

Diseño Arquitectónico Bioclimático para el Centro de Desarrollo Humano de Granadilla

Instituto Tecnológico de Costa Rica
Escuela de Arquitectura y Urbanismo,
Escuela de Ingeniería en Construcción.

Trabajo Final de Graduación para optar por el título de
Máster en Diseño y Construcción Sostenible

Arq. Jonathan Salas Madrigal
San José, Noviembre, 2024.

TEC | Tecnológico
de Costa Rica

MDS
ICS

Evaluación final

Datos Generales		
Estudiante:	Arq. Jonathan Salas Madrigal	
Nombre del proyecto:	"Diseño arquitectónico bioclimático para el Centro de Desarrollo Humano de Granadilla"	
Tutor	Arq. Enmanuel Salazar Ceciliano, MArch	
Lector 1	Arq. Erick Calderón Acuña, MSc	
Lector 2	Arq. Andrea Sancho Salas, Mag	
Coordinación / representante	Dra. Arq. Kenia García Baltodano	
Fecha:	Jueves 05 de diciembre del 2024	
Instrucciones		
Asigne a cada criterio la puntuación obtenida en el instrumento de evaluación respectivo.		
Evaluación		
Criterios	Nota	%
Informe final	95.00	38.0
Evaluación del Tutor		
Evaluación lector 1	95.00	14.3
Evaluación Lector 2	96.25	14.4
Defensa pública	89.38	8.9
Evaluación de la coordinación/representante		
Evaluación lector 1	94.38	9.4
Evaluación Lector 2	91.25	9.1
NOTA		95.0

Firmado digitalmente por ENMANUEL SALAZAR CECILIANO (FIRMA)
Fecha: 2024.12.10 09:02:51 -06'00'

Arq. Enmanuel Salazar Ceciliano, MArch

KENIA GARCIA BALTODANO (FIRMA)
Firmado digitalmente por KENIA GARCIA BALTODANO (FIRMA)
Fecha: 2024.12.09 11:08:50 -06'00'

Dra. Arq. Kenia García Baltodano

ERICK CALDERON ACUÑA (FIRMA)
Firmado digitalmente por ERICK CALDERON ACUÑA (FIRMA)
Fecha: 2024.12.09 17:46:09 -06'00'

Arq. Erick Calderón Acuña, MSc

ANDREA SANCHO SALAS (FIRMA)
Firmado digitalmente por ANDREA SANCHO SALAS (FIRMA)
Fecha: 2024.12.10 11:53:59 -06'00'

Arq. Andrea Sancho Salas, Mag

Arq. Jonathan Salas Madrigal

Declaración de Derechos de Autor

Derechos de Autor y Derechos Conexos N° 6683, el autor conserva el derecho moral y patrimonial sobre la obra, no podrá suprimirse el nombre del autor en las publicaciones, reproducciones u obras derivadas de la misma. Para cualquier adaptación, comunicación al público o modificación de la obra, se deberá contar con autorización expresa y por escrito del autor.

Declaración de uso de Herramientas de Inteligencia Artificial

Declaro que no utilicé herramientas de inteligencia artificial para para la elaboración del presente trabajo final de graduación.

Licencia Creative Commons

Propuesta de Diseño Arquitectónico Bioclimático para el Centro de Desarrollo Humano de Granadilla © 2024 by Arq. Jonathan Salas Madrigal is licensed under Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



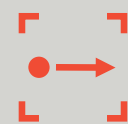
Agradecimientos.

A Salomé, mi esposa. Por su apoyo incondicional, por estar siempre presente, por su aliento constante.

Por haber creído en mí, por la motivación, por la constancia, y por el impulso, que sostuvo mis esfuerzos.

Gracias.

Índice.



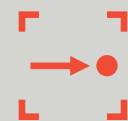
1. Aspectos Introdutorios

5



2. Propuesta

67



3. Resultados

323



4. Bibliografía

353

1. Aspectos Introdutorios

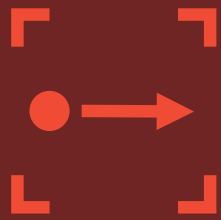




Figura 1 Edificio de la Municipalidad de Curridabat (El Mundo.CR, 2022).

Introducción

En años recientes, la Municipalidad de Curridabat (Figura 1) ha desarrollado cuatro Centros de Desarrollo Humano (CDH), estos son espacios comunitarios diseñados para proporcionar servicios integrales y apoyar el desarrollo personal de los habitantes, adaptándose a las necesidades específicas de cada comunidad.

La misión de los Centros de Desarrollo Humano (CDH) abarca diversas áreas de intervención, entre ellas el apoyo académico, la educación no formal, cursos libres y artísticos, así como iniciativas para fomentar el emprendimiento y la empleabilidad. Cada área está planificada para satisfacer y potenciar las necesidades y habilidades de los participantes. En este contexto, el nuevo centro que se desarrollará en este trabajo de graduación busca convertirse en un epicentro de aprendizaje y desarrollo, fomentando la interacción social y estimulando tanto el crecimiento personal como comunitario.

El diseño propuesto para el nuevo CDH se caracteriza por la aplicación de principios de arquitectura bioclimática. Este enfoque arquitectónico busca optimizar el uso de los recursos naturales disponibles, como la luz solar y la ventilación natural, para mejorar la eficiencia energética y el confort interior de las edificaciones.

El proyecto refleja un profundo compromiso con la sostenibilidad, evidenciado por el respeto al medio ambiente y el interés por los habitantes del distrito al que este centro brindará sus servicios. Se pretende que el CDH no solo se establezca como un referente de desarrollo humano y educativo, sino también como un paradigma de sostenibilidad, integrando estrategias de eficiencia energética, gestión de recursos sostenibles y una arquitectura que se integre armónicamente con su entorno. Esto marcará un precedente para futuras implementaciones tanto en la comunidad local como en contextos más amplios.

“ En Curridabat, mantenemos una visión muy autónoma del desarrollo (...). La experiencia de vida de un ciudadano en una ciudad típica de América Latina es dominante. En América Latina, el subcontinente con la mayor tasa de urbanización, las interacciones entre los ciudadanos y la naturaleza ocurren en la ciudad o no ocurren en absoluto. Si los niños crecen sin interactuar con la naturaleza, no sabrán cómo defenderla. Por eso, es absolutamente necesario trasladar el escenario de la conservación, de un lugar lejano a un espacio cercano. ”

Edgar Mora
Alcalde de Curridabat 2007-2018

RESUMEN / ABSTRACT

Resumen

El Centro de Desarrollo Humano (CDH) de Granadilla es un proyecto de la Municipalidad de Curridabat que busca ser un espacio comunitario para el desarrollo personal, social y económico de sus habitantes. Este trabajo final de graduación se centra en el diseño arquitectónico del plan maestro y del Edificio 1 del CDH, integrando sostenibilidad, eficiencia energética y adaptación climática.

El CDH albergará diversas actividades, desde educación y cultura hasta ocio y emprendimiento, respondiendo a las necesidades de la comunidad.

La metodología incluyó entrevistas con representantes de la Municipalidad de Curridabat para definir los requerimientos del programa arquitectónico.

Se emplearon herramientas digitales para visualizar y comprender las condiciones climáticas del sitio. CBE Clima Tool y aplicaciones de Andrew Marsh permitieron analizar variables meteorológicas y generar la carta psicrométrica, proporcionando una base para estrategias bioclimáticas.

El diseño arquitectónico integra soluciones pasivas que maximizan el uso de recursos naturales, como luz solar y ventilación cruzada, mejorando el confort térmico y reduciendo la demanda energética. Para evaluar su eficacia, se realizaron simulaciones con diversas herramientas: Solar Analysis en Revit analizó la radiación solar; Velux facilitó el estudio de iluminación natural y Autodesk CFD Ultimate modeló los flujos de ventilación.

Los resultados de estas simulaciones retroalimentaron el diseño, optimizando su rendimiento energético y adaptación al entorno. Además, la propuesta enfatiza su relación con el contexto natural y urbano mediante el uso de materiales locales y sistemas constructivos adecuados al clima de Granadilla.

Palabras clave: Centro de Desarrollo Humano, arquitectura bioclimática, climatología, simulaciones ambientales, iluminación natural, ventilación natural.

Abstract

The Centro de Desarrollo Humano (CDH) is a project by the Municipality of Curridabat aimed at creating a community space for the personal, social, and economic development of its residents. This final graduation project focuses on the architectural design of the master plan and Building 1 of the CDH, integrating sustainability, energy efficiency, and climate adaptation.

The CDH will host various activities, ranging from education and culture to leisure and entrepreneurship, addressing the community's needs.

The methodology included interviews with representatives of the Municipality of Curridabat to define the architectural program requirements.

Digital tools were used to visualize and understand the site's climatic conditions. CBE Clima Tool and Andrew Marsh's applications helped analyze meteorological variables and generate the psychrometric chart, providing a basis for bioclimatic strategies.

The architectural design integrates passive solutions that maximize natural resources such as sunlight and cross ventilation, enhancing thermal comfort and reducing energy demand. To assess their effectiveness, simulations were conducted using various tools: Solar Analysis in Revit evaluated solar radiation, Velux facilitated natural lighting analysis, and Autodesk CFD Ultimate modeled airflow behavior.

The results of these simulations informed the design, optimizing its energy performance and adaptation to the environment. Additionally, the proposal emphasizes its connection with the natural and urban context through the use of local materials and construction systems suited to Granadilla's climate.

Keywords: Centro de Desarrollo Humano, bioclimatic architecture, climatology, environmental simulations, natural illumination, natural ventilation.

O B J E T I V O S

Objetivo General

Objetivos Específicos

0.

Elaborar un **plan maestro** para el CDH en Granadilla de Curridabat y el anteproyecto de **uno de los módulos**, que respondan a las necesidades de la comunidad e implementen principios de **arquitectura bioclimática**, integrando **estrategias pasivas de diseño** para optimizar el uso de luz solar, ventilación natural y control térmico.

1.

Identificar las variables físico-ambientales del emplazamiento mediante observación y la obtención de información en las instituciones relevantes, para la generación de parámetros de diseño que guíen la elaboración del proyecto.

2.

Identificar los requerimientos del proyecto a partir de casos de estudio de otros CDH realizados y de entrevistas con los encargados municipales para el desarrollo del programa arquitectónico del Plan Maestro del CDH de Granadilla.

3.

Aplicar principios de diseño bioclimático en la conceptualización del anteproyecto del módulo principal del CDH, para la generación de una línea base de diseño que guíe las futuras etapas del proyecto.

Problema

Según la Municipalidad de Curridabat (2013), citada por Tandem Arquitectura & Centro de Inteligencia Territorial - UAI (2018) en su reporte *“Ampliación: Estudio de distribución y equipamiento territorial: escenarios comparativos para la mitigación de congestión Curridabat, San José de Costa Rica”*, el cantón de Curridabat se caracteriza por tener un alto grado de desarrollo urbano y una casi inexistente población en estado de pobreza. Sin embargo, el mismo informe señala que este desarrollo y el equipamiento urbano no están distribuidos de manera uniforme, especialmente en lo que respecta al acceso a servicios y equipamientos.

El sector norte de Granadilla, donde se localiza el terreno destinado al Centro de Desarrollo Humano (CDH), se clasifica en un nivel de desarrollo y equipamiento entre medio y bajo. Esto se evidencia en las figuras 2 y 3: Quintiles Cantón de Curridabat y Distribución de equipamientos y servicios del Cantón de Curridabat. Las imágenes muestran que el distrito de Sánchez cuenta con los niveles más altos de capacidad adquisitiva, mientras que Tirrases registra los más bajos. En tanto, el sector norte de Granadilla presenta niveles intermedios a bajos, similares a los observados en el sector sur del distrito de Curridabat.

La comunidad de Granadilla Norte carece de parques o zonas verdes accesibles a todos sus habitantes, y no cuenta con paseos peatonales ni plazoletas. Para la realización de actividades deportivas, solo se dispone de una plaza de fútbol. Esta limitación de espacios adecuados restringe significativamente las oportunidades para la realización de actividades recreativas, culturales y de desarrollo personal.

En contraste, los CDH existentes en otros puntos del cantón, han demostrado un impacto positivo en sus comunidades, ofreciendo una variedad de actividades que abarcan desde talleres y cursos de emprendimiento, fabricación digital y artesanías, hasta iniciativas como

campañas de recolección de desechos electrónicos, ferias de bienestar animal, huertas urbanas y celebraciones de fechas importantes con eventos artísticas y culturales. Estas actividades no solo enriquecen la vida comunitaria sino que también promueven el desarrollo sostenible y la cohesión social.

Para responder a las necesidades de la zona, la Municipalidad de Curridabat propone un nuevo CDH que tenga servicios complementarios a los ofrecidos por ‘La Casa de la Ciudad’, un espacio que actualmente cumple con algunas funciones similares a las de los CDHs existentes. El arquitecto Huberth Méndez, profesional de la municipalidad, a cargo del planteamiento de futuros proyectos, entre otras tareas, indica que la intención de este nuevo CDH es, “instalar un centro de valor agregado” que complemente a La Casa de La Ciudad y al CEDUDI. Entre las nuevas actividades que albergaría, se incluyen: clases de cocina profesional y talleres en diferentes áreas.

Además, el nuevo CDH facilitará la realización de ciertos trámites municipales, evitando que los habitantes tengan que desplazarse al edificio central de la municipalidad. Esta integración de servicios no solo simplifica la vida de los residentes, sino que también promueve una mayor interacción con el gobierno local, mejorando así la eficiencia de los servicios y la satisfacción de los ciudadanos.



Alcance

1. Plan Maestro
2. Anteproyecto de un módulo

Este trabajo se enfoca en la creación de un Plan Maestro para el Centro de Desarrollo Humano en Granadilla, Curridabat, así como el desarrollo del anteproyecto para el módulo principal, buscando ofrecer soluciones sostenibles que respeten el medio ambiente y que promuevan el bienestar de los usuarios mediante el confort higrotérmico. Se documentarán las estrategias y técnicas adoptadas para garantizar que el diseño final esté alineado con los principios de sostenibilidad y adaptación climática, destacando la relevancia y la aplicabilidad de estas prácticas en el entorno específico de Granadilla.

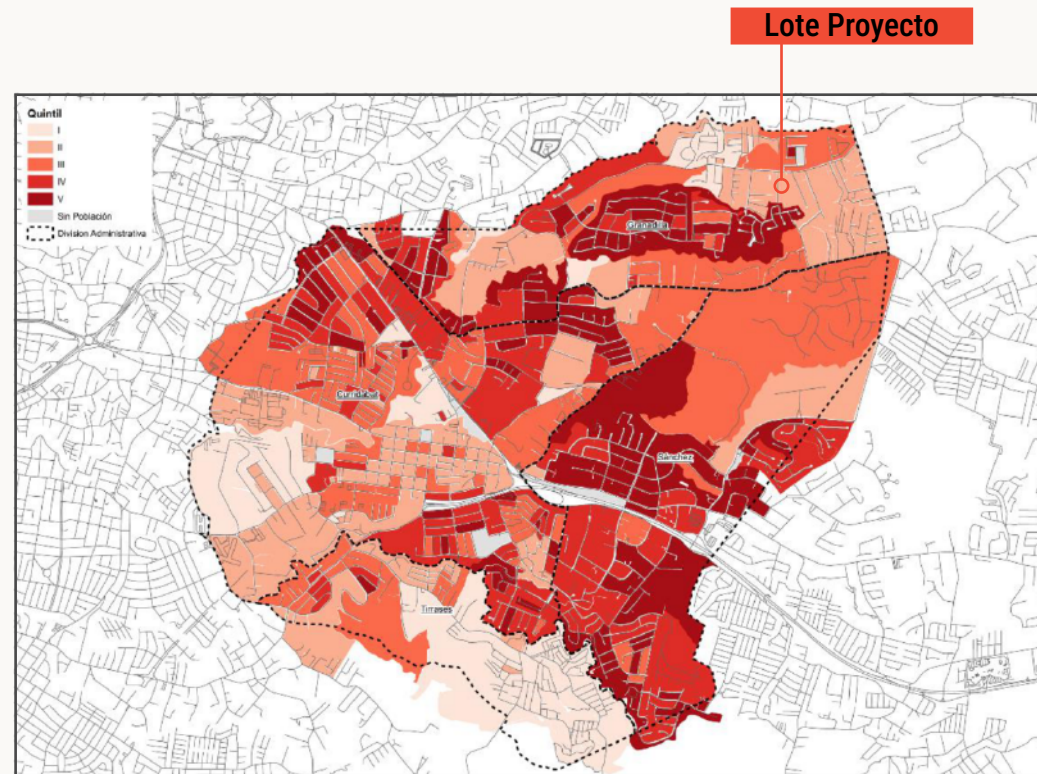


Figura 2 Quintiles Cantón de Curridabat (El Mundo.CR, 2022).

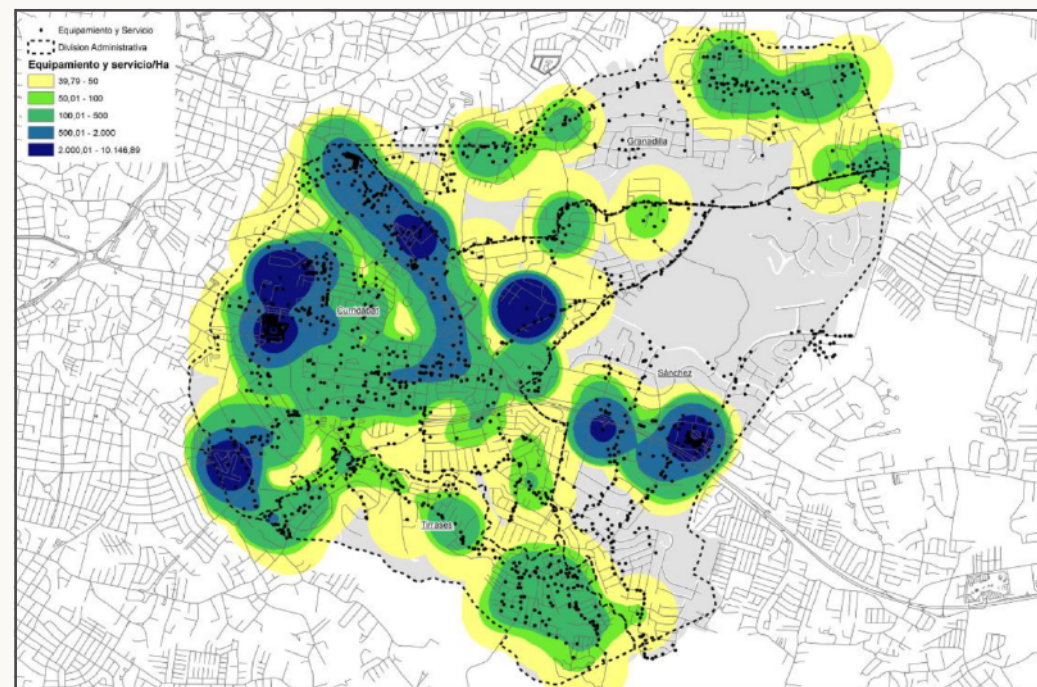


Figura 3 Distribución y densidad de m² construidos de equipamientos y servicios del Cantón de Curridabat (Centro de Inteligencia Territorial, 2017).



Estado de la Cuestión

En esta sección, se examinan las contribuciones académicas y prácticas relevantes en el ámbito de la arquitectura y el diseño y la construcción sostenible a nivel nacional e internacional con un enfoque en Centros de Desarrollo similares al que se desarrolla en este trabajo. Se abordan las tendencias, estrategias y resultados en el diseño sostenible, así como ejemplos específicos de infraestructura que han logrado un impacto en sus comunidades.

Como ya se ha mencionado, el CDH que se va a plantear en este documento no es el primero de su tipo, sino que, la Municipalidad de Curridabat ya ha desarrollado 4 anteriormente. Se van a estudiar cuáles son sus fortalezas para tomar lo que sea aplicable al CDH de Granadilla y evitar lo que no ha sido exitoso en los proyectos existentes.

“ Los CDHs están diseñados con un enfoque centrado en la persona, buscando abordar las necesidades y potencialidades de los individuos de una manera integral e integradora.”

(Municipalidad de Curridabat, 2022).

Centros de Desarrollo Humano de la Municipalidad de Curridabat.

En los últimos años, la Municipalidad de Curridabat ha creado cuatro CDHs: La Cometa, El Tiribí, El Hogar y La Casa del Pueblo. Cada uno de estos centros ofrece servicios diferenciados.

Según se describe en el sitio web del municipio, los CDHs están diseñados con un enfoque centrado en la persona, buscando abordar las necesidades y potencialidades de los individuos de una manera integral e inclusiva. Este enfoque incluye a una amplia gama de participantes, desde estudiantes y voluntarios hasta padres, madres, instructores y otros miembros de la comunidad, fomentando su desarrollo tanto a nivel individual como comunitario (Municipalidad de Curridabat, 2022).

CDH Actuales



Figura 4 CDH El Hogar (Municipalidad de Curridabat, 2020a).



Figura 5 CDH El Tiribí (Municipalidad de Curridabat, 2020b).



Figura 6 CDH La Cometa (Municipalidad de Curridabat, 2020c).



Figura 7 CDH La Casa del Pueblo (Municipalidad de Curridabat, 2020d).

CDH El Hogar

Distrito Central

Cuenta con espacios para recreación y educación con un enfoque para adultos mayores. Habilitado para la realización de reuniones comunitarias, talleres y ferias de emprendedores (Municipalidad de Curridabat, 2022).

CDH El Tiribí

Sánchez

Ofrece servicios que fomentan el desarrollo personal, centrándose en emprendimiento y ciencia y tecnología. Espacios gratuitos de co-working para emprendedores locales (Municipalidad de Curridabat, 2022).

CDH La Cometa

Tirrases

Se enfocado en las mujeres y los niños, ofreciendo actividades como talleres de idiomas y ciencia para los más jóvenes, y clases de artesanía, baile y yoga para adultos (Municipalidad de Curridabat, 2022).

CDH La Casa del Pueblo

Granadilla

Se enfoca en la capacitación no formal a mujeres emprendedoras y adultos mayores. Incluye una huerta urbana gestionada conjuntamente por la municipalidad y los ciudadanos (Municipalidad de Curridabat, 2022).

CDH El Tiribí

ESTADO DE
LA CUESTIÓN

PROYECTOS CONSTRUIDOS
A NIVEL NACIONAL



Figura 8 CDH El Tiribí (Municipalidad de Curridabat, 2022a).

El Centro de Desarrollo Humano El Tiribí (figuras 8 y 9) se dedica a enriquecer a la comunidad de Ayarco, mediante una oferta de servicios diseñados para desarrollar oportunidades de desarrollo personal, centrando sus iniciativas en dos pilares fundamentales: el fomento del emprendimiento y la promoción de la ciencia y tecnología. Para lograr estos objetivos, El Tiribí cuenta con un área de coworking y varias salas de reuniones. Paralelamente, se organizan programas de capacitación específicamente dirigidos a micro empresarios, emprendedores y aquellos con proyectos empresariales en gestación, con el objetivo de fortalecer sus competencias y visibilizar sus iniciativas (Municipalidad de Curridabat, 2022a).

360m²

Área de construcción

1

Nivel



Edificación

Construido principalmente en concreto reforzado y vidrio. El techo utiliza láminas de acero hexagonales con una configuración de dos aguas con canoa interna. La fachada principal, orientada hacia el norte-noroeste, junto con la fachada oeste-sudoeste, incorpora amplias superficies de vidrio que se extienden desde el nivel del piso terminado hasta el cielo raso. Tras analizar la edificación, se identifica que la amplia utilización de vidrio ocasiona que haya poca protección contra la ganancia solar, lo que contribuye a un aumento de la temperatura en su interior. Debido a esto, la administración optó por polarizar los ventanales con el fin de mitigar este efecto.

Se confirmó con el administrador del CDH El Tiribí, que las extensas paredes de vidrio ocasionan una entrada de luz solar mayor a la deseable, generando incomodidad para los usuarios. La polarización de los vidrios fue una medida adoptada para reducir este inconveniente. Otro aspecto que señala el ¹ Méndez, es la problemática asociada con la canoa interna, ya que tiene dimensiones insuficientes para su correcto funcionamiento y que requiere constante limpieza.

Estos problemas de diseño identificados serán tomados en cuenta para evitar su repetición en la propuesta de diseño que se desarrollará en este trabajo.



Figura 9 CDH El Tiribí (Municipalidad de Curridabat, 2022a).

CDH La Cometa

ESTADO DE
LA CUESTIÓN

PROYECTOS CONSTRUIDOS
A NIVEL NACIONAL



Figura 10 CDH La Cometa (Municipalidad de Curridabat, 2022a).

La Cometa (figuras 10 y 11), es un espacio donde las personas pueden enriquecerse en diversas áreas como la académica, cultural, educativa, y en general, el desarrollo personal. Este CDH se dirige principalmente a las mujeres y a los niños. Además, La Cometa colabora estrechamente con diversas organizaciones para implementar proyectos que fomenten el progreso y bienestar de la comunidad (Municipalidad de Curridabat, 2020).

1600m²

Área de construcción

3

Nivel



Edificación

El CDH La Cometa incorpora en su construcción el uso del concreto chorreado expuesto como material principal. Este material se destaca por su alta inercia térmica, una cualidad que retarda la transferencia de calor, ofreciendo una solución climatización pasiva, alineándose con los principios de diseño sostenible que se implementar en el presente.

Sin embargo, según observaciones del arquitecto Méndez, el edificio presenta desafíos significativos, como su diseño cerrado y la limitada interacción entre los espacios interiores y exteriores, aspectos que se perciben como limitantes para la integración y el dinamismo comunitario.

Además, durante la visita realizada en compañía del director de este CDH, se identificó un problema de infiltración de agua pluvial entre algunos marcos de ventana y los muros. Este inconveniente, que refleja una deficiencia en la construcción, podría haberse atenuado o evitado con la instalación de aleros adecuados sobre las aberturas en los muros, una medida que se recomienda considerar en futuras intervenciones o construcciones similares.



Figura 11 CDH El Tiribí (Municipalidad de Curridabat, 2022a).

CDH La Cometa

ESTADO DE
LA CUESTIÓN

PROYECTOS CONSTRUIDOS
A NIVEL NACIONAL



Figura 12 CDH La Cometa, elaboración propia.



Figura 13 CDH La Cometa, elaboración propia.



Figura 14 CDH La Cometa, elaboración propia.



Figura 15 CDH La Cometa, elaboración propia.

Observaciones de la visita realizada

Se realizó una visita al CDH La Cometa y se entrevistó al administrador del centro para comprender con mayor detalle el funcionamiento del espacio, identificar fortalezas y detectar áreas de mejora que podrían implementarse en el CDH de Granadilla.

El CDH La Cometa se caracteriza por un predominio del concreto expuesto en sus cerramientos exteriores e interiores, así como en las superficies de los patios internos y la plazoleta exterior. Aunque este material proporciona durabilidad y un mantenimiento relativamente sencillo, es la opinión del auto des este documento, que su uso extensivo confiere al conjunto una estética monótona y hace que el espacio se sienta conceptualmente ‘frío’. Este efecto se ve acentuado por la paleta de colores limitada: los pasamanos están pintados de gris y las superficies del techo, junto con su estructura expuesta, están pintadas en blanco. La combinación de estos elementos resulta en un ambiente que carece de la vitalidad y calidez que se espera en un centro abierto al público.

Identificación de necesidades específicas

- Espacios subutilizados: Algunas áreas no están siendo aprovechadas en su totalidad, lo que disminuye la eficiencia del uso del espacio.
- Deficiencias en mobiliario y equipamiento: Se observó la ausencia de mobiliario en varias zonas de trabajo.
- Equipamiento insuficiente en áreas infantiles: Los espacios destinados a niños carecen de recursos adecuados para actividades pedagógicas y recreativas.

Centro Gastronómico El Surá

ESTADO DE
LA CUESTIÓN

PROYECTOS CONSTRUIDOS
A NIVEL NACIONAL



Figura 16 Centro Gastronómico El Surá (Municipalidad de Curridabat, 2022a).

La Municipalidad de Curridabat (2022d) indica que El Surá (figura 16) es una escuela de cocina y capacitación, especializado en Gastronomía. Sirve para atender la problemática del desempleo en el Distrito de Tirrases y el cantón de Curridabat en general, por medio de la oferta formativa para el fomento de emprendimientos gastronómicos y la empleabilidad de la población.

Funciona como un servicio municipal de formación, por medio del cual se capacita a la población mediante un currículum formativo que potencia la empleabilidad en diferentes especialidades como chef, ayudante de cocina y/o salonero. Adicionalmente, se brindan herramientas para la confirmación de emprendimientos gastronómicos.



De acuerdo al Arq. Méndez, la escuela reutiliza la edificación que anteriormente funcionó como el dormitorio de las monjas del Leprosario Las Mercedes, por lo que se remodeló y el programa arquitectónico se adaptó a los espacios existentes.

Como parte del CDH de Granadilla, se integra una escuela de cocina similar a esta para con el fin de que brinde capacitación al sector de Granadilla.



Figura 17 Estudiantes del Centro Gastronómico El Surá (Municipalidad de Curridabat, 2022a).

Centro Gastronómico El Surá

ESTADO DE
LA CUESTIÓN



Figura 18 Centro Gastronómico El Surá, elaboración propia.

Observaciones de la visita realizada

Se realizó una visita al Centro Gastronómico El Surá y se entrevistó a su administradora para comprender con mayor detalle el funcionamiento del espacio, identificar fortalezas y detectar áreas de mejora que podrían implementarse en la escuela de cocina que forma parte del plan maestro del CDH de Granadilla.

En la visita se pudo observar que parte de las remodelaciones que se hicieron a la infraestructura existente consistieron en la instalación de ductos de salida de gases de cocina, la instalación de tuberías de gas e instalación de ductos de salida de aguas residuales. También se recubrieron las paredes de los 2 espacios de cocina con cerámica para facilitar su mantenimiento.

PROYECTOS CONSTRUIDOS
A NIVEL NACIONAL



Figura 19 Centro Gastronómico El Surá, elaboración propia.



Figura 20 Centro Gastronómico El Surá, elaboración propia.



Figura 21 Centro Gastronómico El Surá, elaboración propia.

CDH Barrio San José

ESTADO DE
LA CUESTIÓN

PROYECTOS CONSTRUIDOS
A NIVEL NACIONAL

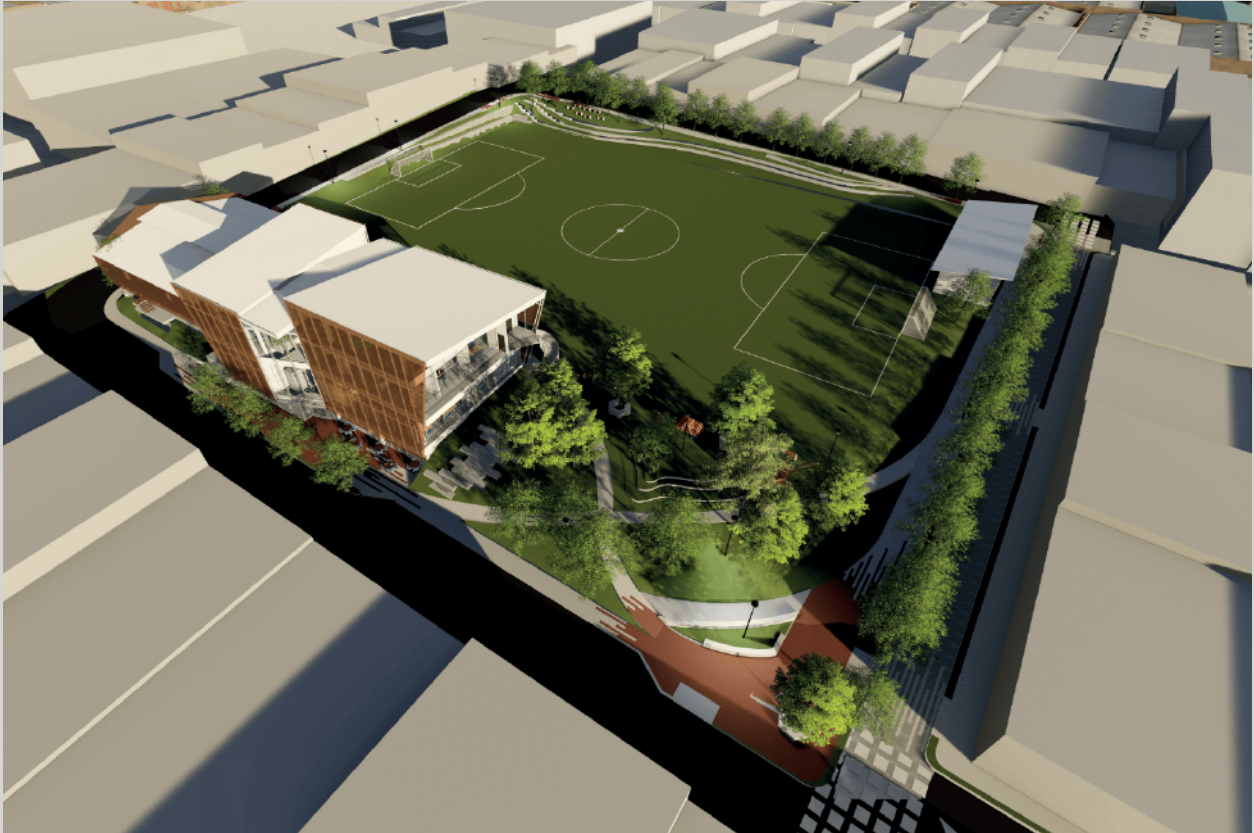


Figura 22 CDH Barrio San José, Barrantes, M. (2019).

El proyecto del CDH Barrio San José, es el trabajo de graduación de Mariajosé Barrantes, estudiante del TEC para optar por la Licenciatura en Arquitectura. Tienes un programa arquitectónico de menor escala, pero comparte similitudes con el CDH que se desarrolla en este proyecto.

Un aspecto destacado del trabajo de Mariajosé es la integración de un espacio público externo, diseñado para fomentar la interacción comunitaria y el bienestar social, que permanece accesible incluso cuando el edificio está cerrado. Este espacio no solo sirve como un área de esparcimiento, sino que también se integra con el entorno urbano, ofreciendo zonas de estar y juegos infantiles que enriquecen la vida comunitaria del barrio.

1600m²

Área de construcción

4

Niveles



Diseño

La consideración de espacios públicos accesibles de manera permanente es un aspecto que se incorpora en el planteamiento del proyecto de este TFG buscando que influyan positivamente en la calidad de vida de la comunidad.

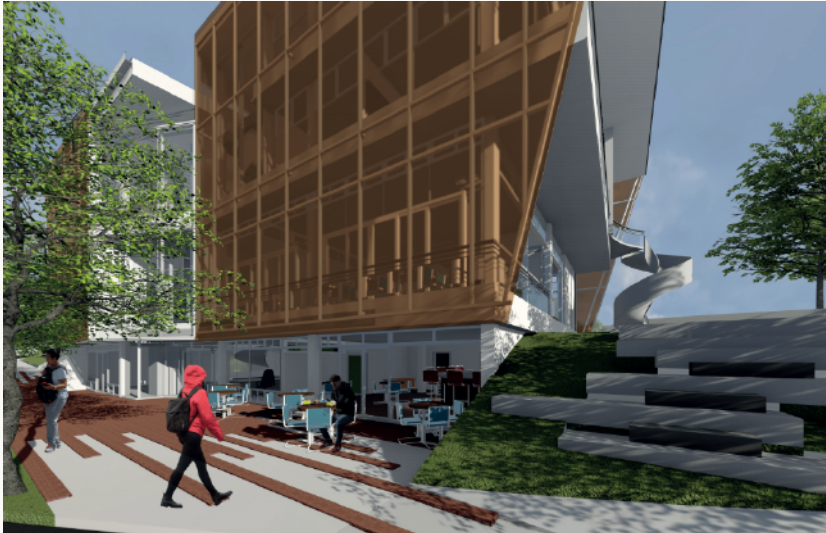


Figura 23 CDH Barrio San José, Barrantes, M. (2019).

Centros Comunitarios en España

La ciudad de Madrid en España, ha desarrollado los llamados Centros de Desarrollo Social (CSS), los cuales son espacios en los que los ciudadanos de las distintas comunidades de la ciudad pueden acceder a servicios variados enfocados a las necesidades de sus comunidades.

A continuación se muestran dos los últimos de estos centros en entrar en funcionamiento.

CSS Aravaca

ESTADO DE
LA CUESTIÓN

PROYECTOS CONSTRUIDOS
A NIVEL INTERNACIONAL



Figura 24 CSS Aravaca, Centro de Mayores y Servicios Sociales de Aravaca (2022).

Construido en 2020, en un lote de 2.893 m². La planta baja y el sótano se destinan para un Centro de Adultos Mayores. Las otras dos plantas albergan servicios sociales.

Las dependencias del centro de adultos mayores, ubicadas alrededor del vestíbulo de entrada, incluyen un vestíbulo, cuatro oficinas y cuatro salas: tres para actividades preventivas y una para actividades físicas. Desde el vestíbulo también se accede al centro de día, que cuenta con una zona de estar, aula de lectura, aula informática, consulta de podología, peluquería, aseos, cocina, comedor y cafetería. Esta última se conecta con el exterior a través de una terraza cubierta (Alfonso Murga de Mendoza, 2023).

3.792m²

Área de construcción

4

Niveles



Edificación

Uno de los aspectos más destacados del CSS de Aravaca es la implementación de un sistema de rejilla vertical en sus niveles superiores, una estrategia que combina estética con funcionalidad al reducir la ganancia solar excesiva, contribuyendo así a la regulación térmica interior sin sacrificar la iluminación natural. En la planta baja, a pesar de no emplear la rejilla, se ha optado por incluir amplios aleros, proporcionando sombra a las fachadas de vidrio y mitigando el impacto del sol directo.

Esta estrategia de control solar se reinterpreta y adapta al contexto de la propuesta para el CDH Granadilla, donde, debido a diferencias climáticas, se ha reevaluado el material utilizado para la rejilla. Se opta por el acero en lugar de la madera, buscando mayor durabilidad y menor mantenimiento. Además, se toman en consideración los puntos cardinales hacia los cuales se orientan las fachadas, así como la incidencia solar a lo largo del año, para adaptar el diseño a las variaciones en la posición del sol y su impacto en el edificio.



Figura 25 CSS Aravaca, Centro de Mayores y Servicios Sociales de Aravaca (2022).

CSS Marta Equivias

ESTADO DE
LA CUESTIÓN

PROYECTOS CONSTRUIDOS
A NIVEL INTERNACIONAL



Figura 26 CDH Marta Equivias (Centro de Servicios Sociales Marta Esquivias Tallada, s.f.).

Este centro funciona en un edificio construido en 2021. El Ayuntamiento de Madrid realizó un concurso que fue ganado por el arquitecto Carlos de Riaño Lozano (Centro de Servicios Sociales Marta Esquivias Tallada - Ayuntamiento de Madrid, s. f.).

Entre los servicios que se dan en este CSS están: Información, orientación y asesoramiento sobre derechos y recursos sociales; gestión y tramitación de servicios de la Comunidad de Madrid; etc.

1400m²

Área de construcción

3

Niveles



Edificación

Destaca el uso de parasol semitransparentes alrededor de la edificación. Este elemento arquitectónico permite la entrada de luz pero que al mismo tiempo da privacidad a los ocupantes de la edificación ya que la mayoría del cerramiento exterior está compuesto por paneles de vidrio.

Para adaptar la estrategia de uso de parasol del Centro de Servicios Sociales Marta Esquivias Tallada al CDH de Granadilla, se propone la implementación de un sistema de parasol con elementos opacos en vez de translúcidas. Este parasol tendría la función de minimizar la entrada de radiación solar, ayudando a controlar y reducir el aumento de la temperatura interior. Este control solar es crucial en áreas como Curridabat, donde las condiciones climáticas pueden incluir altas temperaturas y una intensa exposición solar.

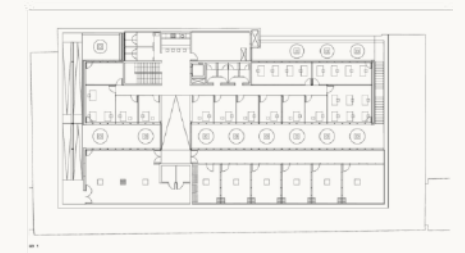
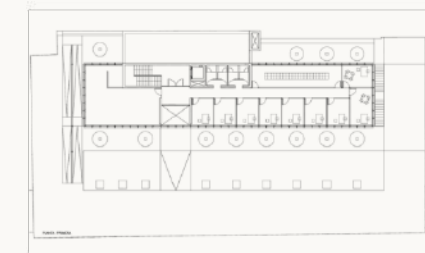
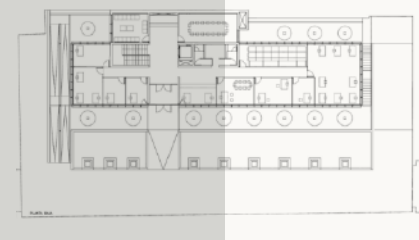


Figura 27 Plantas del CSS Marta Esquivias (Centro de Servicios Sociales Marta Esquivias Tallada, s.f.).



Estudios Realizados Previamente

Desde 2015, la Municipalidad de Curridabat ha impulsado una estrategia de desarrollo integral denominada "Ciudad Dulce" (Municipalidad de Curridabat, 2024a), orientada a fomentar un crecimiento sostenible y multidimensional en el cantón. Como parte de esta visión, se han realizado estudios urbanos en áreas clave para recopilar información sobre las necesidades de los habitantes y desarrollar proyectos que respondan a los problemas identificados.

Entre los planes maestros desarrollados en áreas cercanas al lote propuesto para el CDH de Granadilla destacan tres por su proximidad: los de los barrios Volio y Europa, y el de la zona MP09, todos ubicados a menos de 500 metros del sitio del CDH, lo que los convierte en elementos influyentes en el entorno del proyecto. Estos planes fueron elaborados por diversas organizaciones, entre ellas la firma de arquitectura Tándem y el colectivo de diseño Yuso.

Para la formulación de estos planes, se realizaron consultas comunitarias que permitieron identificar las necesidades de infraestructura y otros aspectos relevantes para los residentes. Los planes reflejan tanto los elementos positivos como los desafíos presentes en cada comunidad, y esta información se integró en el proceso de planificación con el objetivo de proponer soluciones efectivas y adaptadas al contexto local.

Figura 28 Foto Aérea de Curridabat Mostrando el Lote del Proyecto y Barrios Europa y Volio (Google Earth, 2024a).



Plan Maestro Barrio Europa

ESTADO DE LA
CUESTIÓN

PLANES MAESTROS

- 1 Salón comunal
- 2 Parque recreativo
- 3 Puente entre Curridabat y Montes de Oca
- 4 Parque lineal
- 5 Conexión vial
- 6 Cabezales pluviales
- 7 Huertas urbanas



Figura 29 Plan Maestro Barrio Europa (Tádem Arquitectura (2017a).

Plan Maestro Barrio Volio

ESTADO DE LA
CUESTIÓN

PLANES MAESTROS

- 1 Parque recreativo
- 2 Salón multiusos
- 3, 4 Mejora de alamedas y calle central
- 5 Eje vial principal
- 6 Mirador
- 7 Nuevo equipamiento
- 8 Parque lineal



Figura 30 Plan Maestro Barrio Volio (Tádem Arquitectura (2017b)).

Plan Maestro Zona MP09

ESTADO DE LA
CUESTIÓN

PLANES MAESTROS

- 1 Pacificación vial
- 2 Nuevas plazas comunitarias
- 3 Locales comerciales
- 4 Medicina deportiva-terapia física
- 5 Aulas, sala de capacitación
- 6 Salones para deportes
- 7 Deportes acuáticos
- 8 Residencias - Albergue emergencias
- 9 Conexión peatonal (CTP)



Figura 31 Plan Maestro MP09 (Tándem Arquitectura, 2017c).

Puesta en operación del Parque de Desarrollo Humano de Alajuelita

En 2018, el TEC presenta el documento **Puesta en Operación del Parque para el Desarrollo Humano de Alajuelita**, elaborado por un equipo conformado por el Gobierno del Presidente Carlos Alvarado, el Ministerio de Cultura y Juventud, la Municipalidad de Alajuelita, y el Proyecto de Extensión Fortalecimiento de la Gestión Pública Urbana Territorial.

El documento detalla un proceso de trabajo colaborativo orientado a la creación de alianzas público-público, con el fin de fortalecer capacidades y mejorar la comunidad de San Felipe de Alajuelita a través del Parque para el Desarrollo Humano (Porras-Alfaro et al., 2018).

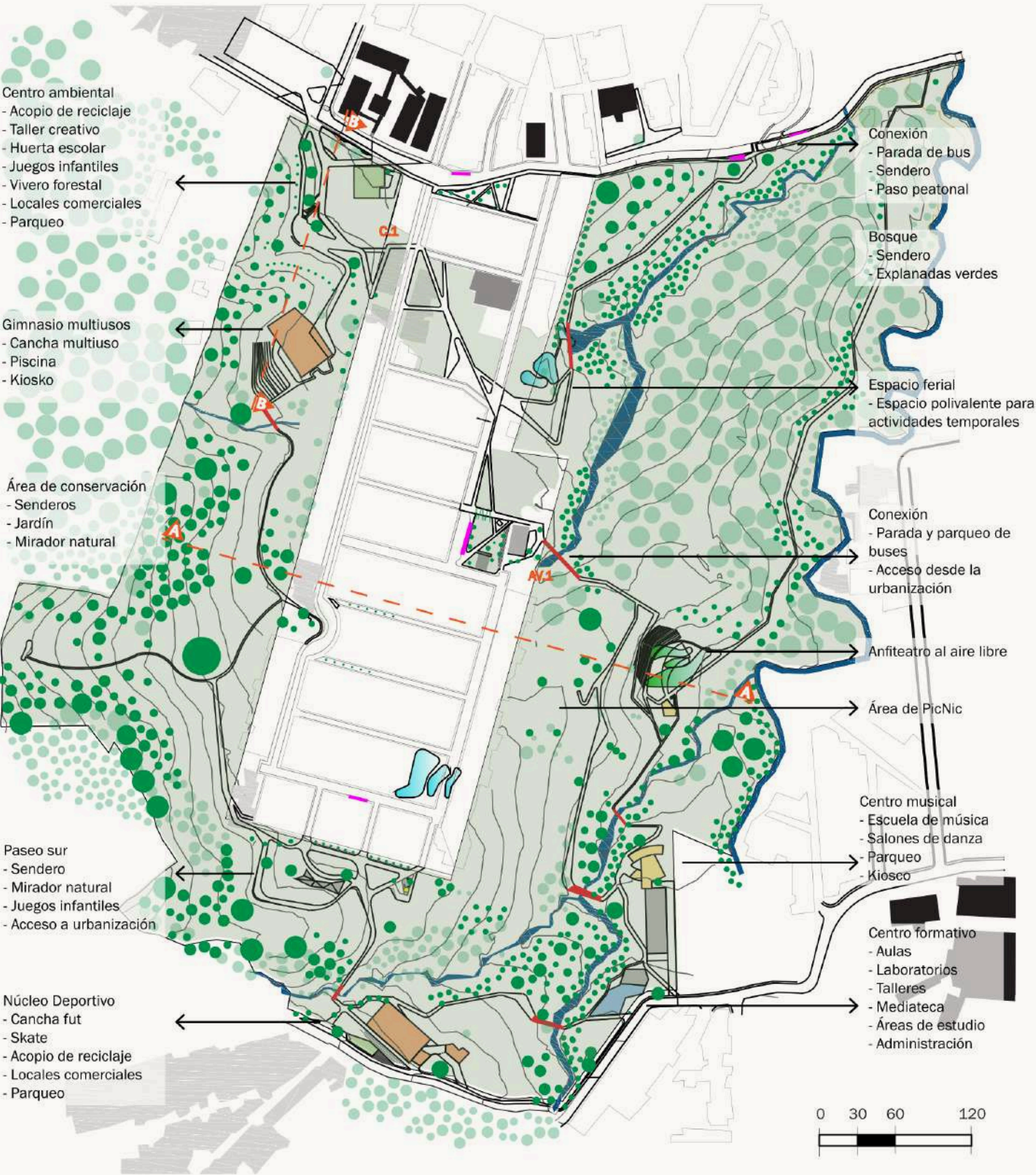


Figura 32 Plantas del CSS Marta Esquivias (Centro de Servicios Sociales Marta Esquivias Tallada, s.f.).

Diagrama de los Componentes de la Puesta en Operación del PDHA.

El diagrama muestra los diferentes componentes que forman parte del documento de 'Puesta en Operación del Parque de Desarrollo Humano de Alajuelita'.

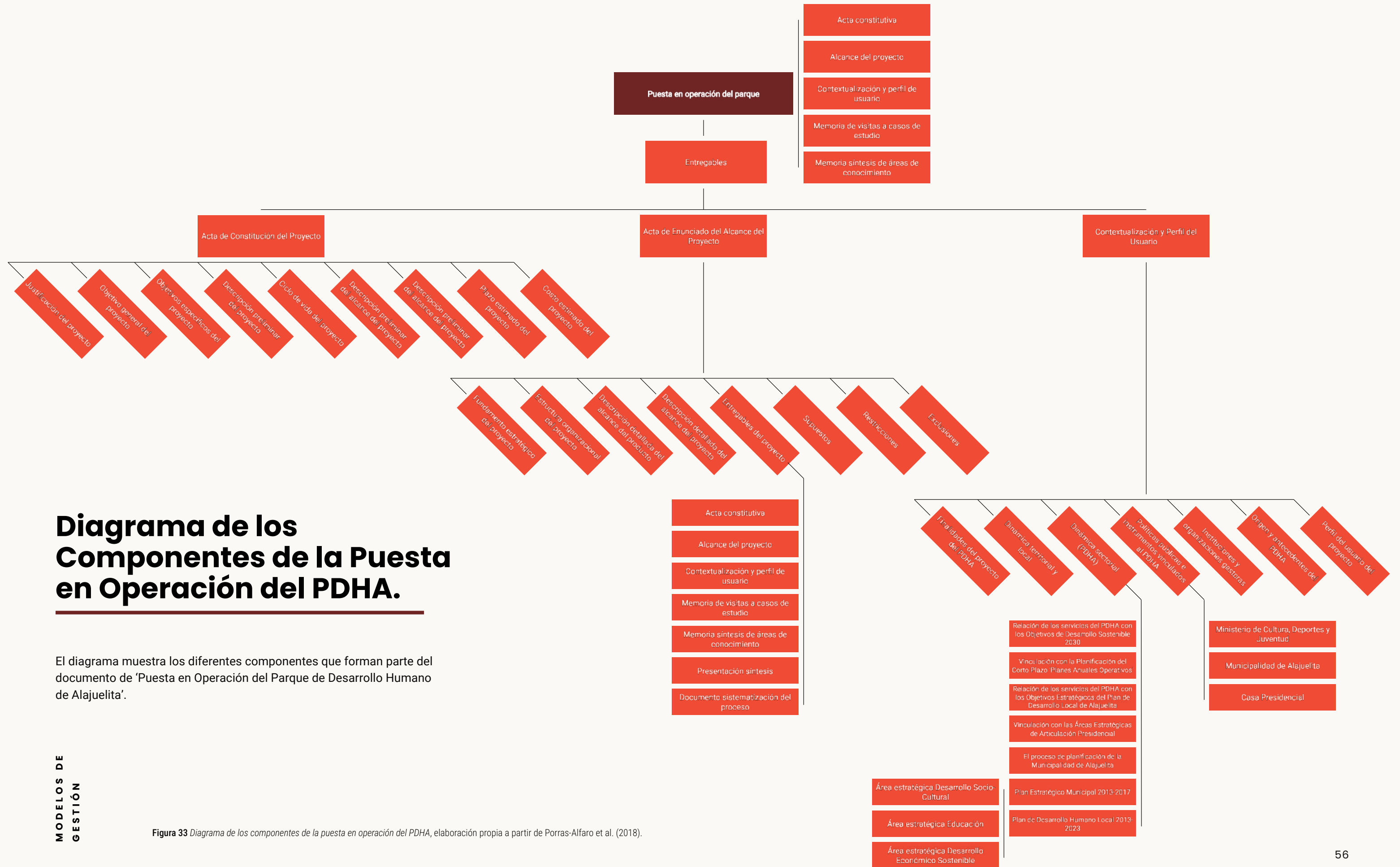


Figura 33 Diagrama de los componentes de la puesta en operación del PDHA, elaboración propia a partir de Porras-Alfaro et al. (2018).

Conclusiones y Aportes al Proyecto

En el CDH de Granadilla, se propone una estrategia de diseño que importancia diferentes materiales y acabados. La incorporación de colores cálidos, texturas y elementos visuales permitirá crear un ambiente más acogedor, que invite a la comunidad a apropiarse del espacio.

La visita al Centro Gastronómico El Surá ayudó a enriquecer el programa arquitectónico. La entrevista realizada permitió tener una idea más clara de aspectos como cuáles son los tamaños adecuados para los diferentes espacios de la escuela y los requerimientos de instalaciones y equipos para el funcionamiento de la escuela.

Aunque el clima de España difiere al de Costa Rica, las cierramientos utilizados en lo CSS de España estudiados sugieren soluciones interesantes para el control de luz y la ventilación, las cuales pueden adaptarse a nuestro entorno tropical.

M E T O D O L O G Í A

Abordaje al Problema.

Para abordar de manera efectiva los objetivos del Trabajo Final de Graduación y obtener un **producto confiable**, se seleccionaron diversas herramientas y técnicas de recopilación y análisis de datos. La selección de estas herramientas surge de la necesidad de **comprender el contexto de Granadilla, las expectativas de los grupos de interés involucrados en la creación del CDH de Granadilla, y los principios de sostenibilidad aplicables al diseño del mismo.**

Enfoque

En el ámbito de la investigación científica, Hernández Sampieri et al. (2006), en su libro "Metodología de la Investigación", establecen la división fundamental de la investigación en dos enfoques primordiales: **cuantitativo** y **cualitativo**. El enfoque cuantitativo se caracteriza por la recolección y análisis de datos numéricos para establecer patrones de comportamiento y probar hipótesis, mientras que el enfoque cualitativo se centra en la comprensión profunda de fenómenos humanos, interpretando el significado de los procesos y contextos en los que los individuos interactúan.

Para este TFG, se adopta una metodología que integra ambos enfoques, el cuantitativo y el cualitativo, para así obtener una comprensión polifacética del proyecto. La investigación aplicada es fundamental, ya que el objetivo primordial es desarrollar un Plan Maestro y un módulo para el CDH que no solo sean sostenibles desde el punto de vista ambiental, económico y social, sino que también respondan de manera efectiva a las necesidades específicas de la comunidad de Granadilla.

Este enfoque metodológico mixto permite no solo la recolección y análisis de datos cuantitativos sobre aspectos como la eficiencia energética y el uso de recursos, sino también la comprensión cualitativa de las dinámicas sociales y culturales de la comunidad,

asegurando que el diseño sea inclusivo, adaptable y verdaderamente sostenible. Para cada objetivo específico del proyecto, se eligen las herramientas y actividades que facilitan su ejecución, con el fin de obtener las metas propuestas.

Estrategias

Se indican las estrategias y procedimientos que se aplican para alcanzar los objetivos establecidos en este TFG. Para cada objetivo, se presentan las estrategias y los resultados que se obtienen, se describirán los pasos a seguir, las herramientas a utilizar y los métodos de análisis que permiten la obtención de resultados concretos y medibles. A través de este apartado, se proporciona una hoja de ruta estructurada que guía las fases de implementación del proyecto, asegurando que cada acción esté alineada con los principios de diseño y construcción sostenible que fundamentan este trabajo.

Objetivo 1

Identificar las variables físico-ambientales del emplazamiento mediante observación y la obtención de información en las instituciones relevantes, para la generación de parámetros de diseño que guíen la elaboración del proyecto.

Estrategias

Visita al Sitio: Se visitó el sitio de emplazamiento para llevar a cabo observaciones directas. Estas observaciones incluyen aspectos como topografía, vegetación, hidrología, clima, y condiciones socioeconómicas locales. Se utilizan herramientas como mapas digitales, brújula, cámara fotográfica y cinta métrica.

Recolección de Datos: Se contactaron instituciones relevantes (Municipalidad de Curridabat, Instituto Meteorológico Nacional, etc.) para obtener datos relacionados con el tema de investigación. Esto incluye estudios de suelo, mapas de zonificación, estadísticas de población y clima.

Análisis de Datos: Mediante el uso de herramientas GIS (Sistemas de Información Geográfica) se analizaron los datos recopilados del sitio. Esta información ayuda a definir los parámetros de diseño para el proyecto.

Síntesis de Información: Se integraron los resultados del análisis en un conjunto de parámetros de diseño que guiarán la elaboración del proyecto, con el fin de que el diseño responda de a las condiciones físico-ambientales del sitio.

Resultados

La obtención de los estudios preliminares, junto con la identificación de las variables físico-ambientales del emplazamiento.

Objetivo 2

Identificar los requerimientos del proyecto a partir de entrevistas con los encargados municipales para el desarrollo del programa arquitectónico del Plan Maestro del CDH de Granadilla.

Estrategias

Diseño de Entrevistas: Se desarrolló un cuestionario estructurado que incluirá preguntas abiertas y cerradas para captar en detalle los requerimientos y expectativas de los encargados municipales.

Realización de Entrevistas: Se coordinó y realizará entrevistas con los encargados municipales. Se tomarán notas durante las entrevistas.

Análisis de Contenido: Se analizaron las notas de las entrevistas para identificar temas comunes, necesidades específicas y expectativas para el desarrollo del programa arquitectónico del Centro de Desarrollo Humano de Granadilla.

Síntesis de Requerimientos: Se consolidará la información recopilada en un documento que resumirá los requerimientos del proyecto, el cual servirá como base para el desarrollo del programa arquitectónico.

Resultados

La obtención de los estudios preliminares, junto con una identificación de las variables físico-ambientales del emplazamiento.

Objetivo 3

Aplicar principios de diseño y construcción sostenible en la conceptualización del anteproyecto del módulo principal del CDH para la generación de una línea base de diseño que guíe las futuras etapas del proyecto.

Estrategias

Investigación de Principios de Diseño Sostenible: Se realizó una revisión bibliográfica para identificar principios y prácticas de diseño y construcción sostenible aplicables al contexto del proyecto.

Modelado arquitectónico: Se utilizó un programa BIM para crear los modelos arquitectónicos del CDH. Esto permitirá visualizar la propuesta de diseño, realizar modificaciones iterativas y facilitar la presentación y discusión del proyecto con las partes interesadas.

Simulaciones: Para evaluar la eficiencia energética y el confort higro-térmico del diseño propuesto, se llevaron a cabo simulaciones utilizando software especializado.

Resultados

Comprender y aplicar los principios de sostenibilidad en un diseño arquitectónico a nivel de anteproyecto.

2. Propuesta



ANÁLISIS DE SITIO



Curridabat: El Cantón

Curridabat es el cantón número 18 de la provincia de San José, se ubica en la parte norte de San José. Se caracteriza por ser un cantón de alto desarrollo humano y con un alto nivel educativo (Tandem Arquitectura, 2018). Cuenta con cuatro distritos: Curridabat, Granadilla, Tirrases y Sanchez.

La población es de 71.026 habitantes (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos [INEC], 2023).

16,06 km²

Área

71.026

Población

Figura 33 Mapa de Costa Rica y Curridabat, elaboración propia.

Curridabat: Ciudad Dulce

El concepto "Ciudad Dulce", promovido por la Municipalidad de Curridabat (Municipalidad de Curridabat, 2024b), establece una visión urbana que integra y da relevancia a todos los miembros de la comunidad, incluyendo a la naturaleza. Este enfoque reconoce a los polinizadores como abejas, mariposas y colibríes y a la flora asociada como actores esenciales en la sostenibilidad de los ecosistemas urbanos, promoviendo un entorno que impulsa el bienestar colectivo.

Además, la Municipalidad agrega en su sitio web que, Ciudad Dulce, abarca la transformación interna de la Municipalidad a través de sus ejes principales de funcionamiento: la administración de los servicios y la implementación de proyectos. Lo que le ha permitido convertir a Curridabat en una ciudad sensible, capaz de 'sentir' su territorio y así conocer las necesidades de sus ciudadanos.



Figura 34 Vista aérea del casco central del cantón de Curridabat, elaboración propia.



El Lote

El emplazamiento para desarrollo del proyecto fue escogido por la Municipalidad de Curridabat. Se encuentra en el sector norte del distrito de Granadilla en una zona mayoritariamente residencial junto con establecimientos pequeños de comercio y servicios.

El lote actualmente está ocupado por el edificio de la antigua Escuela de Granadilla. El Ministerio de Educación Pública donó el inmueble al municipio del cantón.

9°56'0.3"N 84°00'46"O

Coordenadas geográficas del lote

HITOS

- Lote
- Escuela de Granadilla Norte
- Momentum Pinares
- Automercado Guayabos
- Gasolinera La Galera
- Universidad Fidélitas
- Municipalidad
- EPA
- CFIA

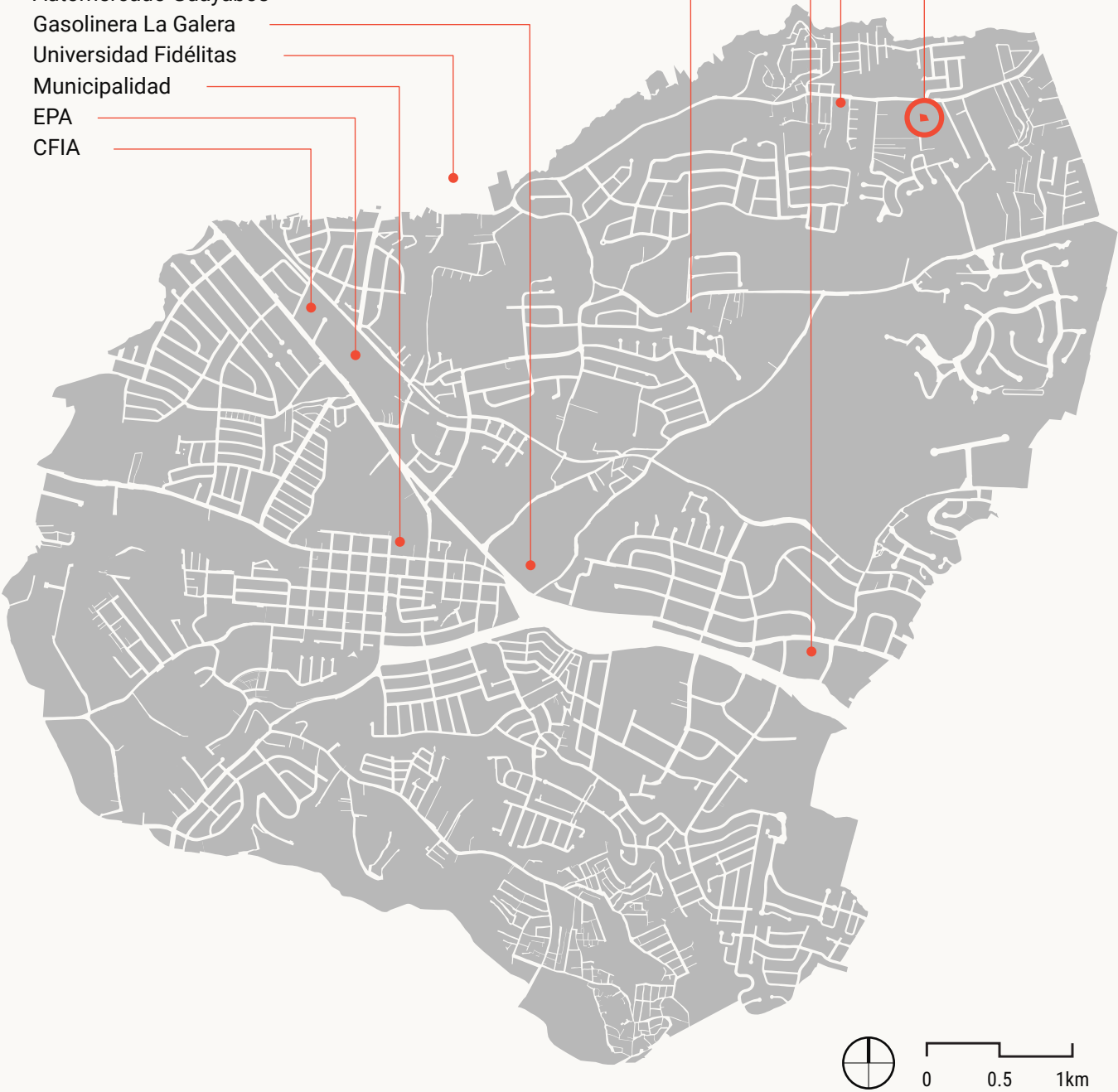


Figura 35 Cantón de Curridabat, elaboración propia.

Rutas Dulces

Rutas Dulces propuestas para en el cantón de Curridabat

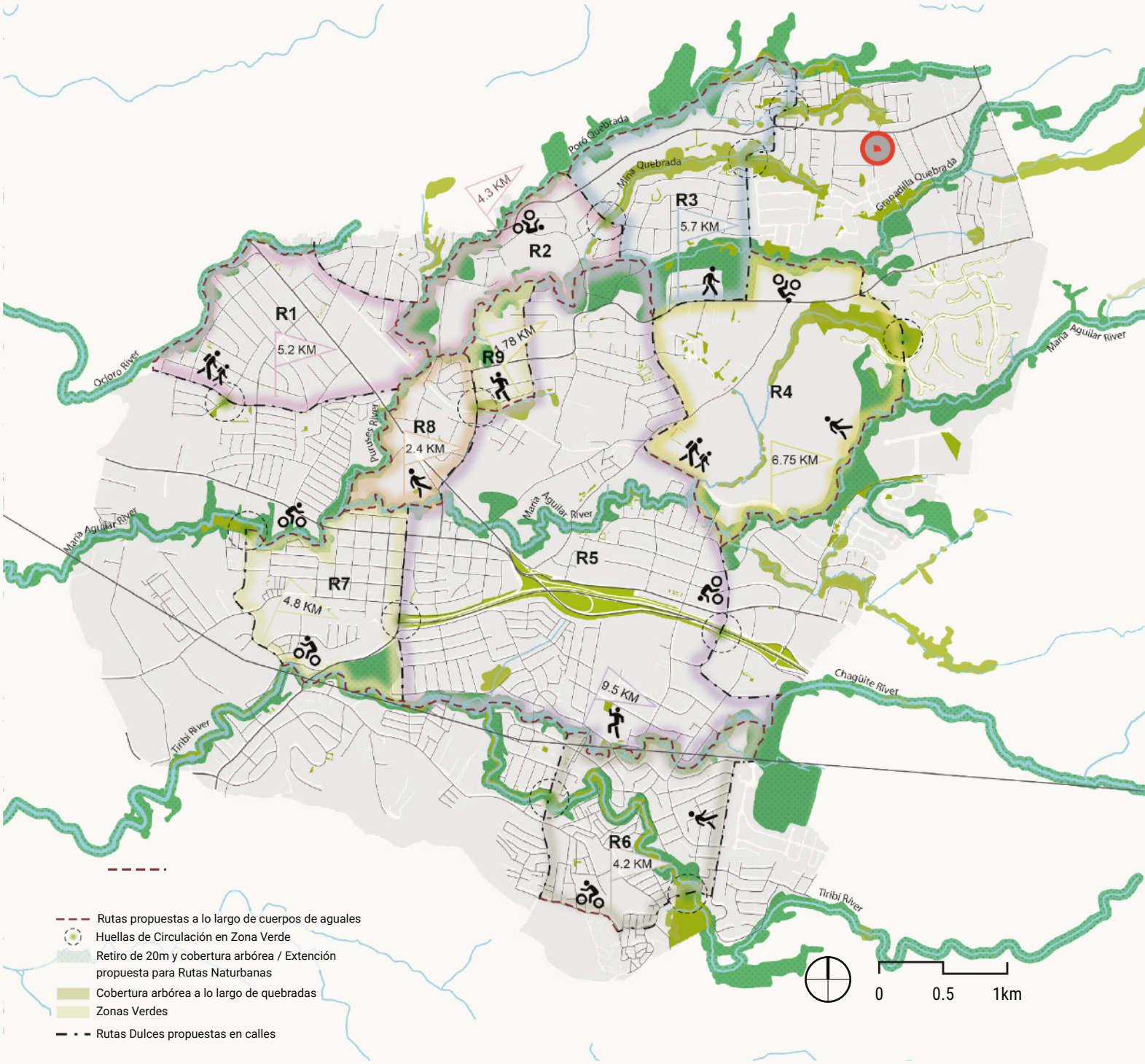


Figura 36 Cantón de Curridabat, Harvard Atlas.

Paradas de Buses

Rutas Dulces propuestas para en el cantón de Curridabat



Figura 37 Cantón de Curridabat, Harvard Atlas.

El Entorno.

ANÁLISIS DE SITIO

El acceso principal al proyecto se realiza a través de la Ruta Nacional Terciaria 306, que sirve como vía de tránsito principal para vehículos particulares, transporte público y peatones.

Se observa un contraste en la zona a nivel de vivienda, por un lado las viviendas básicas unifamiliares, en su mayoría de un solo nivel, y por otro, la presencia de desarrollos de condominios verticales con unidades habitaciones de un nivel medio. Las viviendas unifamiliares muestran signos de antigüedad, en contraste con las torres de condominios, que son construcciones más recientes.

La distribución espacial de estas edificaciones muestra una tendencia: la mayoría de las torres de condominios se ubican al norte de ruta 306, mientras que al sur predominan las viviendas unifamiliares junto con algunos desarrollos de condominios horizontales.

Además de las residencias, la zona cuenta con una presencia moderada de locales comerciales y de servicios. La distribución y escala de estos establecimientos sugieren una comunidad orientada principalmente al uso residencial, con comodidades básicas que atienden las necesidades diarias de los habitantes.



Figura 38 Foto Aérea de Curridabat (Google Earth, 2024b).

Topografía.

ANÁLISIS DE SITIO

El lote está situado a una altitud de 1355 m.s.n.m., presenta una leve inclinación con una variación en elevación de aproximadamente 1.25m desde el punto más alto hasta el punto más bajo, el cual se encuentra adyacente a la vía pública. Esta configuración topográfica es ventajosa para la gestión de aguas pluviales, ya que facilita la evacuación natural del agua hacia la calle, minimizando el riesgo de acumulación en el terreno.

Además, el lote se encuentra en el punto más alto dentro de un radio de aproximadamente 1 km, lo que favorece la ventilación natural del sitio. Esta característica es particularmente relevante, ya que permite aprovechar las corrientes de aire para mejorar la calidad ambiental interior y reducir la dependencia de sistemas mecánicos de ventilación y refrigeración.

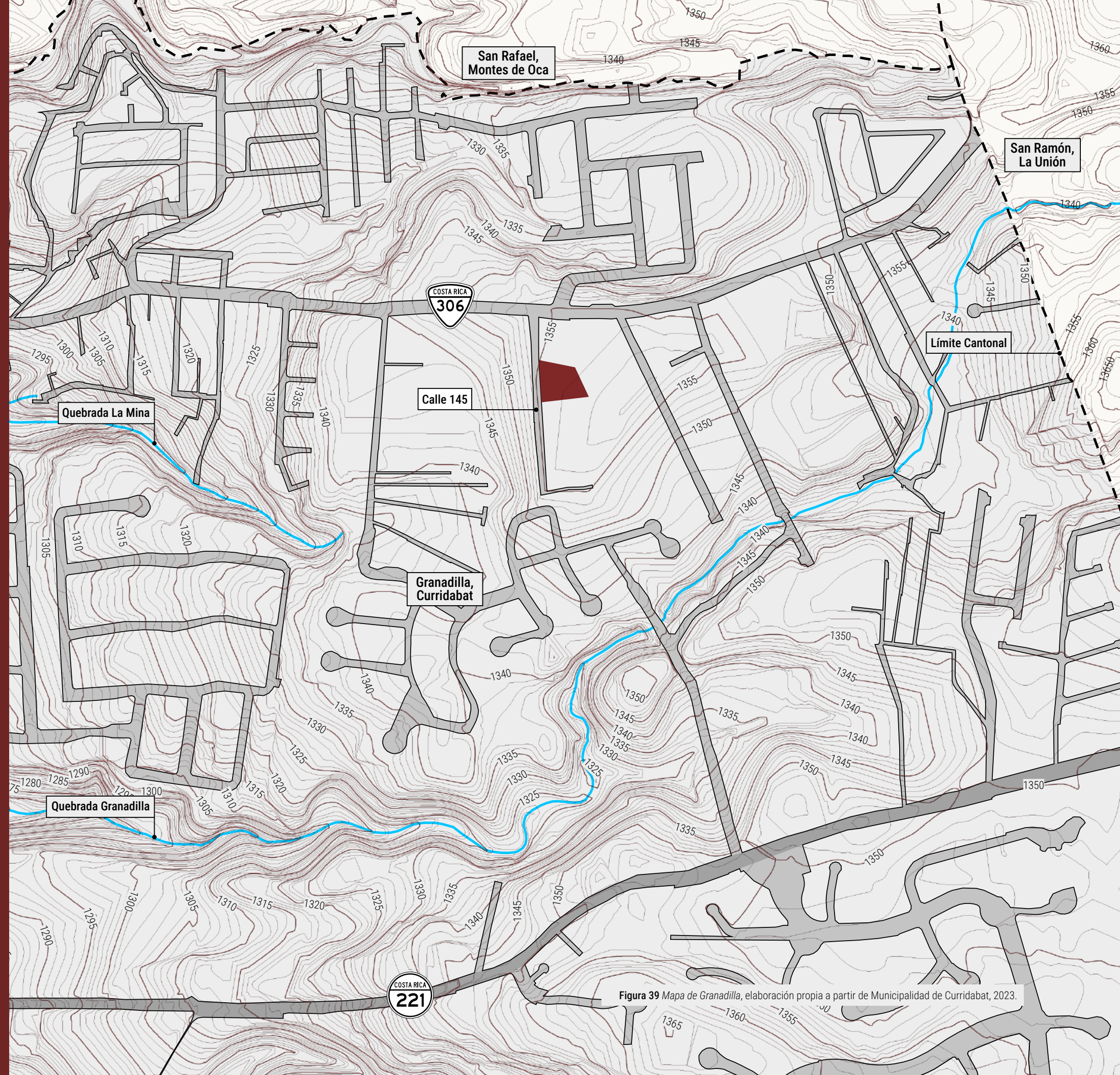


Figura 39 Mapa de Granadilla, elaboración propia a partir de Municipalidad de Curridabat, 2023.

El Lote y sus Alrededores.

ANÁLISIS
DE SITIO

La mayoría de los terrenos están contruidos. Las huellas de las construcciones son de un porcentaje alto, el algunos casos cubriendo casi la totalidad del lote.



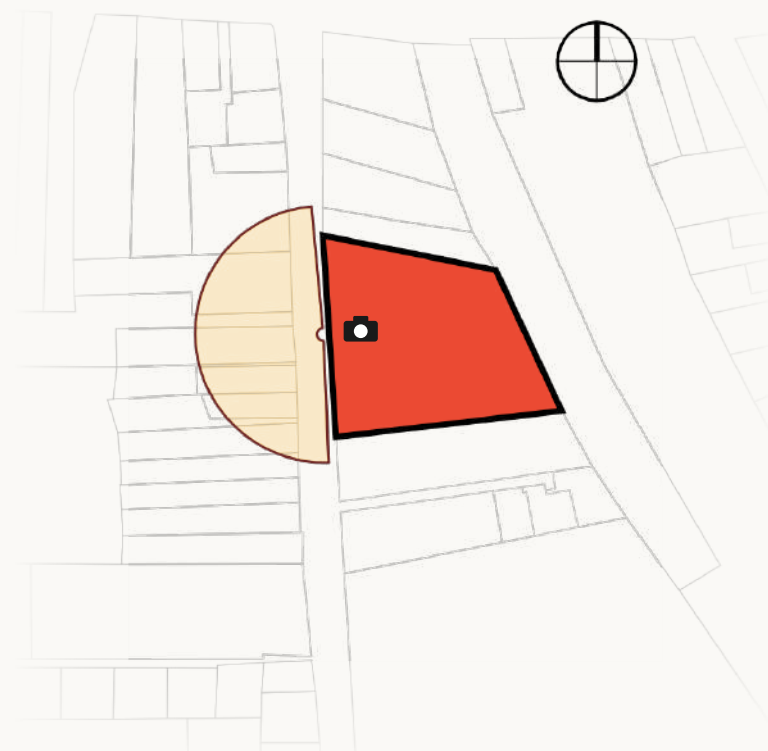
Figura 40 Mapa Alrededores del Lote, elaboración propia a partir de Municipalidad de Curridabat, 2023.



Figura 41 Vista desde el Lote, elaboración propia.

Vista desde el Lote.

La escala de las construcciones que se ubican al frente del lote es bastante constante y se mantiene entre aproximadamente 3 y 6 metros de alturas.



ANÁLISIS CLIMÁTICO DE LA ZONA

Perfil de los Datos Climáticos.

Para el análisis climático, se emplean datos obtenidos de la estación meteorológica del Centro de Investigaciones Geofísicas (CIGEFI) de la Universidad de Costa Rica, seleccionada por su proximidad al proyecto. Se utilizan dos conjuntos de datos: el primero, con valores promedio de diversas variables climáticas registradas entre el 1 de enero de 1999 y el 19 de junio de 2019; y el segundo, con información horaria detallada correspondiente al año 2023. Cuando se utilizan datos de 2023, se indica en el título de la figura correspondiente. Adicionalmente, se recurre a la publicación *Series de Brillo Solar en Costa Rica* (Heinrich Bettoni et al., 2013) para acceder a información específica sobre el brillo solar efectivo.

1210 m.s.n.m.

Altitud

9°56'11"N 84°02'43"O

Coordenadas geográficas

3.6 km

Distancia en línea recta al lote del CDH

-146 m

Diferencia de altura con respecto al lote del CDH



Figura 42 Estación Meteorológica CIGEFI (Centro de Investigaciones Geofísicas [CIGEFI], 2023).



Temperatura.

El análisis de los datos de temperatura, revela una alta estabilidad térmica a lo largo del año. La variación mensual muestra un rango de oscilación entre 8.1 y 6.2 °C. Las temperaturas máximas fluctúan entre 22.4°C y 25.3°C, mientras que las mínimas se mantienen entre 16.1°C y 19.3°C. Durante las horas de operación típicas del CDH, la variación térmica se limita a aproximadamente 5 °C.

Las temperaturas máximas más altas se dan en mayo y setiembre, mientras que en enero y diciembre se presentan las más bajas. Por las características climáticas de la zona, es necesario implementar materiales de media inercia térmica que absorban y retengan el calor durante el día, eliminando así, la dependencia de sistemas de aire acondicionado.

25.3 °C

Máxima temperatura anual

16.1 °C

Mínima temperatura anual

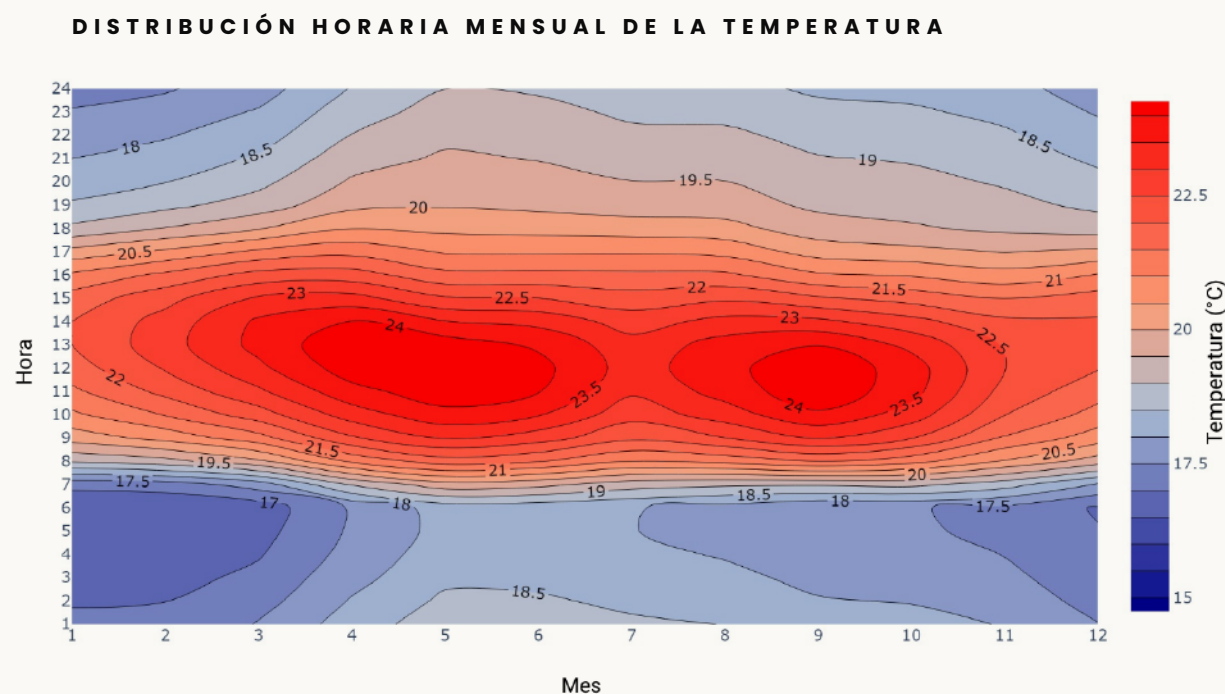


Figura 43 Distribución Horaria Mensual de la Temperatura (CIGEFI, 2019).

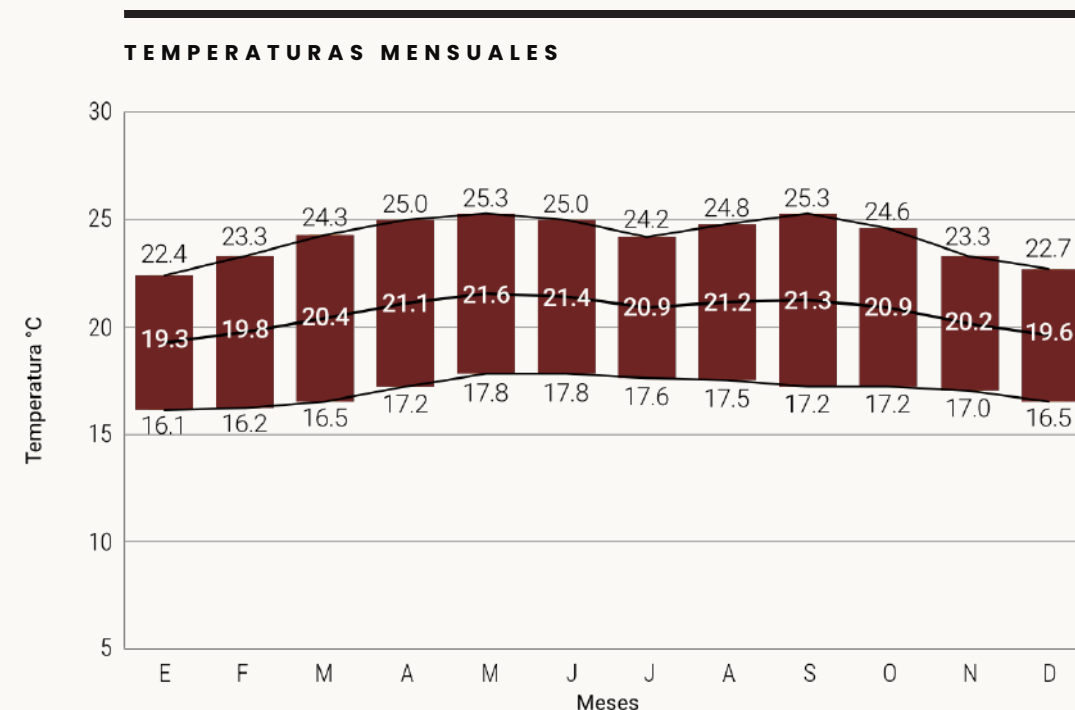


Figura 44 Temperaturas Mensuales (Bioclimarq 2023 con datos de CIGEFI, 2019).

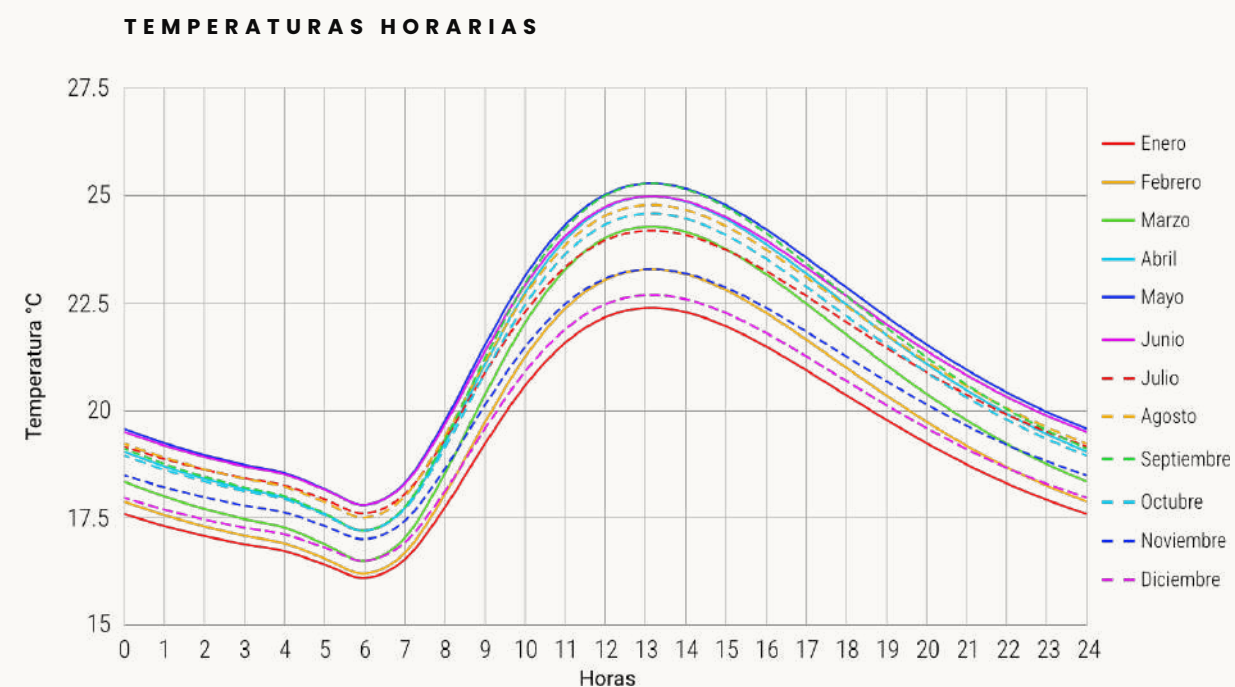


Figura 45 Temperaturas Horarias (CIGEFI, 2019).



Precipitación.

Las lluvias son más intensas en las tardes, con un pico entre la 1:00 y las 18:00 horas, especialmente de mayo a octubre. Existe una estacionalidad marcada; los meses de septiembre y octubre registran las mayores precipitaciones, superando los 300 mm, en contraste con el periodo de diciembre a abril, que presenta los menores registros, con mínimos en febrero y marzo.

Es necesaria la incorporación de una adecuada infraestructura de manejo de aguas pluviales para soportar el impacto de los meses más lluviosos. El techo, y el paisajismo deben ser diseñados para canalizar adecuadamente el agua, reduciendo la escorrentía y considerando su uso en aplicaciones sanitarias. Los espacios exteriores debe considerar zonas de escampado, asegurando la continuidad de las actividades todo el año.

1842mm

Precipitación anual

PRECIPITACIÓN PLUVIAL MENSUAL

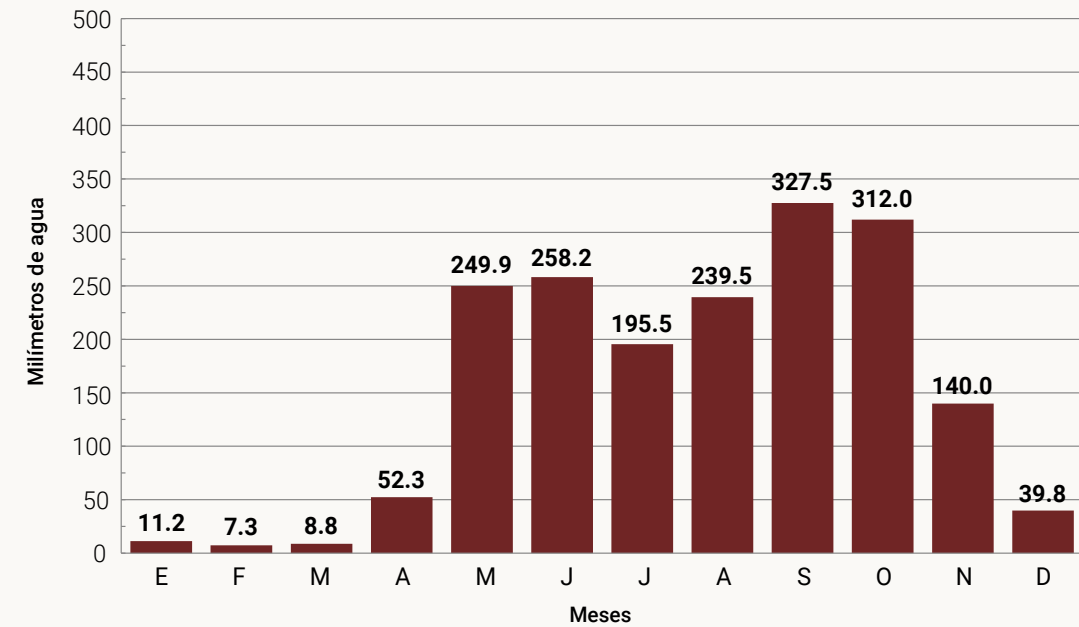
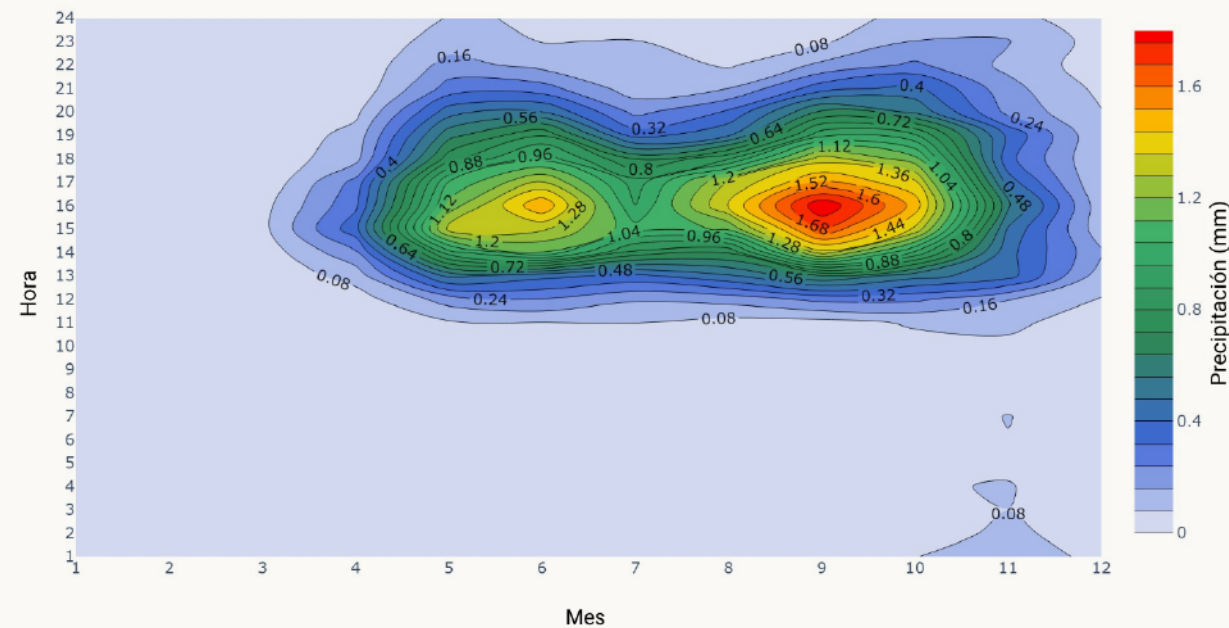
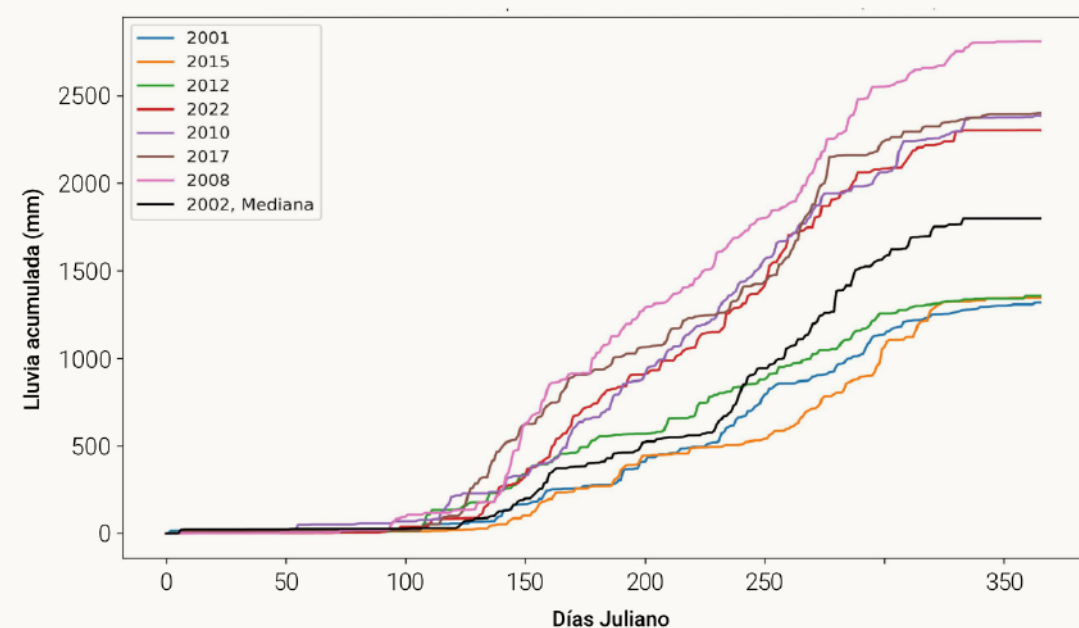


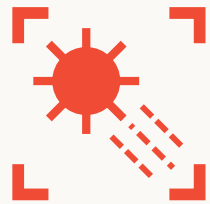
Figura 47 Precipitación Pluvial Mensual, elaboración propia, datos CIGEFI, 2019.

DISTRIBUCIÓN HORARIA MENSUAL DE PRECIPITACIÓN



ACUMULADO ANUAL DE PRECIPITACIONES





La Radiación Solar.

La radiación más alta sobre plano horizontal se da alrededor del medio día a lo largo del año, lo cual es esperable debido al ángulo del sol y al hecho de que hay menos atmósfera para que la radiación atraviese en comparación con las horas de la mañana y la tarde. En términos mensuales, se observa que durante la estación seca (diciembre a abril), hay una mayor intensidad de radiación, alcanzando su pico en marzo, con valores superiores a 2.6 MJ/m². Esto coincide con una mayor presencia de días despejados y menos nubosidad, lo cual favorece una mayor incidencia de la radiación solar.

En comparación, la radiación incidente en muros verticales varía significativamente dependiendo de la orientación; los muros orientados al sur reciben más radiación durante la estación húmeda que en la estación seca. Los muros este y oeste reciben una radiación similar a lo largo del año, con picos durante los equinoccios. Las horas de sol efectivas son consistentemente menores que las horas astronómicas debido a factores como la cobertura de nubes. Sin embargo, sigue habiendo una cantidad significativa de horas de sol efectivas a lo largo del año.

DISTRIBUCIÓN HORARIA MENSUAL DE LA RADIACIÓN GLOBAL

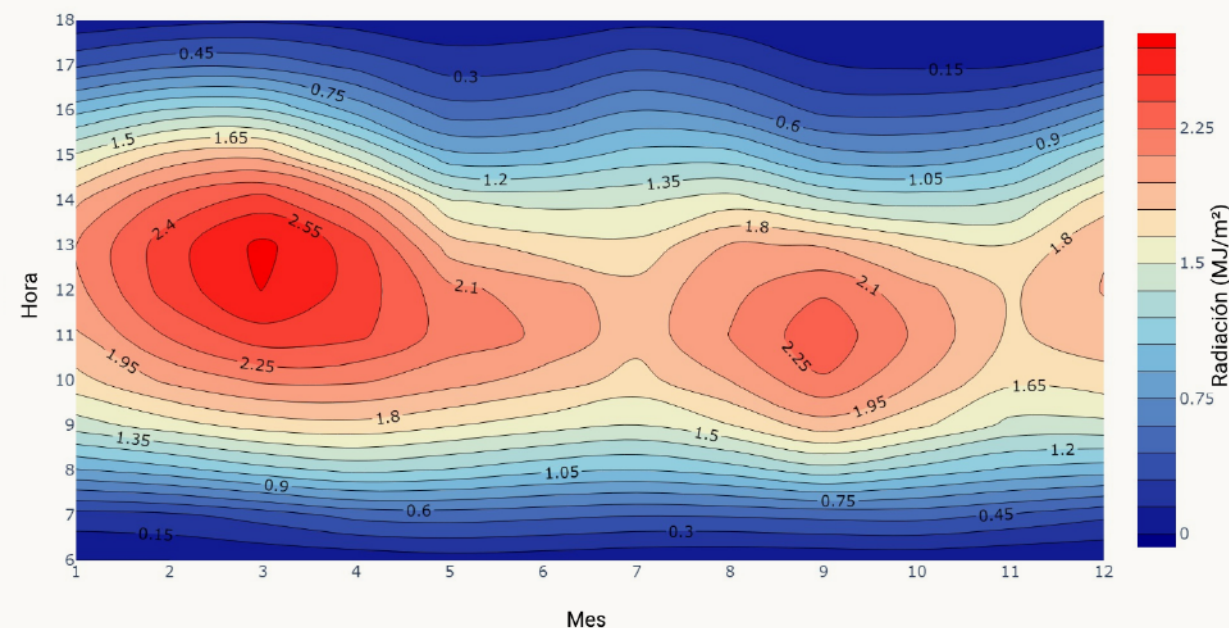


Figura 49 Distribución Horaria Mensual de la Radiación Global (CIGEFI, 2019).

RADIACIÓN SOLAR INCIDENTE

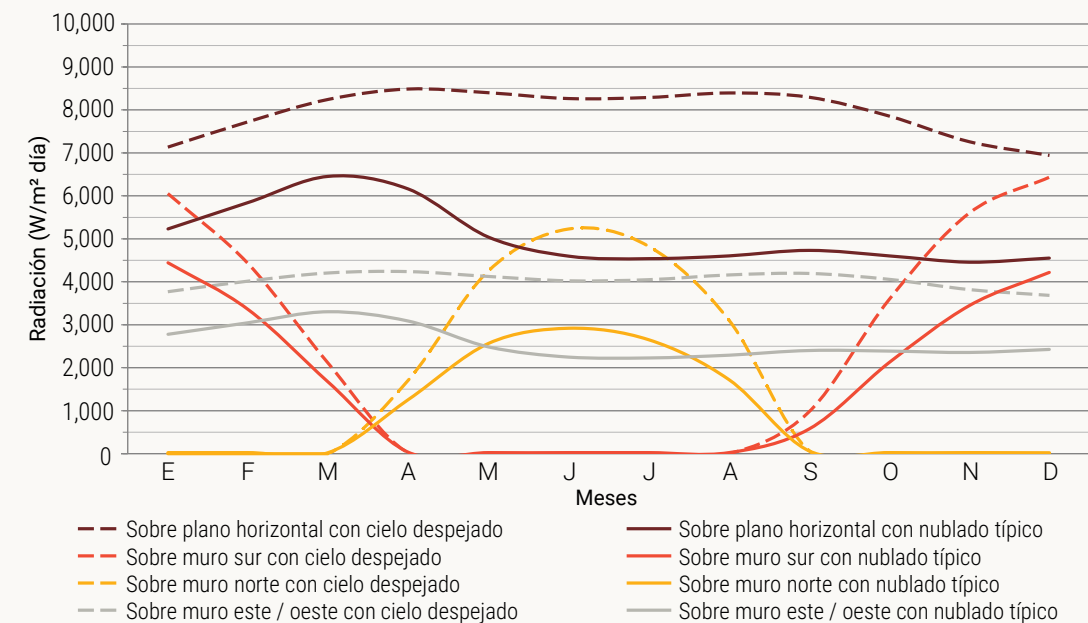


Figura 50 Radiación Solar Incidente, Bioclimarq a partir de datos CIGEFI (2019).

HORAS MENSUALES DE BRILLO SOLAR

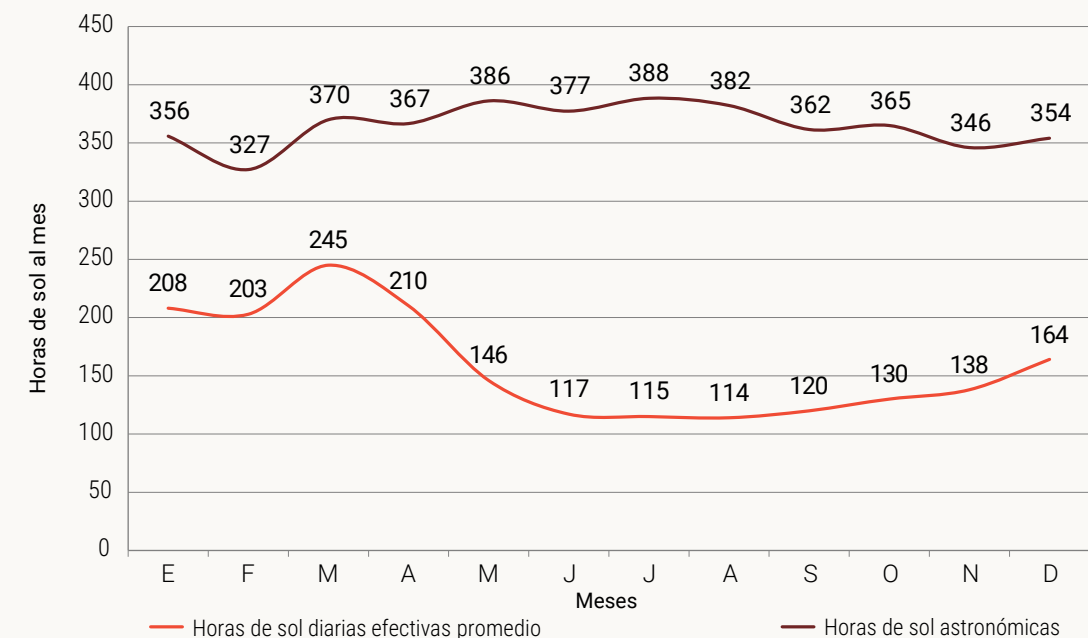


Figura 51 Horas Mensuales de Brillo Solar (CIGEFI, 2019).

Recorridos Solares.

Debido a la ubicación geográfica de Costa Rica, la fachada orientada al sur recibe radiación solar directa durante aproximadamente siete meses del año. Por otro lado, la fachada que mira hacia el norte recibe luz solar directa durante cerca de cuatro meses.

Las fachadas este y oeste reciben radiación solar durante todo el año. Sin embargo, la intensidad y el tiempo de exposición varían a lo largo del día: la fachada este capta la radiación solar en las horas de la mañana, mientras que la fachada oeste la recibe en las horas de la tarde.

El 27 de agosto y el 13 de abril, el sol alcanza su punto más alto y llega al cenit, las sombras al mediodía son más cortas, la radiación solar en las superficies horizontales será máxima y las fachadas este y oeste reciben la misma cantidad de radiación solar directa. En contraste, durante el solsticio de diciembre, el sol es cuando esta más bajo hacia el sur en el cielo, resultando en sombras más largas y una mayor exposición de las superficies del sur a la radiación solar. En los equinoccios de marzo y septiembre, el sol sale y se oculta cerca del este y oeste verdaderos, respectivamente, y la radiación solar está más uniformemente distribuida a lo largo del día.

Como se observa en la Figura 49, los meses con los mayores niveles de radiación solar recibidos, coinciden con los equinoccios.

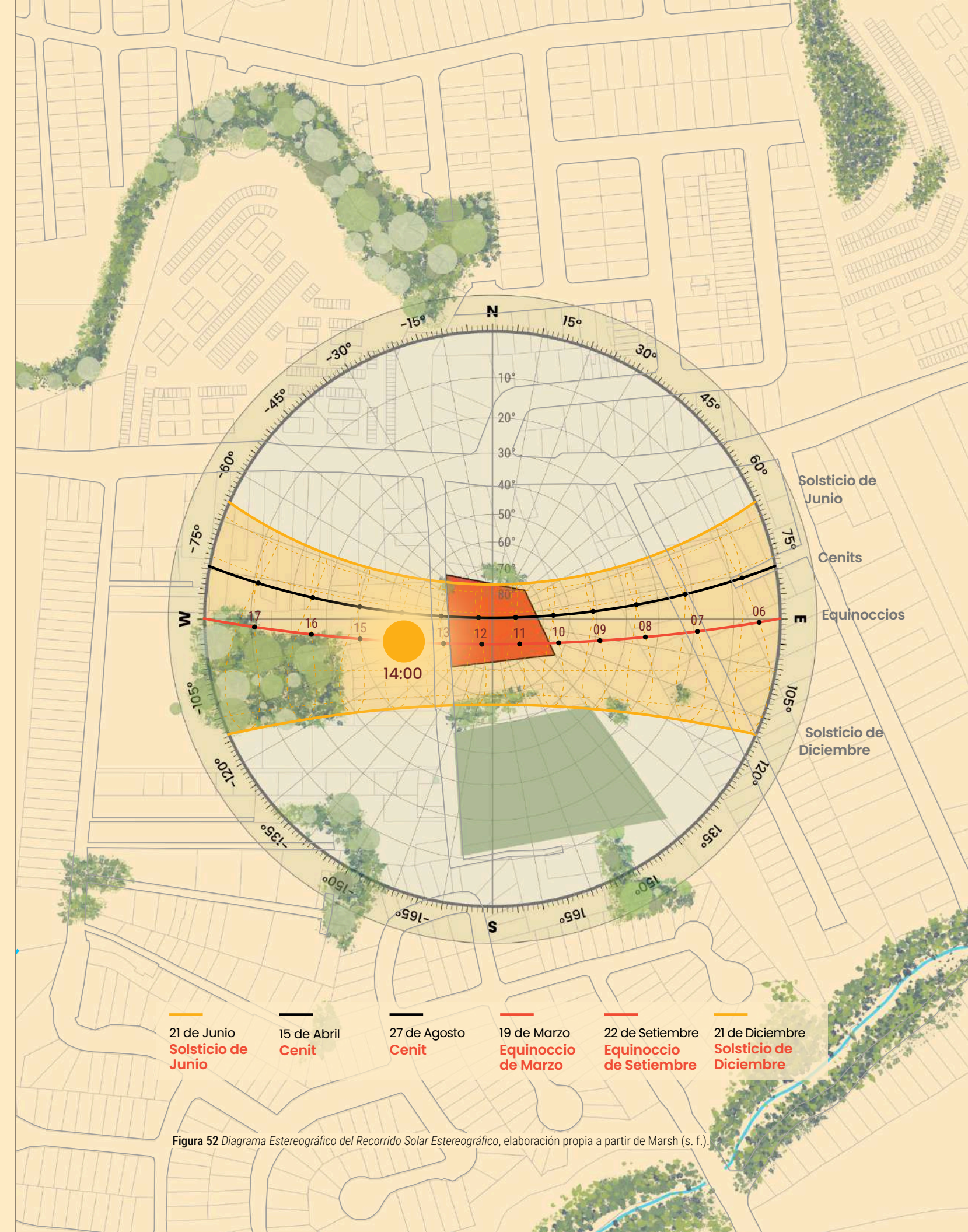


Figura 52 Diagrama Estereográfico del Recorrido Solar Estereográfico, elaboración propia a partir de Marsh (s. f.).

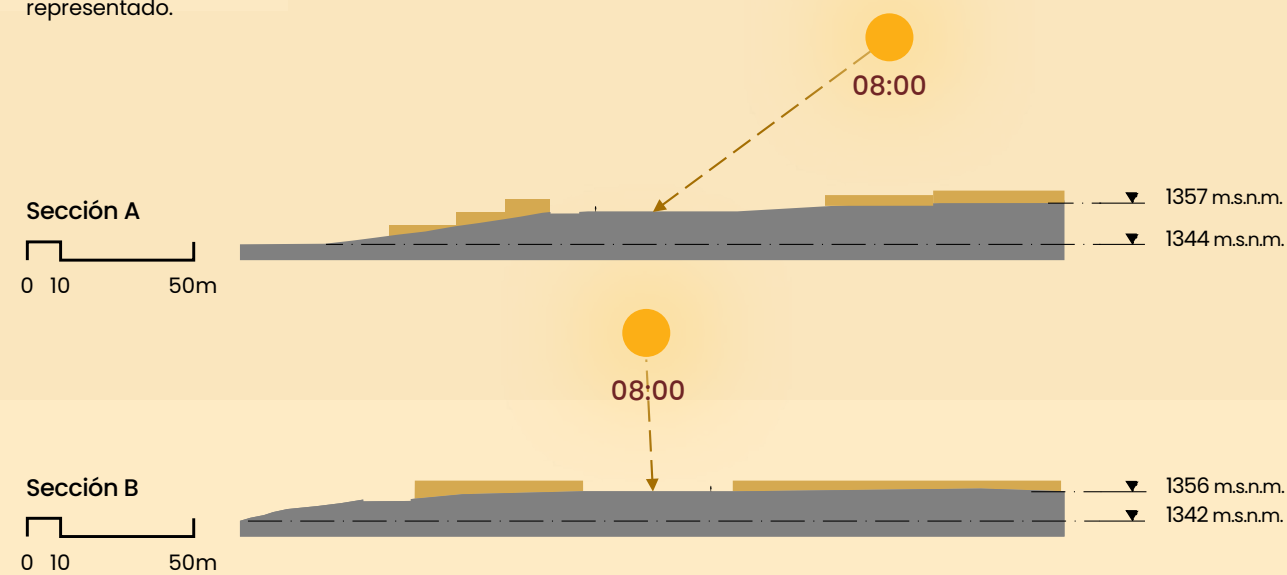
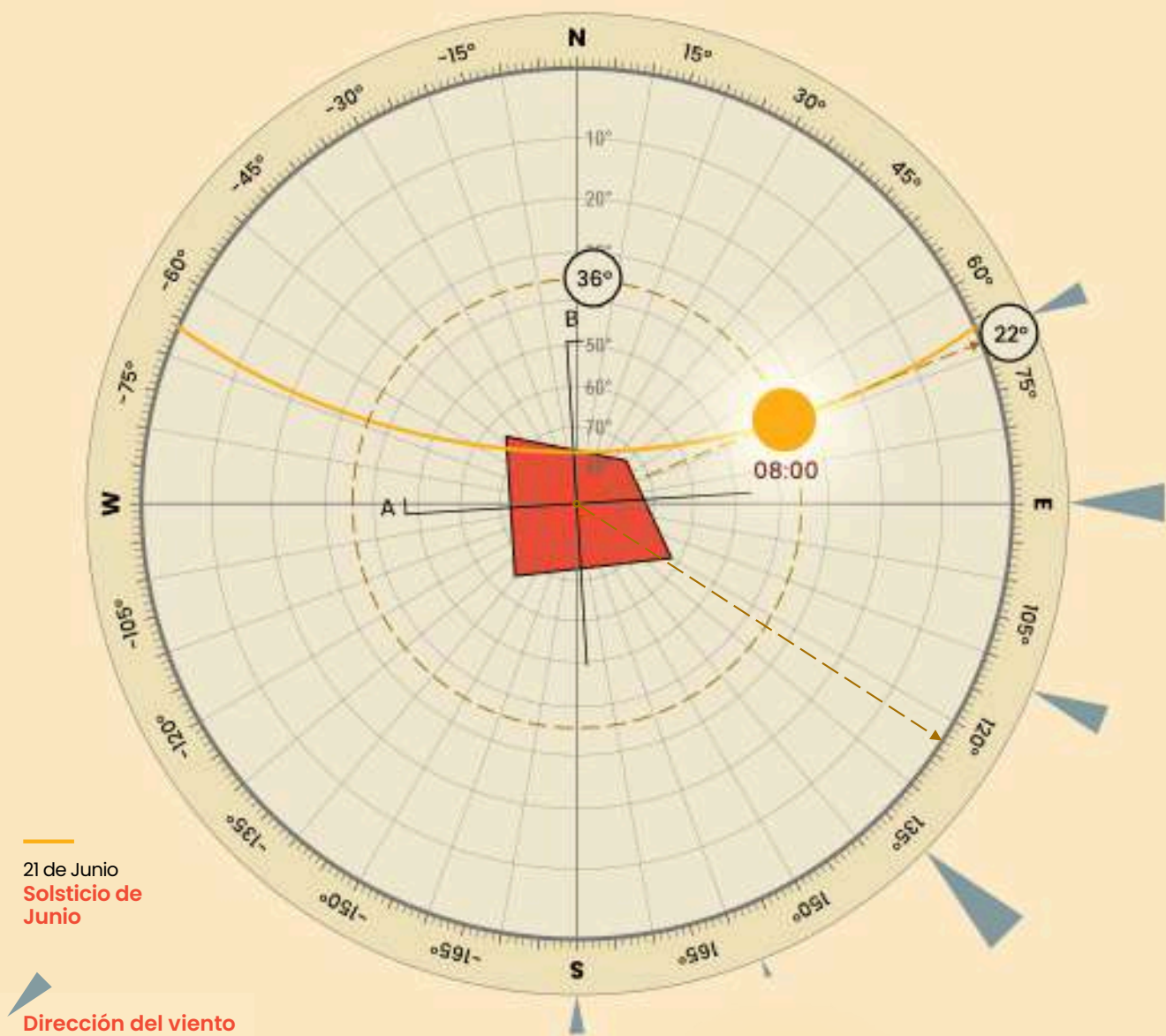


Figura 53 Recorrido Solar y Posición del Sol en el Solsticio de Junio a las 8:00 horas, elaboración propia a partir de Marsh (s. f.).

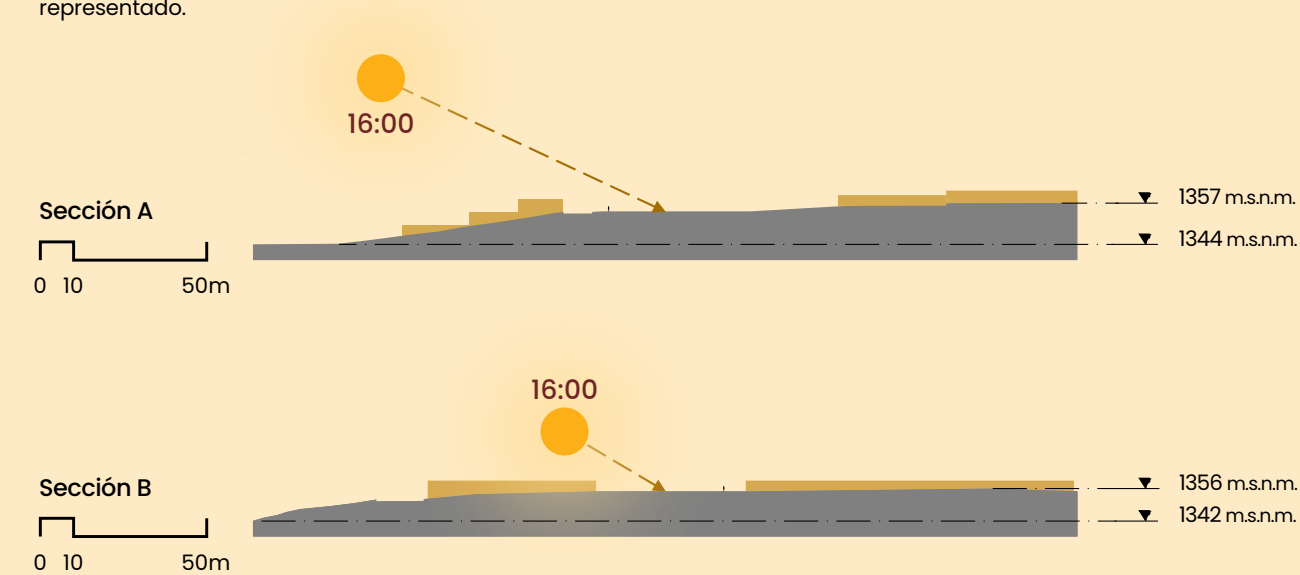
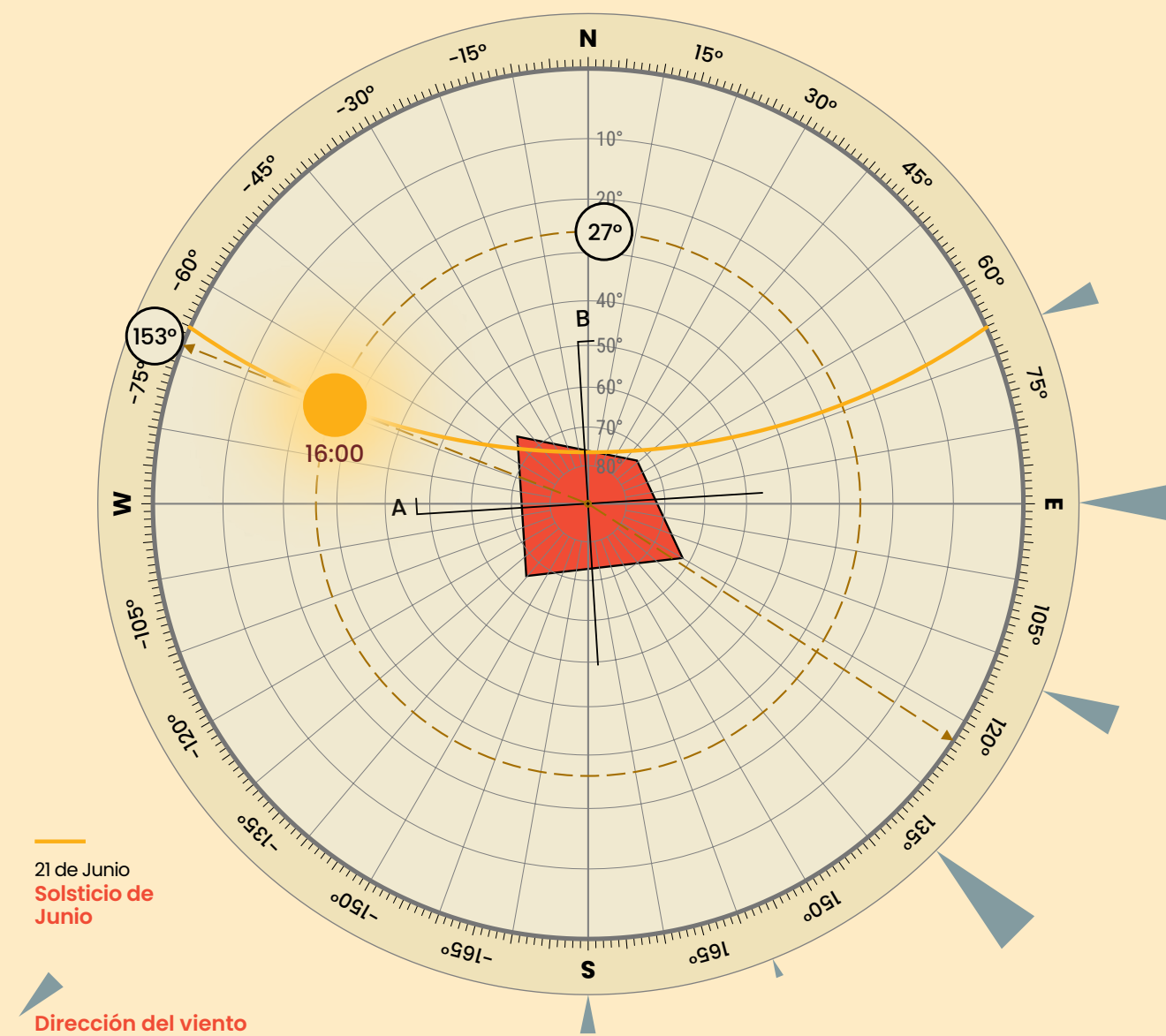


Figura 54 Recorrido Solar y Posición del Sol en el Solsticio de Junio a las 16:00 horas, Elaboración propia a partir de Marsh (s. f.).

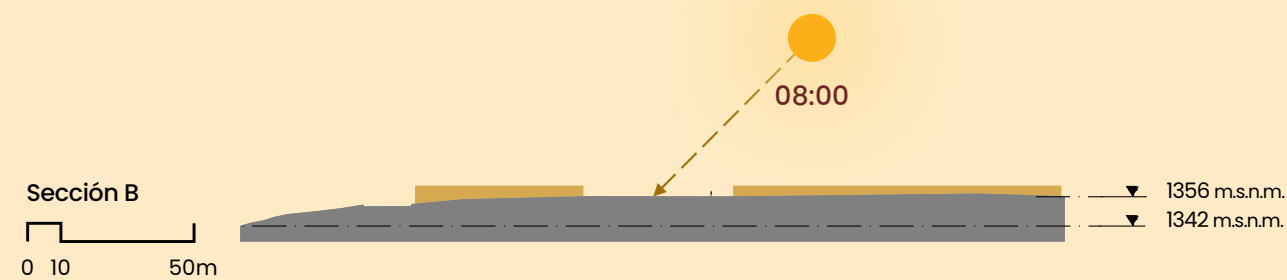
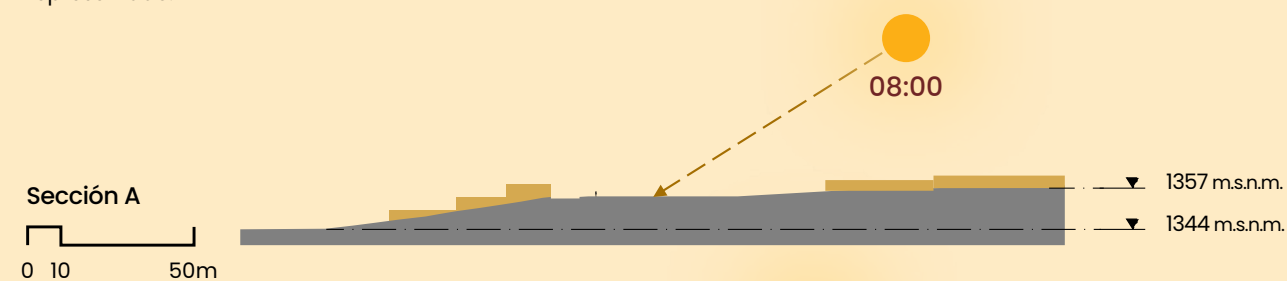
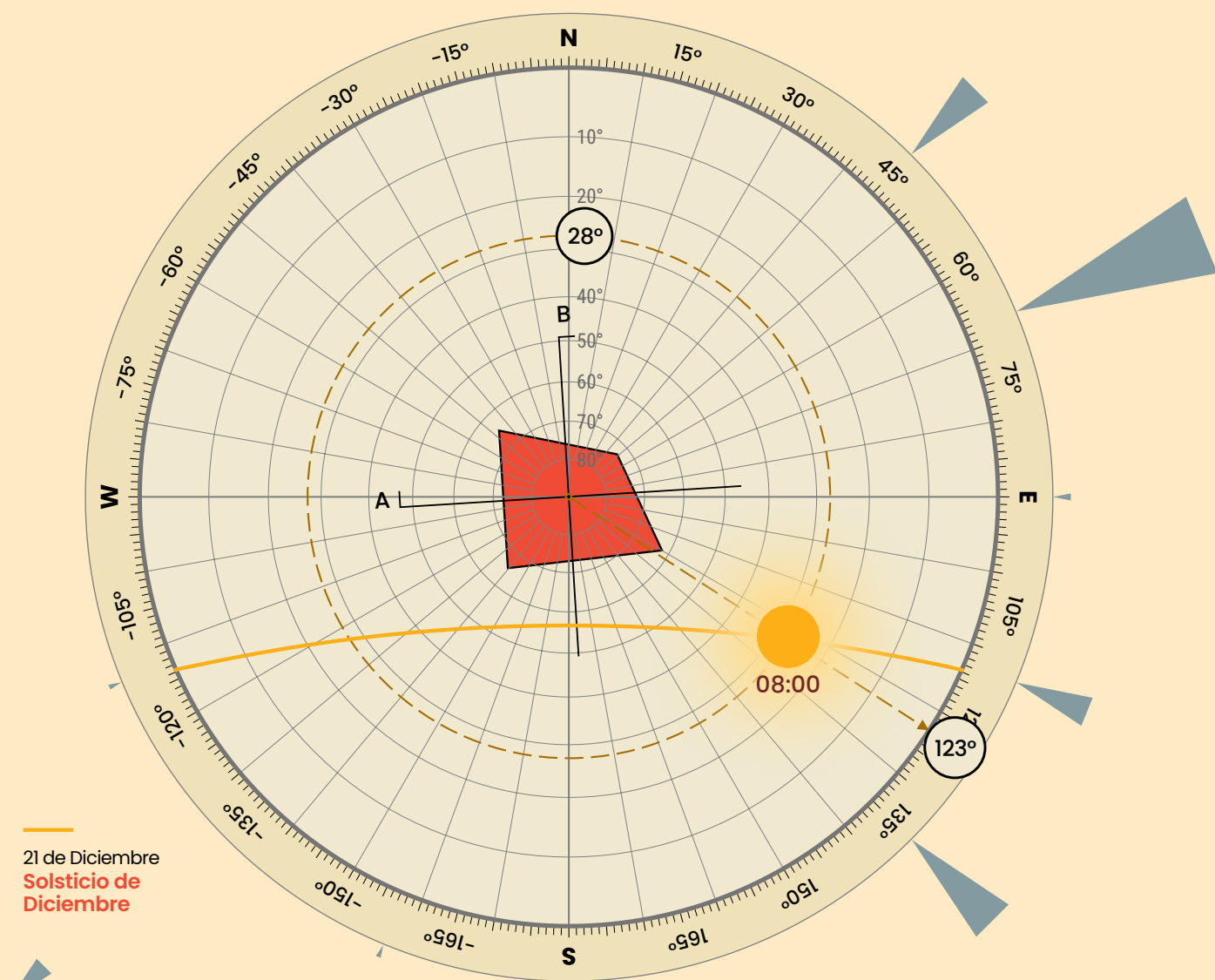


Figura 55 Recorrido Solar y Posición del Sol en el Solsticio de Diciembre a las 08:00 horas, elaboración propia a partir de Marsh (s. f.).

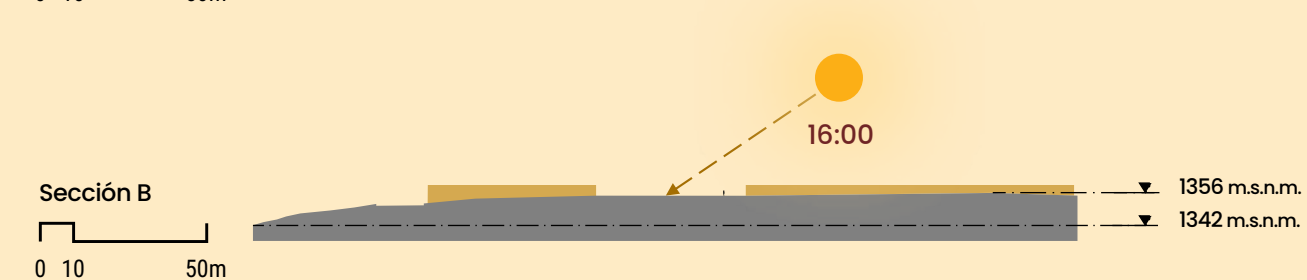
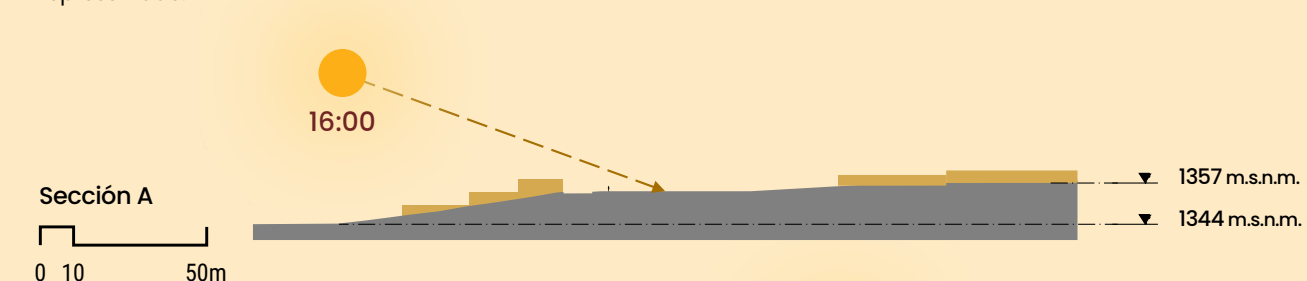
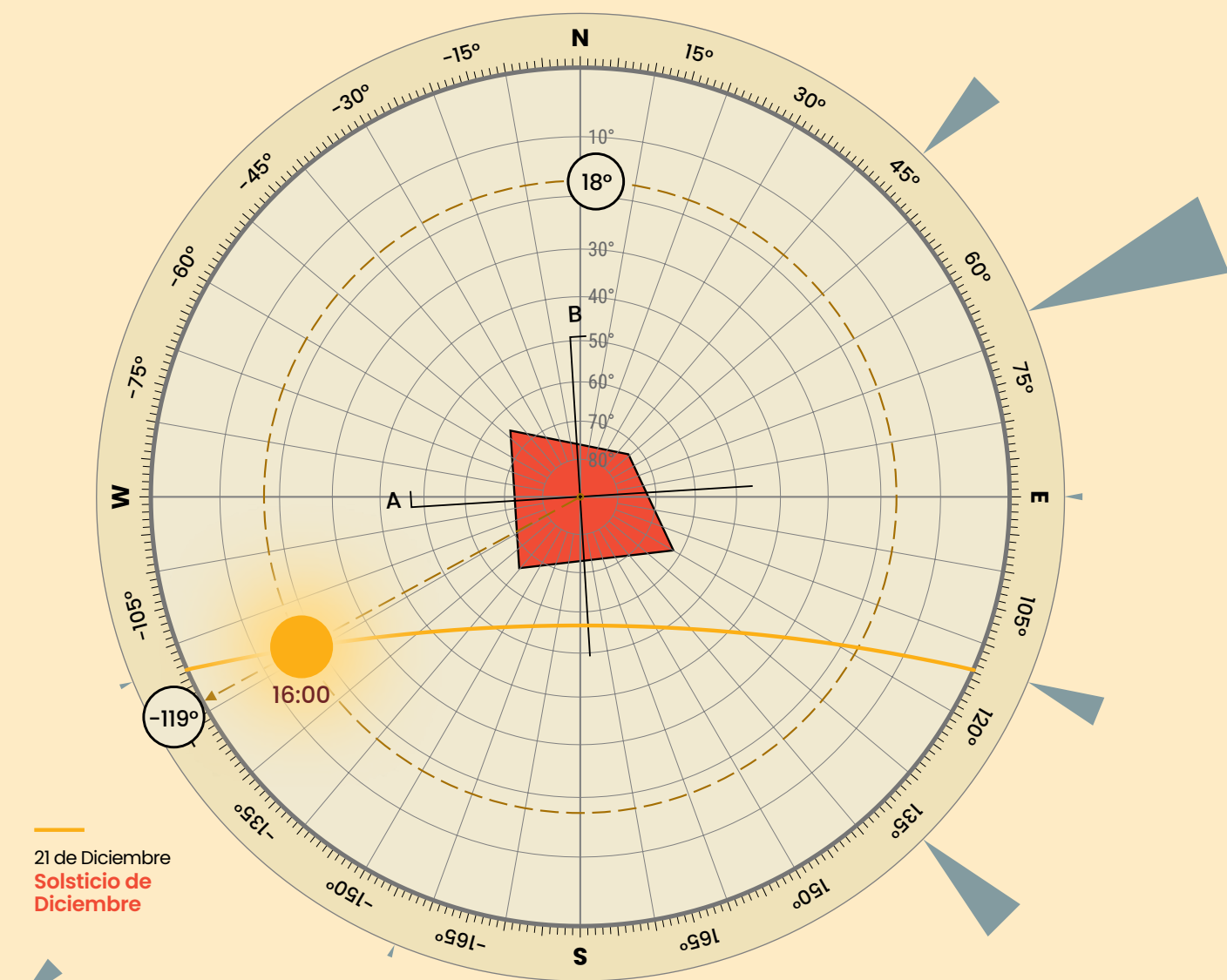
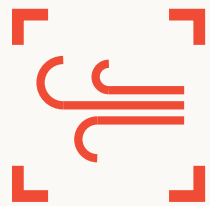


Figura 56 Recorrido Solar y Posición del Sol en el Solsticio de Diciembre a las 16:00 horas, elaboración propia a partir de Marsh (s. f.).



Viento

Los vientos predominantes provienen del noreste o noreste-este durante siete meses del año. Las velocidades más altas se experimentan al mediodía y en la tarde, intensificándose durante la estación seca. Los meses de mayo, junio, agosto y octubre muestran la mayor variabilidad en cuanto a dirección, mientras que los otros meses siguen patrones más constantes, en especial Julio y Diciembre, en los que el 55% del tiempo, el viento sopla desde el noreste-este. Las velocidades máximas de viento generalmente permanecen dentro de rangos moderados, raramente excediendo los 4.5 m/s.

Es recomendable aprovechar los patrones de viento prevalentes para implementar estrategias de ventilación pasiva y considerar la posibilidad de generar energía eólica.

DISTRIBUCIÓN HORARIA MENSUAL DEL VIENTO

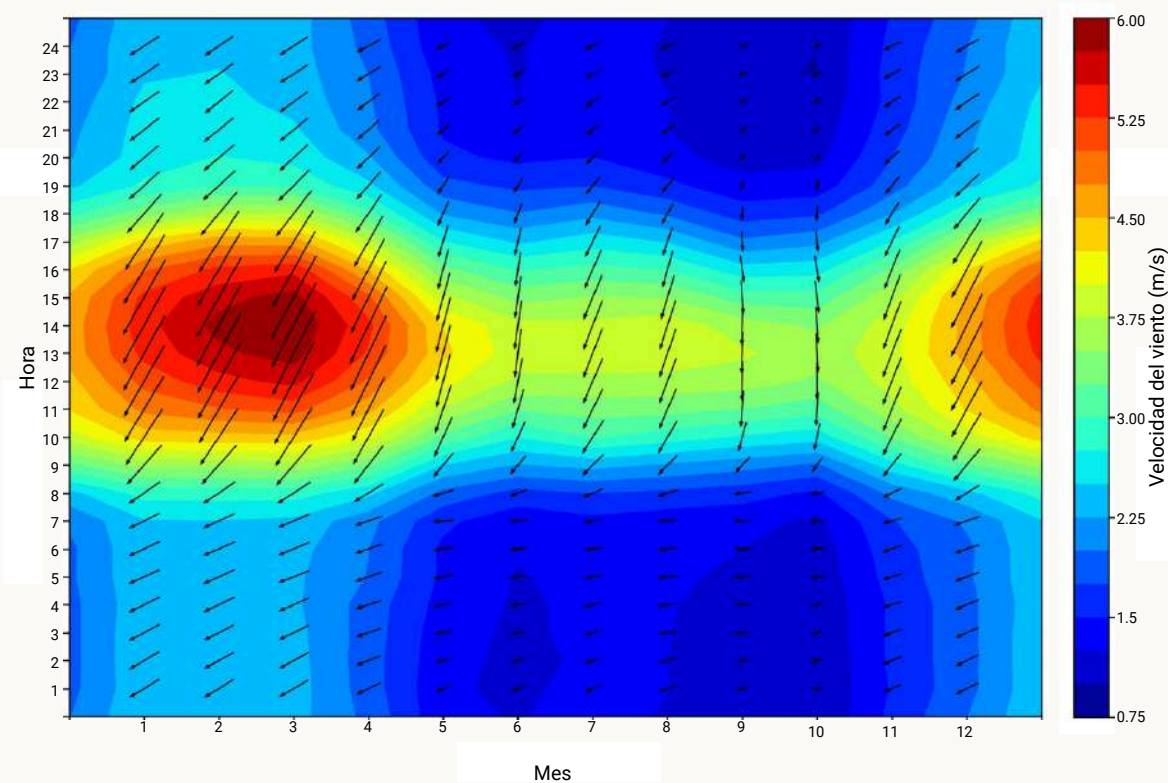


Figura 57 Distribución Horaria Mensual del Viento (CIGEFI, 2019).

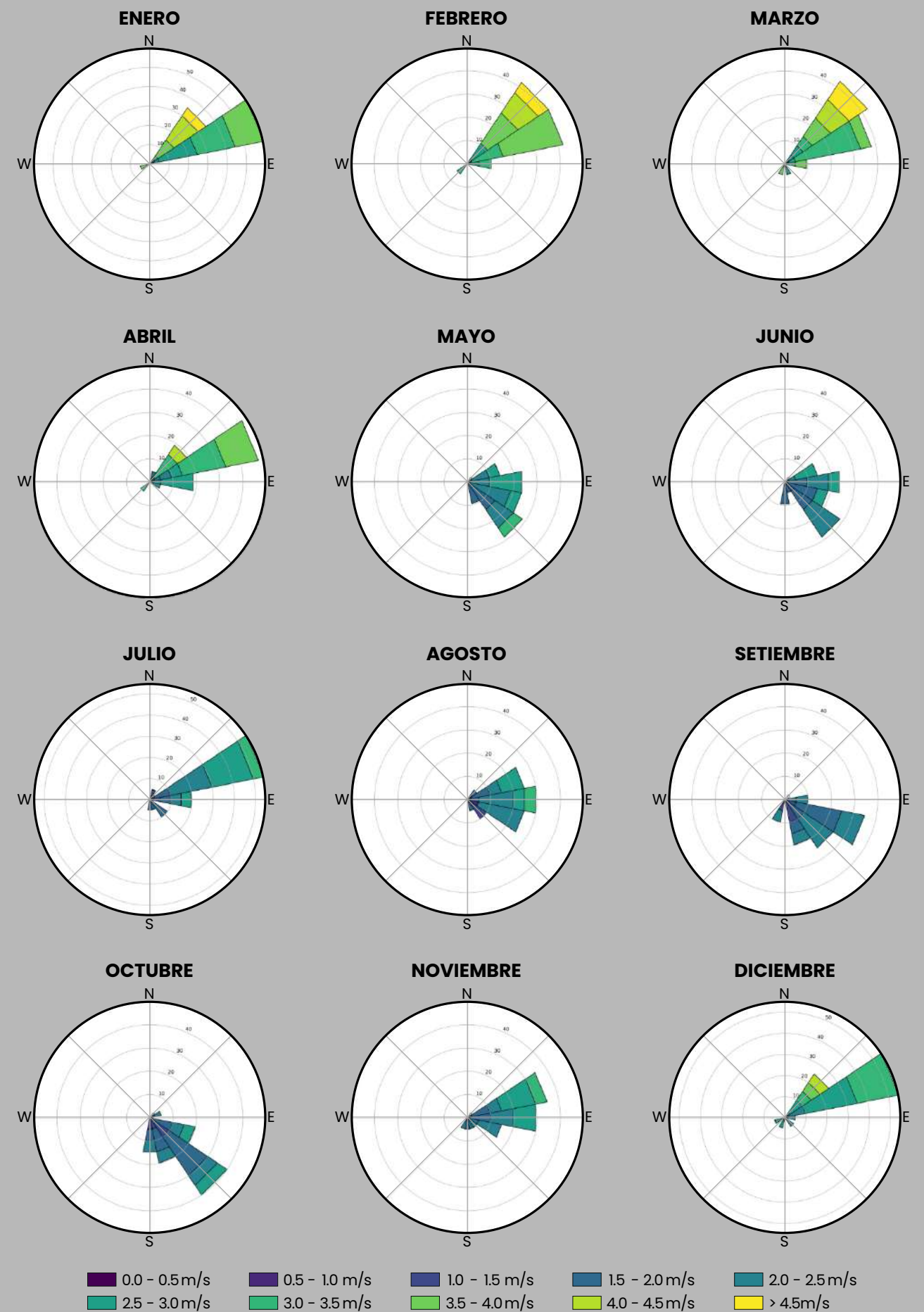


Figura 58 Rosa de los Vientos en la Superficie (CIGEFI, 2019).



PROCEDENCIA PROMEDIO DEL VIENTO

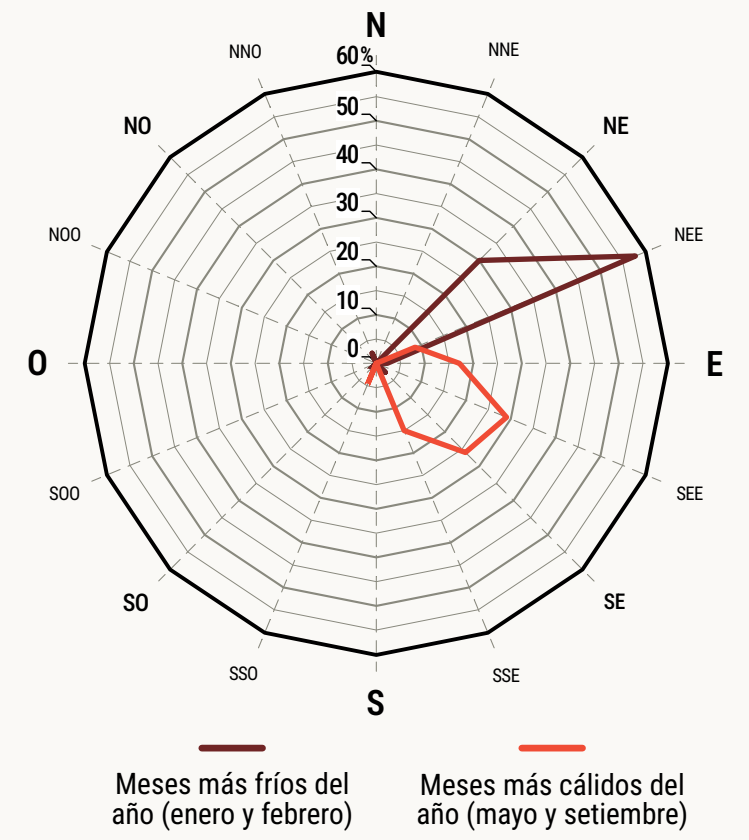
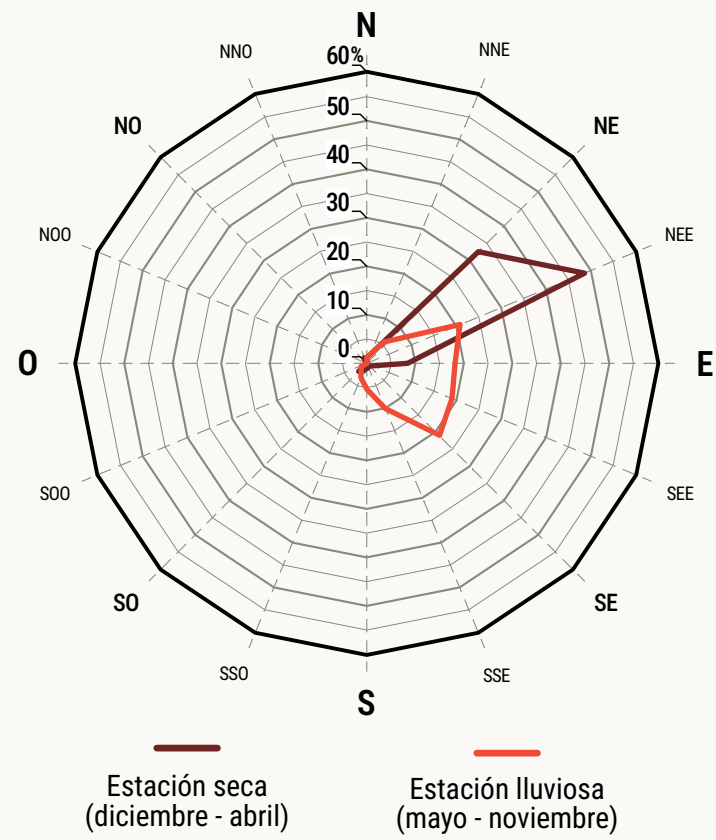
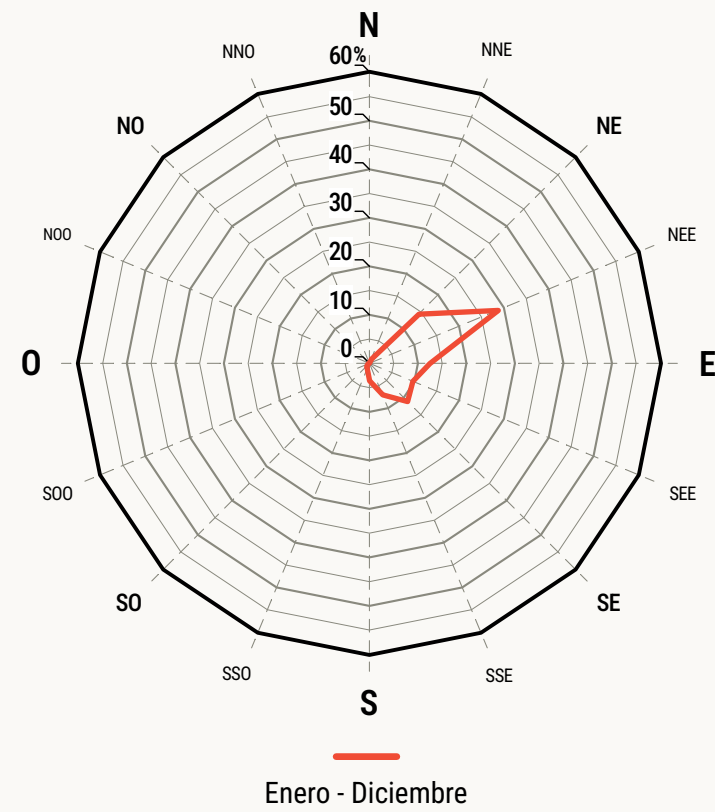
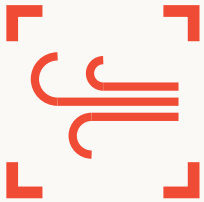


Figura 59 Procedencia promedio anual del viento, elaboración propia.



AJUSTE DE LA VELOCIDAD POR ALTURA Y RUGOSIDAD

La velocidad del viento varía según la altura, la rugosidad del terreno y la morfología de la zona. A medida que se incrementa la altura sobre el suelo, la velocidad del viento aumenta. Elementos como árboles, edificios y montañas generan turbulencias y resistencia, lo que reduce la velocidad del viento (Johanning Cordero & Castillo Barahona, 2016).

Los datos de la velocidad del viento proporcionados por la estación del CIGEFI se obtienen utilizando un anemómetro a 10 metros sobre el nivel del terreno. Esta es la altura que la Organización Meteorológica Mundial (WMO, por sus siglas en inglés) define como estándar para la medición de la velocidad del viento en estaciones meteorológicas (Organización Meteorológica Mundial, 2023).

Es importante tener en cuenta que esta estación meteorológica se ubica en un terreno relativamente despejado, pero con algunos obstáculos como árboles e inclusive edificaciones en las cercanías.

La siguiente ecuación permite hacer la corrección de la velocidad de viento reportada por la estación meteorológica, aplicando la rugosidad del sitio a una altura deseada (Fuentes V.A. y Rodríguez M, 2004).

$$V_H = V_{met} \left(\frac{\delta_{met}}{H_{met}} \right)^{\alpha_{met}} \left(\frac{H}{\delta} \right)^{\alpha}$$

V_H : Velocidad del viento a una altura H (m/s)

V_{met} : Velocidad meteorológica (m/s)

δ_{met} : Capa de fricción en la estación (m)

H_{met} : Altura meteorológica (m/s)

α_{met} : Exponente de velocidad media en la estación

α : Exponente de velocidad en el sitio

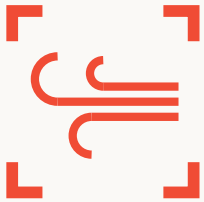
H : Altura de cálculo (m)

δ : Capa de fricción en el sitio (m)

CONSTANTES DE RUGOSIDAD DEL TERRENO PARA DIFERENTES CAPAS LÍMITE

Tipo de terreno	Rango de la altura de las obstrucciones (m)		Tipo de rugosidad	Capa de fricción o altura de capa límite (m) δ	Constante de rugosidad A_0	Longitud de rugosidad (m) Z_0	Exponente de velocidad media α
Mar abierto, tundra o desierto	0.0	0.3	0.3	250	1.29	0.001	0.11
Campo abierto con arbustos bajos o aeropuertos	0.3	0.6	1.0	300	1	0.030	0.15
Capo con vegetación media	1.0	1.9	2.0	350	0.77	0.095	0.20
Suburbios, poblados (máximo 2 niveles)	3.0	6.0	2.9	400	0.59	0.300	0.25
Zonas urbanas (entre 3 y 6 niveles)	9.5	19.0	3.9	450	0.46	0.950	0.30
Centros urbanos, edificios altos (más de 6 niveles)	20.0	60.0	4.8	500	0.35	3.000	0.36

Tabla 1 Constantes de rugosidad del terreno para diferentes capas límite (Fuentes V.A. y Rodríguez M, 2004).



CORRECCIÓN DE VELOCIDADES A DIFERENTES ALTURAS

A continuación, se seleccionan dos velocidades de viento representativas de los rangos bajos y altos durante el día, siendo estas 2.5 m/s y 5.5 m/s. Estas velocidades se calculan a dos alturas distintas, 1.5 m y 9 m, que coinciden con las elevaciones típicas de las aberturas en el primer y tercer piso de una edificación.

2.5 m/s

Velocidad meteorológica

1.5 m

Altura sobre el terreno

9 m

Altura sobre el terreno

$$V_{1.5} = 2.5 \left(\frac{350}{10} \right)^{0.2} \left(\frac{1.5}{400} \right)^{0.25}$$
$$V_{1.5} = 1.28 m/s$$

$$V_9 = 2.5 \left(\frac{350}{10} \right)^{0.2} \left(\frac{9}{400} \right)^{0.25}$$
$$V_9 = 1.98 m/s$$

5.5 m/s

Velocidad meteorológica

1.5 m

Altura sobre el terreno

9 m

Altura sobre el terreno

$$V_{1.5} = 5.5 \left(\frac{350}{10} \right)^{0.2} \left(\frac{1.5}{400} \right)^{0.25}$$
$$V_{1.5} = 2.81 m/s$$

$$V_9 = 5.5 \left(\frac{350}{10} \right)^{0.2} \left(\frac{9}{400} \right)^{0.25}$$
$$V_9 = 4.35 m/s$$



Humedad

La humedad relativa mensual (Figura 60) se mantiene consistente-mente por encima del 70%, experimentando un incremento durante los meses de mayo a octubre. A lo largo del día, presenta variaciones moderadas, oscilando entre el 80% y el 72% durante las horas de operación previstas para el centro.

Es requerido implementar sistemas de ventilación eficaces que controlen el exceso de humedad interna para evitar la acumulación de condensación, lo cual es necesario para mantener una buena calidad del aire y confort interior. Además, la selección de materiales de construcción y acabados debe realizarse con especial atención a su resistencia a condiciones de alta humedad.

91.5 %

Máxima humedad anual

64.5 %

Mínima humedad anual

DISTRIBUCIÓN HORARIA MENSUAL DE LA HUMEDAD RELATIVA

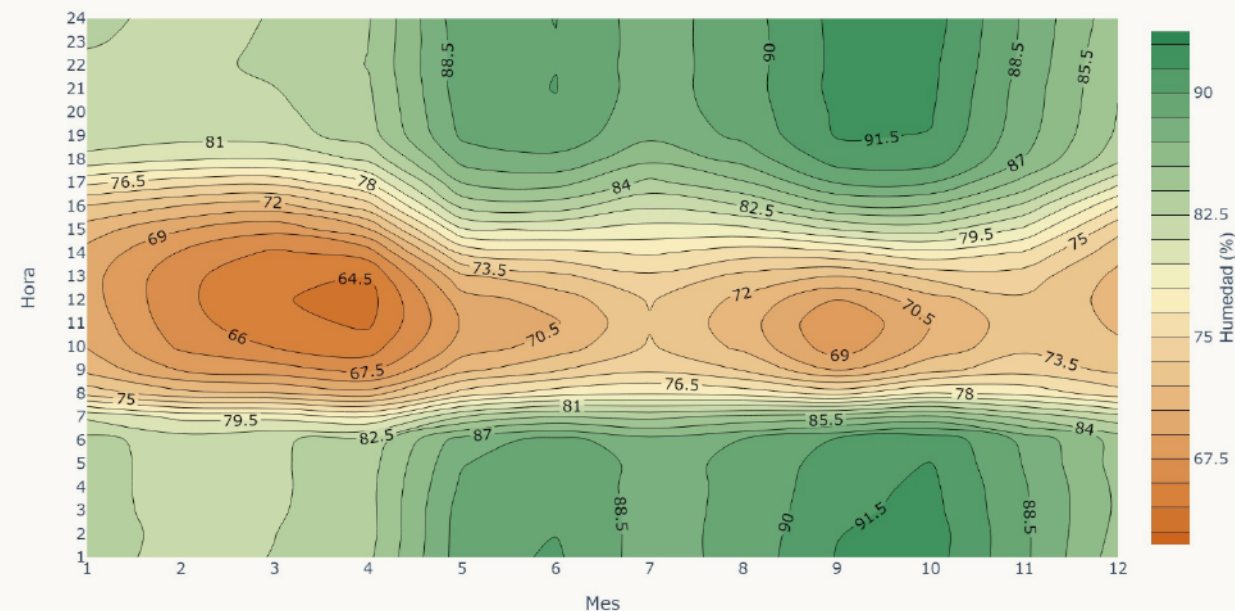


Figura 60 Distribución Horaria Mensual de la Humedad Relativa (CIGEFI, 2019).

HUMEDAD RELATIVA DIARIA HORARIA



Figura 61 Humedad relativa diaria horaria para el año 2023 (Betti, G. et al, 2023).

Tablas de Mahoney.

Caracterización Climática	
Cálido húmedo	Temperatura por encima de los 20 °C y humedad relativa mayor al 70%, en promedio anual.
Según sensación higrotérmica	Condiciones principalmente neutras (59% del año), y en segundo término frías (41%).
Temas	Tácticas de bioclimatización recomendadas
Configuración en planta	Orientación Norte-Sur, con eje largo Este-Oeste.
Configuración espacial	Configuración compacta; habitaciones adyacentes entre sí.
Distribución espacial para efectos de ventilación	Habitaciones agrupadas, sin necesidad de ventilación para enfriamiento.
Tamaño de los vanos	Grandes: 50 - 80 % de la superficie de fachada.
Posición de los vanos	Sin indicación especial.
Aberturas en cerramientos interiores	No es necesaria su consideración.
Protección de Vanos	Sombreado total y permanente.
Muros y Pisos	Ligeros de bajo calor específico.
Cubiertas	Ligeras, bien aisladas.
Exteriores	No se recomendando el uso de exteriores como lugares de estancia. Considerar drenes suficientes ante lluvias intensas.

Tabla 2 Tabla de Mahoney para el Lote del CDH, elaboración propia a partir de Tablas de Mohoney para Montes de Oca.

Coeficientes de Serra y Coch.

Coeficientes de forma general del edificio	Grado recomendado y tácticas de bioclimatización aplicables
Compacidad	Compacidad baja. Configuración espacial y volumétrica lineal.
Porosidad	Porocidad intermedia. Patios centrales pueden ser favorables.
Categorías	Técnica Recomendada
Asentamiento	Asentamiento intermedio. Espacios entresolados que aseguren un mediano contacto con el subsuelo.
Adosamiento	Adosamiento intermedio. Cuando menos dos costados del edificio adosados a otro(s) edificio(s).
Pesadez	Pesadez intermedia. Cerramientos medianamente densos.
Perforación	Perforación intermedia. Vanos abiertos con una superficie entre 25% y 40% del área de fachada.
Transparencia	Transparencia intermedia. Un área de acristalada mayor al 50% de los superficie en los vanos.
Aislamiento	Aislamiento intermedio. Aislamiento en la envolvente pero no en exceso.
Tersura	Tersura intermedia. Fachadas con algunos pliegues de hasta 0,5 m de saliente, que produzcan algo de sombra.
Textura	Textura intermedia. Superficies exteriores medianamente rugosas que permitan intercambio por convección.
Color	Intermedia absortividad (α). Acabados de superficies exteriores a base de colores medios ($0,5 \leq \alpha \leq 0,7$)
Variabilidad	Variabilidad baja. Arreglo de elementos y dispositivos con un mínimo de variabilidad según la época del año.

Tabla 3 Tabla de Serra y Coch para el Lote del CDH, elaboración propia a partir de los Coeficientes de Serra y Coch para Montes de Oca.

Carta Psicrométrica

ANÁLISIS
CLIMÁTICO DE
LA ZONA

La carta psicrométrica de Montes de Oca (Figura 62), muestra los datos climáticos recopilados por la estación del CIGEFI para el año 2023. Estos datos corresponden al rango de entre las 7:00 am y las 8:00 pm, y permiten analizar las variaciones de temperatura y humedad relativa durante las horas de mayor ocupación en el CDH. Este análisis es útil para comprender cómo estas variables influyen en el confort de los usuarios y para plantear estrategias bioclimáticas que mejoren las condiciones ambientales del edificio.

Se puede observar que más de la mitad de las horas de funcionamiento del CDH, la humedad y la temperatura se encuentran afuera de la zona de confort establecida por el estándar Givoni (Hernández, 2014).

La alta humedad relativa, que en algunas horas del día supera el 80% e inclusive el 90%, afecta negativamente la sensación térmica, haciendo que las temperaturas se sientan más altas de lo que realmente son. Este exceso de humedad limita la capacidad del cuerpo para enfriarse de manera natural a través de la evaporación del sudor, lo que genera incomodidad.

El mismo estándar sugiere una estrategia bioclimática para mejorar la sensación de bienestar de los usuarios: promover la ventilación natural.

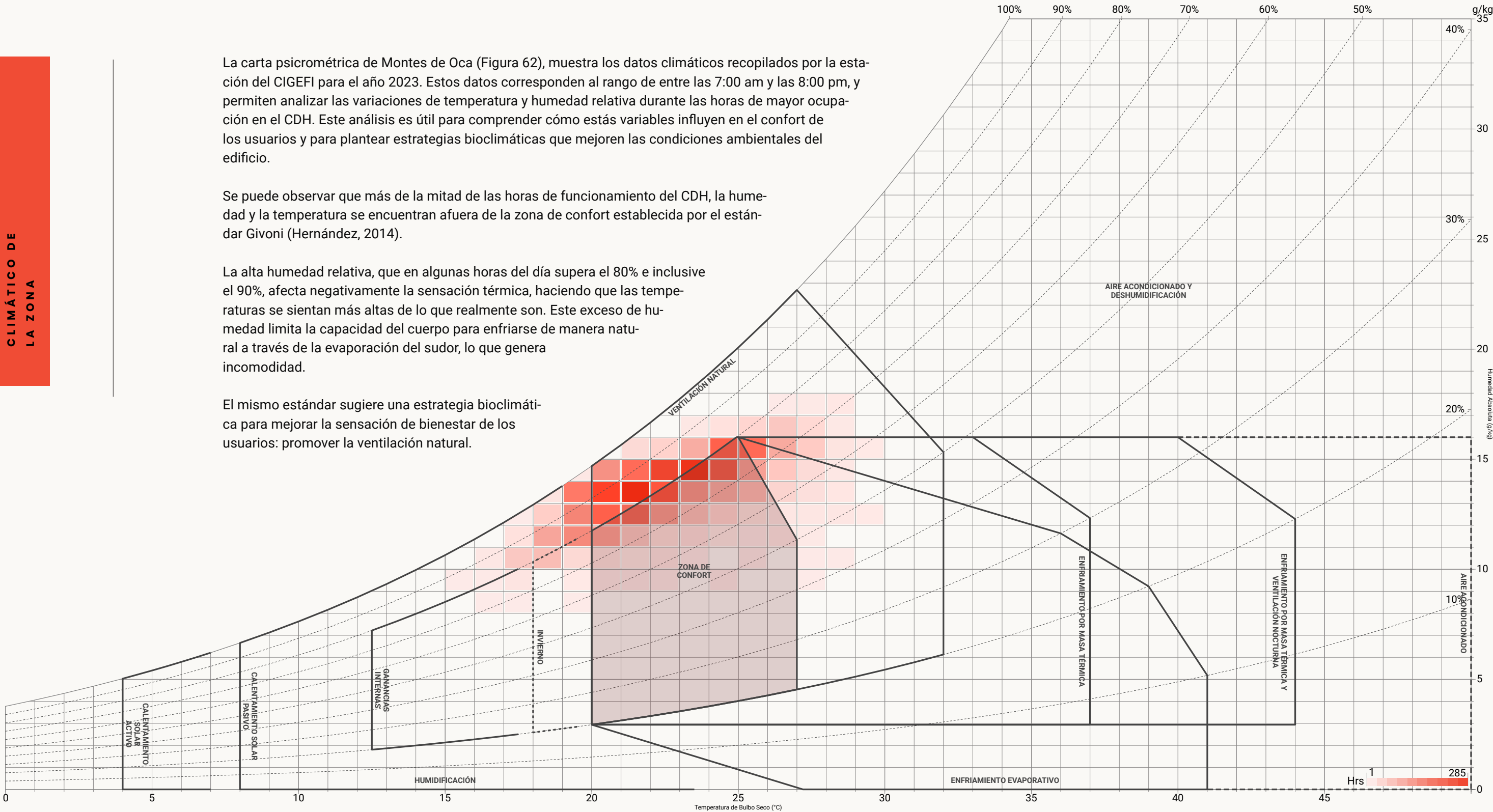


Figura 62 Carta psicrométrica de Montes de Ocapara el año 2023, elaboración propia a partir de Marsh, A. (2019).

**RECOMENDACIONES
A PARTIR DEL
ANÁLISIS DE SITIO**

Entorno Físico

RECOMENDACIONES
A PARTIR DEL
ANÁLISIS DE SITIO

Recomendaciones Topografía

El lote seleccionado para el CDH presenta una variación de altura de 1.5 metros entre su punto más alto y el más bajo, según las curvas de nivel suministradas por la Municipalidad de Curridabat. Actualmente, este terreno es ocupado por el edificio de la antigua Escuela de Granadilla, por lo cual ya sido ya modificado y nivelado

El punto más elevado de la propiedad se ubica en la parte posterior, lo que favorece la evacuación de las aguas pluviales hacia el sistema de alcantarillado. No obstante, la leve inclinación podría resultar en acumulación de agua en ciertas áreas; por lo que se deben implementar medidas preventivas para evitar este problema. Se aconseja priorizar el uso de superficies verdes sobre las duras, siempre que sea posible, contribuyendo así a la reducción del efecto isla de calor y a la absorción del agua en el subsuelo. A pesar de las características favorables del terreno, se recomienda implementar una infraestructura robusta y resiliente para el manejo de las aguas pluviales, debido a la abundante precipitación durante la estación húmeda.

La pendiente promedio más significativa en el lote es de aproximadamente 2%, la cual es casi imperceptible. Se sugiere la construcción de terrazas para gestionar adecuadamente esta diferencia de altura y optimizar el uso del espacio..

Se recomienda la implementación de barreras como árboles o arbustos para amortiguar un poco la incidencia de las corrientes del sureste y sureste-este, que como ya se ha mostrado en este trabajo, pueden incidir a velocidades mayores a los 4.5 m/s.

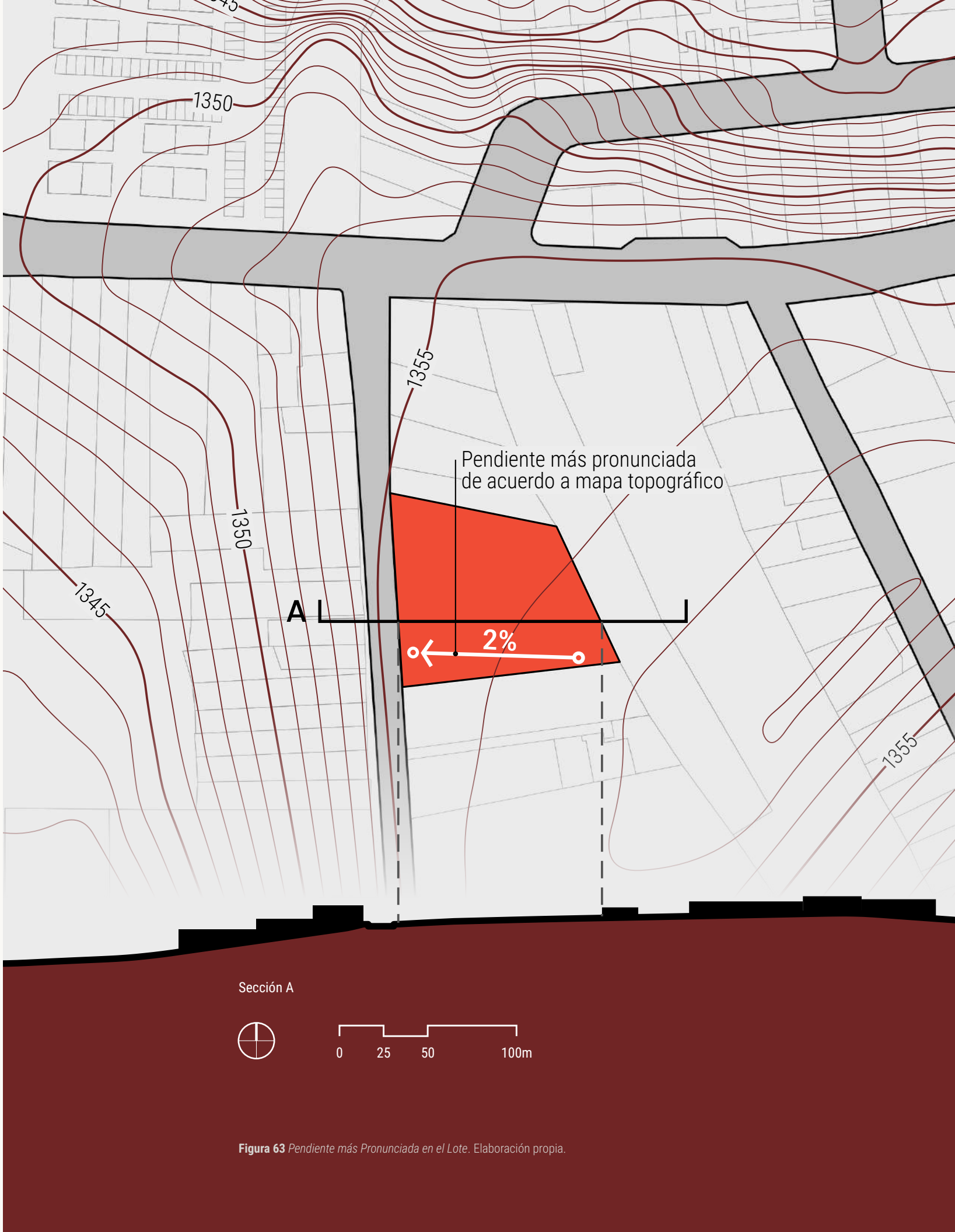


Figura 63 Pendiente más Pronunciada en el Lote. Elaboración propia.

Entorno Físico

RECOMENDACIONES
A PARTIR DEL
ANÁLISIS DE SITIO

Recomendaciones Construcciones vecinas



Figura 64 Vista Sur-Norte sobre la Calle de Ingreso al Proyecto, autoría propia, 2024.



Construcciones vecinas. Las edificaciones adyacentes al terreno seleccionado para el CDH son predominantemente de tipo residencial, con alturas que varían entre uno y dos pisos. Debido a su baja elevación, estas construcciones no proyectan sombras significativas que afecten la incidencia solar en el terreno del CDH. Asimismo, no generan sombras importantes de viento ni efectos de canalización que podrían intensificar la velocidad del viento, como ocurre con el efecto de Venturi.

Para mitigar la influencia de las corrientes provenientes del sureste y sudeste, que pueden alcanzar velocidades superiores a los 4.5 m/s, se sugiere la implementación de barreras naturales como árboles o arbustos. Estas servirán para amortiguar la incidencia del viento y contribuirán a un diseño más resiliente y sostenible del entorno construido.

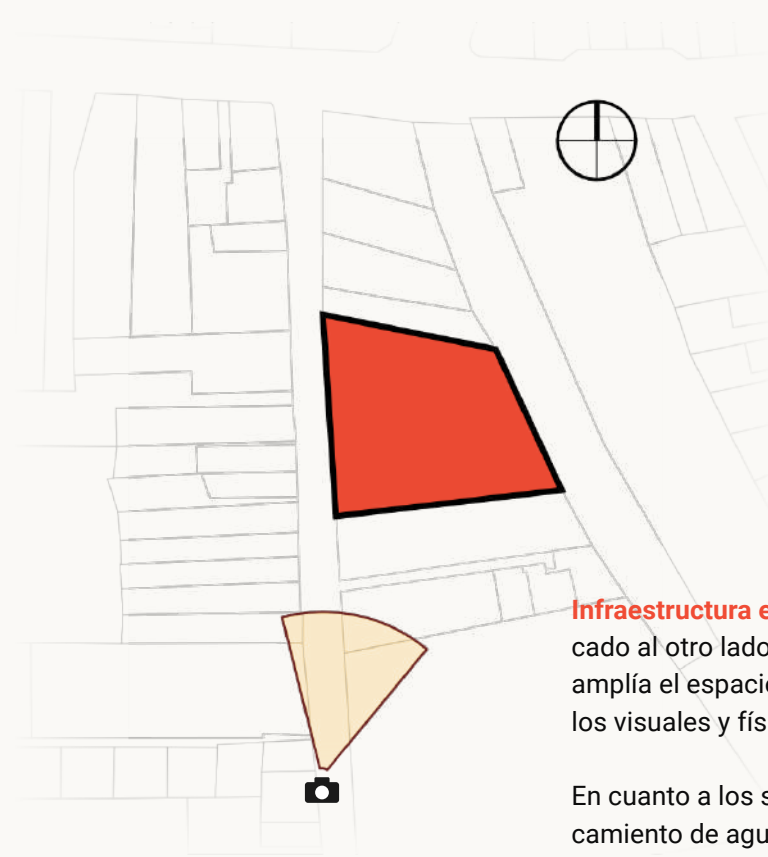
Se recomienda realizar un estudio más profundo de las dinámicas de viento a nivel micro en el área, para diseñar estrategias precisas que aprovechen estas corrientes para mejorar la ventilación natural y reducir el uso de sistemas de climatización artificial.

La construcción de un hito. Como se mencionó anteriormente, el terreno del proyecto no está ubicado en la calle principal de la zona, sino en una calle sin salida y de bajo tránsito. Para compensar esta ubicación menos visible, se propone que el Centro de Desarrollo Humano incorpore un elemento arquitectónico alto que destaque por encima de las construcciones vecinas. Este diseño no solo aumenta la visibilidad del CDH, sino que también lo establece como un hito en el área.

Entorno Físico

RECOMENDACIONES
A PARTIR DEL
ANÁLISIS DE SITIO

Recomendaciones Infraestructura



Infraestructura existente. Los postes del tendido eléctrico están ubicado al otro lado de la calle frontal, lo cual es beneficioso porque amplía el espacio utilizable para el ingreso al CDH y elimina obstáculos visuales y físicos, facilitando un acceso más abierto.

En cuanto a los sistemas de drenaje a vía pública, se observa estancamiento de agua en los caños a ambos lados de la calle, lo que resulta en malos olores. Este problema sugiere que probablemente los vecinos están vertiendo aguas grises en esta infraestructura.

Ante esta situación, se recomienda que la municipalidad realice inspecciones en las construcciones de la zona para verificar si efectivamente están vertiendo aguas grises a la vía pública. Esto con el fin de tomar las medidas correspondientes para resolver o al menos mitigar este problema. Se sugiere también implementar un plan de acción que incluya campañas de concientización sobre el manejo adecuado de las aguas residuales.



Figura 65 Vista Sur-Norte sobre la Calle de Ingreso al Proyecto, autoría propia, 2024.

Entorno Físico

Recomendaciones

Cobertura Vegetal



Figura 66 Mapa de Cobertura Vegetal en los Alrededores del Lote, elaboración propia.

Vegetación Existente. El lote para el CDH presenta muy poca vegetación. En el área del frente, destaca un árbol de ciprés con una copa densa, un fuste de aproximadamente 2.5 m y una altura de unos 7.5 m. Este ciprés parece ser de la especie más común que se encuentra en el Valle Central, por lo que sería un *Cupressus lusitanica*, una especie originaria de México y de ciertas áreas de Guatemala, Honduras y El Salvador, introducida en Costa Rica a principios del siglo XX (Mundo Forestal, s.f.). Este árbol puede causar efectos negativos a las plantas nativas coexistentes (Barquero-Salgado et al., 2013). Mundo Forestal indica que la sombra densa del ciprés y la resina de sus hojas secas tienen un fuerte efecto herbicida, eliminando toda la vegetación circundante y dejando el suelo desnudo.

Un problema particularmente importante que presentan estas especies es que las termitas atacan el interior del tronco de los árboles adultos, haciendo que se desplomen sin ningún aviso previo de que el árbol esté enfermo (Mundo Forestal, s.f.). Debido a esto, se recomienda eliminar estos cipreses y sembrar árboles que estén entre las especies recomendadas por la Municipalidad de Curridabat en el documento "Guía de Plantas Dulces". Entre las características deseadas para los nuevos árboles están:

- Sombra a lo largo del año. Especialmente en los meses de mayor radiación solar.
- Sin impactos negativos a las construcciones adyacentes (pavimentos, postes, techos, etc.). En cualquier caso, se deben tomar las medidas necesarias para evitar cualquier afectación a la infraestructura o a los usuarios.
- La capacidad de atraer polinizadores, y dispersores de semilla, características fundamentales para la sostenibilidad y regeneración de los ecosistemas urbanos.

Entorno Físico

Recomendaciones Cobertura Vegetal



Figura 67 Vista Norte-Sur sobre la Calle de Ingreso al Proyecto, elaboración propia.



Riesgos de la Rayería Asociados a la Poca Vegetación. Dado que hay pocos árboles en la zona, se recomienda la instalación de un pararrayos para reducir la posibilidad de que un rayo impacte alguno de los árboles existentes o futuros. Los árboles altos son los más vulnerables, especialmente aquellos que crecen solos en áreas abiertas.

Según Maderero (2021), los rayos pueden afectar tanto las funciones biológicas como la integridad estructural de un árbol. A lo largo del camino de la descarga, la savia dentro del árbol hierve, generando vapor y causando que las células en la madera exploten. Cuando el rayo atraviesa completamente el tronco, los árboles suelen morir.

Además, muchos árboles resultan gravemente heridos internamente o bajo tierra por los rayos, incluso en ausencia de síntomas externos visibles. La electricidad del rayo puede pasar del tronco del árbol a través de las raíces y disiparse en el suelo, causando daños a las raíces. Este daño subterráneo puede hacer que el árbol decaiga y muera sin mostrar signos significativos en la superficie (Maderero, 2021).

La instalación de un pararrayos no solo protege la integridad de los árboles, sino que también ayudan a prevenir lesiones que causan los rayos. De acuerdo a Centers for Disease Control and Prevention [CDC] (s.f.), un rayo puede causar lo que se conoce como **descarga lateral**, el cual es un fenómeno en que un rayo puede rebotar de un árbol u otro objeto hacia una persona cercana.

Entorno Físico

RECOMENDACIONES
A PARTIR DEL
ANÁLISIS DE SITIO

Recomendaciones Especies Vegetales



Cedro María
(*Calophyllum brasiliense*)
Árbol

Provee sombra en estación lluviosa, sus raíces son profundas por lo que no interfieren con el entorno urbano. De acuerdo a Smithsonian Tropical Research Institute (s.f.-a), esta especie presenta una copa redondeada y follaje denso, alcanzando una altura de entre 10 y 35 m.

Polinizadores: insectos.
Dispersores: aves, murciélagos y ardillas.



Higuerón Paleta
(*Ficus obtusifolia*)
Árbol

De rápido crecimiento. Copa muy amplia, excelente árbol de sombra (Mundo Forestal, 2022). Florece durante todo el año. El Smithsonian Tropical Research Institute (s.f.-b) indica que alcanzan alturas de entre 10 y 30 m y que florecen y fructifican durante todo el año.

Polinizadores: abejas, mariposas y colibríes.
Dispersores: Pájaros.



Amapola
(*Malvaviscus arboreus*)
Arbusto

De gran belleza visual. Rápido crecimiento, follaje persistente. De acuerdo a Rojas-Sandoval (2015), alcanza una altura de 1m,

Polinizadores: murciélagos, avispa y abejas.
Dispersores: ardillas.



Rabo de Zorro
(*Stachytarpheta cayennensis*)
Arbusto

Planta arbustiva con flores moradas que crecen en estructuras terminales muy llamativas. Nexet (2015), indica que esta hierba puede alcanzar alturas de hasta 2.5 m.

Polinizadores: colibríes, avispa, mariposas y moscas.
Dispersores: gravedad.



Cucaracha
(*Radescantia zebrina*)
Cubresuelos

Flores grandes, de unos 15 cm, de color rojizo y estructuras simétricas muy vistosas y muy aromáticas. Es una hierba perenne que se extiende rápidamente (Naturalista Costa Rica, s. f.).

Polinizadores: abejas y avispa.
Dispersores: pájaros.

Figura 68 *Especies Vegetales Recomendadas* elaborado a partir de: Municipalidad de Curridabat, (s. f.-b), Treeworld Wholesale (2023), Cordia Eriostigma 3zz.jpg - Wikimedia Commons, (2008), Gardens Online Pty. Ltd., (s. f.), Garden Tags, (s.f.) y Flora & Fauna Web, (s. f.).

Bioclimatología

Recomendaciones

Estrategias de Diseño Pasivo

El proyecto del Centro de Desarrollo Humano de Granadilla se fundamenta en principios de la arquitectura bioclimática, lo que implica la utilización de materiales que contribuyan al confort térmico pasivo del edificio. Este enfoque busca maximizar el uso de los recursos naturales, como la luz solar y la ventilación natural, para reducir la necesidad de sistemas mecánicos de climatización. En una zona de clima templado-cálido en el trópico húmedo, es crucial diseñar estrategias que enfrenten la alta humedad y las temperaturas elevadas.

Primero se muestran a manera general los principios utilizados en la conceptualización del inmueble para luego profundizar más en ellos.

Orientación y Distribución.

Orientación del Edificio. Orientar el edificio para aprovechar las brisas predominantes y reducir la exposición directa al sol. En general, se debe minimizar la exposición de las fachadas este y oeste para evitar el calor directo del sol de la mañana y la tarde. De acuerdo al resultado obtenido del análisis de la metodología de Mahoney, se debe proyectar un eje largo en sentido Este-Oeste (Tabla 2).

Aprovechamiento de la Luz Natural.

Ventanas. Utilizar ventanas con vidrios de alta eficiencia energética y recubrimientos de baja emisividad (Low-E) para maximizar la entrada de luz natural y disminuir el aumento de la temperatura. Utilizar elementos arquitectónicos para disminuir la ganancia solar, tales como un parasoles o entramados.

Bioclimatología

Recomendaciones

En Cuanto a lo Bioclimático

Ventilación Natural.

Ventilación Cruzada. Debido a la alta humedad, casi constante durante todo el año, se debe de disponer de ventanas operables en fachadas opuestas y en diferentes alturas para facilitar la ventilación cruzada, necesario para mantener el aire en movimiento y reducir la sensación de bochorno. El centro va a operar únicamente de manera diurna, así que no es necesario el control en las horas de la noche.

Aislamiento Térmico.

Techos. El análisis de Mahoney (Tabla 2) recomienda utilizar cubiertas bien aisladas. Se deben usar materiales aislantes adecuados para climas húmedos, como la lana de roca, y láminas aislantes tipo Prodex, que resisten la humedad y no se degradan fácilmente.

Control Solar Pasivo.

Protecciones Solares. Instalar aleros amplios, persianas exteriores y brise-soleil para controlar la cantidad de radiación solar que entra al edificio y proteger las áreas internas del sobrecalentamiento.

Vegetación y Paisajismo. Usar árboles y vegetación nativa para proporcionar sombra natural y reducir la temperatura del entorno inmediato del edificio. Los jardines verticales también pueden mejorar el

microclima y la eficiencia térmica.

Inercia Térmica.

Materiales de Alta Inercia Térmica. Emplear materiales como la arcilla y el concreto que puedan absorber el calor durante el día y liberarlo lentamente durante la noche.

Recomendaciones
Viento

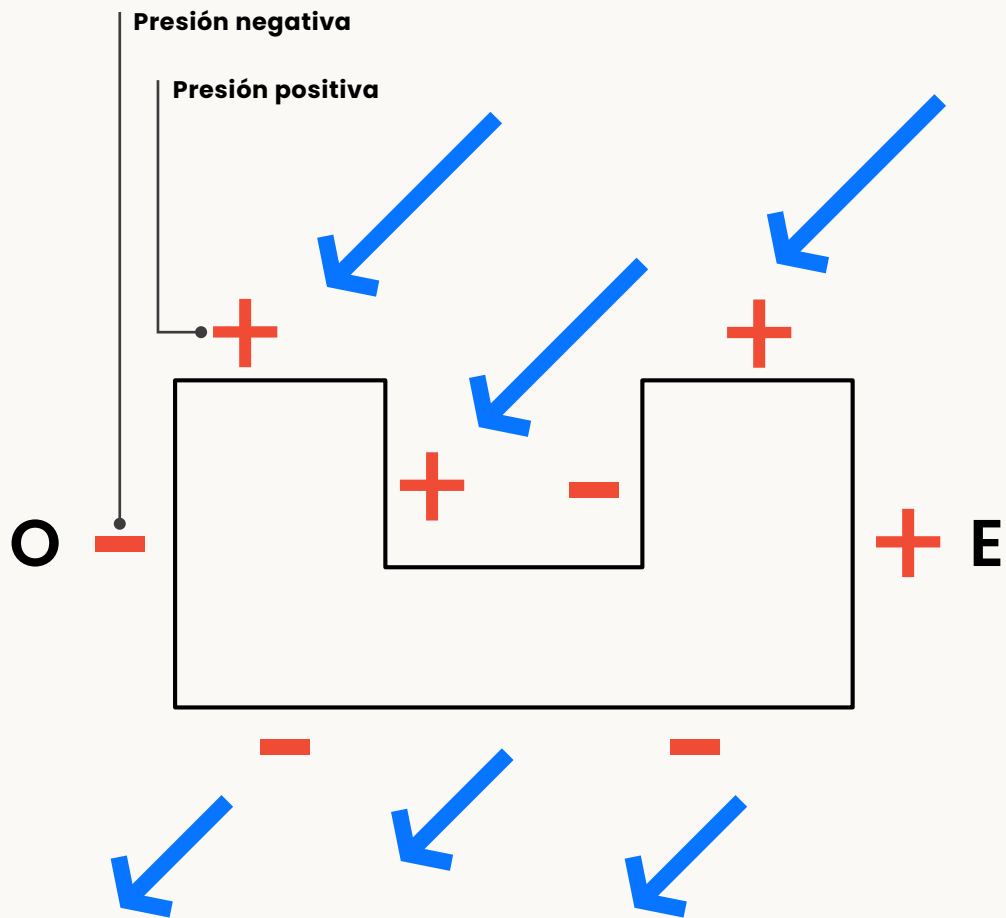


Figura 69 Incidencia de los vientos predominantes, autoría propia.

Ventilación Pasiva. Para mejorar el confort de los usuarios del CDH, se integran en su diseño las siguientes estrategias bioclimáticas de ventilación:

- Ventilación cruzada.
- Optimización de la velocidad del viento.
- Enfriamiento por estratificación.

Ventilación cruzada. Como se indica en las figuras 37 y 39, la dirección predominante del viento es desde el noreste-este o del sureste, dependiendo de la época del año. Estos patrones deben aprovecharse para pasar la mayor cantidad posible de aire a través de las edificaciones.

En la Tabla 2, se observa que al aplicar la metodología de Mahoney para la zona, las edificaciones deben ser alargadas en el eje este-oeste. Esta orientación permite una mejor captación de los vientos predominantes, mejorando así la ventilación natural y el confort térmico en los espacios interiores.

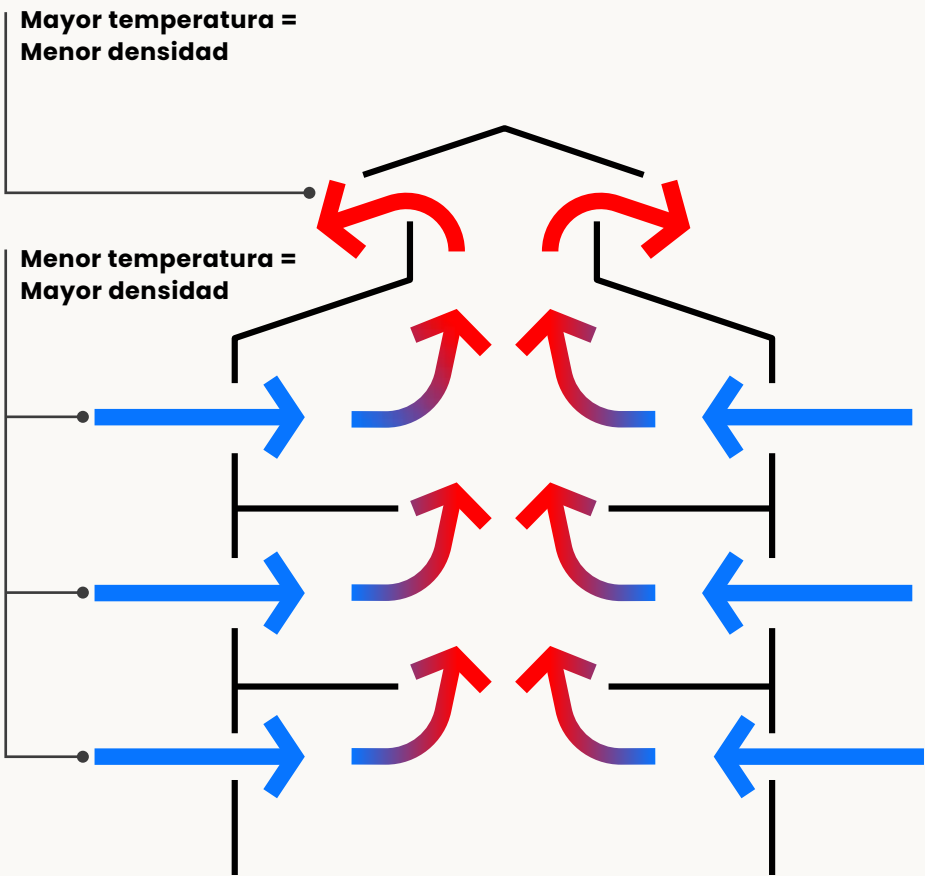
Optimización de la velocidad del viento. Los vientos provenientes del sureste y el sureste-este alcanzan velocidades entre 2 y 3 m/s, mientras que los provenientes del noreste y noreste-este pueden alcanzar velocidades de más de 4.5 m/s (Figura 58).

Cuando el viento ingresa a las edificaciones, su velocidad disminuye. Cândido (2010) menciona que distintas fuentes han propuesto diferentes velocidades máximas aceptables para actividades en interiores, que varían entre 0.5 y 2.5 m/s. Entre esos, la norma ASHRAE 55-2004, que estipula una velocidad máxima de 0.8 m/s.

La velocidad de los vientos que provienen del noreste y el noreste-este puede resultar molesta, por lo que se deben implementar soluciones para disminuir su velocidad, como elementos paisajísticos, así como proveer a los usuarios de sistemas para controlar la cantidad de viento que ingresa.

Es importante considerar que, según Cândido, en climas cálidos y húmedos, los ocupantes tienden a preferir velocidades de viento más altas porque una mayor velocidad ayuda a disipar el calor corporal de una manera más efectiva.

Recomendaciones
Viento



Ventilación por estratificación. También conocida como ventilación por efecto chimenea, es una estrategia que puede emplearse como alternativa o en conjunto con la ventilación cruzada. Mientras que en la ventilación cruzada el flujo principal de aire es horizontal, en la ventilación por estratificación el movimiento del aire es vertical.

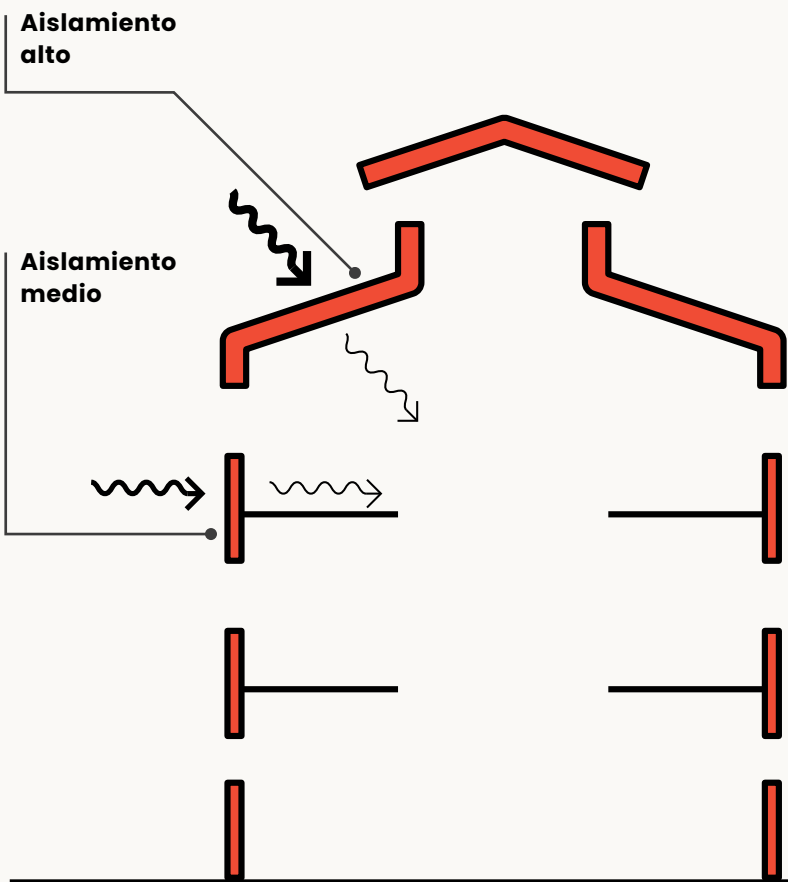
Esta técnica utiliza las diferencias de temperatura para mover el aire. El aire caliente asciende debido a su menor densidad y presión más baja, creando un efecto de succión que permite la entrada de aire fresco del exterior. Este proceso es útil para renovar el aire en el interior de los edificios, eliminando el aire viciado y reemplazándolo por aire fresco.

Venture Well destaca que esta estrategia es eficaz incluso en días sin corrientes de aire, ya que la baja presión generada por el aire caliente en ascenso permite la entrada de aire fresco. Además, la implementación de la ventilación por estratificación en un edificio puede resultar en una diferencia de temperatura de al menos 1.7°C más baja en el interior en comparación con el exterior.

Figura 70 Diagrama del comportamiento del viento por efecto de estratificación, autoría propia.

Recomendaciones

Temperatura



Temperatura. La zona tiene una variabilidad moderada de temperatura a lo largo del año, lo cual favorece la implementación de estrategias de climatización pasiva. De acuerdo a los resultados de los análisis hechos con Mahoney y Serra & Coch, se recomienda un nivel de aislamiento medio para la envolvente del edificio, mientras que las cubiertas requieren un aislamiento alto. Además, se recomienda asentar el edificio directamente en el suelo para facilitar el intercambio térmico.

Los resultados de estas metodologías también sugieren optar una baja compactad y una volumetría lineal para permitir que la ventilación natural mantenga un ambiente interior confortable.

Figura 71 Aislamento en cerramientos, autoría propia.

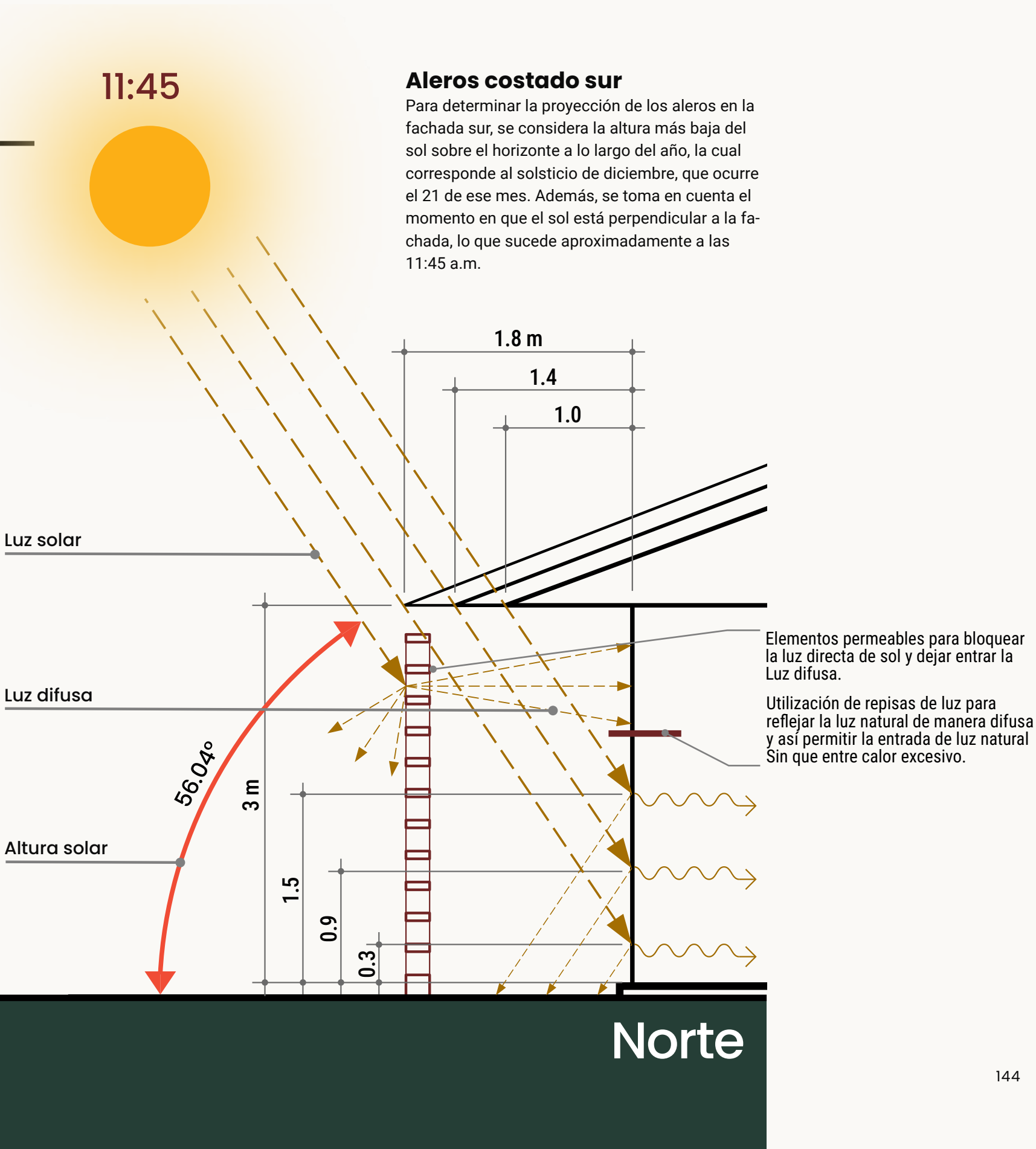
Recomendaciones

Radiación Solar

Los dos meses con la mayor radiación solar en el año, marzo y setiembre, (figura 49) coinciden con los dos equinoccios (figura 52). En esas fechas, el sol describe una curva que se inclina ligeramente hacia el sur. Los valores más altos de radiación solar se dan entre las 11:00 am y la 1:00 pm, y la altura solar entre 74.83° en marzo y 78.04° en setiembre.

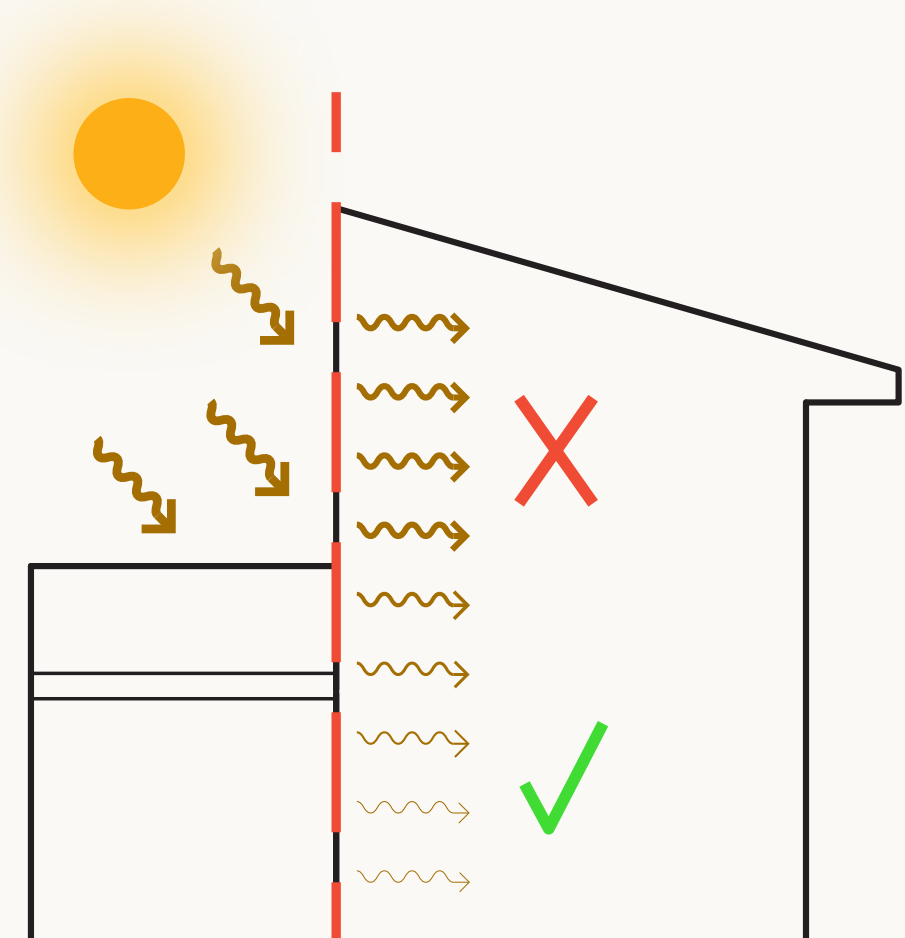
El diseño del inmueble debe permitir una adecuada iluminación natural a los interiores pero evitando el sobrecalentamiento. Se debe tener en cuenta que los altos niveles de radiación no se presentan solo en estos dos meses, sino durante todo el año, especialmente durante la estación seca. Por lo tanto, el diseño del centro debe incluir estrategias de sombreado y ventilación para moderar el incremento de las temperaturas internas.

Figura 72 Insidencia solar, autoría propia.



Recomendaciones

Radiación Solar

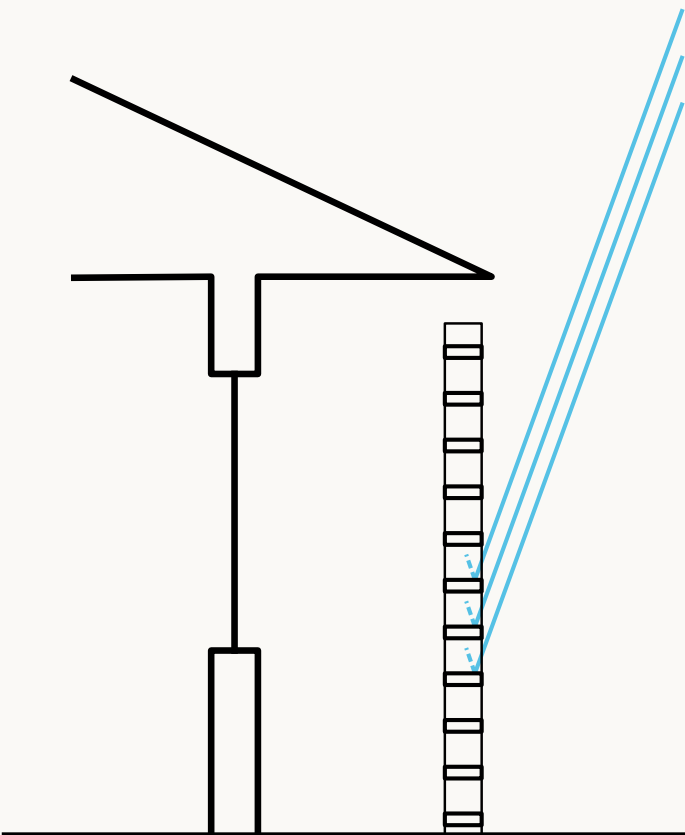


Adosamiento. El adosamiento es una estrategia bioclimática que consiste en minimizar la superficie de contacto de un edificio con el exterior para reducir las pérdidas o ganancias de calor a través de la envolvente (Ávalos Hurtado, 2011).

Los resultados de la metodología de Serra y Coch (Tabla 3) recomiendan un adosamiento intermedio, sugiriendo que uno o dos costados del edificio estén adosados a otras edificaciones con el objetivo de disminuir las ganancias de calor producidas por la radiación solar.

Figura 73 Efecto del Adosamiento en la Ganancia de Calor por Radiación Solar, autoría propia.

Recomendaciones Precipitación



Precipitación.

Debido a la fuerte estación lluviosa que se presenta en el país, se debe diseñar considerando la recolección y el manejo adecuado del agua pluvial, así como la adaptación de los espacios exteriores para su utilización durante todo el año. Según se observa en la figura 59, durante la estación húmeda, la mayoría de los vientos proceden de las puntos cardinales comprendidos entre noreste-este y el sureste. Esto sugiere que la dirección predominante de la lluvia también proviene de esas direcciones, lo cual requiere una atención adicional en la protección contra el agua en los vanos de las fachadas correspondientes.

Se recomienda la utilización de aleros amplios de al menos 1.2 metros de proyección. Con el fin de poder abrir ventanas mientras llueve, se puede utilizar un muro adicional que funcione como una mampara, haciendo que el cerramiento exterior se componga de un muro doble. Este muro exterior debe permitir la vista y la ventilación, pero al mismo tiempo, desviar el agua pluvial. Aparte de aleros amplios, es necesario que los techos tengan una inclinación pronunciada para facilitar la evacuación del agua y disminuir la posibilidad de goteras.

Figura 74 Desviación de Agua Pluvial Mediante Muro de Ladrillos Tipo 'Colmena' o similar, autoría propia.

Materiales

Recomendaciones

En Cuanto a la Sostenibilidad

Dimensión Ambiental

Se requiere el uso de materiales con una baja huella de carbono, lo cual implica que su producción y transporte generen mínimas emisiones de CO2. Estos materiales deben facilitar la eficiencia energética del edificio, contribuyendo a la reducción del consumo de energía a lo largo de su vida útil. Ejemplos incluyen materiales reciclados, locales o aquellos que promuevan el aislamiento térmico eficiente.

Dimensión Económica

Los materiales seleccionados deben ser económicamente viables, con un costo accesible y un mantenimiento bajo. Esto asegura una implementación factible y una operación eficiente a largo plazo sin comprometer la calidad del edificio. La viabilidad económica también implica considerar el ciclo de vida completo de los materiales, desde su adquisición hasta su eventual reciclaje o disposición final.

Dimensión Social

Se requiere que la producción de estos materiales respete los derechos laborales y evite cualquier forma de explotación. Esto incluye asegurar condiciones de trabajo justas y seguras. Además, se promueve el uso de materiales que benefician a las comunidades locales, generando empleo y desarrollo económico regional.

Recomendaciones

Características Físicas

De acuerdo con los resultados obtenidos mediante las metodologías de Mahoney (Tabla 2) y Serra y Coch (Tabla 3), se recomienda el uso de materiales de baja capacidad calorífica, alta inercia térmica y un aislamiento térmico intermedio. Por esta razón, los ladrillos de arcilla y el concreto destacan como opciones adecuadas tanto para cerramientos exteriores y para pisos. La capacidad calorífica de la arcilla es de 840 J/kg·K, mientras que la del concreto es de 880 J/kg·K, ambas considerablemente inferiores a la de la madera, que es de 1200 J/kg·K (Specific Heat Capacity, s. f.).

A partir de los resultados obtenidos, también se recomienda la implementación de colores claros, especialmente en techos debido a su capacidad de aislamiento reflectivo. Adicionalmente, se promueve la utilización de barreras radiantes como láminas de aluminio tipo Prodex o similares ya que tienen una alta reflectividad y baja emisividad. Estos materiales funcionan al reflejar la radiación térmica, reduciendo la transferencia de calor y por su baja emisión de radiación térmica.

Materiales como el ladrillo y el concreto resultan adecuados para las paredes y pisos debido a su alta inercia térmica. Estos materiales pueden absorber el calor durante el día y liberarlo lentamente durante la noche, estabilizando las temperaturas interiores.

Materiales

Recomendaciones

Características Físicas

Resistencia al medio ambiente.

Durabilidad y Resiliencia. Los materiales seleccionados deben ser altamente resistentes a las condiciones ambientales locales, como la humedad, la radiación UV y las fluctuaciones de temperatura. Materiales como el concreto reforzado, la piedra natural, y ciertos tipos de ladrillos cocidos tienen una alta durabilidad y capacidad de soportar ambientes severos.

Resistencia a la Humedad. Se deben elegir materiales que no sean susceptibles a la absorción de agua y que no se deterioren con la humedad, particularmente aquellos en contacto con el suelo. No se recomienda el uso de madera expuesta a la intemperie, y para interiores, se deben utilizar maderas tratadas que ofrezcan una buena resistencia a la humedad y a los insectos. En el caso de los metales, deben protegerse con antioxidantes como el minio o productos similares.

Mantenimiento

Facilidad de Mantenimiento. Seleccionar materiales que requieran un mantenimiento mínimo y que sean fáciles de limpiar y reparar.

Larga Vida Útil. Materiales con una vida útil prolongada, como el concreto reforzado con fibras y los techos metálicos con recubrimientos duraderos, no solo reducen la frecuencia de reemplazos, sino que también minimizan los costos y la interrupción de las actividades en el CDH.

Materiales locales

Disponibilidad y Accesibilidad. Priorizar el uso de materiales que estén disponibles localmente no solo reduce las emisiones de carbono asociadas con el transporte, sino que también apoya la economía local. Una opción viables son los ladrillos fabricados en el país.

Adaptabilidad al Clima Local. Los materiales locales suelen estar mejor adaptados a las condiciones climáticas de la región.

P R O G R A M A

A R Q U I T E C T Ó N I C O

Programa Arquitectónico

Un espacio inclusivo

El programa para el CDH se desarrolla a partir de una entrevista con Hubert Méndez, arquitecto de la municipalidad, y está diseñado para responder a las necesidades comunitarias y fomentar el desarrollo integral de sus usuarios. Incluye espacios de trabajo colaborativo, como una sala de coworking y salas de reuniones, así como oficinas destinadas a emprendedores para promover el desarrollo profesional. También cuenta con talleres para capacitaciones en áreas como bisutería y manualidades, junto con una sala multiuso para actividades como yoga y baile, enfatizando el desarrollo personal y la salud.

Las instalaciones cuentan con consultorios de nutrición y psicología, un laboratorio de fabricación digital y una escuela de cocina con todas las facilidades para brindar una formación completa a sus estudiantes. La edificación se completa con áreas administrativas, espacios de descanso y comedor, así como infraestructura de soporte, incluyendo núcleos de baños, vestidores, cuartos de aseo y bodegas de almacenamiento.

El programa también incluye una piscina recreativa para adultos y otra para niños, reflejando un enfoque en la salud física y el ocio constructivo. Además, el diseño contempla espacios verdes, estacionamientos para bicicletas y vehículos, fomentando la conexión con la naturaleza y la movilidad sostenible.

El proyecto se subdivide en cuatro componentes: el edificio principal, la escuela de cocina, las instalaciones de la piscina y la plazoleta conectora que funciona como vestíbulo urbano.

En la tabla 4, se detalla el programa arquitectónico.

Componentes del CDH

Edificio Principal
Escuela de Cocina
Piscina
Plazoleta

Edificio 1

1/3

PROGRAMA
ARQUITECTÓNICO

Espacio	Subespacios	Usuarios permanentes	Usuarios temporales	Mobiliario/ Equipamiento	Consideraciones	Área (m²)	
1	Vestíbulo	• Área de bienvenida y espera • Zona de seguridad • Recepción	• 1 recepcionista • 1 guarda	Picos de 6 simultáneos (visitantes, proveedores, etc.)	• Mostrador, sillas. • Paneles informativos. • Acceso a Wi-Fi para visitantes.	Para cumplir con el Reglamento de Construcciones (2022), el área del vestíbulo es de al menos el5% del área del nivel de acceso.	50
2	Sala de Coworking		N/A	16 simultáneos, (trabajadores remotos estudiantes,profesionales)	• Mesas modulares • Sillones • Mesas	• Acceso directo a cocineta	120
3	Salas de reuniones / oficinas para emprendedores (x3)	• Sala A • Sala B • Sala C	N/A	5 por oficina (emprendedores y sus clientes)	• Escritorios • Mesas de trabajo modulares • Pizarras	• Equipo audiovisual • Equipo de impresión y escaneado (compartido) • Pizarras	85
4	Talleres para capacitaciones (bisutería, manualidades) (x2)	• Taller A • Taller B	N/A	1 instructor (a) 14 por taller	• Mesas de trabajo • Estantería	• Almacenamiento	120
5	Sala multiuso (yoga, baile)		N/A	1 instructor(a) 18 estudiantes	• Casilleros • Equipo de reproducción de audio • Paredes con espejos • Divisiones móviles	• Ventilación eficiente • Mayor aislamiento acústico • Piso especializado para realizar estas actividades	100
6	Espacio para servicios municipales (atención al público)	• Ventanilla atención al público • Plataforma de servicios con un puesto de atención	2 funcionarios(as) municipales	5 por hora	- Módulos de atención - Sillas de espera		60

Tabla 4 Programa Arquitectónico. Elaboración propia.

Edificio 1

2/3

PROGRAMA
ARQUITECTÓNICO

	Espacio	Subespacios	Usuarios permanentes	Usuarios temporales	Mobiliario/ Equipamiento	Consideraciones	Área (m²)
7	Laboratorio de fabricación digital	• Área de impresión 3D • Taller de electrónica	1 facilitador(a)	10 por clase	• Herramientas corte láser • Computadoras	• Almacenaje / Bodega	120
8	Área de descanso / comedor	• Cocineta • Sala	N/A	10	• Mesas, sillas, sofá • Equipo básico de cocina (refrigeradora, horno microondas)	• Incorporar elementos biofílicos para mejorar bienestar del personal	40
9	Cuartos de aseo (1/piso)		N/A	1	• Pileta • Anaqueles	• Almacenaje productos de limpieza	20
10	Bodegas de almacenamiento		N/A	1	• Anaqueles	• Almacenaje de mobiliario • Almacenaje de insumos para el centro	20
11	Núcleos de baños (1/piso)	• hombres • mujeres • accesibles	N/A	4 (simultáneamente)	• Inodoros • Mingitorios • Lavamanos	• Uso de tecnologías de bajo consumo de agua.	60
12	Acopio de residuos valorizables		N/A			• Separación por tipo de residuo (metales, vidrio, cartón, etc.)	2
13	Oficina de administración		1 administrador	3	• Escritorio • Sillas • Gavetero tipo arturito • Gabinetes aéreos • Armario • Impresora		9

Tabla 3 Programa Arquitectónico. Elaboración propia.

Edificio 1

3/3

Espacio	Subespacios	Usuarios permanentes	Usuarios temporales	Mobiliario/ Equipamiento	Consideraciones	Área (m²)
14	Recolección de desechos	N/A				6
	Circulación	N/A			15% del área neta	134
	Área					1027

Tabla 3 Programa Arquitectónico. Elaboración propia.

Edificio 2

1/3

PROGRAMA
ARQUITECTÓNICO

	Espacio	Subespacios	Usuarios permanentes	Usuarios temporales	Mobiliario/ Equipamiento	Consideraciones	Área (m²)
15	Aula Cocina - General	• Preparación de platos fríos y calientes • Almacenamiento de ingredientes y utensilios • Lavado	N/A	8	• Estaciones de cocina • Mesas preparación • Hornos • Planchas • Alacena • Refrigeradora/Congelador	• Circulación y flujo de trabajo. • Ventilación y control de olores. • Resistencia y durabilidad.	40
16	Aula Cocina - Repostería	• Área de impresión 3D • Taller de electrónica	1 facilitador(a)	40 en piscina x hora	• Sistemas electromecánicos (filtración, calefacción, etc.)		26
17	Aula para clases teóricas		N/A	Hasta 10 bicicletas	• Luminarias • Implementación de sombras (verdes) para disminuir efecto isla de calor		18
18	Oficina administración		1 administrador				9
19	Área administrativa	• Oficina de Dirección • Sala de reuniones	• 2 administradores	2 visitantes	• Escritorios, sillas, mesa de reuniones • Proyector • Equipamiento común de oficina		22
20	Vestidores	• Casilleros	N/A				22
21	Lavandería		N/A				16

Tabla 3 Programa Arquitectónico. Elaboración propia.

Edificio 2

2/3

PROGRAMA
ARQUITECTÓNICO

	Espacio	Subespacios	Usuarios permanentes	Usuarios temporales	Mobiliario/ Equipamiento	Consideraciones	Área (m²)
22	Comedor	Cocineta	N/A	30	• Sistemas de captación de aguas pluviales	• Utilización de especies nativas y atractoras de polinizadores.	30
23	Salón multiusos (presentaciones, demostraciones, degustaciones, etc.)		1 facilitador(a)	40 en piscina x hora	• Sistemas electromecánicos (filtración, calefacción, etc.)		400
24	Cuarto de aseo		N/A	Hasta 10 bicicletas	• Luminarias • Implementación de sombras (verdes) para disminuir efecto isla de calor		10
25	Vestidores	• Casilleros	N/A				10
26	Consultorio de nutrición		1 nutricionista	1 paciente + 1 acompañante	• Escritorio • Sillas (2x) • Equipo de medición y análisis	• Privacidad acústica	18
27	Consultorio de psicología		1 psicólogo	1 paciente + 1 acompañante	• Escritorio • Sillas (2x) • Sillón	• Privacidad acústica	18
28	Servicios Sanitarios	• Hombres • Mujeres	N/A	3			120

Tabla 3 Programa Arquitectónico. Elaboración propia.

Edificio 2

3/3

PROGRAMA
ARQUITECTÓNICO

Espacio	Subespacios	Usuarios permanentes	Usuarios temporales	Mobiliario/ Equipamiento	Consideraciones	Área (m²)
29	Sala de Servidores/Tecnologías de Información • Espacio de trabajo. • Área de equipo (servidores, router, UPS) • Almacenamiento temporal de equipo dañado o en mantenimiento	N/A	1 técnico	• Mesa de trabajo • Sillas (2x) • Racks	• Sistemas de gestión de edificios inteligentes para optimizar consumo energético.	20
30	Bodega	N/A				16
31	Acopio de residuos valorizables	N/A			• Separación por tipo de residuo (metales, vidrio, cartón, etc.)	8
32	Recolección de desechos	N/A				8
33	Circulación	N/A			15% del área neta	122
Área total						933

Tabla 3 Programa Arquitectónico. Elaboración propia.

Piscina

Espacio	Subespacios	Usuarios permanentes	Usuarios temporales	Mobiliario/ Equipamiento	Consideraciones	Área (m²)
34	Oficina de registro	1 asistente		• Escritorios, sillas, almacenaje, • Computadoras, impresoras • Suministros de oficina		20
35	Oficina para personal de administración	1 administrador		• Escritorios, sillas, almacenaje, • Computadoras, impresoras • Suministros de oficina		20
36	Oficina de entrenadores/ salvavidas	1 entrenador/salvavidas		• Escritorios, sillas, almacenaje • Equipo de primeros auxilios		16
37	Aseo y Vestidores	• Servicios sanitario • Duchas • Vestidores	N/A	Máximo 8 simultáneamente.	• Duchas accesibles en los servicios sanitarios para personas con discapacidad. • Estos subespacios pueden estar separados formando su propio espacio.	120
38	Duchas exteriores		N/A		• Duchas abiertas • Dependiendo del diseño es posible utilizar las duchas de los vestidores.	4
39	Piscina recreacional	• Piscina para adultos • Piscina para niños	N/A	• 12 en piscina para adultos • 16 en piscina niños		180
40	Cuarto de máquinas		N/A	• Sistemas electromecánicos (filtración, calefacción, etc.)		16
Área total						376

Tabla 3 Programa Arquitectónico. Elaboración propia.

Plazoleta

Espacio	Subespacios	Usuarios permanentes	Usuarios temporales	Mobiliario/ Equipamiento	Consideraciones	Área (m²)
41 Plazoleta	• Zona transitable superficie dura • Zona transitable superficie verde • Zona no transitable verde	N/A	Hasta 75 personas de manera simultanea	• Luminarias • Bancas • Bebederos • Basureros • Estacionamiento bicicletas	• Crear espacios que proporcionen sombra. • Utilización de especies nativas y atractoras de polinizadores.	800

Infraestructura de Soporte

42 Estacionamiento de vehículos	• Espacio para motocicletas • Bodegas	N/A	Hasta 15 vehículos (visitantes, empleados, proveedores)	• Estaciones de carga	• Ubicado subterráneamente	700
43 Recolección de residuos valorizables		N/A			• Separar por tipo de residuo	120
44 Cuarto de máquinas		N/A				20
Área total						840

Tabla 3 Programa Arquitectónico. Elaboración propia.

Conceptualización

Un espacio inclusivo

El programa incluye espacios de trabajo colaborativo como una sala de coworking y salas de reuniones, así como oficinas destinadas a emprendedores, para fomentar el desarrollo profesional. Además, cuenta con talleres para capacitaciones en áreas como bisutería y manualidades, junto con una sala multiuso para actividades como yoga y baile, enfatizando el desarrollo personal y la salud.

Las instalaciones cuentan con una escuela de cocina, consultorios de nutrición y psicología, y un laboratorio de fabricación digital. La edificación se completa con áreas administrativas, espacios de descanso y comedor, así como infraestructura de soporte, incluyendo núcleos de baños, vestidores, cuartos de aseo y bodegas de almacenamiento.

Un elemento distintivo del programa es la inclusión de una piscina semiolímpica techada, diseñada para actividades deportivas y recreativas, reflejando un enfoque en la salud física y el ocio constructivo. Además, el diseño contempla espacios verdes, estacionamientos para bicicletas y vehículos, fomentando la conexión con la naturaleza y la movilidad sostenible.

En la siguiente sección, se detalla cada espacio, su función.

Transectos

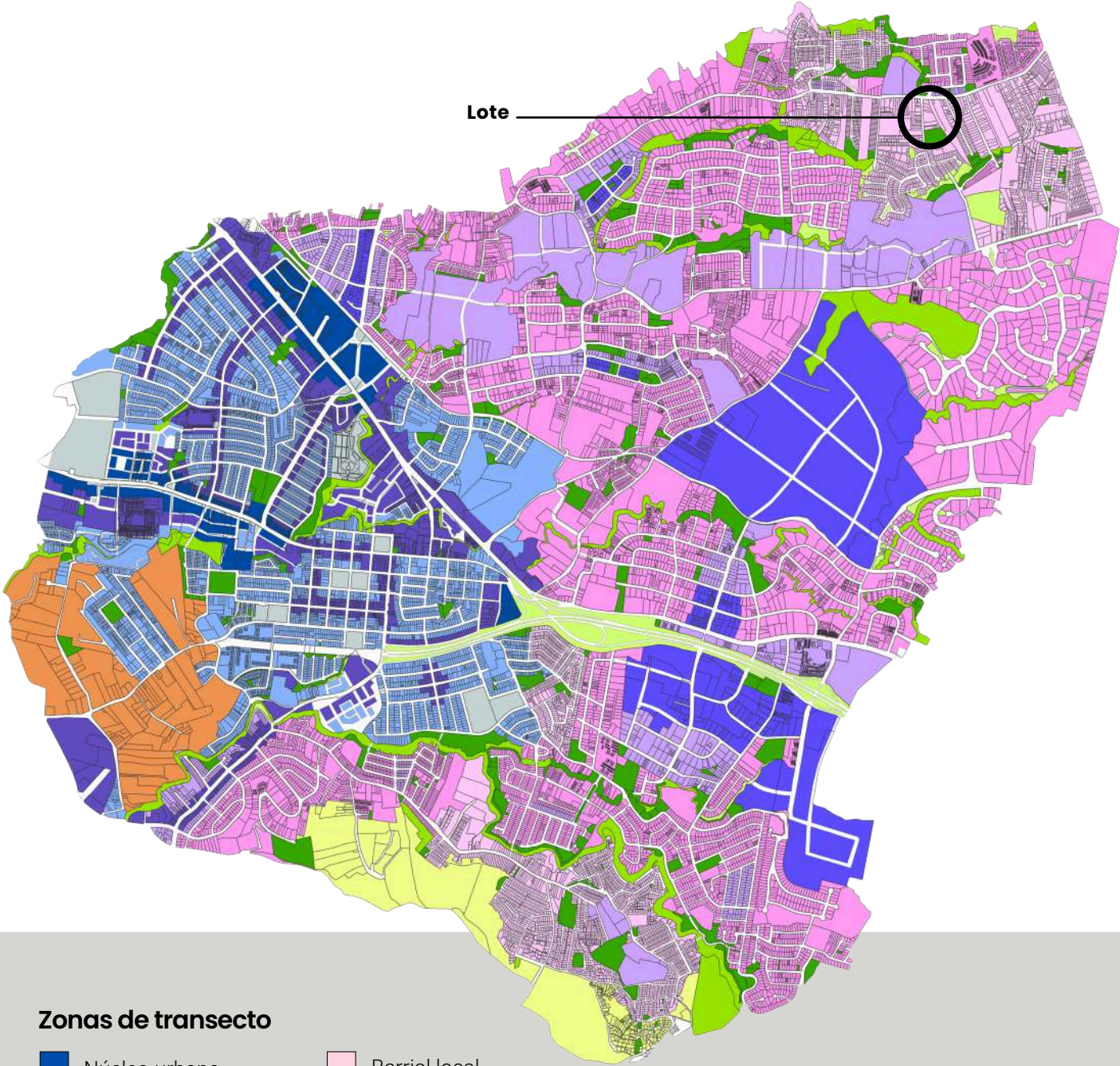
PROPUESTA

Para determinar las regulaciones aplicables al lote destinado para el proyecto, se consultó el Plan Regulador de Curridabat.

Conforme al Mapa Cantonal de Transectos y Usos de Suelo (ver Figura 75), el Centro de Desarrollo Humano está situado en el transecto conocido como 'Barrial Local'. Las características específicas de este transecto se detallan en la Tabla 5.

Alturas	
Altura base	2 pisos
Altura máxima según requisitos	5 pisos
Lotes	
Cobertura máxima	85%
Cobertura mínima	15%
Retiros	
Frontal	2 m
Posterior	3 m
Lateral	0 m
Estacionamientos	
Subterráneo	Permitido
Fuera del lote	No permitido
Posterior (en edificio)	Permitido
Posterior (en superficie)	Permitido
Frontal (en superficie)	No permitido

Tabla 5 Mapa cantonal de Transectos y Usos de Suelo (Municipalidad de Curridabat, s.f.).



Zonas de transecto

- Núcleo urbano
- Urbano central
- Urbano general
- Núcleo periférico
- Central periférico
- Barrial local
- General periférico
- Industrial
- Zona protección forestal
- Cívico

Otros usos de suelo

- Predios institucionales
- Zonas de verdes
- Área de protección

Figura 75 Mapa cantonal de Transectos y Usos de Suelo (Municipalidad de Curridabat, s.f.).

P L A N M A E S T R O

Aspectos Generales

PLAN MAESTRO

Este Plan Maestro tiene como finalidad la armonización de los cuatro componentes del proyecto. Se implementan estrategias bioclimáticas a nivel macro con el objetivo de maximizar el confort ambiental para los usuarios de la plazoleta y los demás espacios incluidos en el proyecto.

En esta sección se especifica la estructura organizacional del proyecto, detallando las áreas correspondientes a cada componente, así como los accesos, circulaciones y zonificaciones. Además, se establecen los criterios que orientarán las futuras etapas de diseño y construcción.

Con la implementación de este Plan Maestro, el Centro de Desarrollo Humano (CDH) de Granadilla aspira a convertirse en un modelo de referencia en diseño bioclimático.

2869 m²

Área del lote

2438 m²

Área de cobertura máxima (85%)

Edificio 1

Niveles 3
Huella 700 m²

Edificio 2

Niveles 2
Huella 500 m²

Piscina

Niveles 1
Huella 750 m²

Plazoleta

Niveles 1
Huella 900 m²

Retiros

Retiro frontal. La calle frente al lote es muy angosta, y las construcciones al otro lado de la calle dejaron poco o ningún espacio de retiro frontal. Esto reduce el abierto, especialmente considerando la escala del CDH. Para maximizar el espacio libre frontal, las edificaciones deben retirarse más allá de los 2 metros exigidos por el Plan Regulador de la Municipalidad. Este espacio libre formará parte de la plazoleta y, por lo tanto, debe mantener el mismo lenguaje formal.

Retiro laterales. El Edificio 1 y el Edificio 2 estarán adosados al costado norte y sur respectivamente. Esta disposición maximiza el espacio central, permitiendo su uso como plazoleta, y además se alinea con la recomendación resultante de los Coeficientes de Serra y Coch en cuanto a la variable de adosamiento. Para esta ubicación, se recomienda un adosamiento intermedio.

Retiro posterior. Con el propósito de aprovechar los vientos del noreste y del sureste, los 2 edificios principales deben dejar un retiro en el lindero posterior (este).

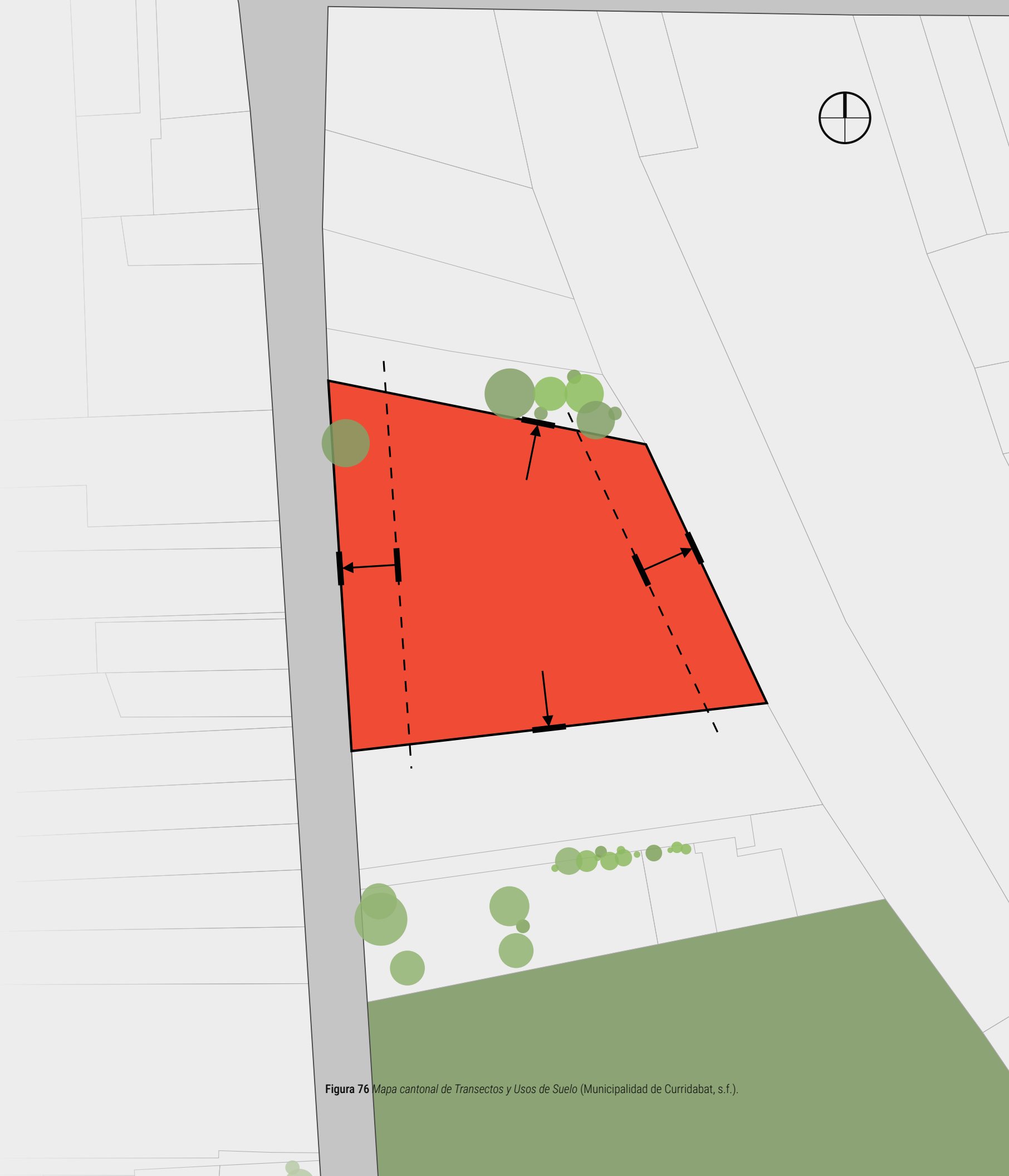


Figura 76 Mapa cantonal de Transectos y Usos de Suelo (Municipalidad de Curridabat, s.f.).

Zonas Verdes y Duras

Una plaza conectora entre los dos edificios principales y la piscina. Este plazoleta va a tener tanto áreas verdes como áreas duras. La plazoleta es abierta para su uso durante todo el año las 24 horas del día.

Áreas verdes. Son varias las razones para la incorporación de de zonas con elementos vegetales, entre esas:

- Disminución de la isla de calor
- Absorción del agua al subsuelo
- Siembra de especies que atraigan a polinizadores y dispersores.
- Embellecimiento urbano.
- Uso estratégico para direccionar y el viento y como elementos para disminuir su velocidad.

Áreas duras. Con el objetivo de facilitar que el agua pluvial sea absorbida al subsuelo, se propone la utilización de superficies de concreto permeable y de adoquines tipo EcoStone o similares. Como beneficio adicional, estos materiales presentan colores de que no son muy claros, por lo que evitan el deslumbramiento.

Porcentajes de coberturas en la plazoleta

25 %

Área verdes

75 %

Áreas duras

Materiales

Se utilizan materiales que minimicen su impacto ambiental, que presenten una baja huella de carbono y favorezcan la eficiencia energética del edificio. Además, deben ser económicamente viables, con costos accesibles y bajo mantenimiento, lo que permite una implementación factible y una operación eficiente a largo plazo, sin comprometer la calidad. En el ámbito social, es fundamental que la producción de estos materiales respete los derechos laborales, evitando cualquier forma de explotación.

Principales componentes y sus materiales

- Estructura de marcos de concreto reforzado
- Vigas para el nivel de techo en madera laminada certificada
- Primera capa de cerramiento en vidrio
- Segunda capa de cerramiento en ladrillo de arcilla, perforado tipo colmena
- Paredes interiores en mampostería de concreto
- Paredes interiores livianas con cerramiento madera contrachapada
- Concreto pulido para los pisos
- Láminas de fibrocemento para cielorazos
- Suelo de plaza en adoquines permeables

A continuación se presentan las principales características de los ladrillos y los adoquines.

Recomendaciones Cerramiento Vertical

Para el cerramiento exterior se propone la utilización de una pared doble. La pared exterior tiene una función reguladora del clima ya que funciona como un 'brise soleil'. En primer lugar, actúa como una pantalla que bloquea y dispersa los rayos solares; en segundo lugar, bloque la incidencia de la lluvia.

La pared interior está compuesta mayoritariamente de vidrio, con ventanas abatibles y puertas corredizas, lo que permite al usuario controlar la cantidad de aire que desea que ingrese.

La conformación de este muro permite tener ventanas e incluso puertas hacia el espacio entre muros, incluso cuando llueve.

Estos bloques no tienen una función estructural, su función es de cerramiento, permiten la circulación de aire debido a su geometría y colocados como cerramiento vertical, funcionan como parasol cuando el sol eleva por encima de ciertos ángulos y reflejas el agua pluvial, permitiendo tener ventanas abiertas aún cuando llueve. Los bloques de arcilla también destacan por:

- **Fabricación local.** No hay necesidad de importarlos ya que hay fábricas en el país.
- **Bajo Costo.** La arcilla tiene un bajo costo comparado con otros materiales.
- **Bajo mantenimiento.** No requieren pintura, reduciendo los costos de acabado final y mantenimiento periódico.

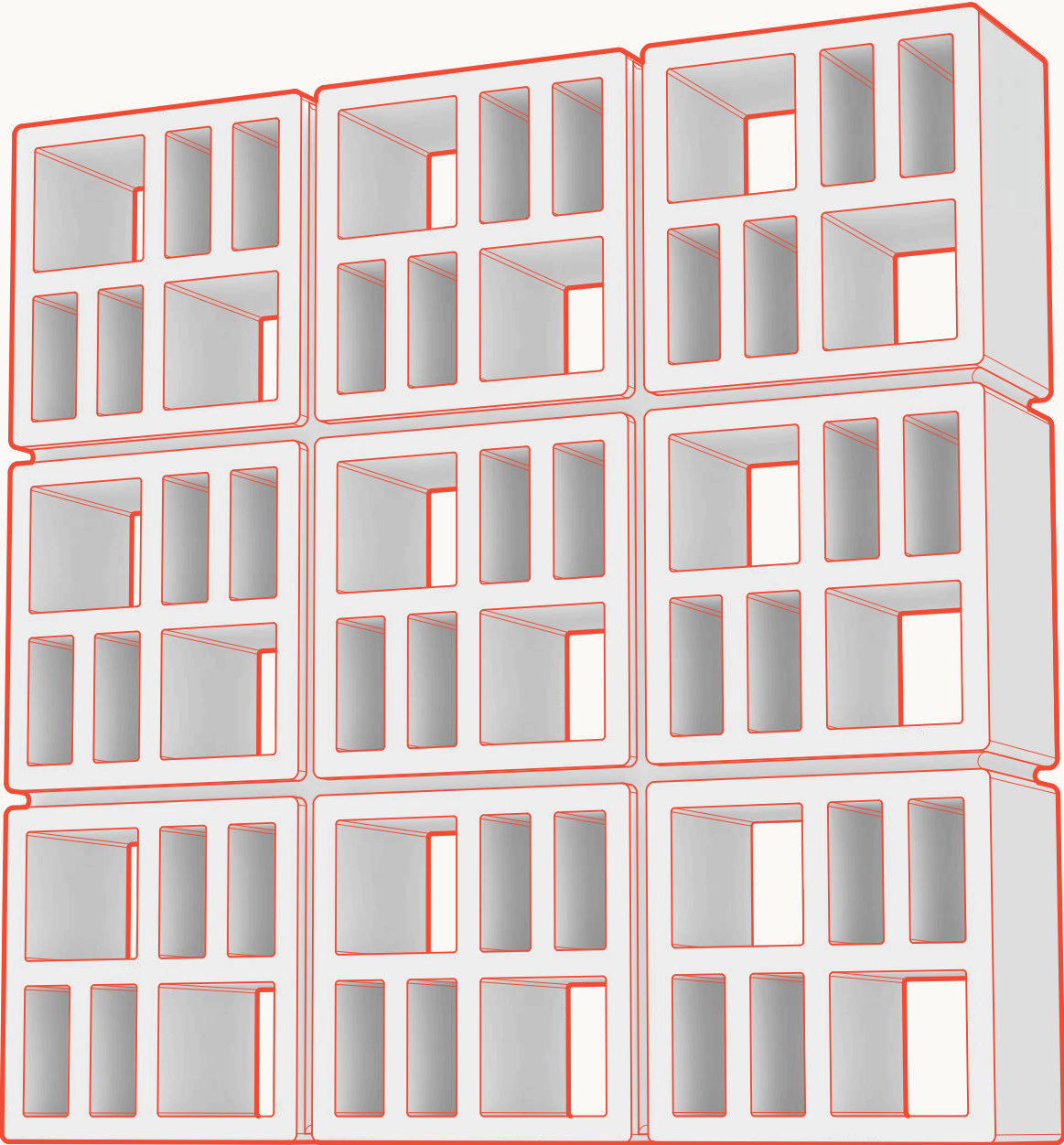


Figura 77 Representación de Muro Compuesto por Bloques Tipo Colmena, elaboración propia.

Materiales

Recomendaciones

Pavimento de la Plazoleta

Con el fin de hacer el pavimento exterior de la plazoleta permeable, se propone la utilización de adoquines EcoStone o similares. Estos adoquines están diseñados para permitir el drenaje del agua hacia el subsuelo, gracias a los espacios entre ellos. Esta característica no solo reduce la acumulación de agua en la superficie, sino que también ayuda a recargar los acuíferos subterráneos y disminuir el riesgo de inundaciones.

Además, el uso de adoquines permeables contribuye a la reducción del efecto de isla de calor urbana, al permitir una mejor regulación térmica del suelo.

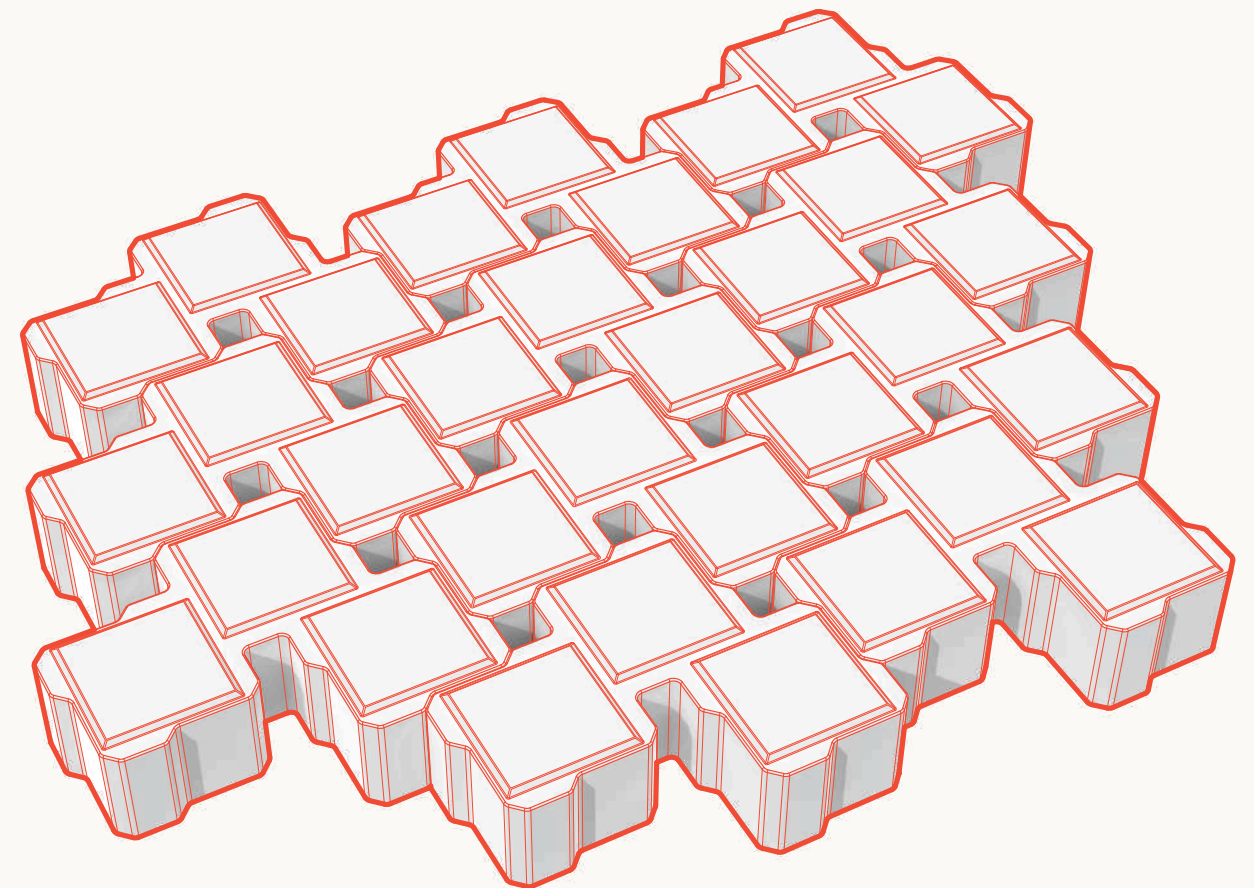
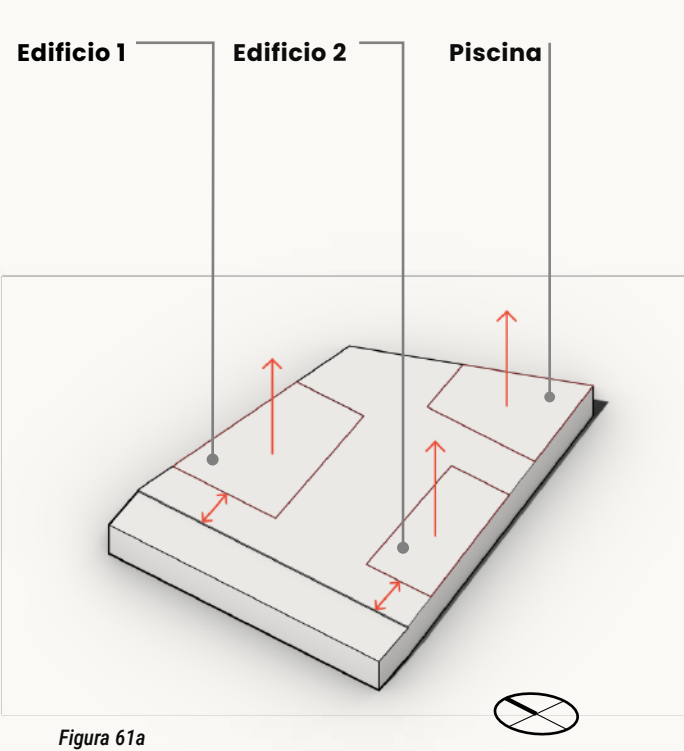


Figura 78 Representación de Pavimento de Adoquines Tipo EcoStone, elaboración propia.

Desarrollo de Masas

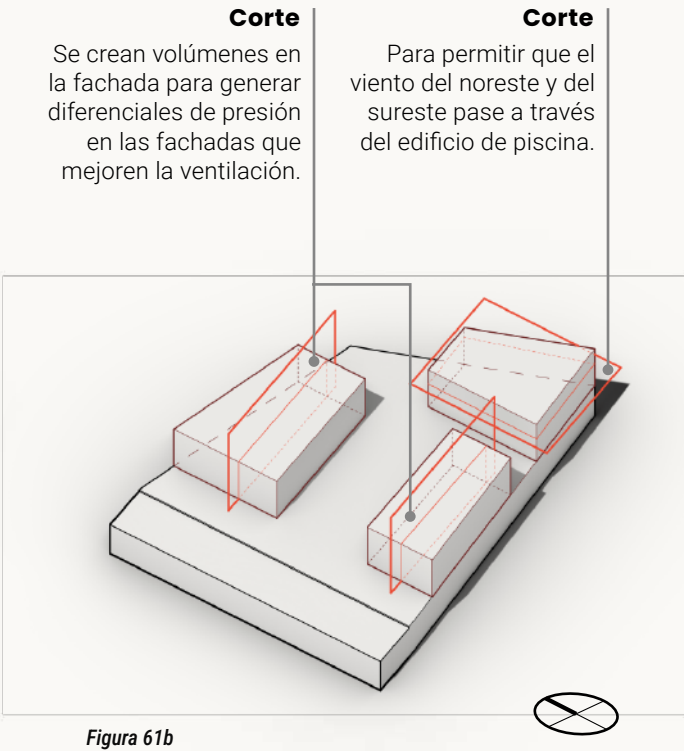
Diagramas



Retiro frontal. Se amplía el espacio frontal del proyecto para darle mayor amplitud a la entrada.

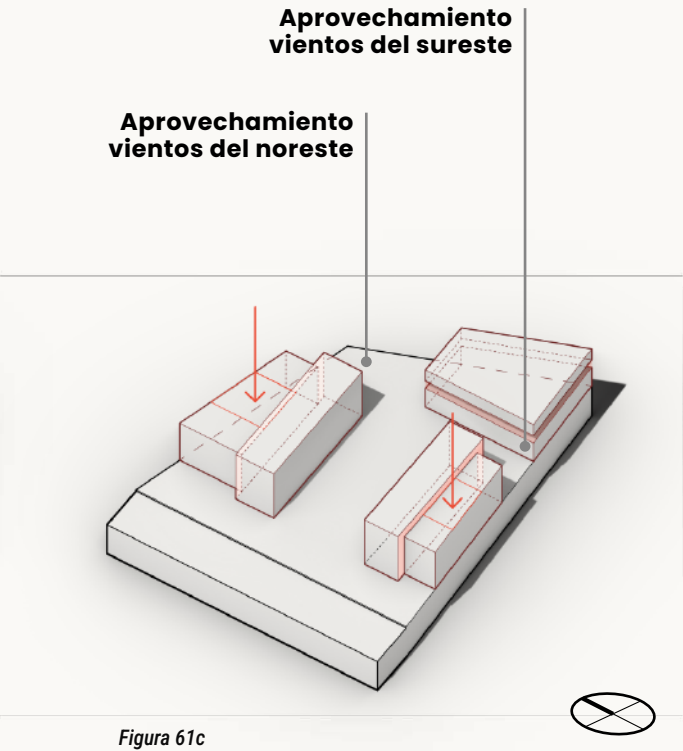
Zona central libre. Zona de estar y circulación. Incorporación de zona verdes.

Huellas. Se definen las huellas para el edificio 1, el 2 y la piscina.

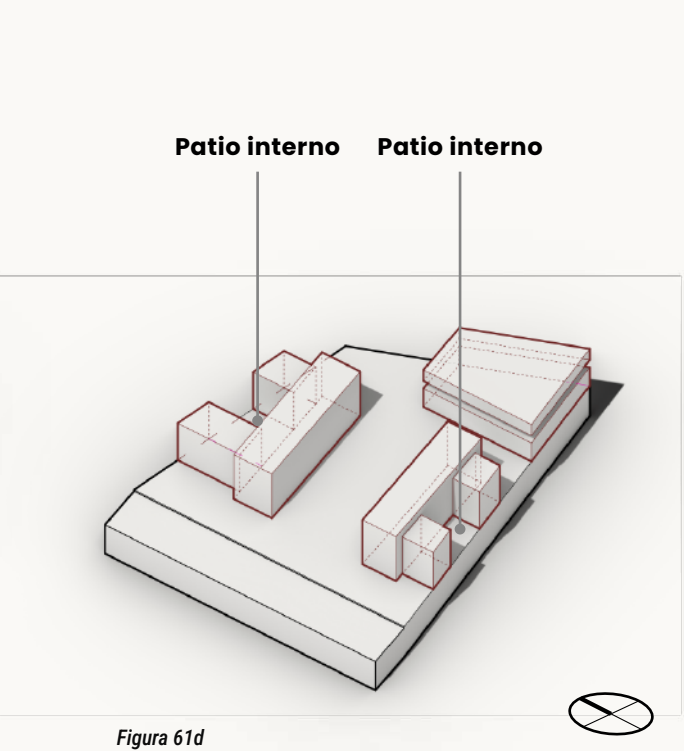


Alturas. Se definen las diferentes alturas de las masas de acuerdo a su programa.

Corte de masas. Se 'cortan' las masas para generar masas menores.



Diferencia de alturas. Se generan dos alturas distintas en las masas del edificio 1 y 2 para aprovechar los vientos del noreste y del sureste. Adicionalmente, las fachadas este y oeste se retraen para permitir el ingreso directo del aire en las fachadas norte y sur.



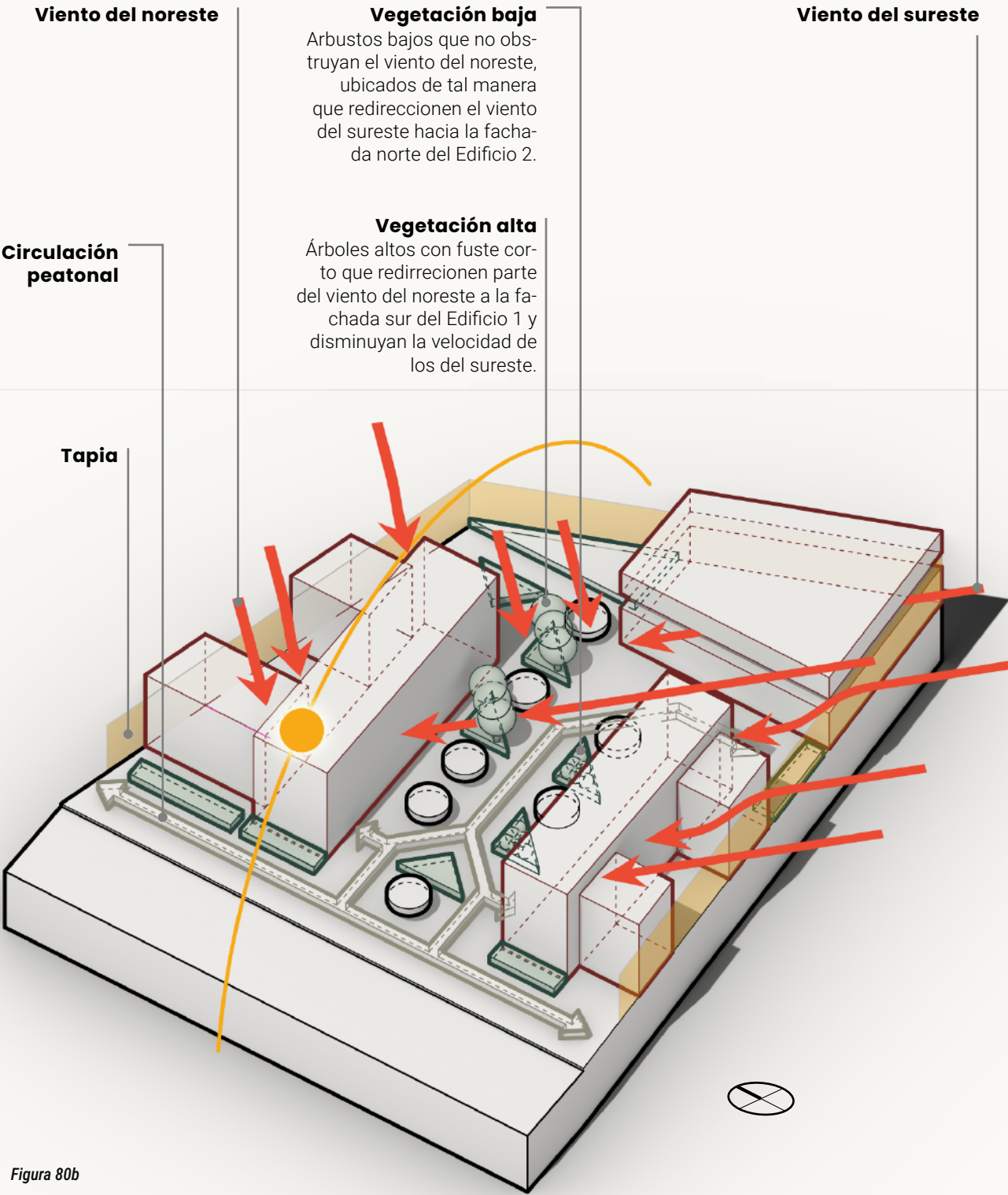
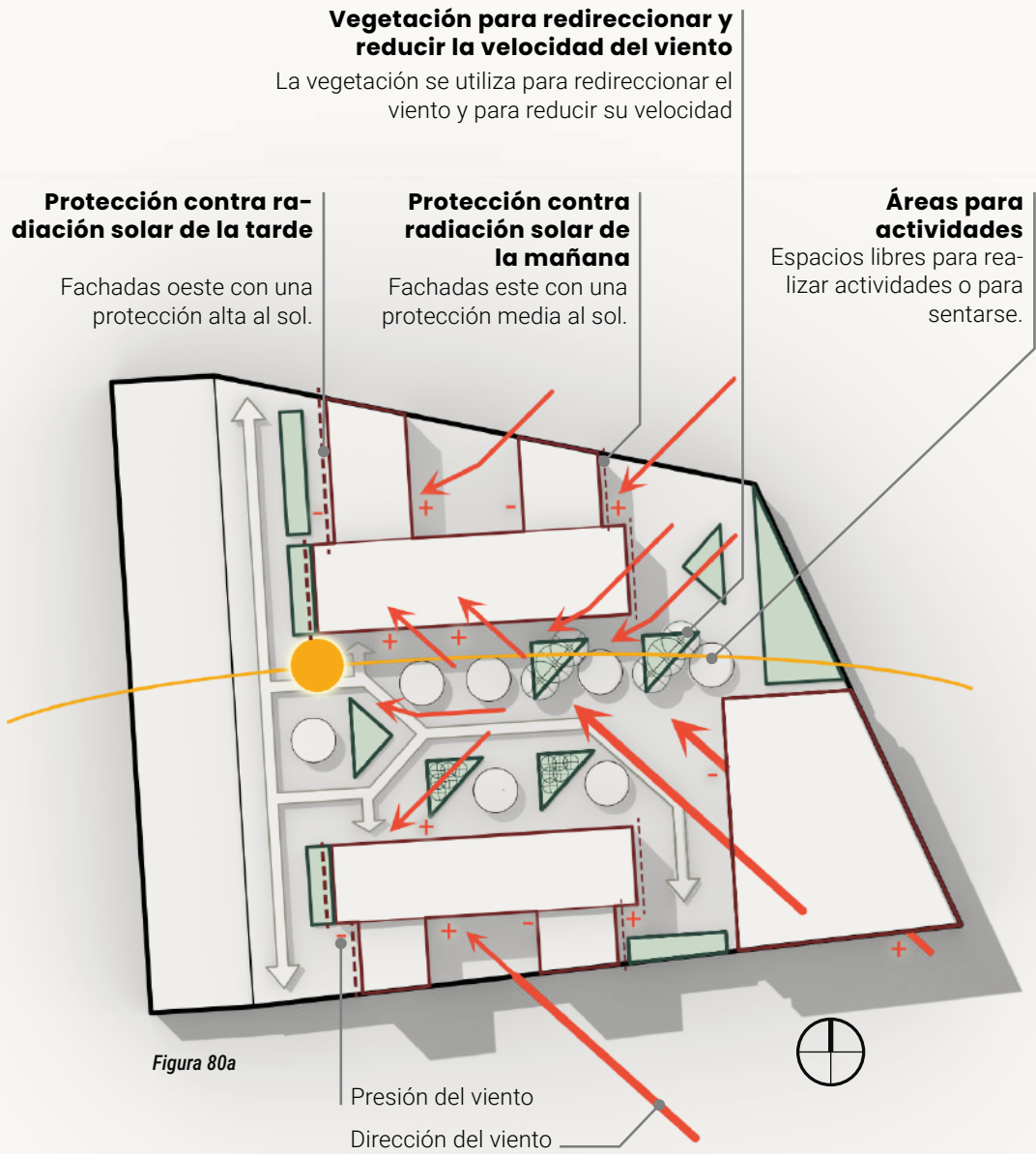
Pacios internos. Se crean patios internos en los edificios 1 y 2 para promover la ventilación cruzada.

Cerramiento permeable. El cerramiento de la piscina es permeable para que facilite la circulación del viento.

Desarrollo de Masas

PLAN MAESTRO

Entorno y Clima



Figuras 80a y 80b Diagramas Volumétricos de Entorno y Clima, elaboración propia.

PLANIMETRÍAS

Sitio



0

30m

60m

90m

120m

150m

A

B

Figura 81 Planta de Sitio, elaboración propia.

Sótano

- 1 Seguridad y Recepción
- 2 Cuarto de máquinas
- 3 Bodega
- 4 Zona verde

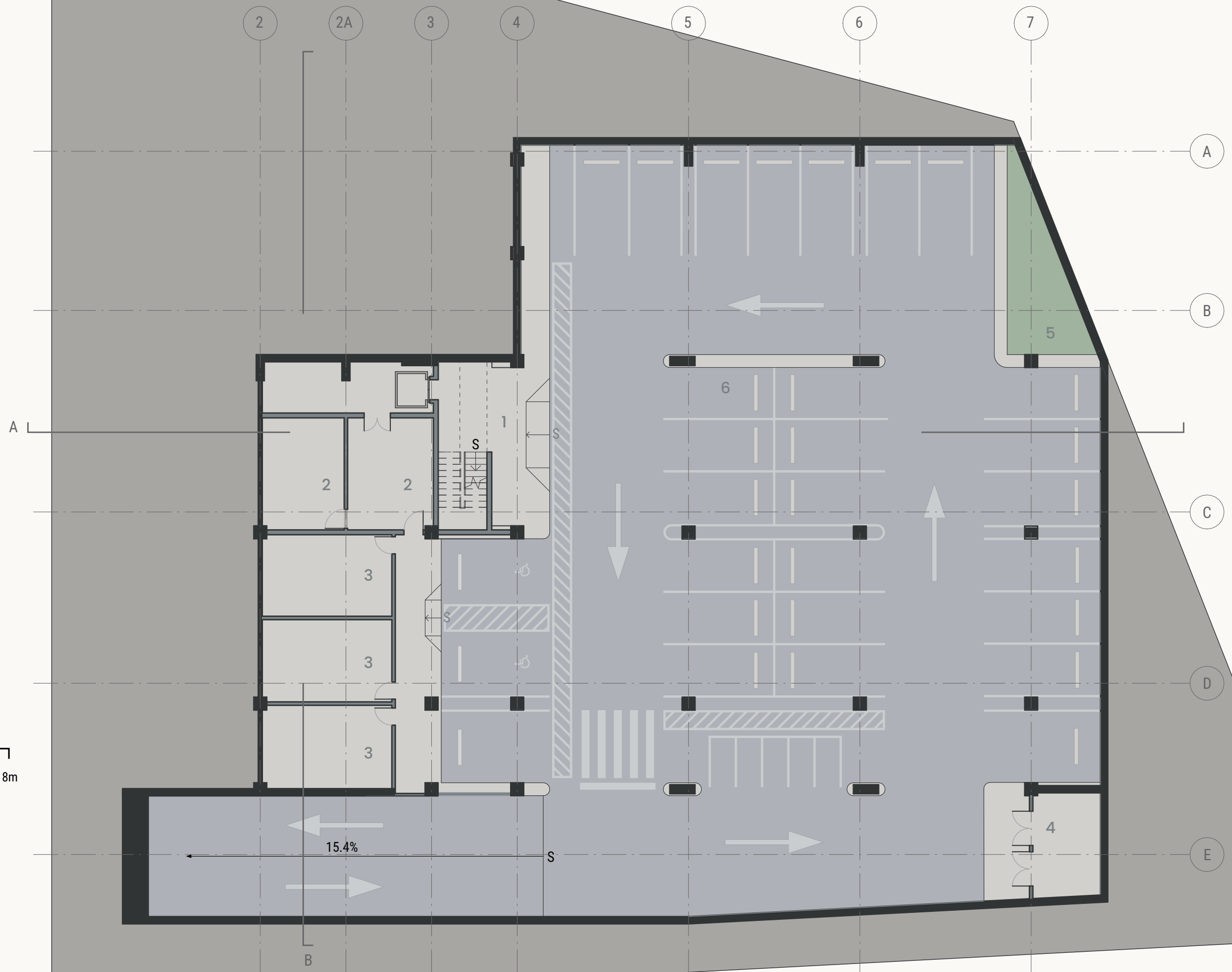
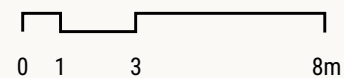


Figura 82 Planta de Sótano, elaboración propia.

Nivel 1

- 1 Seguridad y Recepción
- 2 Servicios municipales
- 3 Bodegas
- 4 Cuarto de aseo
- 5 Servicios sanitarios
- 6 Acopio de residuos
- 7 Sala coworking
- 8 Oficina emprendedores
- 9 Comedor

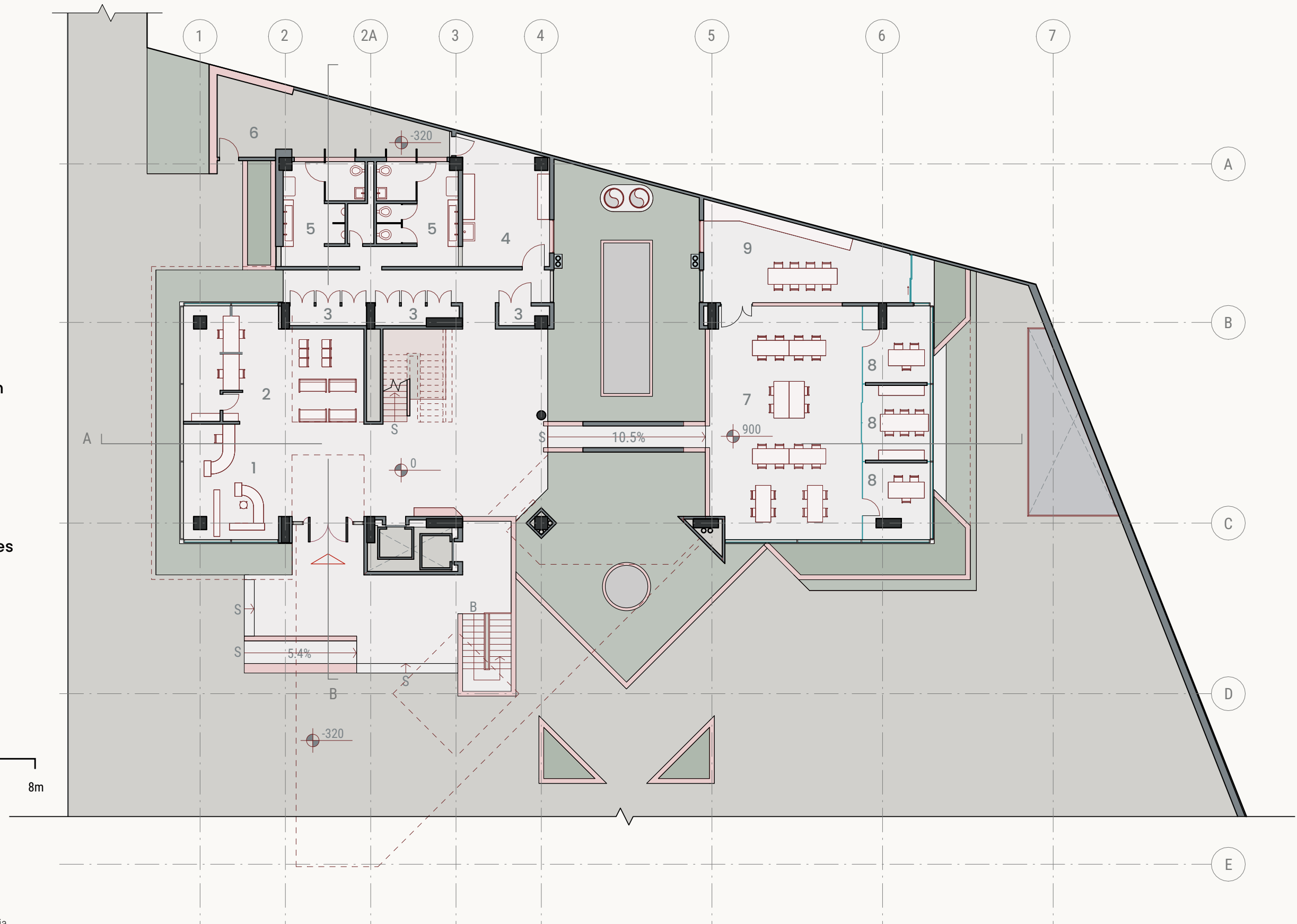
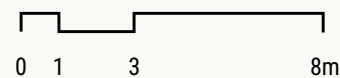


Figura 83 Planta de Nivel 1, elaboración propia.

Nivel 1

- 1 Seguridad y Recepción
- 2 Servicios municipales
- 3 Bodegas
- 4 Cuarto de aseo
- 5 Servicios sanitarios
- 6 Acopio de residuos
- 7 Sala coworking
- 8 Oficina emprendedores
- 9 Comedor

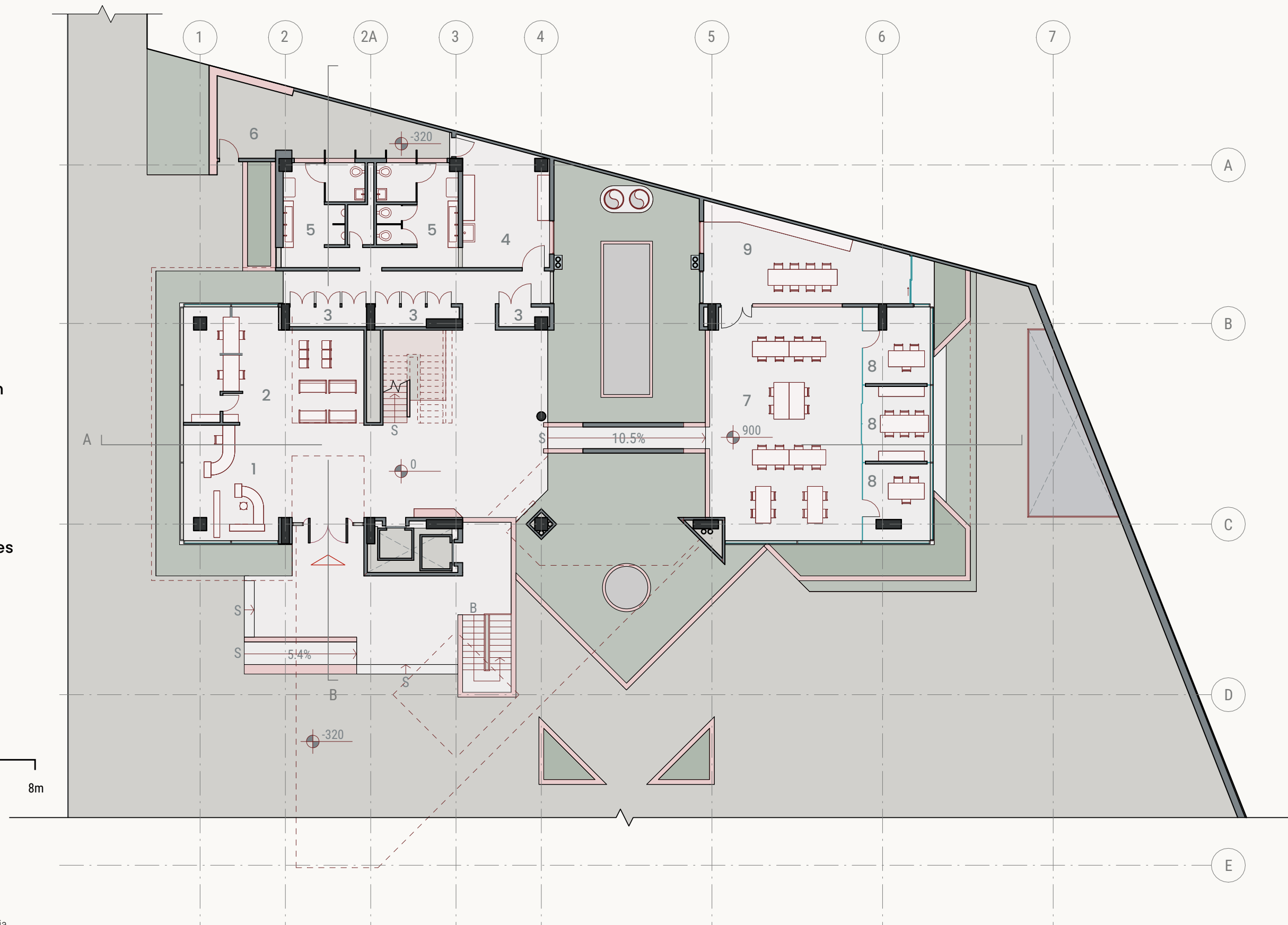
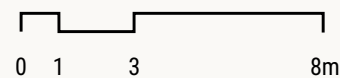


Figura 83 Planta de Nivel 1, elaboración propia.

Page 10 of 10

- ## 8 Laboratorio fabricación digital

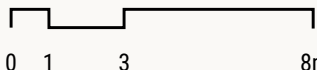


Figura 84 Planta de Nivel 2, elaboración propia.

Nivel 3

- 1 Administración
- 2 Bodega
- 3 Cuarto de aseo
- 4 Servicios sanitarios
- 5 Cuarto datos
- 6 Sala multiuso 1
- 7 Sala multiuso 2
- 8 Anexo sala multiuso 1

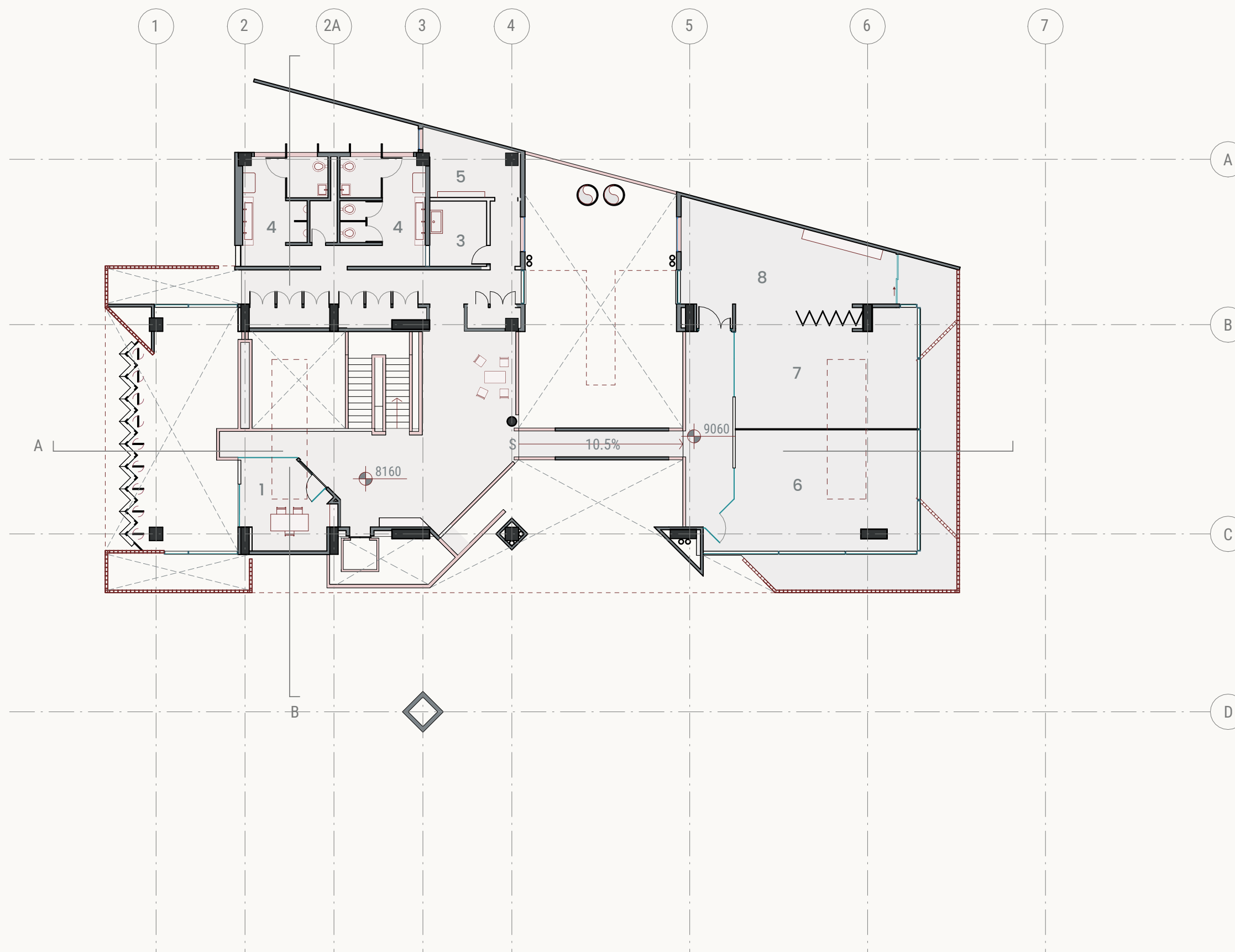
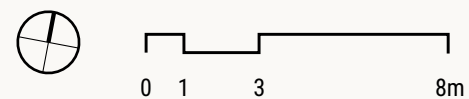


Figura 85 Planta de Nivel 3, elaboración propia.

Techos

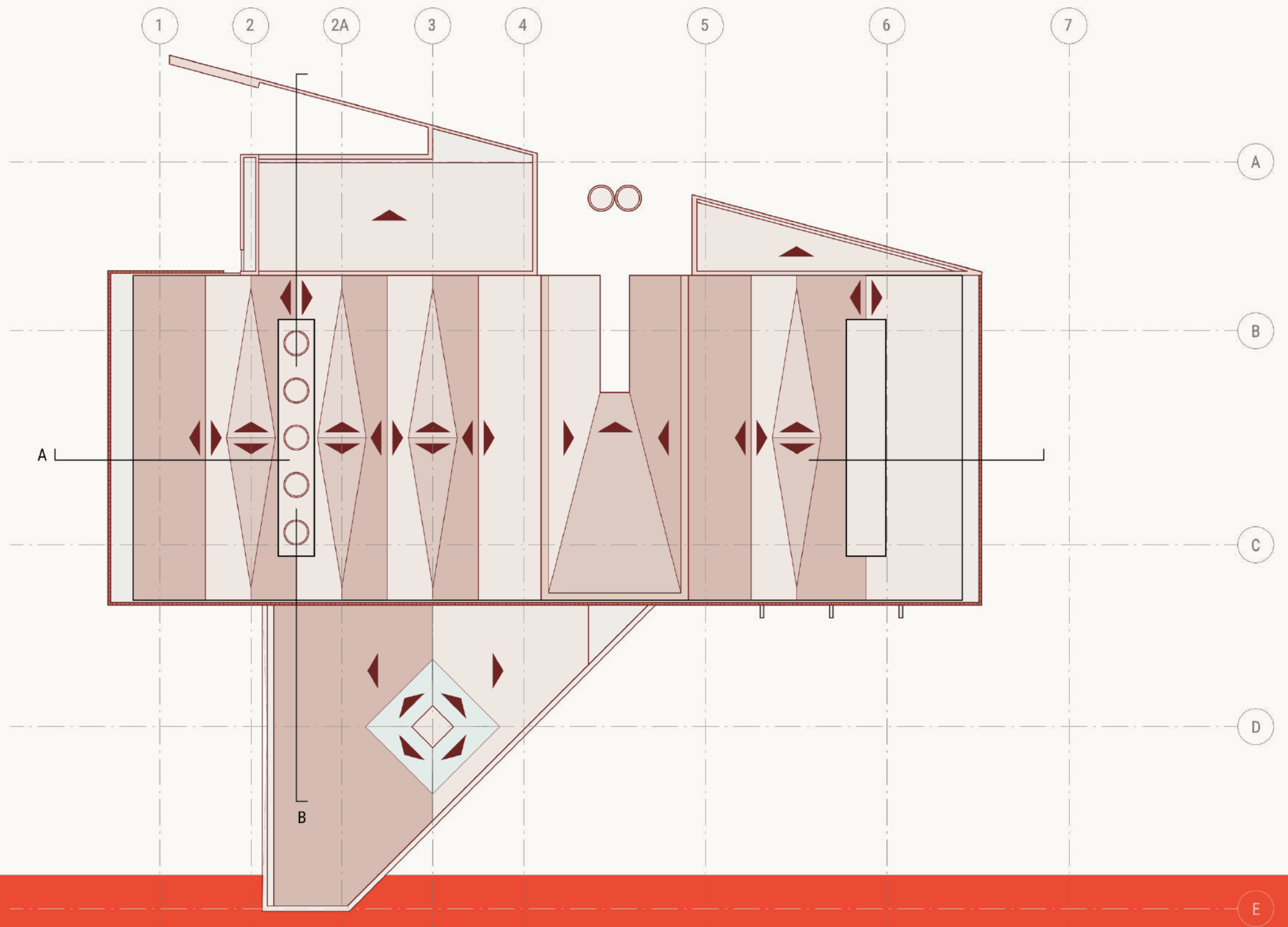


Figura 86 Planta de Techo, elaboración propia.

Isométrico SO



Figura 87 Isométrico Sur-Oeste, elaboración propia.

Corte Longitudinal

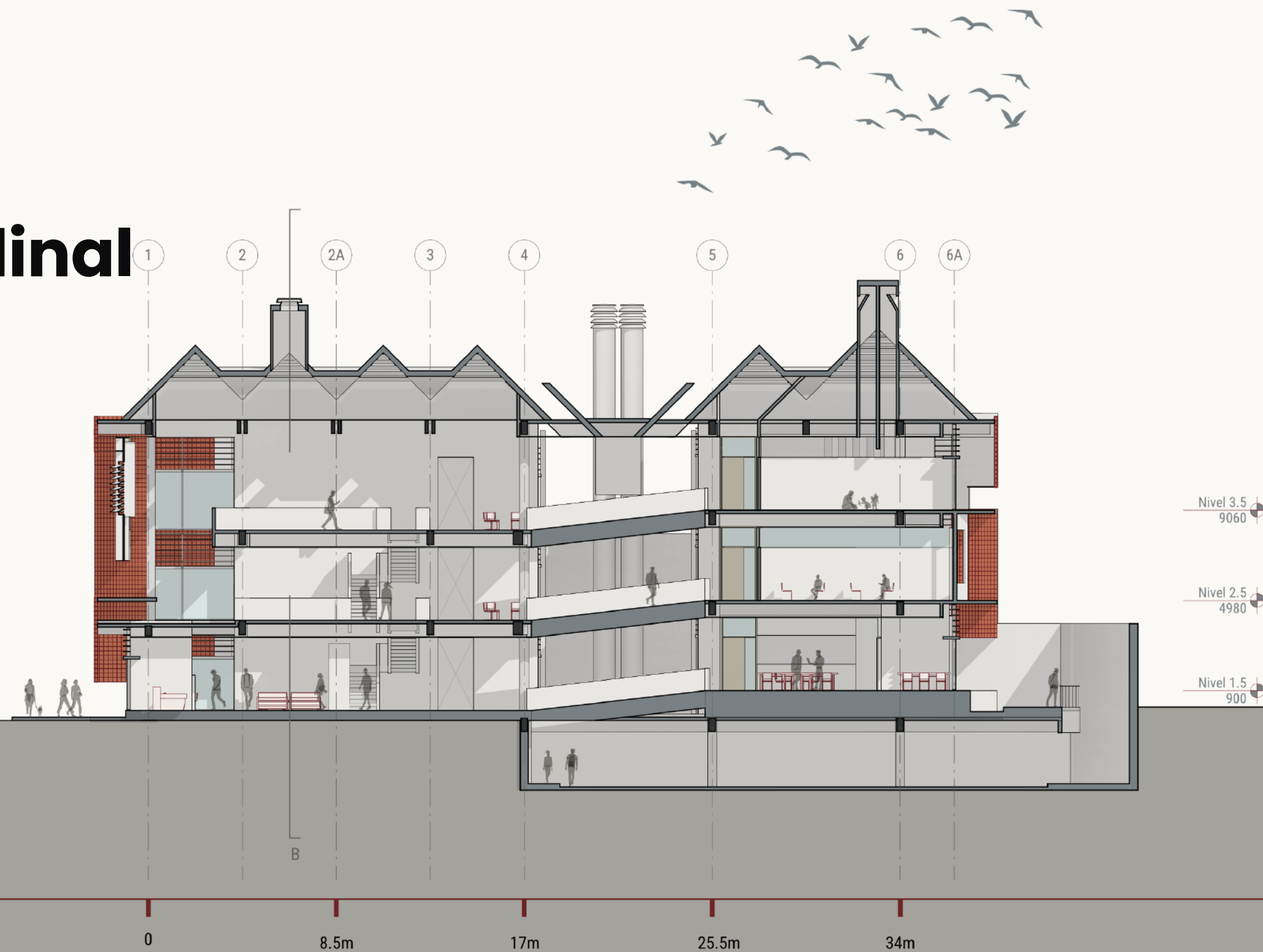


Figura 88 Corte Longitudinal, elaboración propia.

Corte Transversal

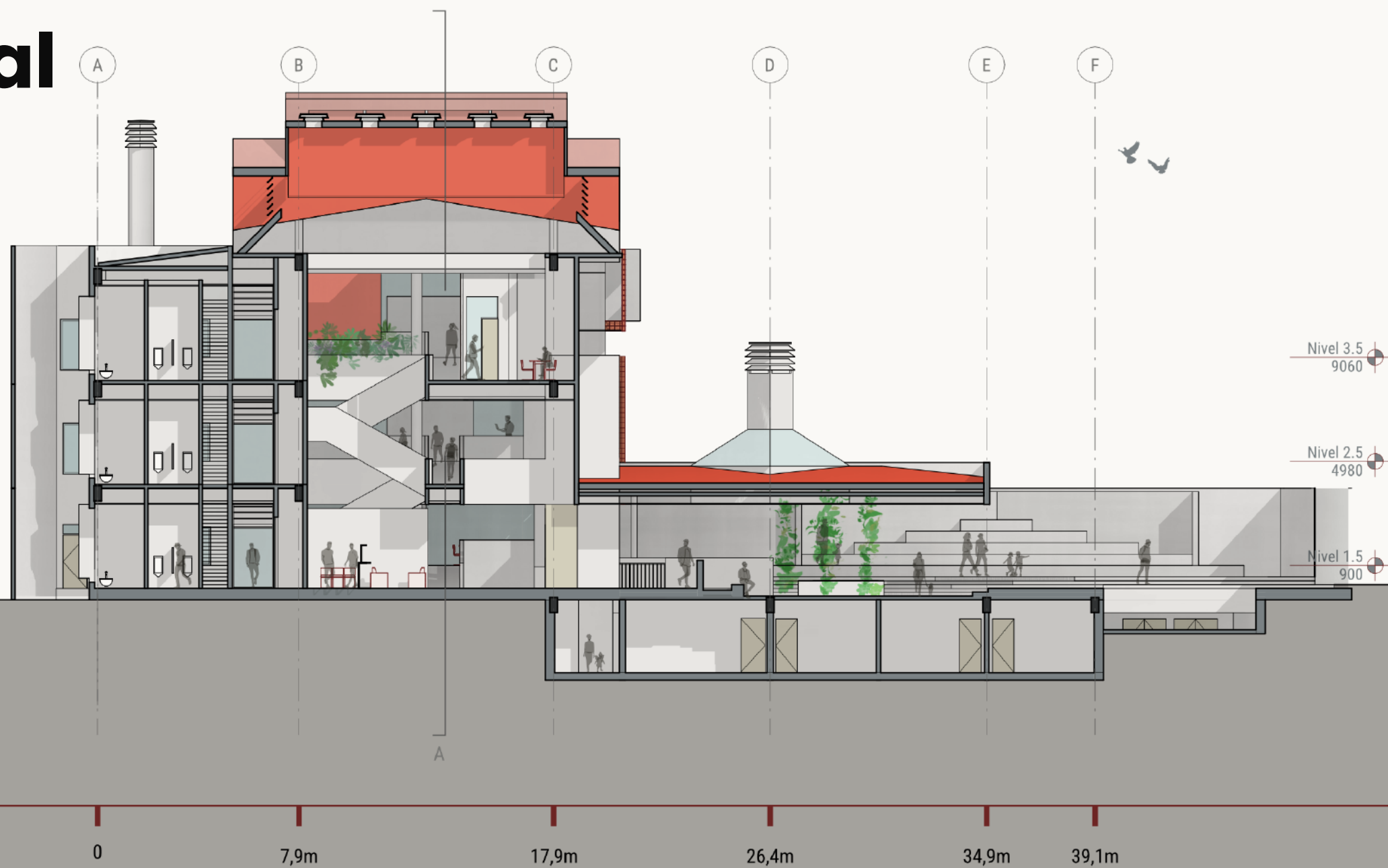


Figura 89 Corte Transversal, elaboración propia.

VISTAS



Figura 90 Vista suroeste del proyecto, elaboración propia.



Figura 91 Vista aérea del proyecto, elaboración propia.



Figura 92 Vista aérea del proyecto, elaboración propia.



Figura 93 Vista noroeste del proyecto, elaboración propia.



Figura 94 Vista sur del proyecto, elaboración propia.



Figura 95 Vista sur del proyecto, elaboración propia.



Figura 96 Vista este del proyecto, elaboración propia.



Figura 97 Vista interior 1, elaboración propia.



Figura 98 Vista Interior 2, elaboración propia.



Figura 99 Vista interior 3, elaboración propia.



Figura 100 Vista interior 4, elaboración pro-



Figura 101 Vista interior 5, elaboración pro-



Figura 102 Vista interior 6, elaboración pro-

ESTRATEGIAS

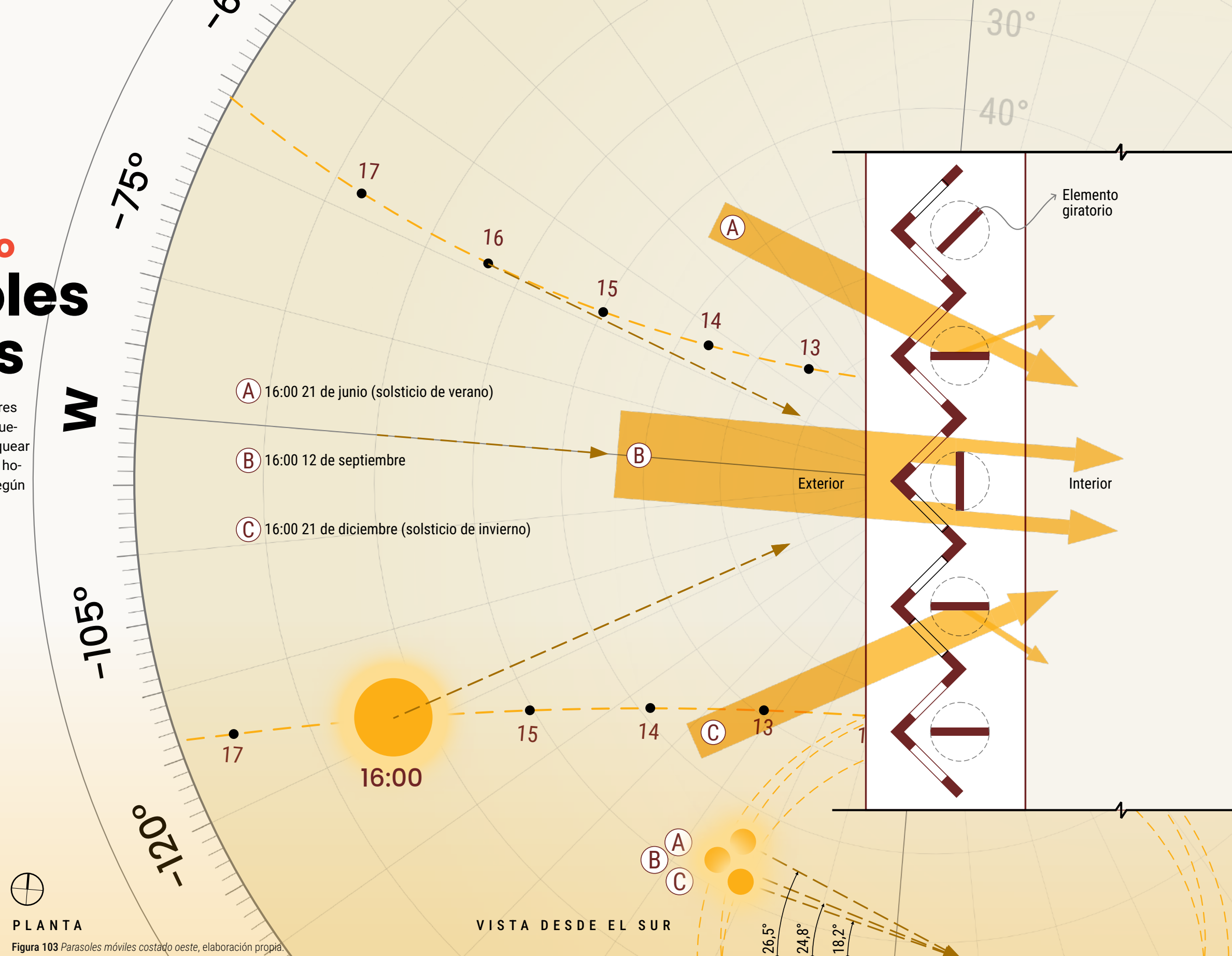
BIOCLIMÁTICAS

IMPLEMENTADAS

Sistema de cerramientos exteriores que incorporan paneles que se pueden girar manualmente para bloquear parte de la radiación solar en las horas de la tarde o de la mañana según la fachada es que se ubiquen.



Figura 103 *Parasoles móviles costado oeste, elaboración propia.*



Techo Chimenea Solar

Las chimeneas solares aprovechan la energía del sol para mejorar la ventilación y la calidad del aire interior. Consisten en un conducto vertical en el cual la energía solar calienta el aire, provocando que este pierda densidad y ascienda (TecScience, 2024). Este movimiento genera un vacío que es reemplazado por aire fresco captado en niveles inferiores.

Esta estrategia incrementa la velocidad del flujo de aire en el interior, permitiendo sustituir de manera más eficiente el aire viciado por aire fresco proveniente del exterior.

Para elevar la temperatura del interior de la chimenea de manera más efectiva, las superficies exteriores deben de ser de un material con una alta conectividad térmica, como el acero o inclusive, vidrio. En el caso del CDH, se utiliza láminas de acero pintadas de negro para maximizar la absorción de calor, y de esta manera, transferir más energía al interior de la chimenea.

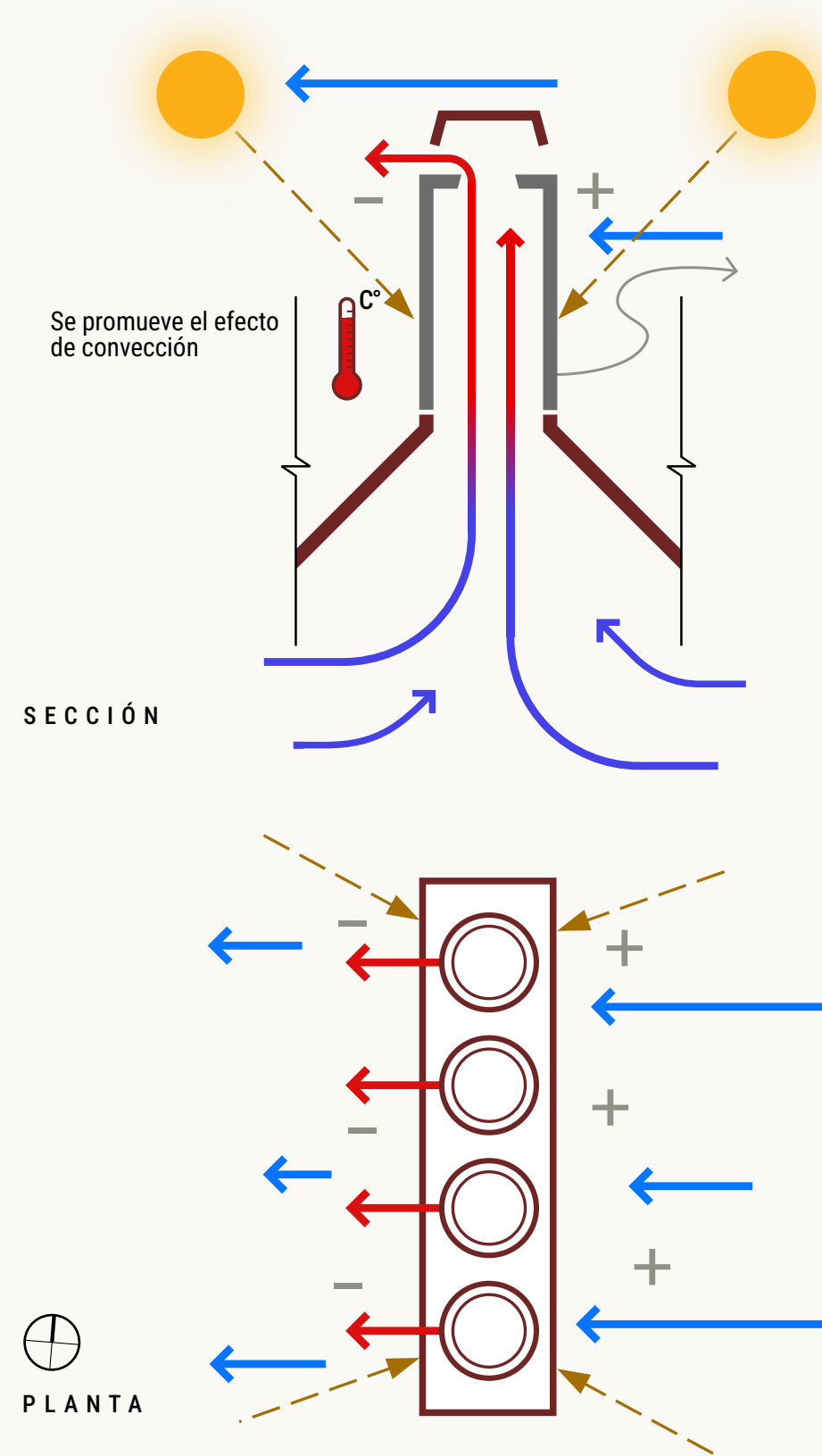


Figura 104 Chimenea solar, elaboración propia.

Techo

Captador de Viento

Los captadores de viento, también conocidos como torres de ventilación, o badgirs, son un sistema pasivo de ventilación utilizado desde hace más de 3.000 años en la arquitectura tradicional de Oriente Medio (Sepúlveda, 2023).

El aire del exterior entra por una de las caras, y por el efecto de convección, el aire del interior, al estar a una mayor temperatura, es más ligero que el aire frío, se eleva y es expulsado por la cara de la torre que se encuentra a presión negativa (Ortego Fernández, 2020). Este movimiento genera un ciclo en el que el aire caliente es reemplazado por aire fresco, promoviendo una ventilación natural eficiente.

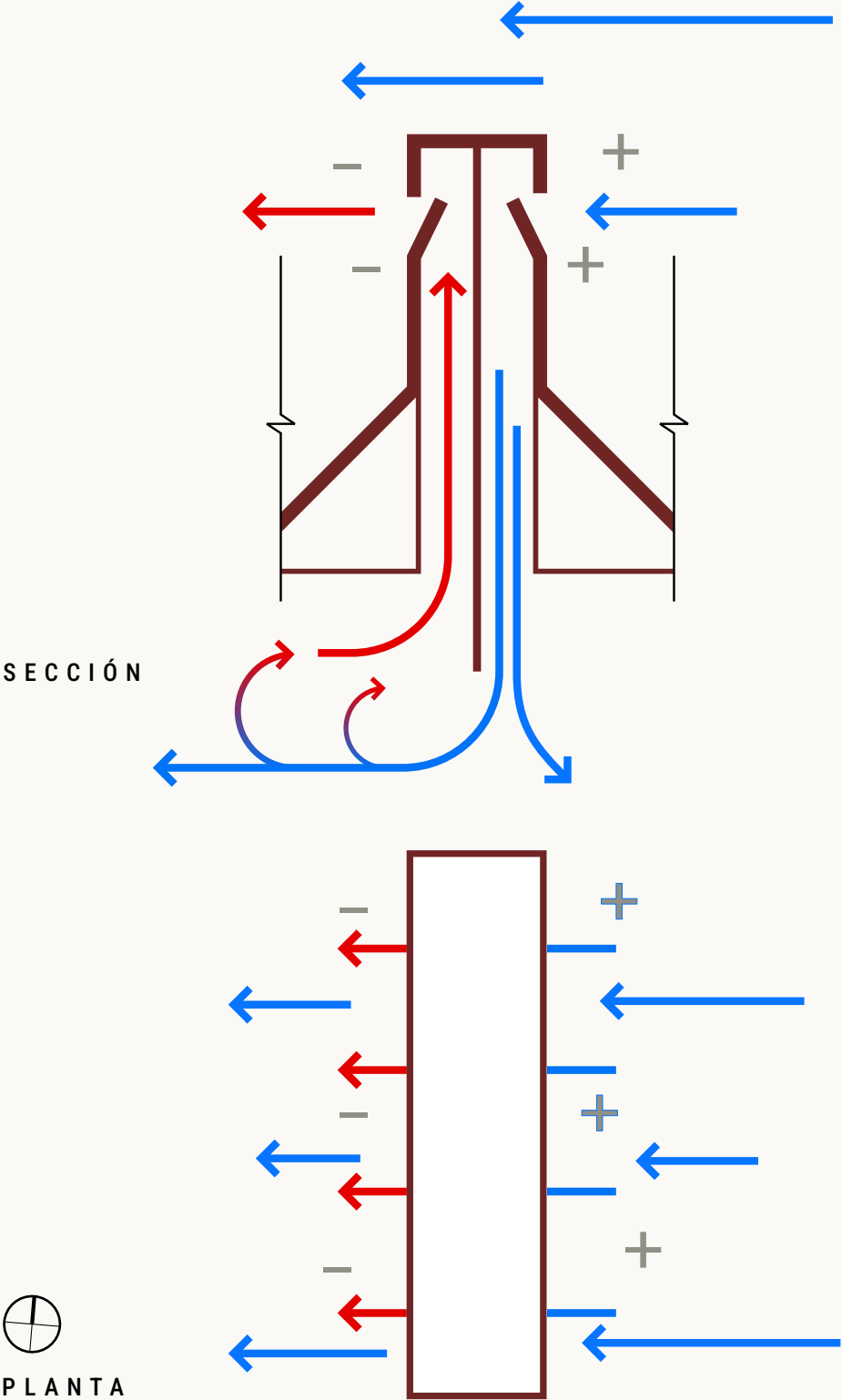


Figura 105 Captador de viento, elaboración propia.

Techo Monitores

Se aprovechan la corrientes de aire transversales para sacar el aire caliente que sube por efecto del cambio de densidad debido a la diferencia de temperaturas que se dan en el interior de la edificación.

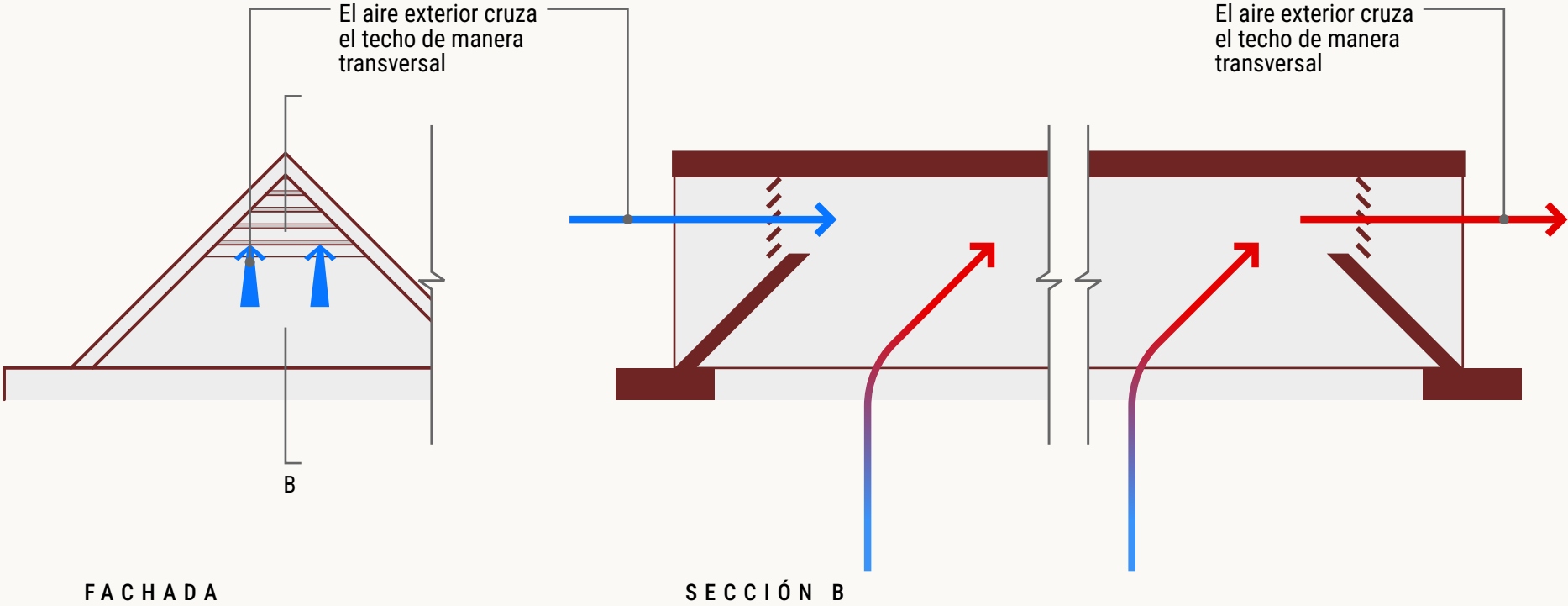


Figura 106 Monitores de techo, elaboración propia.

Sótano Ventilación Cruzada

En el nivel de la plaza, se crea un vacío que conecta con el sótano, permitiendo la entrada de luz natural y favoreciendo la ventilación cruzada en el parqueo. Debido a que la mayor parte del año se tiene presión positiva en el lado este y negativa en el oeste, el aire entra por este vacío y se expulsa a través del ducto de escaleras y la rampa de acceso.

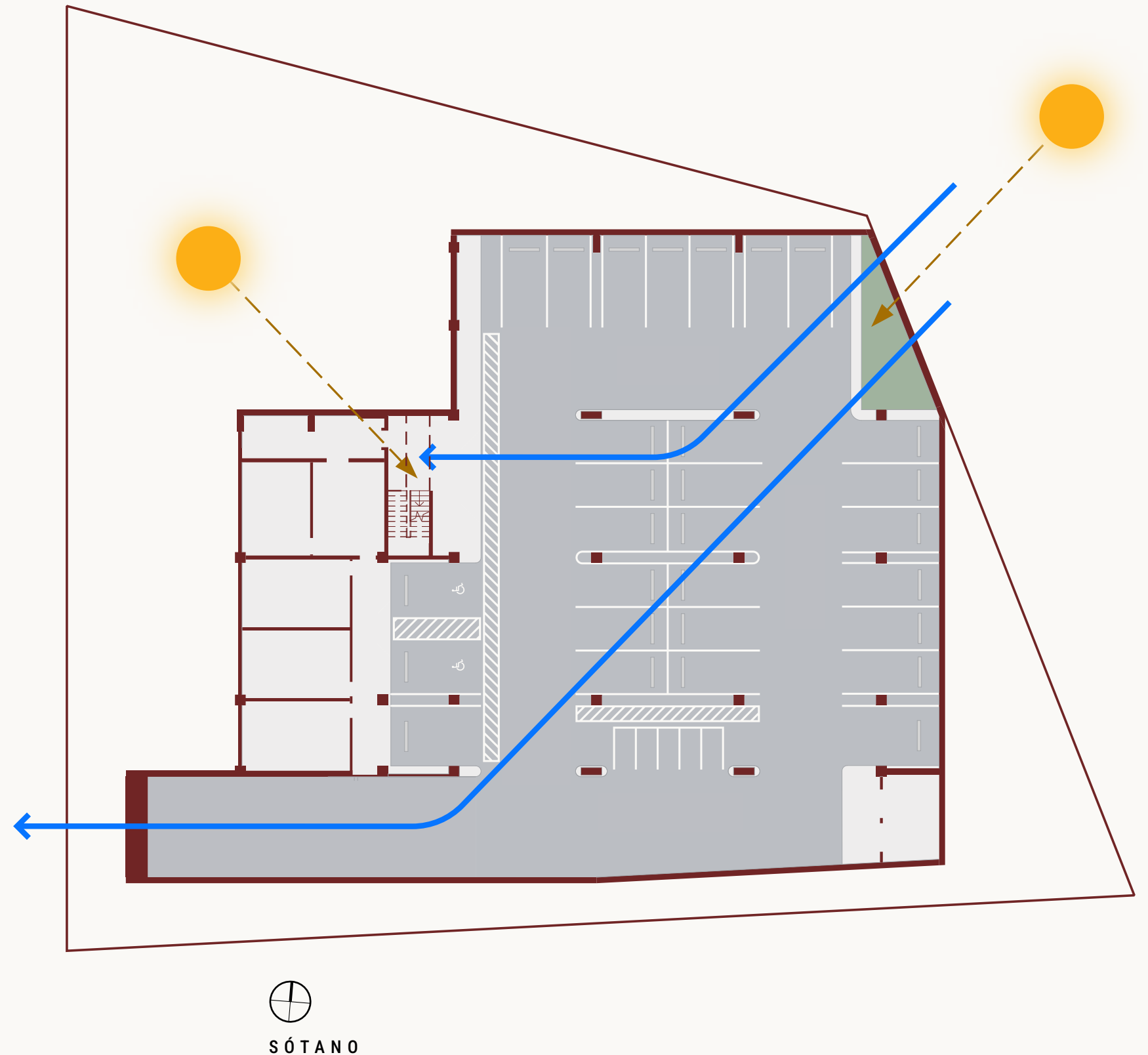


Figura 107 Ventilación cruzada, elaboración propia.

Plaza – Sótano Iluminación

Se lleva luz natural al lobby del parqueo en el sótano mediante una estructura con vidrio en el techo de acceso. Este domo cuenta en su parte superior con elementos de celosía que permiten la salida de aire, al mismo tiempo que bloquean el ingreso de lluvia.

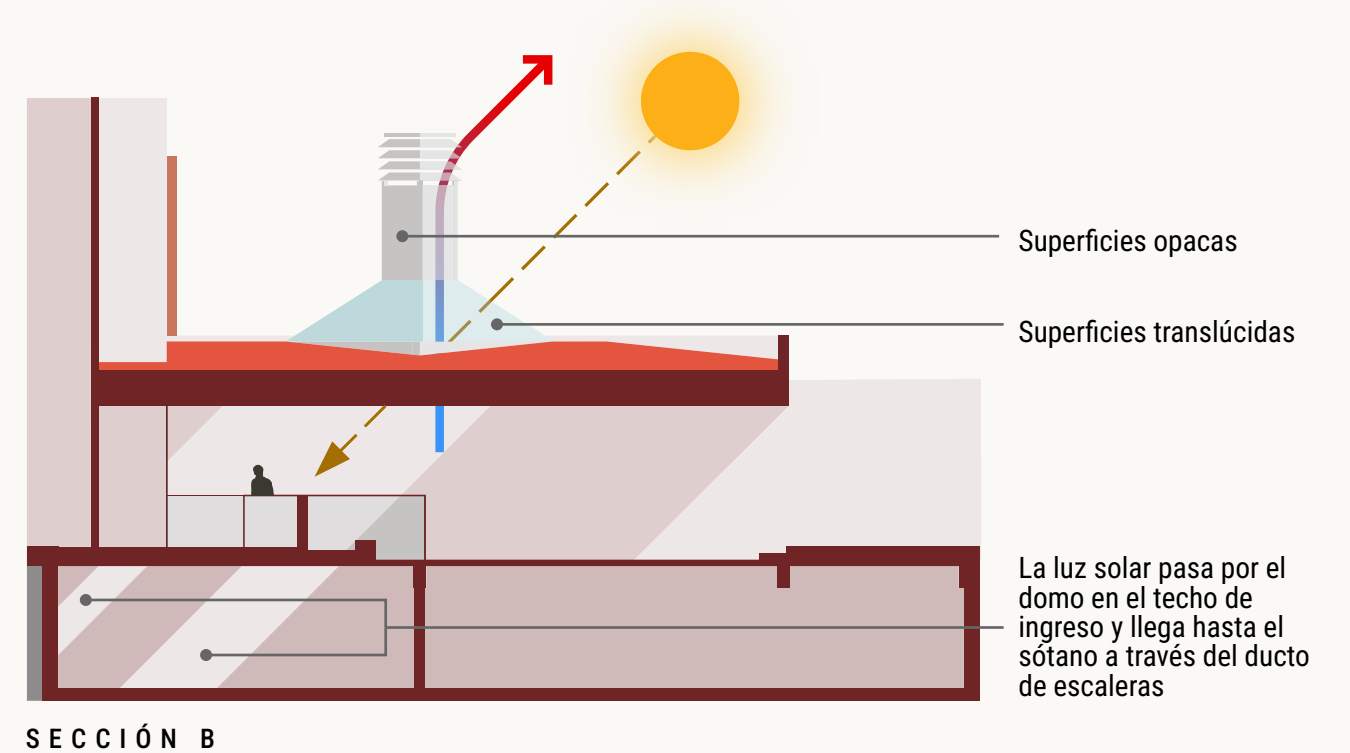
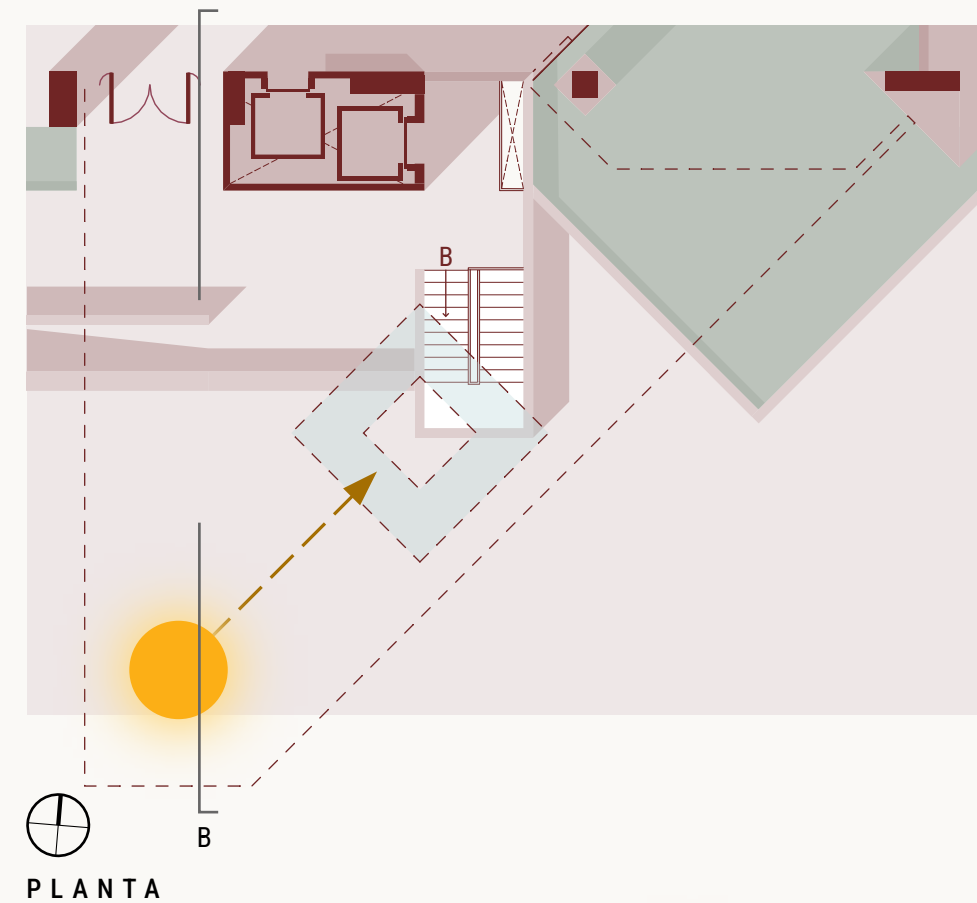


Figura 108 Iluminación a través de lucernario en techo, elaboración propia.

Cerramiento

Aberturas

En los cerramientos se ubican ventanas oscilantes hacia el exterior. Este tipo de ventana, hace que el aire que ingresa suba, razón por la que se ubican en la parte inferior en cada nivel.

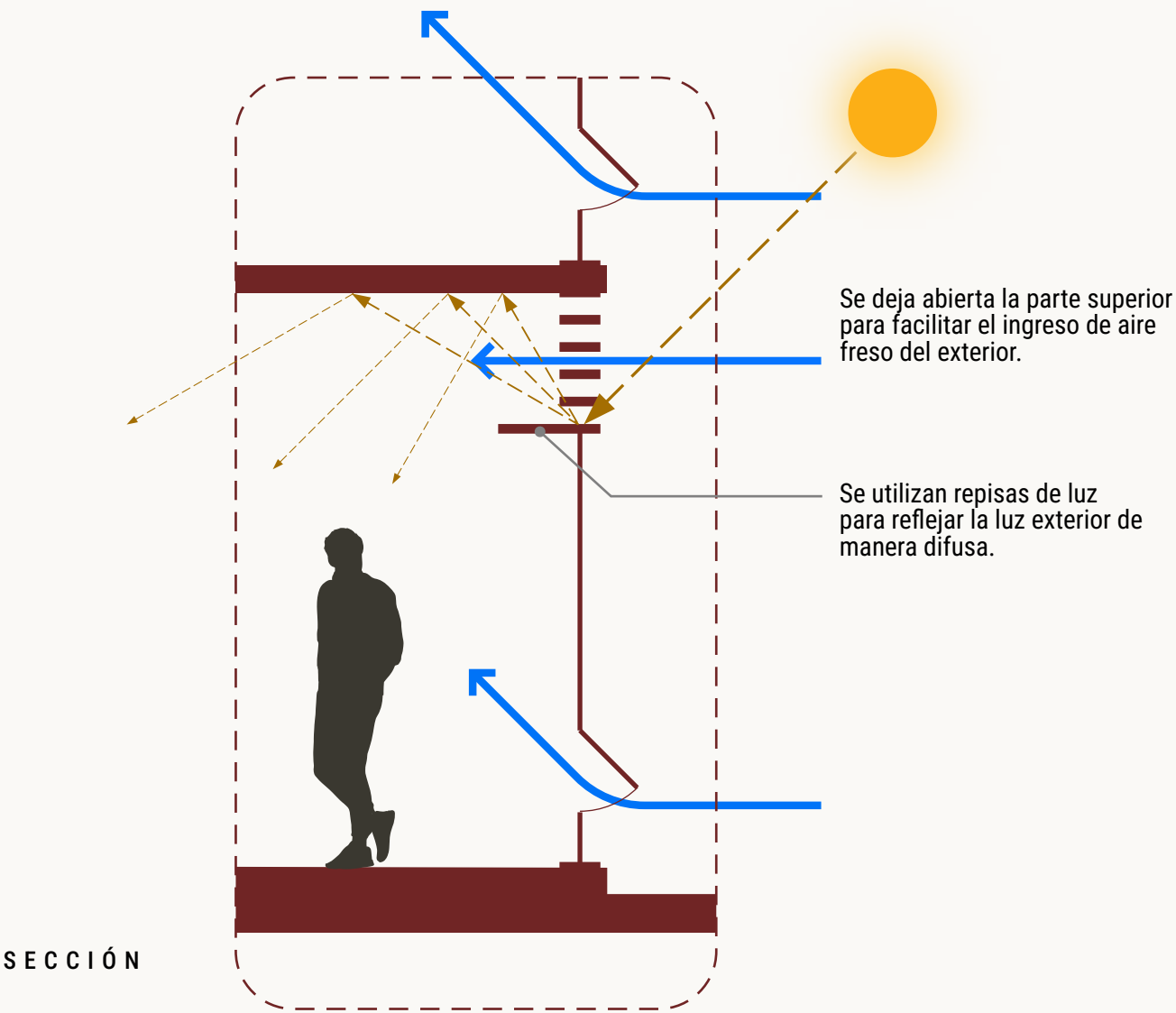


Figura 109 Aberturas, elaboración propia.

SIMULACIONES

R A D I A C I Ó N

S O L A R

Acerca del análisis solar

Se realiza un estudio para analizar la distribución e intensidad de la radiación solar en las superficies del modelo, evaluando la ganancia de energía solar acumulada a lo largo de un año. Este análisis se lleva a cabo utilizando la herramienta Solar Analysis, que forma parte del plug-in Insight de Revit.

Resultados

Las fachadas este y oeste son las que reciben la mayor cantidad de energía solar, siendo la oeste la que más recibe, con un promedio de 807 kWh/m². Este resultado concuerda con los obtenidos en la tabla de Mohoney (Tabla 2), que recomienda orientar el eje largo del edificio en dirección este-oeste para disminuir las ganancias de calor en el interior.

Se confirma que haber retranqueado las aberturas en las fachadas este y oeste, y haber incorporado elementos opacos a 45° es efectivo en disminuir el impacto de la radiación en dichos cerramientos.

Isométrico
SUR-OESTE
Techos

SIMULACIONES

Estudio Solar
1/1/2024 6:00am - 31/12/2024 6:00pm

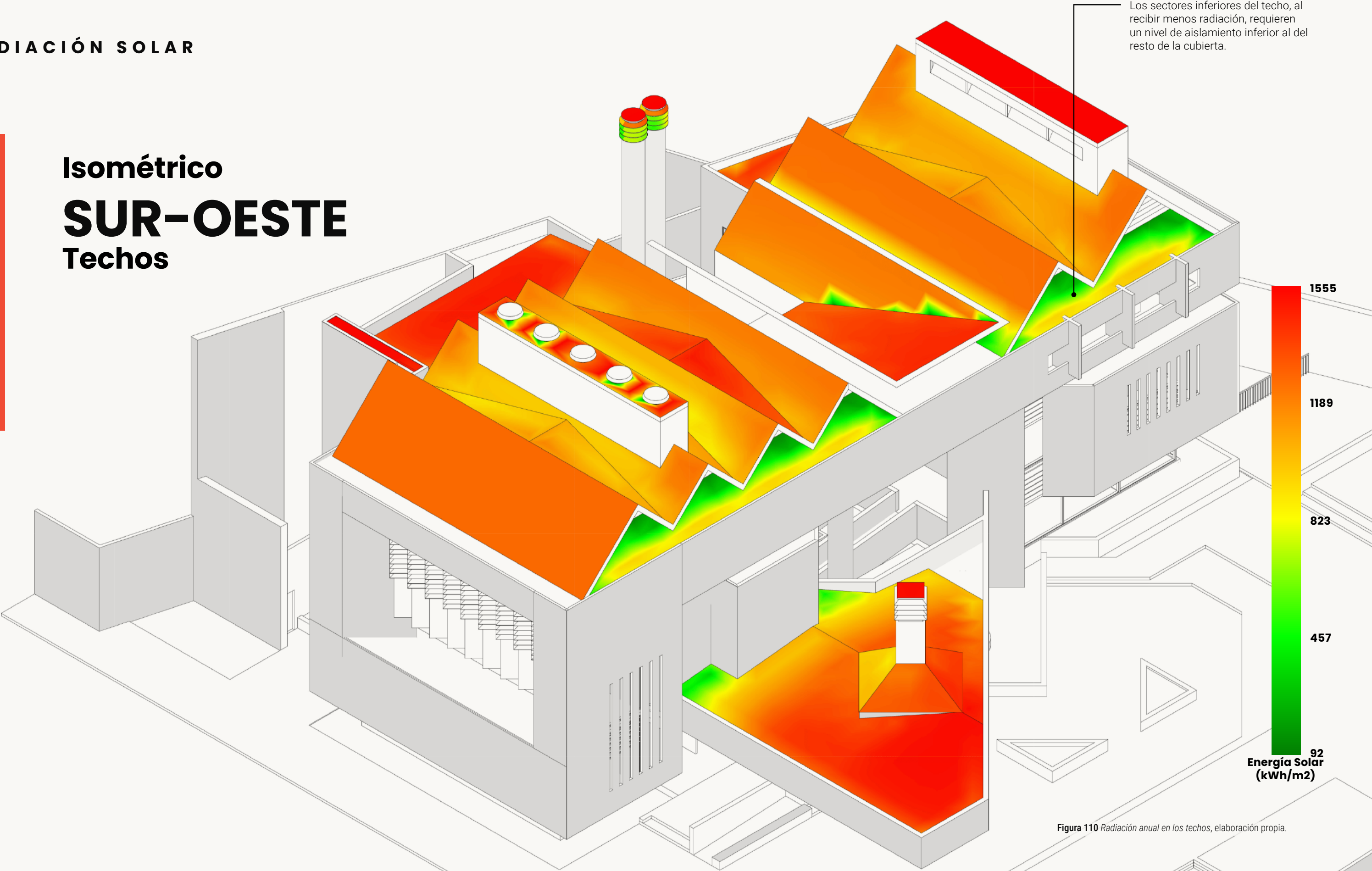


Figura 110 Radiación anual en los techos, elaboración propia.

Isométrico
SUR-OESTE
Cerramientos
Verticales

SIMULACIONES

Estudio Solar
1/1/2024 6:00am - 31/12/2024 6:00pm

CERRAMIENTOS
VERTICALES

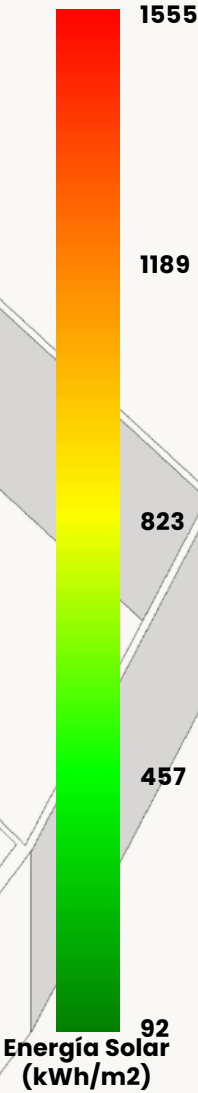


Figura 111 Radiación anual en las fachadas Oeste y Sur, elaboración propia.

RADIACIÓN SOLAR

Isométrico
SUR-ESTE
Techos

La chimenea solar, y el captador de viento proyectan sombras a su alrededor. Esos sectores del techo muestran valores de radiación menores que el resto.



Estudio Solar
1/1/2024 6:00am - 31/12/2024 6:00pm

CERRAMIENTOS
HORIZONTALES

Figura 112 Radiación anual en los techos, elaboración propia.

Isométrico
SUR-ESTE
Cerramientos
Verticales

SIMULACIONES

Estudio Solar
1/1/2024 6:00am - 31/12/2024 6:00pm

CERRAMIENTOS
VERTICALES

Los espacios retranqueados reciben una menor cantidad energía solar, mientras que los elementos dispuestos en un ángulo de 45° contribuyen a reducir la radiación recibida.

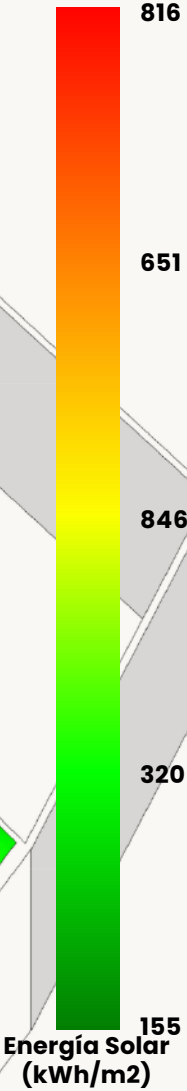


Figura 113 Radiación anual en las fachadas Sur y Este, elaboración propia.

RADIACIÓN SOLAR

Isométrico
NOR-ESTE
Techos

SIMULACIONES

Estudio Solar
1/1/2024 6:00am - 31/12/2024 6:00pm

CERRAMIENTOS
HORIZONTALES

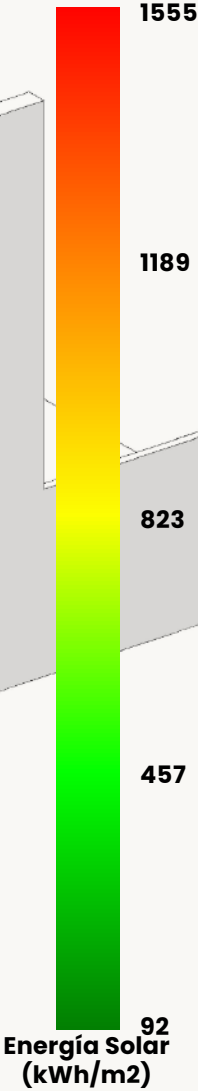


Figura 114 Radiación anual en los techos, elaboración propia.

RADIACIÓN SOLAR

Isométrico
NOR-ESTE
Cerramientos Verticales

SIMULACIONES

Estudio Solar
1/1/2024 6:00am - 31/12/2024 6:00pm

CERRAMIENTOS
VERTICALES

La fachada este recibe aproximadamente 812 kWh/m2, mientras que la norte, un aproximado de 420 kWh/m2 a lo largo del año. La simulación demuestra que la fachada norte recibe bastante menos radiación que la sur.

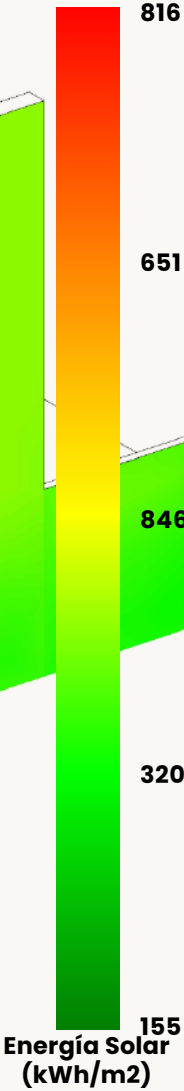


Figura 115 Radiación anual en las fachadas Norte y Este, elaboración propia.

RADIACIÓN SOLAR

Isométrico
NOR-OESTE
Techos

Los techos con las pendientes más pronunciadas reciben menos radiación solar.

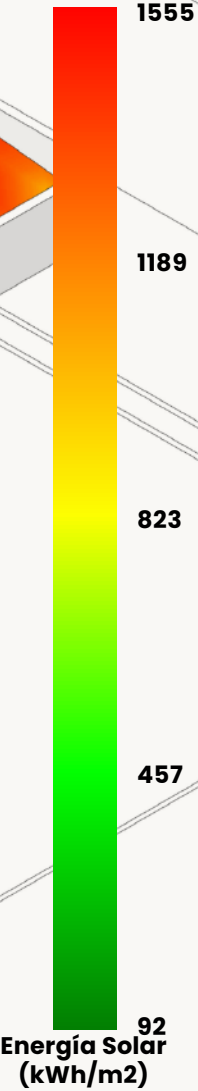


Figura 116 Radiación anual en los techos, elaboración propia.

RADIACIÓN SOLAR

Isométrico
NOR-OESTE

Estudio Solar
1/1/2024 6:00am
31/12/2024 6:00pm

Los espacios retranqueados presentan una menor insolación solar. Los elementos protectores a 45° contribuyen para recibir una menor radiación y por lo tanto, transfieren menos calor al interior

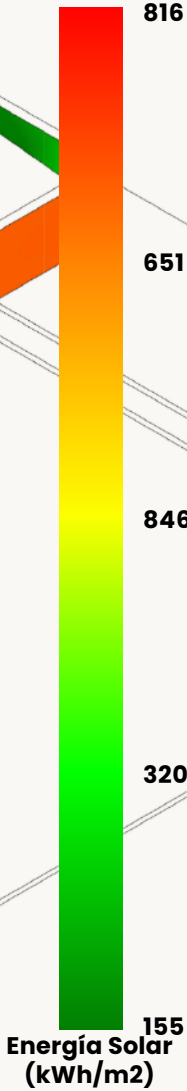


Figura 117 Radiación anual en las fachadas Norte y Oeste, elaboración propia.

SIMULACIONES

Estudio Solar
1/1/2024 6:00am - 31/12/2024 6:00pm

CERRAMIENTOS
VERTICALES

VENTILACIÓN

Acerca de la simulación de viento

La simulación del comportamiento del viento sobre el modelo se lleva a cabo con el programa Autodesk CFD Ultimate, una herramienta enfocada principalmente en el análisis de componentes mecánicos y vehículos con geometrías simples. Aunque esta aplicación no está diseñada específicamente para estructuras arquitectónicas complejas, se ha hecho el esfuerzo para evaluar el edificio del proyecto CDH.

Se encontraron varios obstáculos al intentar modelar el edificio completo, incluso después de simplificar considerablemente su geometría. La simulación solo pudo ejecutarse exitosamente cuando se trabajó en la mitad arte posterior del edificio, lo que permitió obtener resultados viables dentro de las limitaciones del programa.

Resultados

Como se indicó en la sección **Recomendaciones a partir del Análisis de Sitio**, en la sección de Viento, una velocidad interior de 0,8 m/s es adecuada de acuerdo a la norma ASHRAE 55-2004, aunque, velocidades mayores son deseables en climas calientes y húmedos.

Sección Longitudinal

Estudio de Ventilación
Velocidad utilizada: 1.14 m/s

Una vez que el aire pasa a través del módulo posterior, va tiende a subir por la diferencia de presión que se genera.

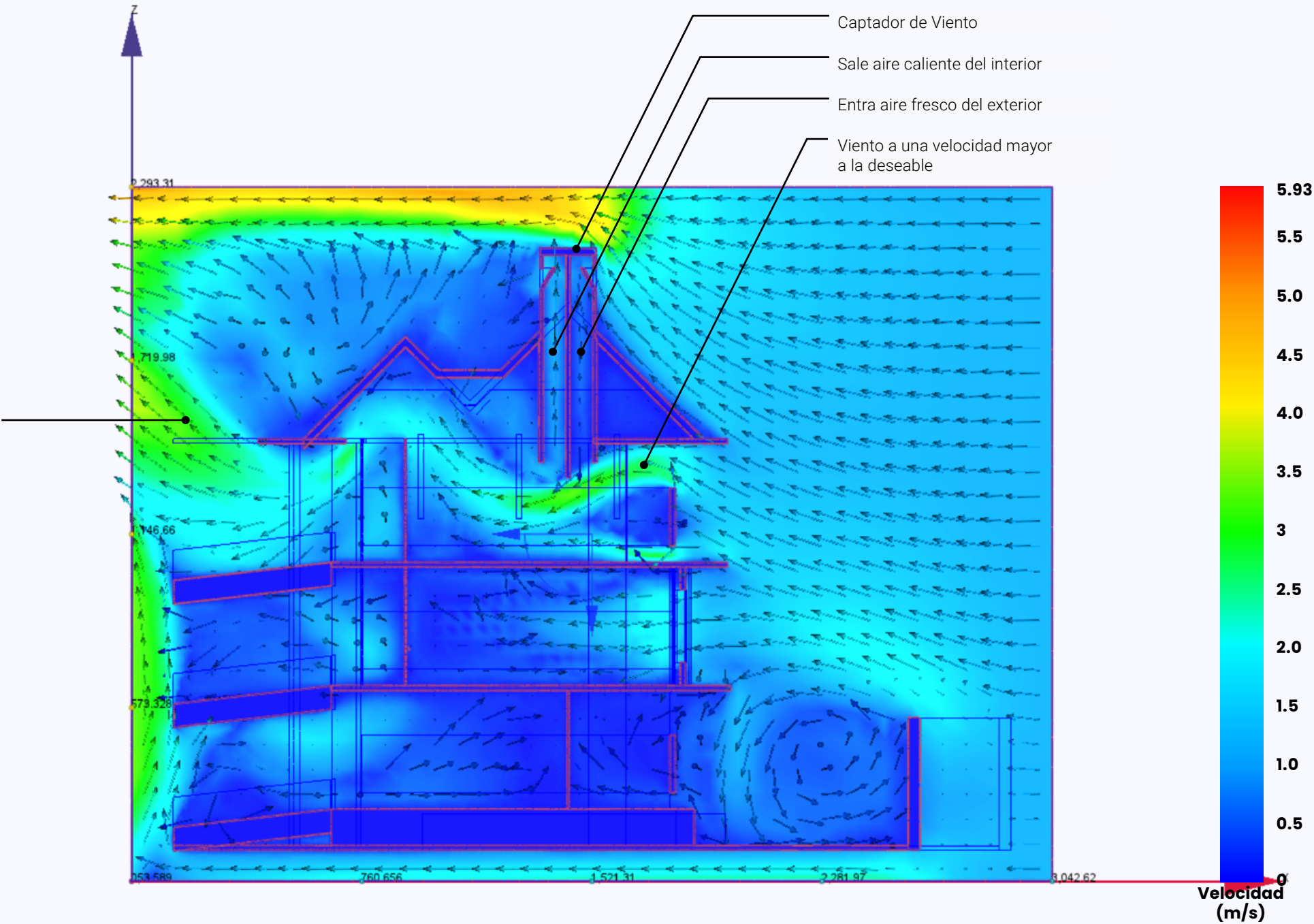
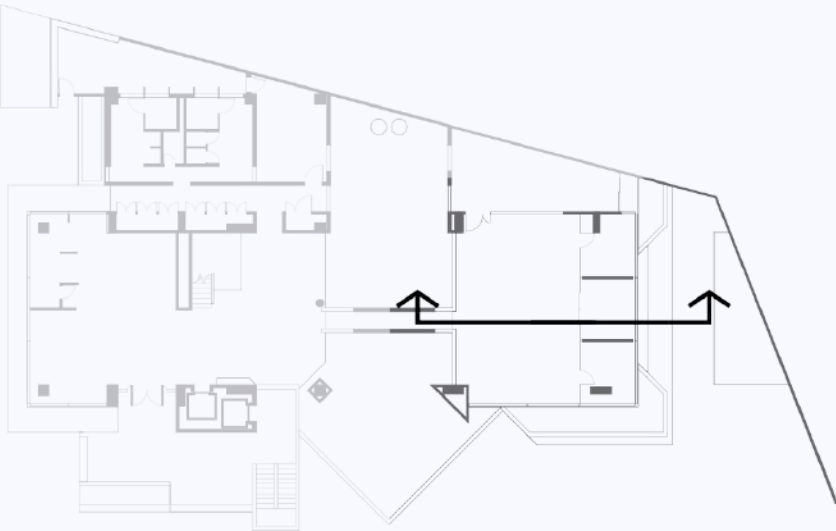


Figura 118 Simulación de ventilación en corte longitudinal, elaboración propia.

Sección Transversal

Estudio de Ventilación
Velocidad utilizada: 1.14 m/s

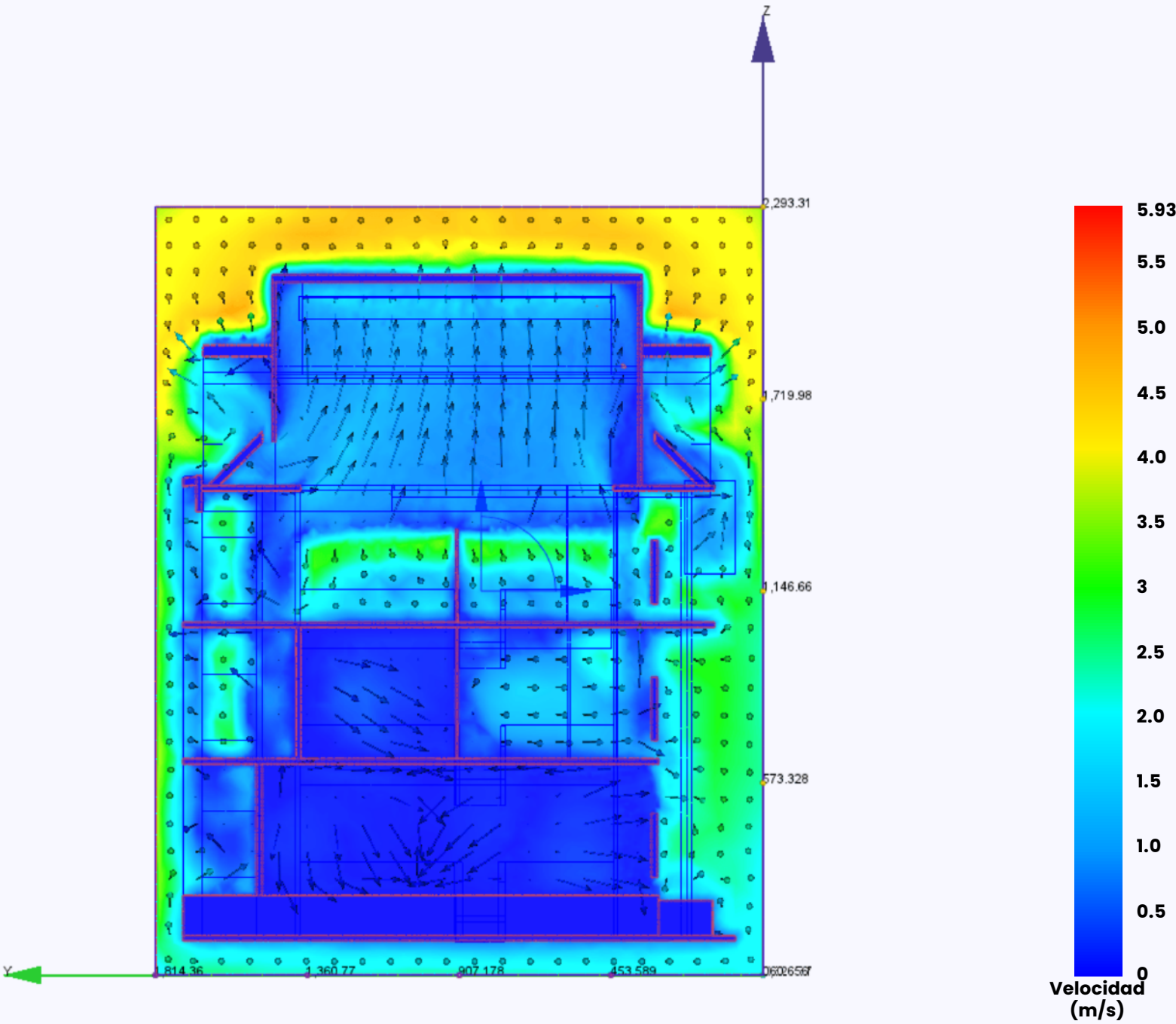
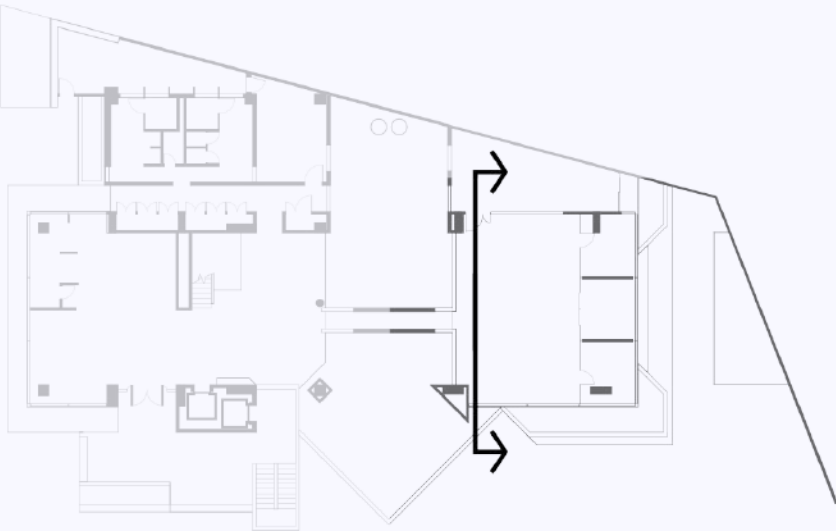


Figura 119 Simulación de ventilación en corte transversal, elaboración propia.

Isométrico Nivel 1.5

Estudio de Ventilación
Velocidad utilizada: 1.14 m/s

La simulación muestra una desaceleración del aire una vez que entra al interior pero manteniéndose en rangos de aproximadamente entre 0.2 y 0.9 m/s, lo cual es deseable en este contexto.

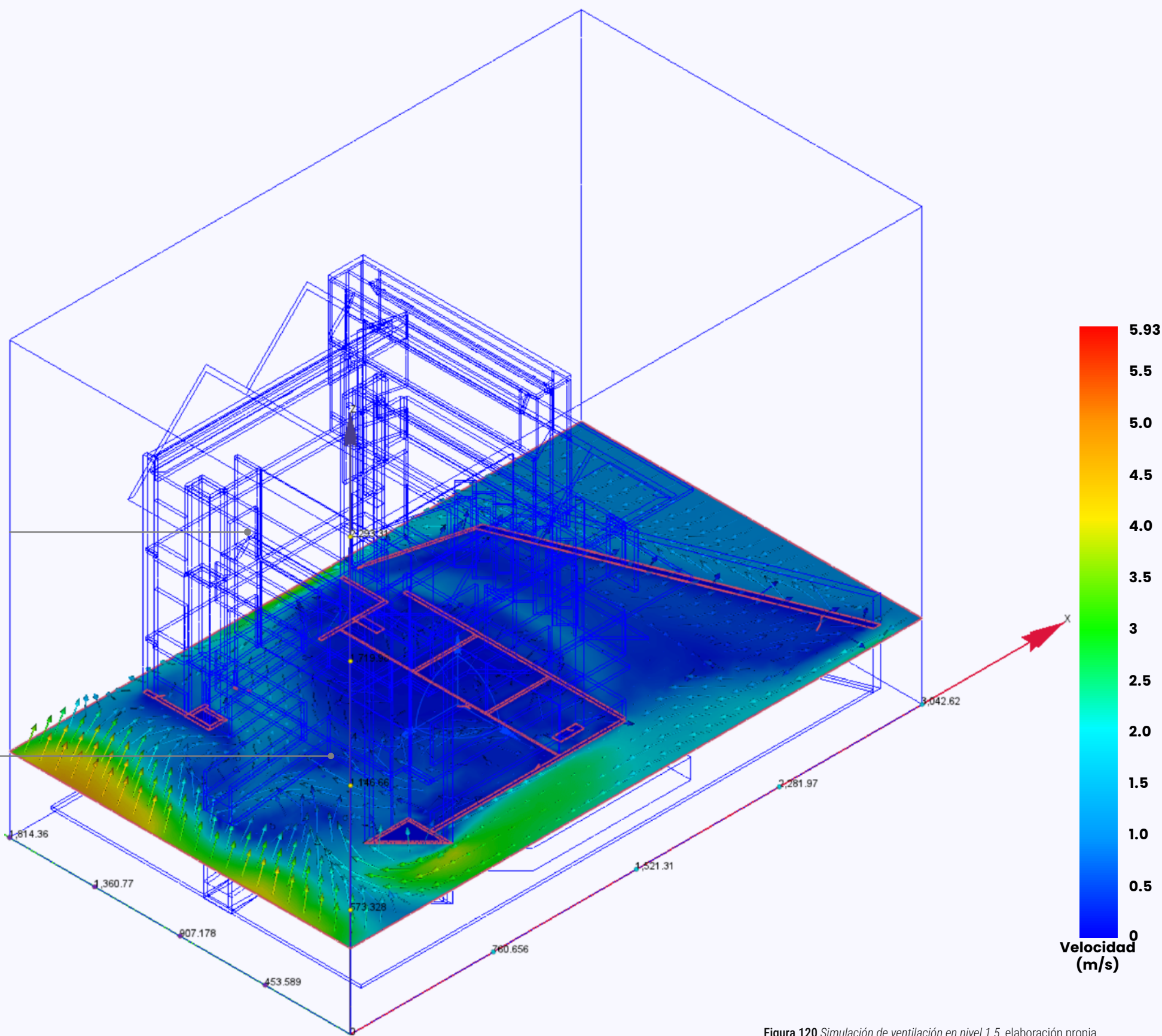


Figura 120 Simulación de ventilación en nivel 1.5, elaboración propia.

Isométrico Nivel 2.5

Estudio de Ventilación
Velocidad utilizada: 1.14 m/s

Se verifica que el conector entre los 2 volúmenes del edificio facilita la circulación del aire y evita que baja a niveles inferiores a los recomendados.

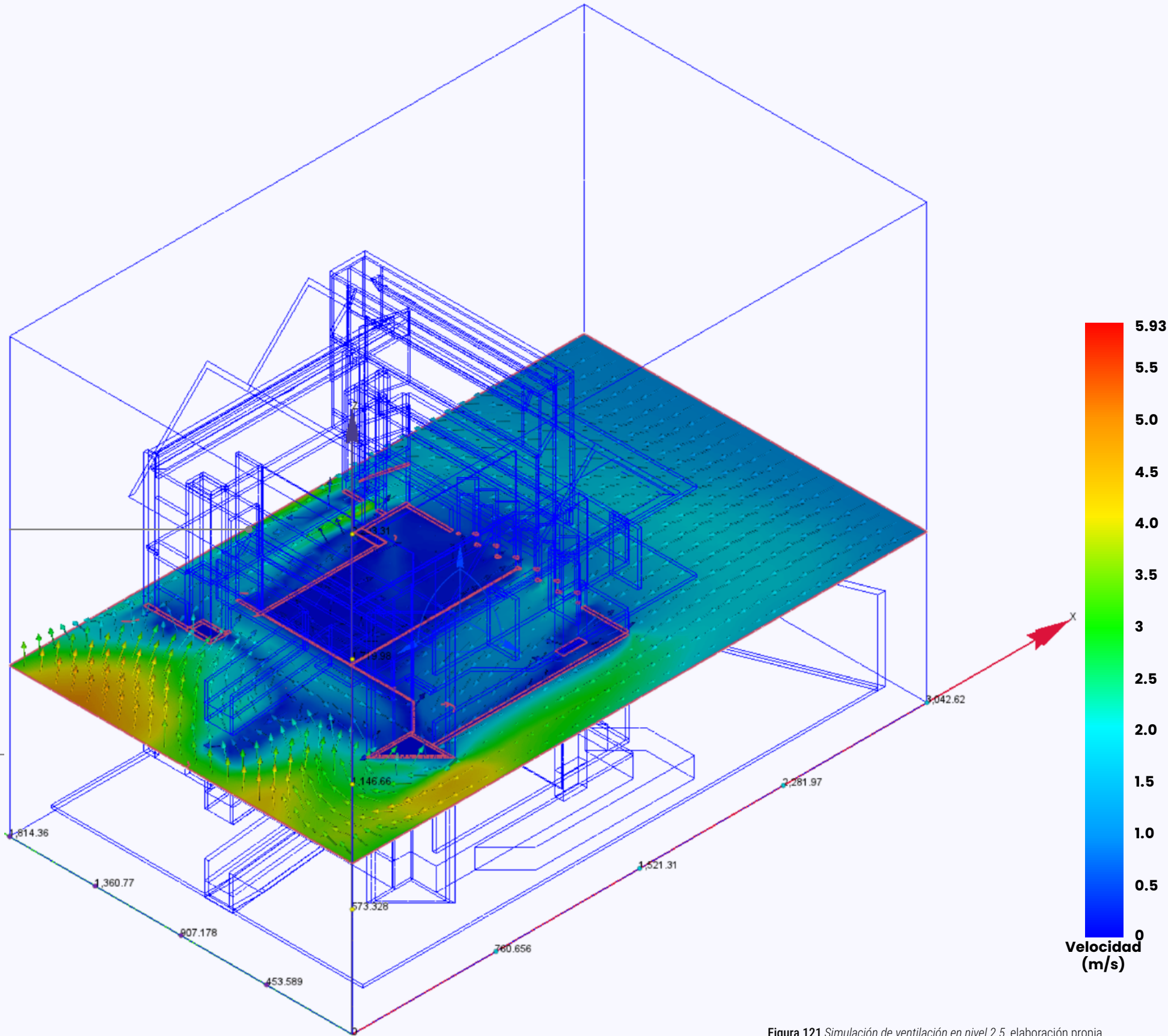


Figura 121 Simulación de ventilación en nivel 2.5, elaboración propia.

Isométrico Nivel 3.5

Estudio de Ventilación
Velocidad utilizada: 1.14 m/s

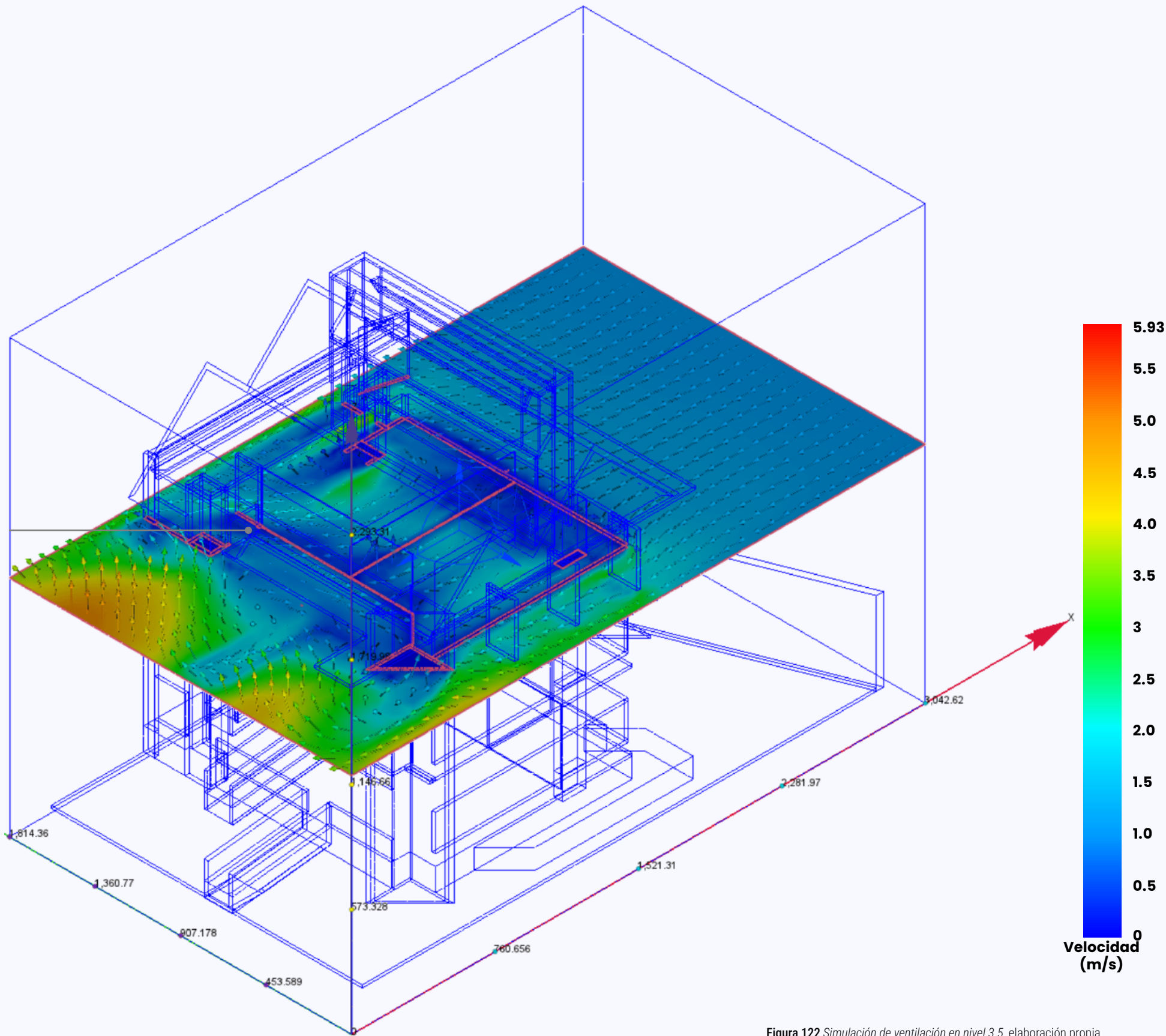


Figura 122 Simulación de ventilación en nivel 3.5, elaboración propia.

ILUMINACIÓN

Acerca de la simulación de luz natural

Se realizan simulaciones de iluminancia solar correspondientes al equinoccio de marzo (21 de marzo) a las 12 mediodía. Para analizar los resultados, se emplean dos tipos de gráficos: uno en **blanco y negro**, que muestra visualmente la intensidad de la luz, y otro en "**color falso**", que facilita la interpretación de la distribución de los valores de iluminancia en las plantas. Se debe tomar en cuenta que el gráfico en blanco y negro no refleja cómo se verían los espacios en la realidad, ya que exagera el contraste de la intensidad de la luz para ayudar a comprender el comportamiento de la luz. Los valores que muestran las simulaciones simulaciones corresponden a los de un plano a una altura de 85 centímetros sobre el nivel del piso terminado, tanto para los niveles 1, 2 y 3, como para los niveles intermedios 1,5, 2,5 y 3,5.

El software utilizado es VELUX Daylight Simulation versión 3. A nivel de planta, se realizaron simulaciones para determinar el "Daylight Factor" (DF), que representa el porcentaje de luz natural disponible en el espacio analizado. A nivel de cortes, se evaluó la iluminancia. Aunque las simulaciones de DF no son las más precisas, son comúnmente empleadas para estimar la disponibilidad de luz natural. Según el Comité Europeo de Normalización (CEN, por sus siglas en francés), un espacio se considera iluminado naturalmente si alcanza un factor de luz diurna del 2%, aunque puede requerir iluminación artificial para tareas específicas. Por otro lado, un espacio con un DF del 5% se considera muy iluminado.

Niveles 1 y 1.5

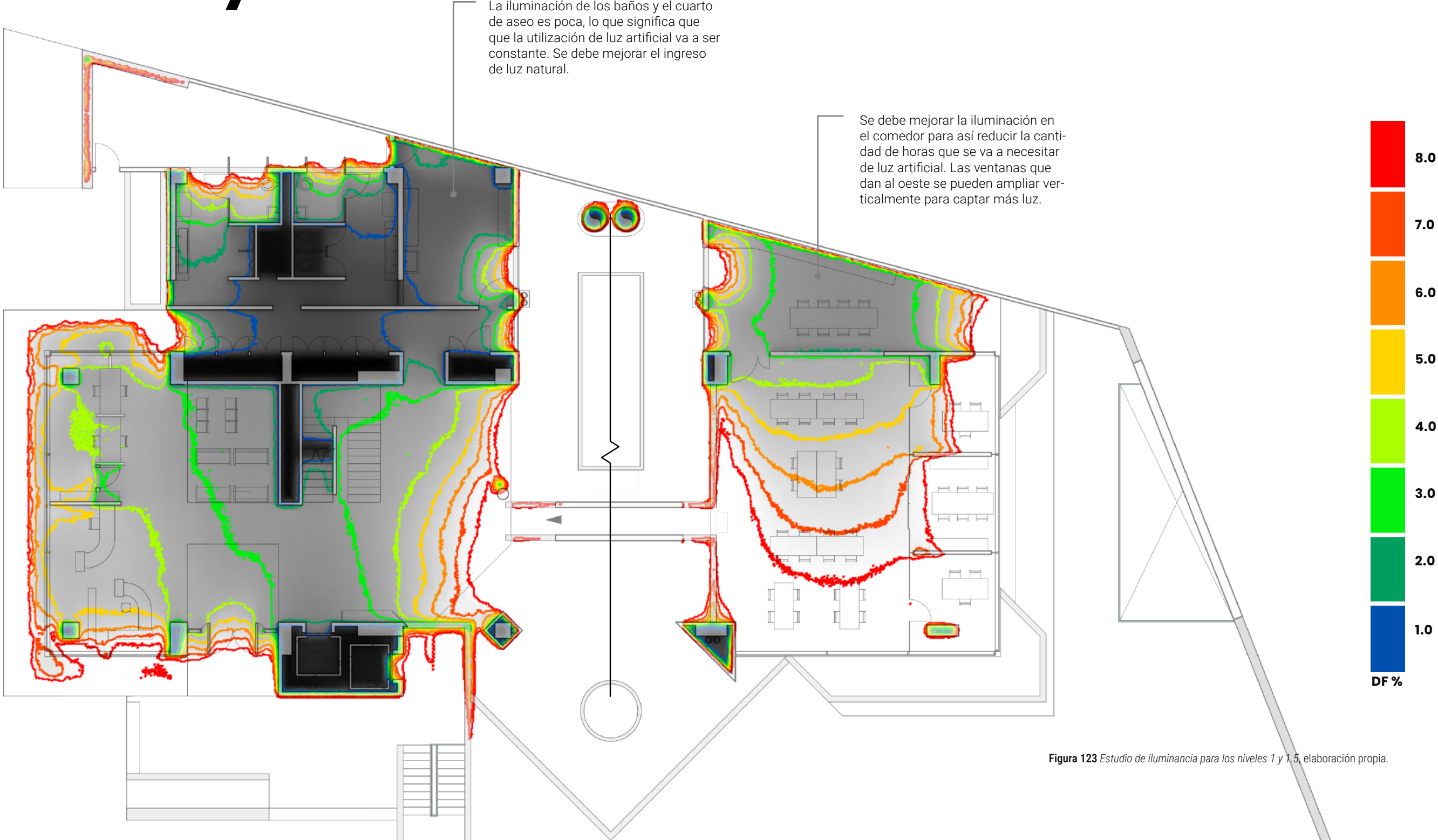


Figura 123 Estudio de iluminancia para los niveles 1 y 1.5, elaboración propia.

Niveles 2 y 2.5

SIMULACIONES
CLIMÁTICAS

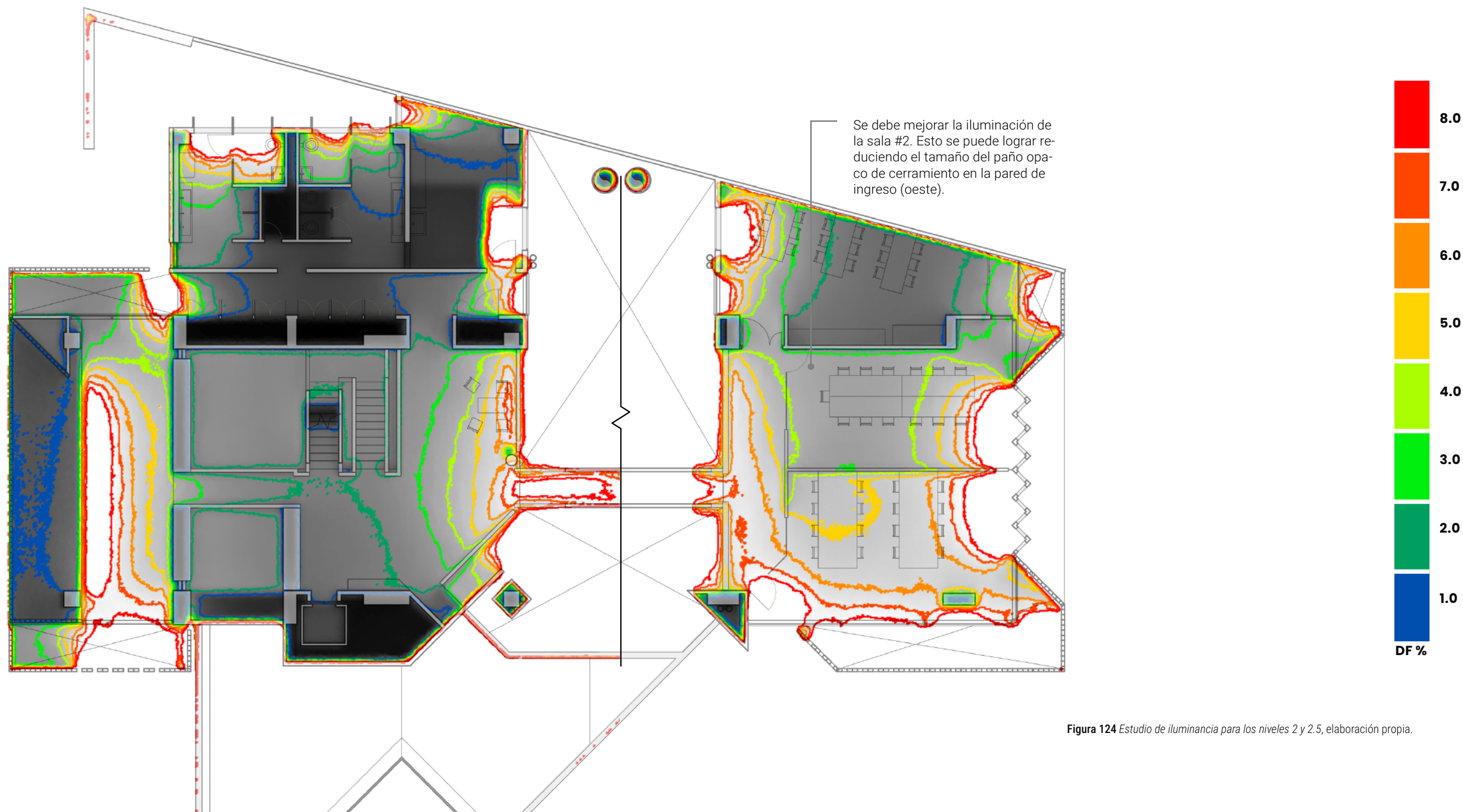
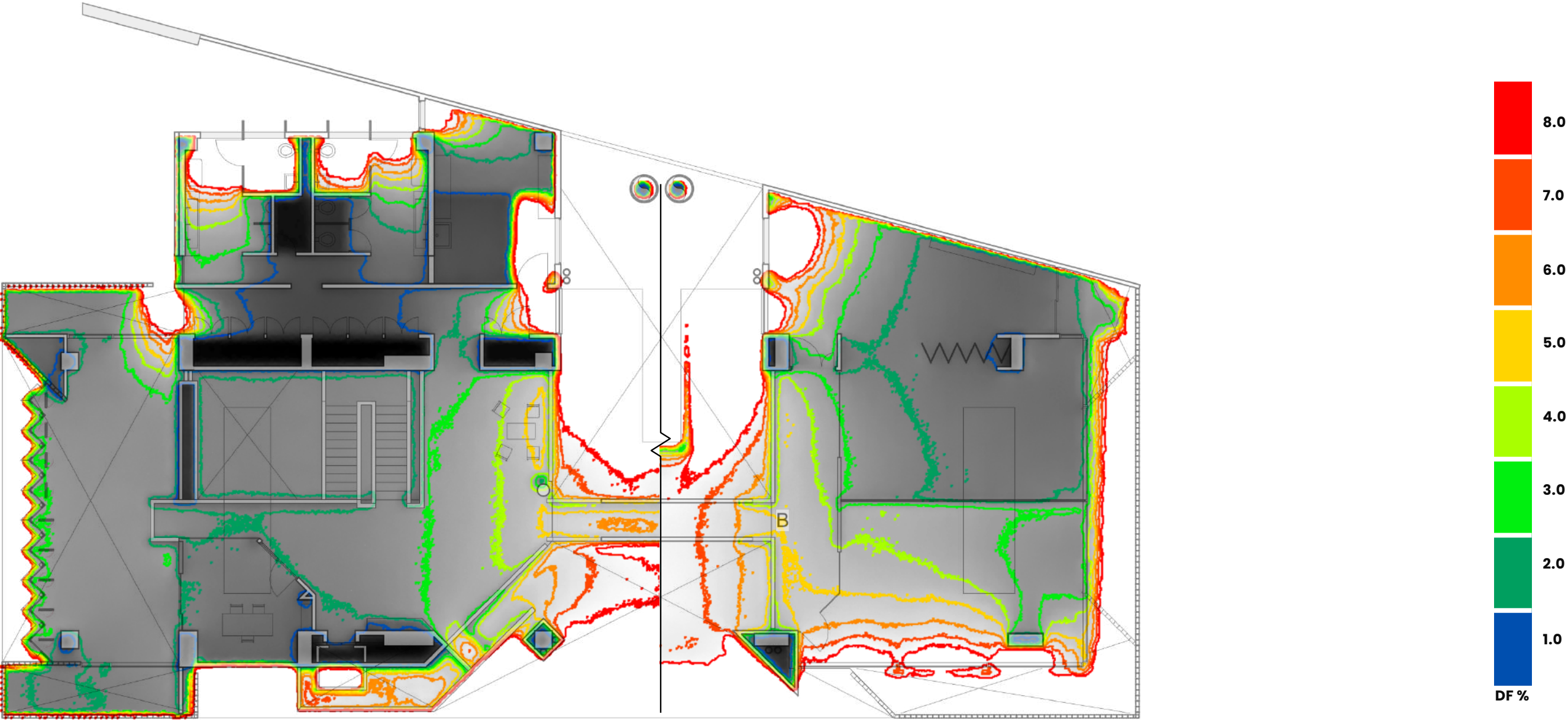


Figura 124 Estudio de iluminancia para los niveles 2 y 2.5, elaboración propia.

Niveles 3 y 3.5

Se puede mejorar ligeramente la iluminación de la sala #2



Sótano

El lobby del parqueo es iluminado a través del domo en el techo de ingreso principal. La luz para a través del ducto de las escaleras y llega hasta el sótano.

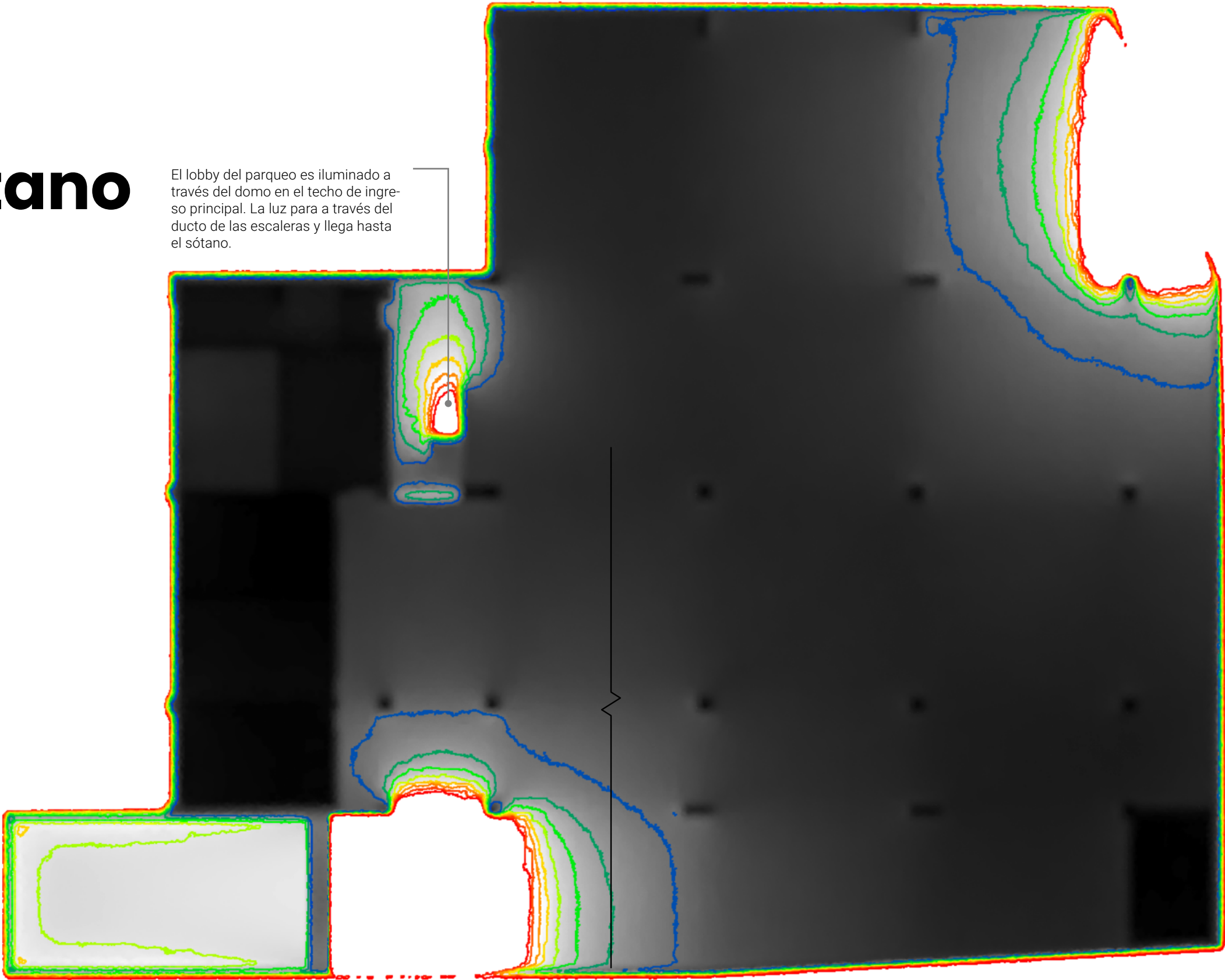


Figura 126 Estudio de iluminancia para el nivel de sótano, elaboración propia.

Corte Longitudinal 1

SIMULACIONES
CLIMÁTICAS

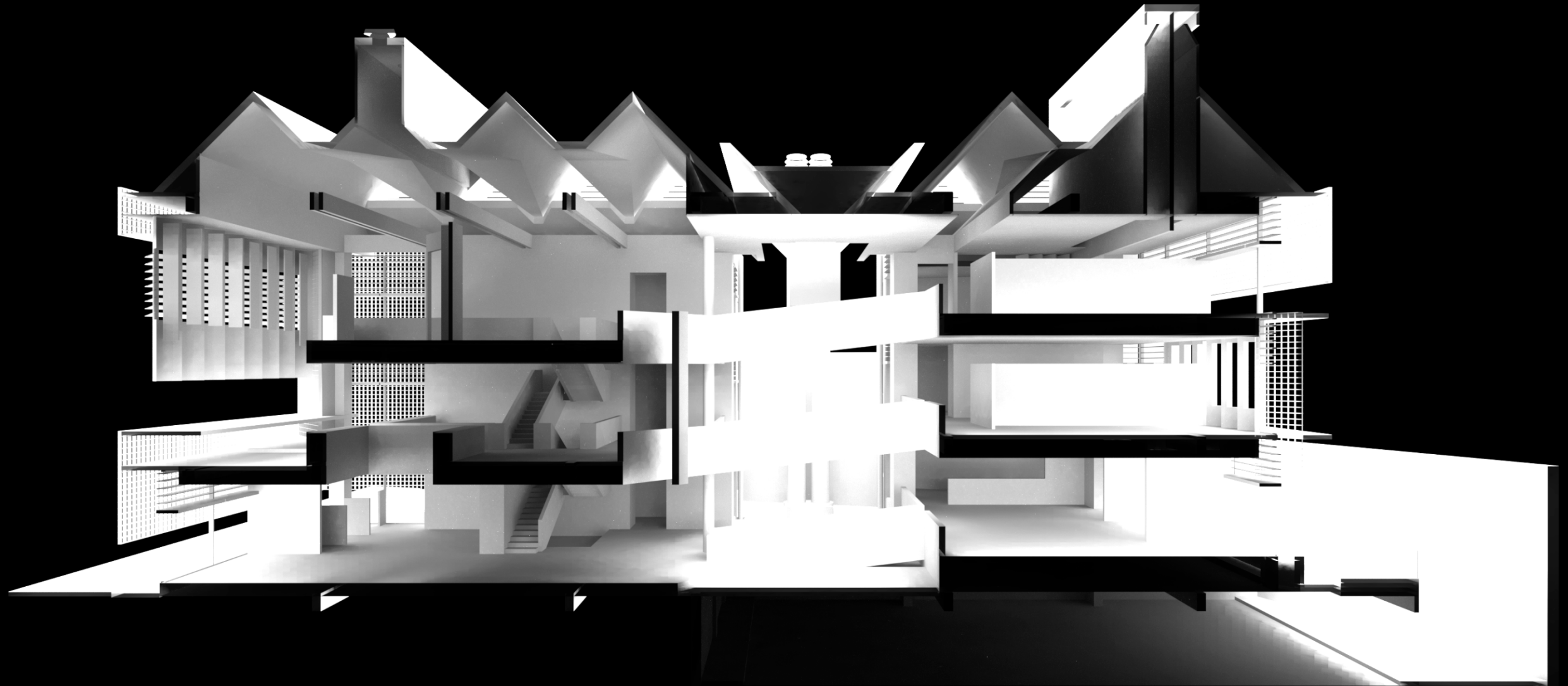
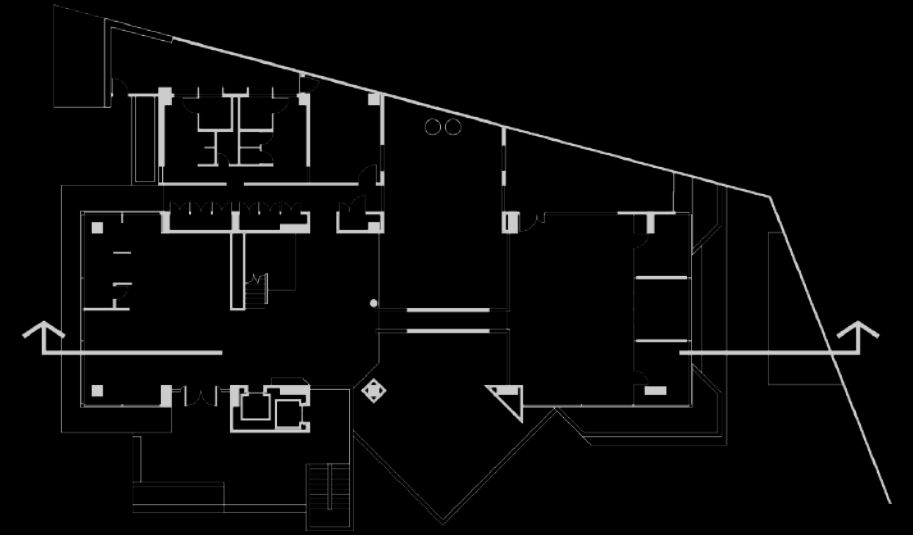


Figura 127 Estudio de iluminancia en sección longitudinal 1, elaboración propia.

Corte Longitudinal 1

SIMULACIONES
CLIMÁTICAS

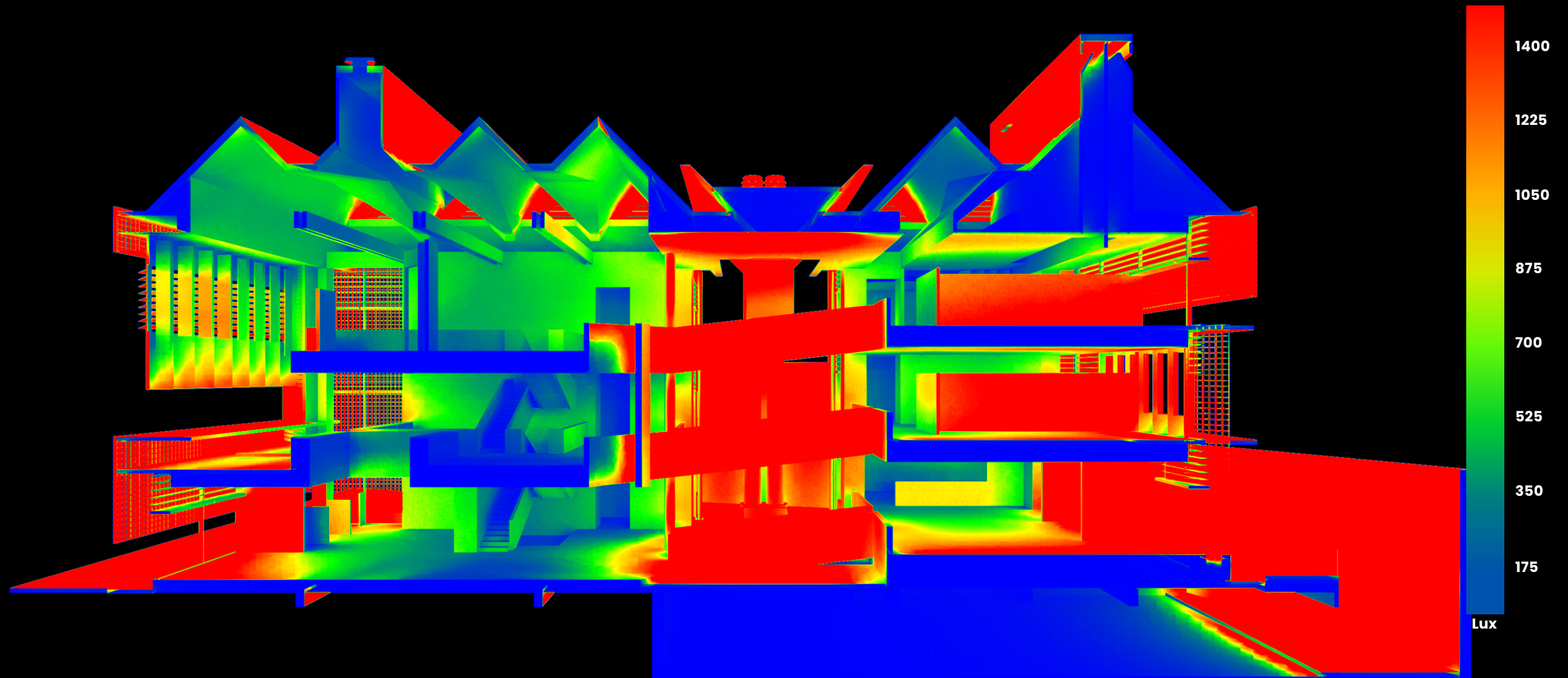
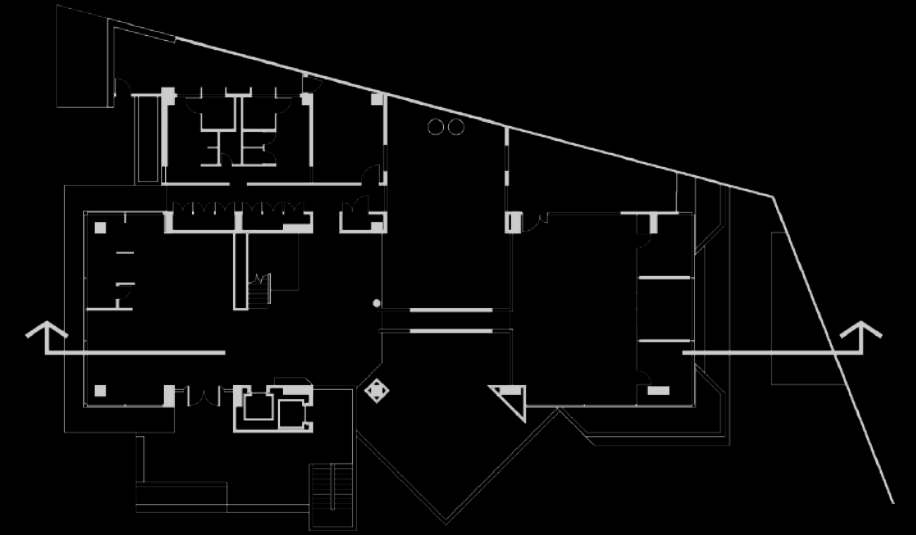


Figura 128 Estudio de iluminancia en sección longitudinal 1 en color falso, elaboración propia.

Corte Longitudinal 2

SIMULACIONES
CLIMÁTICAS

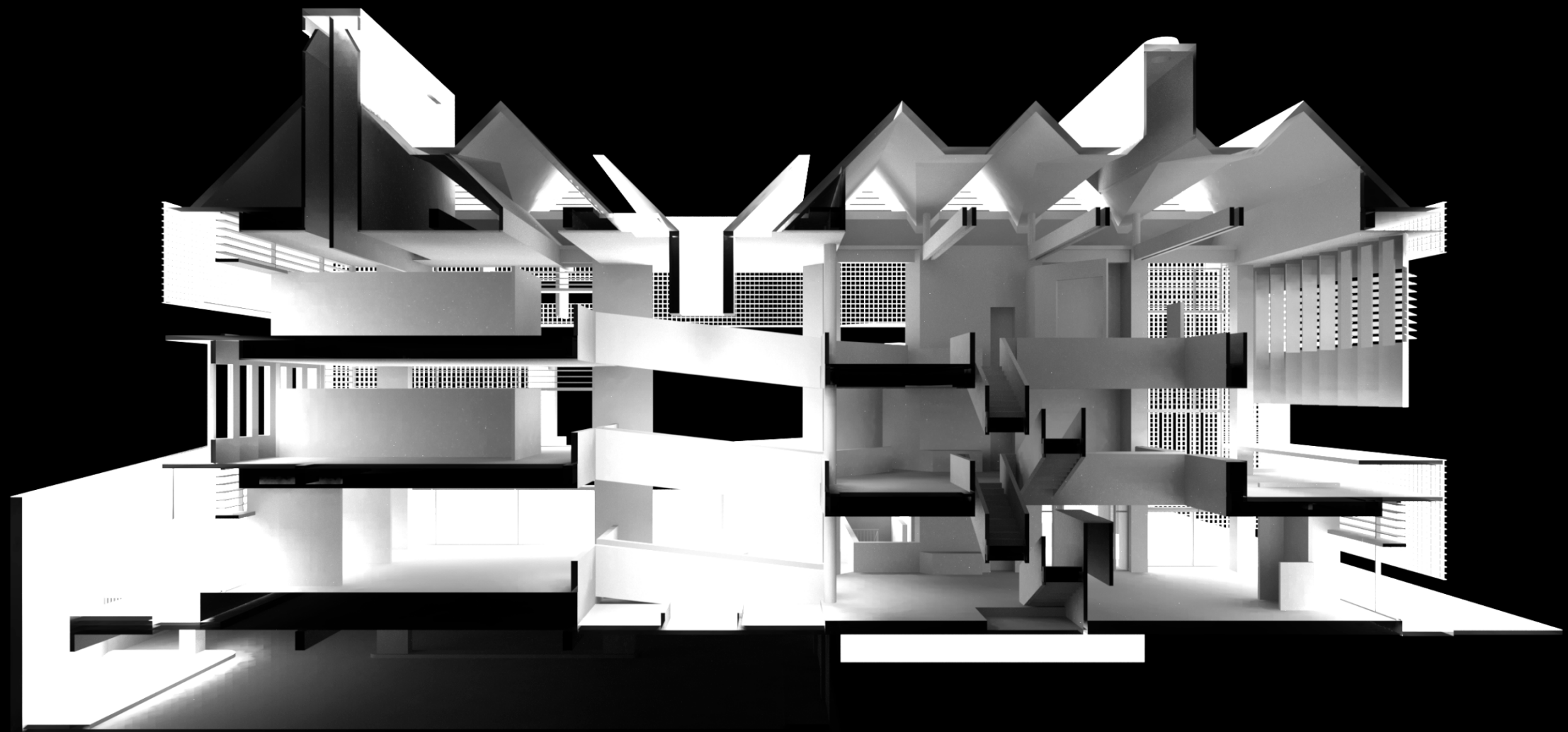
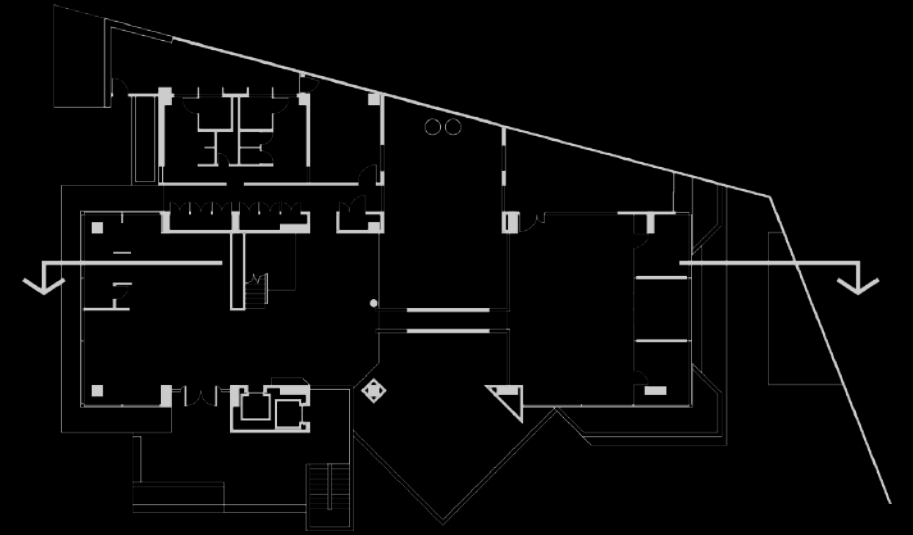


Figura 129 Estudio de iluminancia en sección longitudinal 2, elaboración propia.

Corte Longitudinal 2

SIMULACIONES
CLIMÁTICAS

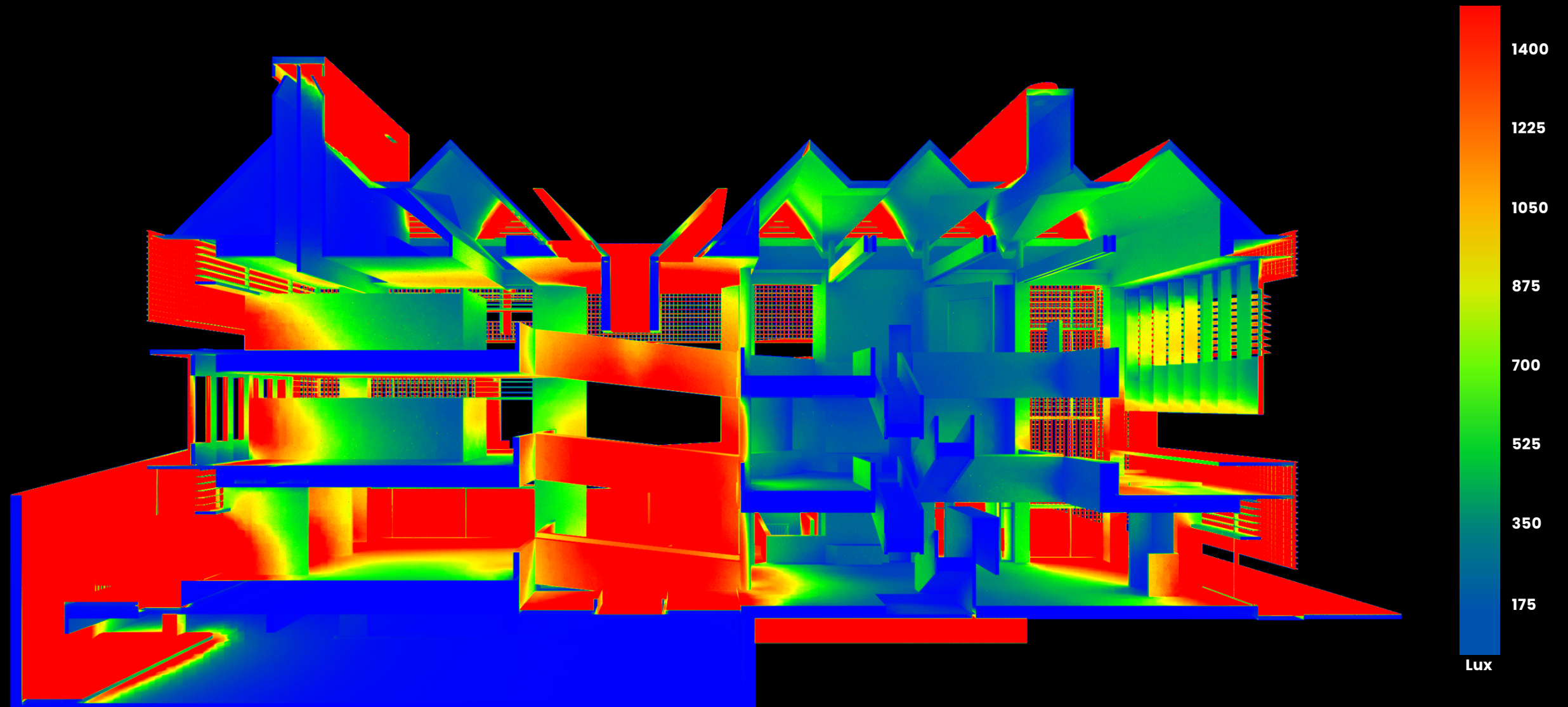
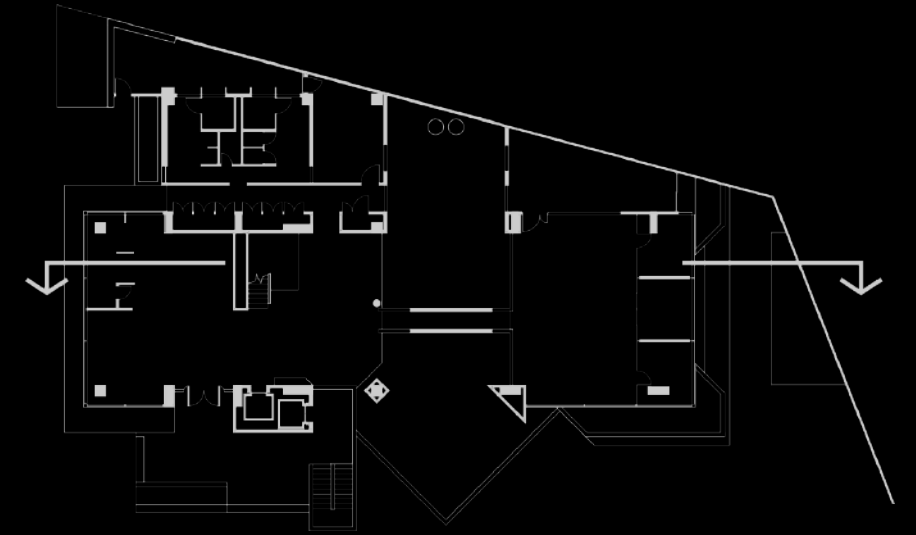


Figura 130 Estudio de iluminancia en sección longitudinal 2 en color falso, elaboración propia.

Corte Transversal 1

SIMULACIONES
CLIMÁTICAS

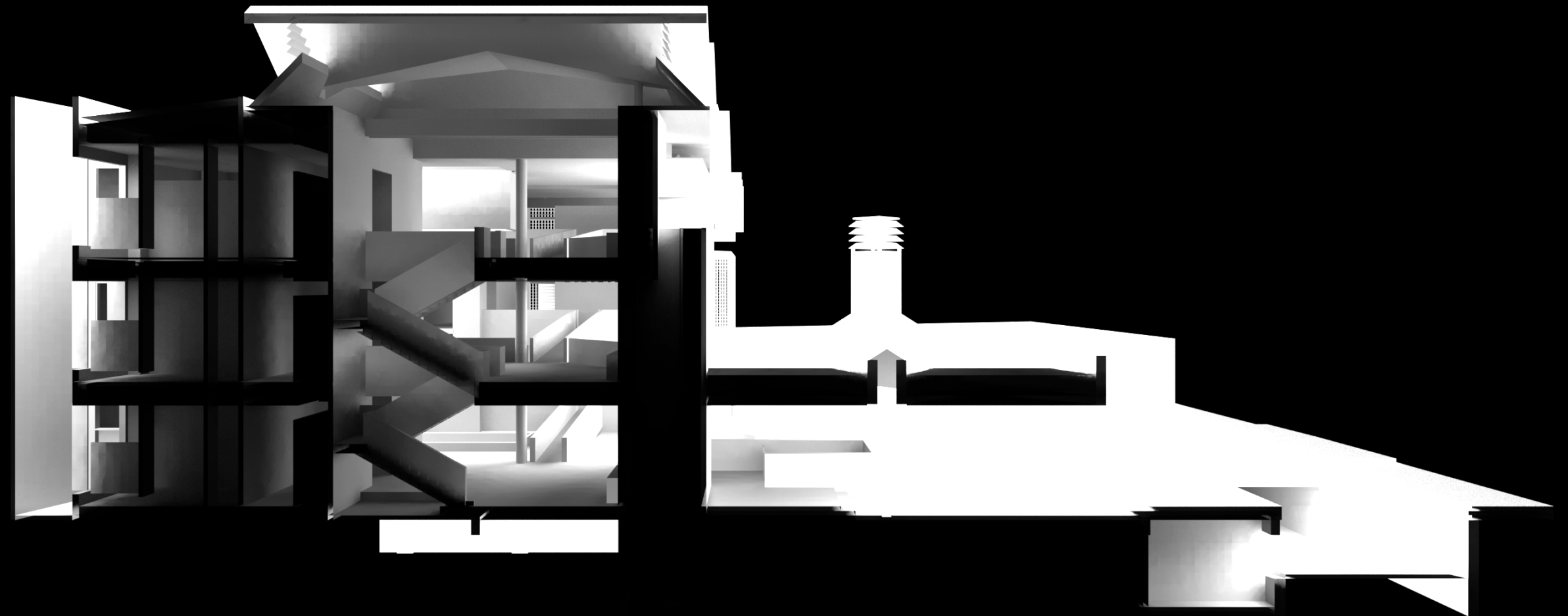
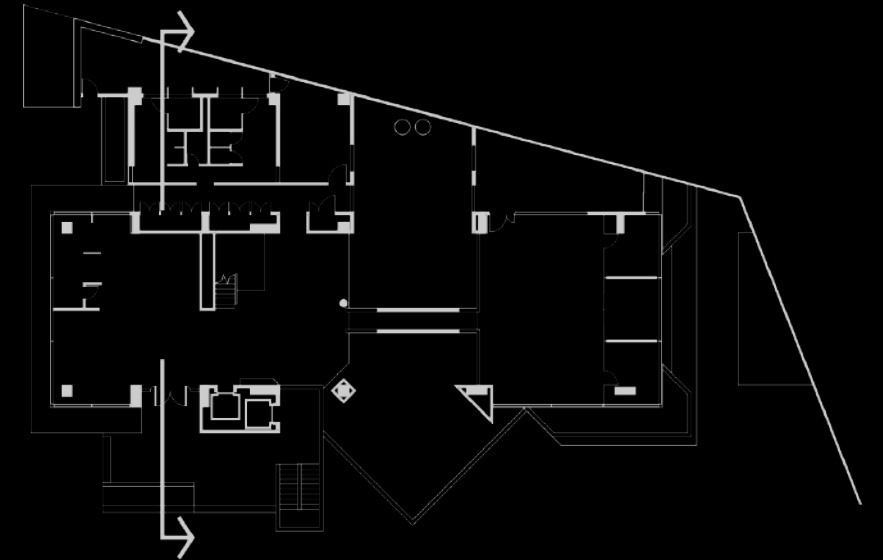


Figura 131 Estudio de iluminancia en sección transversal 1, elaboración propia.

Corte Transversal 1

SIMULACIONES
CLIMÁTICAS

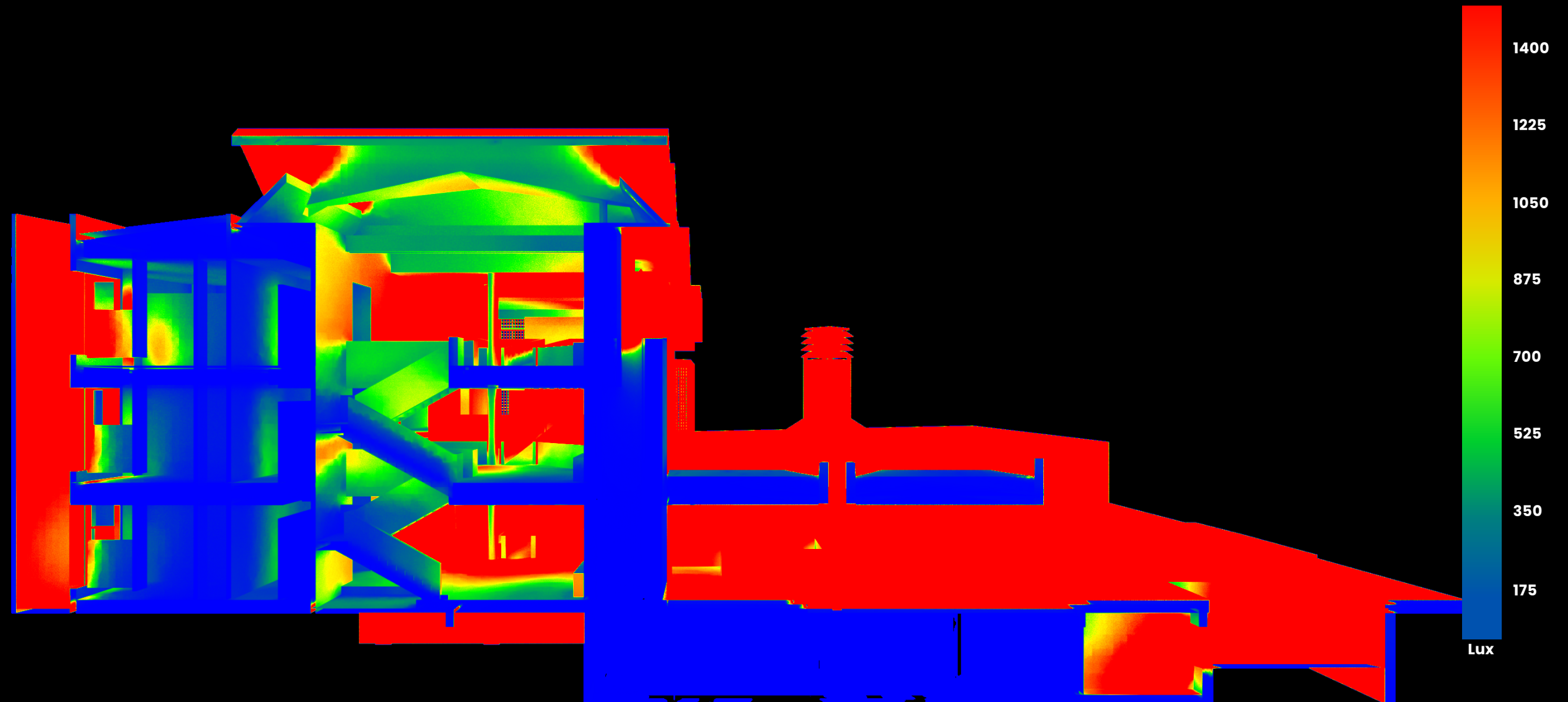
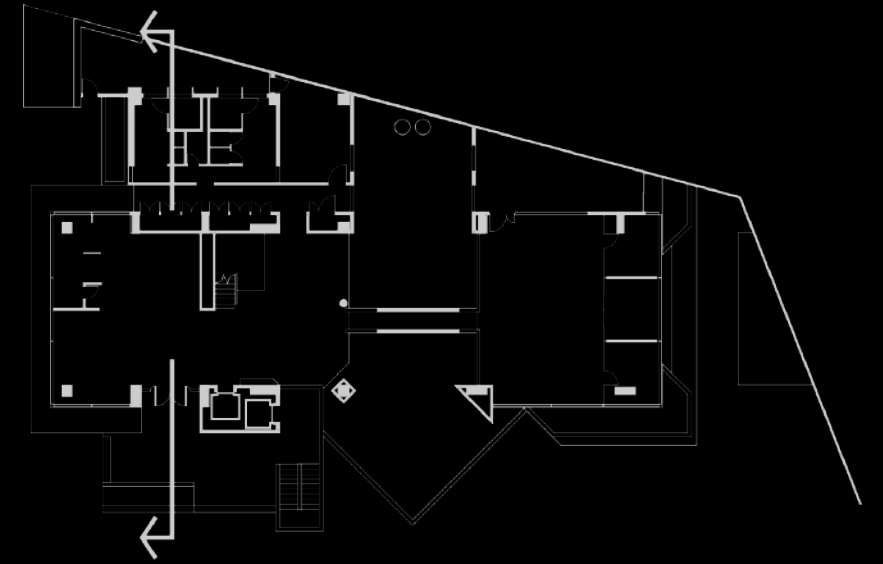


Figura 132 Estudio de iluminancia en sección transversal 1 en color falso, elaboración propia.

Corte Transversal 2

SIMULACIONES
CLIMÁTICAS

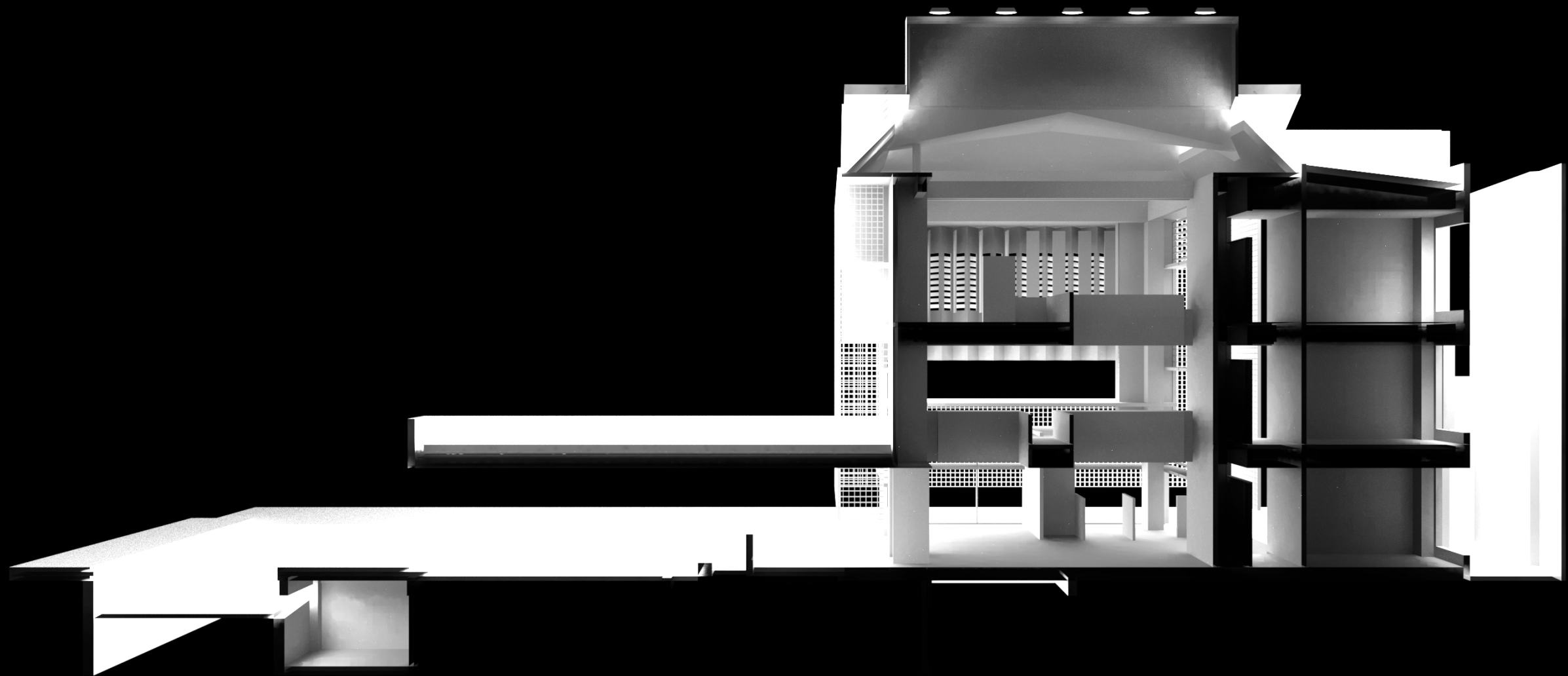
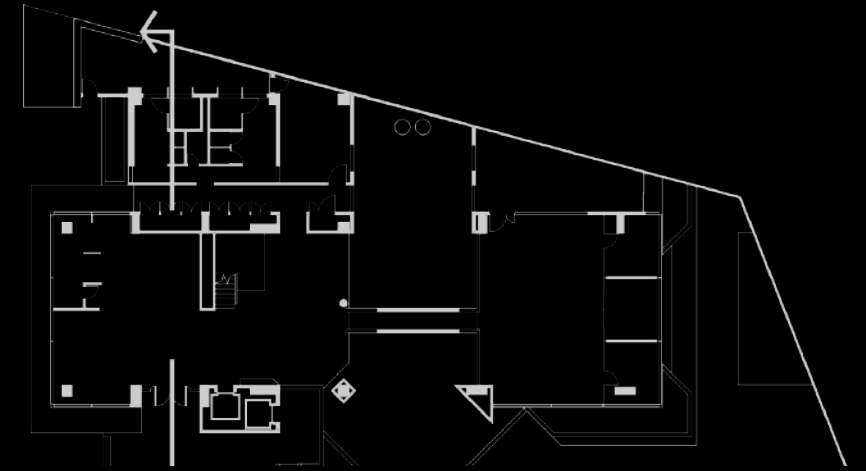


Figura 133 Estudio de iluminancia en sección transversal 2, elaboración propia.

Corte Transversal 2

SIMULACIONES
CLIMÁTICAS

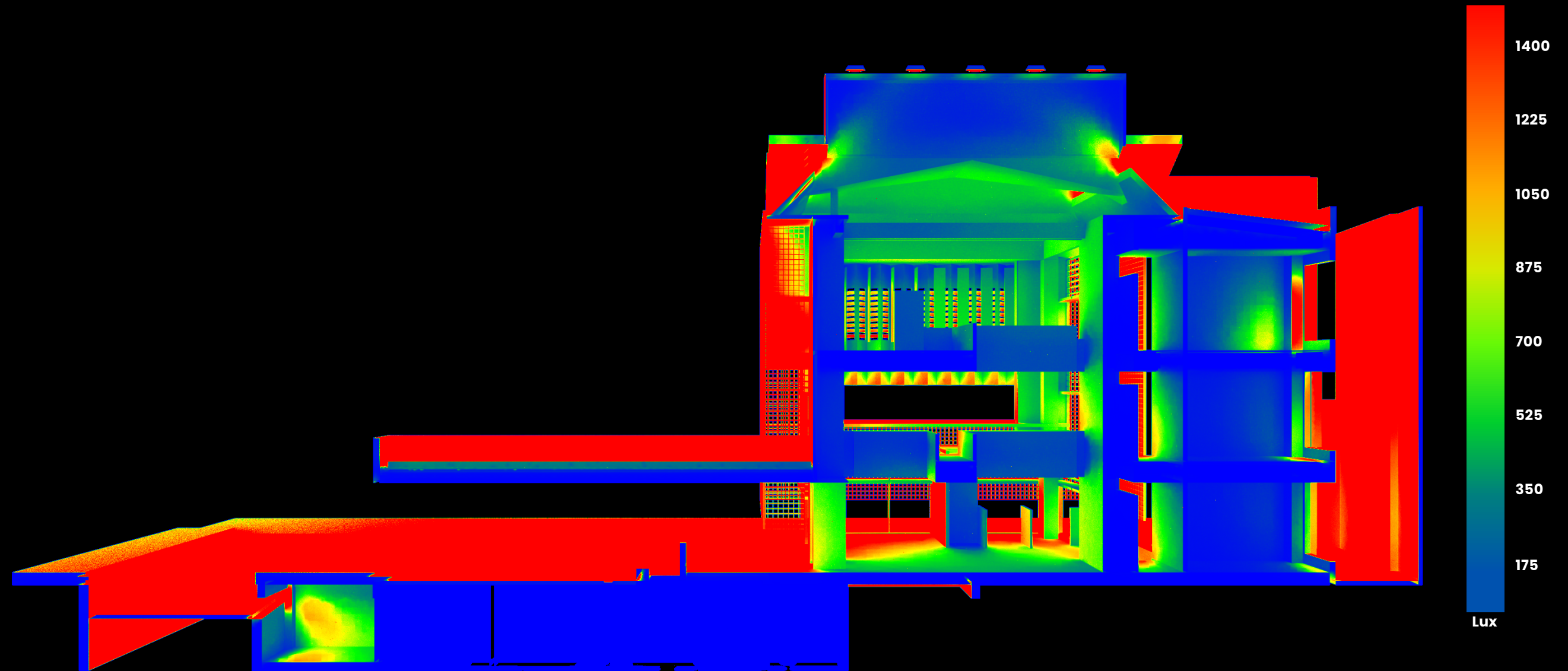
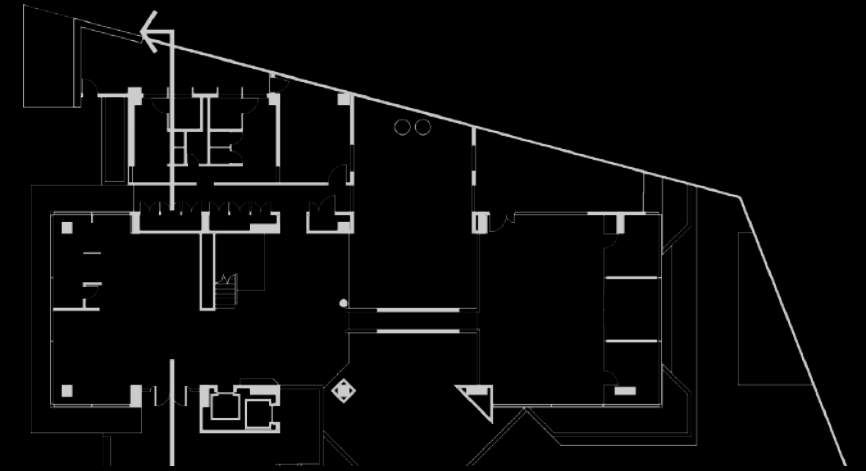
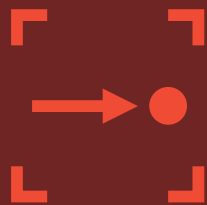


Figura 134 Estudio de iluminancia en sección transversal 2 en color falso, elaboración propia.

3.

Resultados



**FACTIBILIDAD E
IMPLEMENTACIÓN**

Factibilidad Económica

1.

Presupuesto y Financiación

El CDH de Granadilla es un proyecto impulsado por la Municipalidad de Curridabat, que cuenta con experiencia en la ejecución de proyectos de una magnitud similar al presente proyecto. Un ejemplo es el CDH La Cometa, ubicado en Tirrases, cuyo costo superó los ₡2.000 millones, según, el Arq. Hubert Méndez. Los fondos para esta obra provinieron del bono comunal (Fodesaf-Banhvi).

Para la construcción del CDH de Granadilla, se podría considerar utilizar el mismo modelo de financiamiento. También se plantea como alternativa una alianza público-privada, en la que la municipalidad aportaría el terreno, mientras que un ente privado asumiría el desarrollo, operación y mantenimiento. En este modelo, la municipalidad se encargaría del presupuesto anual para su funcionamiento.

2.

Mantenimiento

El uso de materiales de alta durabilidad y fácil mantenimiento no solo reduce los costos operativos a largo plazo, sino que también simplifica el proceso de construcción. Por ejemplo, los bloques de arcilla que no requieren pintura disminuyen los gastos en acabados durante la construcción y reducen la necesidad de mantenimiento futuro, optimizando así la eficiencia y sostenibilidad del proyecto.

3.

Costo de Construcción

Se estima un presupuesto general utilizando como referencia el **Manual de Valores Base Unitarios por Tipología Constructiva** (Ministerio de Hacienda de Costa Rica, 2023).

La tipología escogida es **Edificio de Oficinas** y el tipo el **E005**.

El área aproximada de construcción del Edificio 1 es de 2.200 m2. Se aclara que no se incluye área de sótano ni de plaza.

Costo aproximado según el manual

$2.200\text{m}^2 \times \text{C}\$730.000 = \text{C}\$1.606.000.000.$

En la **Tabla 7** se detallan las características del tipo escogido como referencia.

Vida Útil	115 años
Estructura	Columnas y vigas de concreto armado, prefabricado o perfiles metálicos
Paredes	Exteriores, ductos de escaleras y ascensores, de bloques de concreto con repello fino o muros de concreto armado, amplios sectores de fachada con muro cortina de vidrio y marcos de aluminio, divisiones interiores de láminas de yeso, cemento y fibra de vidrio o similar, aluminio compuesto. Alturas mayores y/o dobles en la primera planta.
Cubierta	Cerchas de perfiles metálicos. Láminas de hierro galvanizado tipo rectangular esmaltado o similar. Canoas y bajantes internos ocultos, de hierro galvanizado o PVC.
Cielos	Láminas de yeso, cemento y fibra de vidrio o poliestireno expandido, suspendido con marco de aluminio, metal esmaltado o similar con diseño especial. Láminas acrílicas en algunas zonas.
Entrepisos	Prefabricados con viguetas pretensadas o similar con losa de concreto.
Pisos	Cerámica, alfombra de buena calidad o similar.
Baños	Dos baterías de baño tipo buena por planta. Previstas para cuartos de baño a cada 40,00 m² aproximadamente de área de oficinas.
Otros	Edificios con buenos acabados. Ventanas de piso a cielo de vidrio insulated en fachada de la primera planta, incluye ascensor, tanque de almacenamiento de agua potable, bomba eléctrica y tanque hidroneumático. Planta eléctrica de emergencia, parqueo bajo techo. Edificios de una a más de quince plantas, la primera puede estar dedicada a comercio.

Tabla 6 Mapa cantonal de Transectos y Usos de Suelo (Municipalidad de Curridabat, s.f.).

Factibilidad Ambiental

1.

Impacto Ambiental

El proyecto ha sido diseñado con un enfoque bioclimático, utilizando principios de arquitectura sostenible que minimizan el impacto ambiental. El uso de adoquines permeables en la plazoleta es un ejemplo de cómo el diseño toma en cuenta la sostenibilidad ambiental.

2.

Eficiencia Energética

Se han realizado simulaciones energéticas para optimizar el diseño del CDH, asegurando que el edificio mantenga un consumo energético eficiente. La orientación del edificio y el uso de materiales con inercia térmica intermedia ayudan a mantener condiciones interiores confortables.

3.

Selección de Materiales

Los materiales seleccionados no solo son sostenibles, sino que también están adaptados al clima local, lo que mejora su rendimiento y durabilidad. Se prioriza el uso de materiales con baja huella de carbono y alta eficiencia térmica, contribuyendo a un menor impacto ambiental durante el ciclo de vida del edificio.

Factibilidad Social

1.

Aceptación Comunitaria

El CDH ha sido concebido para satisfacer las necesidades de la comunidad local, ofreciendo una variedad de servicios educativos, recreativos y de salud. Esto asegura una alta aceptación y uso por parte de los residentes de Granadilla.

2.

Beneficios para la Comunidad

El proyecto no solo proporciona servicios municipales a los residentes de la zona, sino que La oferta de programas educativos y de capacitación apoya el desarrollo personal y económico de los residentes de la zona.

3.

Inclusión y Accesibilidad

El diseño del CDH incluye características que garantizan la accesibilidad para todos los miembros de la comunidad, incluyendo personas con discapacidad. Esto refuerza el compromiso del proyecto con la inclusión social y accesibilidad.

Implementación

1. Planificación del Proyecto

1.1. Cronograma y Fases del Proyecto

Una manera de abordar la implementación del proyecto es estructurarlo siguiendo las fases de los cinco grupos de procesos del PMI: iniciación, planificación, ejecución, monitoreo y control, y cierre (Ramírez, 2023).

Fase de Iniciación

Planos Constructivos/Ejecutivos: Desarrollo de planos detallados de arquitectura e ingeniería, incluyendo cálculos estructurales y sistemas electromecánicos.

Estudios y Permisos: Realización de estudios de impacto ambiental, topográficos y geotécnicos. Obtención de todos los permisos necesarios (CFIA, Municipalidad, SETENA, Cuerpo de Bomberos).

Fase de Planificación

Plan de Proyecto: Definición del alcance, cronograma, presupuesto y recursos necesarios. Elaboración del plan de gestión de riesgos y plan de comunicación.

Licitación y Contratación: Selección de contratistas y proveedores a través de las licitaciones correspondientes.

Fase de Ejecución

Las 5S de la Metodología LEAN

Durante la ejecución del proyecto, se priorizará la limpieza y el mantenimiento constante del área de construcción, aplicando las 5S de la metodología LEAN (5 S: Organización, Orden y Limpieza | ACMP, 2016.). Este enfoque garantiza un entorno de trabajo seguro y eficiente, optimizando los recursos y minimizando el desperdicio. Las 5S: Seiri (Clasificación), Seiton (Orden), Seiso (Limpieza), Seiketsu (Estandarización) y Shitsuke (Disciplina), aseguran que los materiales y herramientas estén adecuadamente organizados, los residuos gestionados correctamente, y se mantengan altos estándares de limpieza y orden a lo largo del proyecto.

Manejo de Residuos durante Todas las Fases de Ejecución

Los residuos no valorizables deben ser manejados de manera adecuada, solicitando certificaciones de disposición final según las normativas ambientales vigentes. Los residuos valorizables deben clasificarse y organizarse para ser recolectados y entregados a empresas recicladoras certificadas, asegurando su reutilización en la cadena de suministro de materiales.

1. Preparación del Sitio: Demolición de la antigua escuela de Gradilla. Limpieza y nivelación del terreno, implementación de medidas de control de erosión y sedimentación.

2. Construcción de Obra Gris: Construcción de fundaciones, estructura principal y cerramientos.

3. Construcción de las Instalaciones:

Implementación de sistemas mecánicos y eléctricos.

4. Instalación de los Acabados: Construcción acabados interiores y exteriores.

5. Implementación del Paisajismo: Construcción de las áreas de plazoleta y siembra de especies vegetales.

Fase de Monitoreo y Control

Supervisión Continua: Monitoreo del progreso del proyecto, asegurando el cumplimiento del cronograma y presupuesto. Gestión de cambios y control de calidad.

Fase de Cierre

Inspección y Pruebas: Realización de inspecciones detalladas y pruebas de todos los sistemas para asegurar el cumplimiento con los estándares de calidad y seguridad.

Entrega: Entrega oficial del edificio a la Municipalidad de Curridabat.

2. Gestión del Proyecto

2.1. Certificaciones en Administración de Proyectos

Idealmente, el proyecto debe ser gestionado por profesionales que cuenten con una certificación en administración de proyectos, como la del PMP (Project Management Professional). El PMBOK (Project Management Body of Knowledge) es una herramienta que resulta muy útil para asegurar una gestión eficiente del tiempo, costo y calidad (Estruga, 2023).

3. Tecnología

3.1. Sistemas de Gestión de Edificios (BMS)

Se implementarán sistemas de gestión de edificios inteligentes que optimizarán el uso de energía y agua. Estos sistemas permiten una operación eficiente, y son tomados en cuenta a la hora de buscar obtener una certificación de sostenibilidad (LEAN, EDGE, RESET).

**CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES**

Conclusiones.

El proyecto realizado en el presente Trabajo Final de Graduación, permitió desarrollar un diseño arquitectónico que integra estrategias de sostenibilidad, buscando optimizar el uso de recursos naturales y mejorar la calidad de vida de los usuarios. A través del análisis del sitio y de las condiciones climáticas locales, se han implementado principios de diseño bioclimático que contribuyen a la eficiencia energética y al confort higrométrico para los usuarios del edificio.

Las simulaciones climáticas se han consolidado como una herramienta esencial en el desarrollo de proyectos sostenibles, ya que ofrecen información objetiva sobre el desempeño de un edificio en relación con las condiciones climáticas de su entorno. En el proyecto del CDH, estos análisis permitieron validar y ajustar de forma iterativa, las estrategias bioclimáticas implementadas.

Potencial de Replicabilidad y Referente Sostenible

El proyecto del CDH de Granadilla cumple con su propósito funcional, y también busca establecer un precedente en términos de diseño sostenible y eficiencia energética. Su enfoque sensible al contexto puede servir como modelo para las otras dos edificaciones que complementan el plan maestro y para futuros desarrollos en otras comunidades, promoviendo prácticas de construcción que armonizan el desarrollo humano y la conservación ambiental.

Recomendaciones.

El futuro del diseño arquitectónico debe orientarse hacia la integración de estrategias bioclimáticas que no solo minimicen el impacto ambiental, sino que también mejoren significativamente la calidad de vida de quienes habitan los espacios. Es fundamental priorizar el uso de tecnologías limpias y enfoques que optimicen el aprovechamiento de los recursos naturales, como la luz solar, el viento y el agua de lluvia, para lograr construcciones más eficientes y sostenibles.

La investigación y aplicación continua de principios bioclimáticos en proyectos futuros es esencial, no solo por sus beneficios ambientales, sino también por su impacto directo en la salud y bienestar de los usuarios. La incorporación de tecnologías sostenibles y el uso eficiente de los recursos deben ser pilares fundamentales en el desarrollo de infraestructuras públicas, promoviendo entornos más resilientes y adaptados a las condiciones locales.

Las siguientes recomendaciones son el resultado de un proceso de investigación exhaustivo y buscan guiar las próximas etapas del desarrollo e implementación del Centro de Desarrollo Humano (CDH). Estas directrices se centran en tres áreas clave: sostenibilidad, diseño bioclimático e impacto social y comunitario. El objetivo es asegurar que el CDH no solo cumpla con sus funciones programadas, sino que también se establezca como un referente de diseño sostenible y una herramienta para el desarrollo integral de la comunidad de Granadilla.

A la Municipalidad

El predio seleccionado para el proyecto se encuentra en una zona densamente urbanizada, caracterizada por una escasez de áreas abiertas, ya que las edificaciones colindantes ocupan gran parte de sus respectivos terrenos. Además, la calle de acceso al lote es relativamente angosta.

Se sugiere a la Municipalidad de Curridabat considerar la reducción de la extensión del programa de necesidades del Centro de Desarrollo Humano. Esto permitiría evitar la construcción de tres edificaciones en el lote, generando un espacio de plaza más amplio al propuesto en este proyecto. Aunque el transecto urbano permite edificaciones de hasta cinco pisos, siempre que se cumplan requisitos específicos, una construcción de tal magnitud podría ocasionar un desajuste en la escala urbana y afectar la integración armónica con el entorno.

Recomendaciones.

Sostenibilidad

Evaluación Post-ocupacional

Realizar estudios post-ocupacionales para evaluar el desempeño energético del edificio y la satisfacción de los usuarios con respecto al confort térmico, la calidad del aire y la iluminación natural. Estos estudios permitirán identificar áreas de mejora y ajustar las estrategias bioclimáticas implementadas.

Implementación de Energías Renovables

Evaluar la viabilidad de integrar sistemas de energía renovable, como paneles solares fotovoltaicos y calentadores solares de agua, para reducir la dependencia de fuentes de energía no renovables y disminuir la huella de carbono del edificio.

Gestión de Residuos

Desarrollar e implementar un programa integral de gestión de residuos que incluya la separación, reciclaje y compostaje de desechos, tanto durante la construcción como en la operación del CDH. Este programa debe ser acompañado por campañas de educación y sensibilización para los usuarios del centro.

Certificación de Sostenibilidad:

Para asegurar el reconocimiento del CDH como un edificio sostenible y de alta eficiencia, se recomienda optar por la certificación LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), EDGE (Excellence in Design for Greater Efficiencies) u otra certificación reconocida a nivel internacional. Estas certificaciones no solo validan los esfuerzos

en sostenibilidad del proyecto, sino que también aportan un valor agregado, mejorando la reputación del CDH y atrayendo posibles financiadores y usuarios interesados en ambientes sostenibles.

Diseño Bioclimático

Estudio Climático del Microclima

Aunque se realizó un estudio climático de la zona, se recomienda realizar un estudio detallado del microclima del emplazamiento, considerando factores como las corrientes de aire locales. Esta información permitirá ajustar de manera más precisa las estrategias de diseño bioclimático para maximizar el confort y la eficiencia energética del CDH.

Monitoreo y Ajuste de Estrategias Bioclimáticas

Establecer un sistema de monitoreo continuo para evaluar el desempeño de las estrategias bioclimáticas implementadas, como la ventilación natural y la protección solar. Utilizar los datos obtenidos para ajustar y optimizar estas estrategias para optimizar el confort térmico y el rendimiento energético.

Paleta Vegetal

Revisar las especies vegetales recomendadas en la paleta vegetal del presente proyecto con el profesional en el área de biología y medio ambiente de la municipalidad. Esta consulta asegura la que selección de plantas sea la adecuada, fomentando la biodiversidad y minimizando el mantenimiento. El experto evaluará la adaptabilidad climática, beneficios ecológicos, mantenimiento y sostenibilidad, así como el impacto funcional de las especies.

Impacto Social y Comunitario

Programas de Capacitación y Educación

Implementar programas de capacitación y educación en sostenibilidad para los usuarios y la comunidad en general. Estos programas deben incluir talleres sobre eficiencia energética, manejo de residuos y prácticas de construcción sostenible, fomentando una cultura de sostenibilidad en la comunidad.

Fomento de la Participación Comunitaria

Establecer mecanismos de participación comunitaria en la gestión y operación del CDH. Involucrar a los residentes en la toma de decisiones relacionadas con el mantenimiento y la programación de actividades del centro, promoviendo un sentido de pertenencia y responsabilidad compartida.

Evaluación del Impacto Social

Realizar estudios periódicos para evaluar el impacto social del CDH en la comunidad de Granadilla. Estos estudios deben medir aspectos como la mejora en la calidad de vida, el fortalecimiento del tejido social y el incremento en la participación comunitaria. Utilizar los resultados para ajustar y mejorar las estrategias de gestión y programación del centro.

A Instituciones

Instituto Metereológico y CIGEFI

Para mejorar la accesibilidad y el uso de datos meteorológicos en proyectos de diseño bioclimático y simulaciones energéticas, se recomienda la creación de un repositorio nacional de archivos EPW (EnergyPlus Weather).

Para el presente trabajo, era requerido contar con información climática detallada para el análisis de las condiciones de la zona para desarrollar la propuesta arquitectónica y para realizar las simulaciones energéticas. Para ello, se recopilaron datos publicados por el Instituto Meteorológico Nacional (IMN) y el Centro de Investigaciones Geofísicas (CIGEFI) de la Universidad de Costa Rica. Además, se solicitaron datos específicos al CIGEFI, los cuales fueron brindados en un documento en formato CSV. Este archivo no era directamente utilizable en herramientas como Weather Data dAndrew Marsh) o CBE Climate Tool, por lo que se tuvo que convertir al formato EPW.

El proceso de conversión de los datos CSV al formato EPW planteó una serie de desafíos. Existen muy pocas herramientas especializadas para este propósito y además presentan limitaciones significativas. Por ejemplo, uno de los programas identificados no ha sido actualizado desde 2016, aunque sigue siendo compatible con Windows, ya no lo es con las versiones más recientes de macOS. Además, otros métodos disponibles, como el uso de Rhino3D en conjunto con el plugin LadyBugs, requieren de una considerable curva de aprendizaje, lo que dificulta su adopción por parte de usuarios no especializados.

Frente a estas dificultades, es evidente la necesidad de una solución más accesible y eficiente. Por ello, se recomienda la creación de un repositorio nacional de archivos EPW basados en datos de Año Meteorológico Típico (TMY). Este repositorio debería ser gestionado por una entidad central, como el IMN, y estar disponible de forma abierta para las personas interesadas.

4. Bibliografía



Referencias

2030 Palette. (s. f.). *Stack Ventilation – 2030 Palette*. Recuperado 19 de mayo de 2024, de <https://2030palette.org/stack-ventilation/>

5 S : Organización, orden y limpieza | ACMP. (2016, 17 octubre). <https://acmplean.com/5-s-organizacion-orden-y-limpieza/>

Adriano, A. (2021, 19 marzo). *Definición de valor K, valor U, valor R*. Globe Panels Ltd. Recuperado 6 de junio de 2024, de <https://globepanels.com/es/definicion-valor-k-valor-u-valor-r/>

Alfonso Murga de Mendoza. (2023, 7 diciembre). *Centro de Mayores y Servicios Sociales de Aravaca*. ARQA. Recuperado 15 de marzo de 2024, de <https://arqa.com/arquitectura/centro-de-mayores-y-servicios-sociales-de-aravaca.html>

Ávalos Hurtado, V. (2011). *Detección de Parámetros Sostenibles para la Cuantificación de los Sistemas Envolventes* [Proyecto Final de Grado, Universitat Politècnica de Catalunya]. <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/13360/MEMORIA.pdf>

Barquero-Salgado, D., Ramírez-Arce, D., Araya-Vargas, A., & Villalobos, M. (2013, 19 febrero). *Efectos inhibidores de crecimiento producidos por el ciprés, Cupressus lusitanica (Cupressaceae), en el Bosque de La Hoja, Heredia, Costa Rica*. Revistas UNED. Recuperado 30 de abril de 2024, de <https://revistas.uned.ac.cr/index.php/cuadernos/article/download/292/203/425>

Barrantes Montiel, M. (2019). Centro de Desarrollo Humano Barrio San José [Trabajo Final de Graduación, Tecnológico de Costa Rica]. <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/10720?locale-attribute=es>

Betti, G., Tartarini, F., Nguyen, C, Schiavon, S. CBE Clima Tool: A free and open-source web application for climate analysis tailored to sustainable building design. Build. Simul. (2023). <https://doi.org/10.1007/s12273-023-1090-5>. Version: 0.8.17

Cândido, C. M. (2010). Indoor air movement acceptability and thermal comfort in hot-humid climates [Macquarie University]. <https://escholarship.org/content/qt78v8055h/qt78v8055h.pdf?t=mgrl5m>

Centers for Disease Control and Prevention [CDC]. (s. f.). Preguntas frecuentes sobre los rayos | Los rayos | CDC. CDC. Recuperado 18 de mayo de 2024, de <https://www.cdc.gov/es/disasters/lightning/faq.html>

Centro de Investigaciones Geofísicas. (2023a, marzo 24). Climatología de la estación meteorológica ubicada en el Centro de Investigaciones Geofísicas (CIGEFI), Universidad de Costa Rica - Centro de Investigaciones Geofísicas. Recuperado 24 de marzo de 2024, de <https://cigefi.ucr.ac.cr/climatologia-estacion-CIGEFI/>

Centro de Investigaciones Geofísicas. (2023b, marzo 24). Climatología de la estación meteorológica ubicada en el Centro de Investigaciones Geofísicas (CIGEFI),

Universidad de Costa Rica - Centro de Investigaciones Geofísicas. <https://cigefi.ucr.ac.cr/climatologia-estacion-CIGEFI/>

Centro de Investigaciones Geofísicas [CIGEFI]. (2023, 28 noviembre).

Estaciones Meteorológicas - Centro de Investigaciones Geofísicas. Centro de Investigaciones Geofísicas. <https://cigefi.ucr.ac.cr/estaciones-meteorologicas-2/>

Centro de Mayores y Servicios Sociales de Aravaca. (2023, 7 diciembre). ARQA. <https://arqa.com/arquitectura/centro-de-mayores-y-servicios-sociales-de-aravaca.html>

Centro de Servicios Sociales Marta Esquivias Tallada - Ayuntamiento de Madrid. (s. f.). Ayuntamiento de Madrid. Recuperado 3 de marzo de 2024, de <https://www.madrid.es/portales/munimadrid/es/Inicio/Servicios-sociales-y-salud/Direcciones-y-telefonos/Centro-de-Servicios-Sociales-Marta-Esquivias-Tallada/?vgnnextfmt=default&vgnextoid=5a4a66051361c010VgnVCM1000000b205a0aRCRD&vgnextchannel=2bc2c8eb248fe410VgnVCM1000000b205a0aRCRD>

Chanca, J. (2010, 28 julio). CSS Puerta de Toledo. Urbipedia. https://www.urbipedia.org/hoja/Biblioteca_Puerta_de_Toledo

Cortes-Pérez, D. M., Sierra-Vargas, F. E., & Arango-Gómez, J. E. (2016). Evaluación, predicción y modelación del potencial eólico. *Ingeniería Mecánica*, 19(3), ISSN 1815-5944. Recuperado 1 de agosto de 2024, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1815-59442016000300007&script=sci_arttext

Concretarq Arquitectos. (s. f.). *Fachada principal de la ampliación del CSS San Diego*. <http://concretarq-arquitectos.com/pagina-principal-1/arquitectura/asistencial/css-san-diego/>

Cordia eriostigma 3zz (2008, 7 junio). https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cordia_eriostigma_3zz.jpg

Ensto. (s. f.). *The Indoor Lighting Standard, SFS-EN 12464-1:2011*. Recuperado 16 de septiembre de 2024, de <https://www.ensto.com/downloads/tools/lighting-guide/the-indoor-lighting-standard-sfs-en-12464-12011/>

El Mundo.CR. (2022, 28 diciembre). *Edificio de la Municipalidad de Curridabat*. <https://elmundo.cr/municipales/municipalidad-de-curridabat-prohibe-el-uso-de-polvora-sonora-en-el-canton/>

Estruga, N. (2023, 6 octubre). *Guía para Project Managers: Claves del PMBOK Guide 7 para la dirección de proyectos*. EALDE Business School. <https://www.ealde.es/pmbok-7/>

Flora & Fauna Web. (s. f.). *Tradescantia zebrina*. <https://www.nparks.gov.sg/florafaunaweb/flora/2/5/2528>

Fuentes Freixanet, V. A. y Rodríguez Viqueira, M. (2004). *Ventilación Natural, Cálculos básicos para arquitectura*. Universidad Autónoma Metropolitana.

Garden Tags (Ed.). (s. f.). *Stachytarpheta cayennensis*. Garden Tags. <https://www.gardentags.com/plant-encyclopedia/stachytarpheta-cayennensis/22696>

GardensOnline Pty. Ltd. (s. f.). *Malvaviscus arboreus mexicanus*. Gardens Online. https://www.gardensonline.com.au/gardenshed/plantfinder/show_4688.aspx

Google Street View. (2018, 27 diciembre). Centro de Servicios Sociales San Diego. Gacetín Madrid. <https://gacetinmadrid.com/2018/12/27/el-centro-de-servicios-sociales-san-diego-en-puente-de-vallecas-ampliara-sus-instalaciones/>

Guéritée, J., & Tipton, M. J. (2015). The relationship between radiant heat, air temperature and thermal comfort at rest and exercise. *Physiology & Behavior*, 139, 378-385. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2014.11.064>

Heinrich Bettoni, K., Pacheco Cubero, R., Solera Flores, M., & Alfaro Hernandez, M. (2013). Series de Brillo Solar en Costa Rica [PDF]. Instituto Meteorológico Nacional. <https://www.imn.ac.cr/documents/10179/20909/Series+de+Brillo+Solar+en+Costa+Rica>

Hernández, P. J. (2014, 3 marzo). Diagrama bioclimático de Givoni. ARQUITECTURA EFICIENTE. Recuperado 11 de agosto de 2024, de <https://pedrojhernandez.com/2014/03/03/diagrama-bioclimatico-de-givoni-2/>

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2006). Metodología de la investigación (4.a ed., p. 613). McGraw-Hill. <http://148.202.167.116:8080/jspui/handle/123456789/2707>

Instituto Meteorológico Nacional. (s. f.). Inicio y conclusión de la época seca y lluviosa. En IMN. IMN. Recuperado 5 de abril de 2024, de <https://www.imn.ac.cr/documents/10179/510775/Inicio+y+conclusi%C3%B3n+de+la+%C3%A9poca+seca+y+lluviosa/24369716-778a-4975-86a3-c1a7af671bd9>

Instituto Nacional de Aprendizaje. (2021, 1 marzo). Instituto Nacional de Aprendizaje. Recuperado 2 de marzo de 2024, de <https://www.ina.ac.cr/Noticias/Lists/EntradasDeBlog/Post.aspx?ID=124>

Instituto Nacional de Aprendizaje (2019). Centros de desarrollo empresarial para Costa Rica. En Instituto Nacional de Aprendizaje. Recuperado 14 de febrero de 2024, de <https://www.ina.ac.cr/AcercaINA/Documentos%20compartidos/Expo%20Pyme/Centros%20de%20Desarrollo-INA%20QR.pdf>

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos [INEC]. (2023). Estimación de Población y Vivienda 2022: Resultados Generales. En INEC.cr. Recuperado 27 de octubre de 2024, de https://admin.inec.cr/sites/default/files/2023-07/rePoblacResultadosGenerales_Estimacion_poblacion_vivienda_2022.pdf

Johanning Cordero, D., & Castillo Barahona, R. (2016). Medición del viento y su aplicación en la ingeniería estructural. Programa de Ingeniería Estructural, 1(2),

ISSN: 2215-4566. https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/bitstream/handle/50625112500/746/Volumen%201_N2.pdf

Maderero, D. D. F. (2021, 16 marzo). Comprensión de los rayos y el daño asociado a los árboles. Forestal Maderero. Recuperado 18 de mayo de 2024, de <https://www.forestalmaderero.com/articulos/item/comprension-de-los-rayos-y-el-dano-asociado-a-los-arboles.html>

Marsh, A. (s. f.). PD: 2D Sun-Path. AndrewMarsh.com. Recuperado 29 de marzo de 2024, de <https://drajmarsh.bitbucket.io/sunpath2d.html>

Martinez, G. (2017). Principio de suficiencia salarial y su influencia en la satisfacción de los trabajadores de la salud del sector privado del municipio Cabimas [Tesis de Maestría, Dr. Rafael Belloso Chacín]. <https://virtual.urbe.edu/tesispub/0104443/intro.pdf>

Ministerio de Hacienda de Costa Rica. (2023). Manual de Valores Base Unitarios por Tipología Constructiva. En La Gaceta. <https://www.hacienda.go.cr/docs/ManualdeValoresBaseUnitariosporTipologiaConstructiva.pdf>

Mundo Forestal. (s. f.). Ciprés - Mundo Forestal. Recuperado 14 de mayo de 2024, de <https://www.elmundoforestal.com/portfolio/cipres/>

MundoForestal. (2022, 3 octubre). El higuerón - Ficus obtusifolia. Mundo Forestal. Recuperado 18 de mayo de 2024, de <https://www.elmundoforestal.com/portfolio/higueron-paleta/>

Municipalidad de Curridabat. (s. f.-a). Ampliación y modificación del Plan Regulador del cantón de Curridabat. <https://www.curridabat.go.cr/documentos/PR13de%20octubre.pdf>

Municipalidad de Curridabat (Ed.). (s. f.-b). Guía de Plantas Dulces [PDF]. <https://www.curridabat.go.cr/archivos/Gu%C3%ADa%20de%20Plantas%20Dulces.pdf>

Municipalidad de Curridabat. (2020a, marzo 24). El Hogar. Recuperado 27 de febrero de 2024, de <https://www.curridabat.go.cr/inicio/servicios/elhogar/>

Municipalidad de Curridabat. (2020b, marzo 24). El Hogar | Municipalidad de Curridabat. <https://www.curridabat.go.cr/inicio/servicios/elhogar/>

Municipalidad de Curridabat. (2022a, octubre 4). El Tiribí | Municipalidad de Curridabat. <https://www.curridabat.go.cr/inicio/servicios/eltiribi/>

Municipalidad de Curridabat. (2022b, octubre 5). El Tiribí. Recuperado 28 de febrero de 2024, de <https://www.curridabat.go.cr/inicio/servicios/eltiribi/>

Municipalidad de Curridabat. (2022c, octubre 27). Centros de Desarrollo Humano. Recuperado 24 de marzo de 2024, de https://www.curridabat.go.cr/inicio/proyectos/centros_desarrollo_humano/

Municipalidad de Curridabat. (2022d, octubre 27). Centro Gastronómico Municipal El Surá. Recuperado 12 de noviembre de 2024, de <https://www.curridabat.go.cr/inicio/proyectos/centrogastronomico/>

Municipalidad de Curridabat. (2023a, septiembre 4). La casa del Pueblo | Municipalidad de Curridabat. <https://www.curridabat.go.cr/inicio/servicios/la-casa-del-pueblo/>

Municipalidad de Curridabat. (2023b, septiembre 4). La casa del Pueblo | Municipalidad de Curridabat. Recuperado 24 de marzo de 2024, de <https://www.curridabat.go.cr/inicio/servicios/la-casa-del-pueblo/>

Municipalidad de Curridabat. (2023c, septiembre 4). La Cometa | Municipalidad de Curridabat. <https://www.curridabat.go.cr/inicio/servicios/la-cometa/>

Municipalidad de Curridabat. (2023d, septiembre 4). La Cometa | Municipalidad de Curridabat. Recuperado 24 de marzo de 2024, de <https://www.curridabat.go.cr/inicio/servicios/la-cometa/>

Municipalidad de Curridabat. (2024a, abril 10). Curridabat: Ciudad Dulce. Recuperado 2 de noviembre de 2024, de https://www.curridabat.go.cr/inicio/proyectos/ciudad_dulce/

Municipalidad de Curridabat. (2024b, 10 abril). Curridabat: Ciudad Dulce. Recuperado 26 de octubre de 2024, de https://www.curridabat.go.cr/inicio/proyectos/ciudad_dulce/

Naturalista Costa Rica (Ed.). (s. f.). Cucaracha (*Tradescantia zebrina*). Naturalista Costa Rica. Recuperado 18 de mayo de 2024, de <https://costarica.inaturalist.org/taxa/169883-Tradescantia-zebrina>

Navarro, J. (2010, 19 noviembre). Sección Biblioteca Puerta de Toledo. Urbipedia. https://www.urbipedia.org/hoja/Biblioteca_Puerta_de_Toledo

Nezet, E. L. (2015). *Stachytarpheta cayennensis* [Conjunto de datos]. En CABI Compendium. <https://doi.org/10.1079/cabicompendium.117322>

Oh, W., & Kato, S. (2018). The effect of airspeed and wind direction on human's thermal conditions and air distribution around the body. *Building And Environment*, 141, 103-116. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.05.052>

Organización Meteorológica Mundial. (2023). Guía de instrumentos y métodos de observación (2023.a ed., Vol. 1). Organización Meteorológica Muncial. <https://library.wmo.int/viewer/68714/?offset=5#page=1&viewer=picture&o=bookmark&n=0&q=>

Ortego Fernández, I. (2020). Torres de viento, relectura contemporánea de sistemas energéticos pasivos [TFG, https://oa.upm.es/57995/1/TFG_20_Ortego_Fernandez_Irene.pdf]. https://oa.upm.es/57995/1/TFG_20_Ortego_Fernandez_Irene.pdf

Pan, Y., Zhong, W., Zheng, X., Xu, H., & Zhang, T. (2024). Natural ventilation in vernacular architecture: A systematic review of bioclimatic ventilation design and its performance evaluation. *Building And Environment*, 253, 111317. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2024.111317>

PCC Group. (2023, 5 septiembre). ¿Cuál es el coeficiente de conductividad térmica? ¿Por qué es tan importante? PCC Group Product Portal. Recuperado 4 de junio de 2024, de <https://www.products.pcc.eu/es/blog/cual-es-el-coeficiente-de-conductividad-termica-por-que-es-tan-importante/>

Porras-Alfaro, D., Ugalde-Hernández, C., Arias-Maroto, K., Jimenez-Zúñiga, E., & Mora-Jara, J. (2018). *Puesta en Operación del Parque para el Desarrollo Humano de Alajuelita: Modelo de Gestión Participativa*. Tecnológico de Costa Rica. <https://hdl.handle.net/2238/10309>

Ramírez, L. (2023, 23 enero). Qué es PMBOK y cómo usarlo en gestión de proyectos. Thinking For Innovation. <https://www.iebschool.com/blog/que-es-pmbok-y-como-usarlo-en-gestion-de-proyectos-agile-scrum/>

Rojas-Sandoval, J. (2015). *Malvaviscus arboreus* [Conjunto de datos]. En CABI Compendium. <https://doi.org/10.1079/cabicompendium.32383>

Sepúlveda, I. (2023, 17 julio). Badgirs: los sistemas de aire acondicionado sin electricidad con más de 3.000 años. Climatización y Confort - CdeComunicacion.es. Recuperado 1 de septiembre de 2024, de <https://climatizacion-y-confort.cdecomunicacion.es/noticias/aire-acondicionado/126714/badgirs-los-sistemas-de-aire-acondicionado-sin-electricidad-con-mas-de-3-000-anos>

Smithsonian Tropical Institute. (s. f.). STRI Research Portal - *Calophyllum brasiliense*. Recuperado 18 de mayo de 2024, de <https://panamabiota.org/stri/taxa/index.php?taxon=62645&clid=71>

Smithsonian Tropical Research Institute. (s. f.). STRI Research Portal - *Ficus obtusifolia*. Recuperado 18 de mayo de 2024, de <https://panamabiota.org/stri/taxa/index.php?taxon=64898&clid=71>

Specific heat capacity. (s. f.). Designing Buildings. Recuperado 30 de abril de 2024, de https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Specific_heat_capacity

Tándem Arquitectura. (2017). Plan Maestro MP09 Granadilla.

Tandem Arquitectura. (2018). *Ampliación: Estudio de distribución y equipamiento territorial: escenarios comparativos para la mitigación de congestión Curridabat, San José de Costa Rica*.

TecScience. (2024, 7 junio). Arquitectura bioclimática: futuro de la vivienda social
| TecScience. Recuperado 1 de septiembre de 2024, de [https://tecscience.tec.mx/es/
divulgacion-ciencia/arquitectura-bioclimatica/](https://tecscience.tec.mx/es/divulgacion-ciencia/arquitectura-bioclimatica/)

Treeworld Wholesale. (2023, 28 diciembre). Calophyllum brasiliensis. [https://
www.treeworldwholesale.com/product/calophyllum-brasiliensis-brazil-beautyleaf/](https://www.treeworldwholesale.com/product/calophyllum-brasiliensis-brazil-beautyleaf/)

Venture Well. (s. f.). Stack Ventilation and Bernoulli's Principle. Recuperado 19 de
mayo de 2024, de <https://sustainabilityworkshop.venturewell.org/node/1029.html>

Índice Detallado.

Aspectos Introductorios 5

Resumen / Abstract	11
Objetivos	15
Problema	17
Alcance	16
Estado de la cuestión	23
Metodología	59

Propuesta 67

Análisis de sitio	69
Análisis climático de la zona	89
Recomendaciones a partir del análisis de sitio	119
Programa arquitectónico	153
Conceptualización	173
Plan Maestro	177
Planimetrías	193
Vistas	213
Estrategias bioclimáticas implementadas	241
Simulaciones	257

Resultados 321

Factibilidad e implementación	225
Conclusiones y Recomendaciones	339

Bibliografía 349

