuestas al exterior están protegidas con una malla micro soldada de baja densidad, la cual no afecta significativamente la entrada de luz natural, pero incrementa la seguridad de la escuela.

Exceso de Luz y Problemas de Deslumbramiento

Un problema recurrente, según lo expresado por los usuarios, es el deslumbramiento en días soleados, particularmente en el pizarrón blanco. En las aulas orientadas norte-sur, el alero de 3 metros protege eficientemente la entrada de luz directa, reduciendo este problema. No obstante, en las aulas con orientación este-oeste, el deslumbramiento es evitado únicamente en las que tienen cortinas. Cabe mencionar que la escuela no fue entregada con cortinas, por lo que solo algunos salones cuentan con esta solución, adquirida por la institución. Aquellos salones que aún no tienen cortinas enfrentan problemas más severos de

deslumbramiento.

Iluminación artificial

Durante la visita, se controló que las luminarias estuvieran encendidas a pesar de la abundante luz natural, lo cual no parecía ser necesario. Nos explicaron que, en días soleados, generalmente no encienden las luces. Las aulas reciben suficiente luz natural sin zonas oscuras.

La iluminación artificial está configurada para funcionar en dos circuitos: uno que ilumina los pizarrones y otro que proporciona luz general al aula. Esto permite optimizar el uso de la iluminación según las necesidades del espacio.

Iluminación en el Comedor

El comedor, ubicado en la planta baja, cuenta con tragaluces en el techo, los cuales mejoran la entrada de luz natural en este espacio. Sin embargo, los usuarios señalan que los tragaluces dividen el espacio del patio en la planta superior, lo que limita su uso para actividades más grandes o extensivas.

La Escuela cuenta con condiciones favorables de luz natural en la mayoría de los espacios, aunque presenta ciertos desafíos relacionados con el deslumbramiento en aulas con orientación este-oeste y se observa la disparidad de presencia de cortinas.

ACONDICIONAMIENTO LUMÍNICO



IMAGEN 11. Vista interior intervenida. Elaboración propia.

ESCUELA N°384

ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO

Acústica en aulas

Al consultar a los usuarios sobre el desempeño acústico del aula, identifican que no hay problemas de excesivo tiempo de reverberación y que, dentro de las aulas, se escucha correctamente la palabra hablada. La geometría del aula y los materiales absorbentes, como el uso de maderas y bloques de hormigón porosos, a pesar del piso reflejante, contribuyen a reducir una buena acústica del salón.

Aislamiento acústico entre aulas

Se observa el uso de muebles de guardados ubicados en las paredes divisorias con otros locales, lo que ayuda a mejorar el aislamiento entre salones mediante la adición de capas de masa. Por diseño, se optó por dejar el tramo superior de los muebles que separan las aulas con vidrios. Este recurso de diseño trae consigo una reducción en el aislamiento acústico del aula.

Interferencia del ruido exterior

La escuela se ubica en un terreno pasante que tiene, por un lado, una calle de baja escala y, por el otro, un camino vecinal contiguo a la ruta nacional Brigadier Fructuoso Rivera. El bloque Este/Oeste tiene mayor proximidad a la ruta nacional y, según lo comentado, sufre más interferencia del ruido externo debido al mayor tráfico de esta calle. Para mitigar esto, se decidió colocar baños en esas aulas que tapan parte de

la fachada hacia la calle, y el Salón de Usos Múltiples, que, por el tipo de actividades, parece el más adecuado.

La cancha utilizada para las clases de educación física se encuentra alejada del sector de aulas, lo que se identifica como una buena alternativa para evitar el filtrado de ruidos provenientes de este.

El comedor, espacio que se utiliza también para actividades con mas cantidad de gente, también se localiza retirado del sector de aulas, lo que parece una buena estrategia para evitar ruidos excesivos en aulas.

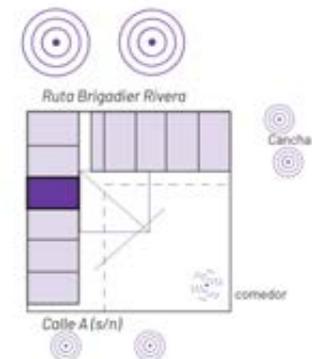


FIGURA 12. Esquema de fuentes de ruido del entorno. Elaboración propia.

ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO

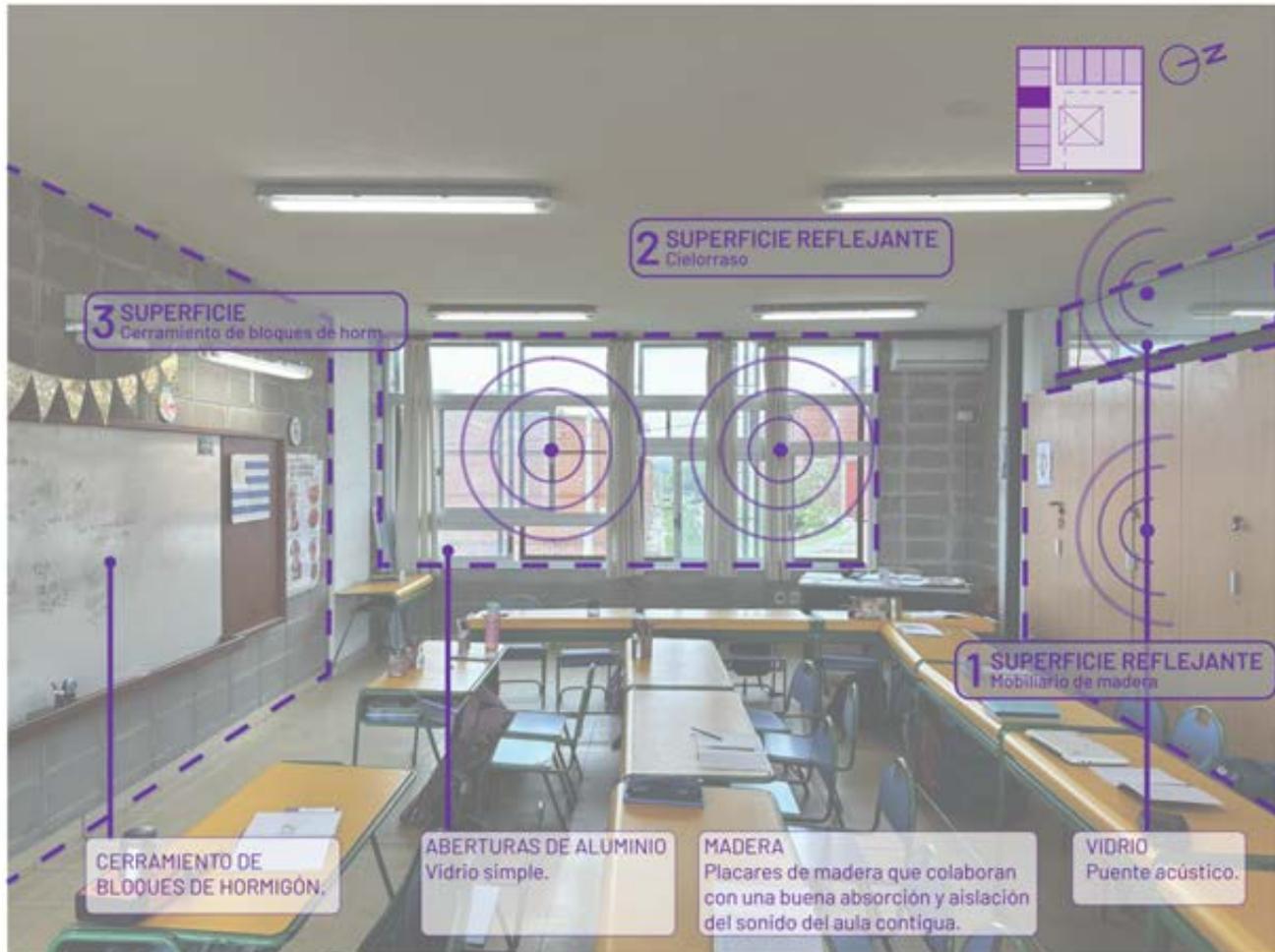


IMAGEN 13. Vista interior intervenida. Elaboración propia.

ESCUELA N°384

ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO

Temperatura Interior:

Al consultar a los usuarios sobre el confort térmico en las aulas, la respuesta general fue que el ambiente es confortable, gracias al uso continuo del aire acondicionado durante todo el año y horario escolar.

Se destacó que durante los meses fríos, la temperatura en las aulas se vuelve más crítica. Se observó que la fachada norte (en las aulas norte-sur) y este (en aulas este-oeste), tienen un factor de huecos del 100%, mientras que en la fachada sur y oeste es del 50%. Las ventanas están equipadas con vidrio simple, lo que genera altas pérdidas térmicas y un bajo nivel de aislamiento. Además, no se pudo determinar si los muros de bloque cuentan con aislamiento térmico.

El alero en la fachada norte tiene una profundidad de 3 metros, lo que lo hace excesivo y evita la entrada de radiación solar directa en las ventanas durante la mayor parte del año; esto se vuelve perjudicial en los meses templados y fríos. En las aulas orientadas al este y oeste, se estima que en días soleados de invierno se calientan más por la falta de protección vertical en esas fachadas, pero los vuelve más críticos en los días calurosos.

Ventilación:

Se observó una excelente ventilación cruzada en todas las aulas, tanto en las orientaciones norte-sur como este-oeste. Un aspecto positivo es que las ventanas

permiten aperturas parciales a diferentes alturas, lo que facilita una ventilación eficaz y flexible. Esto permite ventilar tanto a la altura de los niños sentados como a mayor altura, evitando la incidencia directa de la corriente de aire. Se puede identificar un mejor comportamiento térmico de las aulas norte-sur para el periodo caluroso.

Temperatura Exterior:

Durante la visita y según lo comentado por los docentes, se identificó un problema en el patio debido a la falta de protección solar y vegetación. El alero en la fachada norte de las aulas es el único espacio exterior protegido. Aunque se han plantado algunos árboles en áreas distantes, la falta de sombra es un problema significativo. Las clases de educación física y los recreos se realizan al aire libre, lo que resulta problemático en días calurosos, a veces haciendo imposible la realización de actividades debido al intenso calor.



IMAGEN 14. Vista exterior. Elaboración propia.

IMAGEN 15. Vista exterior. Elaboración propia.

ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO



IMAGEN 16. Vista interior intervenida. Elaboración propia.

OBRA
UBICACIÓN
FECHA
AUTOR
CÓDIGO

Escuela Sustentable de Jaureguiberry
Jaureguiberry, Canelones
2016
Michael Reynolds (Earthship) - F. Palermo (Tagma)
II-08-Cfa



IMAGEN 01. Imagen interior del aula. Elaboración propia.



IMAGEN 02. Imagen exterior. Elaboración propia.

ESCUELA SUSTENTABLE DE JAUREGUIBERRY

M. REYNOLDS - F. PALERMO

El arquitecto norteamericano Michael Reynolds ha desarrollado en las últimas décadas los llamados earthships, o naves-tierra, consistentes en arquitecturas que buscan obtener el máximo aprovechamiento de la energía del sol, el agua, el viento y la tierra (ArchDaily, 2016). Su implementación en el Uruguay para la construcción de la Escuela Rural N° 294 surge como iniciativa de Tagma —coautores de la obra— y el aporte de las instituciones públicas y empresas privadas. (ArchDaily, 2016).

Consiste en un edificio de 270 m², ubicado en la localidad costera de Jaureguiberry, y fue construido en siete semanas. Aproximadamente un 60% de los materiales utilizados son producto del reciclaje —cubiertas neumáticas, botellas de plástico y vidrio, latas y cartón— (ArchDaily, 2016).

Además de las tres aulas el conjunto posee salón comedor y de usos múltiples, cocina, oficina de dirección y baños (DGEIP, 2016).

Hacia el norte se antepone a las aulas una circulación vidriada y con vegetación de huerta a modo de jardín de invierno o invernadero, mientras que al sur el edificio se cierra mediante un espeso muro de contención realizado en base a cubiertas neumáticas rellenas de arena y pedregullo compactados, de modo de aumentar la inercia térmica e implantar una serie de cañerías que por procesos convectivos provocan la ventilación cruzada a través de las aulas en verano, mientras que en invierno pueden cerrarse y aprovecharse el efecto invernadero del corredor norte para calentar las aulas (ArchDaily, 2016).

Asimismo posee una serie de estrategias activas para mejorar su desempeño energético, con paneles solares en la cubierta y un sistema de reutilización de aguas pluviales. Se implementa también un sistema de disposición final de aguas negras con pozo séptico y de aguas grises mediante un humedal en el exterior del edificio (ArchDaily, 2016).

El proceso constructivo busca hacer partícipe a la comunidad y voluntarios para que se constituya en una instancia de transmisión de conocimiento del propio sistema (ArchDaily, 2016).

Sus características la definen como una arquitectura totalmente distinta a lo usual a las enmarcadas en la administración pública, es por eso que según Milstein y otros (s. f.) existe una sobrecarga en el personal docente, que debe encargarse del mantenimiento específico para lo cual se reclama una capacitación particular.

Por otra parte, los mismos autores (Milstein et. al, s.f.) recogen en los testimonios ideas recurrentes sobre la importancia de la educación ecológica vivenciada, haciendo que la experiencia de habitar esta arquitectura se configure como una forma de aprendizaje.



IMAGEN 03. Imagen del corredor de acceso a las aulas. Elaboración propia.

ESCUELA SUSTENTABLE DE JAUREGUIBERRY

FORMA E IMPLANTACIÓN

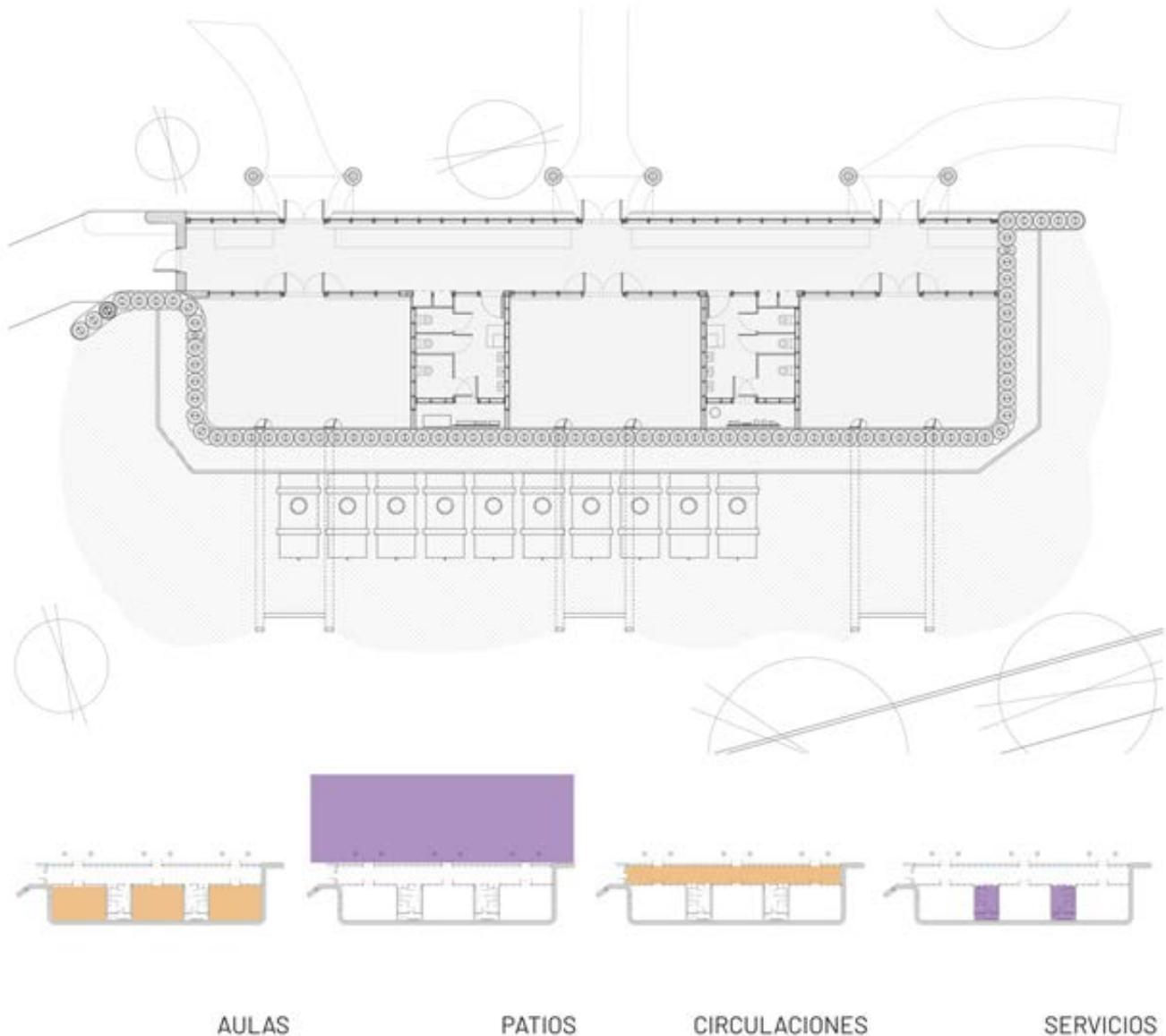
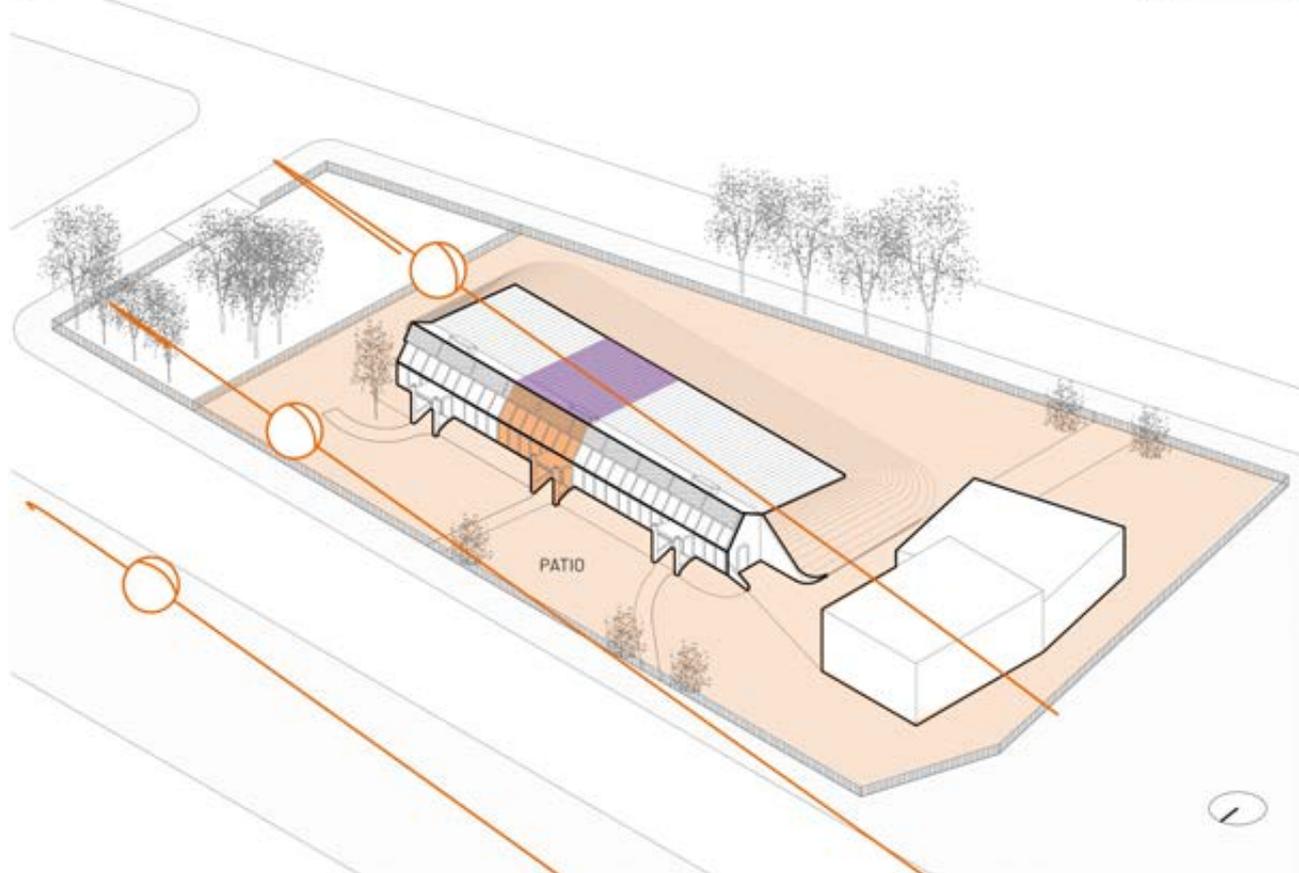


FIGURA 04. Planta. Adaptado de planos cortesía de Grupo Tagma.

ÁREA PB 560 m² / ÁREA PA 0 m² / ÁREA PREDIO 2990 m²



ÁREA ANTESALA 22 m² / ÁREA AULA 44 m² / ÁREA PATIO 0 m²



Se implanta en un pequeño terreno en frente a la Ruta Interbalnearia, a sólo 30 metros de esta fuente lineal de la calzada.

Consiste en una nave de simple crujía, con la circulación hacia el norte y las aulas al sur. Sin embargo la apertura de las aulas se da a la propia circulación acristalada y amplia, por lo que puede concebirse que las aulas tengan orientación norte, es

decir, que reciban la iluminación y la ventilación desde esa dirección.

Posee tres aulas intercaladas por sectores de servicios higiénicos, respaldadas mediante un muro de contención de neumáticos contra un talud de tierra que oculta instalaciones. En un volumen separado se encuentran otros locales tales como el comedor y oficinas administrativas.

FIGURA 05. Proyección axonométrica del conjunto. Elaboración propia.

ESCUELA SUSTENTABLE DE JAUREGUIBERRY

ENVOLVENTE Y DISPOSITIVOS

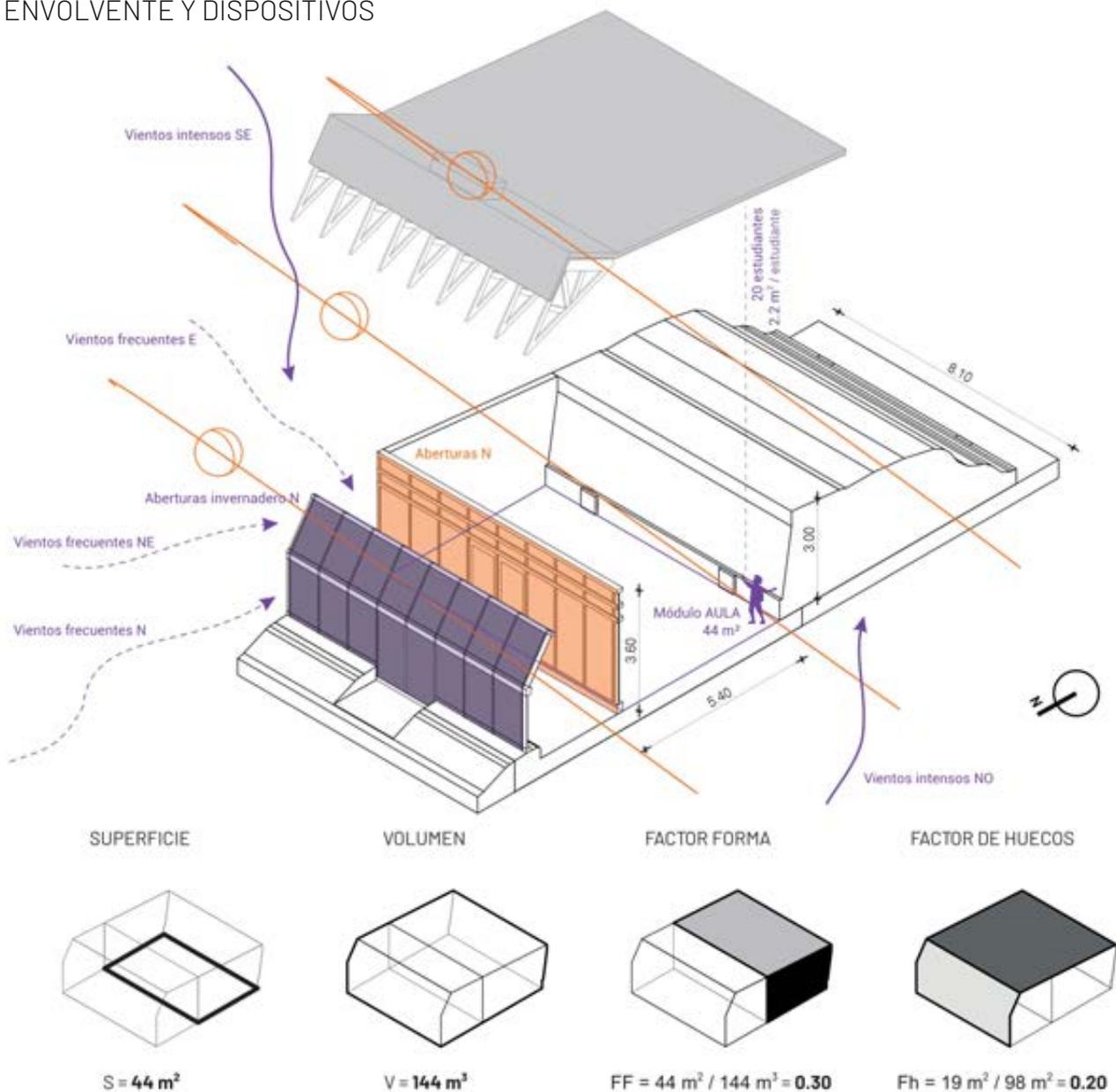
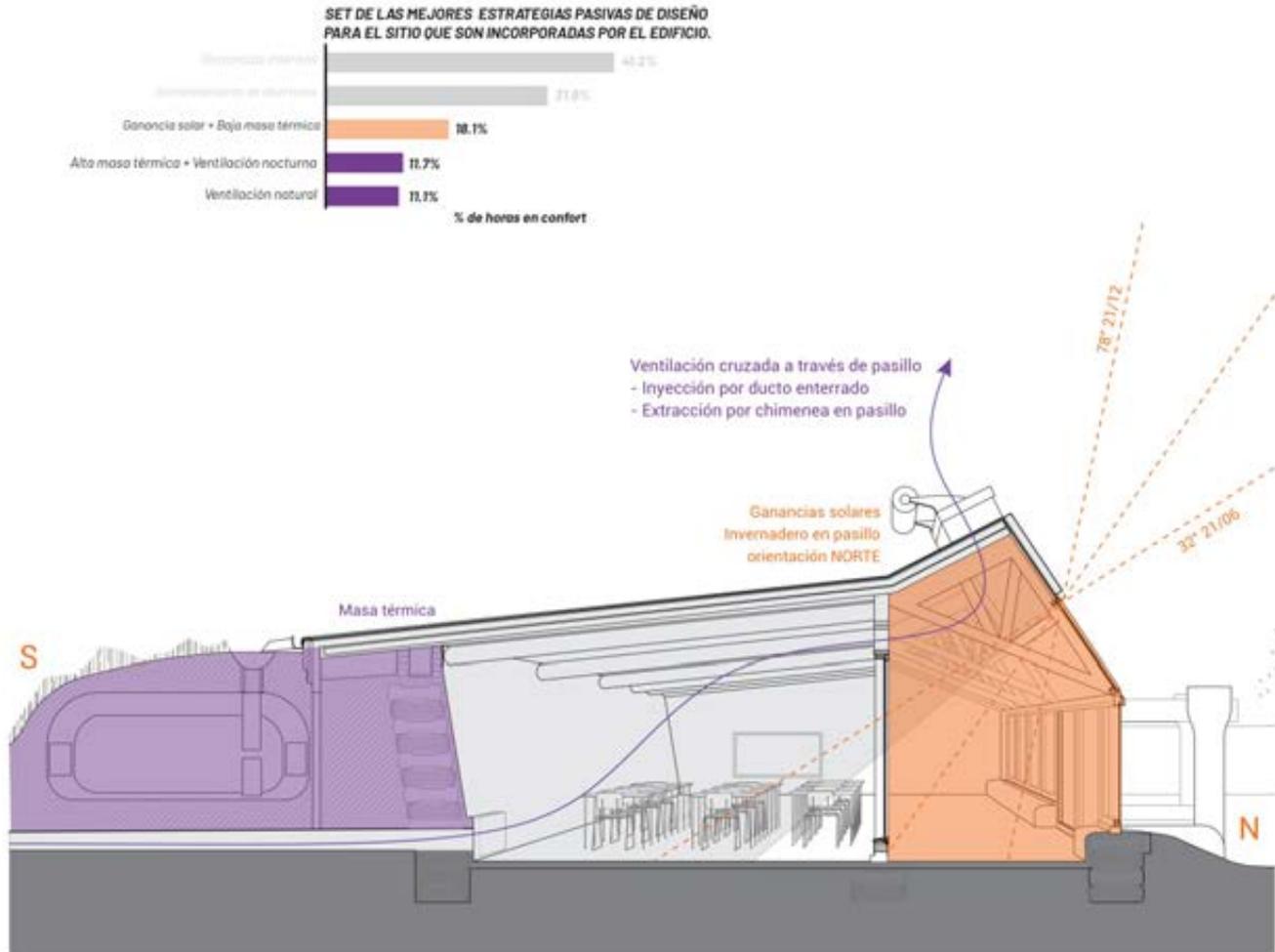


FIGURA 06. Proyección axonométrica del aula y esquemas. Elaboración propia.



La circulación acristalada constituye una implementación de la estrategia de captación pasiva de energía solar, particularmente útil en el periodo frío. Asimismo permite disminuir las pérdidas térmicas del aula a través de su fachada vidriada, en situaciones de cielo nublado en que dicha captación no resulta significativa. Sin embargo esto puede resultar contraproducente en el periodo caluroso, debiendo abrirse al máximo esta circulación.

Por su parte la estrategia de ventilación se da mediante una serie de cañerías oculas en el talud sur, que por convección aumentan la circulación de aire.

En materia de mantener las ganancias internas el respaldo del talud contribuye a disminuir pérdidas, así como el aislamiento presente en la cubierta.

El sombreado de aberturas se da mediante cortinados móviles y la incorporación de vegetación.

FIGURA 07. Corte perspectivo del aula. Elaboración propia.

ESCUELA SUSTENTABLE DE JAUREGUIBERRY

ESPACIO EXPERIENCIA

El día 15 de diciembre de 2023 a las 14:00 se realizó la visita a la Escuela Sustentable de Jaureguiberry junto a la maestra directora Nancy Dufourt. La temperatura exterior era de 29°, el clima estaba húmedo y caluroso (bochornoso), pero nublado.

La escuela se encuentra funcionando en un régimen de escuela rural con un horario de 8:00 a 13:00 o 10:00 a 15:00 según el período del año. La cantidad de estudiantes por clase varía de 18 a 22 niños y la organización interna de las aulas cambia según la maestra y la didáctica.

En el relevamiento se identificaron algunas estrategias energéticas aplicadas con resultados dispares y se observaron una serie de características materiales y/o espaciales que afectan negativamente al desempeño de la actividad de enseñanza-aprendizaje.



IMAGEN 08. Imagen interior del aula. Elaboración propia.

ESCUELA SUSTENTABLE DE JAUREGUIBERRY

ACONDICIONAMIENTO LUMÍNICO

A nivel lumínico se identifican varios problemas. Por un lado, se observa un gran contraste del nivel lumínico del espacio (la pared opuesta a la fachada vidriada se aprecia bastante oscura). Esto se debe a que la abertura solamente se encuentra en una de las fachadas y la mayoría de los materiales de la construcción son oscuros y rugosos (cortinas de tablillas, vigas de gran porte vistas y cielorraso de madera).

Por otro lado, la fachada vidriada de grandes dimensiones causa dos problemas visuales, genera encandilamientos por la baja luminosidad interior y la exterior elevada y provoca distracción de los estudiantes cuando se están realizando actividades en el pasillo (interferencia visual).

Más allá de los problemas identificados, se reconoce que la vegetación del pasillo es un buen recurso para la reducción del encandilamiento mencionado.



IMAGEN 09. Imagen interior intervenida. Elaboración propia.

ESCUELA SUSTENTABLE DE JAUREGUIBERRY

ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO

La maestra comentó que acústicamente el aula tenía un buen funcionamiento. El mismo no pudo corroborarse porque al momento de la visita no habían estudiantes. Igual las proporciones de las aulas de 1.5 (8.10 x 5.40 m) y las superficies interiores nos hacen suponer que el comportamiento acústico del recinto es correcto.

El único problema acústico que se identifica es la interferencia sonora que existe entre el aula y el pasillo a través de la abertura de ventilación que se encuentra sobre la puerta de acceso. Esta ventana debe estar abierta para que se de la ventilación cruzada y si existe alguna actividad en el pasillo, estos sonidos pasan a ser molestos para el normal dictado de una clase. Actualmente, este problema es menor porque la escuela funciona como centro rural y los estudiantes que concurren son pocos.



IMAGEN 10. Imagen interior intervenida. Elaboración propia.

ESCUELA SUSTENTABLE DE JAUREGUIBERRY

ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO

Las estrategias térmicas tienen un muy buen comportamiento en el período frío (hecho remarcado por la maestra), pero en el caluroso se generan problemas de exceso de calor, que requieren del uso de ventiladores de pie.

Se identifican tres dispositivos energéticos aplicados con el fin de lograr el confort térmico:

El invernadero/pasillo con orientación NORTE permite generar grandes ganancias de radiación solar, que luego son transmitidas a las aulas.

El muro SUR (fachada térmicamente más comprometida) se entierra bajo un terraplén, que le otorga una gran masa térmica para conservar el calor obtenido.

Por último, el sistema de ventilación cruzada le permite generar un cierto control de las ganancias mencionadas. La inyección de aire se realiza a través de ductos enterrados (aire fresco del sur) y la extracción por una chimenea en el pasillo.



IMAGEN 11. Imagen interior intervenida. Elaboración propia.

OBRA
UBICACIÓN
FECHA
AUTOR
CÓDIGO

Escuela Nº 319 República Popular China
Casavalle, Montevideo
2020
Lucía Lombardi - Natalie Cordero
II-09-Cfa



IMAGEN 01. Imagen exterior. Elaboración propia.



IMAGEN 02. Imagen exterior del patio principal. Elaboración propia.

ESCUELA N°319 REPÚBLICA POPULAR CHINA LUCÍA LOMBARDI - NATALIE CORDERO

La Escuela de Tiempo Completo República Popular China se desarrolló como parte del Plan Cuenca Casavalle, un proyecto de ordenación y revitalización urbana en una de las zonas más vulnerables de Montevideo. Este plan busca mejorar la infraestructura y los espacios públicos de calidad en el área (Archivo BAQ, 2022).

Se trata de una escuela de tiempo completo, que cuenta con 9 aulas para escolares, 3 aulas para preescolares, comedor, cocina, áreas administrativas y dependencias de servicio, atendiendo a 300 niños (Archivo BAQ, 2022).

El diseño del edificio presenta una planta en forma de U, organizando los espacios alrededor de un patio interno. La estructura tiene tres niveles que se adaptan a la pendiente del terreno. Las aulas para escolares están en los niveles superiores, rodeando el patio, mientras que los salones preescolares en el nivel inferior se orientan hacia un patio externo. El

acceso principal se encuentra en la fachada sur, alineado con la calle Dr. José May, y un eje circulatorio transversal organiza los distintos espacios, incluyendo una explanada exterior, un acceso techado, una galería y salidas a los espacios exteriores al norte del edificio (Archivo BAQ, 2022).

El edificio cuenta con dos núcleos de servicios y circulaciones verticales que integran los niveles inferiores y superiores. Los entresijos y cubiertas se visualizan como grandes placas horizontales de hormigón visto, complementadas con parasoles verticales de colores que recorren casi todo el perímetro del conjunto (Archivo BAQ, 2022).

El proyecto fue financiado por los gobiernos de China y Uruguay, quienes firmaron un Acuerdo de Ejecución a través de la Agencia Uruguaya de Cooperación Internacional (AUCI) (Archivo BAQ, 2022).



IMAGEN 03. Imagen interior de aula. Elaboración propia.

ESCUELA N°319 REPÚBLICA POPULAR CHINA

FORMA E IMPLANTACIÓN

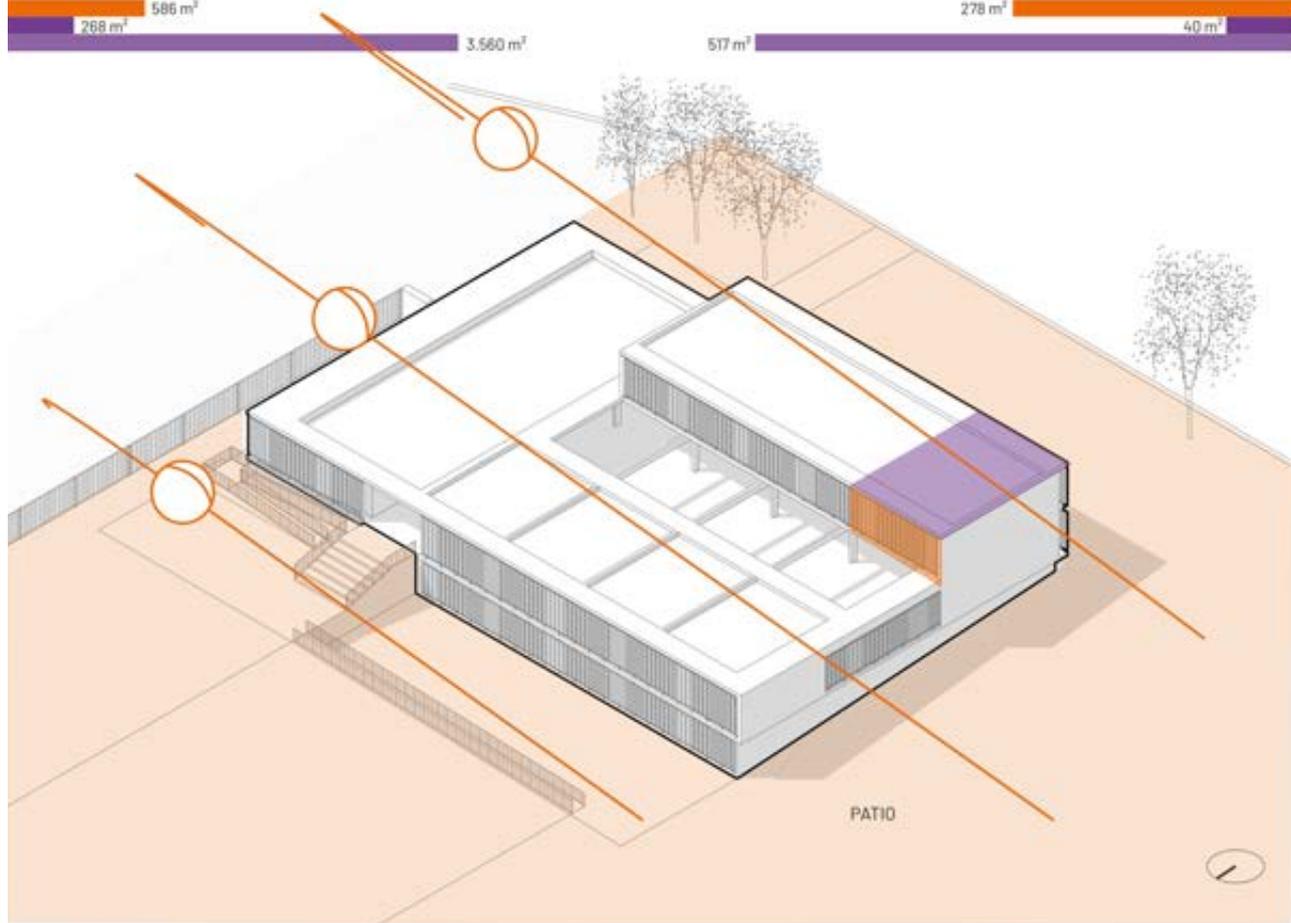


FIGURA 04. Planta. Adaptado de Barrán, P. et al (s.f). Escuela TC 319 China [Artículo]. Optativa Ambientes Educativos. Recuperado de: <https://ambientes-escolares.webnode.com.uy/>

ÁREA PB 586 m²/ ÁREA PA 268 m²/ ÁREA PREDIO 3.560 m²



ÁREA ANTESALA 278m²/ ÁREA AULA 40 m²/ ÁREA PATIO 517 m²



El edificio se implanta en el barrio Casavalle, de tejido residencial de baja densidad, con altos niveles de construcción informal, por lo que se constituye como equipamiento público de alto impacto urbano, tanto desde lo vial como desde la vida pública. Su frente y alrededores con configuran como espacios públicos.

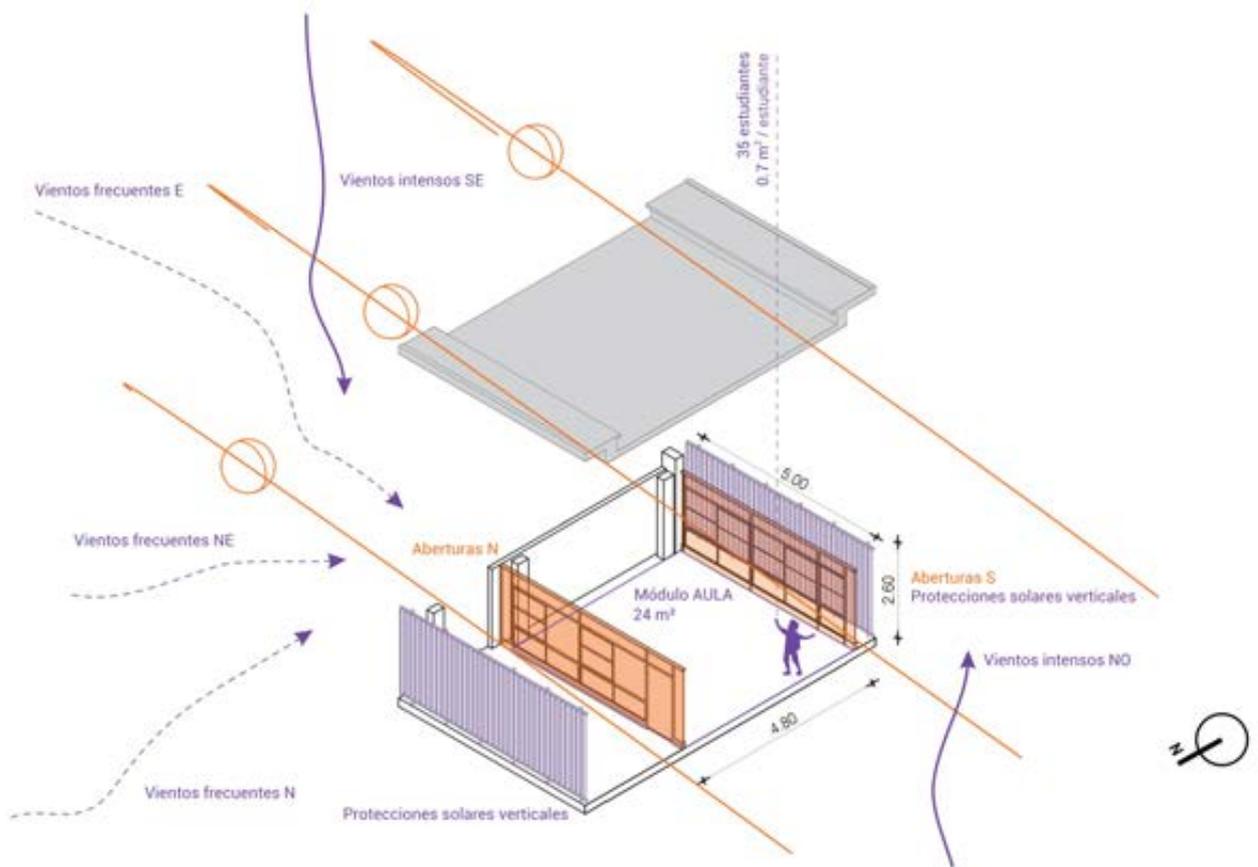
El edificio se conforma con dos tiras que se desarrollan en la dirección este-oeste, cada una con dos niveles en total pero desfasadas en altura en un

nivel por efecto de la topografía que desciende hacia el norte. De este modo, la tira sur se eleva un nivel más que la norte si se toma como referencia el patio que se encuentra entre ellas. En ambas se encuentran las aulas, mientras que un volumen adicional contiene comedor y áreas administrativas. Las circulaciones de ambas tiras se dan hacia el patio, por lo que puede decirse claramente que las aulas de la tira norte se orientan al norte, mientras que la tira sur se orientan de manera opuesta.

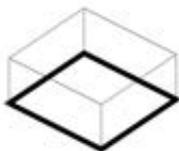
FIGURA 05. Proyección axonométrica del conjunto. Elaboración propia.

ESCUELA Nº319 REPÚBLICA POPULAR CHINA

ENVOLVENTE Y DISPOSITIVOS

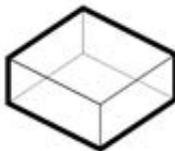


SUPERFICIE



$S = 42 \text{ m}^2$

VOLUMEN



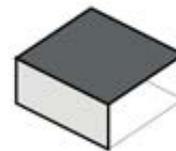
$V = 134 \text{ m}^3$

FACTOR FORMA



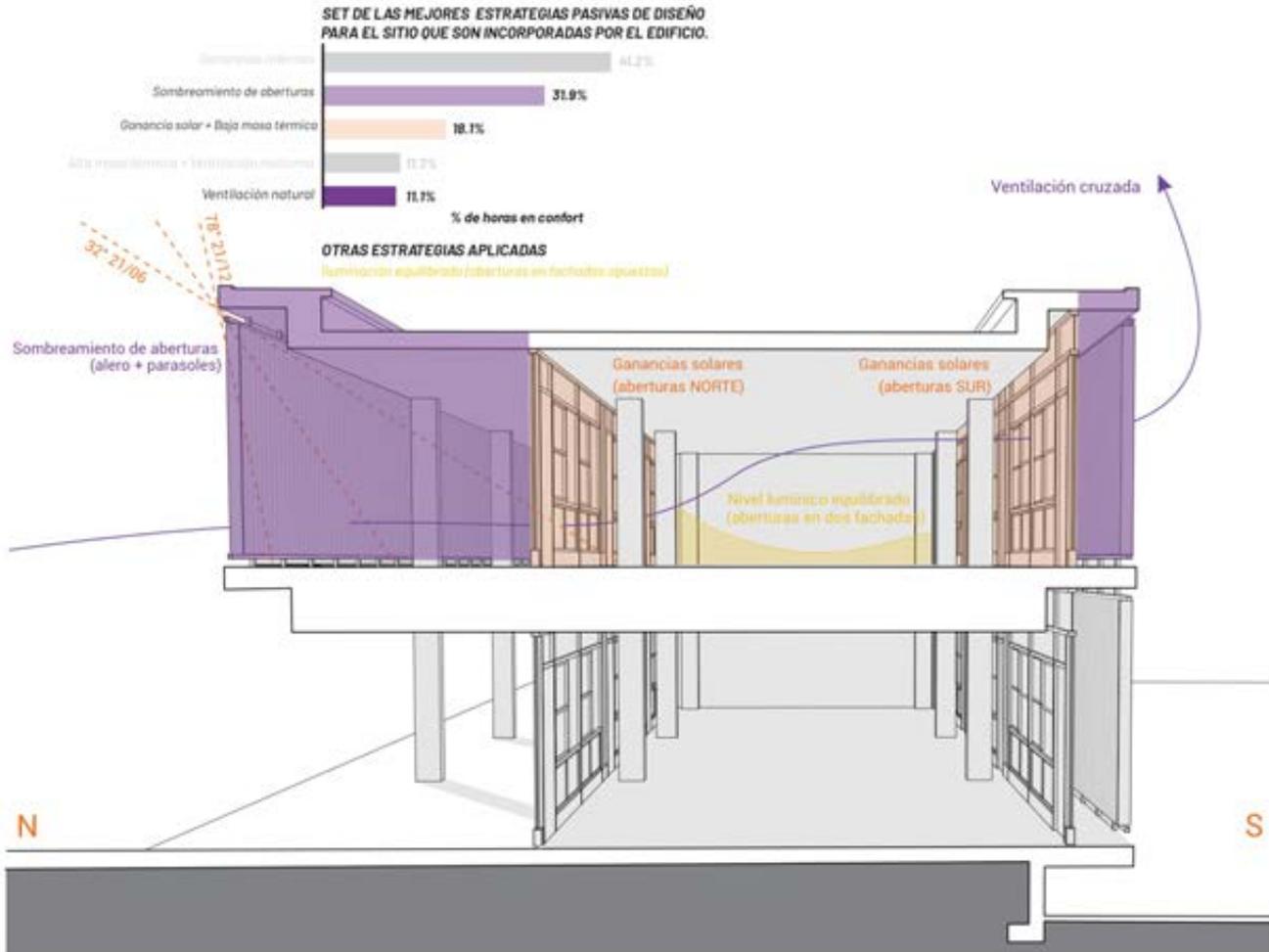
$FF = 50 \text{ m}^2 / 134 \text{ m}^3 = 0.75$

FACTOR DE HUECOS



$Fh = 13 \text{ m}^2 / 50 \text{ m}^2 = 0.26$

FIGURA 06. Proyección axonométrica del aula y esquemas. Elaboración propia.



A los efectos de este trabajo se estudian las aulas de la tira sur. Poseen un elevado factor de huecos, con las fachadas sur y norte acristaladas, algo que puede resultar problemático en materia de aislación térmica del aula.

Hacia el norte se encuentra la gran circulación abierta, que si bien puede ser entendida como un gran alero, satisfactorio como dispositivo de sombreado de aberturas, se gran profundidad no permite el ingreso

directo de radiación solar en prácticamente ningún momento del año.

Asimismo existen parasoles metálicos dispuestos en vertical en ambas fachadas, lo que comprometen la incidencia lumínica. A la interna del aula todas las superficies son reflejantes al sonido, por lo que podrían existir dificultades en materia de confort acústico.

FIGURA 07. Corte perspectivo del aula. Elaboración propia.

ESCUELA N°319 REPÚBLICA POPULAR CHINA ESPACIO EXPERIENCIA

El día 12 de diciembre de 2023 a las 11:00 se realizó la visita a la Escuela N° 319 República Popular de China junto a la maestra directora. La temperatura exterior era de 32°, el clima estaba húmedo y caluroso (bochornoso), pero nublado. La escuela funciona en un régimen de tiempo completo de doble turno, y acuden al rededor de 350 alumnos en cada turno.

Cuenta con 9 aulas, por lo tanto la cantidad de estudiantes por aula varía de 30 a 35 niños. La organización interna cambia según la maestra y la didáctica.

La maestra expresó que el comportamiento térmico de las aulas en el período frío y caluroso era malo. Es necesario el uso del aire acondicionado todo el año, además del uso de ventiladores de pie o calovertiladores. No se usa la ventilación natural que el diseño arquitectónico provee, por otros motivos.

Un aspecto particularmente interesante, desde el

punto de vista del comportamiento del conjunto, que fue advertido por las autoridades, es la necesidad de cerrar mediante puertas de vidrio en los espacios que se encuentran entre las tiras sur y norte, y el volumen oeste, aún siendo vidriados que se encuentran delimitando espacios exteriores techados. Esto se debe a que la excesiva velocidad del viento que generaba discomfort en los exteriores techados, tales como el hall de acceso cubierto. Estas barreras contra el viento permitieron disminuir este efecto.

Otro aspecto a destacar es que se incorporaron toldos livianos o mallas-sombra sobre el patio principal y sobre el patio norte, de modo de paliar la excesiva incidencia solar sobre estos espacios exteriores pavimentados, particularmente en el periodo caluroso. Esto resulta un agregado posterior, no contemplado en el proyecto original.



IMAGEN 08. Imagen interior de aula. Elaboración propia.

ESCUELA N°319 REPÚBLICA POPULAR CHINA

ACONDICIONAMIENTO LUMÍNICO

Las aulas de la Escuela China se encuentran orientadas Norte-Sur. Las aulas de primaria cuentan con la galería de circulación en la fachada Norte, y de esta manera, el ingreso de luz solar es predominantemente luz difusa.

Hacia el Sur, el ingreso de luz está tamizado por parasoles verticales (que ofician como elemento de diseño y protección de seguridad). Hacia el Norte, el alero de 3.00m de profundidad de la galería de circulación, también cuenta con parasoles verticales, evitando el ingreso de luz solar directa.

El complemento con iluminación artificial en estas aulas es necesario. Se proponen luminarias artificiales tipo tubos de luz en cielorraso. Se disponen en dos bandas paralelas de manera de generar una niveles de iluminación homogéneos en el plano de trabajo. Estas bandas van desde el plano del pizarrón hasta el fondo del salón.

La instalación eléctrica permite encender parcialmente las luminarias en caso de querer solamente iluminar el plano del pizarrón.

Debe destacarse también que la utilización en general de las fachadas norte y sur de las aulas, como paredes de respaldo para disponer carteleras y otros elementos, no contribuyen al mejor aprovechamiento de la iluminación natural, aunque en la recorrida las autoridades indican que los grandes paneles vidriados constituyen en general un inconveniente referido a la interferencia visual de actividades interiores y exteriores, por lo que la cobertura mediante carteleras contribuiría a la mediación en este sentido, aunque no en otros como por ejemplo en el aspecto acústico. En cualquier caso esto representaría una estrategia implementada por los usuarios y no contemplada por el edificio en su planteo original.



IMAGEN 09. Imagen interior intervenida. Elaboración propia.

ESCUELA N°319 REPÚBLICA POPULAR CHINA

ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO

Una de las principales estrategias de proyecto de este edificio es generar aulas flexibles. Sin embargo, la manera en la que esto es resuelto —mediante paneles separativos entre aulas de material liviano y sin aislación acústica— compromete el aislamiento acústico de las aulas, siendo uno de los principales motivos de discomfort acústico. En el testimonio recogido se comenta la dificultad de trabajar con consignas que impliquen la escucha de audios y/o música, en la medida en que esto repercute negativamente en el aula adyacente. Esta situación cotidiana interpela las ideas de convertibilidad o flexibilidad de espacios mediante separaciones livianas.

La junta entre los tabiques livianos móviles y la losa de hormigón no se encuentra sellada o protegida con algún material aislante, además de que los tabiques no se conforman por materiales con buena absorción acústica.

Otras características del aula que no favorecen al confort acústico es el uso de superficies reflejantes, la falta de materiales absorbentes —como podrían ser cortinados o cielorrasos acústicos— y los grandes paños vidriados sin cámara de aire.

La ventilación cruzada higiénica permanente que se da en las rejillas de ventilación, también comprometen el pasaje de los sonidos desde el patio y la calle hacia el interior del aula.

Es importante destacar que todas las posibles interferencias de actividades entre el interior y el exterior se dan entre las aulas que dan directamente al patio central, no así aquellas que se encuentran en la planta alta de la tira sur, y en el "subsuelo" de la tira norte, que poseen su propio patio independiente hacia el borde exterior de la escuela. En cualquier caso estas situaciones disminuyen la capacidad de los patios como ámbitos para actividades de enseñanza y aprendizaje.



IMAGEN 10. Imagen interior intervenida. Elaboración propia.

ESCUELA N°319 REPÚBLICA POPULAR CHINA

ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO

Debido a las características de los cerramientos y a la orientación Norte-Sur de las aulas, el acondicionamiento térmico de las mismas presenta algunas complicaciones. Las dos fachadas 100% vidriadas compuestas por aberturas de aluminio con vidrio simple, hacen que las aulas no se encuentren debidamente aisladas, de manera que tanto en invierno como en verano, la temperatura interior de las mismas es similar a la temperatura exterior.

La maestra y los alumnos comentan que el uso del aire acondicionado es constante en casi todo el año lectivo, con algunas excepciones en los períodos de primavera y otoño.

Algunas aberturas corredizas se encuentran bloqueadas debido a que se les colocó cartelería sobre las mismas, a falta de mayor área de cerramientos ciegos para colocarlas. La ventilación cruzada constante generada por la rejilla de ventilación hace que las aulas sean más frías en

invierno, si bien cumplen su función de ventilación higiénica correctamente.

Por otra parte el sistema constructivo de hormigón macizo contribuiría a la inercia térmica, útil en situaciones de captación solar, algo que no puede asegurarse en las aulas de la tira sur, aunque sí en las de la tira norte, dado que como se menciona anteriormente en las primeras existe el gran alero-corredor que impide la captación directa de la energía solar.

Asimismo se observa un dispositivo de sombreado de aberturas —parasoles metálicos—, pero su disposición en vertical no resulta responsiva a las variaciones angulares de incidencia solar en el transcurso del año, por lo que no resultan óptimas. En la recorrida las autoridades comentan la imposibilidad de colocarlos en posición horizontal por temas de seguridad, dado que permitiría el acceso de intrusos.



IMAGEN 11. Imagen interior intervenida. Elaboración propia.

PROFUNDIZACIÓN

4C

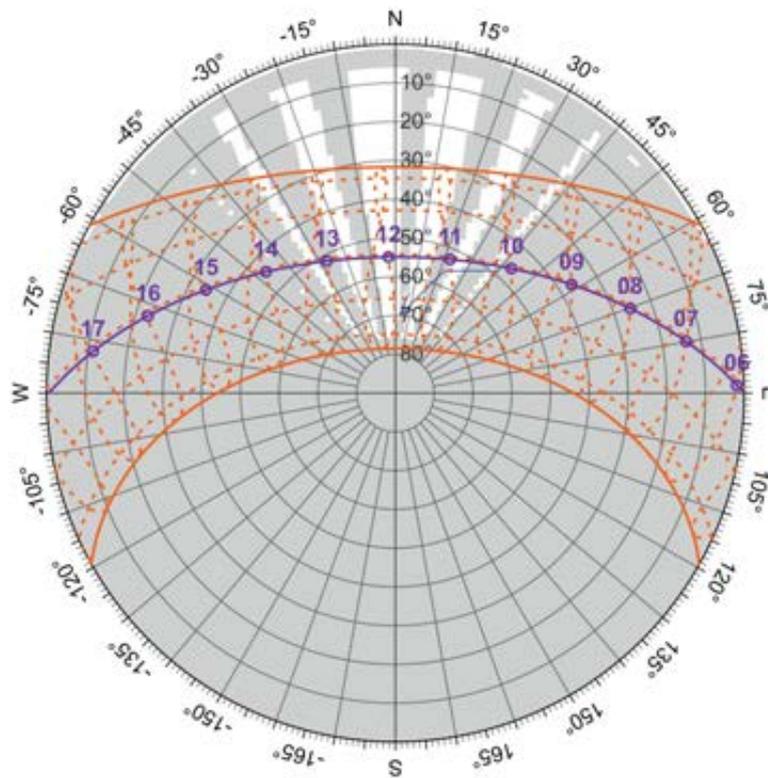
ESCUELA N° 319 REPÚBLICA POPULAR CHINA Análisis Heliódón PB

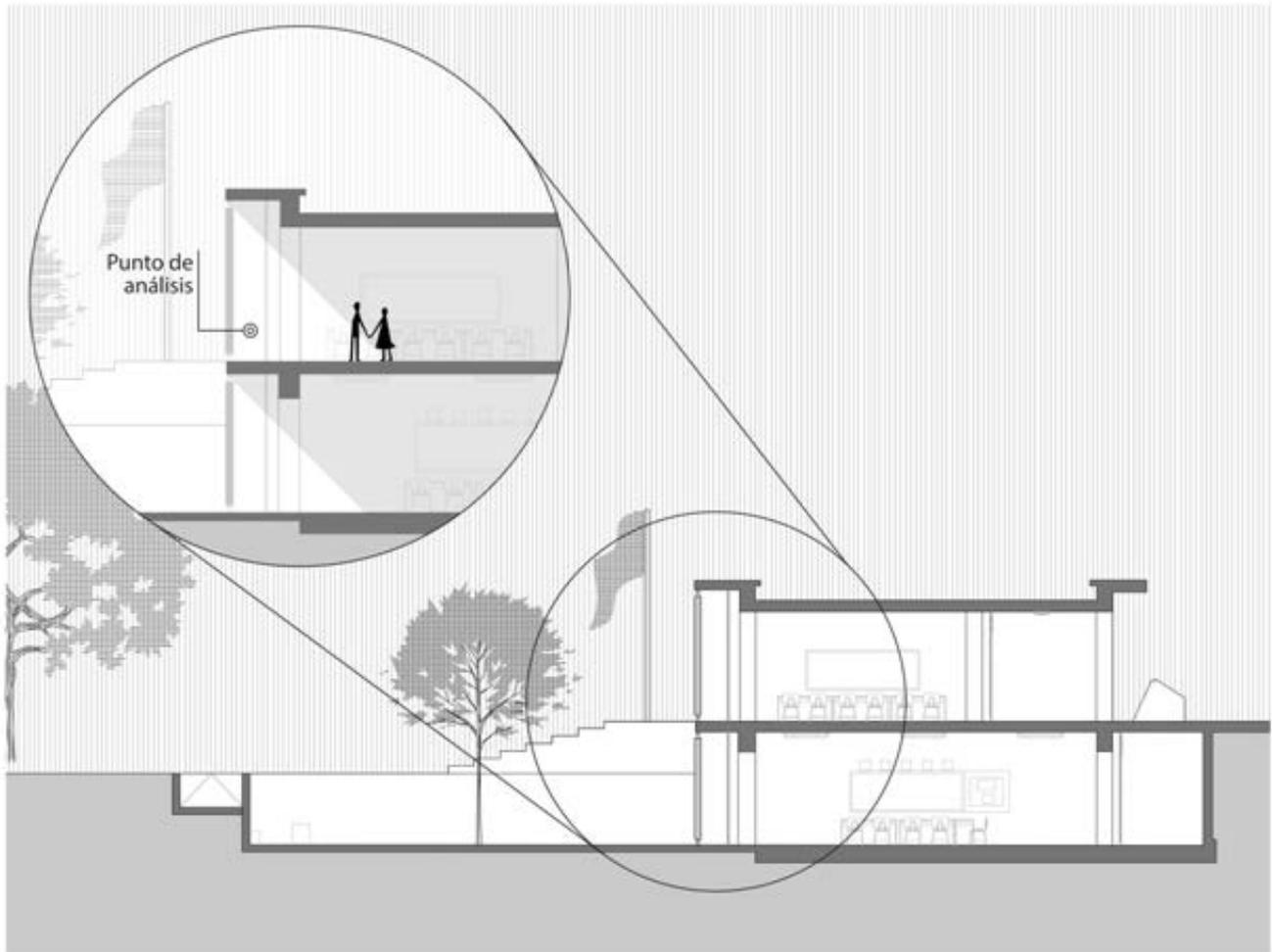
El análisis del P1 fue realizado en el marco de la apertura de uno de los salones, la cual esta protegida por los parasoles verticales en una orientación Norte.

El desempeño de los parasoles sobre el asoleamiento del salón no es del todo eficiente. Si bien es acertado el trazar una estrategia para poder establecer un

control del ingreso de radiación solar en el recinto, la solución escogida para este proyecto no resulta eficiente, ya que los parasoles dispuestos en vertical no aportan tanto control comparado a si estuviesen dispuestos en horizontal.

Si los parasoles estuviesen en horizontal provocaríamos la entrada de luz en invierno y la protección funcionaría en los periodos más calurosos del año.





ESCUELA N° 319 REPÚBLICA POPULAR CHINA

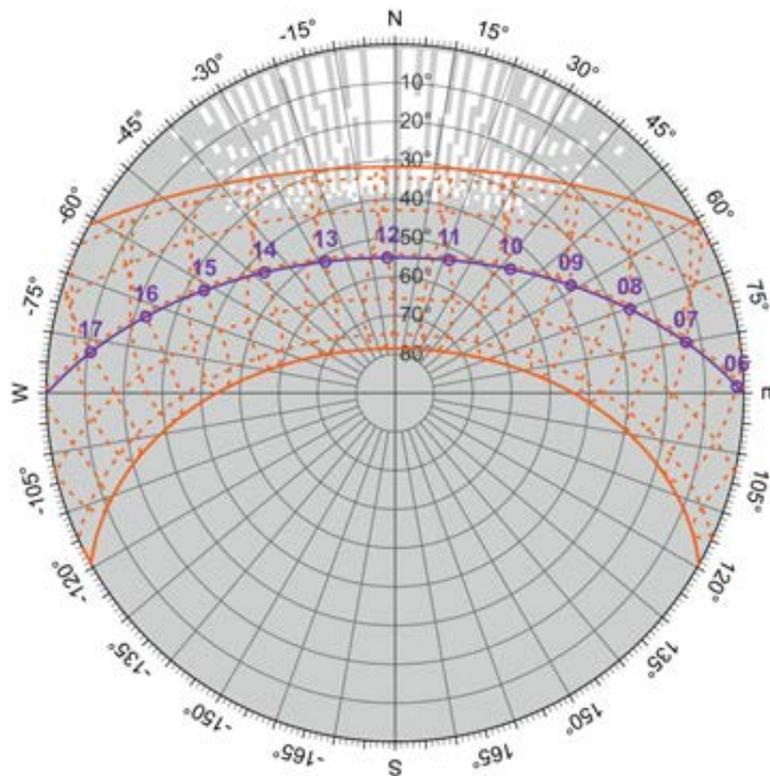
Análisis Heliodón

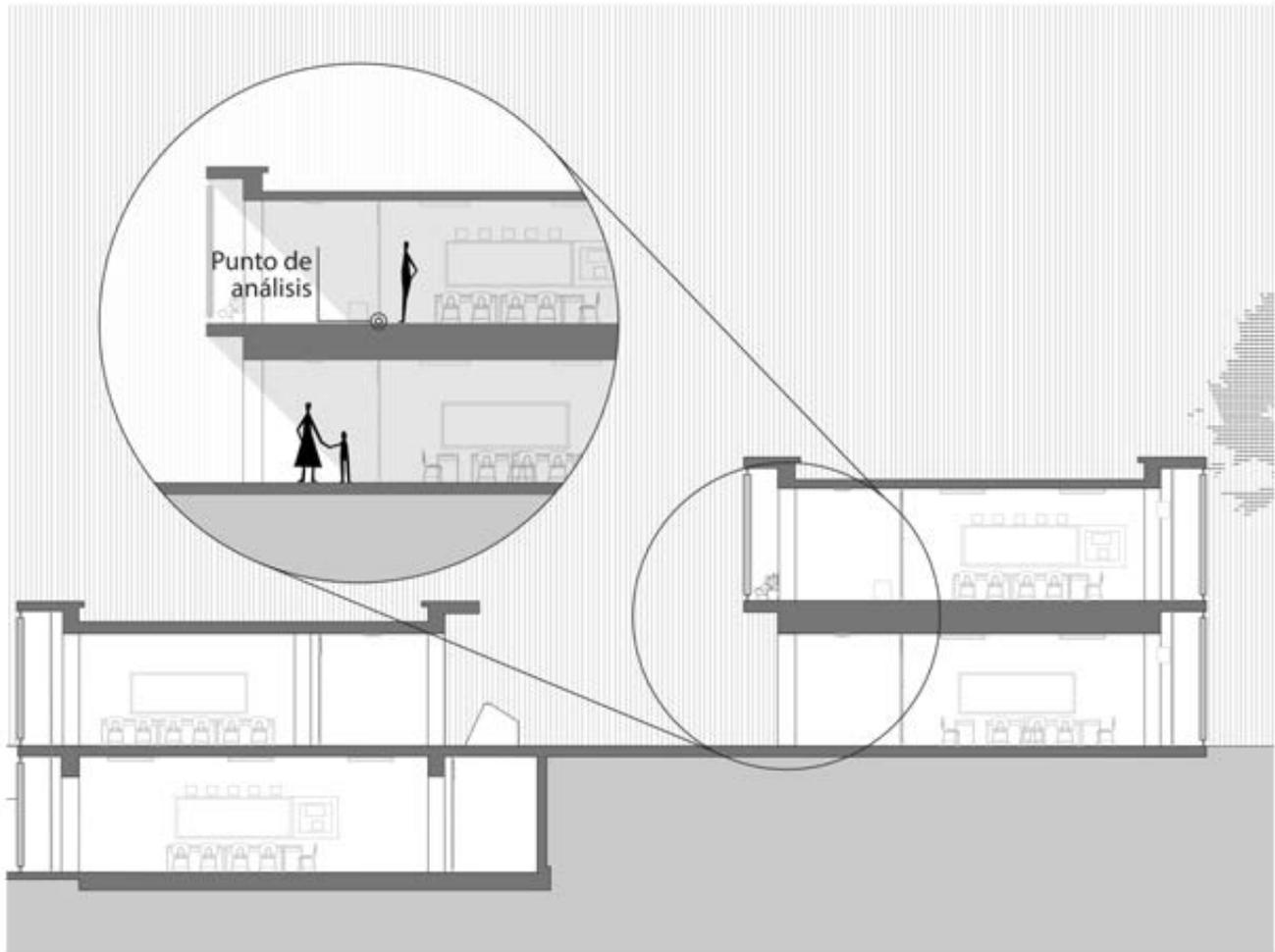
El análisis corresponde al P2 ubicado en una de las caras vidriadas de los salones que da hacia el pasillo de planta alta del edificio con orientación norte.

La estereográfica nos muestra que si bien responde adecuadamente para la época de verano, evitando el ingreso de luz solar directa, en la época de invierno el ingreso de radiación solar es mínimo, requiriendo para

este periodo la mayor ganancia térmica.

Podemos determinar a partir de esto, que las protecciones solares colocadas hacia la fachada analizada, siendo estas parasoles ubicados de forma vertical, no responde adecuadamente a la demanda planteada, al igual que sucede en el P1. La solución es la misma que en el punto anterior, una disposición horizontal de los parasoles.





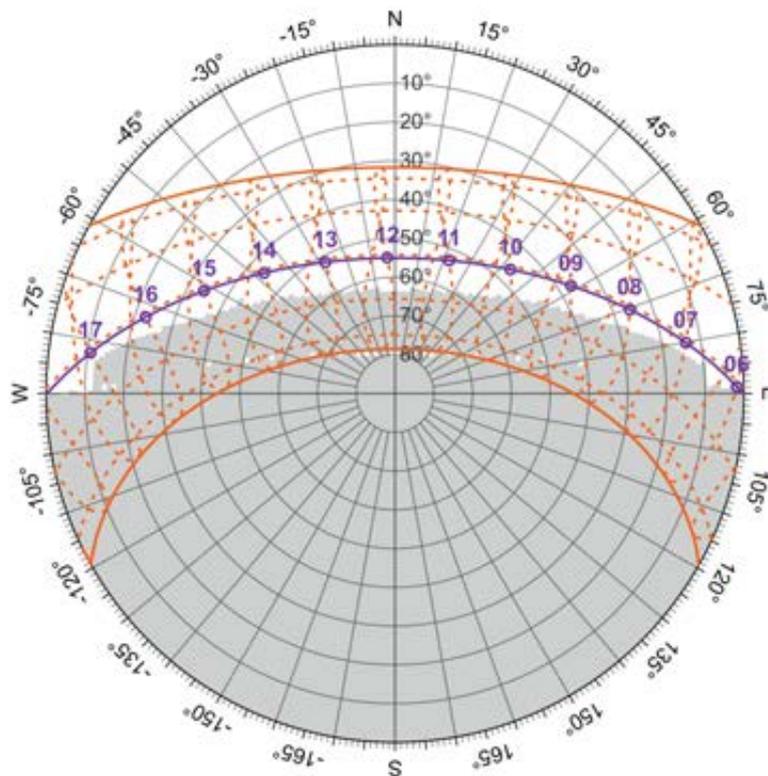
ESCUELA N° 47 Washington Beltrán

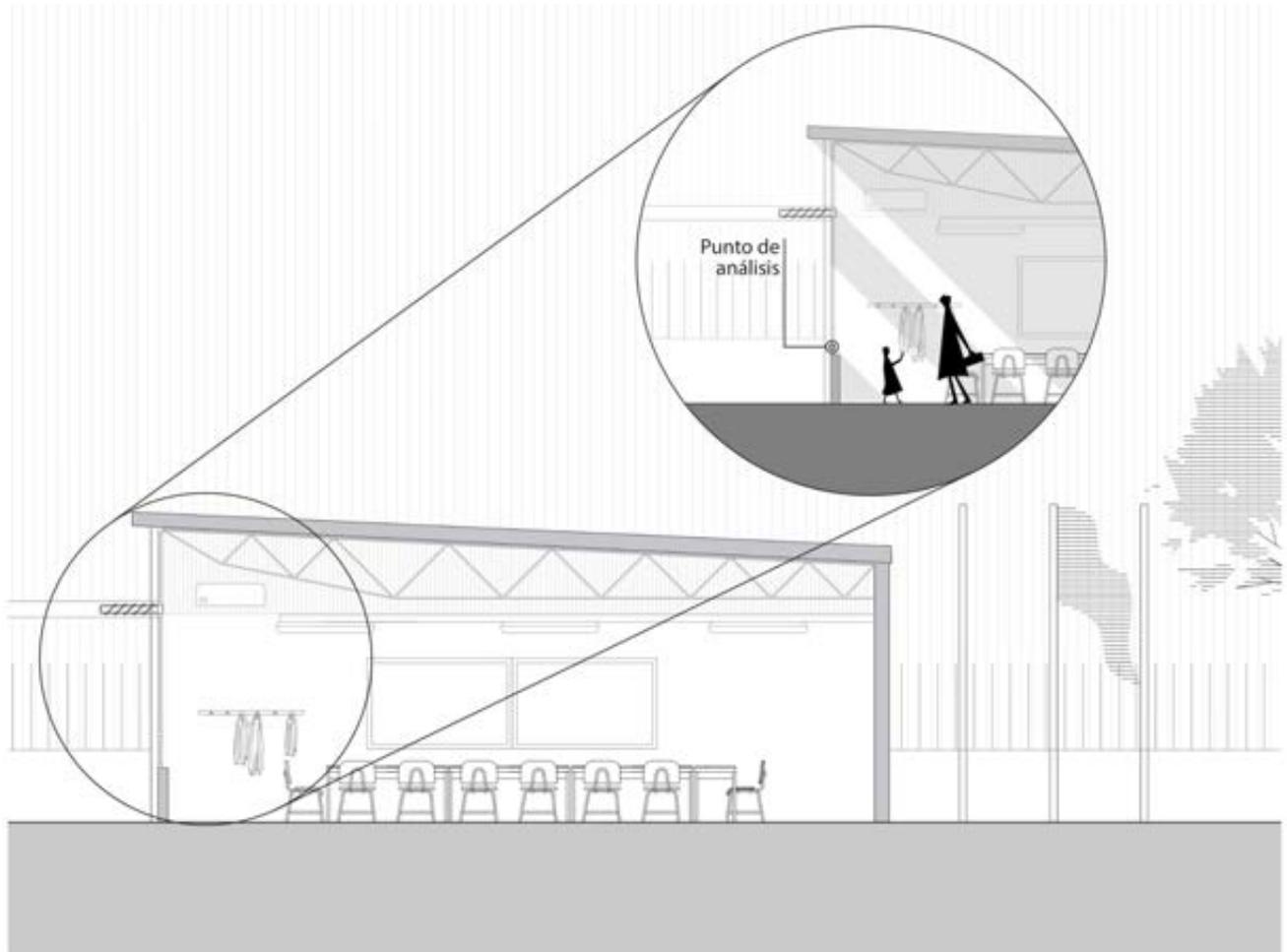
Análisis Heliodón

Se analiza el P1, ubicado en el antepecho de la ventana del salón. Esta ventana está protegida por un alero metálico con parasoles a 45° que incide en un 70% de la ventana aproximadamente.

Como vemos en la estereográfica, este alero planteado resulta ser una gran forma de realizar un control del ingreso de radiación solar directa al interior del salón.

Vemos como la luz solar logra ingresar en los momentos más fríos del año, lo cual es ideal para combatir la falta de calor. En los periodos calurosos del año el alero funciona como protección en todo el horario funcional de los salones, lo que beneficia al confort térmico que se experimenta en el recinto.





ESCUELA N° 47 Washington Beltrán

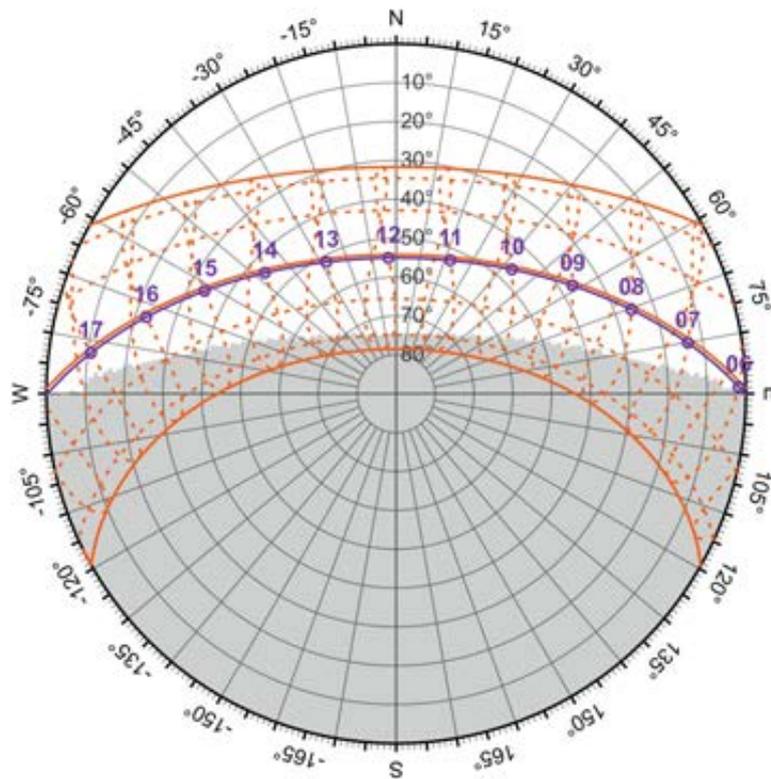
Análisis Heliodón

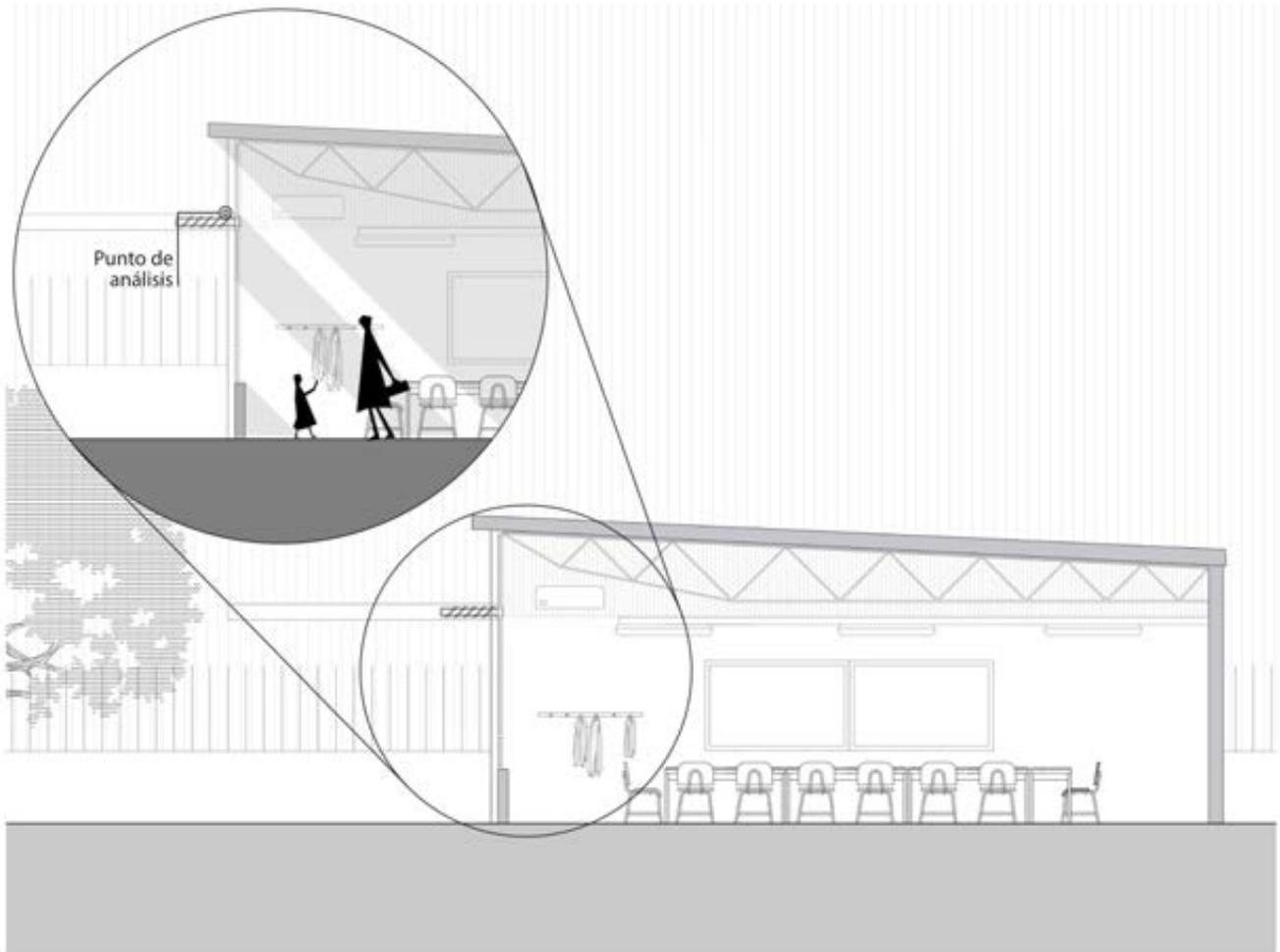
Se realiza el análisis en el P2 de la Escuela N° 47. Este se ubica justo por encima del alero, realizando un estudio del desempeño del pequeño alero que ofrece la cubierta del salon sobre el asoleamiento en la ventana.

Si bien dicho alero resulta en una leve ayuda en el asoleamiento, pero no es suficiente. Mirando la

estereográfica vemos como hay horas muy comprometidas del día en las cuales la radiación solar directa ingresa al salon, recayendo directamente sobre los estudiantes.

Esto se intento solucionar mediante un laminado oscuro sobre el vidrio de la abertura, pero esto no colabora en un control sobre el ingreso de calor, y tampoco es suficiente para mitigar la molestia de la incidencia directa del sol sobre el usuario.





LICEO N° 3 Las Piedras

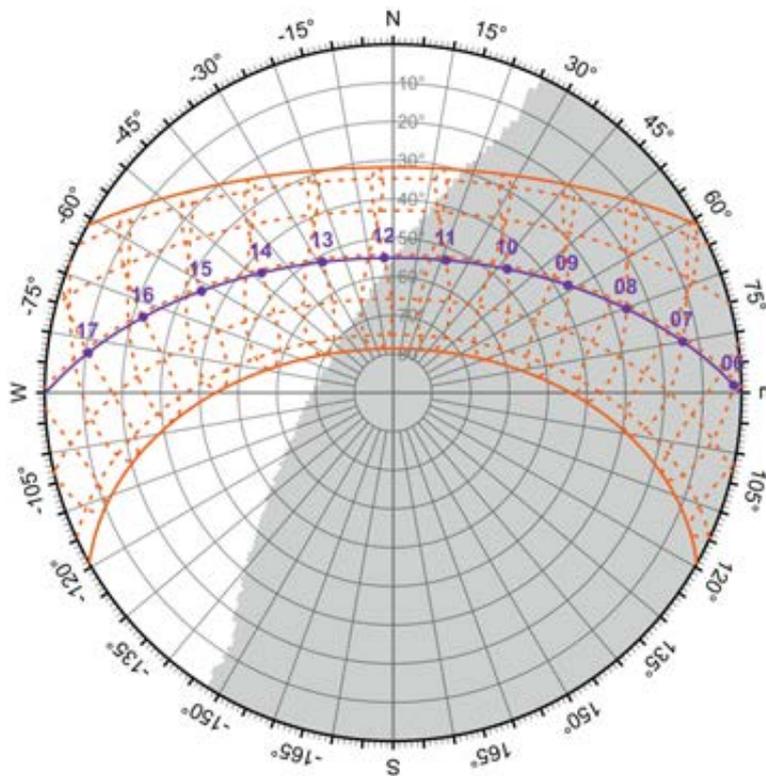
Análisis Heliódón

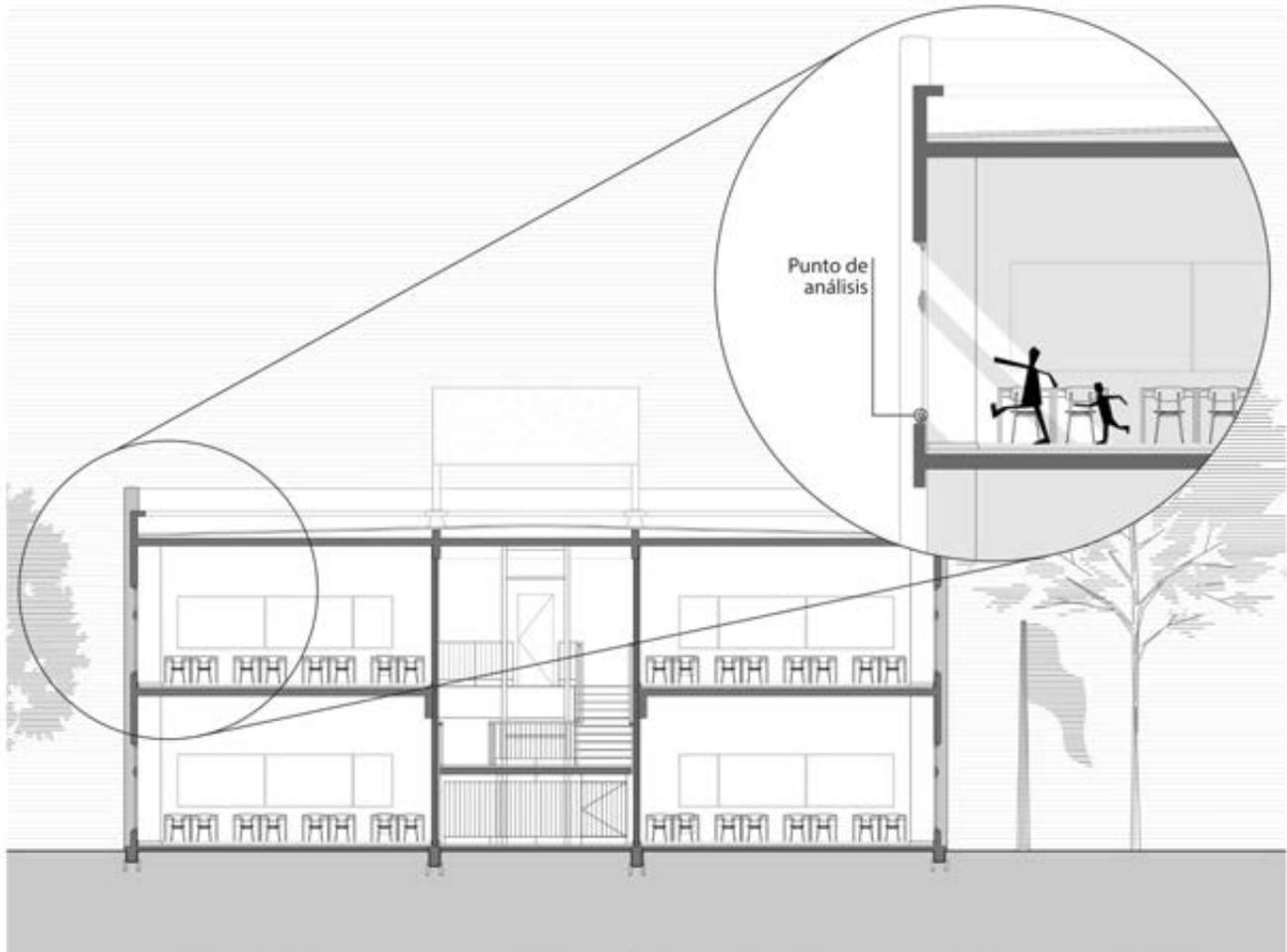
Se toma como P1 de análisis el antepecho de la ventana NO de uno de los salones del Liceo N°3 de Las Piedras.

Esta ventana no posee ninguna estrategia que se encargue de controlar el ingreso de radiación solar directa. El diseño de este liceo es uno que se utilizó para varios recintos a lo largo del territorio uruguayo,

por lo que no se toman estrategias energéticas para cada caso en particular.

El resultado de esta forma de proceder es el ingreso total de luz solar en todas las tardes del año, tanto en momentos calurosos como fríos, lo cual resulta en un mal desempeño térmico del salón. Es necesario el uso de cortinas oscuras, lo cual no soluciona la entrada de calor que se produce en esas horas mencionadas.





PROFUNDIZACIÓN ANÁLISIS ACÚSTICO

La profundización acústica analiza aulas de tres casos nacionales que poseen dimensiones y proporciones muy diferentes entre sí, con el propósito de identificar ventajas y desventajas de cada uno de estos espacios. Se aclara que, algunos planos se realizaron a partir de gráficos no editables, lo que puede generar alguna diferencia dimensional menor con la realidad, que no afecta a los cálculos acústicos realizados.

CRITERIO DE BOLT

A través de la graficación de las relaciones dimensionales del interior de un espacio, se puede identificar si la acústica del aula es confortable o no. Si el resultado se ubica en el interior del entorno graficado en color gris, el recinto posee un aceptable comportamiento acústico (las primeras 25 frecuencias tendrán un correcto espaciamiento E:1.5). Si queda por fuera del entorno, se producirán problemas acústicos por espaciamientos incorrectos.

RADIT 2D

Software que permite analizar el comportamiento del sonido emitido desde una fuente (punto rojo) hasta el receptor (estrella). En los casos de estudio ubicamos al oyente en uno de los sectores más críticos del aula. El programa grafica el DIAGRAMA SONORO con gradientes de colores donde se indican los decibeles del sonido emitido y su distribución en el espacio. Además, se obtiene el DIAGRAMA SONORO POLAR, que calcula los tiempos del sonido directo y de los "reflejados" en los diferentes cerramientos. Esto permite identificar si existe un retardo sonoro y evaluar si es necesario aplicar algún material absorbente sobre alguna superficie para evitarlo.

ESCUELA N° 384 BARRIO SARANDÍ NUEVO

Se estudia una de sus aulas tipo (4.00 x 6.40 x 2.60 m) donde la trayectoria sonora fuente/receptor se realiza transversalmente al espacio.

CRITERIO DE BOLT

$$X=4.0/2.6=1.54$$

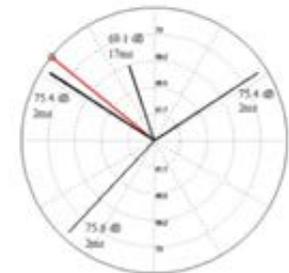
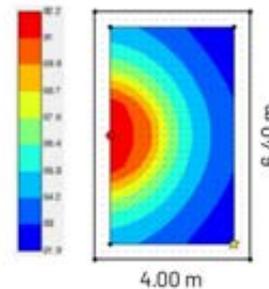
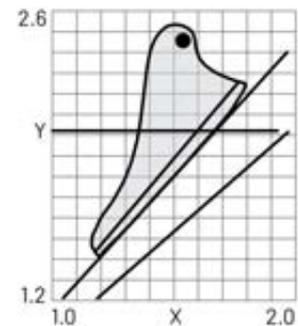
$$Y=6.4/2.6=2.46$$

X=Y: ACEPTABLE

RADIT 2D

Decibeles: 92.2 - 81.9 dB

Retardo máx: 17 ms



Al aplicar las relaciones dimensionales del aula al Criterio de Bolt se observa que el comportamiento acústico del recinto es aceptable.

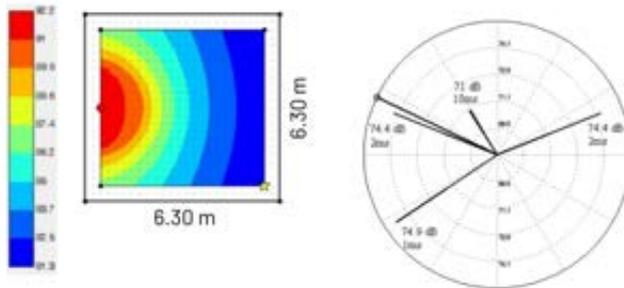
En cambio, al aplicar el software Radit 2d se identifican retardos de hasta 17ms, valores que se consideran pueden ser molestos. Para minimizar esta situación se deberían colocar materiales absorbentes sobre los muros angostos del aula.

ESCUELA N°319 REPÚBLICA POPULAR CHINA

Se estudia el aula tipo de 6.30 x 6.30 x 2.60 m.
La trayectoria sonora fuente/receptor se puede dar en cualquier dirección (se toma una genérica).

CRITERIO DE BOLT
 $X=6.3/2.6=2.42$
 $Y=6.3/2.6=2.42$
 $X=Y$: NO ACEPTABLE

RADIT 2D
 Decibeles: 92.2 - 81.3 dB
 Retardo máx: 10 ms

POPULAR CHINA

Los resultados obtenidos en el Criterio de Bolt son negativos, los valores de las relaciones dimensionales quedan por fuera de la gráfica. Por lo tanto, se producirán problemas acústicos por espaciamientos incorrectos ($E=1.5$).

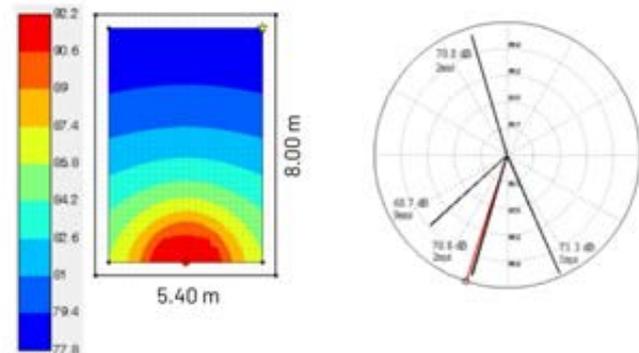
Además, se observa un retardo máximo de 10ms en el Radit 2d. En caso de que esta situación sea molesta, se recomienda la colocación de absorbentes en las 4 fachadas interiores.

ESCUELA SUSTENTABLE DE JAUREGUIBERRY

Se analiza un aula tipo (8.00 x 5.40 x 3.60 m) donde la trayectoria sonora fuente/receptor se realiza longitudinalmente al espacio.

CRITERIO DE BOLT
 $X=5.4/3.6=1.50$
 $Y=8.0/3.6=2.22$
 $X \neq Y$: ACEPTABLE

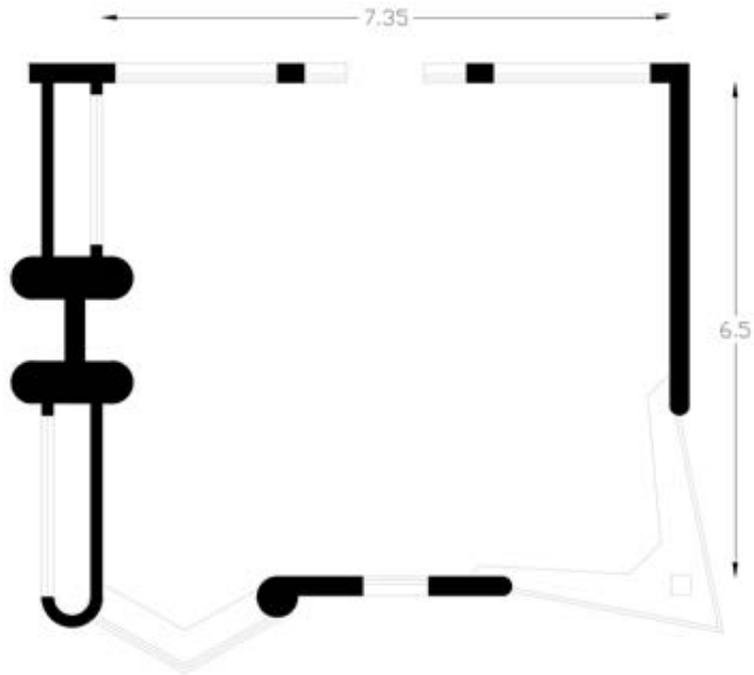
RADIT 2D
 Decibeles: 92.2 - 77.8 dB
 Retardo máx: 9 ms



Las relaciones dimensionales del aula dan un excelente resultado en la gráfica del Criterio de Bolt (primeras 25 frecuencias con un espaciamiento $E:1.5$). Este caso es el que tiene menor retardo según el Radit 2d (9ms), pero es el que tiene la mayor reducción del nivel sonoro por distanciamiento, llegando a ser de 77.8dB.

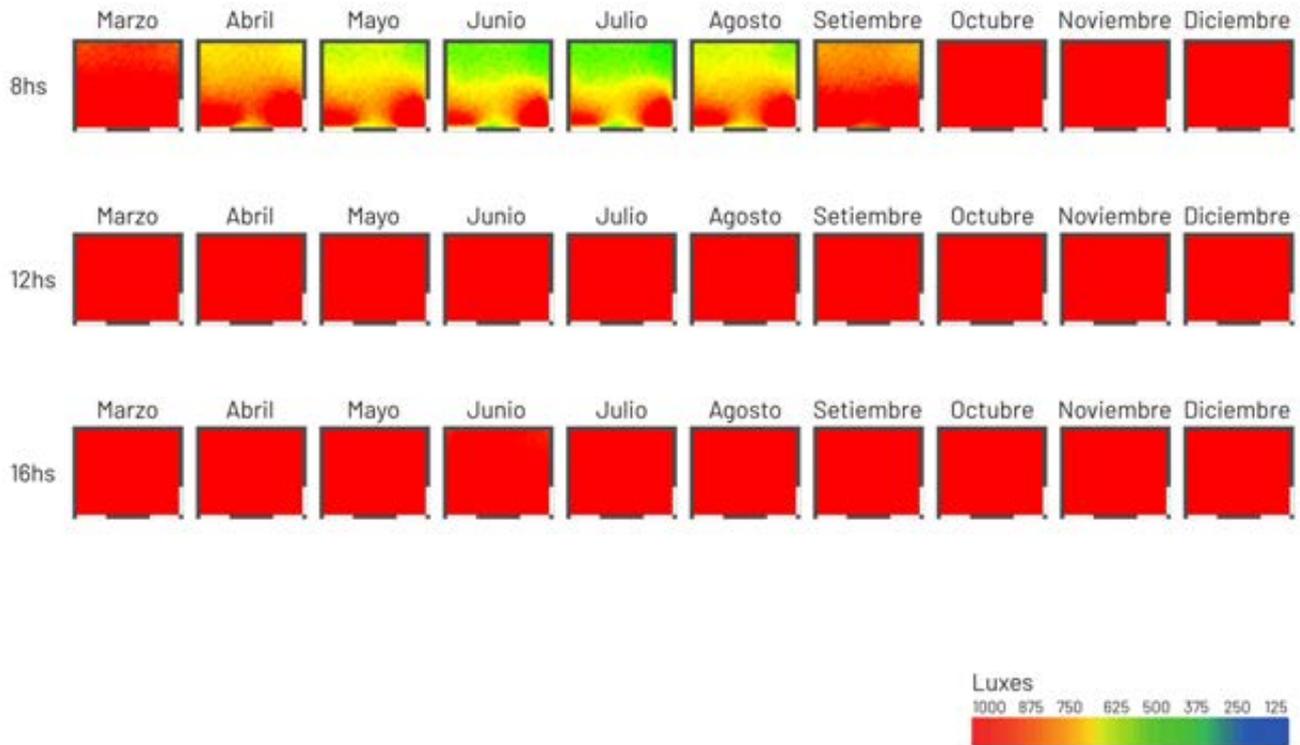
ESCUELA EXPERIMENTAL DE MALVÍN

ESTUDIO LUMÍNICO



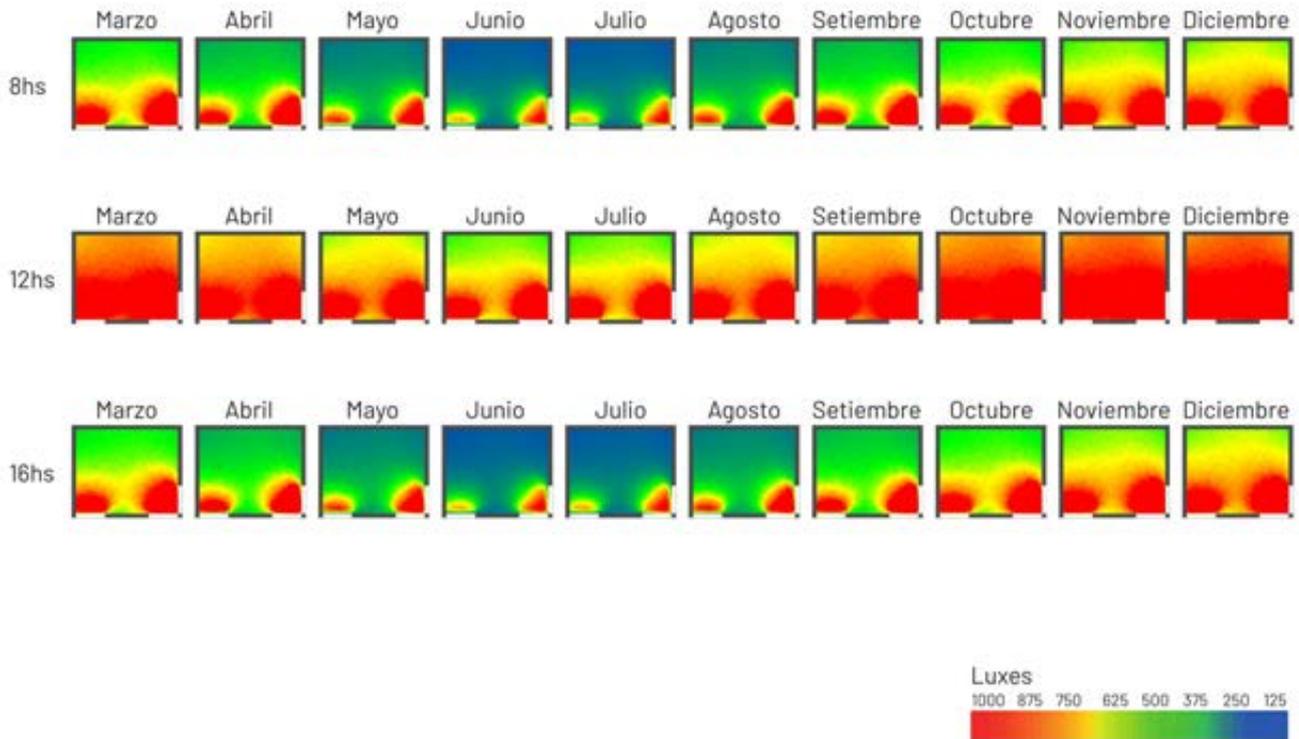
ESCUELA EXPERIMENTAL DE MALVÍN

ILUMINANCIA - Condición de cielo: Soleado



ESCUELA EXPERIMENTAL DE MALVÍN

ILUMINANCIA - Condición de cielo: Nublado



SUPERPOSICIÓN

Síntesis de casos

5

PLANOS DE 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, separadamente para cada una de las categorías de análisis.

Por un lado, se superpusieron los diferentes diagramas psicrométricos obtenidos en el Climate Consultant para cada clima estudiado. Luego se compararon los gráficos realizados para cada caso de estudio en FORMA E IMPLANTACIÓN y ENVOLVENTE Y DISPOSITIVOS. A nivel local, también se superpusieron las fotografías intervenidas en ESPACIO EXPERIENCIA.

Al final se realizó un filtro selectivo donde se destacaron las estrategias energéticas que aparentemente podrían tener buenos resultados nivel local, generando los PLANOS DE SUPERPOSICIÓN SELECTIVA.

Como resultados de estas comparaciones se generaron los PLANOS DE SUPERPOSICIÓN, láminas gráficas desplegadas que exponen las piezas realizadas de todos los proyectos analizados y PLANOS DE SUPERPOSICIÓN SELECTIVA donde se destacan las estrategias energéticas individualizadas.

SUPERPOSICIÓN DE FORMA E IMPLANTACIÓN

En esta etapa se compararon las pautas de diseño globales de cada proyecto. Se reconocieron las morfologías, sus implantaciones (posicionamientos frente al predio, orientaciones buscadas, recorridos solares, direcciones de los vientos frecuentes, relaciones con los predios linderos y los patios del propio centro educativo) y sus diferentes esquemas organizativos (módulos de aulas y sus modos de agrupamiento, patios, accesos, circulaciones, distribuciones).

Además se superpusieron también los diferentes módulos de aulas para comparar sus dimensiones, volumetrías y sus capacidades locativas.

Sobre las orientaciones

En el total de casos estudiados se ven representadas todas las orientaciones posibles. Naturalmente la orientación puede verse influenciada no solo por la aplicación de estrategias bioclimáticas sino también de condicionantes espaciales como el espacio disponible de los lotes, ubicación de preexistencias, etc.

El partido arquitectónico tiene una influencia considerable. Por ejemplo, los casos de doble crujía implican necesariamente la existencia de aulas hacia orientaciones opuestas —Vila María, Pequeno Príncipe, Las Piedras—. En ellos se observa la orientación a medios rumbos o a tener fachadas este y oeste, lo que resulta acertado en la medida en que tendrían incidencias solares análogas.

Es necesario destacar aquellos casos estructuran la toma de partido para mantener la misma orientación para todas las aulas, en caso en que haya más de un sector de las mismas. Son el caso de la Escuela Munkegaard, Fares y la Escuela 47 Capurro. Esto resulta positivo dado que habilita a que las mismas estrategias de captación y protección se den en igual medida para todas las aulas.

En sistemas de simple crujía resulta interesante observar casos distintos. Por un lado, los casos en que las aulas se orientan a la dirección de la incidencia solar —sur para el hemisferio norte y norte para el hemisferio sur—, dejando el corredor hacia la dirección opuesta —Jardín de Infancia en Girona, La Macana, la Escuela 60-69 en una orientación más próxima al medio-rumbo noroeste—, luego los casos orientados este-oeste —Corona School— y finalmente las que deliberadamente anteponen el corredor entre las aulas y la incidencia solar directa

—Jaureguiberry, que transforma el corredor en invernadero, y la Escuela Experimental de Malvín, que al ser un corredor abierto funciona como alero y sector de captación—.

Es posible concluir entonces que la orientación está fuertemente relacionada con la toma de partido, el sistema circulatorio y sus condicionantes —si los corredores son abiertos, cerrados, techados abiertos, si funcionan o no como alero, si se abren aberturas del aula hacia allí o no—. Sin embargo, al considerar su aplicación en el contexto nacional, se destacan especialmente aquellas que de alguna manera u otra, orientan las aulas intentando captar la energía solar directa —el norte, para nuestro contexto— y que a la vez plantean estrategias consistentes de protección —ya sea aleros fijos o móviles, parasoles, etc.—, de modo que en el período frío se aprovechen las ganancias y se eviten en el período caluroso.

SUPERPOSICIÓN DE ENVOLVENTE Y DISPOSITIVOS - ESTRATEGIAS DE DISEÑO

Se analizaron los dispositivos y las características de las envolventes de todos los centros educativos desde un mismo plano de comparación.

Allí se identificaron tres situaciones:

- Estrategias energéticas comunes, utilizadas tanto local como internacionalmente, con mayor o menor efectividad en sus aplicaciones.
- Estrategias energéticas utilizadas en algunos de los casos internacionales, que se consideran pueden ser aplicadas a nivel local.
- Recurrentes recursos proyectuales en algunos casos nacionales que poseen aplicaciones ineficientes a nivel energético.

Se desplegaron todas las estrategias energéticas recomendadas por el programa Climate Consultant

para el clima de Montevideo para obtener unas condiciones internas confortables de forma pasiva y se identificaron cuáles de éstas se repiten en los otros climas analizados. Se toma el clima de Montevideo como referente del país porque es aquí donde se ubican la mayor parte de los edificios educativos analizados. Se tiene conocimiento de que en Uruguay existen varias zonas climáticas con diferentes rangos de temperatura, humedad y diferentes características de los vientos, pero se considera que el "caso Montevideo" puede ser generalizable a todo el país porque las estrategias energéticas a aplicar van a ser las mismas, lo único que varía son sus porcentajes de incidencia. Es decir, si se va a realizar construir un edificio educativo en una localidad del Norte del país como Salto, con promedios de temperatura mayores a las de Montevideo, se deberá tener prioridad en algunas estrategias de ventilación frente a las de calefacción. En las ciudades del sur de Uruguay se da el caso contrario.

De cada clima analizado se reconoce, al menos, una estrategia energética que podría ser aplicable a nivel local.

Las estrategias pertinentes para el clima nacional son: (1) Sombreamiento de aberturas, (2) Ganancia solar directa pasiva con baja masa, (3) Alta masa térmica con ventilación nocturna, (4) Refrescamiento por ventilación natural y (5) Ganancias de calor internas.

Sobre el sombreamiento de aberturas

En la muestra de casos seleccionados, tanto internacionales como nacionales, existe variedad de implementaciones de esta estrategia a partir de distintos dispositivos.

El alero es probablemente el dispositivo más simple a este respecto, visto en la Corona School en su forma más clásica, aunque en este caso con

resultados insuficientes. En los casos nacionales se ve que la cubierta del corredor de acceso a las aulas cumple la función de alero, siendo la Escuela Experimental de Malvín, la Escuela 384 y la Escuela 319 China los casos más arquetípicos. Dependiendo de la orientación y las características dimensionales, pueden inferirse distintos alcances, por lo que resulta imprescindible el estudio particular para cada orientación en caso de realizarlo, dado que una excesiva profundidad podría bloquear por completo la captación de energía solar incidente inclusive en periodo frío. En este sentido la de Malvín se muestra como la más equilibrada.

Como mejora del sistema de alero fijo se presenta el caso de Girona, en el que se trata de un toldo retráctil, pudiendo así regularse en qué circunstancias es requerido el sombreado de aberturas y cuándo es preferible la captación solar total, sin que en ninguna de estas dos situaciones se vea comprometida la relación con el patio o los espacios exteriores en general. Menos efectivo es el sistema de la Corona School, donde los toldos verticales móviles permiten que el usuario establezca cuándo realmente se precisa proteger.

Otro de los dispositivos observados es el estante de luz, como el observado en la Stewart Secondary School. Independientemente de que en este caso se aplique al corredor y no a las aulas propiamente dichas, su potencial radica en que puede controlar la incidencia solar al tiempo de dispersar la luz y así aprovecharla no sólo para acondicionamiento térmico sino también para mejorar la calidad lumínica.

En los casos brasileños —Vila María, Pequeno Príncipe— se observan soluciones consistentes a este respecto, tanto retirando el plano de vidrio y creando un parasol horizontal, como combinando voladizos e implementando el brisoleil. Estas

soluciones plantean un relacionamiento con los espacios exteriores mucho menos directo que las observadas en general para los casos nacionales, en donde el vínculo con el patio parecería una condición innegociable para casi todos los casos. En este tipo de soluciones se percibe un potencial a explorar para la arquitectura educativa nacional.

El caso del Asilo Nido Iride se constituye especialmente interesante en la compatibilización del sistema estructural como el sistema de protección. Es pertinente estudiar en profundidad de qué modo pueden implantarse este tipo de enfoques en la arquitectura educativa nacional, en tanto un mismo elemento cumple distintas funciones, en este caso estructurales y bioclimáticas, dado que resulta una optimización que aumenta la eficiencia de lo construido.

El caso del Schorge, si bien se encuentra en una situación climática bastante alejada en todos los parámetros higrotérmicos, sí podría plantearnos posibilidades de constitución de espacios intermedios, delimitados por la doble envolvente, y pudiendo ser una implementación válida sobre todo para disminuir la incidencia solar en el aula, por ejemplo en las fachadas oeste del periodo caluroso.

Por último, resulta destacable que la mitad de los casos nacionales, relevantes por distintas cuestiones inherentes a la disciplina, no posean estrategias consistentes de sombreado de aberturas. Ni la Escuela 60-69, la Escuela 47 —que si bien posee una serie de parasoles metálicos que fueron diseñados específicamente para proteger la fachada vidriada, es curioso que ello no suceda con el vidriado superior, donde el resultado del análisis del alero existente es insatisfactorio y genera ingreso de radiación solar directa en momentos no deseados—, La Macana y el Liceo de Las Piedras no presentan implementaciones de esta estrategia de

diseño bioclimático. Si bien es cierto que tres de ellas forman parte de la primera época, el de Las Piedras es de construcción relativamente reciente y se muestra como representativo de una multiplicidad de liceos del país, por lo que resulta especialmente pertinente de qué modo podría implementarse un sistema de sombreado compatible con esta arquitectura.

Sobre la ganancia solar directa pasiva con baja masa

A nivel de calentamiento pasivo se destaca el invernadero con orientación norte realizado en la escuela de Jaureguiberry, que permite obtener una gran captación de energía de radiación solar directa para transmitir luego al interior de las aulas.

Otra estrategia destacable es la generación de un segundo plano vidriado, el cual se realiza a través de diferentes recursos. En la escuela de Capurro se realiza sobre la propia fachada norte, dejando los parasoles horizontales como divisores; en Munkegaard el segundo plano vidriado se genera por la modificación de la cubierta abriéndose hacia la orientación deseada con un quiebre del techo, y por último, está el caso de Corona School, donde se agrega una segunda abertura en la fachada opuesta (este/oeste).

Es importante aclarar que, tal como se indica en el manual del Climate Consultant (Liggett, R., & Milne, M., 2008), el peligro de tratarse de un edificio de baja masa consiste en que esta ganancia solar, sin el sombreado de aberturas adecuado, podría sobrecalentar rápidamente el espacio. Es por eso que resulta importante combinar esta estrategia con dispositivos de sombreado adecuados, tales como se mencionan en el apartado correspondiente.

Sobre la alta masa térmica con ventilación natural nocturna

Esta estrategia, orientada principalmente a aprovechar las diferencias de temperatura entre el día y la noche, algo representativo y pertinente de nuestro clima, también resulta implementada en más de un caso, tanto nacional como internacional, aunque con menor variación que la estrategia anterior. De manera arquetípica la Escuela en Fares se concibe partiendo de este principio, en el que tanto el material utilizado para la conformación de la envolvente —ladrillos de barro— como los sistemas de captación de vientos nos permiten entender claramente de qué manera debieran complementarse estos dispositivos para implementar esta estrategia. En el resto de los casos en los que se considera que se implementa—o que al menos crean las condiciones para que se implemente— se pone por lo general el foco en los dispositivos de ventilación, tanto puede ser cruzada como a través de chimeneas, y no tanto en la inercia térmica de los muros. A los efectos de realizar recomendaciones para la nueva arquitectura educativa nacional, no debe perderse de vista el potencial de los muros macizos y su aporte en el control de las ganancias energéticas al interior del aula. Si bien los sistemas livianos son de rápida ejecución, se constituyen como un impedimento a la hora de implementar esta estrategia. Por otra parte, la implementación de esta estrategia depende especialmente del control de los dispositivos a lo largo de todo el día, algo que por temas administrativos no necesariamente podría realizarse siempre en los espacios educativos nacionales, que por lo general operan durante el día y dejan de utilizarse durante la noche.

Sobre el refrescamiento por ventilación natural

La implementación de esta estrategia no solo se manifiesta en la mayoría de los casos estudiados sino que también en algunos de ellos representa la estrategia principal. En los casos nacionales es la

estrategia que más implementaciones tiene, por lo que probablemente sea la estrategia más asimilada en la construcción de espacios educativos. Los casos más antiguos —como el Corona School o la Escuela Experimental de Malvín— ya se mostraban categóricos a la hora de asegurar la ventilación cruzada. Del mismo periodo, la escuela Figueira 60-69 coloca deliberadamente las banderolas hacia el espacio de altura múltiple del corredor para tales fines. En climas en donde este refrescamiento es imprescindible para alcanzar el confort —Vila María, Pequeno Príncipe o Schorge— estos sistemas trascienden el aula y su entorno inmediato para comprometer para el mejor cumplimiento de estas funciones al edificio por completo, tanto sea mediante chimeneas o lucernarios, como con cubiertas ventiladas.

Tal como se desprende del estudio ESPACIO EXPERIENCIA para los casos nacionales, existen algunas incompatibilidades ventilación cruzada - confort acústico. Esto sucede cuando es necesario ventilar y para ello es forzosa la apertura de las ventanas orientadas a los patios o a corredores, en donde el flujo de personas trae altos niveles de ruido. La Escuela de Capurro tiene un sistema de ventilación cruzada que no atraviesa el pasillo de acceso, ya que el mismo se interrumpe antes, aunque esta ventaja se ve matizada porque las aberturas son pequeñas y formas de operación son complicadas, por lo que el volumen de aire ventilado tiende a ser escaso.

Es necesaria la consideración de estrategias de ventilación más sofisticadas para evitar estas situaciones.

Es por ello que resulta destacable la ventilación convectiva alcanzada por la Stewart Secondary School representa una innovación a este respecto, en la medida en que utiliza el calentamiento del sol

para forzar el movimiento del aire. Este tipo de estrategias pueden verse implementadas en el contexto nacional, en la medida en que las cañerías de ventilación de la Escuela de Jaureguiberry se basan en principios similares —donde la inyección de aire se realiza a través de ductos enterrados y la extracción es a través de un ducto chimenea en el pasillo—, provocan que se pueda ventilar correctamente el volumen de aire del aula con espacios de ingreso y egreso bastante reducidos y permiten trascender el enfoque clásico de la ventilación cruzada.

Finalmente es interesante destacar que varios de los edificios visitados —casos nacionales— presentan aberturas entre las aulas y las circulaciones de acceso, que permiten generar ventilaciones cruzadas entre ambos espacios. En prácticamente todos los casos se terminó anulando el sistema, clausurando dicha abertura, porque allí no sólo se genera una circulación de aire, sino que también se da una interferencia acústica entre ambos espacios.

Sobre las ganancias de calor internas

Luego de realizar el estudio de todos los casos, es importante destacar que la interpretación de si esta estrategia se implementa o no, depende del análisis indirecto, observando si al menos se define materialmente la envolvente para mantener estas ganancias. De este modo aquellos casos que presentaron bajo factor de huecos pudieron ser considerados como los que podrían implementar esta estrategia de maneras efectivas. Este aspecto, por tanto, se estudia en profundidad en el apartado referido al Factor de Huecos, más adelante.

Sobre la iluminación

A nivel lumínico se destaca la escuela de Munkegaard con el doble plano vidriado que permite equilibrar el nivel lumínico de todo el aula. La abertura superior permite el ingreso de luz solar natural a la pared

opuesta a la fachada vidriada principal.

En Corona School sucede algo similar, aunque en orientaciones Este-Oeste, donde el equilibrio del nivel lumínico se logra gracias a una abertura en la fachada opuesta a la principal.

El tercer caso internacional a destacar es la escuela de Washington, que a través de su dispositivo de estante de luz, dirige la radiación solar directa hacia la fachada opuesta al plano vidriado, iluminando así el sector con menor incidencia y equilibrando el nivel lumínico de todo el espacio.

A nivel local vale la pena destacar la Escuela Experimental de Malvín, en ese edificio cada aula tiene aberturas hacia tres fachadas diferentes y las cortinas interiores permiten seleccionar él o los planos de ingreso de luz. Esta estrategia permite iluminar naturalmente una mayor área del espacio y controlar las diferentes incidencias y los posibles excesos generados.

Vale realizar un apartado específico sobre las cortinas en los casos nacionales. Son los elementos de protección lumínica interior más utilizados, y en las aulas son imprescindibles, porque permiten regular los niveles de iluminación del espacio, controlar los posibles encandilamientos y evitar interferencias visuales.

A pesar de su importancia y su bajo costo, hemos observado que no se suministra con la finalización de la obra y siempre es complejo para cada escuela obtenerla en una etapa posterior. Se registraron casos donde la situación se resuelve artesanalmente en el aula a través de carteleras o papeles pegados sobre los vidrios y casos donde la compra de la cortina se realiza sin ningún asesoramiento previo y se instalan cortinas con colores particulares que terminan afectando la visualización de todo el espacio.

PARÁMETROS FORMALES

De la observación de las gráficas comparativas de los parámetros formales —superficie, volumen, factor forma y factor de huecos—, surgen las siguientes apreciaciones:

Sobre los valores de superficie

En primer lugar se observa una dispersión mucho mayor en los valores de casos internacionales que en los nacionales. En el caso de los nacionales, la gran mayoría se encuentra en un rango restringido entre 41m² y 46m², siendo la única excepción el aula de la Escuela N°47 - Capurro.

En la medida en que tanto en climas cálidos —Fares o Schorge— como en templados —los Cfa como Vila María, Pequeno Príncipe, Nido Iride o los casos nacionales— presentan valores muy próximos entre sí, y sabiendo que existen múltiples requerimientos que inciden sobre este parámetro —tamaño de grupos de estudiantes, enfoques pedagógicos distintos— no es posible determinar —al menos en base al tamaño de la muestra de casos— que exista alguna implementación de estrategia bioclimática en la definición de los valores de superficie del aula.

Sobre los valores de volumen

De manera análoga al parámetro de superficie, los valores de volumen muestran mayor dispersión en los casos internacionales que en los casos nacionales.

A diferencia del parámetro de superficie, en el caso del volumen sí podría visualizarse la incidencia de implementación de estrategias bioclimáticas:

Tanto el caso de Corona como Nilo Iride se presentan similares: si bien mantienen una superficie promedio, poseen uno de los valores de volumen más altos, seguramente con el objeto de viabilizar la estrategia de ventilación cruzada por el sector

superior y que a mayor volumen de aire más dificultoso en términos energéticos elevar la temperatura del aire, totalmente consistente con la decisión de tener grandes ventanales, aunque esto pueda ser un problema en términos de pérdidas térmicas en el periodo frío.

Valores bajos de volumen, tales como los casos de Girona o Vila María, podrían mostrar mayor facilidad en el control higrotérmico, aunque con el inconveniente inverso a los de mayor volumen: que aumenten su temperatura demasiado pronto. Coincide que estos dos casos poseen marcadas estrategias de protección solar en el sombreamiento de aberturas, por lo que resulta consistente con el volumen a controlar.

Al igual que el parámetro de superficie, en el caso del volumen los casos nacionales presentan gran paridad, exceptuando también el caso de la Escuela N°47 - Capurro, que presenta valores muy superiores a la media. Esto resulta significativo, en la medida en que la muestra abarca casos muy distintos desde el punto de vista constructivo, de orientaciones, de implantación, y aún así mantienen volúmenes similares.

Sobre los valores del Factor Forma

A diferencia de los dos parámetros anteriores, en cuanto al ratio superficie expuesta / volumen (Factor Forma) sí existe una mayor dispersión de valores tanto en casos internacionales como en casos nacionales. Para los casos internacionales, esto podría deberse a las grandes diferencias climáticas que existen entre sí. En cambio para los casos nacionales esto resulta muy significativo, debiendo estudiarse en detalle a qué podría deberse.

En los valores superiores se destacan Fares, Vila María y Schorge en los internacionales y la Experimental de Malvín, la Escuela 384 y la Escuela China en los nacionales. Para el caso de Vila María, se

explica por tener la cara inferior expuesta, mientras que para los demás la explicación consiste en que los espacios circulatorios por los que se accede al aula son o bien abiertos —Fares— o techados abiertos —los demás—. Para situaciones climáticas en las que es beneficioso aumentar la superficie de contacto entre el interior y el exterior, tanto sea para disipar el calor como para aprovechar la inercia de los materiales, estos altos valores pueden resultar especialmente útiles, como puede comprobar para los tres casos internacionales. En cambio para los nacionales parecerían explicarse por la toma de partido arquitectónico —en la Escuela 384 o la Escuela China, en las que a las aulas se accede por un espacio de circulación techado abierto asociado a patios o a sectores comunes— o directamente como búsquedas de relacionamiento espacial —en el caso de la Escuela Experimental en que Scasso deliberadamente buscaba un fuerte vínculo con los espacios exteriores—. Desde esta perspectiva, resulta discutible si para nuestro clima esto resulta una decisión consistente desde el punto de vista bioclimático.

En el otro extremo, con los valores inferiores de factor forma, se encuentran los casos de Nido Iride, Stewart y Pequeno Príncipe en los internacionales, mientras que en los nacionales se destaca especialmente la Escuela Sustentable de Jaureguiberry. En el caso de Nido Iride mantiene el respaldo circulatorio a la interna del edificio, mientras que en los casos de Stewart y de Pequeno Príncipe se explica por la particular disposición del aula, en tanto que la profundidad del aula es mayor que el lado expuesto, algo que no resulta óptimo a los efectos del uso del espacio interior a los efectos del dictado de clases. Por su parte la Escuela de Jaureguiberry presenta la particularidad del cerramiento de la circulación, una estrategia pertinente a la hora de la búsqueda de la disminución

de la superficie de intercambio con el ambiente. En situaciones en que dicha circulación se encuentra cerrada, el valor de factor forma disminuye, permitiendo controlar mejor las pérdidas térmicas en el periodo frío, mientras que en el periodo caluroso esta circulación puede abrirse y así aumentar la superficie de intercambio, disipando el calor y mejorando la ventilación.

Finalmente resulta interesante destacar que cuatro casos nacionales presentan valores muy cercanos a la media —Escuela 60-69, Escuela 47, La Macana y el Liceo 3. Todas coinciden en que el corredor de acceso es parte del volumen cerrado del edificio, por lo que sólo tienen una fachada expuesta, algo que resulta adecuado para el clima nacional en que deben controlarse las pérdidas térmicas en el periodo frío.

Sobre el Factor de Huecos

Por último este factor, que refiere a la superficie de vanos en función a la superficie de muro en el total de la envolvente, también presenta particularidades que resulta pertinente destacar. Se observa dispersión especialmente en los casos internacionales, y una dispersión algo menor en los casos nacionales.

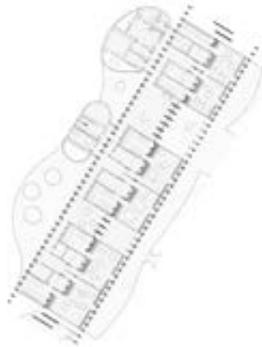
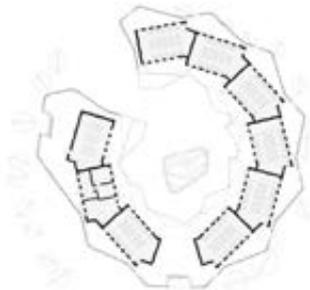
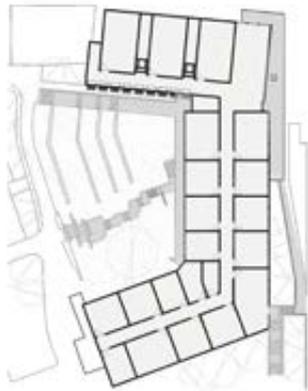
En los valores más altos se encuentran Nido Iride, Girona y Munkegaard para los casos internacionales, mientras que en los nacionales se destacan la Escuela 384 y la Escuela China. Resulta interesante observar que los tres casos internacionales se encuentran en el continente europeo, en climas Cfa y Csa. Esto puede explicarse tanto por búsquedas de maximizar el vínculo con el exterior, como por estrategias captación de iluminación y de ganancias térmicas para el periodo frío, no exentas de inconvenientes, tal como fue señalado en los apartados de cada caso. Por su parte, los casos nacionales mencionados coinciden en que ambas

fachadas están vidriadas casi por completo, algo que podría resultar inconveniente en términos de evitar las pérdidas térmicas.

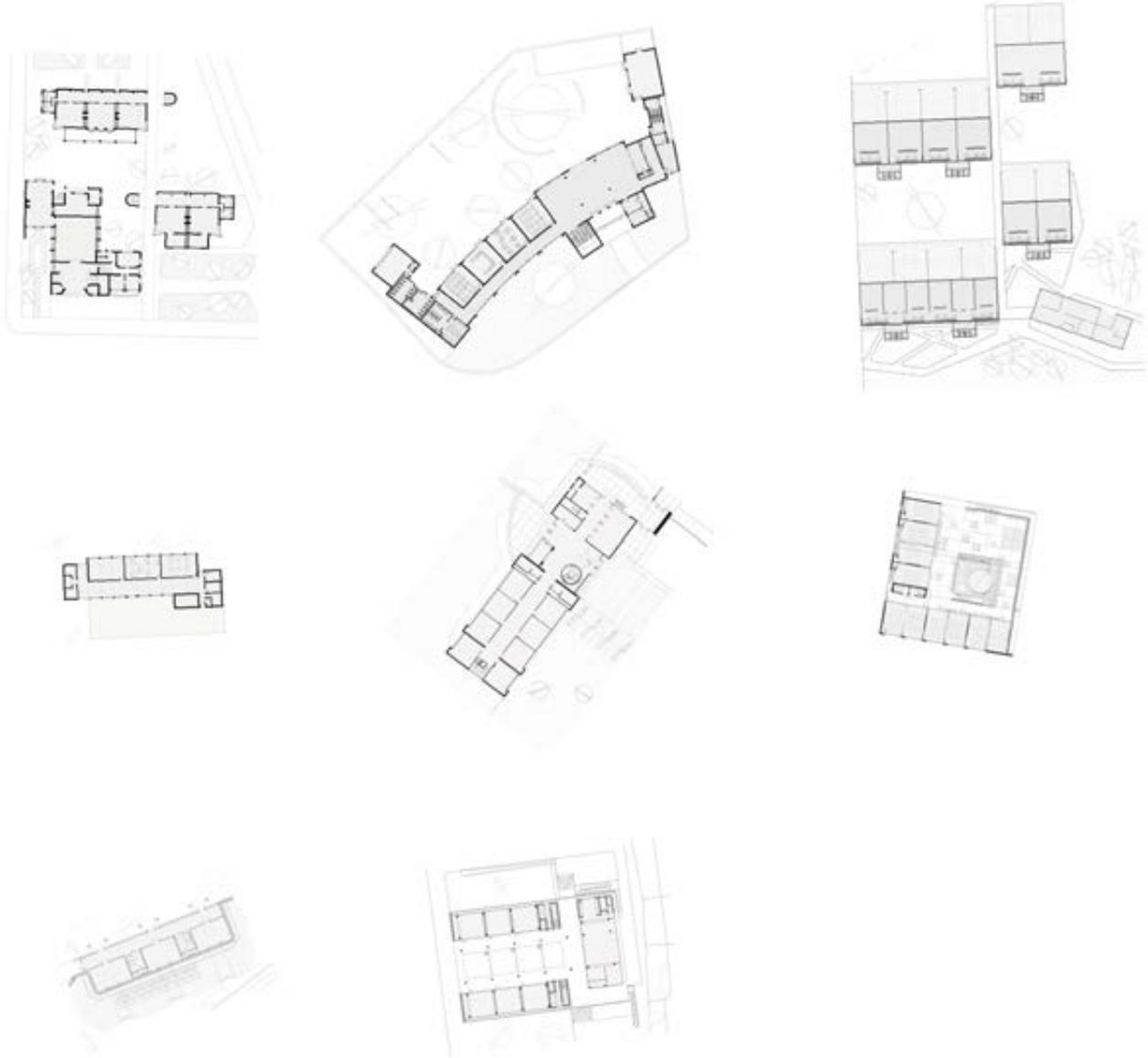
Por su parte los menores valores de este parámetro se vislumbran en Pequeño Príncipe, Schorge y Stewart para los internacionales, mientras que para los nacionales se destacan la Escuela 60-69 y La Macana. Los tres casos internacionales son de muy distinta naturaleza y clima, teniendo por tanto explicaciones disímiles, existiendo la necesidad de mantener el fresco durante el día en los dos primeros, mientras que para Stewart parecería existir la necesidad de controlar las pérdidas. Para los casos nacionales resulta interesante que ambos sean del primer periodo, pudiendo haber explicaciones constructivas o estilísticas, pero que vale la pena destacar en términos de que son casos en donde se demuestra que el vínculo con el exterior no tiene por qué ser completo a través de fachadas totalmente vidriadas, sino que puede encontrarse un equilibrio que evite tener excesos de pérdidas térmicas.

SUPERPOSICIÓN DE FORMA E IMPLANTACIÓN

PLANTAS - CASOS INTERNACIONALES

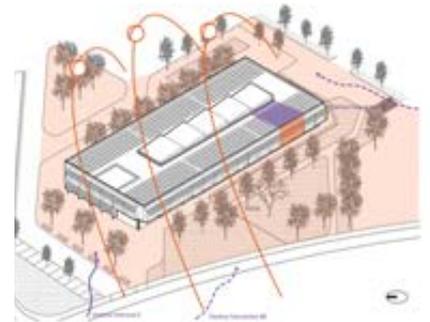
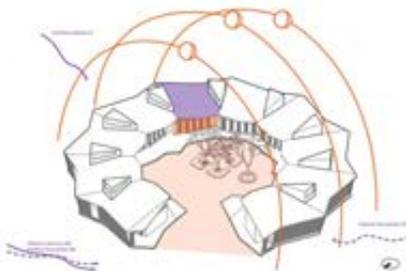
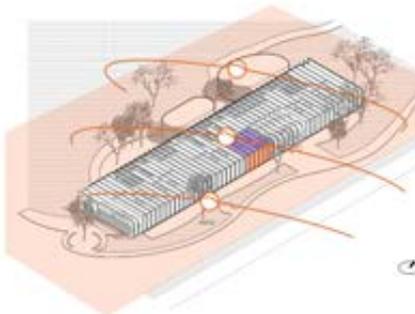
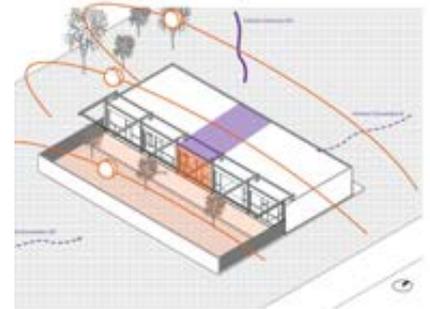
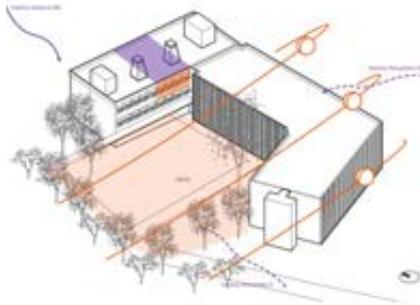
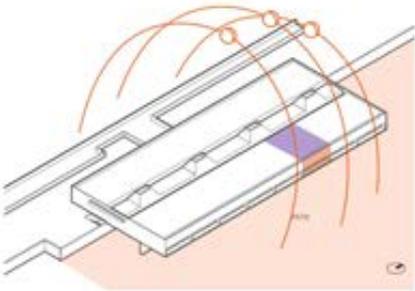
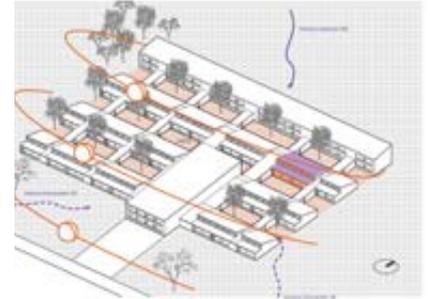
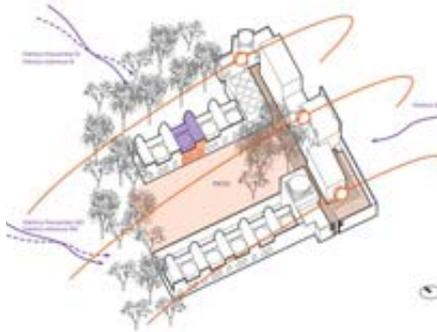
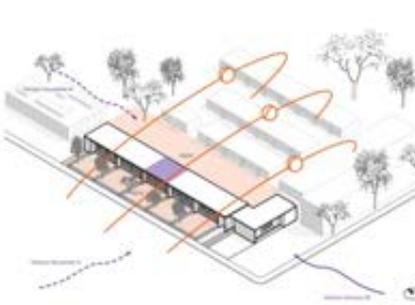


SUPERPOSICIÓN DE FORMA E IMPLANTACIÓN PLANTAS - CASOS NACIONALES

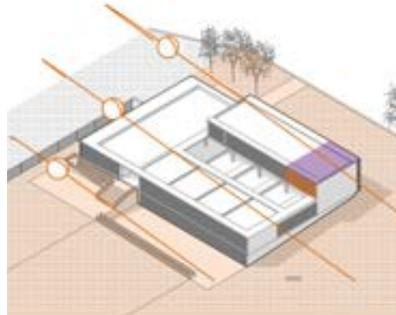
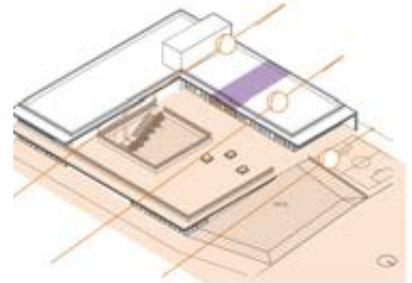
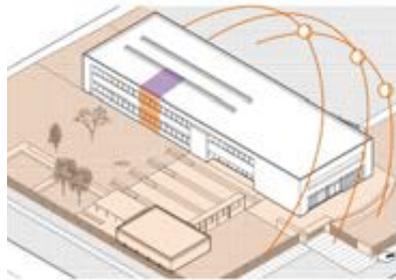
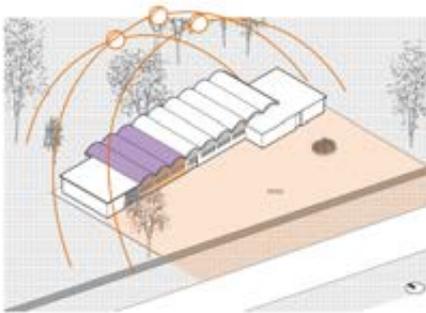
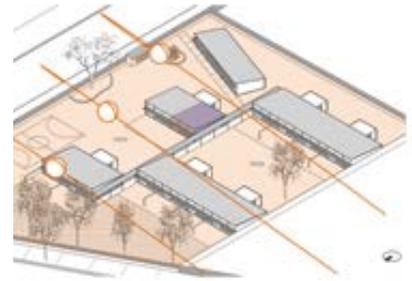
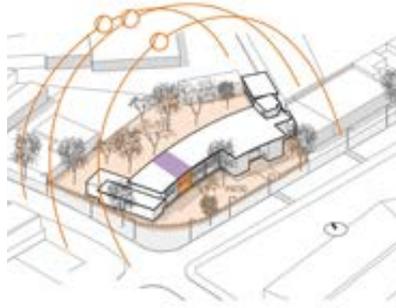
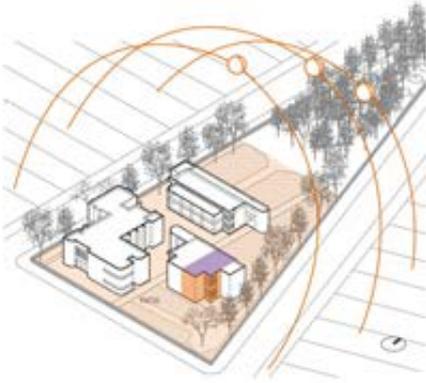


SUPERPOSICIÓN DE FORMA E IMPLANTACIÓN

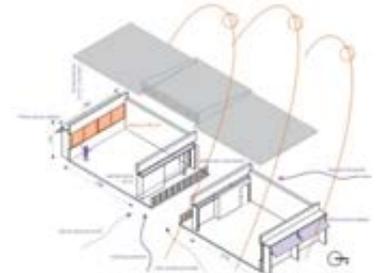
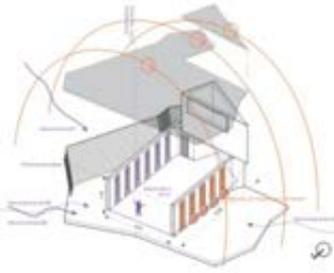
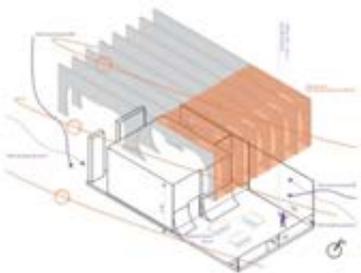
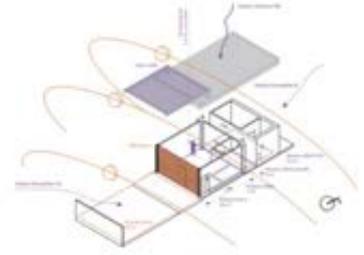
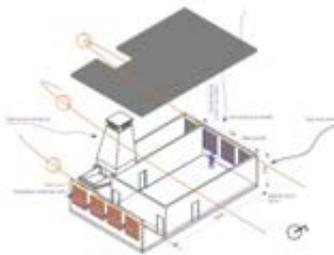
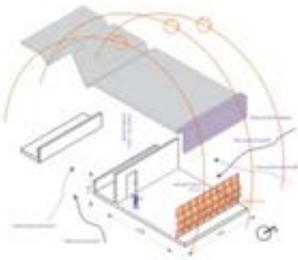
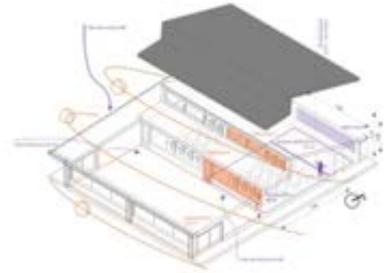
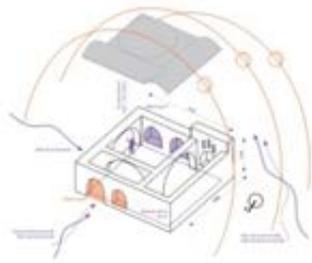
AXONOMETRÍAS GENERALES - CASOS INTERNACIONALES



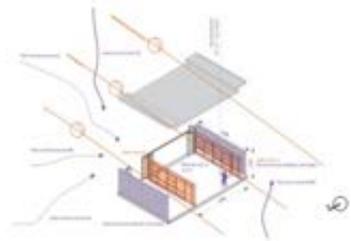
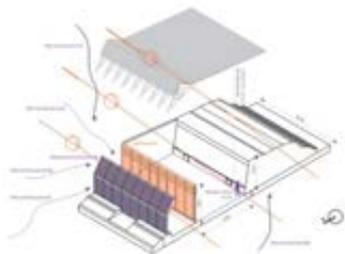
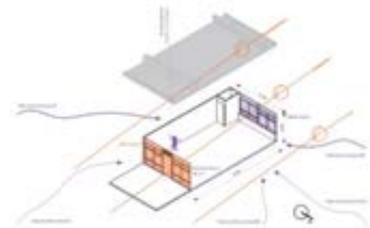
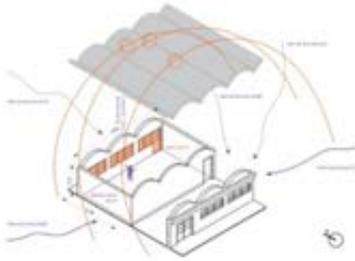
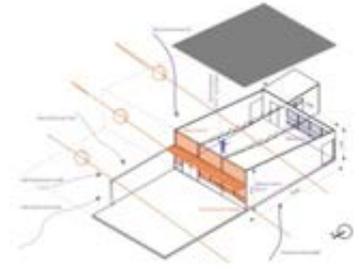
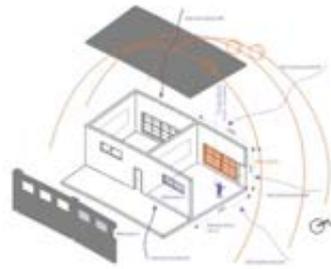
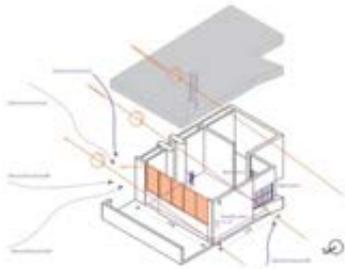
SUPERPOSICIÓN DE FORMA E IMPLANTACIÓN AXONOMETRÍAS GENERALES - CASOS NACIONALES



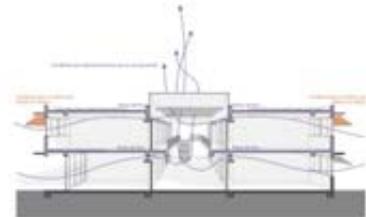
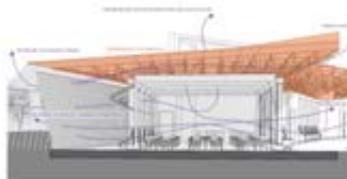
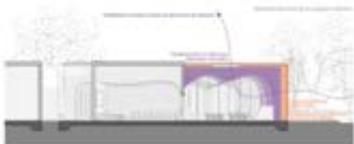
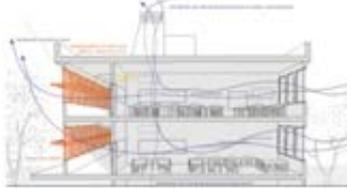
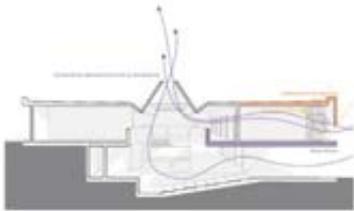
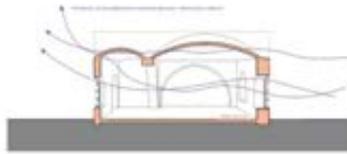
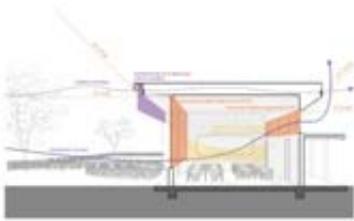
SUPERPOSICIÓN DE ENVOLVENTE Y DISPOSITIVOS AXONOMETRÍAS DE AULAS - CASOS INTERNACIONALES



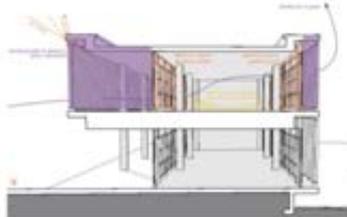
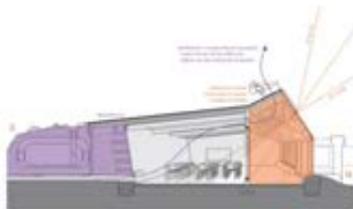
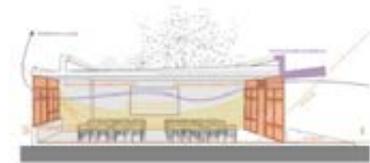
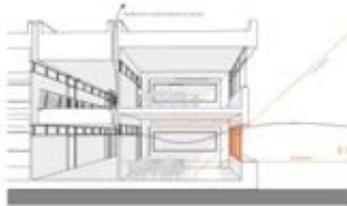
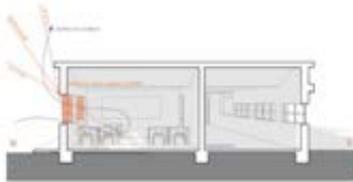
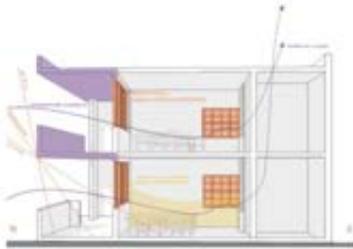
SUPERPOSICIÓN DE ENVOLVENTE Y DISPOSITIVOS AXONOMETRÍAS DE AULAS - CASOS NACIONALES



SUPERPOSICIÓN DE ENVOLVENTE Y DISPOSITIVOS CORTES PERSPECTIVADOS - CASOS INTERNACIONALES

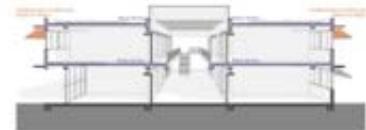
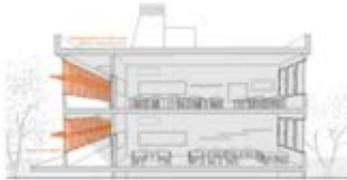
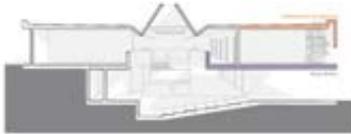
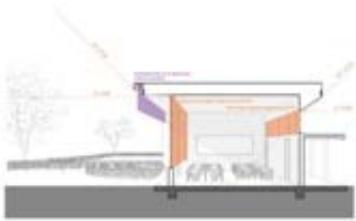


SUPERPOSICIÓN DE ENVOLVENTE Y DISPOSITIVOS CORTES PERSPECTIVADOS - CASOS NACIONALES

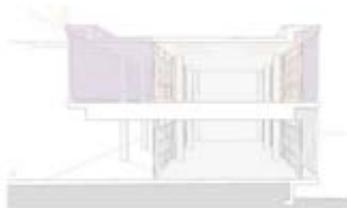
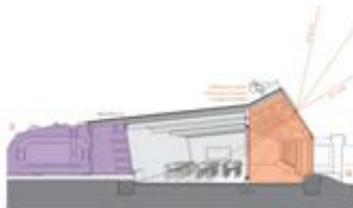
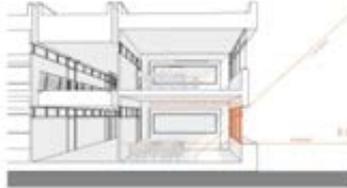


SUPERPOSICIÓN TÉRMICA

ESTRATEGIAS DE ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO - CASOS INTERNACIONALES

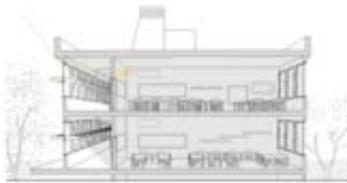
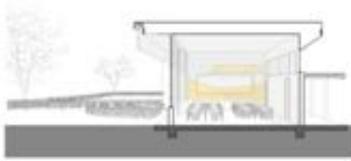


SUPERPOSICIÓN TÉRMICA ESTRATEGIAS DE ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO - CASOS NACIONALES

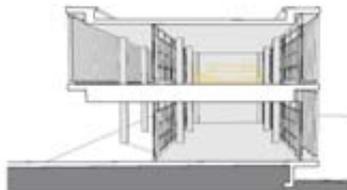


SUPERPOSICIÓN DE ILUMINACIÓN

ESTRATEGIAS DE ACONDICIONAMIENTO LUMÍNICO - CASOS INTERNACIONALES

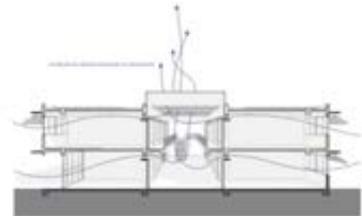
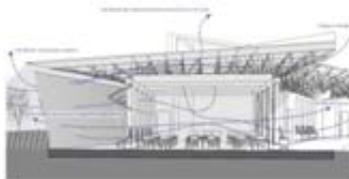
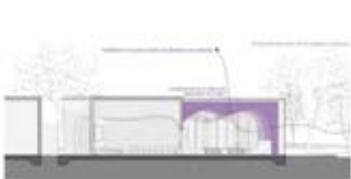
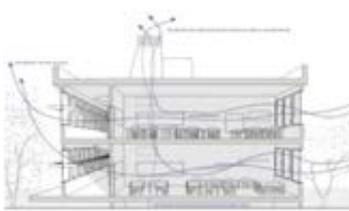
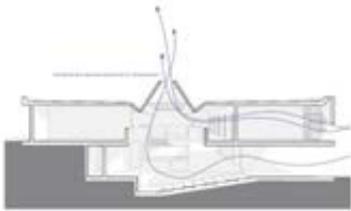
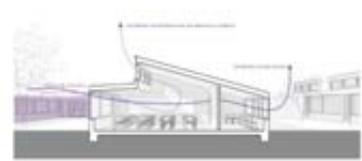
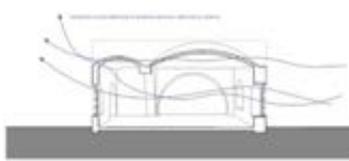
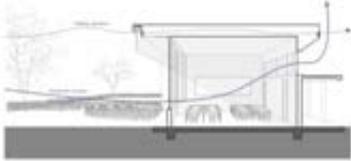


SUPERPOSICIÓN DE ILUMINACIÓN ESTRATEGIAS DE ACONDICIONAMIENTO LUMÍNICO - CASOS NACIONALES



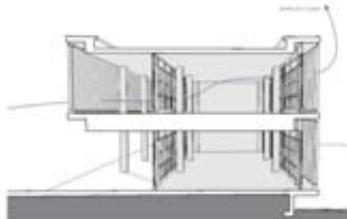
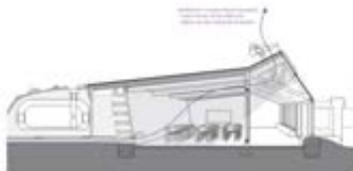
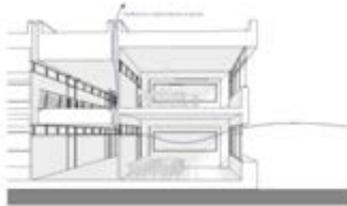
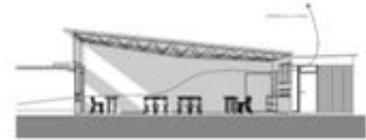
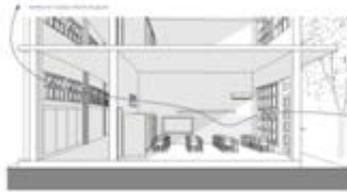
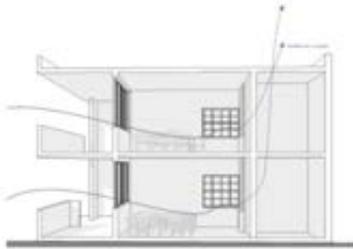
SUPERPOSICIÓN DE VENTILACIÓN

ESTRATEGIAS DE VENTILACIÓN - CASOS INTERNACIONALES



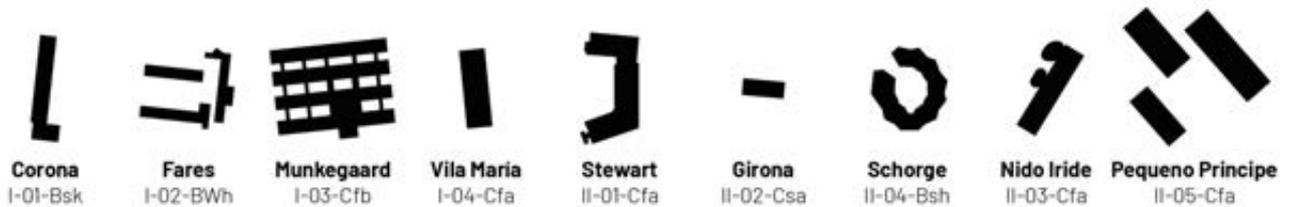
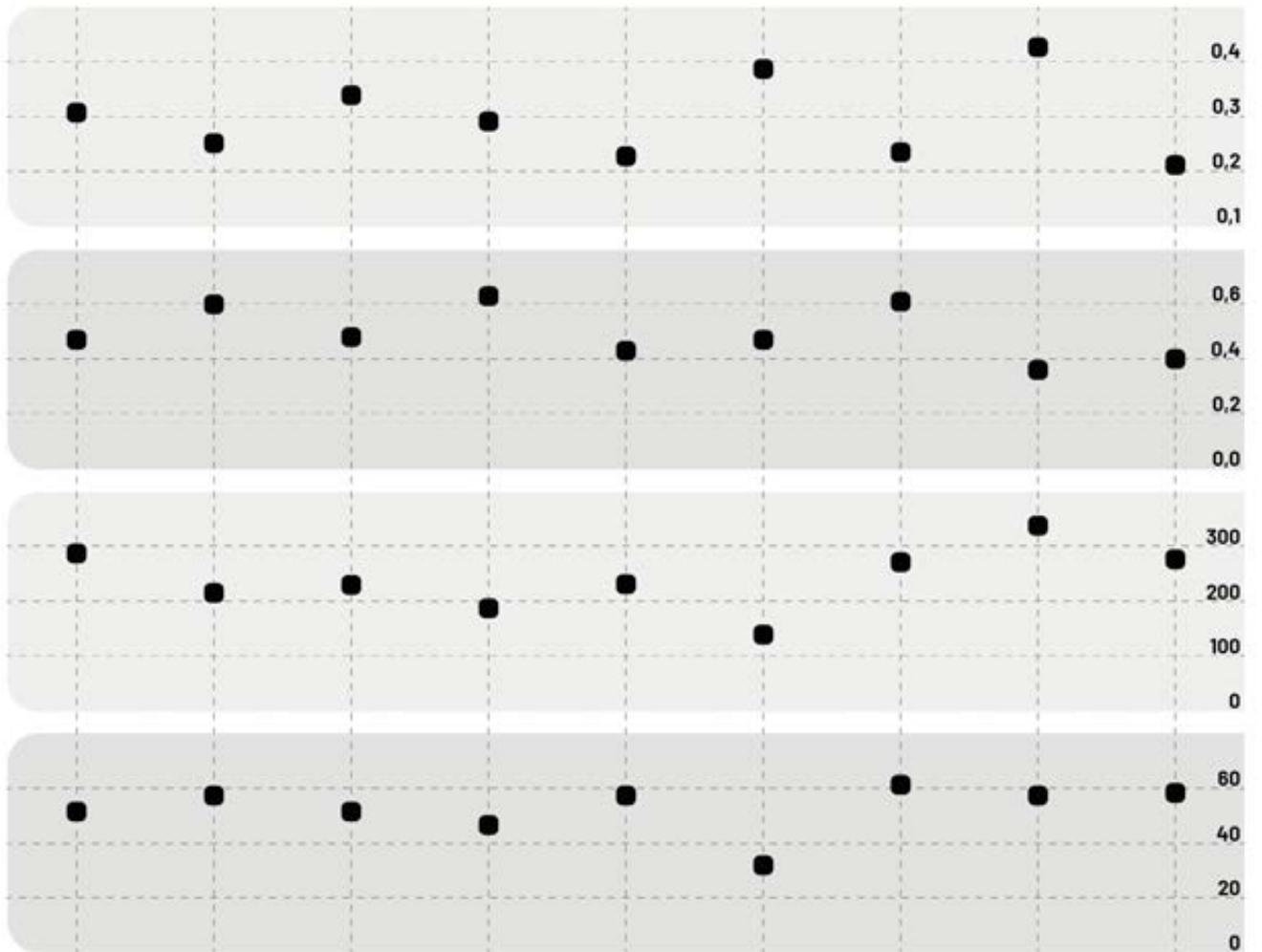
SUPERPOSICIÓN DE VENTILACIÓN

ESTRATEGIAS DE VENTILACIÓN - CASOS NACIONALES

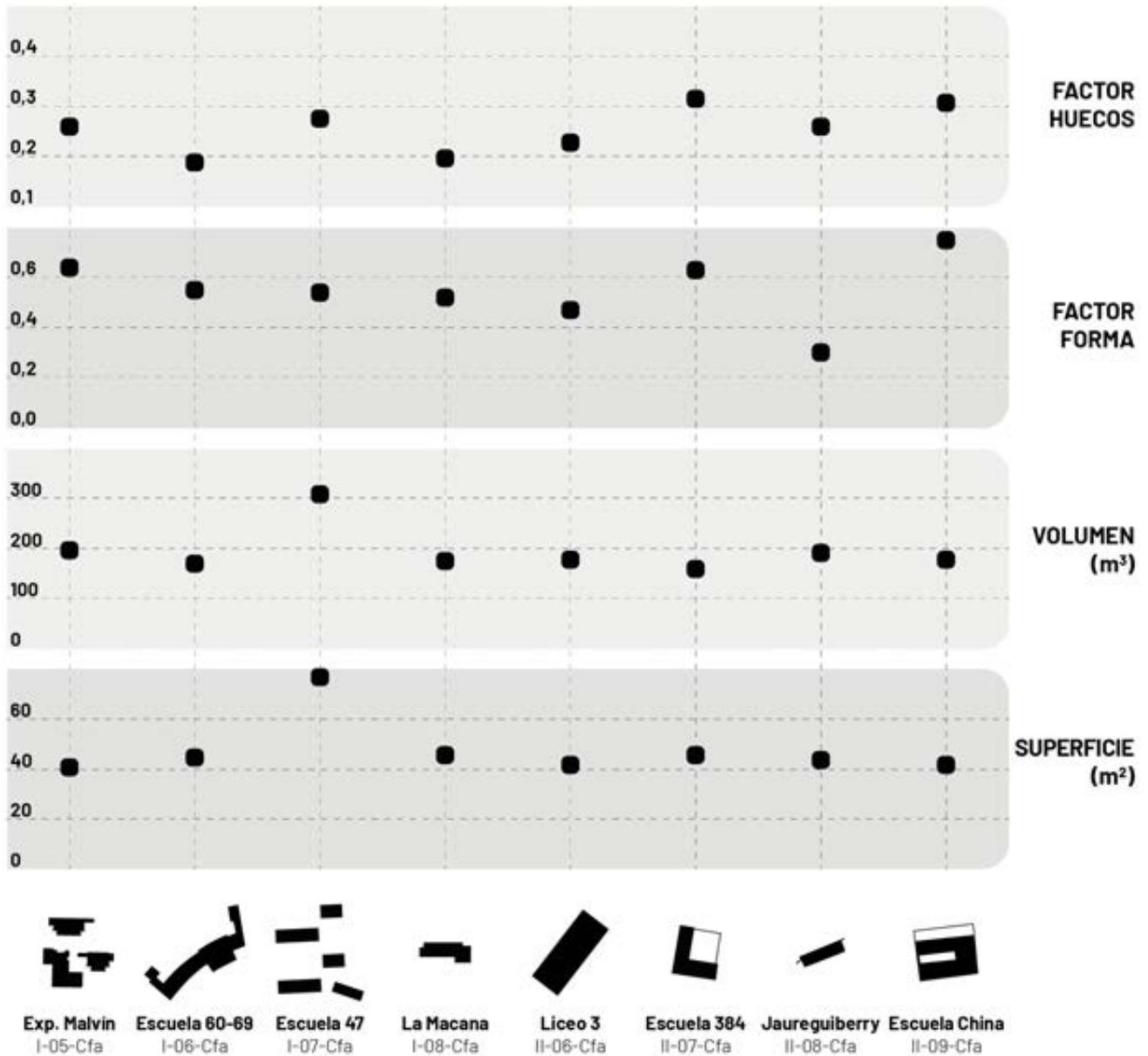


PARÁMETROS FORMALES

CASOS INTERNACIONALES

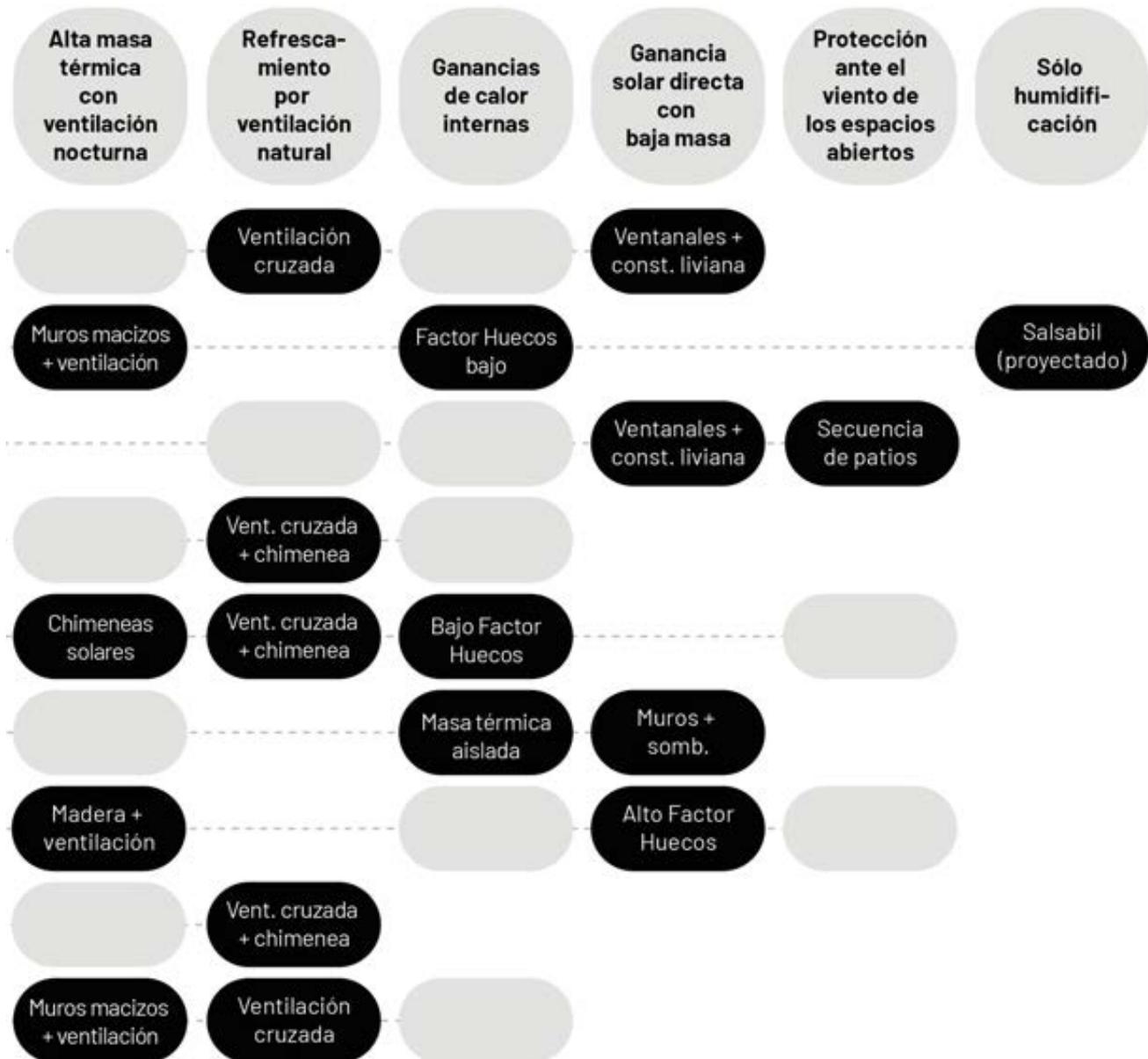


PARÁMETROS FORMALES CASOS NACIONALES



ESTRATEGIAS DE DISEÑO CASOS INTERNACIONALES





ESTRATEGIAS DE DISEÑO CASOS NACIONALES

Sombrea-
miento
de aberturas

Alta masa
térmica

ESCUELA EXPERIMENTAL DE MALVÍN (I-05-Cfa)
Montevideo, Uruguay

Alero en
corredor

ESCUELA J.H. FIGUEIRA 60-69 (I-06-Cfa)
Montevideo, Uruguay

ESCUELA W. BELTRÁN 47 (I-07-Cfa)
Montevideo, Uruguay

ESCUELA RURAL 27 LA MACANA (I-08-Cfa)
Florida, Uruguay

LICEO 3 OBELISCO - B. DE LAS PIEDRAS (II-06-Cfa)
Las Piedras, Uruguay

ESCUELA 384 (II-07-Cfa)
Montevideo, Uruguay

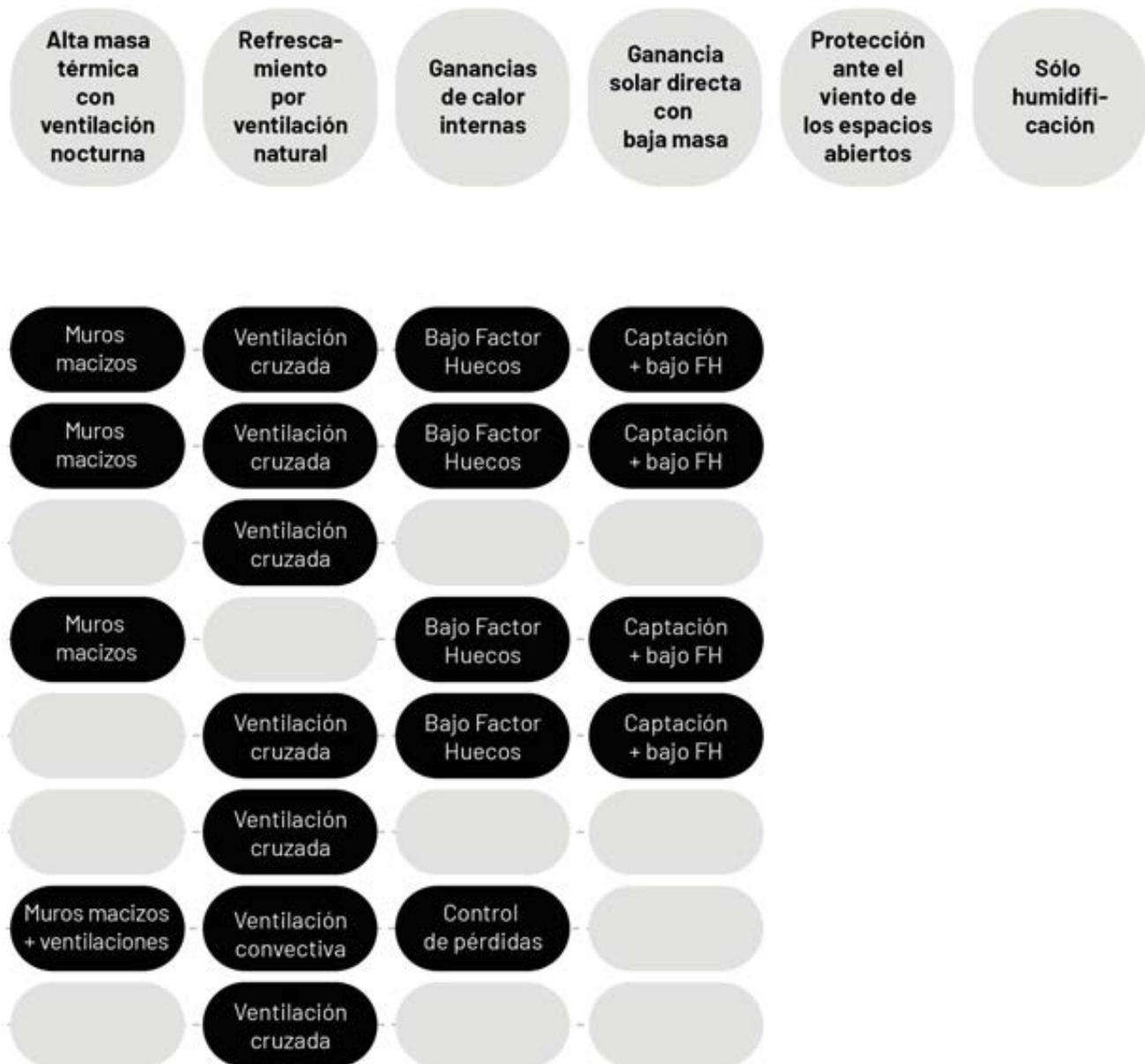
Alero en
corredor

ESCUELA SUST. DE JAUREGUIBERRY (II-08-Cfa)
Jaureguiberry, Uruguay

Alero +
vegetación

ESCUELA 319 R. P. CHINA (II-09-Cfa)
Montevideo, Uruguay

Alero en
corredor



ESTRATEGIAS DE DISEÑO

Este prototipo de aula de educación primaria de ANEP indicado en la metodología es analizado desde las cuatro energías aquí estudiadas a través de diferentes softwares y cálculos:

Análisis térmico

A través del programa Heliodón se estudian las incidencias del sol en cuatro orientaciones (sur, este, norte y oeste), considerando la abertura de 8.5m² indicada en una de las planillas del documento. En los análisis se observa la ventaja de la orientación NORTE, que a través de una protección fija puede sombrear la abertura en el período caluroso, liberándola y captando radiación solar directa en el resto de los períodos.

Más allá de que las orientaciones ESTE y OESTE tienen cualidades diferentes, se identifica un comportamiento similar en los recorridos del sol y la afectación sobre la construcción. La gran dificultad de estas orientaciones reside en que en un momento del día se tendrá al sol impactando horizontalmente en la fachada, situación muy difícil de proteger sin obstaculizar las vistas.

Por último se analiza la fachada SUR, la cual recibe radiación solar directa únicamente en el período caluroso, momento en que es necesario captar ganancias solares.

Análisis de iluminación

Se estudia la iluminación natural a través del software Dynamic Daylighting de la web de Andrew Marsh y cómo ésta varía según la orientación de la abertura (se mantiene el criterio del apartado anterior respecto a las dimensiones de la abertura del prototipo). De los resultados se observa que todas generan una iluminación natural indirecta insuficiente en gran parte del aula. Entre el 70 y el 77% de la superficie del espacio recibe iluminación

indirecta insuficiente.

Análisis de ventilación

Este estudio inicialmente comenzó separado en 4 según la orientación de la abertura, pero se observó que los resultados eran muy similares. El análisis realizado con Optivent muestra que si se considera el aporte del viento, el aula se ventila unilateralmente en todo su volumen de aire. Si no se considera el aporte del viento, sólo se renuevan 47m³ de 118m³.

Análisis acústico

En este caso se utiliza el criterio de BOLT para corroborar si las dimensiones y proporciones del aula son adecuadas para tener un comportamiento acústico aceptable. Los resultados son negativos porque los valores quedan por fuera del entorno y de la propia gráfica.

ESTRATEGIAS DE REFERENCIA

En esta etapa se incorporan estrategias bioclimáticas de diseño identificadas en los centros educativos analizados, que pueden ser incorporados en el prototipo de ANEP.

Esta incorporación es realizada a través de una revisión crítica previa. En OBSERVACIONES se indican consideraciones que deben ser tomadas en cuenta en todas las energías, ventajas y desventajas de aplicar la estrategia bioclimática.

A continuación se enumeran las estrategias que se considera son factibles de ser incorporadas:

Estrategias térmicas

GANANCIAS SOLARES DIRECTAS

Munkegaard Skolen

GANANCIAS SOLARES DIRECTAS / SOMBREAMIENTO

Jardín de infantes en Sant Pere

Escuela N° 47 Washington Beltrán

Corona School

Asilo Video Iride

Escuela Sustentable de Jaureguiberry

Estrategias de iluminación

ILUMINACIÓN POR FACHADAS OPUESTAS

Escuela N° 47 Washington Beltrán

Corona School

ILUMINACIÓN POR TRES FACHADAS

Escuela experimental de Malvín

ILUMINACIÓN POR MODIFICACIÓN DE CUBIERTA

Munkegaard Skolen

ILUMINACIÓN POR ESTANTE DE LUZ

Stewart Secondary School

Estrategias de ventilación

DIFERENCIA DE PRESIÓN (VENTILACIÓN CRUZADA)

Corona School

Lycee Schorge

Escuela en Fares

DIFERENCIA DE TEMPERATURA (CHIMENEA)

Lycee Schorge

Grupo escolar Vila María

Campus Colegio Pequeño Príncipe

DIFERENCIA DE TEMPERATURA (CUBIERTA VENTILADA)

Lycee Schorge

INDUCIDA AIRE-TIERRA

Escuela Sustentable de Jaureguiberry

INDUCIDA AIRE-AIRE

Stewart Secondary School

ESTRATEGIAS ENERGÉTICAS APLICABLES AL PROTOTIPO DE AULA DE ANEP

Para finalizar, se estudia en detalle la aplicación de las estrategias bioclimáticas, se establecen ciertos criterios de definición de las mismas y se indica si se debe tener en cuenta alguna particularidad respecto a las otras energías.

Es necesario mencionar que prácticamente en la definición inicial de todas las estrategias energéticas propuestas, ya se está considerando otra de las energías involucradas, para que el dispositivo propuesto sea compatible y permita lograr el confort de una forma amplia.

A continuación se detallan las estrategias bioclimáticas a aplicar:

GANANCIA SOLAR DIRECTA

Esta estrategia es analizada para las fachadas NORTE, ESTE Y OESTE. En los tres casos, se considera una abertura de al menos 2.00m de altura, que ya permita lograr niveles lumínicos interiores satisfactorios. Todos los casos son necesarios protegerlos a través de algún elemento de sombreamiento (en la fachada NORTE se puede resolver a través de un elemento fijo, mientras que en las otras fachadas se considera que debe ser móvil).

En la fachada NORTE se puede proteger la abertura a través de diferentes dispositivos (aleros fijos, parasoles fijos o móviles, toldos, vegetación). En todos los casos se indican dimensiones de referencia del dispositivo energético para que el sombreamiento se realice en el período caluroso (momento en el que necesito protegerme).

En las fachadas ESTE y OESTE se recomienda

siempre colocar dos aberturas, una en la fachada ESTE y otra en la OESTE. Cuando una de las ellas requiere estar cubierta completamente por la incidencia solar que tiene, el otro vano se puede abrir para recibir luz

indirecta y tener vista hacia el exterior.

Ambas fachadas requieren de elementos móviles de sombreamiento para lograr proteger las aberturas en diferentes momentos del día, ajustando el mismo a la posición solar.

Se considera que la colocación de parasoles verticales móviles en esta orientación puede ser adecuada, pero para que funcionen correctamente se deberá realizar un estudio detallado del caso en particular.

Como se mencionó anteriormente, la orientación SUR tiene captación de energía solar directa solamente en el período caluroso, momento en que se precisa cubrirse de la misma. Por este motivo es que se recomienda que las aberturas principales de las aulas no se

abran hacia esa orientación.

GANANCIA SOLAR INDIRECTA

Esta estrategia bioclimática se puede incorporar a través de un invernadero con orientación norte (no se recomienda colocar este dispositivo en otra orientación), que capte energía solar de forma pasiva en el período abril / setiembre.

Es necesario proyectar un dispositivo de sombreamiento de la abertura del aula en el período octubre / marzo para evitar sobrecalentamientos excesivos.

Al estudiar la ventilación de los dos espacios (invernadero y aula), se debe considerar que deben ser independientes.

ESTUDIO TÉRMICO/LUMÍNICO DE FACHADA NORTE

En este caso se realiza un estudio fusionado, donde se evalúan los diferentes ángulos de incidencia del sol, para evaluar su influencia térmica y lumínica. Allí se recomiendan parasoles que cubran la radiación solar directa en el período caluroso (64° A 78°) y estantes de luz que permita el ingreso de iluminación indirecta.

ILUMINACIÓN UNILATERAL

Se recomienda proyectar un plano vidriado de grandes dimensiones únicamente en fachadas con orientación NORTE por el recorrido solar y sus alternativas de protecciones fijas (ver estudio térmico/lumínico antes detallado). Solamente teniendo una abertura de todo la fachada del aula se lograrían niveles de iluminación satisfactorios en el plano opuesto.

ILUMINACIÓN POR FACHADAS OPUESTAS

Se considera un aumento de la altura del aula para poder colocar la abertura sobre el corredor de acceso. De esta forma se evitaría la interferencia sonora identificada en varios de los casos nacionales.

Las aberturas orientadas al NORTE o SUR requieren protecciones solares fijas o móviles.

Los planos vidriados orientados al ESTE u OESTE requieren de protecciones solares móviles.

ILUMINACIÓN POR MODIFICACIÓN DE CUBIERTA

Esta estrategia puede ser aplicable a las fachadas NORTE, ESTE y OESTE. En cualquiera de los casos, es necesario tener un elemento de protección. Se aclara que se indican las dimensiones mínimas de las aberturas para obtener los niveles indicados.

VENTILACIÓN POR DIFERENCIA DE PRESIÓN

Esta estrategia energética de ventilación es viable

de ser configurada de diferentes formas.

Puede tener un punto de inyección de aire que sea una abertura o una rejilla.

La extracción se puede realizar por una abertura entre las cubiertas del aula y del corredor o a través de un ducto horizontal.

VENTILACIÓN POR DIFERENCIA DE TEMPERATURA

En estos casos, es importante estudiar la altura de la chimenea y las dimensiones de las rejillas para corroborar que esta estrategia sea realmente efectiva.

Tanto las inyecciones como las extracciones se pueden realizar con aberturas o rejillas.

Sí se debe considerar que deben ser móviles para poder accionarlas en los momentos que realmente las preciso. En los cortes se indican dimensiones mínimas de cada dispositivo.

VENTILACIÓN INDUCIDA

Los sistemas de ventilación inducida son los que utilizan las diferencias de temperatura del aire para impulsar el desplazamiento del aire. Se detallan dos estrategias que utilizan el mismo concepto, por un lado un ducto de inyección enterrado asociado a una chimenea tradicional en el techo, y por otro una chimenea que calienta el aire a través de un dispositivo vidriado. Estos elementos inducen el movimiento del aire (en los cortes se indican las dimensiones de cada dispositivo).

ACÚSTICO

Como los resultados en la aplicación del Criterio de Bolt al prototipo de ANEP fueron negativos, es decir que, en el aula de 6.5x6.5x2.8 m se genera problemas acústicos, se recomienda un ajuste de las proporciones del espacio para que acústicamente el aula sea confortable.

Llevándolo a proporciones áureas (5.1x8.2x3.3 m) se obtienen excelentes resultados.

Se comprende los motivos proyectuales de proponer un aula de proporciones cuadradas, buscando evitar una direccionalidad espacial y generar un ambiente no jerárquico, pero si esto conlleva problemas acústicos internos, se recomienda replantear las proporciones espaciales del prototipo.

Se realiza una lámina desplegable que grafica los cuatro prototipos propuestos por ANEP, analiza en detalle el prototipo de aula de educación primaria desde las 4 energías estudiadas, incorpora las estrategias bioclimáticas identificadas en los casos de estudio y realiza una propuesta fundamentada de aplicación de las estrategias bioclimáticas pasivas al prototipo de espacio de aprendizaje de ANEP para que el mismo alcance niveles de confort internos durante un amplio periodo de tiempo con el menor consumo de energía.

REFLEXIONES FINALES

Sobre las estrategias de diseño como metodología de evaluación de los aspectos bioclimáticos de la arquitectura

En este trabajo se ejemplifica una manera posible de utilizar la información climática de un lugar dado, obtener las estrategias de diseño pertinentes para alcanzar el confort higrotérmico, y la evaluación para casos específicos de la medida en que se aplican. Si bien no es posible establecer parámetros cuantitativos que permitan realizar una evaluación precisa de desempeños, y por tanto no es posible saber con exactitud qué casos se destacan en tal sentido, sí es posible reconocer oportunidades de mejora en el diseño de arquitectura y permite establecer criterios claros a la hora de implementar consideraciones bioclimáticas higrotérmicas en los espacios educativos. En este sentido, y tal como se estableció anteriormente, en la medida en que las

principales estrategias de diseño son el sombreamiento de aberturas, el aprovechamiento de ganancias solares directas, el aprovechamiento de ganancias internas, la ganancia solar pasiva directa con baja masa y la ventilación natural, se desprenden las siguientes orientaciones que pueden resultar útiles para considerar en siguientes proyectos de arquitectura educativa:

Implementar dispositivos de sombreamiento que, sean fijos o móviles, resulten responsivos a la variación de las necesidades presentes en el periodo caluroso y en el periodo frío: evitando su ingreso al aula para el primer caso y obteniendo ganancias solares directas para el segundo.

Que tales dispositivos de sombreamiento no solo no representen un obstáculo en la relación interior-exterior —cuya necesidad queda comprobada prácticamente en varios de los casos de estudios y muy específicamente en todos los casos nacionales —, sino que contribuyan a la calificación del espacio exterior próximo o adyacente.

Que dichas protecciones se diseñen o se complementen con otros dispositivos para obtener la energía térmica y difuminar la lumínica, a los efectos de evitar los encandilamientos producto de superficies excesivamente iluminadas por esta incidencia directa. Algo observado de manera recurrente en los análisis de Espacio Experiencia refiere específicamente a problemas referidos a este tema.

Diseñar la envolvente del aula con una relación llenado acorde a su orientación, evitando las fachadas completamente vidriadas.

En la medida en que la ventilación cruzada es de las estrategias que mejor se ven implementadas en el contexto nacional, se encuentran dadas las condiciones para la exploración de sistemas de ventilación que resulten inclusive más eficientes. En

este trabajo es posible observar algunos inconvenientes referidos a la ventilación cruzada por apertura de ventanas en fachadas opuestas, principalmente que se habilita la interferencia sonora entre las actividades del interior con las del exterior del aula. En ese sentido, pueden explorarse los sistemas de chimeneas solares o ventilaciones superiores —Stewart, Schorge y Fares en su versión no construida—, o el propio sistema de la Escuela Jaureguiberry con cañerías.

Diseñar la envolvente considerando las necesidades propias de la actividad educativa, compatibilizando dispositivos con los elementos fundamentales del aula, tanto en su estructura como en su equipamiento. De este modo, se evitan los usos inadecuados tales como los grandes ventanales siendo parcialmente cubiertos por carteleras.

Sobre la envolvente de función múltiple

Uno de los principales problemas que puede presentar la excesiva desagregación de los asuntos bioclimáticos según temas —lo higrotérmico, lo acústico, lo lumínico, etc.—, y del cual esta investigación no podrá quedar del todo exenta, es la pérdida de la visión integral de los distintos aspectos, no ya sólo los referidos al confort bioclimático, sino también aquellos que hacen al uso y posibilitan las distintas actividades educativas dentro y fuera del aula.

Es por esto que pueden observarse casos en que resuelven satisfactoriamente algunos aspectos pero otros quedan de lado. Por ejemplo, la integración espacial con el espacio circundante mediante grandes ventanales puede verse en múltiples ejemplos —Corona School, Escuela 319 China, Escuela 47 Capurro, por decir algunos—, sin embargo es en detrimento de algunos parámetros bioclimáticos —encandilamientos, grandes pérdidas térmicas—. O casos en los que la envolvente resuelve

la ventilación cruzada sólo a costa de la apertura de las aberturas hacia los patios o a otros sectores del edificio, por lo que va en detrimento del confort acústico interior.

En el caso del Asilo Nido Iride es interesante cómo las costillas de madera laminada se constituyen tanto como estructura portante, como dispositivos de protección y sombreado de la envolvente.

Como fue mencionado anteriormente en el caso de los estantes de luz de la Stewart Secondary School se observa esta función múltiple, en tanto sombreador de aberturas y dispersor de luz.

Sobre la importancia del patio adyacente como objeto de estudio para posteriores análisis

Más allá de que la presente investigación se centra en el estudio del aula como espacio de aprendizaje, es necesario remarcar la importancia del patio en el centro educativo no sólo como espacio aprendizaje, sino que también como espacio de juego, de integración, de exploración, diversión e inclusión, y con la misma importancia, como ámbito imprescindible para el proyecto bioclimático.

Posee un rol preponderante dentro del centro educativo, quizás tan importante como el del aula y se considera que para estudiarlo en detalle, se debería realizar otro trabajo aparte exclusivo para el patio.

El espacio patio no debe ser pensado solamente como un espacio libre único en todo el centro educativo, sino que se debería considerar las diferentes escalas de las actividades y que en él se puede realizar un fraccionamiento tal, que permita este tipo de ocupación.

Debería englobar espacios exteriores de pequeña escala como expansiones de aulas y de media y gran escala donde se puedan realizar actividades que combinen dos, tres o todas las aulas en su conjunto.

Otra cualidad importante es la consideración de protecciones solares de diferentes tipos que permitan realizar actividades con diferentes grados de resguardo desde espacios abiertos cubiertos a espacios sombreados a lugares totalmente abiertos.

Ambas cualidades permiten generar en el centro educativo, espacios exteriores con características que habilitan una multiplicidad actividades y potencian el uso dinámico del espacio patio.

Casos brasileños analizados en el trabajo son claros ejemplos de espacios patio abiertos y espacios patios techados. A nivel local se observa la escuela de China claro ejemplo dónde existe esa necesidad de espacios exteriores diversos. Allí se instaló una malla sombra en el patio norte que cubre gran parte del patio para generar un espacio exterior protegido del sol, aunque mucho mejor integrado al conjunto están los toldos de color amarillo colocados en el patio principal. Naturalmente, y para evitar soluciones provisionarias como el presente caso, se considera que el patio debería ser proyectado desde este punto de vista desde el inicio de la propuesta.

Sobre la vegetación como implementación de estrategias bioclimáticas

Profundizando la reflexión sobre los espacios exteriores circundantes al aula y al edificio educativo, es fundamental realizar algunas consideraciones sobre la importancia de la vegetación. En el caso de la escuela en Fares su aporte es sustancial: si bien en las imágenes de la primera época de esta escuela no consta la existencia de vegetación circundante significativa, sí es posible detectarla en las imágenes aéreas de la actualidad, y cómo el patio principal se encuentra totalmente cubierto por la misma. Para el caso resulta crucial su aporte, dado que es una arquitectura que, más allá de sus muros gruesos, no presentaba otros sistemas de sombreados de

aberturas. Con menor densidad pero con un papel significativo pueden observarse en la Stewart Secondary School, la Corona School y la propia Escuela Experimental de Malvín.

En materia de trabajo de disminución de contrastes y de disminución de temperaturas superficiales podrían mencionarse todas aquellas escuelas que poseen un patio verde definido, destacándose especialmente el caso de la Escuela 384 de Barrio Sarandí Nuevo, en la que al presentarse en pendiente, posee un impacto visual ineludible y su vegetación le aporta calidad al conjunto.

Con otro carácter pero de igual importancia es el papel que desempeña la vegetación en la Escuela Sustentable de Jaureguiberry, en que la vegetación presente en el corredor-invernadero puede aportar para difuminar la incidencia solar directa y matizar el alto contraste de las superficies interiores con respecto a las exteriores.

Sobre los espacios flexibles

En algunos de los casos nacionales analizados se identificaron una serie de estrategias proyectuales, dispositivos que buscan otorgarle al aula una cierta flexibilidad espacial que habiliten usos dinámicos del espacio, ya sea a través de un cerramiento móvil que se pueda abrir y unir dos aulas, o un pizarrón incluido en el cerramiento, que se desplaza hacia el exterior para generar un aula exterior abierta.

Más allá de reconocer las potencialidades a nivel pedagógico de estas estrategias proyectuales, es necesario observar que en sus resoluciones constructivas han generado una serie de problemas.

Por un lado se identifican problemas a nivel acústico tanto en el recinto cuadrado como en las interferencias sonoras por la baja hermeticidad de los cerramientos móviles.

Por otro lado se identifican también problemas de mantenimiento de estos dispositivos que al ser elementos constructivos especiales, no reciben acondicionamientos periódicos que permitan su buen funcionamiento y a lo largo del tiempo se terminan anulando, dejándolos fijos.

Sobre la arquitectura como experiencia pedagógica

Este aspecto aparece en más de un caso, y se constituye como un valor cualitativo, más allá de cualquier análisis de desempeño en materia energética / bioclimática, y consiste en el potencial de la propia arquitectura de ser utilizada para la enseñanza de los procesos inherentes al cuidado de los recursos energéticos y la búsqueda del confort humano. Como casos aparentemente contrapuestos en la ejecución pero análogos en el carácter aparecen la Stewart Secondary School y la Escuela Sustentable de Jaureguiberry. Mientras que la primera posee un enfoque de alta tecnología para comunicar su desempeño energético —por ejemplo a través de paneles que informan en tiempo real el

ahorro de energía al realizar distintas acciones—, la segunda se posiciona, desde la construcción y mantenimiento en conjunto con la comunidad —tanto del edificio como de otros sectores como la huerta—, como un pretexto para que el alumnado conozca y se comprometa con el cuidado de los recursos en general.

Saliendo de estos casos más claros, resulta pertinente concebir a cualquier ejemplo de arquitectura educativa como objeto de reflexión para la enseñanza y de aprendizaje de tales cuestiones. Problematizar en conjunto con el alumnado y la comunidad educativa sobre las implicancias de las decisiones arquitectónicas y cómo mejorarlas, se presenta como crucial para alcanzar mejores niveles de confort bioclimático. Casos que en este sentido interpelan especialmente son el de la Escuela 60-69, Escuela 47 Capurro y la Escuela 319 China, en los que los elementos textiles se suman al proyecto —tanto en fachada como a nivel de cubierta de patios—para evitar las excesivas incidencias solares directas.

ANÁLISIS DE PROTOTIPOS ANEP

BIBLIOGRAFÍA

ANEP (2024). *Pautas y normas básicas de arquitectura para centros educativos de la ANEP.* Recuperado en agosto de 2024 de: <https://www.anep.edu.uy/15-d/normativa-para-edificios-educativos-anep>

ArchDaily en Español. (2012). *Jardín de Infancia / Abar arquitectos + Ovidi Alum* [Artículo]. Archdaily en Español. Recuperado en agosto 2024, de <https://www.archdaily.cl/cl/02-136058/jardin-de-infancia-abar-ovidi-alum>. ISSN 0719-8914

ArchDaily en Español. (2015). *Kindergarten in Guastalla / Mario Cucinella Architects* [Artículo]. Archdaily en Español. Recuperado en agosto 2024, de <https://www.archdaily.com/775276/nido-dinfanzia-a-guastalla-mario-cucinella-architects>. ISSN 0719-8884

ArchDaily en Español (2016). *Conoce la escuela sustentable de Michael Reynolds en Jaureguiberry, Uruguay.* Recuperado en agosto de 2024 de <https://www.archdaily.cl/cl/789739/conoce-la-escuela-sustentable-de-michael-reynolds-en-jaureguiberry-uruguay>.

ArchDaily en Español. (2022). *¿Quién es Diébédo Francis Kéré? 15 datos sobre el ganador del Premio Pritzker 2022.* Archdaily en Español. Recuperado en agosto de 2024, de https://www.archdaily.co/co/978532/quien-es-diebedo-francis-kere-15-datos-sobre-el-ganador-del-premio-pritzker-2022?ad_medium=gallery

Archivo BAQ. (2022). *Escuela 319 República Popular China.* Archivo BAQ. Recuperado en agosto de 2024, de <https://baq2022.arquitecturapanamericana.com/proyectos/escuela-319-republica-popular-china/>

Archkids. (2012). *Escuela Infantil en Sant Pere Pescador* [Artículo]. Archkids. Recuperado en agosto de 2024, de <http://www.archkids.com/2012/07/escuela-infantil-en-sant-pere-pescador.html>

Archnet. (s.f.). *Fares School* [Artículo]. Recuperado en agosto de 2024, de <https://www.archnet.org/sites/2608>

Arne Jacobsen. (s.f.). *Munkegaard School* [Artículo]. Arne Jacobsen. Recuperado en agosto de 2024, de <https://arnejacobsen.com/works/munkegaard-school/>

Arxiubak. (2013). *Escuela Infantil en Sant Pere Pescador* [Artículo]. Recuperado en agosto de 2024, de <http://www.archkids.com/2012/07/escuela-infantil-en-sant-pere-pescador.html>

Barrán, P. (2008). *Interacciones entre las prácticas proyectuales y las ideas educativas en el Uruguay moderno y contemporáneo.* Farq, Udelar.

Barrán, P. (2016). *Escuela N°384 de Tiempo Completo en Montevideo.* ARQA. Recuperado en agosto de 2024 de <https://arqa.com/arquitectura/escuela-n384-de-tiempo-completo-en-montevideo.html>.

Barrán, P. (2023). *La arquitectura escolar y las oficinas de arquitectura pública.*

Barrán, P. (2020). *La sistematización de la arquitectura escolar pública. Orígenes, difusión internacional y desarrollo en el Río de la Plata (1955-1973).* Tesis doctoral en Arquitectura FADU Udelar.

Barrán, P., et al. (s.f.). *Escuela TC 319 China.* Optativa Ambientes Educativos. Recuperado en agosto de 2024 de

<https://ambientes-escolares.webnode.com.uy/>

Bertini, V. (2021). *Learning, building, imagining. The schools of Hassan Fathy*. FAMagazine, (56), 150-159. Recuperado en agosto de 2024, de <https://doi.org/10.12838/fam/issn2039-0491/n56-2021/737>

Cabrero-Olmos, R. (2022). *Una aproximación a la arquitectura de Richard Neutra desde su empatía con el usuario en el proceso de proyecto*. Anales de Investigación en Arquitectura, 12. <https://doi.org/10.18861/ania.2022.12.1.3206>. Recuperado en agosto de 2024, de: https://www.researchgate.net/publication/358718775_Una_aproximacion_a_la_arquitectura_de_Richard_Neutra_desde_su_empatia_con_el_usuario_en_el_proceso_de_proyecto

Cattaneo, D. (2021). *La arquitectura frente a las innovaciones pedagógicas. Pervivencia y resignificación de la Escuela Nueva en el Cono Sur*. Revista de Arquitectura (Bogotá), 23(1), 54-65. DOI: <https://doi.org/10.14718/RevArq.2021.2589>

Cattaneo, D., Serra, M. S., Blanc, M. C., Aravena, P., Antequera, M. F., Ferraro, M. F., ... & Sapiña, G. (2020). *A&P Continuidad No 13-Espacios educativos para el presente*.

Cigarini, A. (2017). *La arquitectura y la ciudad: Reflexiones sobre el espacio urbano*. Arquitectos, 1(1). Recuperado en agosto de 2024, de <https://revistas.urp.edu.pe/index.php/Arquitectos/article/view/1981>

Circarq. (2015). *Munkegard School: La escuela de Jacobsen (1951-1958)* [Artículo]. Cirqarq. Recuperado en agosto de 2024, de <https://circarq.wordpress.com/2015/02/09/munkegard-school-la-escuela-de-jacobsen-1951-1958/>

Conforme-Zambrano, G. D. C., & Castro-Mero, J. L. (2020). *Arquitectura bioclimática*. Polo del Conocimiento, 5(3), 751-779.

Darian-Smith, Kate & Willis, J. (2016). *Designing schools: Space, place and pedagogy*. 10.4324/9781315714998.

Dirección General de Educación Inicial y Primaria (DGEIP). (2015). *Abre sus puertas otra nueva escuela de tiempo completo*. Recuperado en agosto de 2024 de <https://www.dgeip.edu.uy/prensa/1134-abre-sus-puertas-otra-nueva-escuela-de-tiempo-completo/>.

Dirección General de Educación Inicial y Primaria (DGEIP). (2016). *La primera escuela sustentable de Uruguay y América Latina completó su local educativo*. Recuperado en agosto de 2024 de <https://www.dgeip.edu.uy/prensa/1572-la-primera-escuela-sustentable-de-uruguay-y-america-latina-completo-su-local-educativo/>.

Domus. (2015). *Mario Cucinella Architects: Asilo Nido Guastalla* [Artículo]. Domus. Recuperado en agosto de 2024, de https://www.domusweb.it/it/architettura/2015/12/14/mario_cucinella_architects_asilo_nido_guastalla.html

Edwards, B. (2009). *Guía básica de la sostenibilidad*.

Fathy, H. (1986). *Natural energy and vernacular architecture: Principles and examples with reference to hot arid climates*. United Nations University. Recuperado en agosto de 2024, de <https://archive.org/details/naturalenergyver00fath>

Fascioli, M. (2016). "Hacia una educación sustentable o ¿por qué embarrarnos?". Revista de la Facultad de

Arquitectura n.14. [en línea]

Forman, R. T. (2016). *Urban ecology principles: are urban ecology and natural area ecology really different?*. Landscape Ecology, 31(8), 1653-1662.

García-Germán, J. (Ed.). (2009). *De lo mecánico a lo termodinámico: por una definición energética de la arquitectura y del territorio*. G. Gili.

Gatti, P., & Alberti, M. (2009). *Juan Antonio Scasso*. Instituto de Historia de la Arquitectura, Facultad de Arquitectura, Universidad de la República.

Gentofte Kommune. (2013). *Munkegaardsskolen. Arkitekt prof. Arne Jacobsen et al. Vangedevej 178. 1949-2013. Municipal school restored and revitalized*. Recuperado en agosto de 2024, de <https://designblog.rietveldacademie.nl/wp-content/uploads/2015/03/MU-Folder-sk%C3%A6rmudgave-MR.pdf>

Gil Mathisson, G. (2009). *Rehabilitación energética de escuelas rurales del Plan Bicentenario del nacimiento de Artigas. Estudio de casos en zona climática IIb de Uruguay* [en línea] Tesis de grado. Montevideo : Udelar. FADU. LDI.

GOAA. (2022). *CPP Campus Colégio Pequeno Príncipe* [Artículo]. GOAA. Recuperado en agosto de 2024, de <https://goaa.com.br/projetos/cpp/campus-colegio-pequeno-principe>

Gonzalo, G. E. (2015). *Manual de Arquitectura Bioclimática y Sustentable*. ISBN 950-43-9028-5.

Hidden Architecture. (s.f.). *Corona School* [Artículo]. Hidden Architecture. Recuperado en agosto de 2024, de <https://hiddenarchitecture.net/corona-school/>

Hines, T. S. (1982). *Richard Neutra and the search for Modern Architecture*. Recuperado an agosto de 2024, de: https://www.google.com.uy/books/edition/Richard_Neutra_and_the_Search_for_Modern/xoA76SOY154C?l=es-419&gbpv=1&dq=corona+school+richard+neutra&pg=PA165&printsec=frontcover

Ibarra, C. O., & Dussel, I. (2019). *Espacio y escuela en perspectiva histórica Aportes latinoamericanos*. Historia de la educación-anuario, 20(1), 1-10.

Kéré Architecture (s.f.). *Lycée Schorge* [Artículo]. Kéré Architecture. Recuperado de: <https://www.kerearchitecture.com/work/building/lycee-schorge>

Kottek, M., Grieser, J., Beck, C., Rudolf, B., & Rubel, F. (2006). *World map of the Köppen-Geiger climate classification updated*. Meteorologische Zeitschrift, 15(3), 259-263.

Lacaton, A., & Vassal, J. P. (2017). *Actitud*. Gustavo Gili.

Liceo de Las Piedras. (2020). *Historia del liceo. Liceo de Las Piedras*. Recuperado en agosto de 2024 de <https://liceodelaspiedras.wordpress.com/2020/07/01/historia-del-liceo/>

Liggett, R., & Milne, M. (2008). *Climate Consultant 6* [Software]. UCLA Energy Design Tools Group. Disponible en <http://www.energy-design-tools.aud.ucla.edu>.

MC Architects. (s.f.). *Asilo Nido Iríde* [Artículo]. MC Architects. Recuperado en agosto de 2024, de <https://>

www.mcarchitects.it/progetti/asilo-nido-iride

Medina-Patrón, N., & Escobar-Saiz, J. (2019). *Envolventes eficientes. Relación entre condiciones ambientales, espacios confortables y simulaciones digitales.* Revista de Arquitectura (Bogotá), 21(1), 90-109.

Milstein, D., et al. (s.f.). *La construcción de lo escolar.* Recuperado en agosto de 2024 de <https://educarnos.anep.edu.uy/index.php/157-la-construccion-de-lo-escolar>.

Nómada (s.f.). *Escuela N° 47 Washington Beltrán - Escuela N° 237* [Artículo]. Nómada. Recuperado en agosto de 2024, de <https://nomada.uy/guide/view/attractions/4333>

Paquot, T. (2009). *Hassan Fathy, construire avec ou pour le peuple?* Cahiers d'histoire. Revue d'histoire critique, (109). Recuperado en agosto de 2024, de <https://journals.openedition.org/chrhc/1907?lang=en>

Peláez Iglesias, Alfredo (2021). *El pizarrón móvil y la mesa colectiva. El Aula Integral del Ministerio de Obras Públicas de la República Oriental del Uruguay (1954-1973).* Tesis doctoral en Arquitectura FADU Udelar.

Pozo Bernal, M. (2021). *La disolución del aula: mapa de espacios arquitectónicos para un territorio pedagógico.*

Picción, A.; Sierra, P. et al. (2021). *AD@PTA - Aproximaciones disciplinares para la adaptación de ciudades y edificaciones al cambio y variabilidad climática.* Montevideo, Uruguay. isbn 978-9974-0-1857-0

Tagma (2016). "Una escuela sustentable : innovación desde los cimientos". Revista de la Facultad de Arquitectura n.14. [en línea].

Richards, J. M. (1985). *In the international context.* En Hassan Fathy (pp. 9-14). Concept Media. Recuperado en agosto de 2024, de <https://www.archnet.org/publications/3792>

Rubel, F., Brugger, K., Haslinger, K., & Auer, I. (2017). *The climate of the European Alps: Shift of very high resolution Köppen-Geiger climate zones 1800-2100.* Meteorologische Zeitschrift, 26(2), 115-125.

Sanmartí. (s.f.). *Munkegaard School* [Ensayo]. Pretextes d'Arquitectura de Barcelona. Recuperado en agosto de 2024, de <https://pab.pa.upc.edu/ca/pdfs/munkegarads.pdf/view>

Scasso, J.A. (1965). *Las escuelas experimentales de Malvin y Las Piedras.* Revista de la Facultad de Arquitectura, (6), 49-60.

Serra Florensa, R., & Coch Roura, H. (1995). *Arquitectura y energía natural.* Edicions de la Universitat Politècnica de Catalunya.

Solaguren-Beascoa de Corral, F. (1992). Arne Jacobsen. Gustavo Gili.

Steele, J. (1988). *Hassan Fathy (A. Wahed El Wakil, Intro.).* Academy Editions; St. Martin's Press.

Steele, J. (1989). *The Hassan Fathy Collection: A Catalogue of Visual Documents at the Aga Khan Award for Architecture.* Aga Khan Trust for Culture. Recuperado en agosto de 2024, de <https://www.archnet.org/publications/3528>

Voet, M. & De Wever, B. (2018). *Effects of immersion in inquiry-based learning on student teachers' educational beliefs.* Instructional Science, 46(3), 383-403. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11251-017-9439-8>