

# Edificio De Habitaciones Iguales

Vivienda multifamiliar autoproducida,  
una oportunidad para consolidar  
viviendas climáticamente confortables  
en islas de calor urbanas.

Vivienda multifamiliar autoproducida, una oportunidad para consolidar viviendas climáticamente confortables en islas de calor urbanas.  
Caso barrio Ulpiano Lloreda, Cali.

Estudiante  
César Cerón Franco

Maestría en Hábitat Sustentable  
Facultad de Creación y Hábitat  
Pontificia universidad Javeriana Cali

Proyecto de grado

24 de enero de 2025

## Resumen

Este ejercicio plantea el desarrollo de un tipo edificatorio multifamiliar en una isla de calor urbano, que asegure el confort climático de las viviendas y que pueda ser fácilmente apropiada por los usuarios productores de su propio hábitat, en concordancia al concepto de habitabilidad establecido en el marco de la vivienda adecuada acogido por ONU HÁBITAT, el cual resalta que la vivienda debe garantizar la seguridad física de sus habitantes, la protección de la intemperie, y las variables relacionadas con el confort visual y climático de los usuarios.

En la ciudad de Cali, el 60.4% de las viviendas, pertenecen a los estratos 1,2 y 3, y a pesar de que no existen cifras oficiales del porcentaje de viviendas autoproducidas, podemos intuir que la mayoría de estas se corresponde con los estratos en mención. Por otra parte, si cruzamos un mapa de estratos socioeconómicos con la aparición de islas de calor urbano, obtenemos una correspondencia entre las zonas de estratos 1,2 y 3 y las islas de calor identificadas por la corporación autónoma regional del Valle del Cauca CVC, lo que nos sugiere que además de las posibles deficiencias cualitativas en las viviendas, estas enfrentan mayores retos para lograr una habitabilidad aceptable en términos de confort climático.

## Palabras clave

Confort climático, vivienda autoproducida, islas de calor urbano, habitabilidad, Santiago de Cali.



## Introducción

El interés de este ejercicio en la vivienda autoproducida radica en la posibilidad que tienen las edificaciones construidas predio a predio en lote propio de generar diseños y estrategias para consolidar espacios climáticamente confortables, en un ejercicio de gestión y toma de decisiones mucho más elemental que en la oferta de vivienda VIS y VIP.

Para este caso, se entiende el concepto de vivienda autoproducida como el “conjunto de procedimientos constructivos y organizativos orientados a la intervención y transformación directa del hábitat residencial por parte de sus habitantes, de acuerdo con sus propias necesidades, intereses y recursos.” (Equipo de investigación SIV. INVI, 2005). En la ciudad de Cali, se estima que, al año 2023, cerca del 40.8% de la población aún reside en asentamientos de desarrollo informal (Redacción el País, 2024), situación que ha sido una constante a lo largo de la historia de crecimiento de la ciudad, donde se registra la aparición de asentamientos desde principios del siglo XX. (CIDSE, 2020)

Bajo esta modalidad de producción del hábitat, la ciudad se expandió hacia el oriente en la segunda mitad del siglo XX, y aparecieron barrios como el barrio Ulpiano Lloreda, el cual se conformó a través de la cooperativa Central Provienda entre los años 1955 a 1967. (Gonzales, 2019) Al tratarse de tierras adjudicadas a ocupantes, los barrios como Ulpiano Lloreda no contaban con la infraestructura básica de acueducto, electricidad y alcantarillado, situación que se fue normalizando a lo largo de los años, muy influida por las organizaciones populares que promovían con acciones propias el mejoramiento de su hábitat y demandaban al municipio las coberturas de servicios e infraestructuras necesarias.

En la actualidad, en el barrio Ulpiano Lloreda se han superado los temas de infraestructura urbana y saneamiento, y su tipología predial con lotes entre los 150m<sup>2</sup> y 280m<sup>2</sup>, ha facilitado la aparición

de viviendas bifamiliares y multifamiliares autoproducidas, que, en muchos casos, al ocupar los lotes en porcentajes mayores al 80% dificultan la consolidación de espacios climáticamente confortables.

La oferta de vivienda en edificaciones autoproducidas es un actor importante en la mitigación del déficit de vivienda en la ciudad, según las cifras del programa de seguimiento y evaluación de la calidad de vida “Cali como vamos”, en el 2018 el déficit de vivienda cuantitativo era de 74.225 hogares, y la cantidad de viviendas licenciadas para construcción en el mismo periodo, correspondía a poco menos del 10% del déficit con 7.328 unidades de vivienda, lo que sugiere que un gran porcentaje de ese déficit cuantitativo está siendo asumido por la oferta de vivienda autoproducida, que, como en el caso del barrio Ulpiano Lloreda, muchas no cuentan con las condiciones de confort climático adecuadas, y además, se encuentran en islas de calor urbano, donde la temperatura media puede estar hasta 4°C por encima de la temperatura media de la ciudad.

El confort en las edificaciones, además de ser un tema directamente relacionado con el bienestar y la salud de los habitantes, también se incluye en el punto de habitabilidad del marco de la vivienda adecuada, que fue reconocida como parte del derecho humano internacional a un nivel de vida adecuado, por lo tanto, una vivienda que no resuelve el confort climático de los usuarios al interior de la edificación está vulnerando un derecho humano internacional, que al tratarse de una condición no tangible en las edificaciones, suele

Este ejercicio plantea el desarrollo de un tipo edificatorio multifamiliar en una isla de calor urbano, que asegure el confort climático de las viviendas y que pueda ser fácilmente apropiada por los usuarios productores de su propio hábitat, en concordancia al concepto de habitabilidad establecido en el marco

de la vivienda adecuada acogido por ONU HÁBITAT, el cual resalta que la vivienda debe garantizar la seguridad física de sus habitantes, la protección de la intemperie, y las variables relacionadas con el confort visual y climático de los usuarios.

En la ciudad de Cali, el 60.4% de las viviendas, pertenecen a los estratos 1,2 y 3, y a pesar de que no existen cifras oficiales del porcentaje de viviendas autoproducidas, podemos intuir que la mayoría de estas se corresponde con los estratos en mención. Por otra parte, si cruzamos un mapa de estratos socioeconómicos con la aparición de islas de calor urbano, obtenemos una correspondencia entre las zonas de estratos 1,2 y 3 y las islas de calor identificadas por la corporación autónoma regional del Valle del Cauca CVC, lo que nos sugiere que además de las posibles deficiencias cualitativas en las viviendas, estas enfrentan mayores retos para lograr una habitabilidad aceptable en términos de confort climático.

## Planteamiento y Pregunta

La vivienda autoproducida, a diferencia de la situación de deficiencia cualitativa en la que generalmente se enmarca en las ciudades; a lo largo de la historia ha sido un afortunado ejemplo de sostenibilidad. En la arquitectura tradicional y vernácula (en su gran mayoría autoproducida) tuvo lugar la primera convergencia entre clima, actividades humanas y construcción sostenible, mediante siglos de ensayos de prueba y error, se afinaron técnicas, tipologías y sistemas constructivos que respondían a las variables culturales y medioambientales.

Además de la adecuada adaptación de las arquitecturas tradicionales y vernáculas al clima local con materiales, sistemas constructivos, tipologías y estrategias pasivas de confort que propenden por el mínimo impacto ambiental, estas arquitecturas también responden a la sostenibilidad relacionada con la dimensión social del ser humano, ya que son parte de la identidad cultural de las sociedades que han decidido participar activamente en la construcción social de su propio hábitat.

En la actualidad, en Santiago de Cali, aún existen ejemplos de arquitectura tradicional y vernácula que atienden adecuadamente a las determinantes geográficas y medioambientales del lugar. En el centro de la ciudad y la zona pericentral encontramos viviendas de diversos estratos socioeconómicos que fueron construidas bajo el mismo orden tipológico y constructivo de patios consecutivos, aleros y corredores, que funciona muy bien en un clima cálido seco como el de Cali.

En la segunda mitad del siglo XX, con el acelerado crecimiento poblacional influido por la migración del campo a la ciudad, las soluciones de vivienda empezaron a desatender las determinantes climáticas entre otras, ocupando grandes porciones de tierra con mínima planificación urbana y con una alta densidad poblacional, además de una nula relación con la estructura ambiental del lugar, lo que ha provocado que muchas de estas zonas coincidan con las islas de calor urbanas identificadas en la ciudad, situación que agrava las

condiciones de confort al interior de las edificaciones.

En el marco de los derechos humanos internacionales, la vivienda adecuada hace parte del derecho a una vida digna, el cual establece en su componente de habitabilidad, que la vivienda debe garantizar además de la protección a la intemperie, el confort climático al interior de las edificaciones, y si bien, la arquitectura tradicional y vernácula de la ciudad tiene casos ejemplares de confort climático, el panorama de la vivienda autoproducida en la actualidad es muy diferente, puesto que, además de coincidir con las islas de calor urbano, las enseñanzas tipológicas y de sistemas constructivos de la arquitectura vernácula han sido dejadas de lado, hoy es casi una constante que la vivienda autoproducida en estratos 1,2 y 3 tiene índices de ocupación cercanos al 90% lo que dificulta cualquier estrategia para lograr espacios confortables para los usuarios mediante estrategias pasivas.

Finalmente, en razón de los argumentos expuestos, este ejercicio plantea como pregunta de investigación: *¿Como proyectar edificaciones multifamiliares de estrato 2 que mejoren el confort climático de los usuarios al interior de la edificación en una isla de calor urbano en el barrio Ulpiano Lloreda, Cali?*

## Objetivos

### General

Determinar un tipo arquitectónico de edificación multifamiliar de estrato 2 que mejore el confort climático de los usuarios al interior de la edificación en una isla de calor urbano.

### Específicos

Diseñar espacios que al interior de la edificación cumpla con el método adaptativo de confort térmico de la norma ASHRAE 55-2023.

---

Diseñar espacios interiores ventilados naturalmente que ayuden a reducir el consumo energético derivado de electrodomésticos de ventilación y enfriamiento.

---

Garantizar que todos los espacios de la vivienda se iluminen naturalmente.

---

Planear y poner en práctica estrategias pasivas de confort aterrizadas a la realidad socioeconómica del contexto.

---

Desarrollar un sistema constructivo elemental que pueda ser fácilmente apropiado por la población productora de su hábitat.

diversidad climática del mismo. Este estudio identificó 10 zonas climáticas que en temperatura varían de los 5° a los 24.2° (CVC, 2015), de las zonas identificadas, se centra la atención en la zona de clima cálido semi árido (Csa) de la cual hace parte la comuna 13 y el barrio Ulpiano Lloreda, lugar de implantación del ejercicio proyectual.

Ilustración 1. Clasificación climática Caldas-Lang para el municipio de Santiago de Cali. - Fuente: CVC

Ítem	Tipo climático	Símbolo	Altura	Temperatura (°C)	Precipitación (mm)	Área (km <sup>2</sup> )	%
1	Cálido Semihúmedo	CsH	0 a 1.000	23.7 a 24.2	1.427 a 2.184	96.6	17.3
2	Cálido Semiárido	Csa	0 a 1.000	23.7 a 24.3	1.134 a 1.447	91.8	16.4
3	Templado Húmedo	TH	1.001 a 2.000	16.5 a 22.7	1.841 a 3.007	45.8	8.2
4	Templado Semihúmedo	Tsh	1.001 a 2.000	17.4 a 23.8	1.164 a 2.319	182.3	32.6
5	Templado Semiárido	Tsa	1.001 a 2.000	20.8 a 23.9	1.170 a 1.421	23.6	4.2
6	Frío Superhúmedo	FSH	2.001 a 3.000	10.6 a 17.8	1.841 a 3.030	32.5	5.8
7	Frío Húmedo	FH	2.001 a 3.000	11.3 a 18.3	1.631 a 2.783	49.5	8.8
8	Frío Semihúmedo	Fsh	2.001 a 3.000	15.8 a 17.7	1.321 a 1.757	14.7	2.6
9	Páramo Bajo Superhúmedo	PBSH	3.001 a 3.700	5.0 a 12.5	1.782 a 2.916	20.9	3.7
10	Páramo Alto Superhúmedo	PASH	3.701 a 4.200	5.0 a 8.1	2.322 a 2.810	1.7	0.3

## Marco Teórico

### La vivienda adecuada

La vivienda adecuada es un derecho humano internacional detallado en el artículo 11, párrafo 1, del Pacto internacional de derechos económicos, sociales y culturales. En la observación general 4, del pacto internacional, el comité proporciona una guía detallada a los estados donde, además de establecer sus obligaciones, resalta las siete características definidas para la vivienda adecuada, las cuales son: 1. Seguridad en la tenencia, 2. Disponibilidad de servicios, materiales e instalaciones, 3. Asequibilidad, 4. Habitabilidad, 5. Accesibilidad, 6. Ubicación, 7. Adecuación cultural.

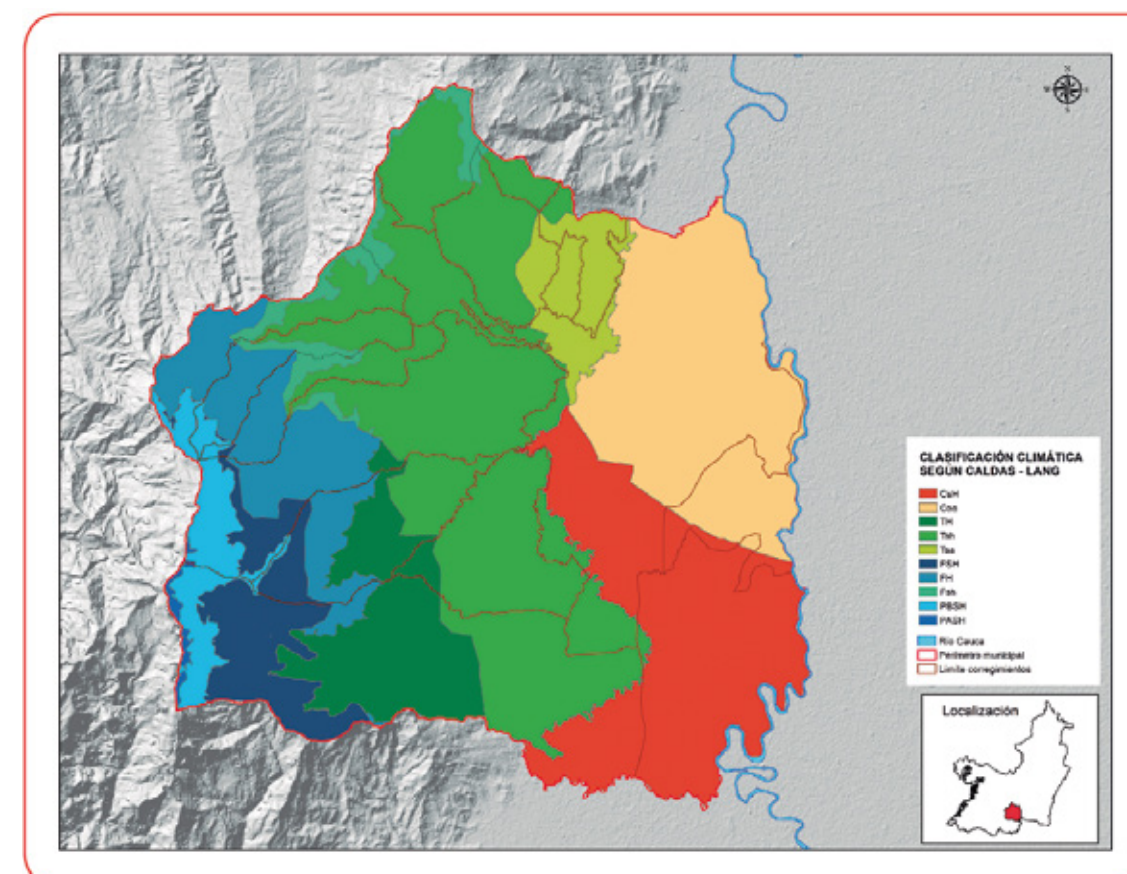
De las anteriores características nos ocuparemos principalmente de la habitabilidad, donde se establece que, “Una vivienda adecuada debe ser habitable, en sentido de poder ofrecer espacio adecuado a sus ocupantes y de protegerlos del frío, la humedad, el calor, la lluvia, el viento u otras amenazas para la salud, de riesgos estructurales y de vectores de enfermedad.” (ACNUDH, 1991), además, la observación 4 también retoma la definición de vivienda adecuada reconocida en la comisión de asentamientos humanos y en la estrategia mundial de vivienda hasta el año 2000, las cuales en su parágrafo 5 definen el concepto de vivienda adecuada como el “disponer de un lugar donde poderse aislar si se desea, espacio adecuado, seguridad adecuada, iluminación y ventilación adecuadas, una infraestructura básica adecuada y una situación adecuada en relación con el trabajo y los servicios básicos, todo ello a un costo razonable”.

Los acercamientos al concepto de vivienda adecuada expuestos anteriormente, nos sugieren que este se encuentra directamente relacionado con las condiciones de confort de los usuarios de la vivienda, puesto que ambos se ocupan de las determinantes climáticas y como estas impactan en el bienestar de los usuarios, entendido en dos direcciones, la primera se refiere a la protección de la intemperie al referirse a la “protección del frío, la humedad, la lluvia, el calor y el viento”, y la segunda pone de manifiesto la necesidad de garantizar espacios con ventilación e iluminación adecuada, referida mucho más a la sensación de confort que a la de protección de la intemperie.

### El clima en Santiago de Cali

Santiago de Cali se encuentra ubicado al sur occidente del país, en el valle interandino del río Cauca entre la cordillera occidental y la cordillera central, cuenta con precipitación anual promedio de 1.500mm y una temperatura anual promedio de 24°. La ciudad se emplaza en un rango altitudinal entre los 916 y 1.438 msnm, lo que genera dos zonas topográficas diferentes, una de valle y otra de pie de monte. En la zona de valle, se presenta un clima cálido semi húmedo hacia el sur de la ciudad y cálido semi árido hacia el norte y oriente, por su parte, la zona de pie de monte presenta un clima templado en condiciones de mayor humedad hacia el sur (CVC-CIAT-DAGMA, 2015).

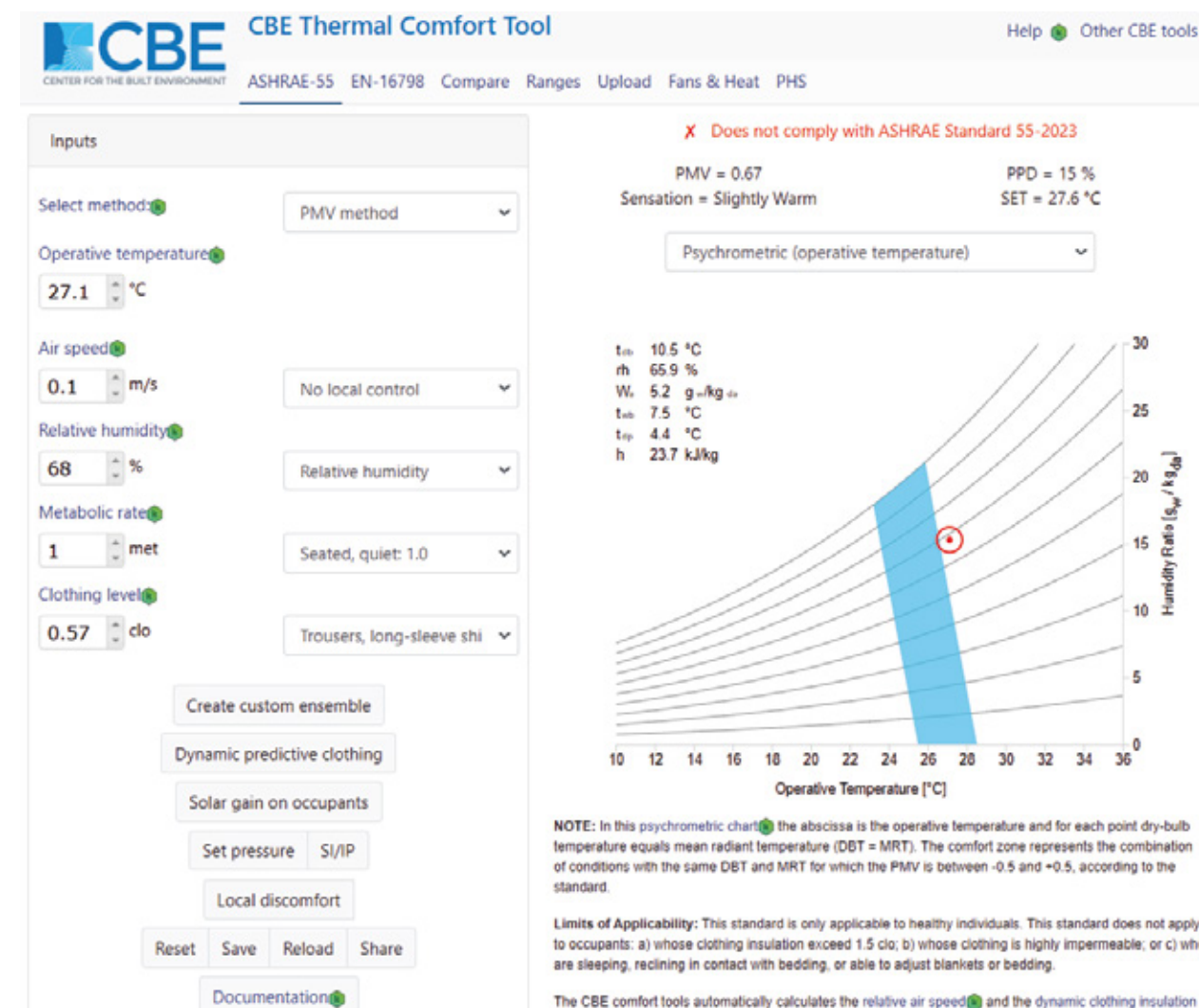
El municipio cuenta con una microzonificación climática donde se incluye, además del perímetro urbano, el perímetro rural, lo que amplía el rango altitudinal hasta los 4.035msnm y evidencia la



El tipo de clima cálido semi árido según el Estudio para la Microzonificación Climática para el Municipio de Santiago de Cali, “Está localizado en la zona de llanura aluvial del río Cauca, correspondiente al municipio de Navarro y gran parte de la zona urbana de Santiago de Cali (centro-oriente), abarcando el 16.4% del área total. Se caracteriza por presentar precipitaciones promedio de 1.290 mm al año y una temperatura promedio de 24 °C. El ecosistema característico de esta zona climática es el bosque cálido seco en piedemonte y planicie aluvial”, esta zona climática, al igual que la zona de tipo climático cálido semihúmedo, permanecen en una temperatura muy estable alrededor de los 24° con variaciones mínimas de menos de 1°, a diferencia de las demás zonas climáticas que presentan fluctuaciones desde los 2° hasta los 7° aproximadamente.

En términos generales, que la zona de clima cálido semi árido se mantenga en una temperatura promedio cercana a los 24° no debería ser un tema de especial atención en términos de confort higrotérmico, sin embargo, en la ciudad, la fluctuación de temperatura promedio es bastante alta, puesto que puede llegar a los 16.6° en su hora más fría hasta los 31.4° en su pico, pasando de 27° desde las 11 am y descendiendo nuevamente a esta temperatura después de las 6 de la tarde, lo que significa que al menos la mitad del día, a lo largo del año, la zona de clima cálido semi árido presenta una temperatura que en relación a la humedad relativa promedio en la ciudad 68% (IDEAM, 2023),

Ilustración 2. franja de confort método PMV – Fuente: CBE Thermal Comfort Tool



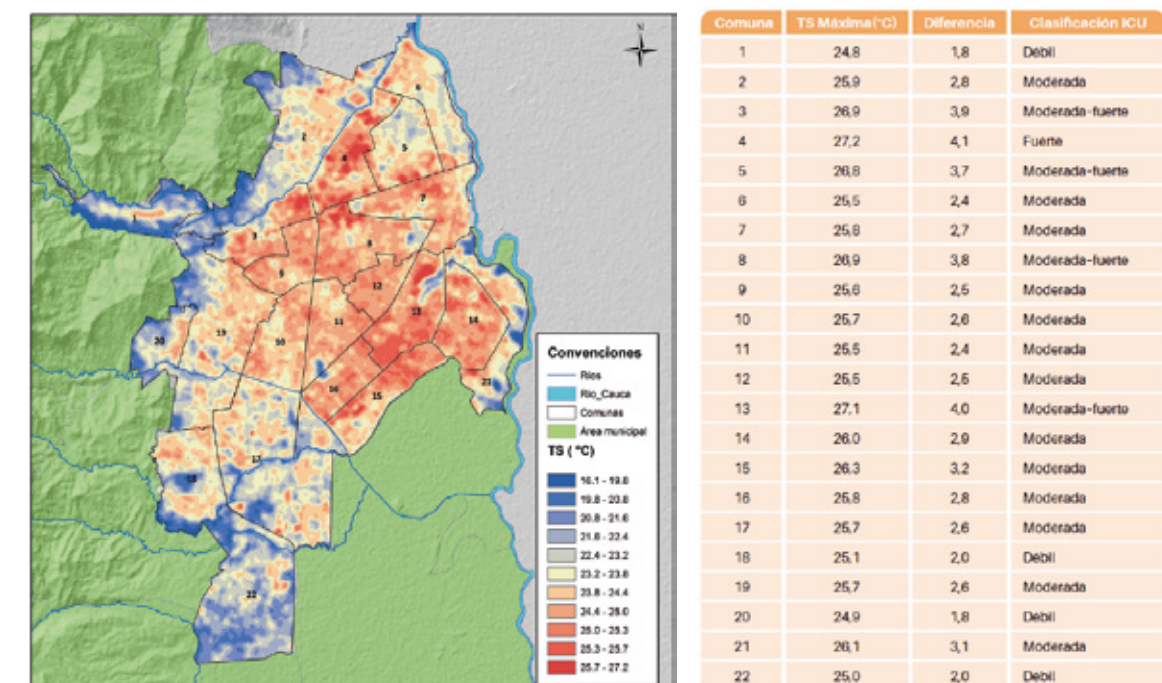
## Las islas de calor urbanas ICU, en Cali

Las islas de calor urbanas ICU, son un fenómeno que se produce en las zonas urbanas que experimentan temperaturas significativamente más altas que las áreas rurales y periurbanas con menor edificabilidad. Las causas más comunes de la formación de islas de calor son:

1. La escasez de vegetación y áreas verdes que impide la reducción de la temperatura por la evaporación del agua de las plantas y la protección de la sombra de los árboles
2. La presencia de grandes edificios que absorben calor y bloquean el flujo de aire, impidiendo la refrigeración de la ciudad por el viento
3. La densidad de superficies oscuras y de alta inercia térmica, como el asfalto de las calles, que absorben más radiación solar
4. La contaminación de la atmósfera por gases de “efecto invernadero”, que atrapan la radiación solar y aumentan la temperatura del aire al evitar la disipación del calor
5. Actividades industriales y uso excesivo de sistemas de aire acondicionado que agregan energía térmica a su entorno inmediato. (Hector Antonio Vazquez Brust, 2023)

En la ciudad de Cali, en el informe técnico para “La Identificación de Zonas y Formulación de Propuestas para el Tratamiento de Islas de Calor, Municipio de Santiago de Cali” fueron identificadas y caracterizadas las islas de calor urbanas. Dicho informe pone de manifiesto como las ICU de moderadas a fuertes tienden a concentrarse en la zona oriente - norte de la ciudad, coincidiendo con la zona topográfica de valle, de estratificación social baja, y de trayectoria histórica de viviendas autoproducidas.

Ilustración 3. Clasificación de la intensidad de las ICU por comuna. - Fuente: CVC



Para el caso de la comuna 13, el informe técnico la clasificó como una isla de calor de moderada a fuerte, con una temperatura superficial máxima promedio de 27.1° y una diferencia de 4° con la temperatura promedio de la ciudad. Esta comuna, según el departamento administrativo de planeación (DAP, 2020), se ubica en el tercer puesto de participación con número de viviendas sobre el total de la cabecera municipal, con un total de 42.120 y con una densidad de vivienda por hectárea superior a 77, muy por encima del promedio de la ciudad que es de 41.6 viviendas por hectárea, lo que significa, que, con una alta probabilidad, más de 42.000 viviendas, con una población de 149.761 personas, enfrentan condiciones adversas al interior de las edificaciones en términos de confort climático.

### La vivienda autoproducida y el barrio Ulpiano Lloreda

La autoproducción de viviendas es una forma tradicional de construcción del hábitat, bajo este esquema de producción, son los usuarios los que están tomando las decisiones más importantes con relación al diseño, ubicación o espacio a intervenir, materiales, sistema constructivo, personal de obra, etc. Este proceso permite a las personas aprovechar y priorizar los recursos que tienen a su alcance, en atención de sus necesidades familiares y culturales.

Generalmente, este es un proceso flexible y progresivo que se hace fuera de las lógicas de los cronogramas y tiempos de entrega, obedeciendo más a la capacidad económica del productor de la vivienda, que, en un gran porcentaje, esta construyendo la vivienda para habitarla. (SEDATU, 2021)

Ilustración 4. Ortomosaico manzana seleccionada - Fuente: Ing. Julián Londoño



En Santiago de Cali, el departamento administrativo de planeación estima que el 60% de la ciudad esta construida sin haber tramitado ningún tipo de licencia de construcción (El País, 2015), puesto que, solo hasta el año de 1976 comenzó en el país el esfuerzo por la consolidación del primer código de construcción. (Pinzón, 2014), tal es el caso del barrio Ulpiano Lloreda, que se consolidó entre los años 1955 a 1967 a través de la cooperativa Central Provienda en un proceso de ocupación de los antiguos terrenos ejidales, donde se fueron consolidando viviendas unifamiliares con una tipología clara de medio patio y solar con cubiertas de tejas de barro, la cual, respondía adecuadamente a las condiciones ambientales del lugar.

Ilustración 5. Edificaciones multifamiliares barrio Ulpiano Lloreda. - Fuente: Propia



En la actualidad el barrio Ulpiano Lloreda hace parte de la comuna 13 de la ciudad de Cali, se ubica al oriente de la ciudad sobre la Av. Simón Bolívar entre las carreras 22 y 26H, es de estrato socioeconómico 2, de manzanas rectangulares con morfología predial rectangular, y lotes que oscilan entre los 150m<sup>2</sup> y 240m<sup>2</sup>. Estas condiciones físicas en un barrio que a lo largo de su historia se ha desarrollado mediante procesos de autoproducción, ha facilitado la aparición de edificaciones multifamiliares de hasta 5 pisos de altura que construyen el 100% del predio sin ningún tipo de licencia de construcción, generando unidades de vivienda deficientes en términos de habitabilidad y confort climático, vulnerando el derecho humano internacional a una vivienda adecuada.

## Metodología

Determinar las estrategias de confort más adecuadas para el caso, con las recomendaciones de la carta psicométrica de climate consultant y el archivo climático más reciente de la ciudad.

---

Determinar meses y horas más fríos y calientes del año para someter la solución edificatoria a simulaciones de confort térmico.

---

Proponer una estrategia para mitigación de los efectos de la isla de calor urbana.

---

Determinar el índice de ocupación y construcción normativos para comparar con los índices resultantes de la edificación propuesta.

---

Proponer estrategias de ventilación, confort térmico e iluminación natural que puedan ser validadas.

---

En ejercicio proyectual, diseñar una edificación multifamiliar que responda a las variables contextuales y climáticas, comprobando la efectividad de la solución con simulaciones de confort.



## Proyecto

### Contexto, lugar, índices y áreas normativas y propuestas

La vivienda autoproducida en Cali es un importante actor en la mitigación del déficit cuantitativo de vivienda, sin embargo, muchos de los sectores donde se ha generalizado la arquitectura autoproducida, coinciden con las islas de calor urbano moderadas y fuertes de la ciudad, lo cual, representa una variable importante en la disminución de la calidad de vida por discomfort de los usuarios, que, en el marco de los derechos humanos, es una vulneración del derecho a una vivienda adecuada. En tal sentido, se busca consolidar un tipo edificatorio de vivienda multifamiliar que mejore la condición de confort al interior de las viviendas y que pueda ser fácilmente apropiada por los usuarios constructores de su propia vivienda.

El lugar escogido para el desarrollo del tipo edificatorio es un predio esquinero en el barrio Ulpiano Lloreda, el cual se encuentra en una isla de calor urbana de moderada a fuerte. El predio cuenta con 275 m<sup>2</sup>, con medidas aproximadas de 11ml x 25ml, caracterizado como área mixta, con índice de ocupación de .6, índice de construcción base de 3 e índice de construcción adicional de 2.5. La selección de este predio está relacionada con su potencial para convertirse en una edificación de mediano formato con comercio en primer piso y vivienda en los pisos superiores.

Ilustración 6. Predio Seleccionado. - Fuente: Geoportal catastral Cali

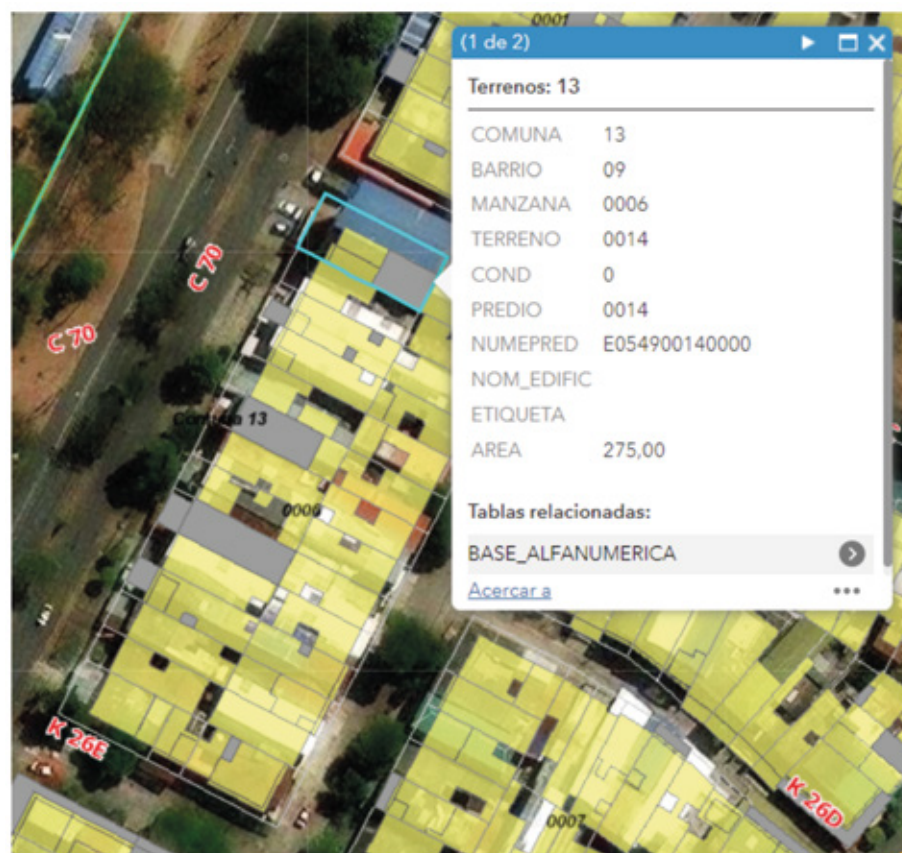


Ilustración 7. Cuadro de áreas e índices normativos. - Fuente: Elaboración propia

Áreas e índices Normativos		
Área predio	275	M2
Índice de ocupación	60%	165
Índice de construcción base	3	495
Índice de construcción adicional	2,5	412,5
	Área tope de construcción	907,5

El proyecto propone una implantación en medio patio, ocupando un área total de 163.83m<sup>2</sup> de los 275m<sup>2</sup> del lote, lo que corresponde a un índice de ocupación propuesto del .59. El edificio propuesto se desarrolla en 4 pisos y altillo con un total de área construida de 600m<sup>2</sup> con un índice total de construcción de 3.64.

Ilustración 8. Esquema de implantación. - Fuente: Elaboración propia

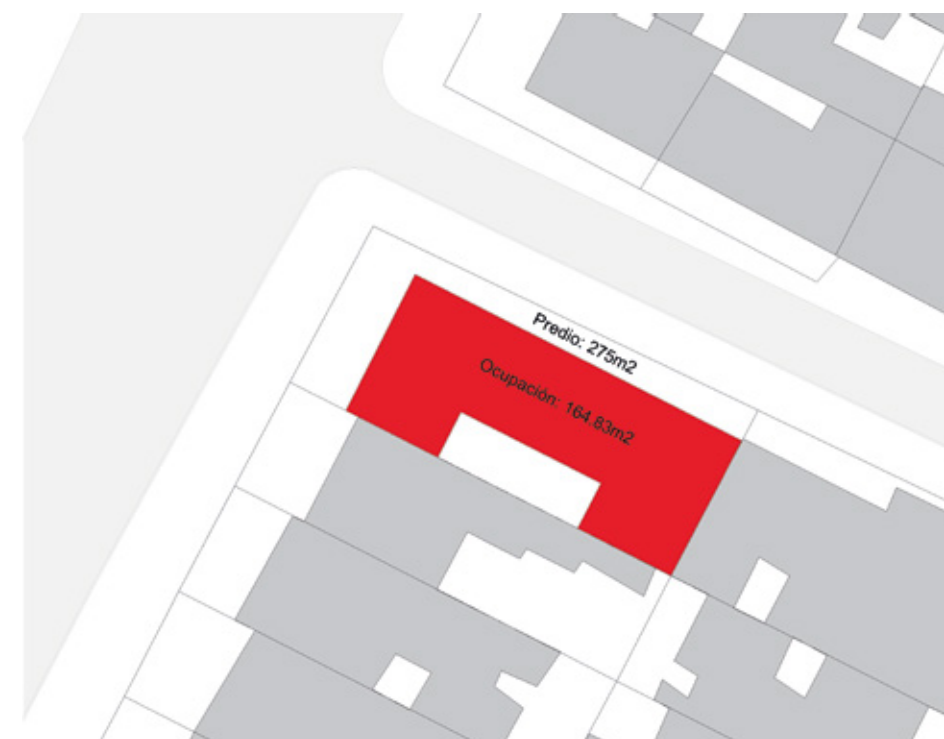


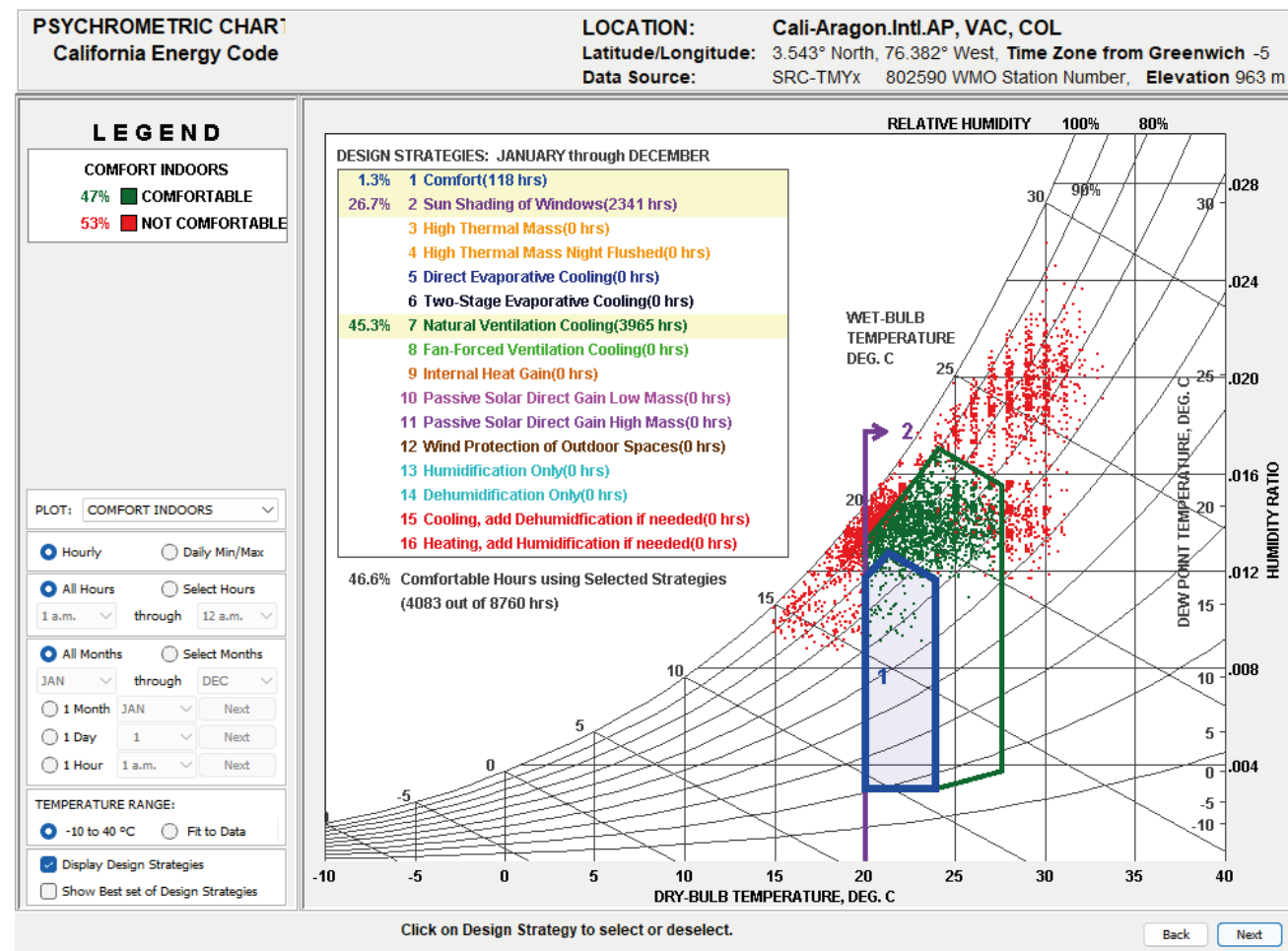
Ilustración 9. Cuadro de áreas e índices propuestos. - Fuente: Elaboración propia

Áreas e índices propuestos		
Piso 1	163,8	I.O=59%
Piso 2	155,2	
Piso 3	155,2	
Piso 4	97,55	
Altillo	28,95	I.C=3,63
Área total propuesta	600,7	

## Intenciones proyectuales

Las intenciones proyectuales del ejercicio están relacionadas con las estrategias de diseño de climatización pasivas más eficientes del caso según la carta psicrométrica de climate consultant, y con las formas de ocupación predial y constructivas propias del contexto.

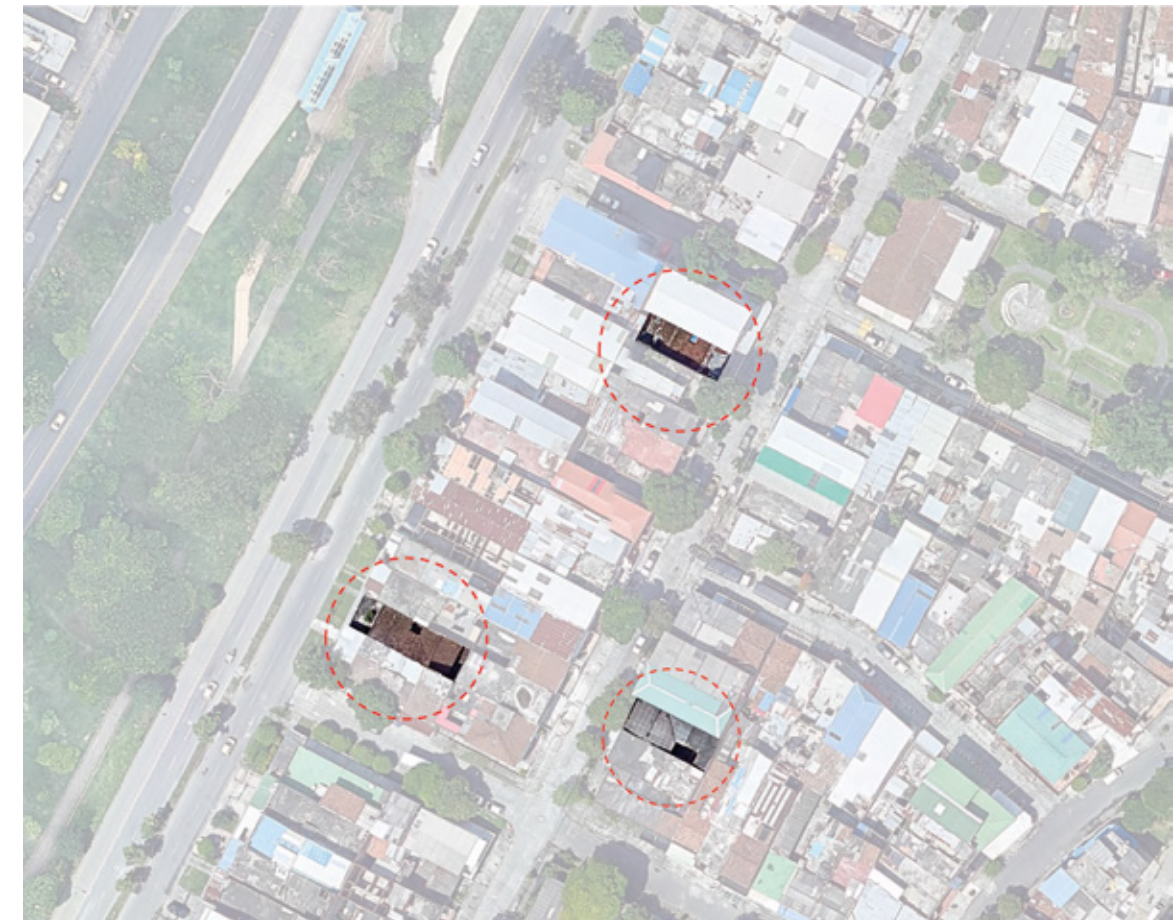
Ilustración 10. Carta psicrométrica. - Fuente: Climate consultant.



Según la carta psicrométrica en mención, basando el análisis en el archivo climático COL\_VAC\_Cali-Aragon.Intl.AP.802590\_TMYx.2009-2023, con la implementación de estrategias de sombreado de ventanas y ventilación natural, se puede lograr hasta un 47% en horas de confort, del total de las horas del año. En tal razón, el proceso de diseño inicia preguntándose ¿cómo lograr una edificación multifamiliar de mediana escala de uso mixto con las condiciones necesarias para que cada espacio pueda ser ventilado naturalmente?, esta pregunta nos lleva a una revisión de las formas de ocupación predial y a la identificación de tipologías arquitectónicas que faciliten un esquema de ventilación cruzada.

La manzana seleccionada para el desarrollo del ejercicio es una manzana rectangular con una morfología predial de lotes rectangulares de 7m X 20m y 7m x 25m en promedio, con anchos mayores en los lotes esquineros, donde aún podemos encontrar la tipología arquitectónica de medio patio, que facilita ventilar naturalmente los espacios interiores, puesto que la edificación se organiza en forma de C en torno a un patio lateral.

Ilustración 11. Identificación de tipología de medio patio en área de trabajo. - Fuente: Elaboración propia



Esta tipología de tradición colonial y vernácula aparece en la ciudad en el primer ensanche del centro fundacional, donde el lote colonial de patio central se transforma en un lote más estrecho de patio lateral sobre el lindero, que generalmente coincidía con el patio lateral del lote vecino, conformando un área libre de mayor extensión, que a escala de manzana podía mejorar las condiciones higrotérmicas de un mayor número de viviendas.

El predio sobre el cual se desarrolla el proyecto es esquinero con la fachada larga orientada hacia el Noreste y la fachada corta orientada al oeste suroeste, con vientos predominantes desde el este y el noreste, lo que determinó la pertinencia de comenzar el esquema de implantación con una ocupación tipológica de medio patio.

Una vez determinada la forma de ocupación predial, se opta por desarrollar el esquema a través de un módulo básico espacial que se repite a lo largo de la edificación, razón por la cual es llamado **Edificio de habitaciones iguales**. Las dimensiones del módulo, 3m X 3m, están relacionadas con dos factores, el primero es que en el lote de 9.12m X 21.61m (medidas sin incluir antejardín) los 3m del módulo espacial son múltiplo de ambas medidas y por lo tanto facilita la implementación de un sistema reticular que dota al proyecto de claridad estructural y espacial, promueve la flexibilidad de ocupación y cambio de usos, y a su vez lo convierte en un tipo fácil de replicar.

Ilustración 12. (Izquierda). Desarrollo de proyecto a partir de un módulo de 3x3. - Fuente: Elaboración propia

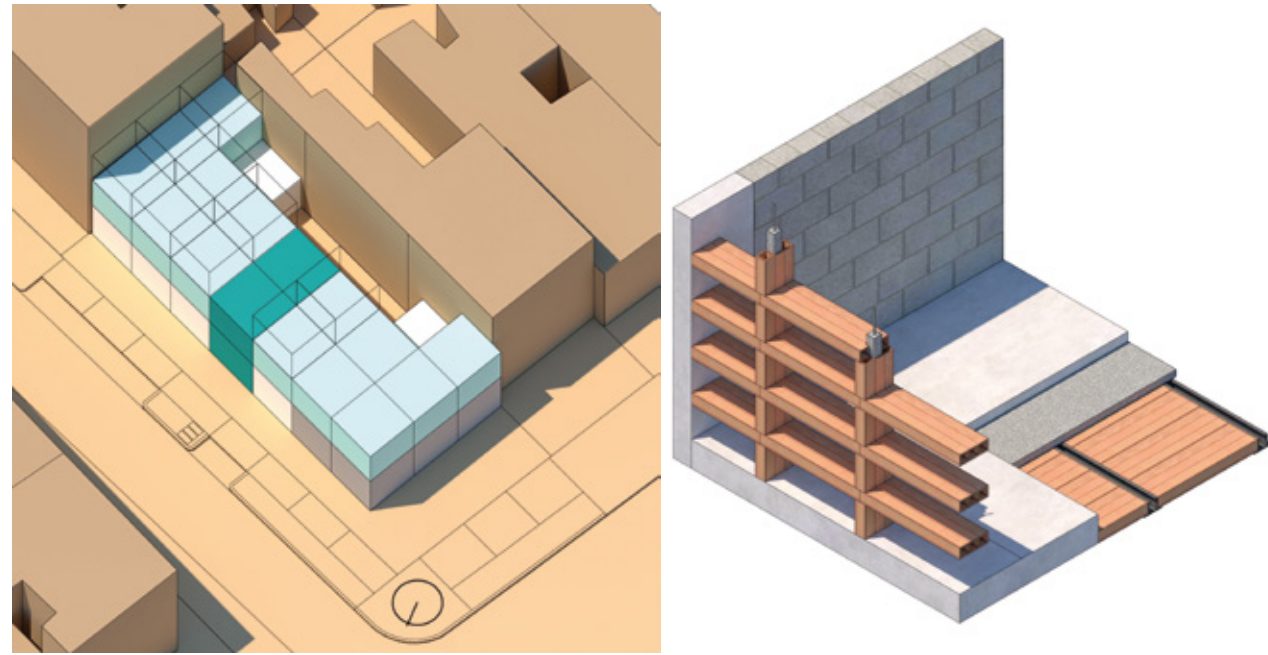


Ilustración 13 (Derecha). Detalle celosía, losa, muro de mampostería. - Fuente: Elaboración propia

El otro factor está relacionado con la universalidad y el conocimiento empírico de construcción alrededor de los 3m, el sistema constructivo por excelencia en el contexto del barrio Ulpiano Lloreda es la mampostería estructural confinada, sistema en el que habitualmente se modulan los elementos de confinamiento a 3m, lo que representa para el ejercicio una ventaja en términos de una posible fase constructiva.

Finalmente es una intención inicial del ejercicio proponer un sistema constructivo que apele a materiales y procesos elementales de construcción, que sean ampliamente utilizados en edificaciones autoproducidas, y que trabajen bajo una lógica de cero desperdicios y economía de elementos en la solución, razón por la cual se propone un sistema mixto de apoyos puntuales y muros de carga con mampostería estructural modulada a cero desperdicio, losas placa fácil con bloquelón, y componentes de protección de la radiación solar directa del mismo bloquelón de las losas.

### Propuesta arquitectónica

La propuesta arquitectónica plantea una edificación de uso mixto desarrollada en 4 pisos + attillo con 6 apartamentos en total. En el primer piso se proponen 4 parqueaderos para carros, depósitos para cada apartamento, un local comercial que hace frente a la avenida Simón Bolívar y el patio lateral que es el centro de la propuesta de climatización pasiva, en el segundo piso se ubican dos apartamentos de 2 habitaciones los cuales cuentan con una terraza de un módulo a manera de patio desplazado en vertical, en tercer piso se ubican otros dos apartamentos de 2 habitaciones, en este caso sin terraza, y en el cuarto piso se propone un apartamento de dos habitaciones, una en attillo, y un apartamento de una habitación en attillo, ambos con terrazas que permiten las visuales lejanas.

Ilustración 14. Usos. - Fuente: Elaboración propia

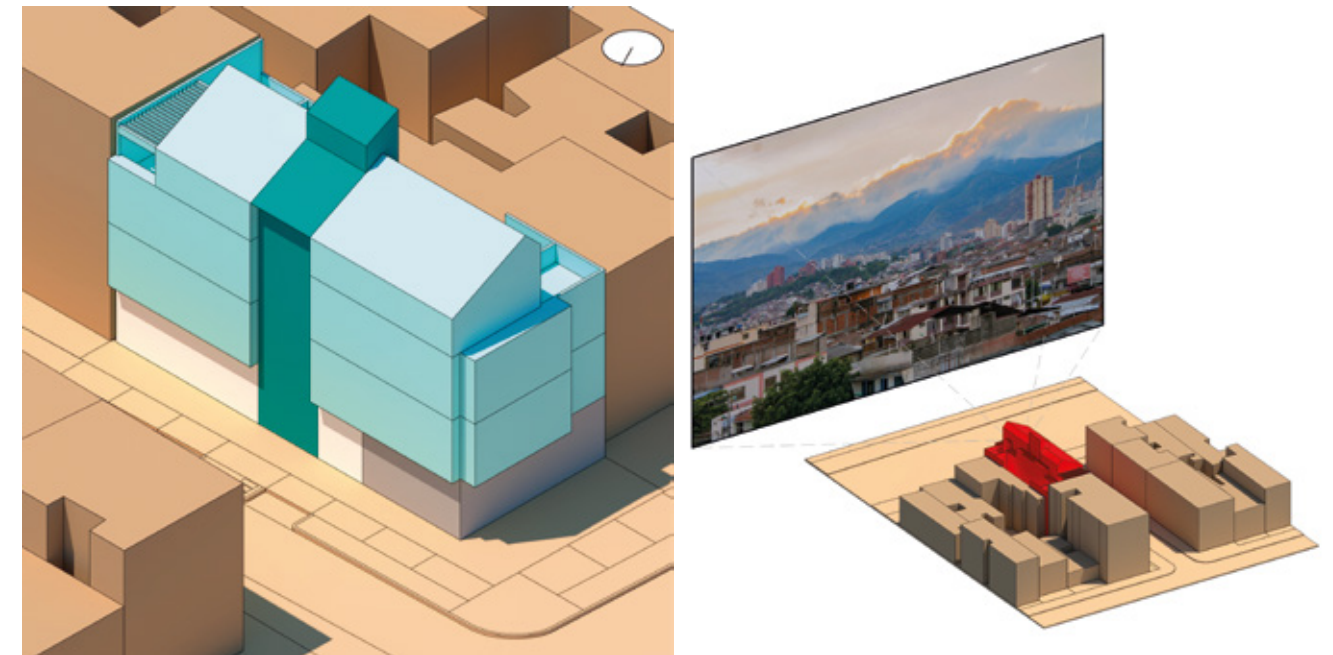
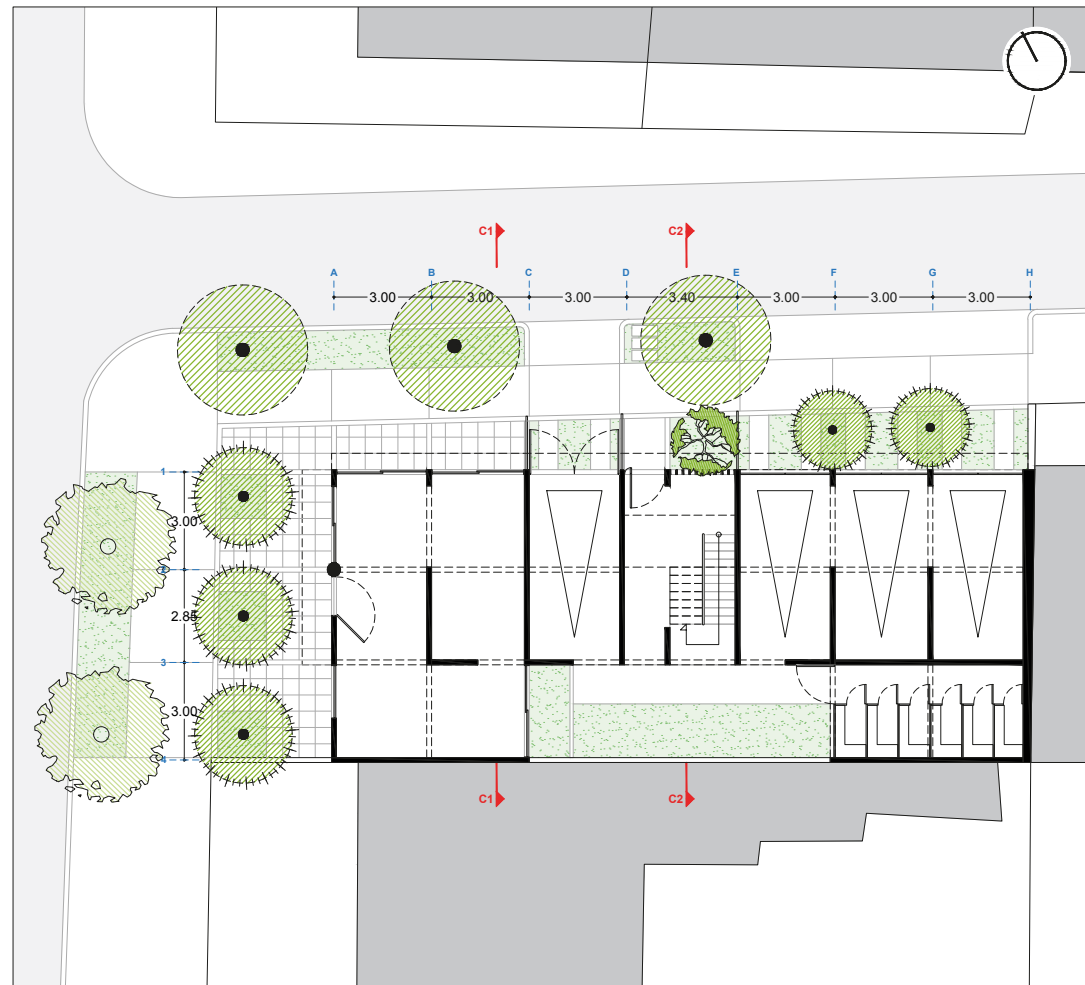


Ilustración 15. Planta localización. - Fuente: Elaboración propia



La edificación se organiza a través de una repetición de módulos iguales alrededor de un patio lateral en el centro del esquema, lo que dota al edificio de varias fachadas que facilitan las estrategias de iluminación natural y confort térmico y se convierte en remate y circulación obligada en su uso cotidiano.

Ilustración 16. Planta primer piso. - Fuente: Elaboración propia

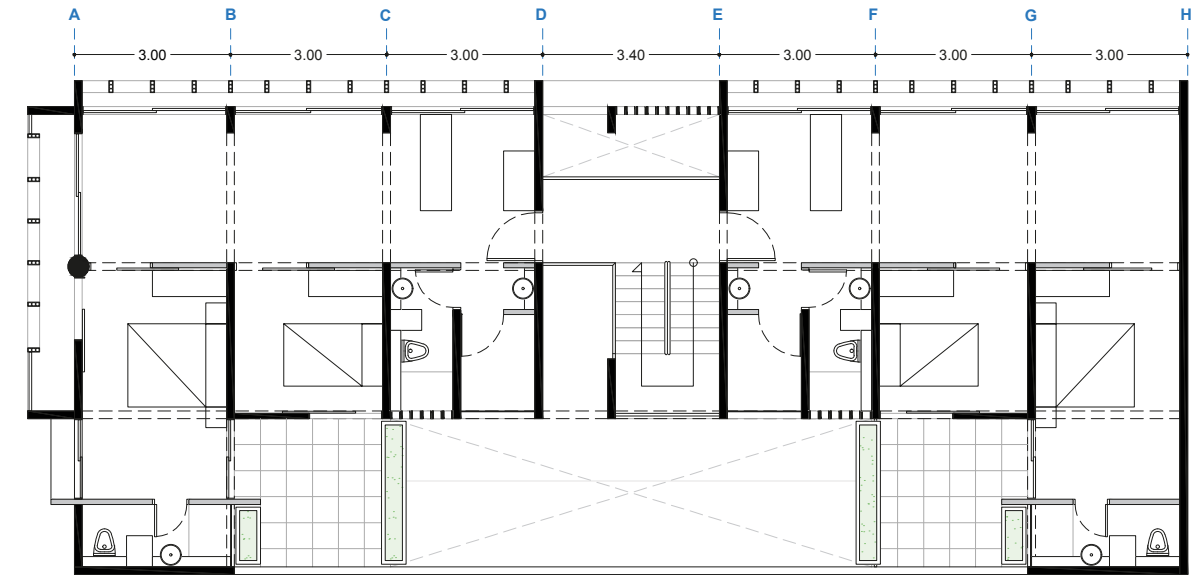


La retícula de diseño solo se dilata en los módulos correspondientes a la circulación vertical para adecuar la malla al ancho total del lote y solucionar los tres segmentos de circulación que organizan la propuesta.

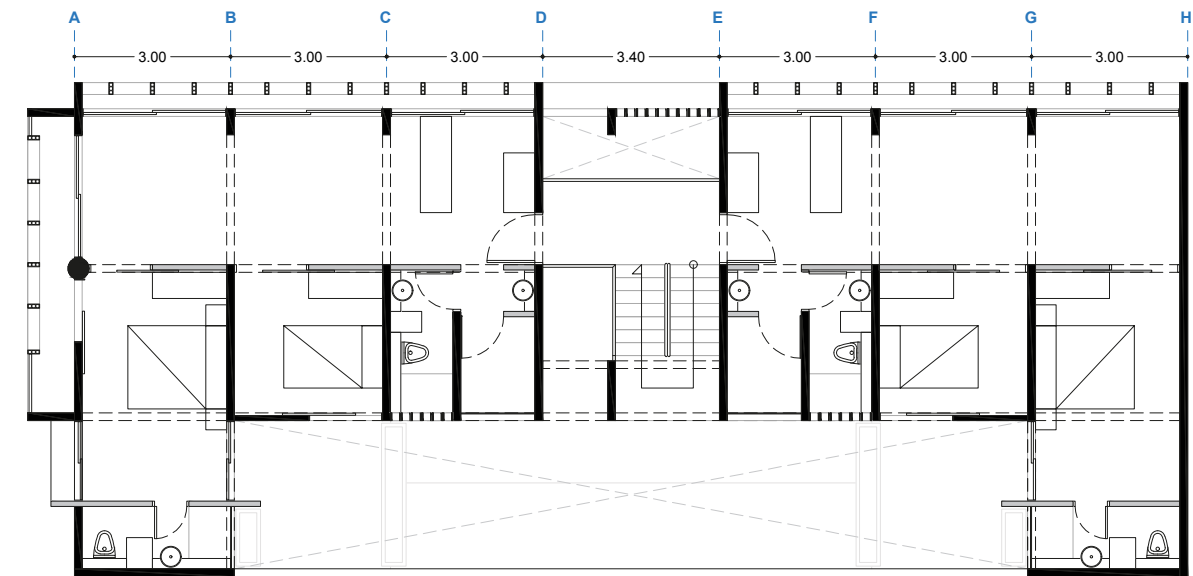
El acceso al punto fijo de la edificación que distribuye a las unidades de vivienda y los accesos al parqueadero, se proponen sobre la fachada norte que corresponde a la vía de menor tráfico vehicular; por su parte, la zona comercial se ubica en la esquina con mayor flujo peatonal y vehicular y tiene relación directa con ambas vías.

Ilustración 17. Plantas superiores segundo y tercer piso. - Fuente: Elaboración propia

Planta segundo piso

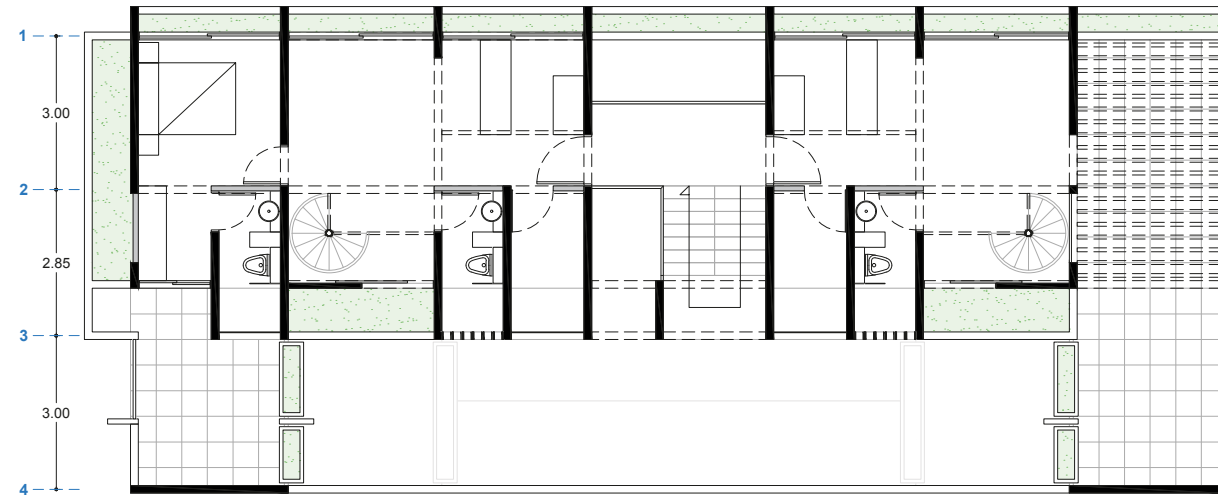


Planta tercer piso

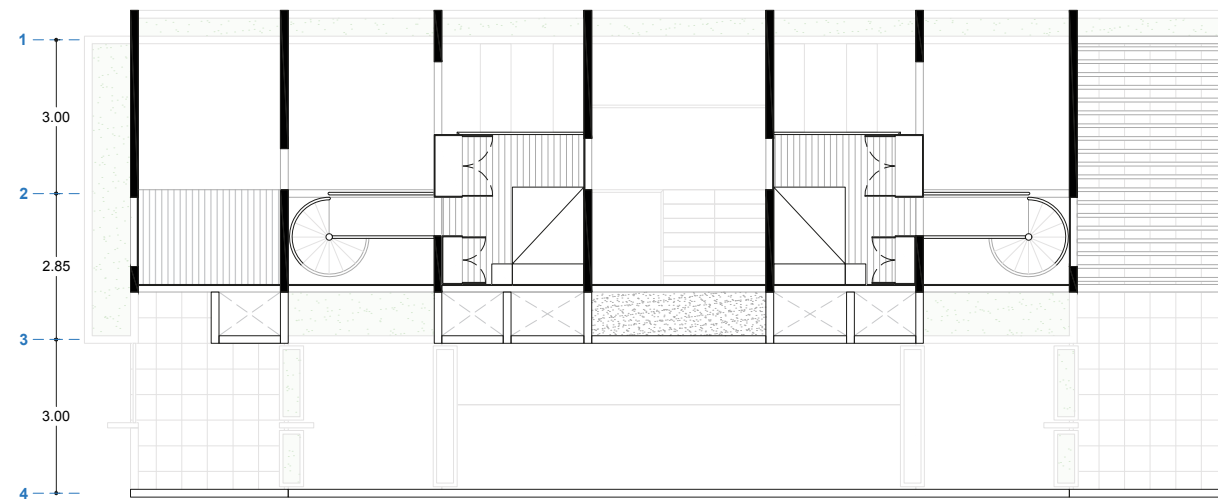


La propuesta de unidad habitacional surge de la búsqueda de garantizar la ventilación cruzada a través de todos los espacios de la vivienda, lo cual se logra enfrentando directamente los cuartos con la zona social y ubicando el área de oficios y baño perpendiculares al acceso, con elementos de cerramiento en celosía para evitar que se conviertan en una barrera de ventilación.

Planta cuarto piso



Planta altillo



Organizar la vivienda en base a una retícula modular de 3 x 3 facilita las operaciones de sustracción y compresión necesarias a medida que el edificio va subiendo en altura, por esta razón se destina el área libre de patio y terraza en el lindero sur sobre el cual se proyecta el escalonamiento desde el patio interior, y ya en el altillo se realiza una compresión del módulo de 3m a 2m para asumir el aislamiento lateral normativo que a partir del tercer piso debe ser de 4m.



Ilustración 20. Fachadas y cortes. - Fuente: Elaboración propia



Respondiendo a la intención proyectual inicial de consolidar una estrategia de sombreado de ventanas, el ejercicio propone una doble fachada con una celosía elaborada con bloques para los pisos 2 y 3, que hacia la fachada Noreste se convierte en una pequeña extensión de los espacios sociales y hacia la fachada suroeste se convierte en un balcón con algunos tramos perforados en búsqueda de las visuales lejanas que se pueden lograr hacia el oeste.

Ilustración 21. Perspectivas apartamento 302. - Fuente: Elaboración propia



Para el cuarto piso se optó por ocupar la extensión de la doble fachada hacia el noreste con un antepecho materia que complementado con un quebrasol horizontal, protegen los espacios interiores de la incidencia de la radiación solar directa, hacia las fachadas este y oeste, se generan unos planos mucho más cerrados con materia y vegetación hacia el oeste para mitigar la radiación solar horizontal sobre el plano, y con pérgola hacia el este por la misma razón.

Ilustración 22. Perspectivas apartamento 401. - Fuente: Elaboración propia



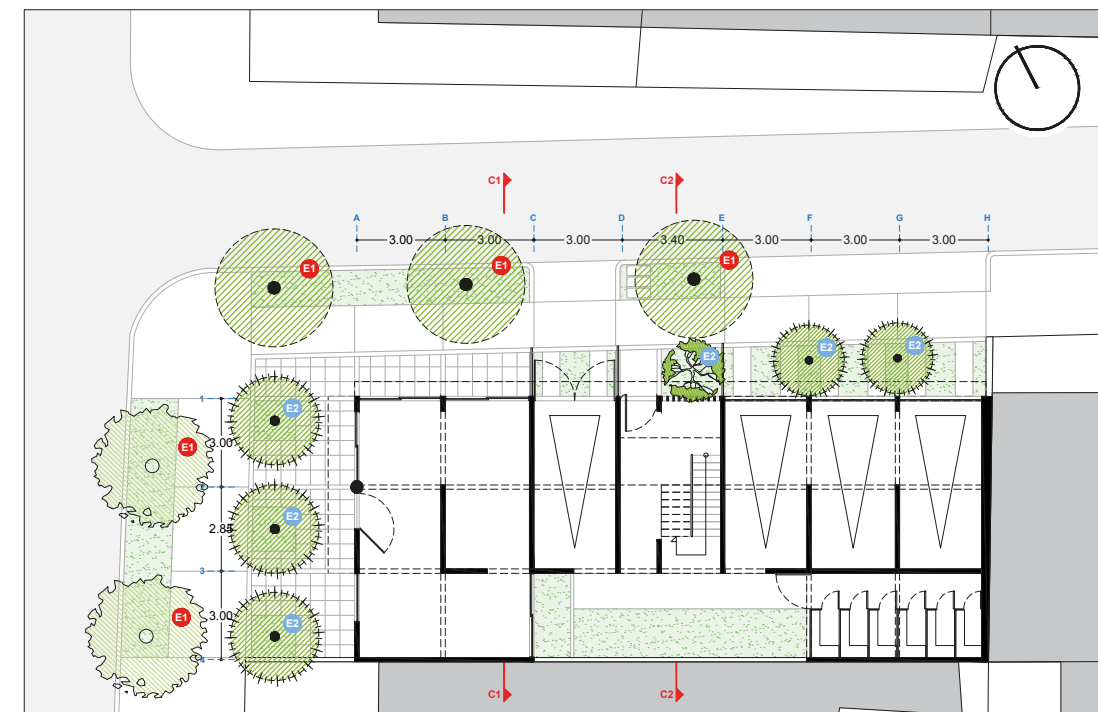
### Estrategia de mitigación del efecto de la isla de calor urbano.

La estrategia para la mitigación de los efectos de isla de calor urbana se aborda desde la conformación de un microclima con vegetación en el área aledaña a la edificación que tenga efecto de barrera ante la radiación solar directa desde el primer momento de uso del edificio, entendiendo que la temperatura del aire bajo la sombra de la vegetación puede llegar a ser hasta 4°C más baja, (Yeison Arturo Poveda Santos, 2021) todo esto complementado con el patio interior con zona blanda donde puede crecer un jardín de semisombra y los antepechos materia que propician una mayor evapotranspiración y también funcionan como barrera de radiación.

En tal razón, se proponen dos momentos de intervención de zonas blandas y siembras, en todos los casos con especies nativas con presencia en la zona urbana.

Ilustración 23. Etapas de siembra andén y antejardín y vegetación seleccionadas. - Fuente: Elaboración propia

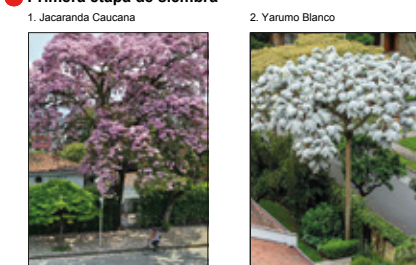
### Mitigación isla de calor urbano



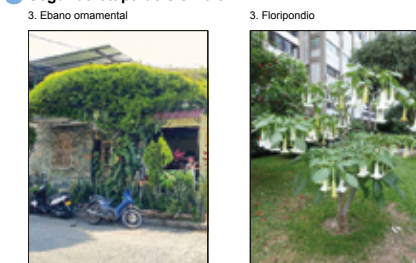
#### Coberturas Arbóreas para la mitigación de los efectos de la isla de calor urbano

- E1 1. Primera etapa de siembra - Jacaranda caucana**  
Tasa de crecimiento de 2m por año  
Previo a inicio de obra, conformación de las zonas blandas del andén, con siembra de jacaranda caucana y yarumo blanco de 2.5m de altura.
- E1 2. Primera etapa de siembra - Yarumo blanco**  
Tasa de crecimiento de 1.4m por año  
Previo a inicio de obra, conformación de las zonas blandas del andén, con siembra de jacaranda caucana y yarumo blanco de 2.5m de altura.
- E2 3. Segunda etapa de siembra - Ebanó ornamental**  
Tasa de crecimiento de 1m por año  
Con la finalización de la obra negra y gris, conformación de las zonas blandas del antejardín, con siembra de ebanó ornamental de 2.5m de altura.
- E2 4. Segunda etapa de siembra - Floripondio, borrachero**  
Especie arbustiva, con podas de mantenimiento a 2m de altura  
Con la finalización de la obra negra y gris, conformación de las zonas blandas del antejardín, con siembra de ebanó ornamental en estado de plantula.

#### E1 Primera etapa de siembra



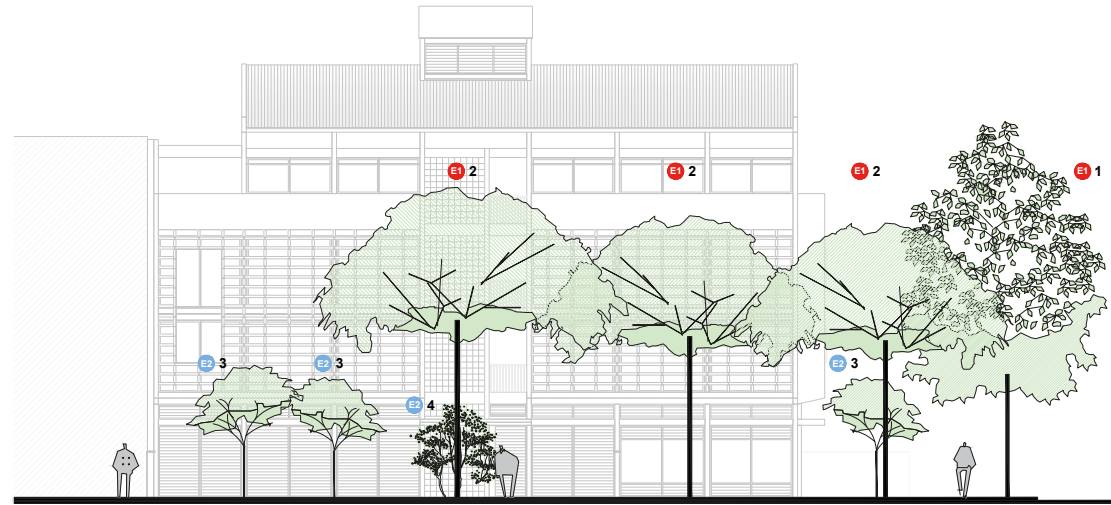
#### E2 Segunda etapa de siembra



La primera etapa de intervención esta propuesta previa al inicio de la obra en cuanto a edificio, donde se conformaran las zonas blandas del andén y se procederá a la siembra de las especies seleccionadas, que deben llegar de una talla de 2.5m de altura, en este caso la Jacaranda caucana

con una tasa de crecimiento de 2m por año y el yarumo blanco con una tasa de crecimiento de 1.4m por año, el yarumo blanco se pone sobre la fachada noreste dado que es la dirección de la que provienen los vientos predominantes y se espera que la forma aparasolada y ramificada del yarumo tenga un bajo efecto en la obstrucción de los mismos, sobre la fachada oeste suroeste se pone la jacaranda caucana con una forma más globosa que es más eficiente como barrera de radiación solar horizontal.

Ilustración 24. Formas y altura cobertura arbórea propuesta. - Fuente: Elaboración propia



La segunda etapa de intervención propone su ejecución una vez la obra negra y gris haya sido concluida y se puedan realizar las actividades de conformación de antejardín, las especies arbóreas propuestas para esta etapa son el ébano ornamental, de forma aparasolada y una tasa de crecimiento de 1m por año, con podas para control de altura a 4m, y el floripondio con podas de control a 3m que acompañe el acceso peatonal.

Ilustración 25. Isometría con cobertura arbórea propuesta. - Fuente: Elaboración propia

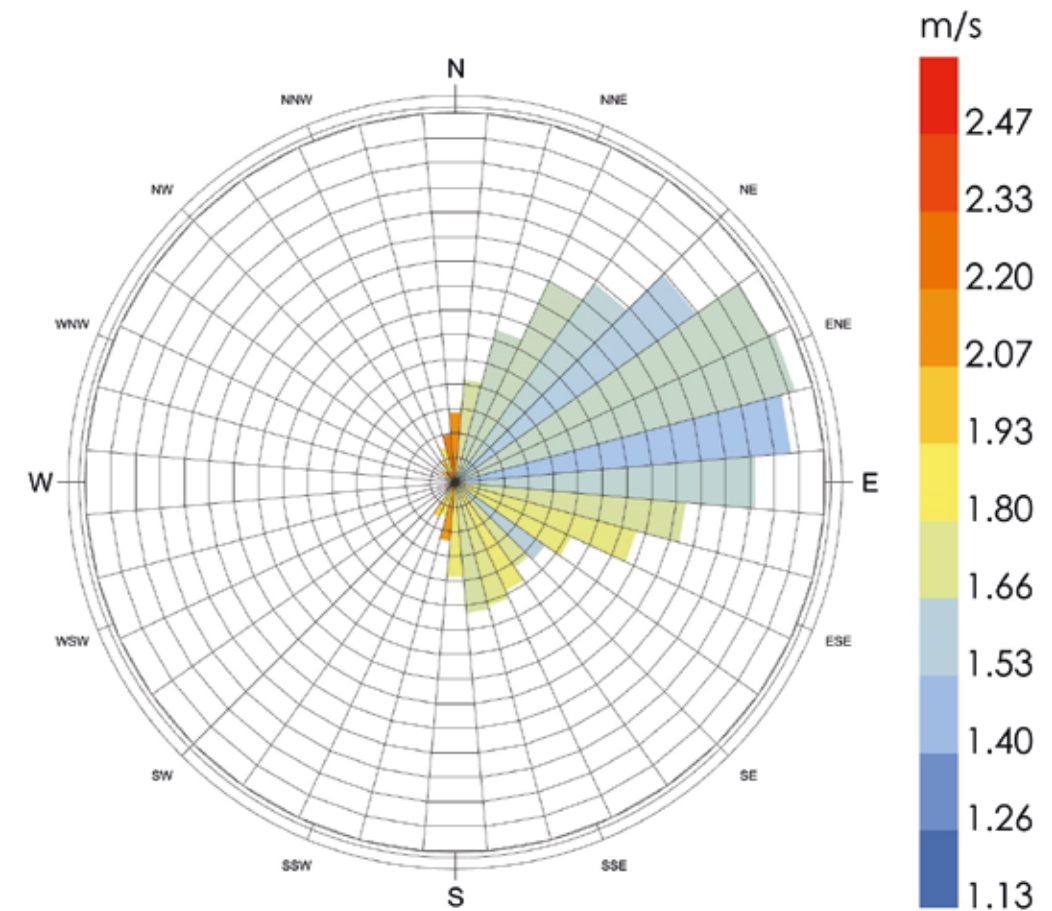


De esta forma, si la construcción de un edificio de esta escala puede tomar hasta 2 años en ejecución e inicio de ocupación, para ese momento podemos contar con árboles en etapa de establecimiento de 5 o 6 metros de altura para la primera etapa de siembra, y de 3 metros de altura para la segunda etapa, lo que tendría un impacto positivo en términos de confort térmico desde el día 1 de la ocupación del edificio.

### Estrategia de ventilación

La estrategia de ventilación del ejercicio inicia con el análisis de los vientos predominantes, según los datos del archivo climático, la franja con más frecuencia de vientos se ubica entre el noreste y el este con velocidades entre 1.40 m/s y 1.66 m/s.

Ilustración 26. Rosa de los vientos. - Fuente: Elaboración propia con base en archivo climático graficado en grasshopper

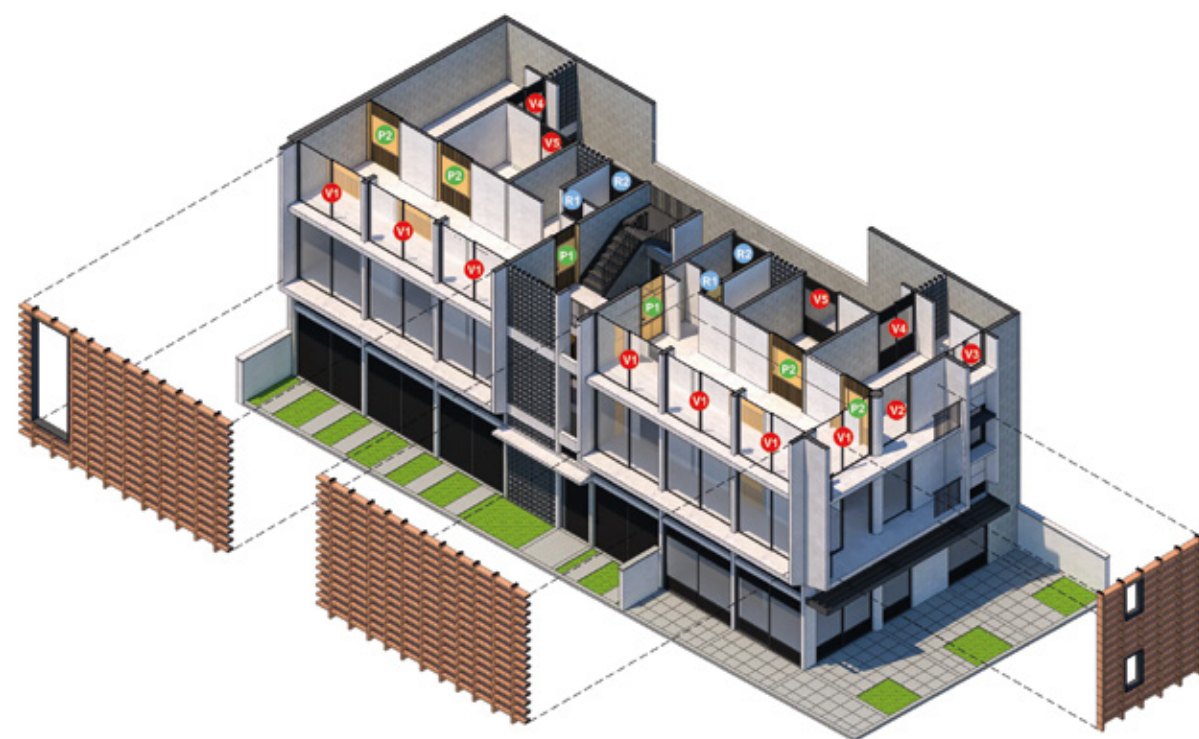


Wind Speed (m/s)  
 city: Cali-Alfonso Bonill  
 country: COL  
 time-zone: -5.0  
 source: MN6  
 period: 1/1 to 12/31 between 8 and 6 @1  
 Calm for 3.19% of the time = 267 hours.  
 Each closed polyline shows frequency of 0.6% = 50 hours.

En razón de lo anterior, el proyecto propone una fachada muy permeable hacia el este noreste con ventanería de piso a techo, sombreada con la doble fachada de celosía, la cual permite el ingreso de los vientos a la edificación donde pueden continuar su curso atravesando todas las estancias, puesto que la vivienda ha sido diseñada mediante un juego de llenos y vacíos en la lógica del módulo de 3m x 3m que se repite contiguo conformando el apartamento. La zona social que es la que hace frente a la fachada este noreste y las habitaciones y zonas de servicio, mantienen el mismo porcentaje de vacío de la fachada por la que ingresa el viento, lo que promueve que el flujo de viento a través del apartamento sea constante.

La ventanería perimetral de fachada codificada como V1, de dos naves, ambas operables, ocupa todo el ancho del módulo espacial, estos elementos perimetrales junto con los códigos V2 y V3 son los únicos que llevan vidrio continuo laminado de 3mm+4mm, puesto que al ser el cerramiento hacia la calle también deben poder garantizar en los momentos necesarios un aislamiento acústico.

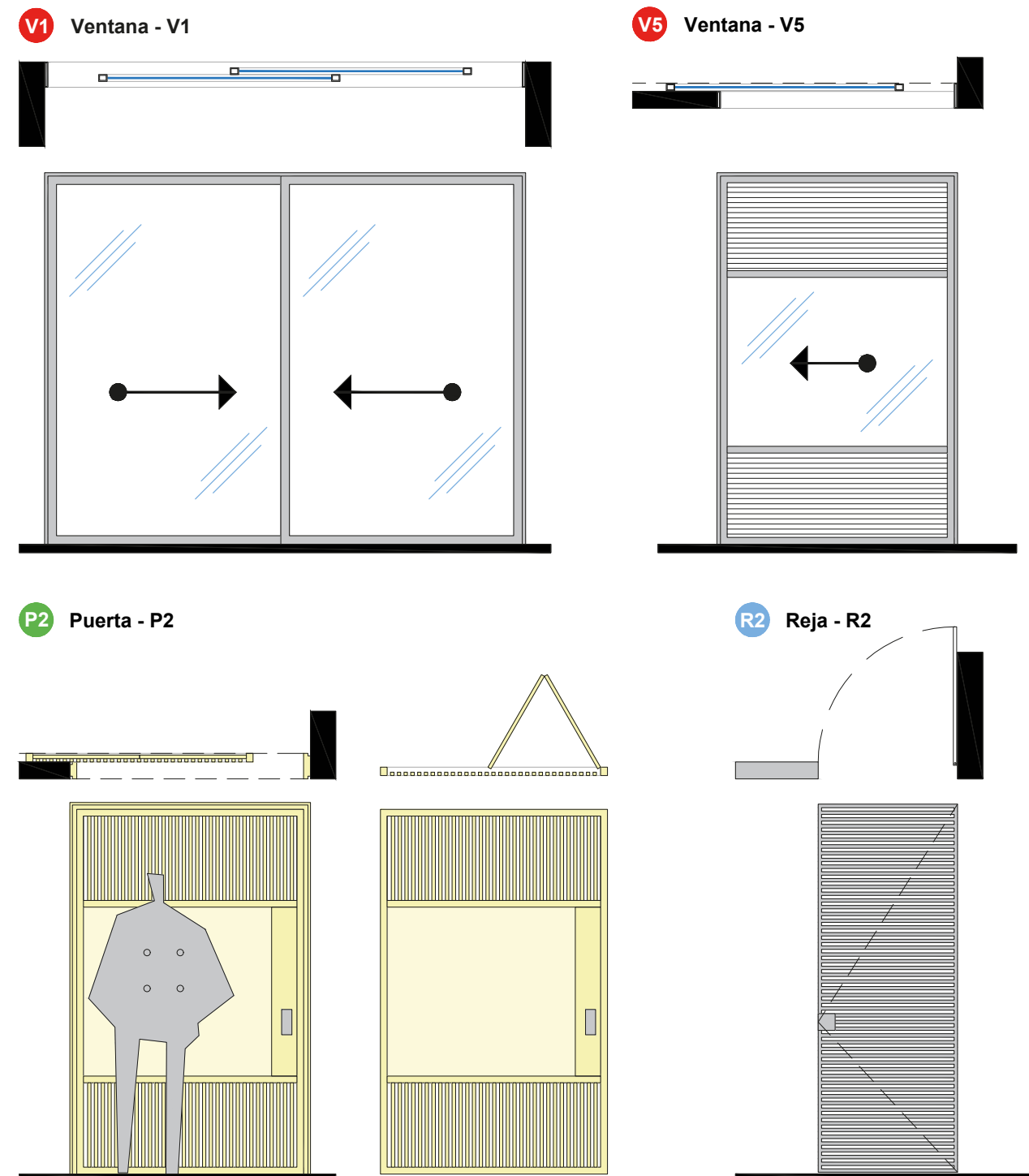
Ilustración 27. Ubicación carpinterías. - Fuente: Elaboración propia



Las puertas de las habitaciones corresponden a la mitad del módulo espacial con 1.50m de ancho y son corredizas detrás del muro, lo que significa que la puerta de la habitación totalmente abierta es el mismo porcentaje de apertura que la mitad de la ventanas V1, además de esto, las puertas en sí mismas tienen un sistema de celosía inferior y superior que se puede abrir o cerrar, las puertas cerradas con las celosías abiertas corresponden en porcentaje de apertura a la mitad de la posible apertura de la ventana V1.

Las ventanas interiores hacia el patio con códigos V4 y V5 también están relacionadas con el ancho de la mitad del módulo espacial, y en este caso también cuentan con celosías inferiores y superiores, que permiten tener cerrada la ventana, pero mantener la ventilación cruzada.

Ilustración 28. Tipos de carpintería. - Fuente: Elaboración propia



El ubicar el baño social y la zona de oficinas perpendicular a la zona social, permite que la zona de oficinas este ventilada permanentemente siempre y cuando la ventana del perímetro este abierta, puesto que la puerta de acceso R1 y el cerramiento hacia el patio interior R2 se resuelve con una reja celosía metálica que permite ventilar, así la puerta este cerrada.

Ilustración 29. Esquema vientos apto. 201. - Fuente: Elaboración propia en base a esquema de Wind tunnel app. simulación realizada con las ventanas de la cocina totalmente cerradas, considerando que en esta zona el viento puede ser molesto.

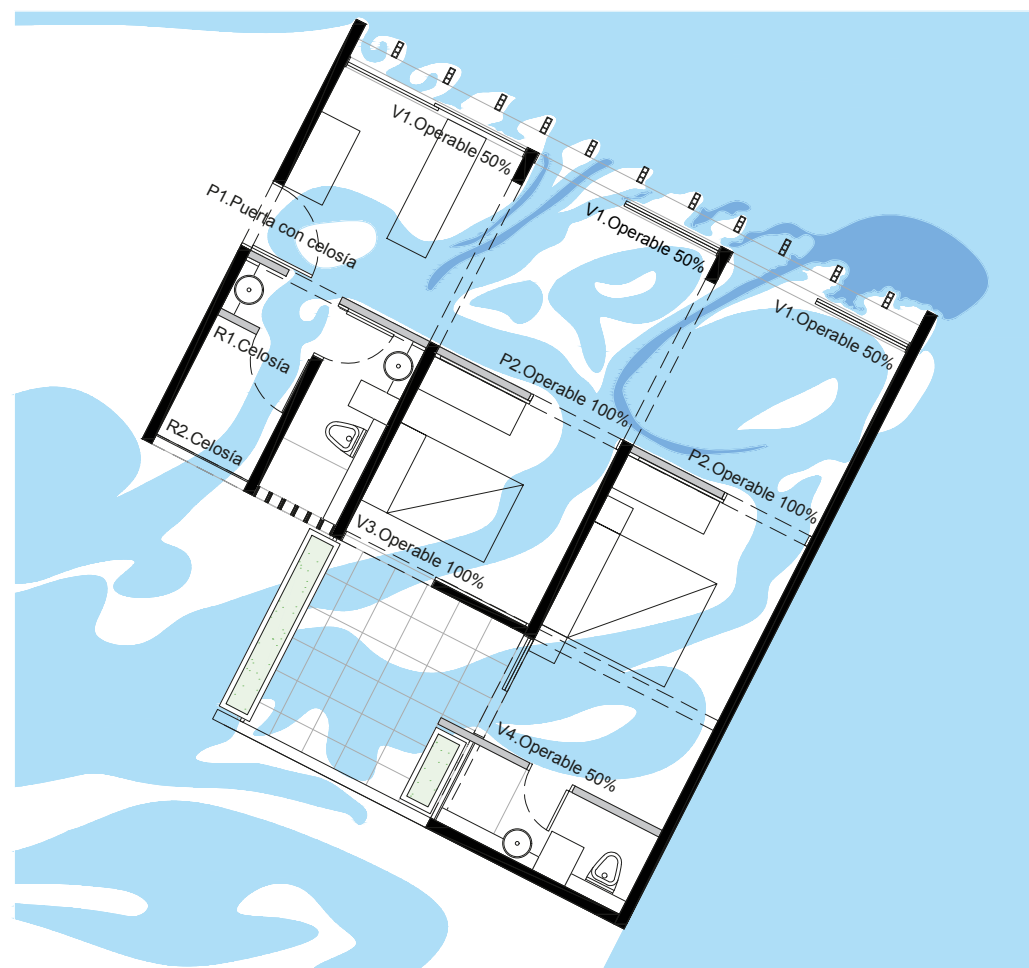
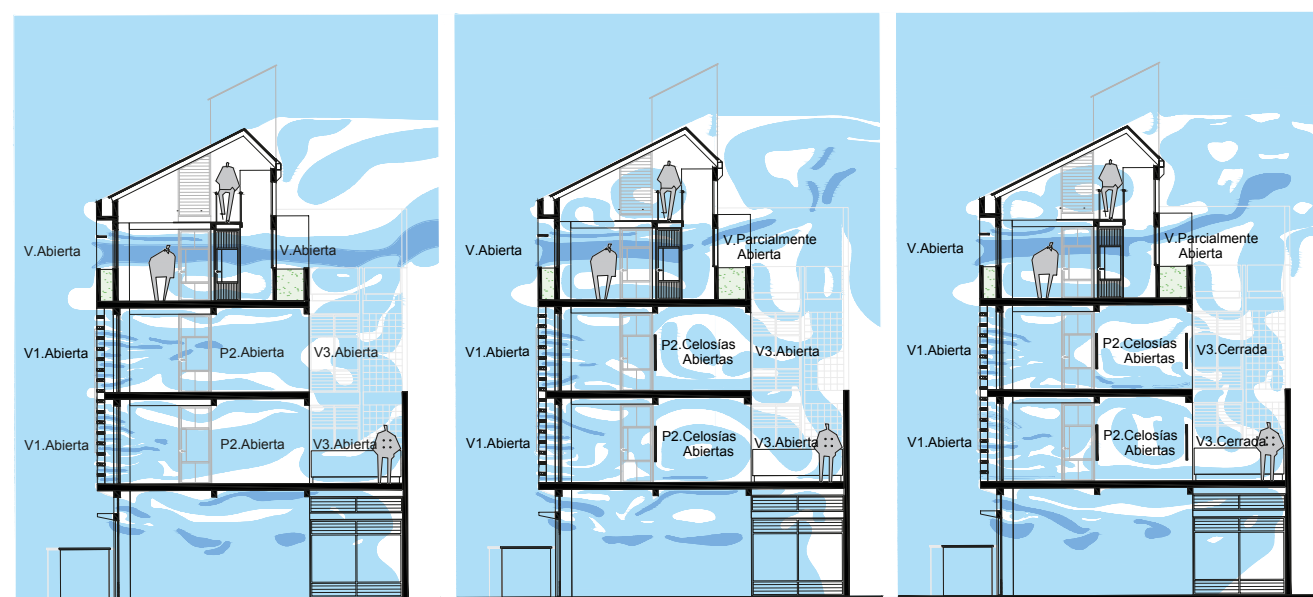


Ilustración 30. Ventilación cruzada, escenarios posibles. - Fuente: Elaboración propia en base a esquema de Wind tunnel app.



La propuesta de cerramientos y carpinterías, su distribución en el espacio, y la posibilidad de tener distintas formas de operación dotan a las viviendas de múltiples posibilidades de ventilación, dirigiendo el flujo de viento por todo el apartamento con estrategias tan elementales como oponer puertas y ventanas para lograr una mayor área de circulación.

En general la propuesta de ventilación y los análisis realizados nos muestran que es posible ventilar naturalmente todos los espacios de las viviendas propuestas, sin embargo, el espacio de altillo puede presentar un menor flujo de ventilación, por lo que se propone un sifón térmico sobre el punto fijo que ayude a evacuar el aire caliente del altillo de manera forzada por efecto de cambio de presión, a través de celosías laterales.

Ilustración 31. Esquema de funcionamiento del sifón térmico. - Fuente: Elaboración propia



## Iluminación natural

La iluminación natural en la propuesta es un factor determinante, puesto que el confort visual es uno de los puntos que cualifican a la vivienda en el marco de la vivienda adecuada.

La conformación laminar del edificio con fachadas en todas las direcciones facilita que los espacios habitables que no superan los 3m, puedan aprovechar todas las horas de iluminación disponible, el reto de la propuesta era controlar la sobreexposición, puesto que en la lógica de espacios con al menos uno de los lados con fachada de piso a techo este podría ser un problema.

La ubicación de 297° en dirección norte, provoca que ambas fachadas de la edificación reciban el sol en escorzo facilitando las estrategias de protección solar y por lo tanto la sobre exposición.

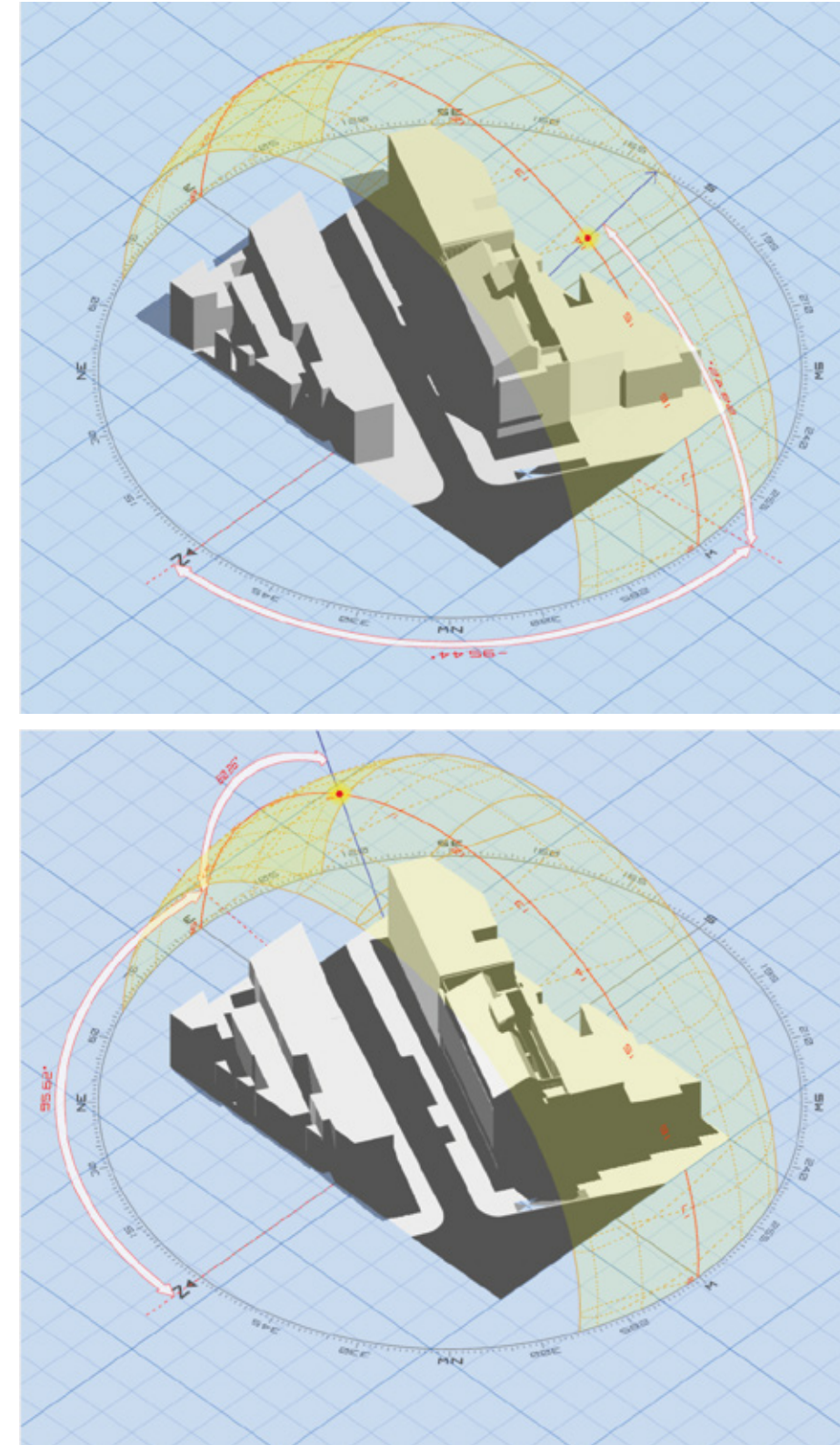
Es por esto que el confort visual en la propuesta está estrechamente relacionado con la estrategia de protección de la radiación solar directa, y su efectividad fue comprobada mediante simulaciones en el software grasshopper y la extensión ladybug.

El análisis de la iluminación natural se realizó con métricas dinámicas usando el indicador UDI (Useful Daylight illuminance) que establece la frecuencia anual de iluminación sobre el plano de trabajo dentro de un rango que los ocupantes consideran útil.

Los parámetros de referencia utilizados para el análisis de iluminación natural se establecieron de la siguiente forma:

- ( $E < 100$  lux), suplementario o útil con refuerzo de luz artificial.
- ( $100 \text{ lux} < E < 300 \text{ lux}$ ), autónomo sin necesidad de luz artificial.
- ( $300 \text{ lux} > E > 3,000 \text{ lux}$ ) y excesivo ( $E > 3,000 \text{ lux}$ ).

Ilustración 32. Incidencia directa del sol sobre el edificio Septiembre 10:00am, 2:00pm. - Fuente: Elaboración propia con aplicación 3d sunpath de Andrew Marsh.



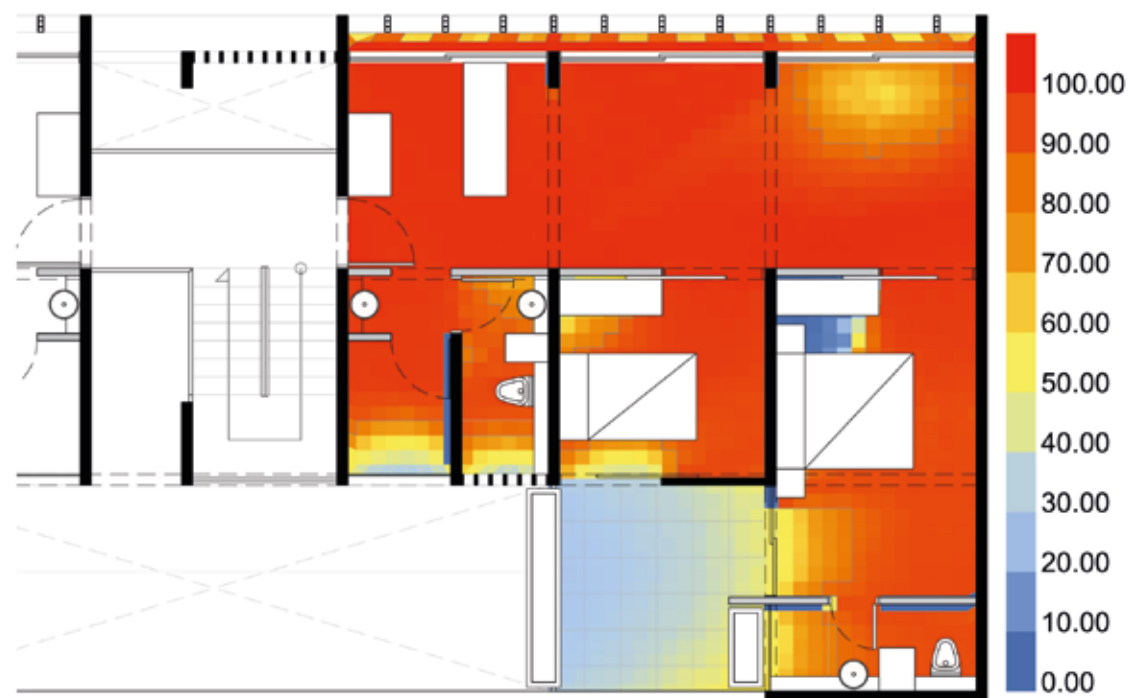
Tomando como indicador para el gráfico, el cumplimiento del parámetro en el área por encima del 80% del tiempo. Los análisis se realizaron en 3 unidades de vivienda con características diferentes, el primero es el apartamento 201 que tiene lindero con vecino en ambas direcciones y terraza propia, el apartamento 302 que comparte la distribución del 201 pero sobre la esquina con un solo vecino en lindero y sin terraza, y el apartamento 402 que remata la edificación y al igual que el 302 se ubica en la esquina del edificio haciendo frente al oeste.

El software de simulación, además de mostrarnos el área que cumple con el parámetro UDI, también nos muestra que área está por debajo del parámetro establecido (UDI LOW) y que área está por encima del parámetro en sobreexposición (UDI UP)

### Apartamento 201

UDI 66%

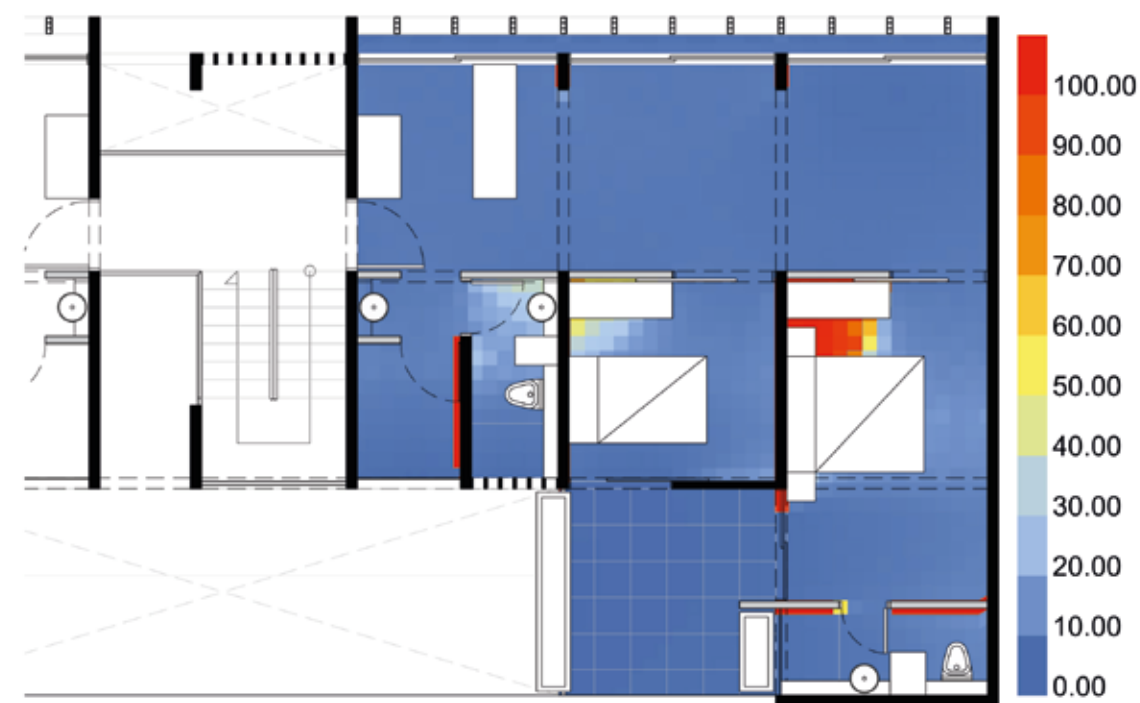
Ilustración 33. UDI apartamento 201. - Fuente: Elaboración propia con base en archivo climático graficado en grasshopper con extensión ladybug



El UDI del apartamento 201 nos muestra un cumplimiento del parámetro del 66%, las áreas por fuera del rango están relacionadas con las zonas más cercanas a las ventanas, en la habitación principal la zona entre closet y muro de cabecera de cama, y finalmente la terraza que es la más representativa por fuera del parámetro.

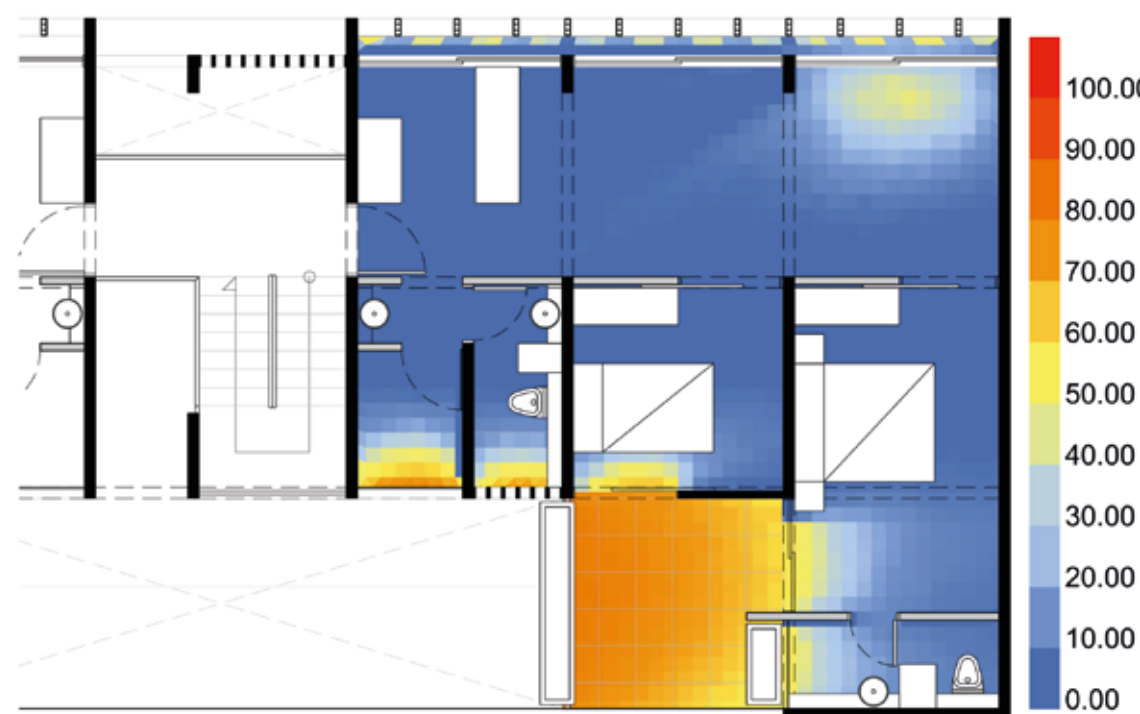
### UDI LOW

Ilustración 34. UDI LOW apartamento 201. - Fuente: Elaboración propia con base en archivo climático graficado en grasshopper con extensión ladybug



### UDI UP

Ilustración 35. UDI LOW apartamento 201. - Fuente: Elaboración propia con base en archivo climático graficado en grasshopper con extensión ladybug

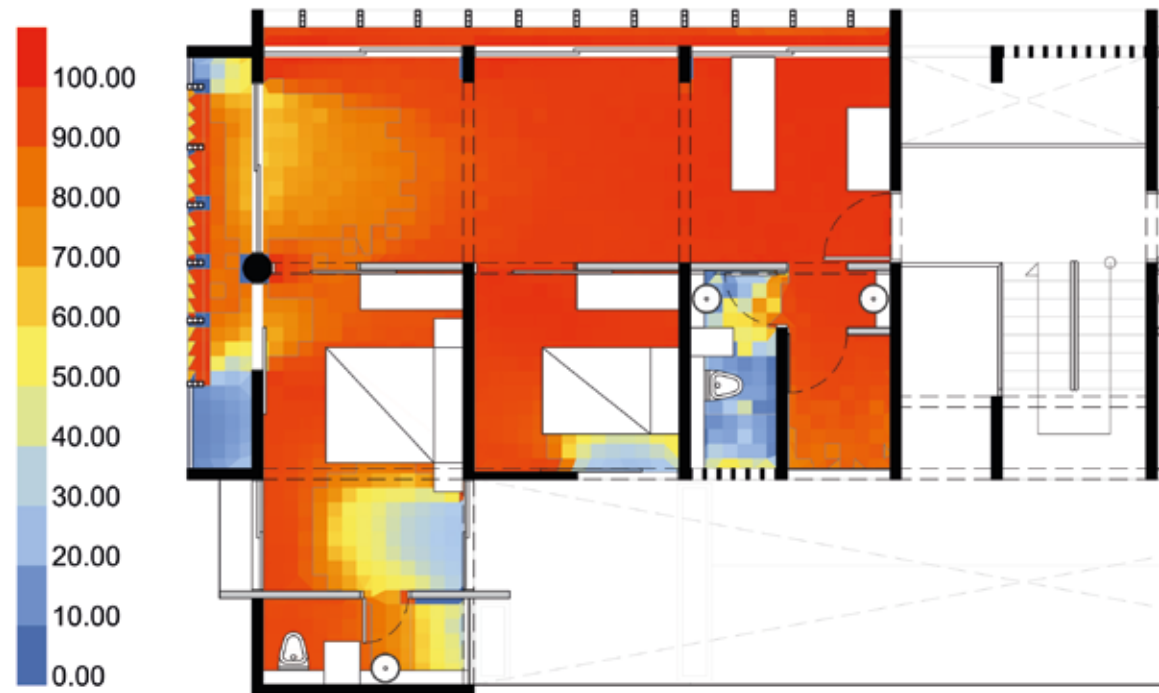


Por su parte el UDI LOW y el UDI UP del apartamento nos muestran que áreas no están cumpliendo con el parámetro, en el caso de UDI LOW, las áreas que están por debajo de los 100 lux corresponden a las zonas donde se ubican closets y camas, y en el caso de UDI UP la terraza y las ventanas de los cuartos presentan el mayor porcentaje por fuera del indicador establecido, sin embargo ninguno de los momentos por fuera del rango se puede considerar como un problema de confort visual porque ocupan zonas de la vivienda que tienen dinámicas de no uso en los momentos de no cumplimiento del parámetro.

### Apartamento 302

UDI 71%

Ilustración 36. UDI apartamento 302. - Fuente: Elaboración propia con base en archivo climático graficado en grasshopper con extensión ladybug

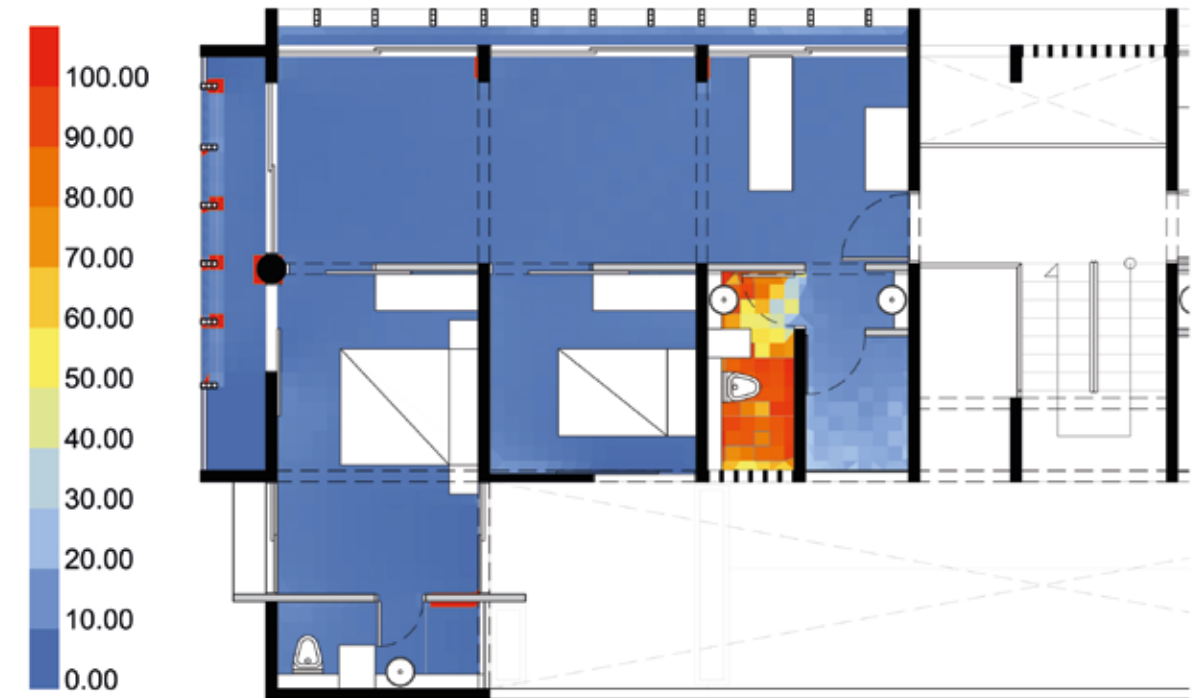


El UDI del apartamento 302 nos muestra un cumplimiento del parámetro del 71%, a diferencia del apartamento 201 del cual es un espejo, este no tiene terraza, por lo tanto, tiene menos área por encima de los 3000lux, lo que hace que el cumplimiento del parámetro sea mayor.

El UDI LOW y el UDI UP del apartamento, nos muestran en el caso de UDI LOW una deficiencia de iluminación en el baño, y el UDI UP nos muestra una sobre exposición cercana a las zonas de las ventanas de los cuartos, que, igual al apartamento 201, ninguno de los momentos por fuera del rango se puede considerar como un problema de confort visual porque ocupan zonas de la vivienda que tienen dinámicas de no uso en los momentos de no cumplimiento del parámetro.

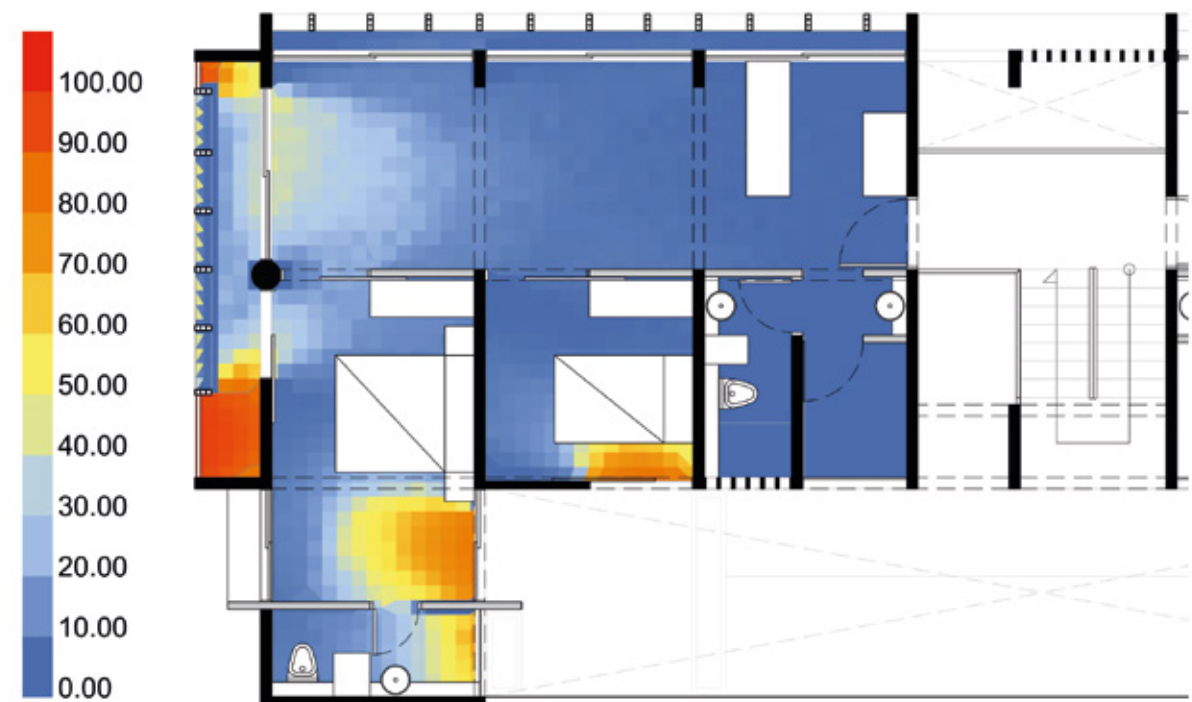
### UDI LOW

Ilustración 37. UDI LOW apartamento 302. - Fuente: Elaboración propia con base en archivo climático graficado en grasshopper con extensión ladybug



### UDI UP

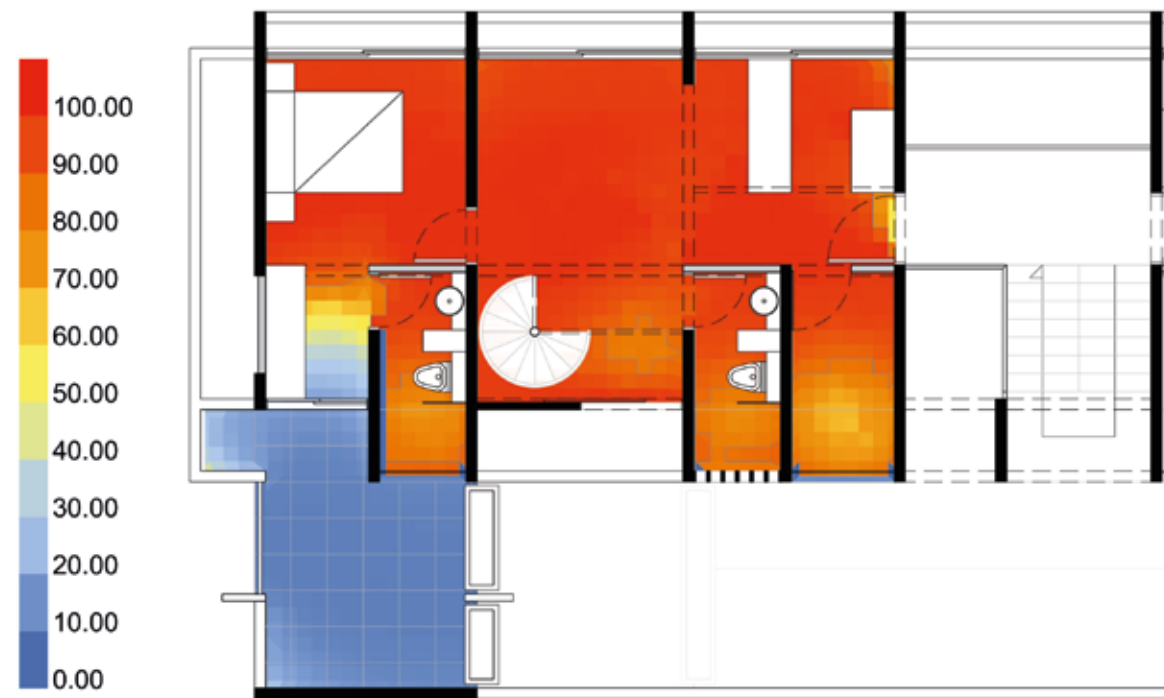
Ilustración 38. UDI LOW apartamento 302. - Fuente: Elaboración propia con base en archivo climático graficado en grasshopper con extensión ladybug



## Apartamento 402

UDI 65%

Ilustración 39. UDI apartamento 402. - Fuente: Elaboración propia con base en archivo climático graficado en grasshopper con extensión ladybug.

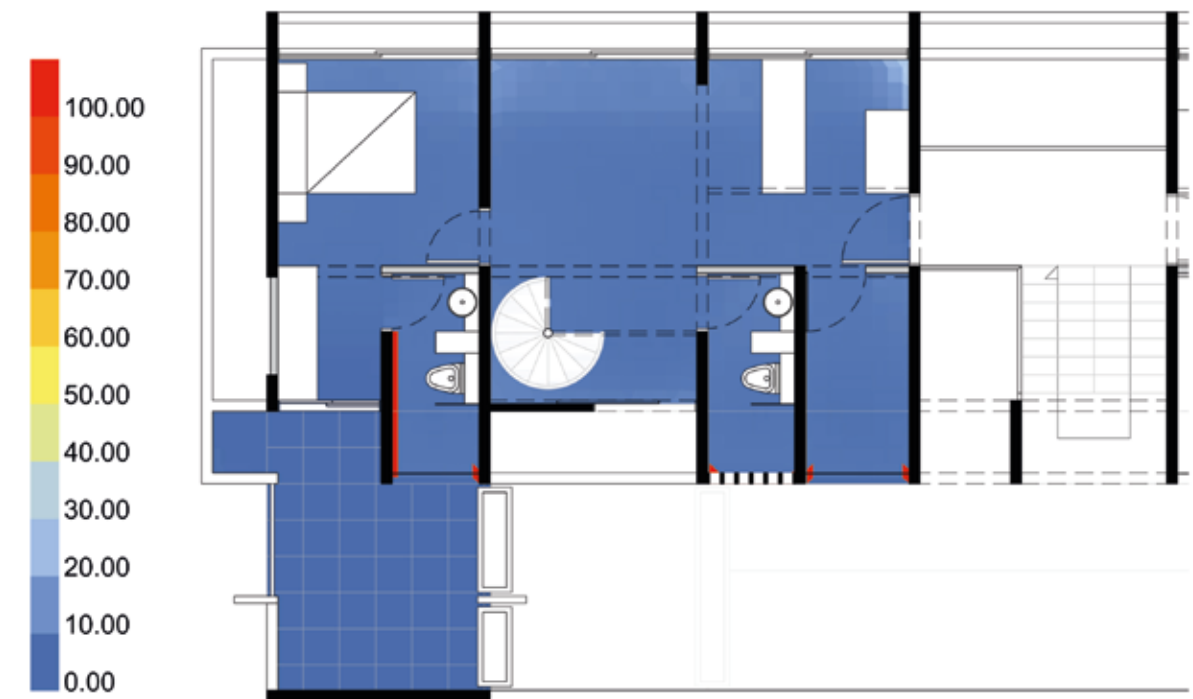


El UDI del apartamento 402 nos muestra un cumplimiento del parámetro del 65%, y nos muestra que el área con el menor cumplimiento del parámetro es la de la terraza, puesto que está expuesta al sol directo en una franja amplia del día.

El UDI LOW de este apartamento es prácticamente el 0%, y a diferencia de los anteriores análisis, en este caso el UDI UP que representa un 20%, muestra que la terraza está casi el 100% del tiempo por encima del parámetro de sobreexposición. Sin embargo, podemos contar con que la terraza es un espacio exterior que se usa en horas determinadas, seguramente finalizando la tarde cuando la sobreexposición de iluminación ya no sea un problema.

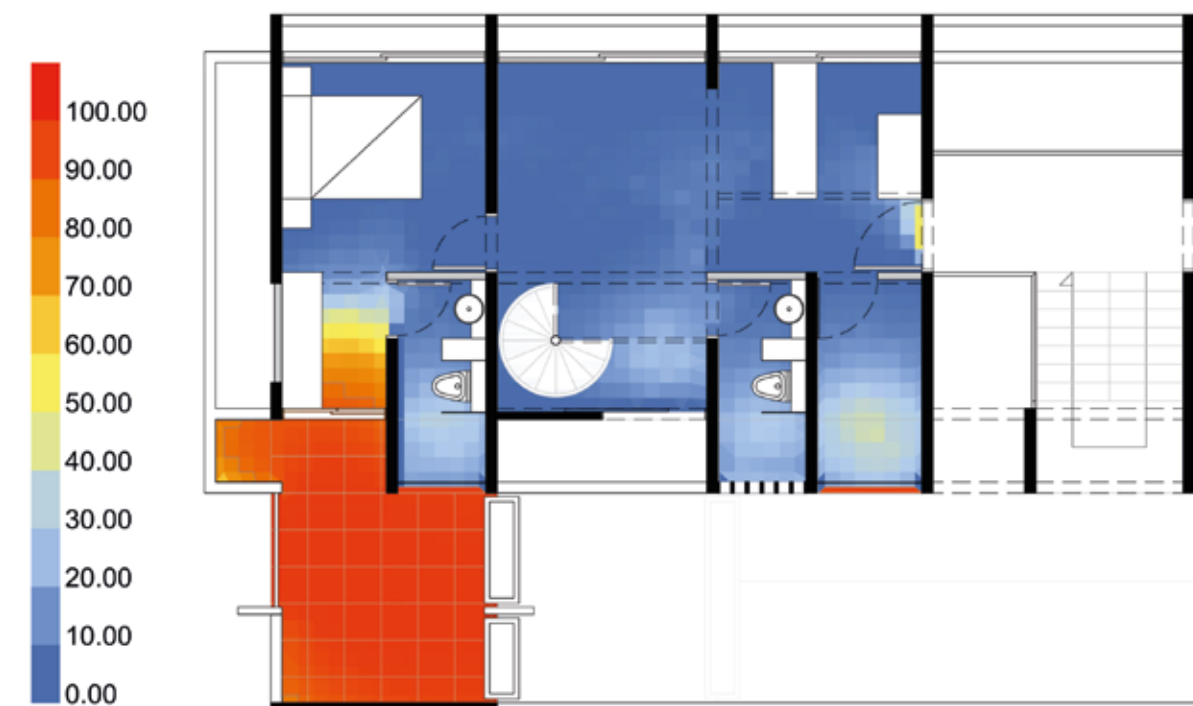
## UDI LOW

Ilustración 40. UDI LOW apartamento 402. - Fuente: Elaboración propia con base en archivo climático graficado en grasshopper con extensión ladybug.



## UDI UP

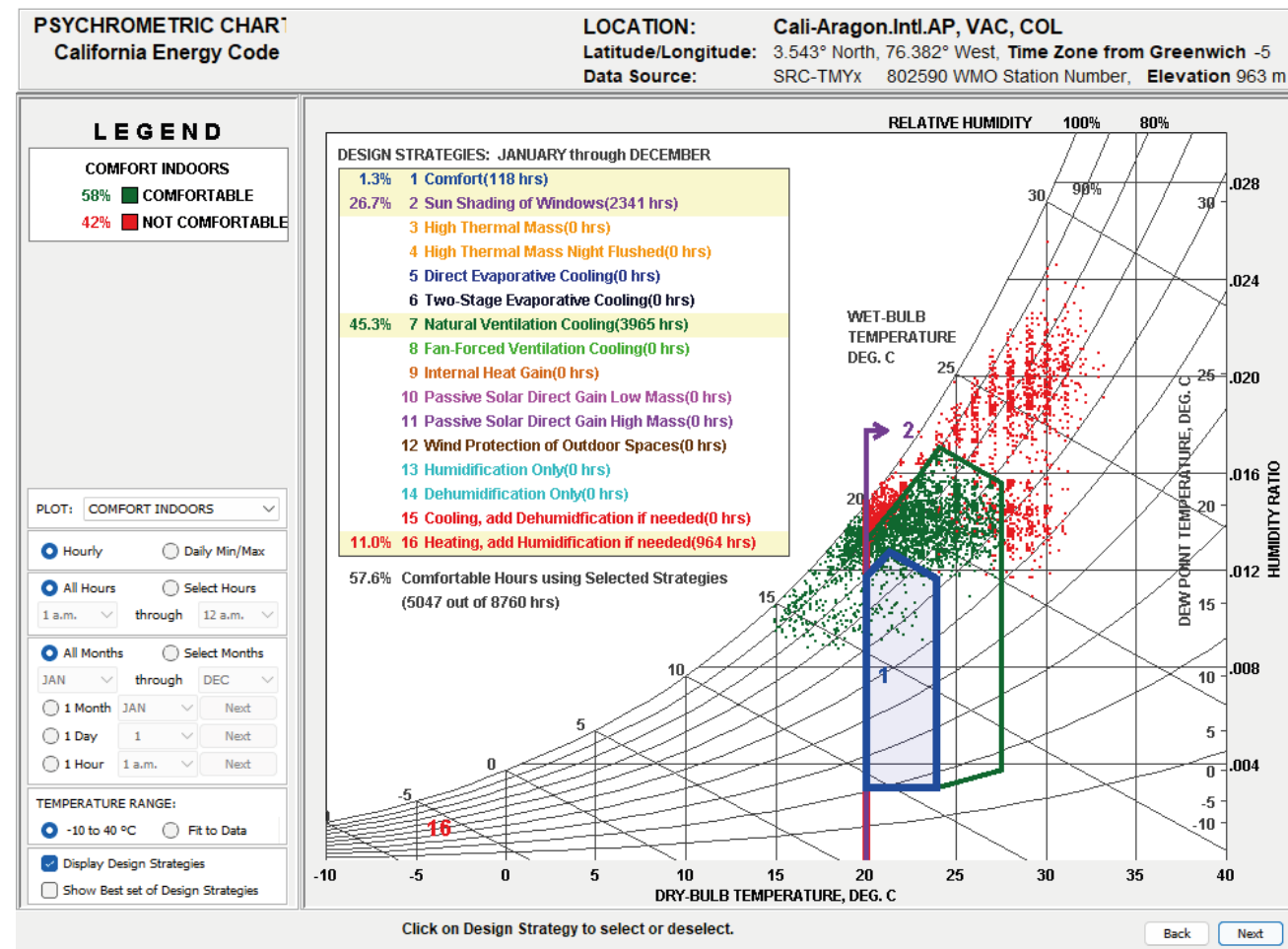
Ilustración 41. UDI LOW apartamento 402. - Fuente: Elaboración propia con base en archivo climático graficado en grasshopper con extensión ladybug.



## Desempeño térmico

Para los análisis de desempeño térmico de la propuesta del tipo edificatorio, se siguió un proceso que comienza con el análisis de las estrategias de diseño más eficientes para lograr confort térmico en la edificación, este análisis se realiza en el software climate consultant con el archivo climático descrito anteriormente, y nos muestra que mediante la implementación de estrategias pasivas como la ventilación natural y el sombreado de ventanas y semiactivas como la humidificación, es posible lograr un 58% de todas las horas del año en confort.

Ilustración 42. Carta psicrométrica. - Fuente: Climate consultant.

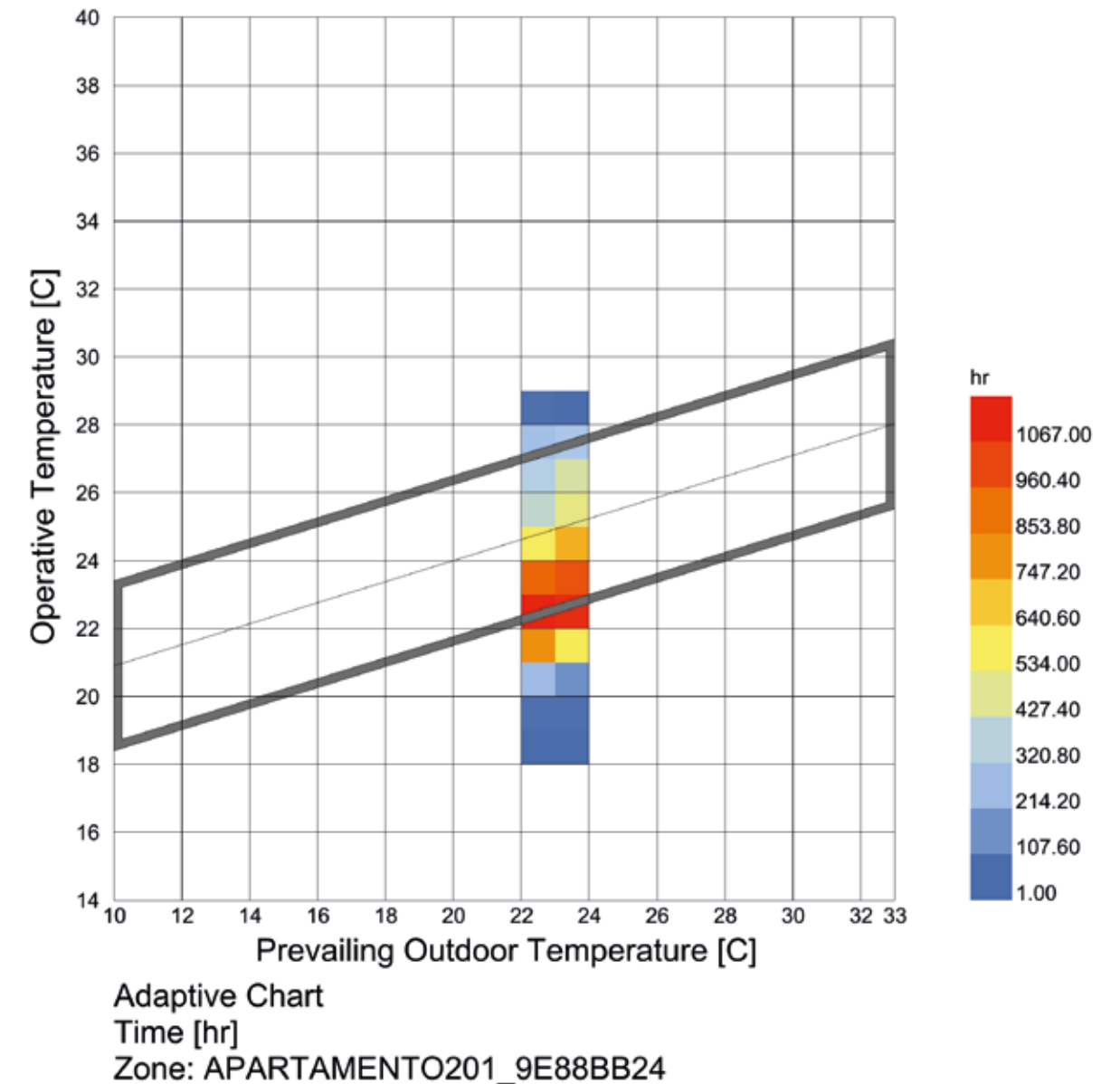


En base a estas recomendaciones se diseña la propuesta que se somete a simulaciones térmicas con el software grasshopper y la extensión openstudio. Para las simulaciones se seleccionan los mismos apartamentos de las métricas de iluminación, 201, 302 y 402.

Cada simulación arroja datos de las horas del año que se ubican en la franja de confort adaptativo, a continuación, los resultados de estas simulaciones:

## Apartamento 201

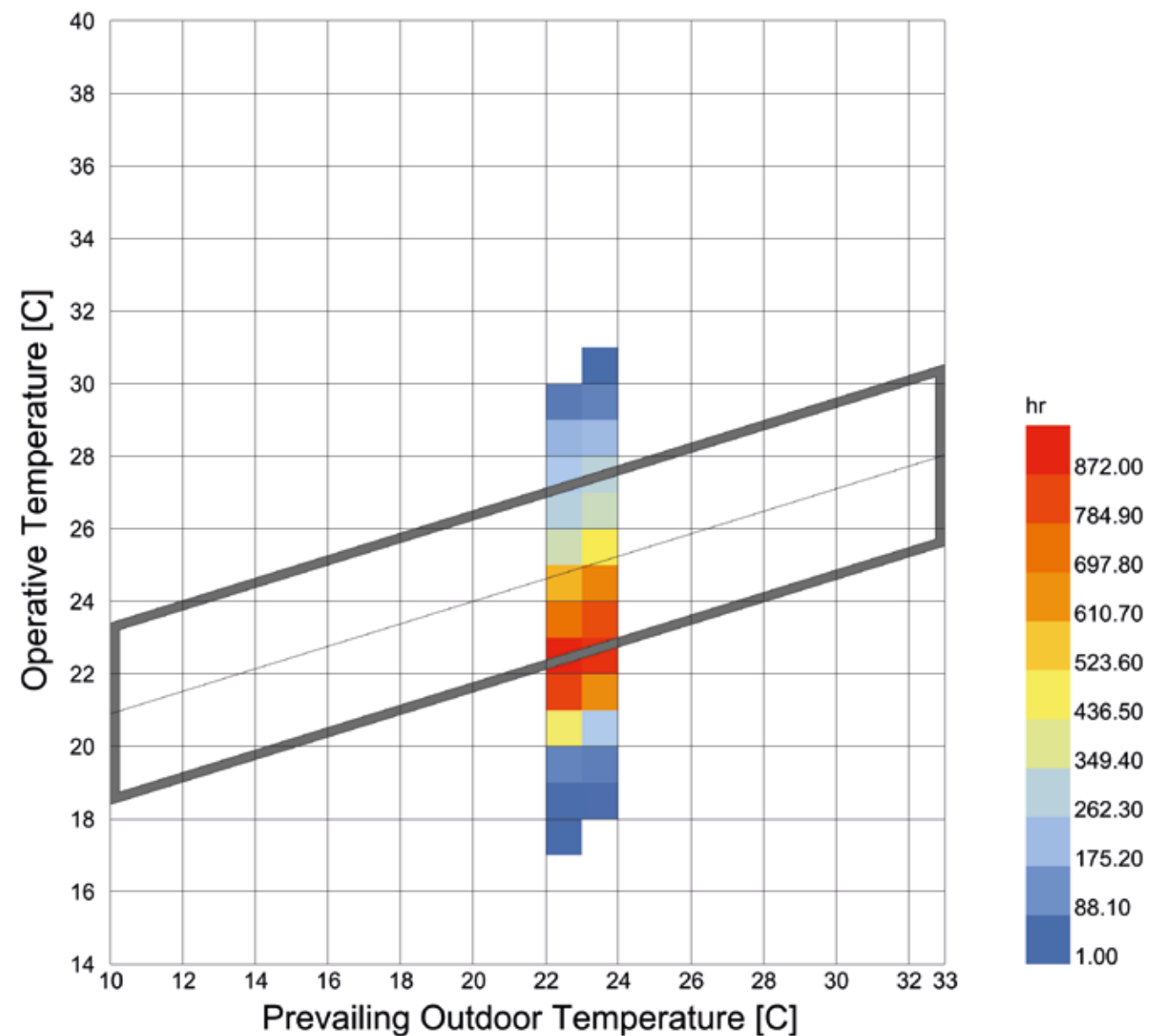
Ilustración 43. Carta psicrométrica confort adaptativo apto. 201. - Fuente: Elaboración propia con Grasshopper.



La franja de horas en confort del apartamento 201 corresponde con un 68.49% del total de las horas del año, y también nos muestra que el mayor número de horas por fuera de la franja de confort está por debajo, lo que indica que el mayor número de horas en disconfort es por sensación de frío, lo que se puede solucionar con el factor de aislamiento térmico de la ropa (Clo) sin tener que recurrir a estrategias activas. El tope máximo de temperatura en disconfort se ubica en 29°C sin embargo con muy poca participación de horas en este tope, las demás horas de disconfort por calor están ubicadas entre los 27°C y los 28°C.

## Apartamento 302

Ilustración 44. Carta psicométrica confort adaptativo apto. 302. - Fuente: Elaboración propia con Grasshopper.

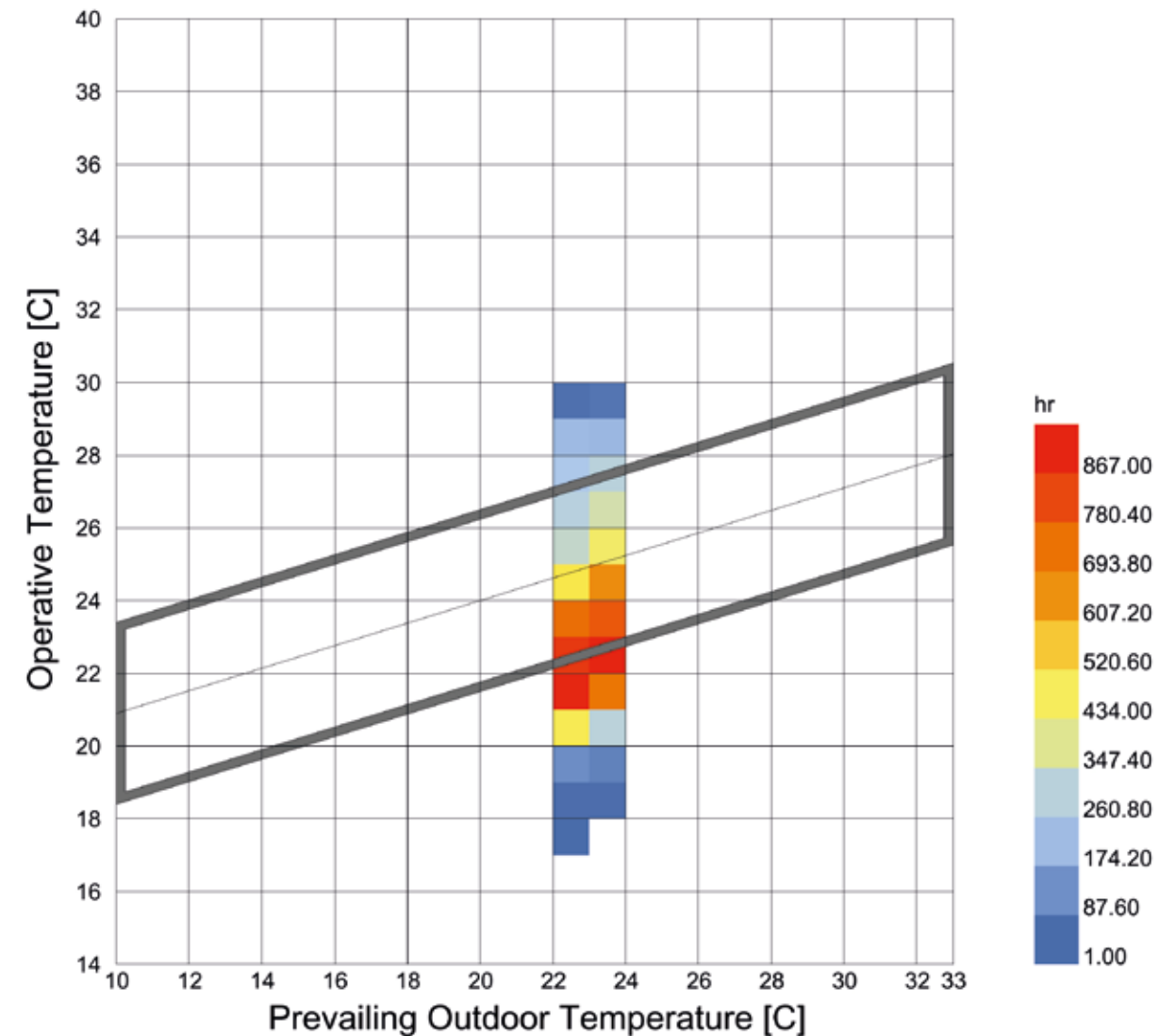


Adaptive Chart  
Time [hr]  
Zone: APARTAMENTO302\_0FA0E364

La franja de horas en confort del apartamento 302 corresponde con un 59.18% del total de las horas del año, y también nos muestra que el mayor número de horas por fuera de la franja de confort está por debajo, lo que indica que el mayor número de horas en disconfort es por sensación de frío, lo que se puede solucionar con el factor de aislamiento térmico de la ropa (Clo) sin tener que recurrir a estrategias activas. El tope máximo de temperatura en disconfort se ubica en 31°C con muy pocas horas al año en ese tope, las demás horas de disconfort por calor están ubicadas entre los 27°C y los 30°C.

## Apartamento 402

Ilustración 45. Carta psicométrica confort adaptativo apto. 402. - Fuente: Elaboración propia con Grasshopper.



Adaptive Chart  
Time [hr]  
Zone: APARTAMENTO402\_1EAABF9C

La franja de horas en confort del apartamento 402 corresponde con un 56.64% del total de las horas del año, y también nos muestra que el mayor número de horas por fuera de la franja de confort está por debajo, lo que indica que el mayor número de horas en disconfort es por sensación de frío, lo que se puede solucionar con el factor de aislamiento térmico de la ropa (Clo) sin tener que recurrir a estrategias activas. El tope máximo de temperatura en disconfort se ubica en 30°C con muy pocas horas al año en ese tope, las demás horas de disconfort por calor están ubicadas entre los 27°C y los 29°C.

En general los resultados nos muestran que las horas en confort al año sin implementación de estrategias activas de climatización siempre están por encima del 55% en los tres casos de análisis, donde es una constante que, de las horas en desconfort, el mayor número es por sensación de frío. También es evidente como los apartamentos que están enfrentados al oeste disminuyen horas de confort respecto al 201 que tiene vecino colindante en ambos linderos.

Además de los resultados de la simulación de grasshopper, con los datos obtenidos se realizó un comparativo con los datos del archivo climático de la temperatura exterior, haciendo la validación del confort adaptativo con la herramienta en línea Thermal confort tool. Para esto se seleccionaron los dos meses y las dos horas más frías y calientes.

Ilustración 46. Selección mes más caliente (junio) y más frío (octubre). – CBE clima total.

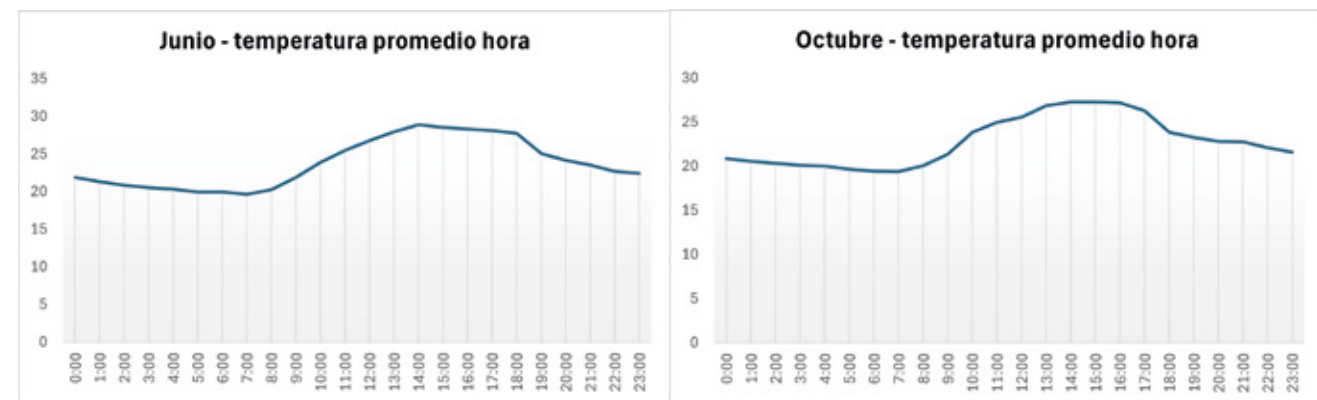
Descriptive statistics

month	mean (°C)	std (°C)	min (°C)	1% (°C)	25% (°C)	50% (°C)	75% (°C)	95% (°C)	max (°C)
Jan	22.92	3.55	14.9	15.74	20	22	25.92	30	31
Feb	23.13	3.28	16	17	21	22.2	25	31	31.5
Mar	23.06	3.2	16	16.54	21	22	25	31	32
Apr	23.58	3.2	18.8	19	21	22.9	26	31	32
May	23.44	3.35	17.2	18.4	21	22.2	26	30.83	31.6
Jun	23.62	3.4	15.9	18	21	23	26.35	30.44	31
Jul	23.54	3.67	14.8	16.13	21	23	26	31.87	33
Aug	23.23	3.46	15	16.89	20.58	22.8	25.72	31.46	32
Sep	23.19	3.38	15	16.64	21	22.7	25	31.86	33
Oct	22.8	3.29	15.9	18	20	22	25	30.46	32
Nov	22.98	3.23	15.3	16.42	20.6	22	25	30	31
Dec	22.83	3.41	15.4	16.96	20	22	25	30	31
Year	23.19	3.38	14.8	16.7	20.7	22.2	25.6	31	33

Please cite us: 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: 0.6.17

Contributors: Report issues on GitHub, Contact us page, Documentation page, License

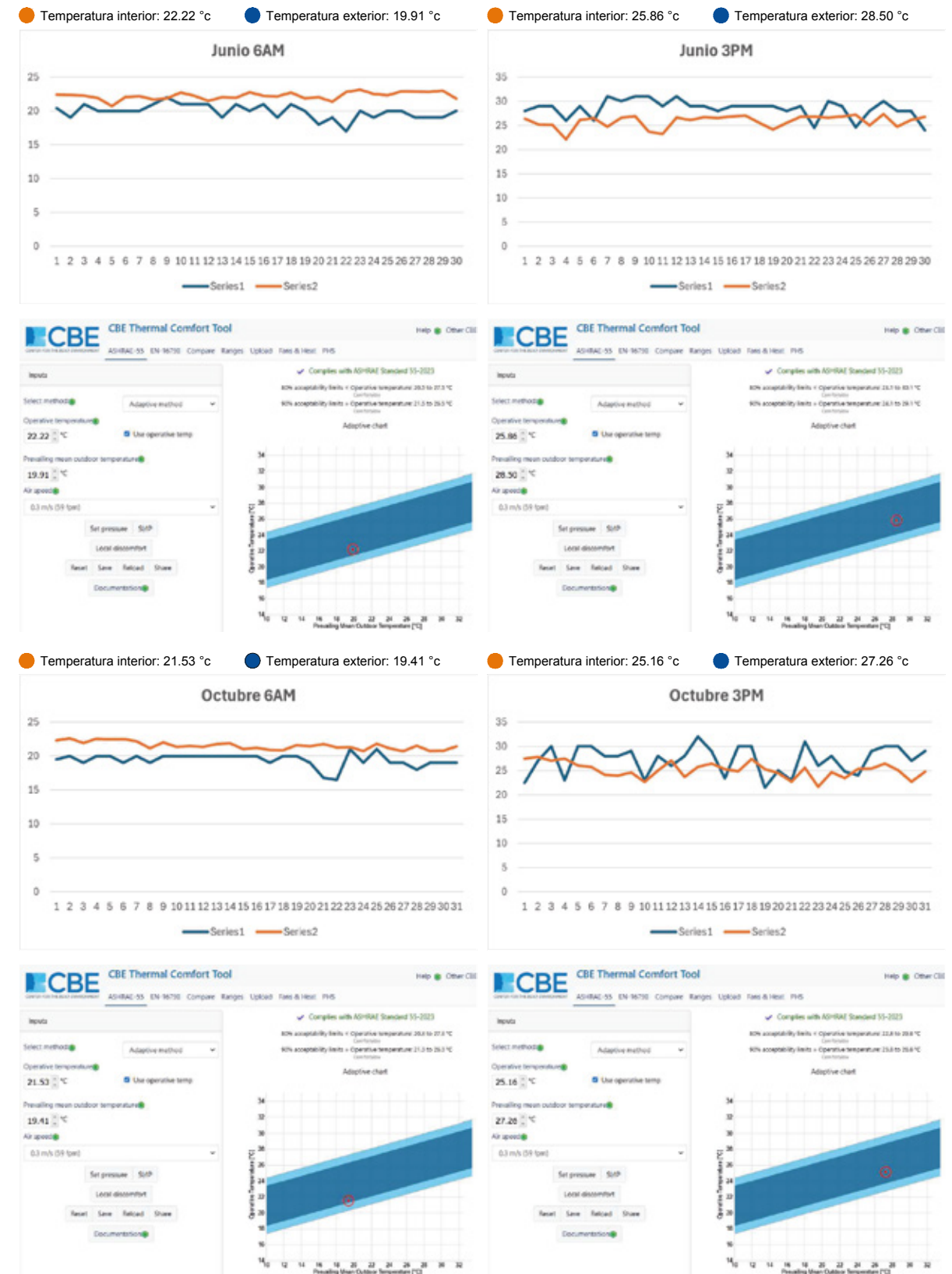
Ilustración 47. Selección horas más frías y calientes de ambos meses. – Fuente: Elaboración propia.



A continuación, se presentan los resultados obtenidos de la comparación de temperatura exterior e interior por meses y horas más frías y su posterior validación de confort adaptativo:

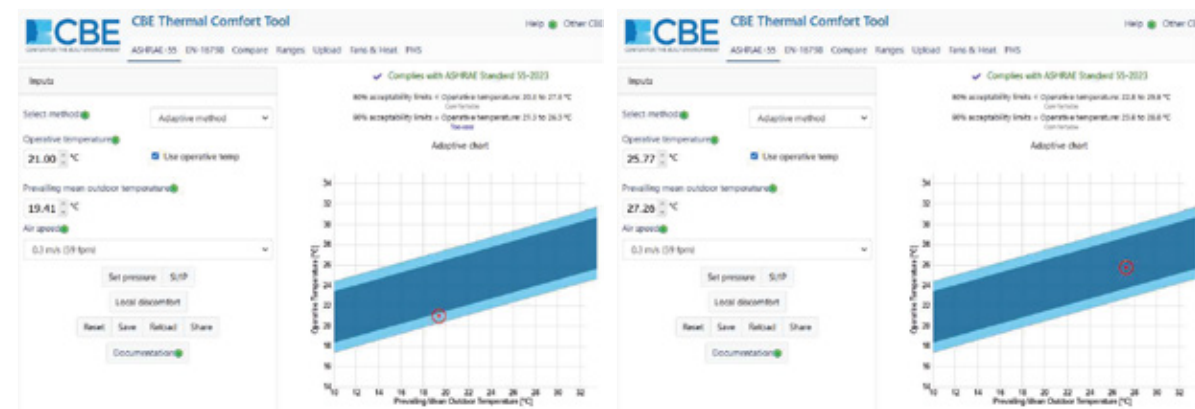
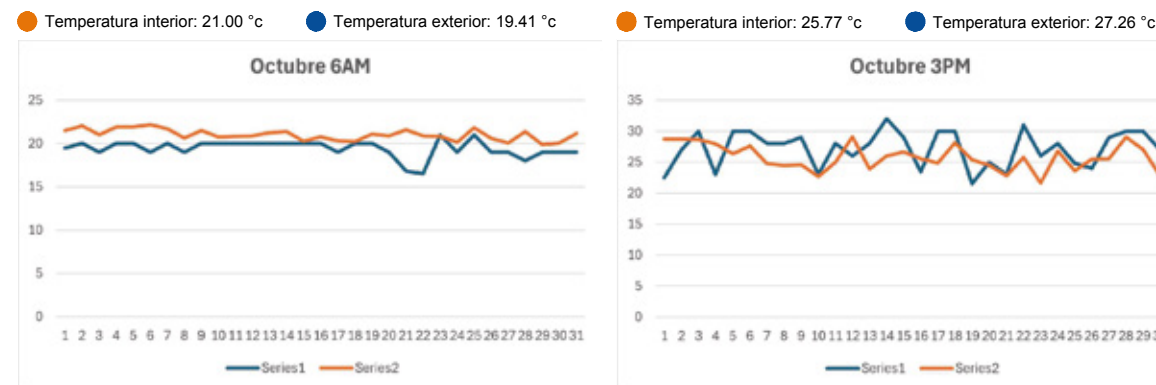
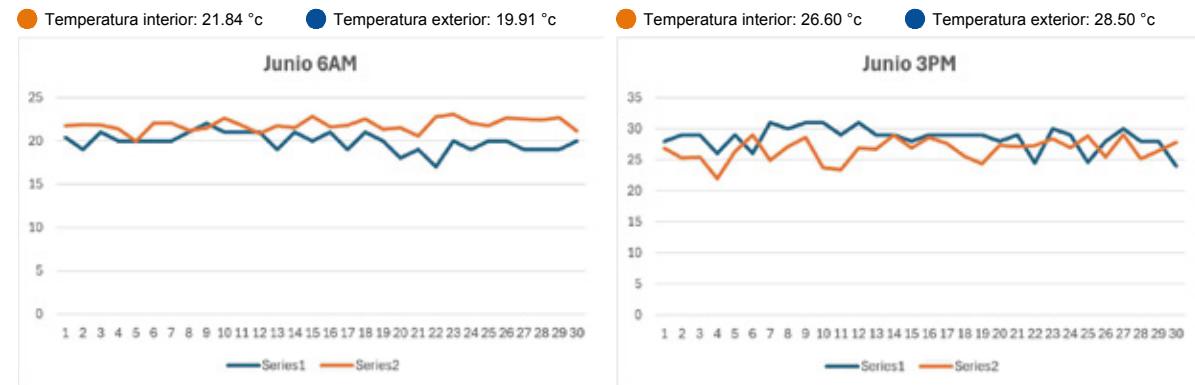
## Apartamento 201

Ilustración 48. Comparativos entre temperatura interior y exterior y validación de confort adaptativo Apto.201. – Fuente: Elaboración propia y validación en CBE Thermal Comfort tool.



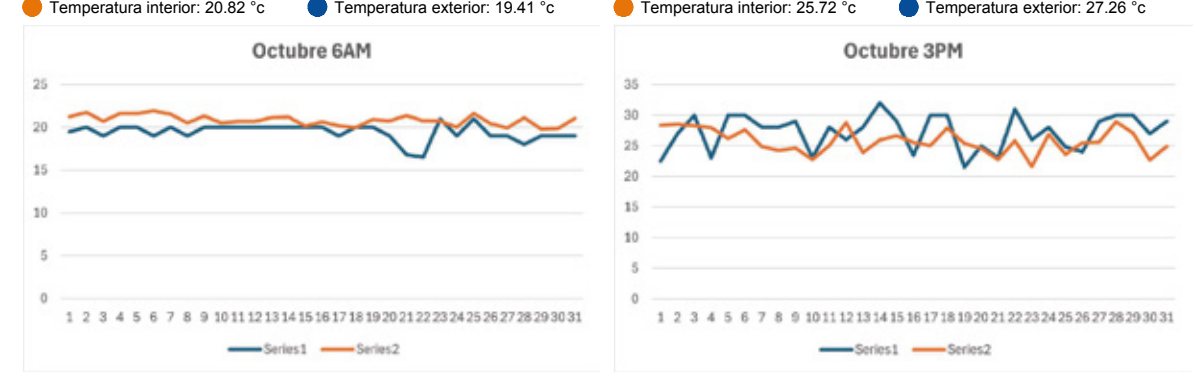
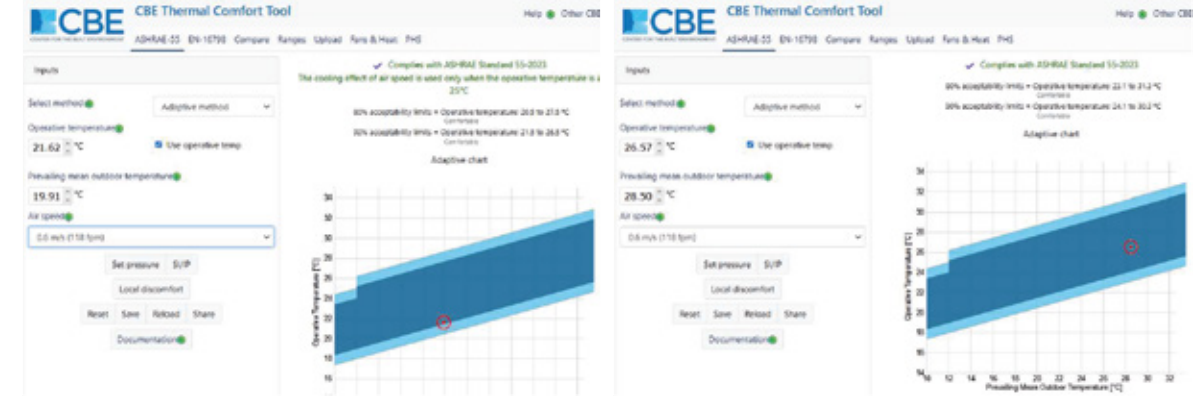
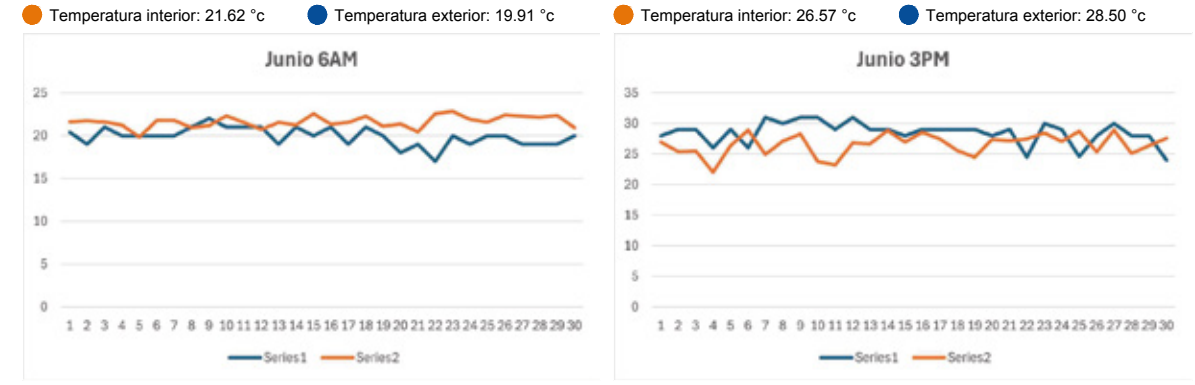
## Apartamento 302

Ilustración 49. Comparativos entre temperatura interior y exterior y validación de confort adaptativo Apto.302. – Fuente: Elaboración propia y validación en CBE Thermal Comfort tool.



## Apartamento 402

Ilustración 50. Comparativos entre temperatura interior y exterior y validación de confort adaptativo Apto.402. – Fuente: Elaboración propia y validación en CBE Thermal Comfort tool.



El análisis comparativo de las horas más frías y calientes de los meses más fríos y calientes del año, entre la temperatura exterior y la temperatura interior, nos muestra que en todos los casos la relación se ubica dentro de la franja del confort adaptativo, en casi todos los casos dentro de la franja del 90% de satisfacción, las únicas relaciones que se ubican en la franja del 80% de satisfacción corresponden ambas a octubre a las 6am en los apartamentos 302 y 402 que es la hora más fría del mes más frío, resultado que coincide con la carta de confort adaptativo del Grass Hopper que ubica el mayor porcentaje de horas en disconfort por sensación de frío.

Finalmente, se puede concluir que el desarrollo del tipo edificatorio se comporta bien en cuanto a confort climático puesto que las horas en confort siempre están por encima del 55% y la mayoría de horas en disconfort corresponden con la sensación de frío que se puede resolver con el factor de aislamiento térmico del vestuario.

Para las pocas horas pico que llegan en algunos casos hasta los 31°C en el interior mientras que la temperatura exterior puede estar más baja, se puede pensar en una estrategia semiactiva con ventiladores para mejorar las condiciones de confort, dado que como lo demuestra la carta del Thermal comfort tool, con una velocidad del viento de 1.2m/s la franja de confort adaptativo se amplía, y puede llegar nuevamente a un 90% de satisfacción.

Ilustración 51. Incidencia de la velocidad del viento en la franja de confort adaptativo – Fuente: Elaboración propia en CBE Thermal Comfort tool

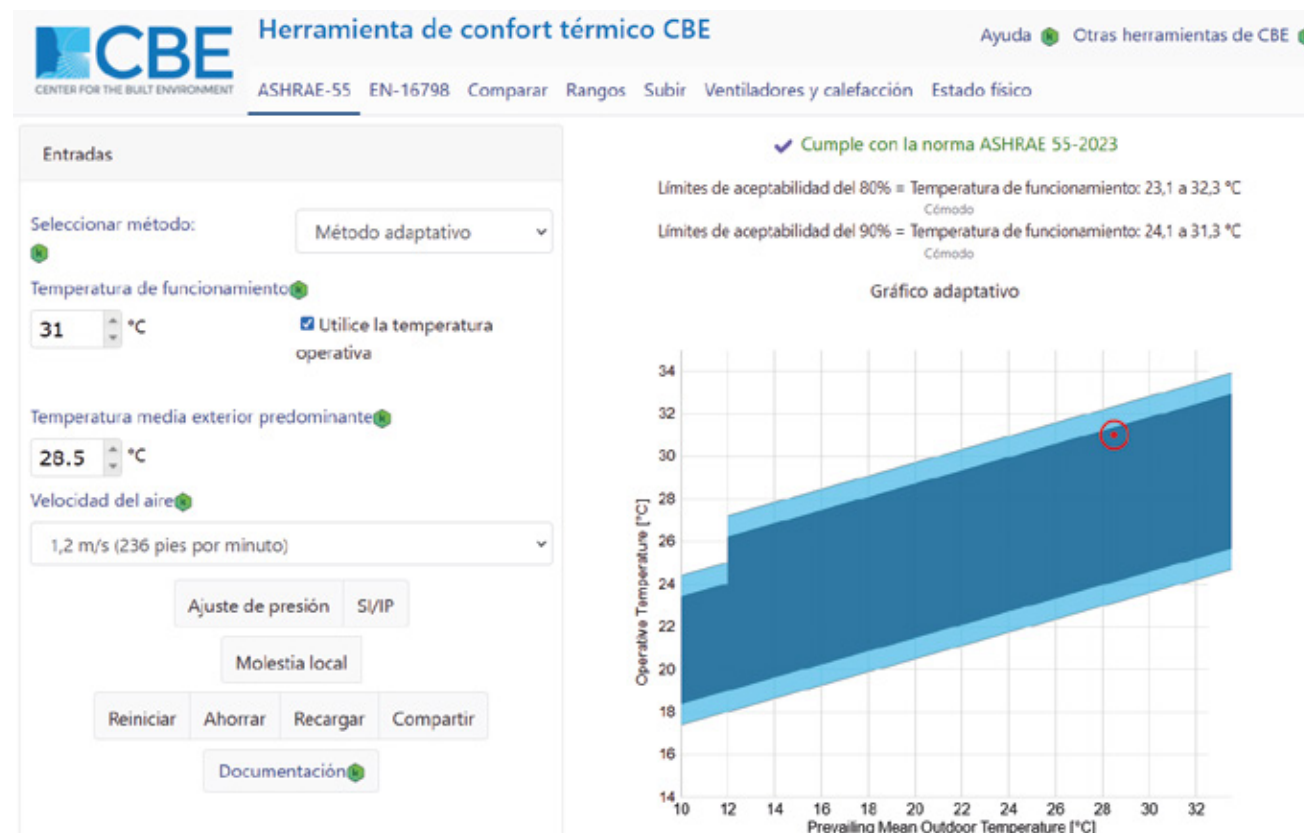




Ilustración 52. Fachada frente del Edificio. - Fuente: Elaboración propia

## Conclusiones

El desarrollo de este tipo edificatorio que surge a partir de una ocupación predial de tradición vernácula, demuestra que se pueden desarrollar edificaciones en zonas de viviendas autoproducidas que garanticen un mínimo de condiciones de confort higrotérmico y visual.

A pesar de tratarse de predios colindantes, su proporción y tamaño facilitan el diseño de estrategias de climatización pasiva para la cualificación de las viviendas, que, en la actualidad no se están pensando, y por ende, muchas de las edificaciones que están asumiendo el déficit cuantitativo de vivienda en la ciudad, adolecen de calidad espacial y confort climático.

El desarrollo de edificaciones predio a predio facilita la toma de decisiones que pueden favorecer la calidad de las viviendas construidas, puesto que son los mismos usuarios, los que producen las viviendas para uso propio y las posibles unidades de alquiler para mejora de sus ingresos, en relación a esto, el tipo edificatorio desarrollado propone la misma cantidad de apartamentos que su vecino próximo, que a simple vista no cuenta con un mínimo de garantía de confort al interior de la edificación, puesto que ha sido construido de principio a fin de lote probablemente en un ejercicio de autoproducción que no necesariamente es mucho más costoso que construir la propuesta desarrollada.

Los resultados de las simulaciones validan la pertinencia de desarrollar un tipo de arquitectura elemental, proyectada mediante reglas claras y una retícula rigurosa en concordancia con los sistemas espaciales y constructivos de mayor apropiación por parte de la población constructora de su propio hábitat, tipificar los elementos constructivos y optar por sistemas de cero desperdicios podría promover el interés en mejorar la práctica del oficio de la autoconstrucción.

Si bien, las islas de calor urbano son un fenómeno que supera la escala de impacto que se logra predio a predio, la suma de soluciones en este sentido sí puede impactar una escala más grande positivamente, un gradual aumento de la cobertura arbórea con vegetación nativa de rápida tasa de crecimiento como fue propuesto, puede cambiar el panorama de la isla de calor en unos pocos años, favoreciendo además del confort de los habitantes una mejoría en la estructura ecológica de la zona, que en este caso cuenta a 500 metros con la laguna del pondaje.

Finalmente, esta propuesta es una invitación a mirar a un segmento poblacional que históricamente ha sido olvidado por los arquitectos a pesar de que representa fácilmente el 70% de la ciudad construida, una invitación a abrir las manos, a entregarlo todo y a aprenderlo todo.

## Referencias

ACNUDH. (1991). El derecho a una vivienda adecuada (Art.11, párr. 1): 13/12/91. CESCR Observación general N° 4 (General Comments).

CIDSE, C. d. (2020). Una mirada a los asentamientos informales de Cali, análisis de los datos SISBEN III 2019. Cali.

CVC, C. a. (2015). Estudio para la microzonificación climática para el municipio de Santiago de Cali. Cali.

CVC-CIAT-DAGMA, C. (2015). Identificación de zonas y formulación de propuestas para el tratamiento de islas de calor, Municipio de Santiago de Cali. Santiago de Cali.

DAP, D. a. (2020). Alcaldía de Santiago de Cali. Obtenido de <http://www.cali.gov.co/planeacion/publicaciones/137803/documentos-de-cali-en-cifras/>

El País. (2015). El 60% de Cali está edificada sin licencia de construcción. Redacción de El País.

Equipo de investigación SIV. INVI . (2005). Vivienda al día, blog del centro de documentación del instituto de la vivienda. Obtenido de <https://infoinvi.uchilefau.cl/glosario/autoconstruccion/>

Gonzales, J. S. (Julio - Diciembre de 2019). Contemporánea Num. 12. Redes políticas y redes de resolución de problemas. Historia del barrio Ulpiano Lloreda.

Hector Antonio Vazquez Brust, Á. S. (2023 de Noviembre de 2023). BID mejorando vidas - Ciudades sostenibles. Obtenido de <https://blogs.iadb.org/ciudades-sostenibles/es/como-identificar-islas-de-calor-urbanas-descubre-ursa-el-nuevo-software-inteligente-del-bid/>

IDEAM. (2023). IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/>  
País, R. E. (2015). El 60% de Cali está edificada sin licencia de construcción. El País.

Pinzón, A. L. (2014). #40 Revista de Ingeniería. Universidad de los Andes. Bogotá D.C. Bogotá D.C.

Redacción el País. (17 de 04 de 2024). Alcaldía de Cali legalizará 40 asentamientos humanos de desarrollo informal. El país. Obtenido de <https://www.elpais.com.co>

SEDATU. (2021). Autoproducción de vivienda adecuada en México. GIZ.

Yeison Arturo Poveda Santos, L. F. (06 de 2021). Influencia del tamaño de los árboles en la mejora del microclima urbano en Viçosa-MG, Brasil. Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica.

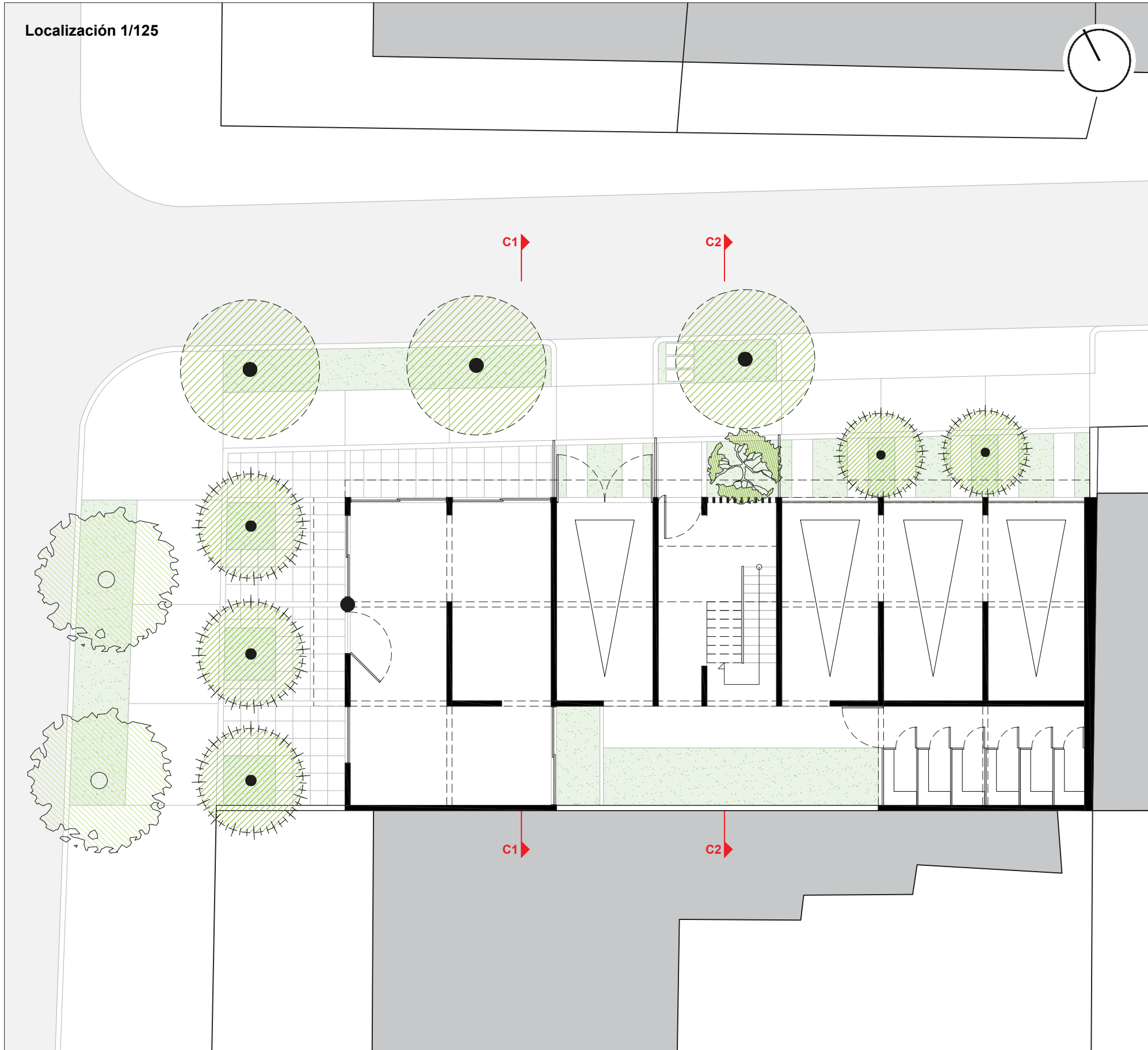
## Tabla de ilustraciones

Ilustración 1. Clasificación climática Caldas-Lang para el municipio de Santiago de Cali.- Fuente: CVC	7
Ilustración 2. franja de confort método PMV – Fuente: CBE Thermal Confort Tool	8
Ilustración 3. Clasificación de la intensidad de las ICU por comuna. - Fuente: CVC	8
Ilustración 4. Ortomosaico manzana seleccionada - Fuente: Ing. Julián Londoño	9
Ilustración 5. Edificaciones multifamiliares barrio Ulpiano Lloreda. - Fuente: Propia	9
Ilustración 6. Predio Seleccionado. - Fuente: Geoportal catastral Cali	12
Ilustración 7. Cuadro de áreas e índices normativos. - Fuente: Elaboración propia	12
Ilustración 8. Esquema de implantación. - Fuente: Elaboración propia	12
Ilustración 9. Cuadro de áreas e índices propuestos. - Fuente: Elaboración propia	12
Ilustración 10. Carta psicométrica. - Fuente: Climate consultant.	13
Ilustración 11. Identificación de tipología de medio patio en área de trabajo. - Fuente: Elaboración propia	13
Ilustración 12. (Izquierda). Desarrollo de proyecto a partir de un módulo de 3x3. - Fuente: Elaboración propia	14
Ilustración 13. Usos. - Fuente: Elaboración propia	14
Ilustración 14. Visual lejana. - Fuente: Elaboración propia	14
Ilustración 15. Planta localización. - Fuente: Elaboración propia	14
Ilustración 16. Planta primer piso. - Fuente: Elaboración propia	15
Ilustración 17. Plantas superiores segundo y tercer piso. - Fuente: Elaboración propia	15
Ilustración 18. Plantas superiores cuarto piso y altillo. - Fuente: Elaboración propia	16
Ilustración 19. Corte isométrico patio escalonado. - Fuente: Elaboración propia	16
Ilustración 20. Fachadas y cortes. - Fuente: Elaboración propia	16
Ilustración 21. Perspectivas apartamento 302. - Fuente: Elaboración propia	17
Ilustración 22. Perspectivas apartamento 401. - Fuente: Elaboración propia	17
Ilustración 23. Etapas de siembra andén y antejardín y vegetación seleccionadas. - Fuente: Elaboración propia	17
Ilustración 24. Formas y altura cobertura arbórea propuesta. - Fuente: Elaboración propia	18
Ilustración 25. Isometría con cobertura arbórea propuesta. - Fuente: Elaboración propia	18
Ilustración 26. Rosa de los vientos. - Fuente: Elaboración propia con base en archivo climático graficado en grasshopper	18
Ilustración 27. Ubicación carpinterías. - Fuente: Elaboración propia	19
Ilustración 28. Tipos de carpintería. - Fuente: Elaboración propia	19
Ilustración 29. Esquema vientos apto. 201. - Fuente: Elaboración propia en base a esquema de Wind tunnel app. simulación realizada con las ventanas de la cocina totalmente cerradas, considerando que en esta zona el viento puede ser molesto.	20
Ilustración 30. Ventilación cruzada, escenarios posibles. - Fuente: Elaboración propia en base a esquema de Wind tunnel app.	20
Ilustración 31. Esquema de funcionamiento del sifón térmico. - Fuente: Elaboración propia	20
Ilustración 32. Incidencia directa del sol sobre el edificio Septiembre 10:00am, 2:00pm. - Fuente: Elaboración propia con aplicación 3d sunpath de Andrew Marsh.	21
Ilustración 33. UDI apartamento 201. - Fuente: Elaboración propia con base en archivo climático graficado en grasshopper con extensión ladybug.	22
Ilustración 34. UDI LOW apartamento 201. - Fuente: Elaboración propia con base en archivo climático graficado en grasshopper con extensión ladybug.	22

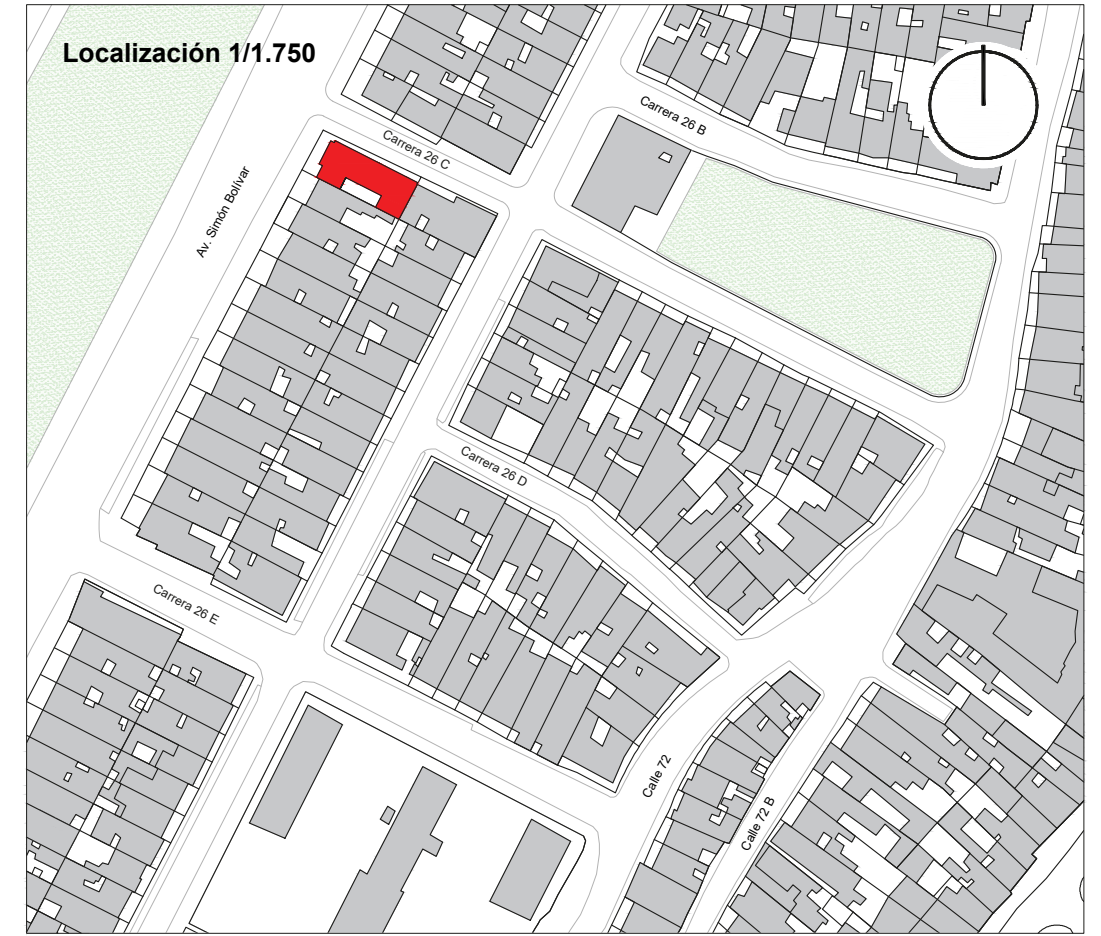
Ilustración 35. UDI LOW apartamento 201. - Fuente: Elaboración propia con base en archivo climático graficado en grasshopper con extensión ladybug.	22
Ilustración 36. UDI apartamento 302. - Fuente: Elaboración propia con base en archivo climático graficado en grasshopper con extensión ladybug.	23
Ilustración 37. UDI LOW apartamento 302. - Fuente: Elaboración propia con base en archivo climático graficado en grasshopper con extensión ladybug.	23
Ilustración 38. UDI LOW apartamento 302. - Fuente: Elaboración propia con base en archivo climático graficado en grasshopper con extensión ladybug.	23
Ilustración 39. UDI apartamento 402. - Fuente: Elaboración propia con base en archivo climático graficado en grasshopper con extensión ladybug.	24
Ilustración 40. UDI LOW apartamento 402. - Fuente: Elaboración propia con base en archivo climático graficado en grasshopper con extensión ladybug.	24
Ilustración 41. UDI LOW apartamento 402. - Fuente: Elaboración propia con base en archivo climático graficado en grasshopper con extensión ladybug.	24
Ilustración 42. Carta psicométrica. - Fuente: Climate consultant.	25
Ilustración 43. Carta psicométrica confort adaptativo apto. 201. - Fuente: Elaboración propia con Grasshopper.	25
Ilustración 44. Carta psicométrica confort adaptativo apto. 302. - Fuente: Elaboración propia con Grasshopper.	26
Ilustración 45. Carta psicométrica confort adaptativo apto. 402. - Fuente: Elaboración propia con Grasshopper.	26
Ilustración 46. Selección mes más caliente (junio) y más frío (octubre). – CBE clima tool.	27
Ilustración 47. Comparativos entre temperatura interior y exterior y validación de confort adaptativo Apto.201. – Fuente: Elaboración propia y validación en CBE Thermal Confort tool	27
Ilustración 48. Comparativos entre temperatura interior y exterior y validación de confort adaptativo Apto.302. – Fuente: Elaboración propia y validación en CBE Thermal Confort tool.	27
Ilustración 49. Comparativos entre temperatura interior y exterior y validación de confort adaptativo Apto.402. – Fuente: Elaboración propia y validación en CBE Thermal Confort tool.	28
Ilustración 50. Incidencia de la velocidad del viento en la franja de confort adaptativo – Fuente: Elaboración propia en CBE Thermal Confort tool.	28
Ilustración 51. Fachada frente del Edificio – Fuente: Elaboración propia.	29

# PLANIMETRÍA

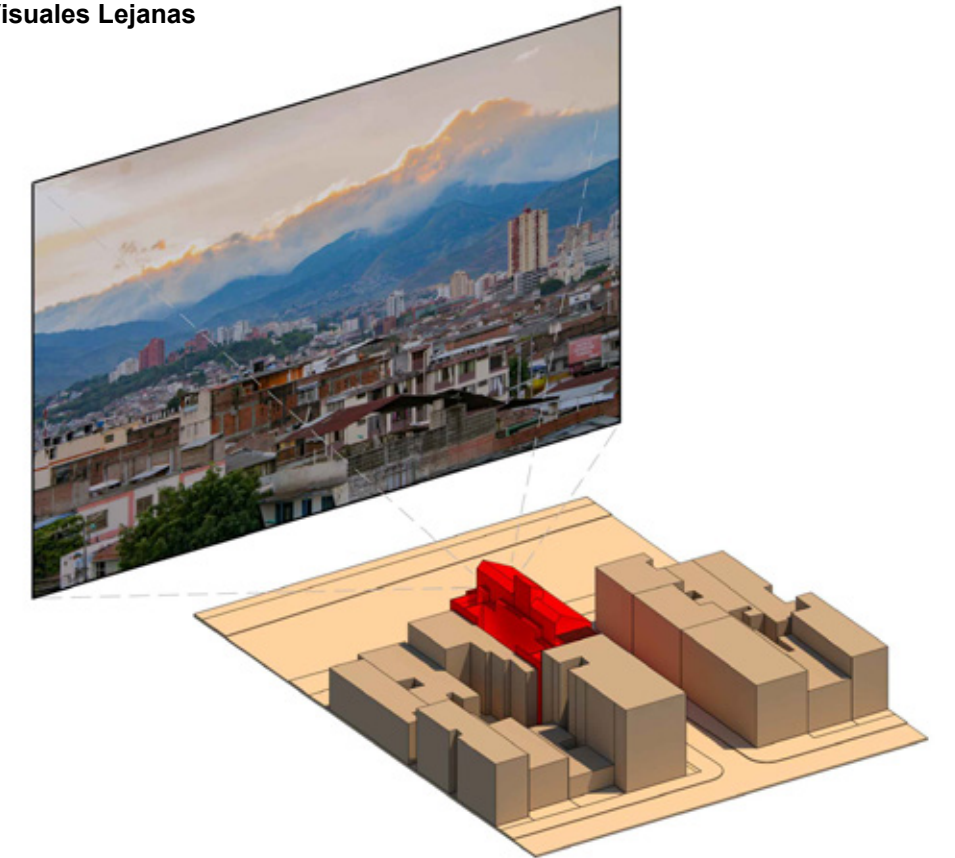
Localización 1/125



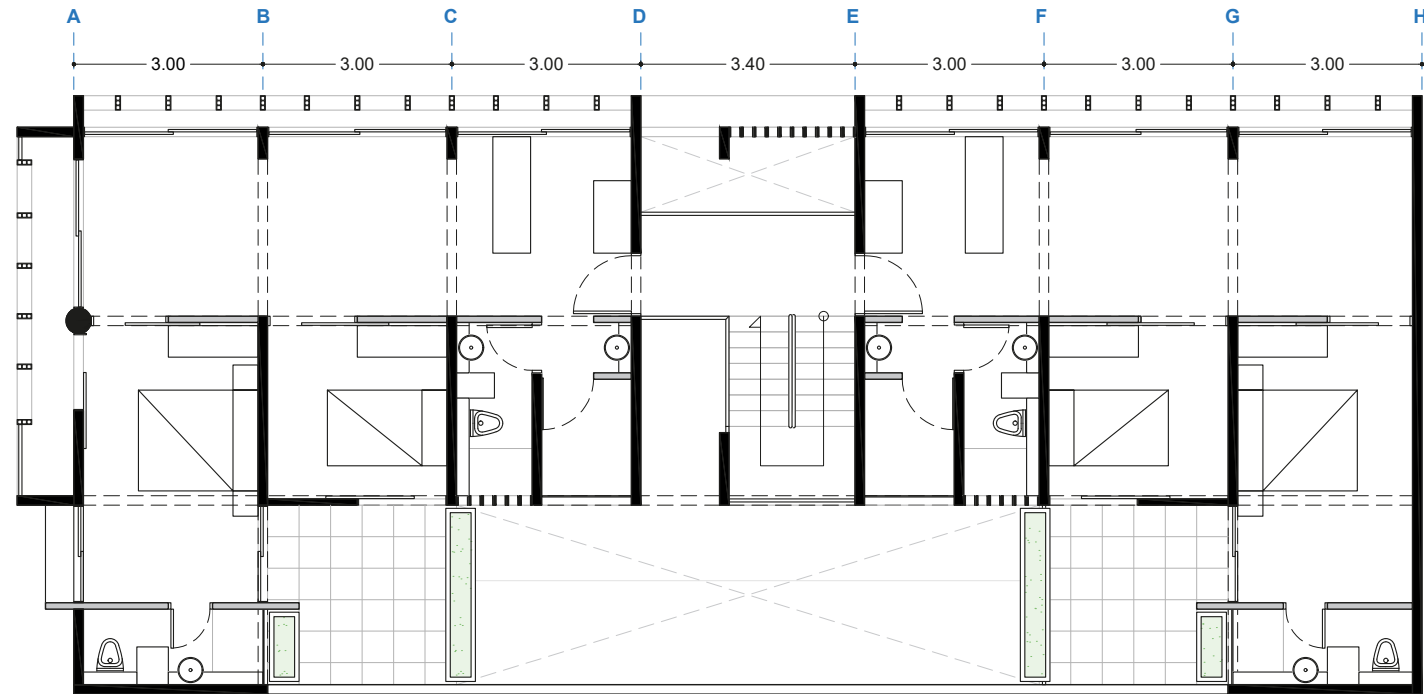
Localización 1/1.750



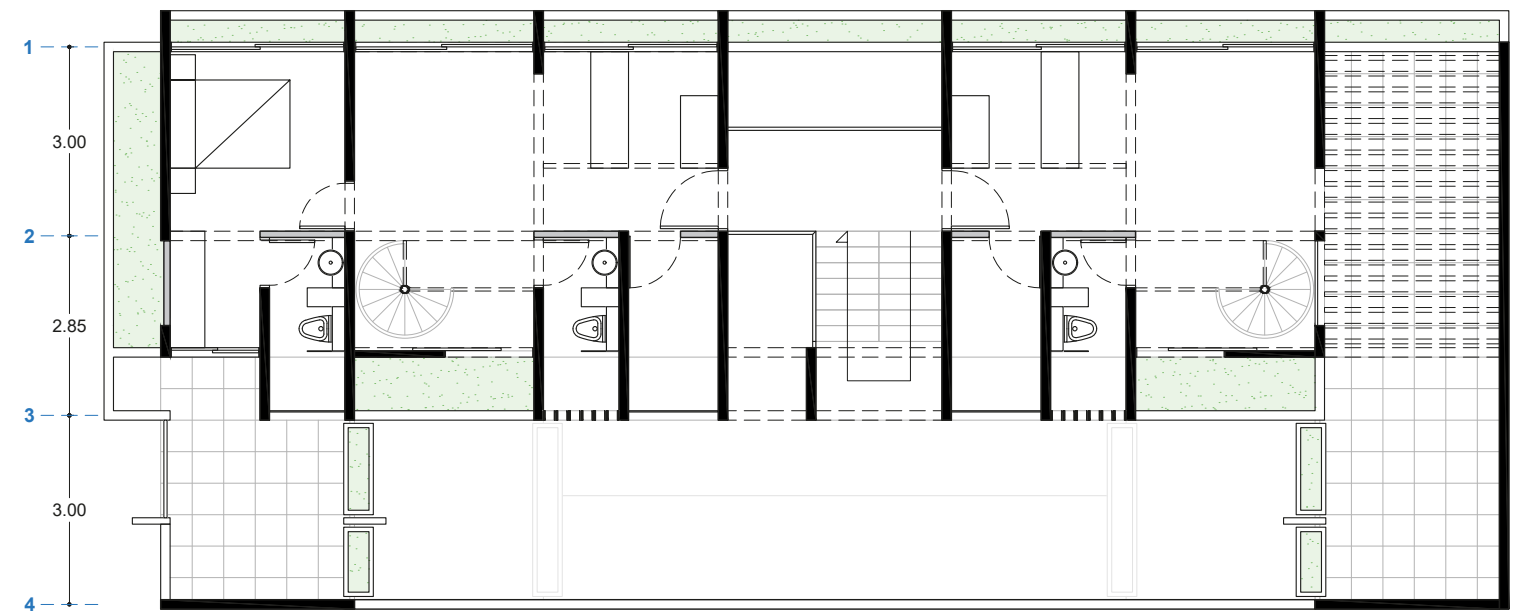
Visuales Lejanas



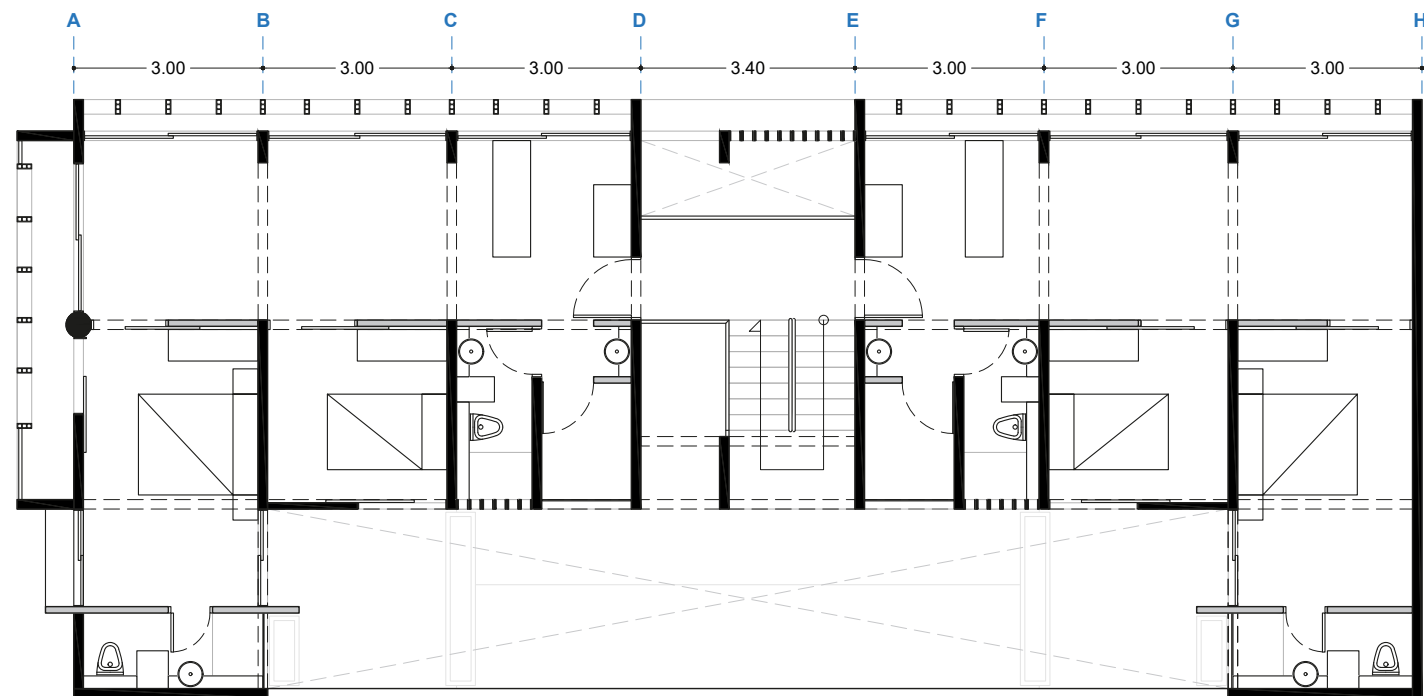
Planta segundo piso



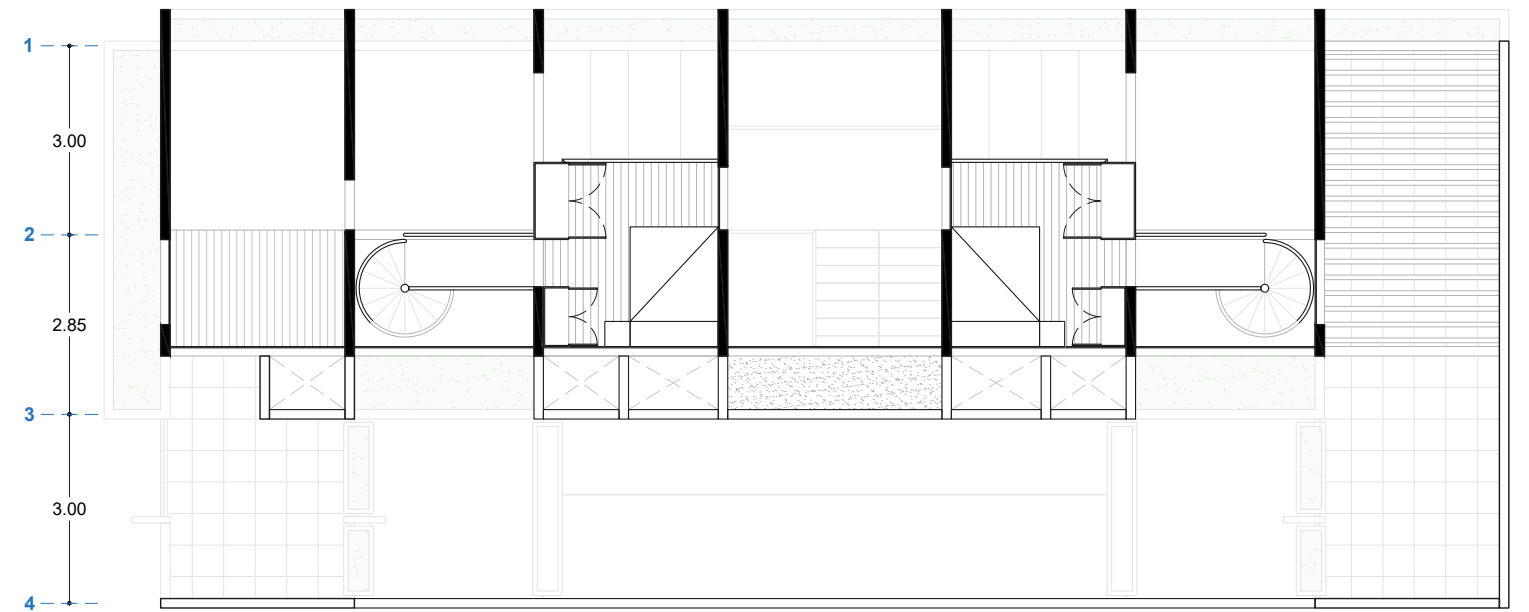
Planta cuarto piso



Planta tercer piso



Planta altillo



Fachada Noroeste



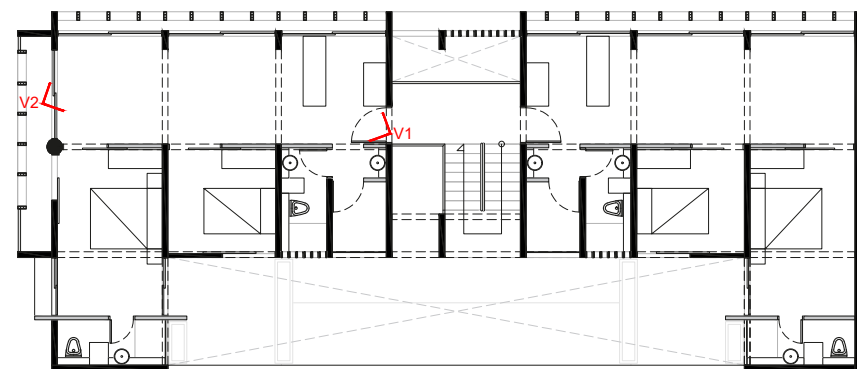
Fachada Suroeste



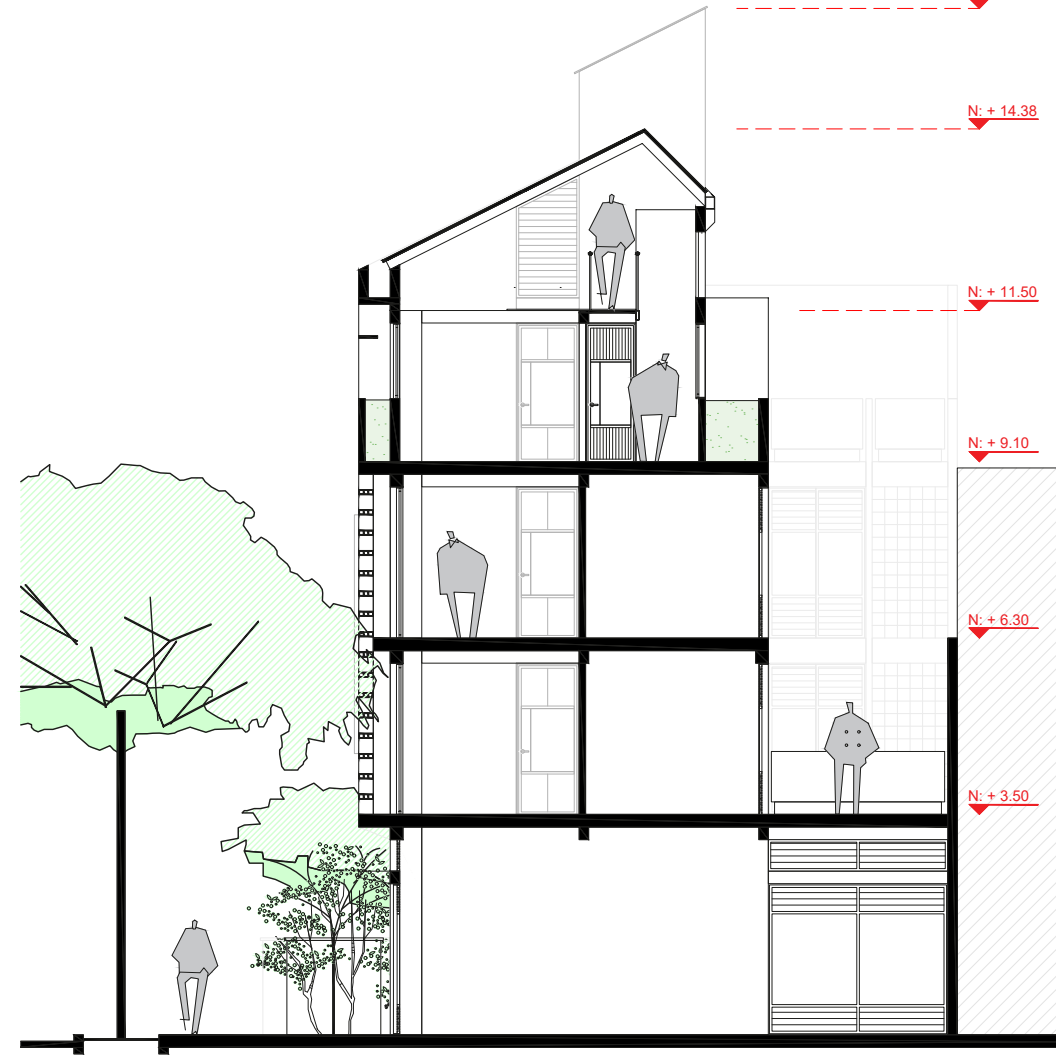
Perspectivas apto. 302

V1

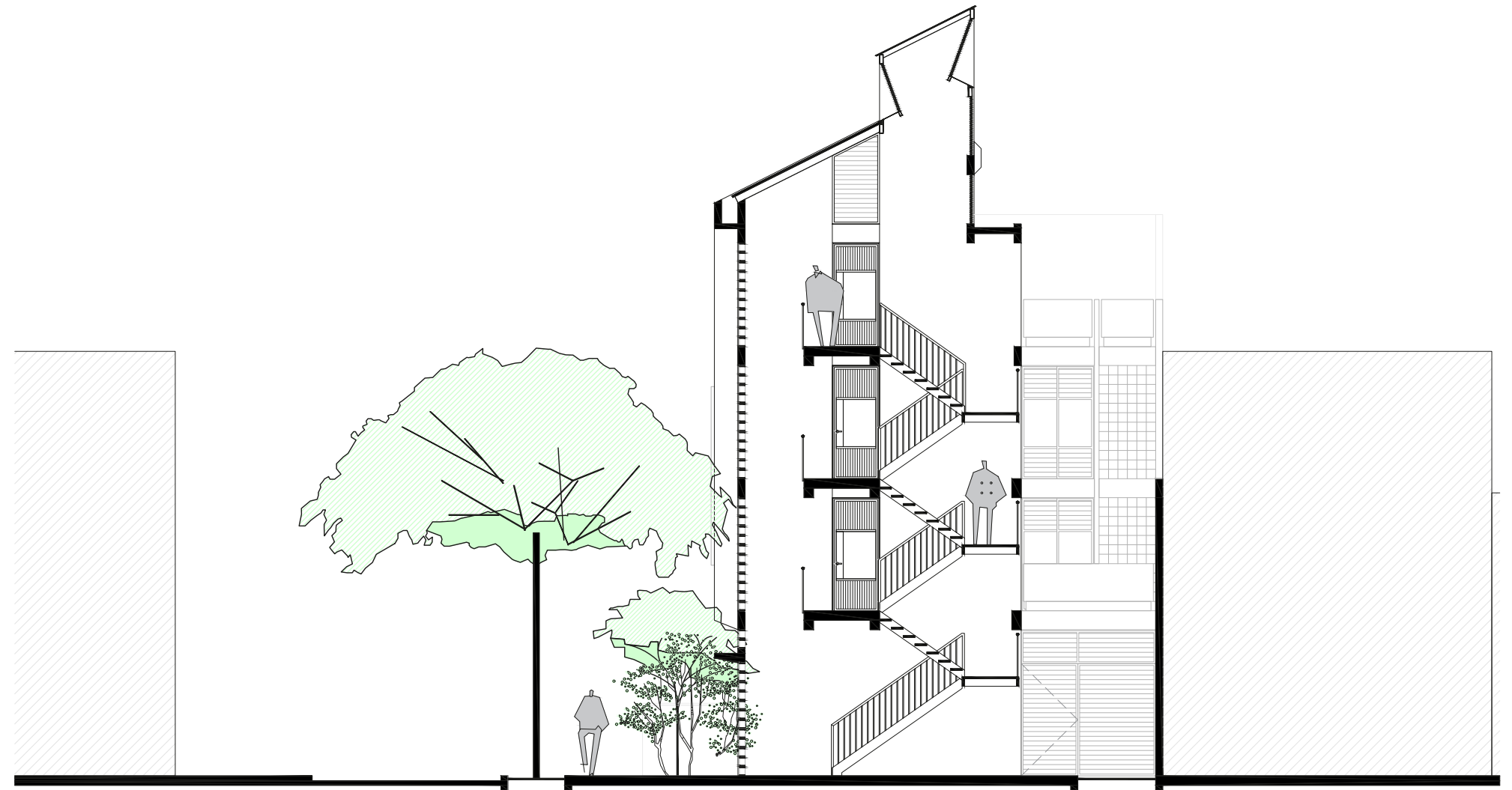
V2



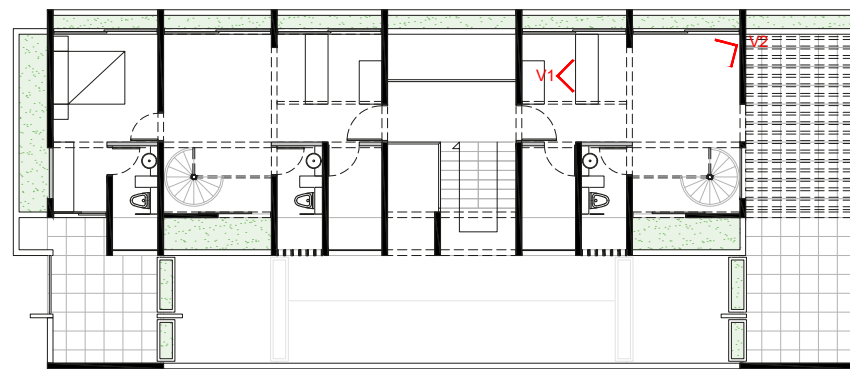
Corte 1 - 1



Corte 2 - 2



Perspectivas apto. 401



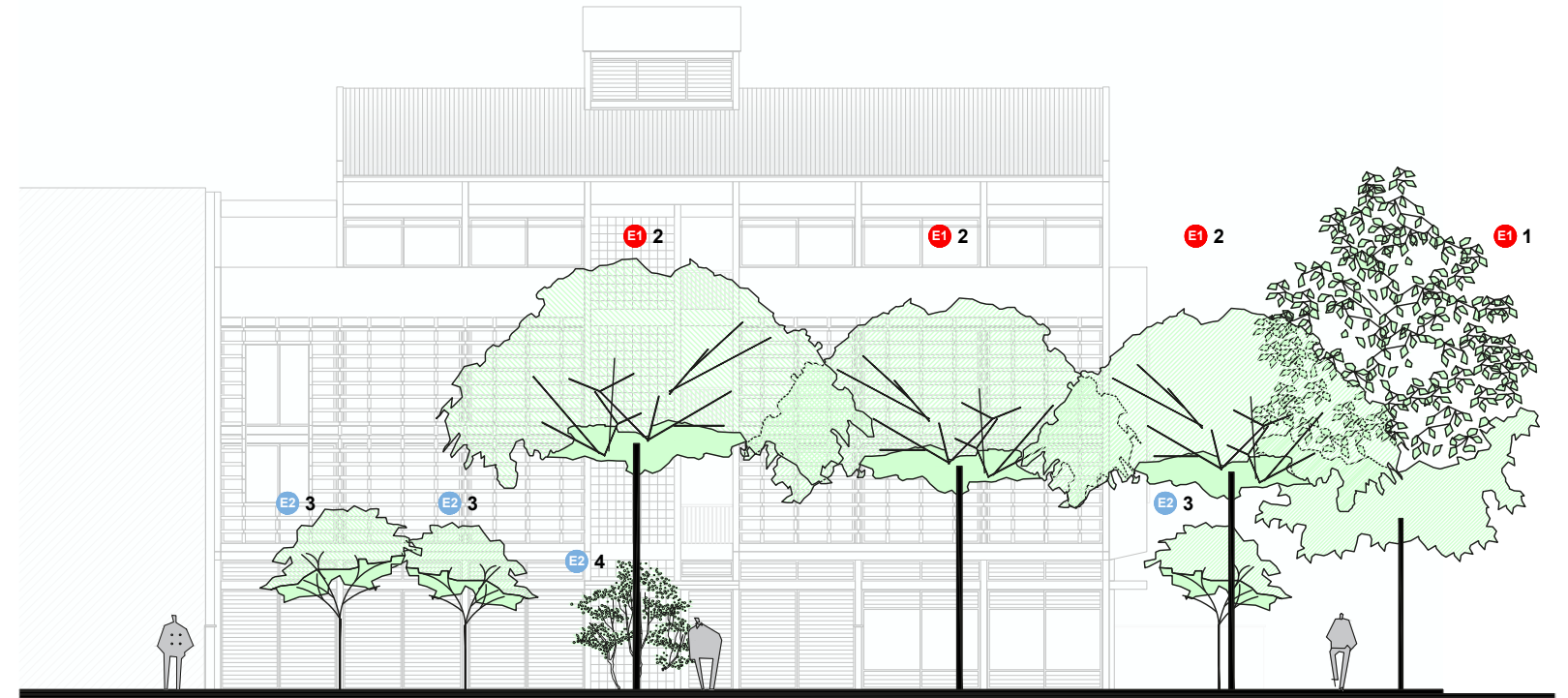
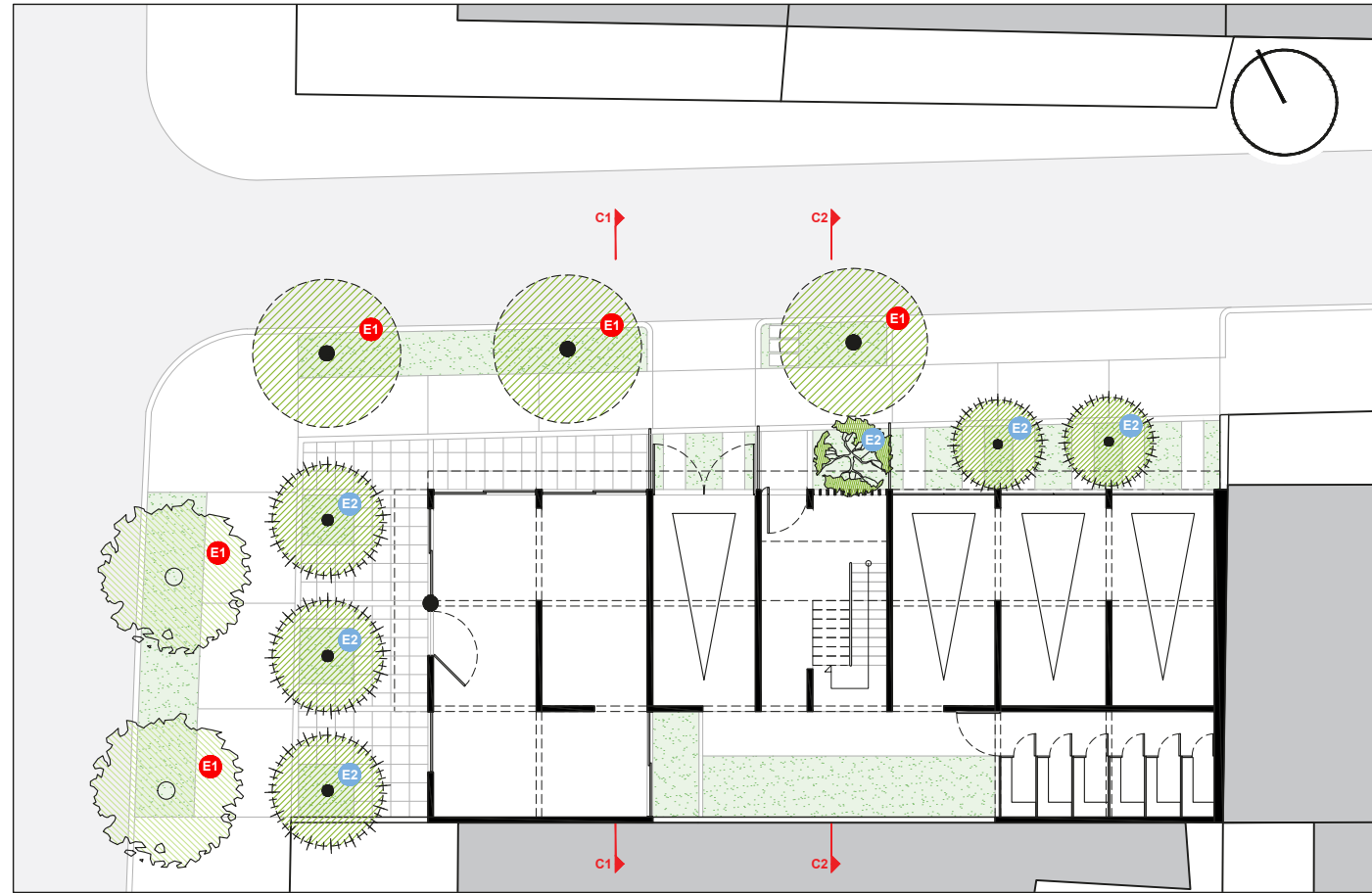
V1



V2



## Mitigación isla de calor urbano



### Coberturas Arbóreas para la mitigación de los efectos de la isla de calor urbano



#### E1 1. Primera etapa de siembra - Jacaranda caucana

Tasa de crecimiento de 2m por año

Previo a inicio de obra, conformación de las zonas blandas del andén, con siembra de jacaranda caucana y yarumo blanco de 2.5m de altura.



#### E1 2. Primera etapa de siembra - Yarumo blanco

Tasa de crecimiento de 1.4m por año

Previo a inicio de obra, conformación de las zonas blandas del andén, con siembra de jacaranda caucana y yarumo blanco de 2.5m de altura.



#### E2 3. Segunda etapa de siembra - Ebano ornamental

Tasa de crecimiento de 1m por año

Con la finalización de la obra negra y gris, conformación de las zonas blandas del antejardín, con siembra de ebano ornamental de 2.5m de altura.



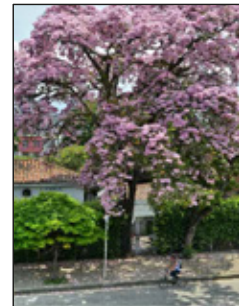
#### E2 4. Segunda etapa de siembra - Floripondio, borrachero

Especie arbustiva, con podas de mantenimiento a 2m de altura

Con la finalización de la obra negra y gris, conformación de las zonas blandas del antejardín, con siembra de ebano ornamental en estado de plántula.

#### E1 Primera etapa de siembra

1. Jacaranda Caucana



2. Yarumo Blanco



#### E2 Segunda etapa de siembra

3. Ebano ornamental

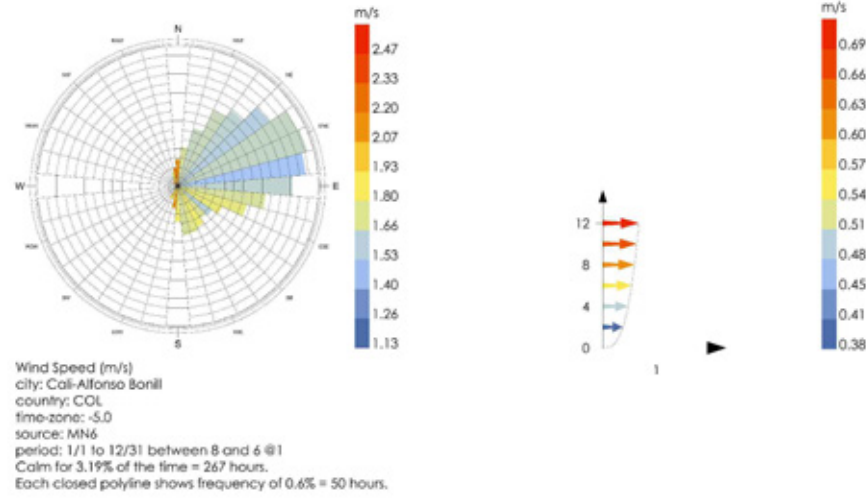


3. Floripondio

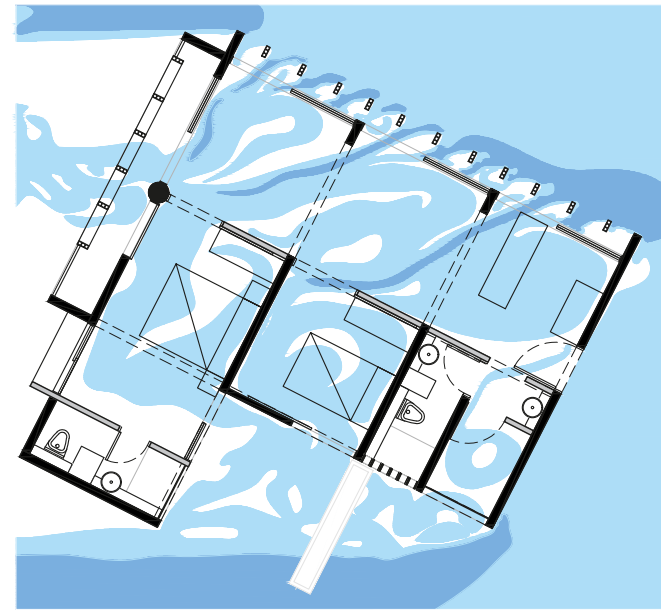


## Estrategia de ventilación

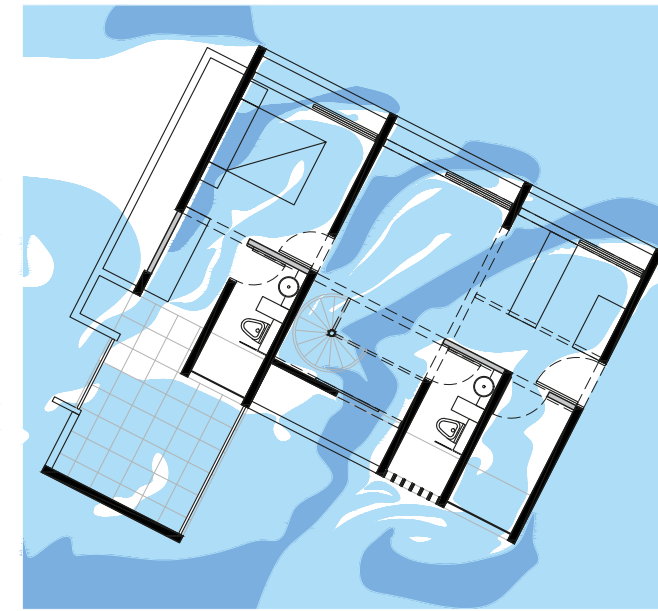
### Identificación frecuencias predominantes de viento y perfil de viento



### Simulación ventilación Apto. 302



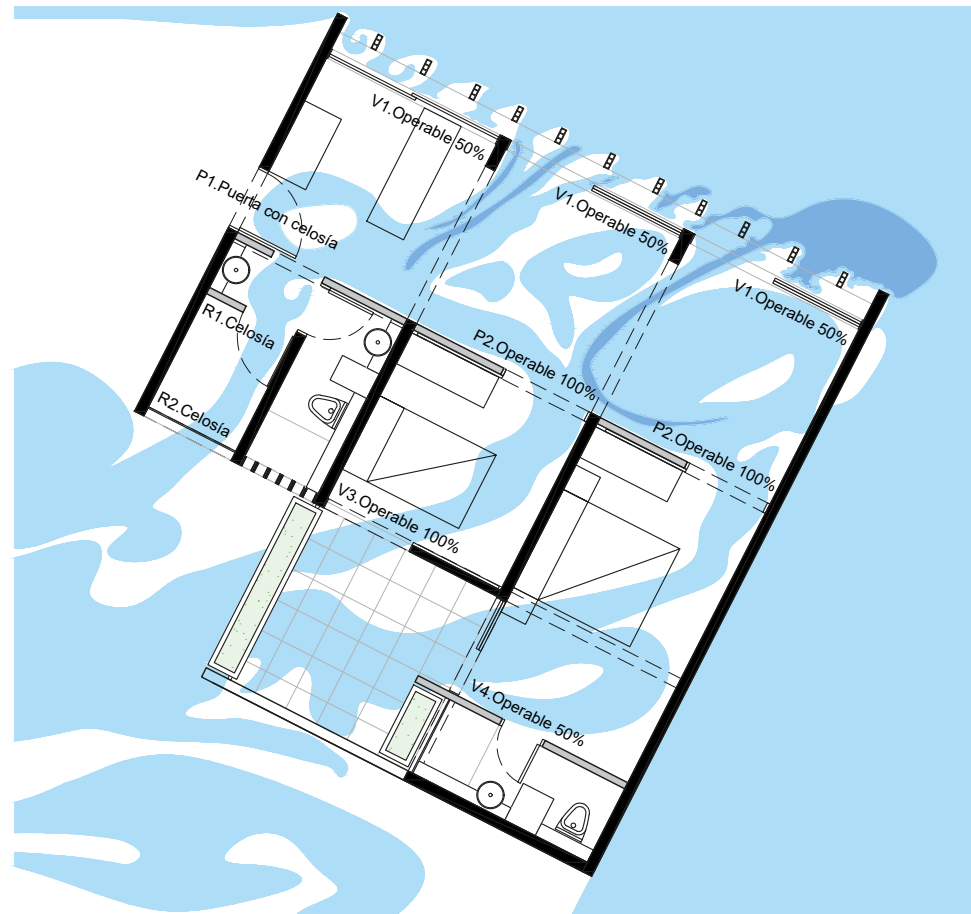
### Simulación ventilación Apto. 402



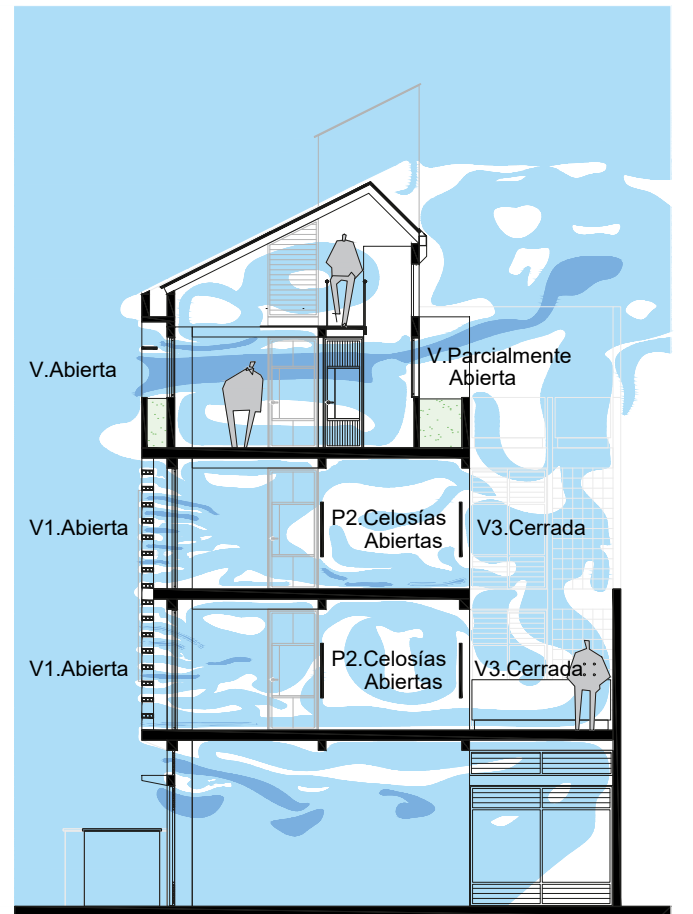
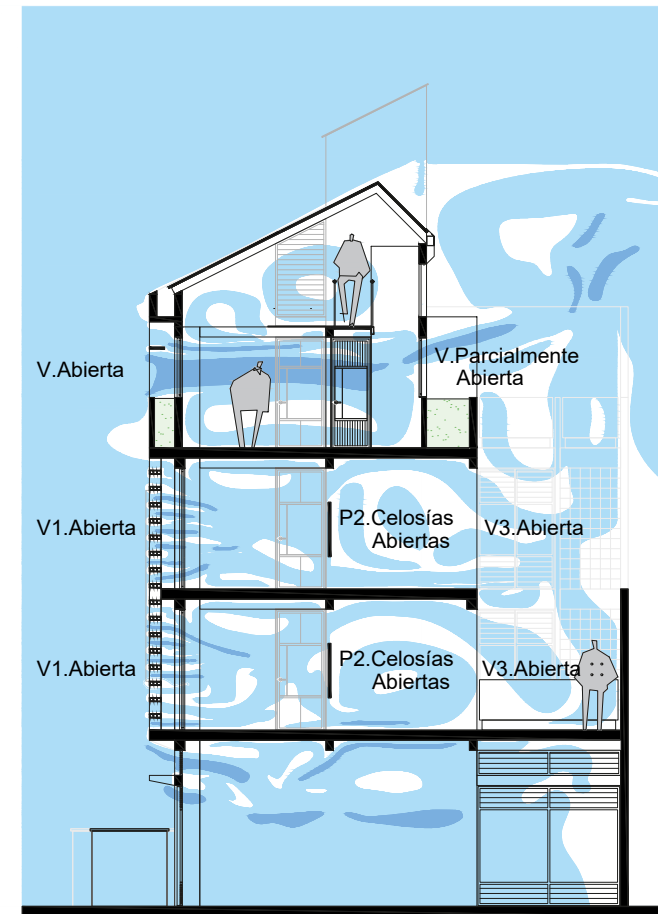
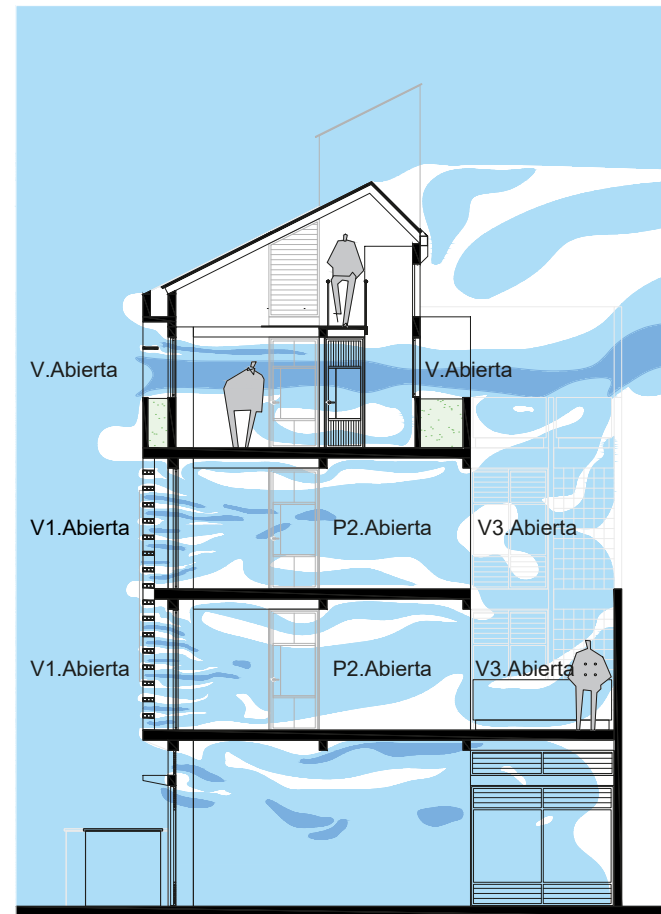
### Funcionamiento sifón térmico



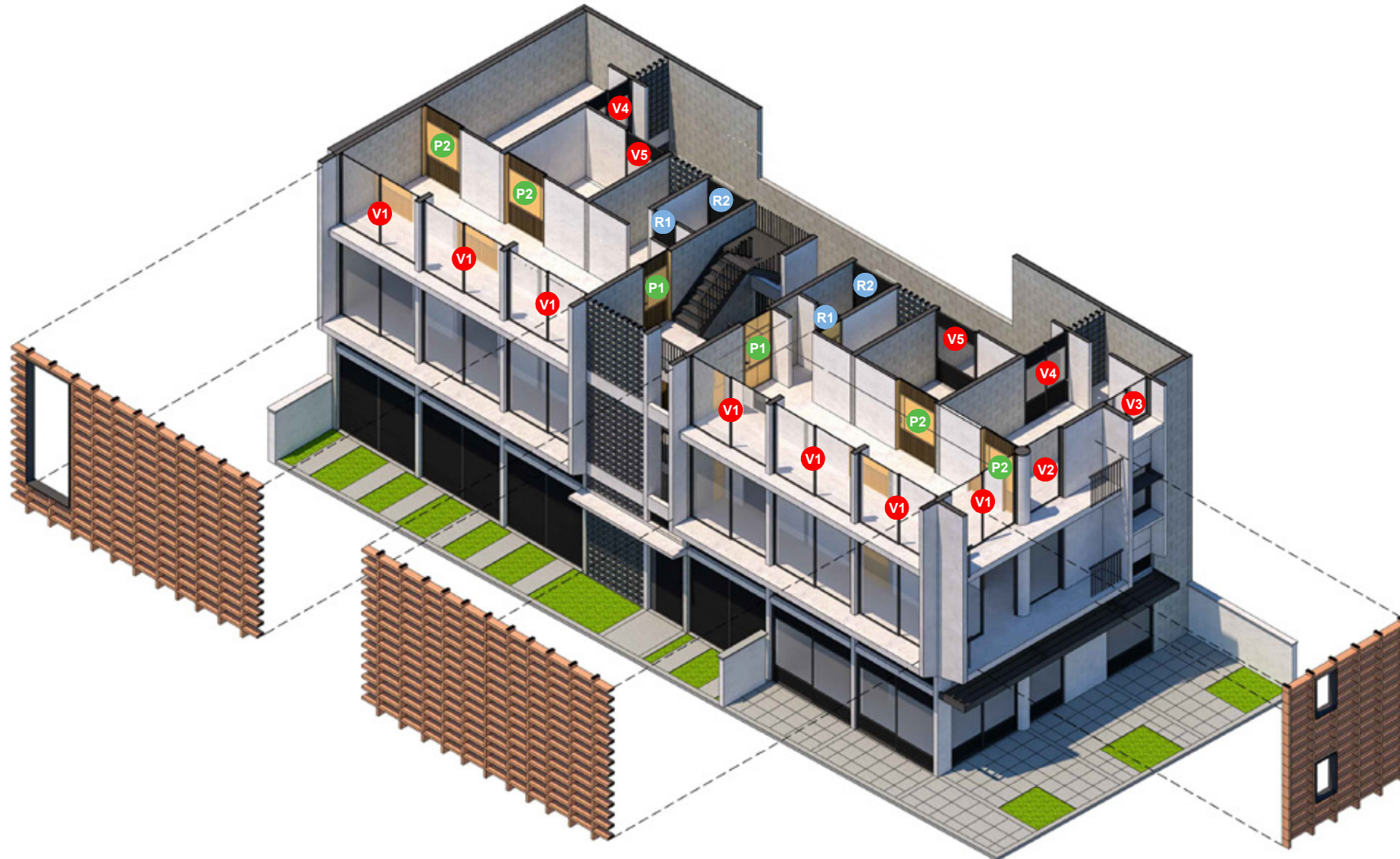
### Simulación de ventilación con ventanas de cocina totalmente cerradas. Apto 201



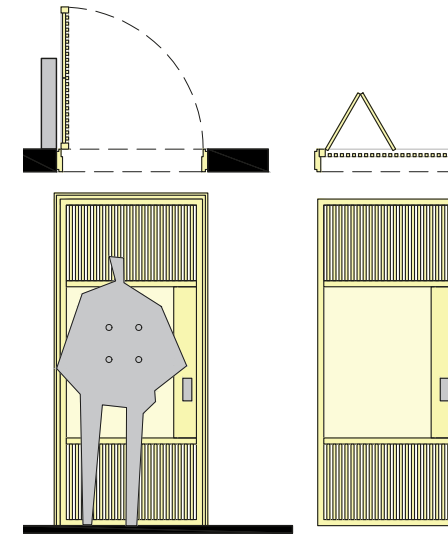
### Escenarios posibles de ventilación cruzada



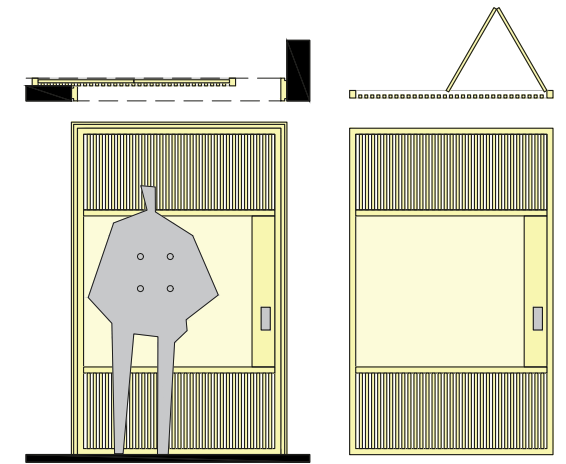
Estrategia de ventilación - Detalles carpintería arquitectónica



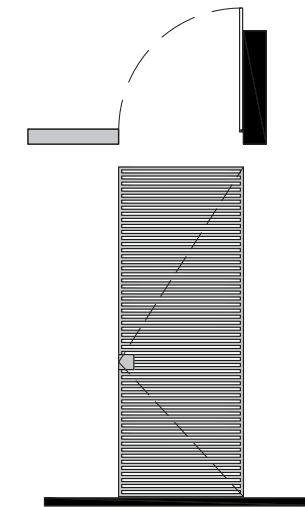
P1 Puerta - P1



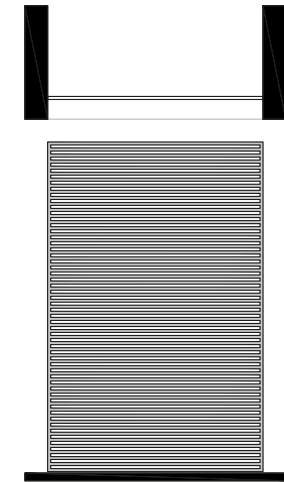
P2 Puerta - P2



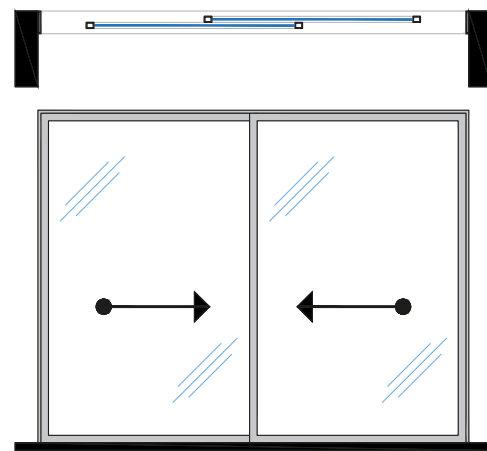
R1 Reja - R1



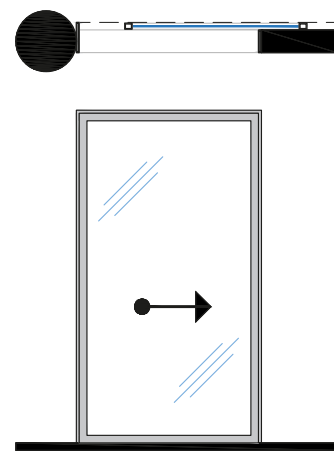
R2 Reja - R2



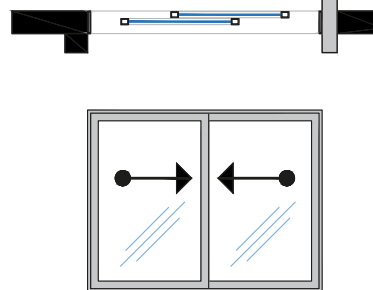
V1 Ventana - V1



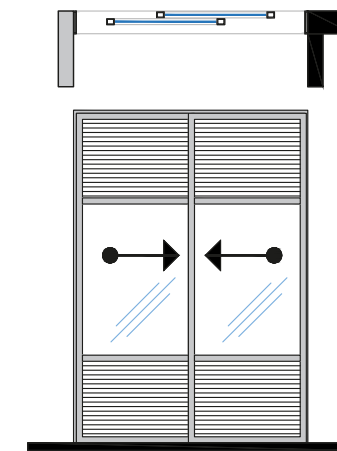
V2 Ventana - V2



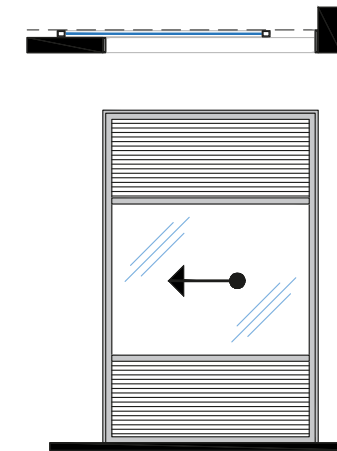
V3 Ventana - V3



V4 Ventana - V4



V5 Ventana - V5



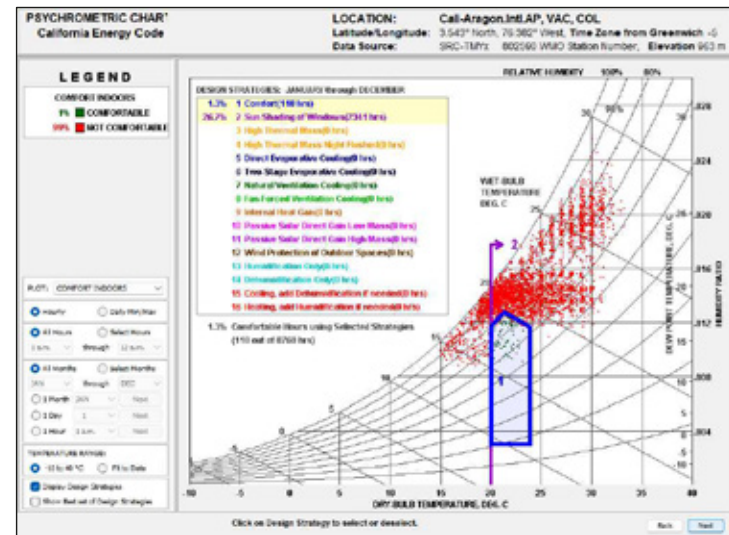
- V1 V2 V3 Ventanas corredizas de aluminio negro con vidrio doble laminado 4mm + 3mm.
- V2 V3 Ventanas corredizas de aluminio negro con vidrio doble laminado 4mm + 3mm y celosía superior e inferior.
- P1 P2 Puertas de madera con celosías y postigos superior e inferior.
- R1 R2 Rejas celosía de tubo cold rolled cuadrado de 3/4" acabado negro mate.

# Desempeño térmico

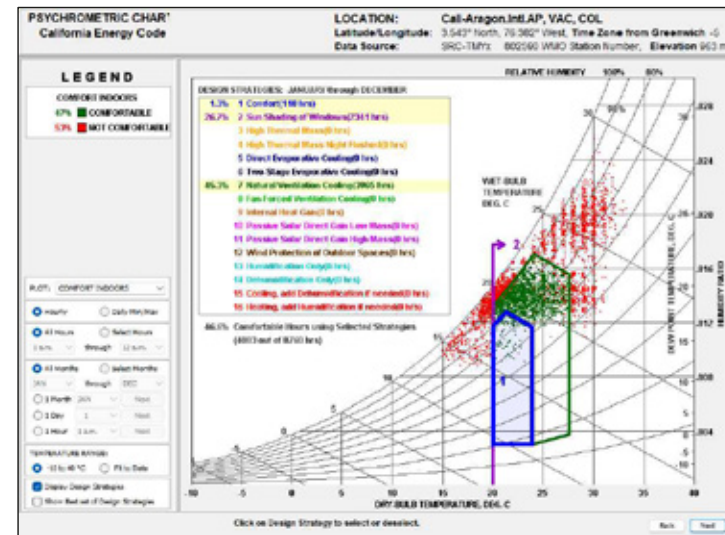
Archivo climático para simulaciones: COL\_VAC\_Cali-Aragon.Intl.AP.802590\_TMYx.2009-2023COL\_VAC\_Cali-Aragon.Intl.AP.802590\_TMYx.2009-2023

## Carta psicrométrica climate consultant - Estrategias de diseño

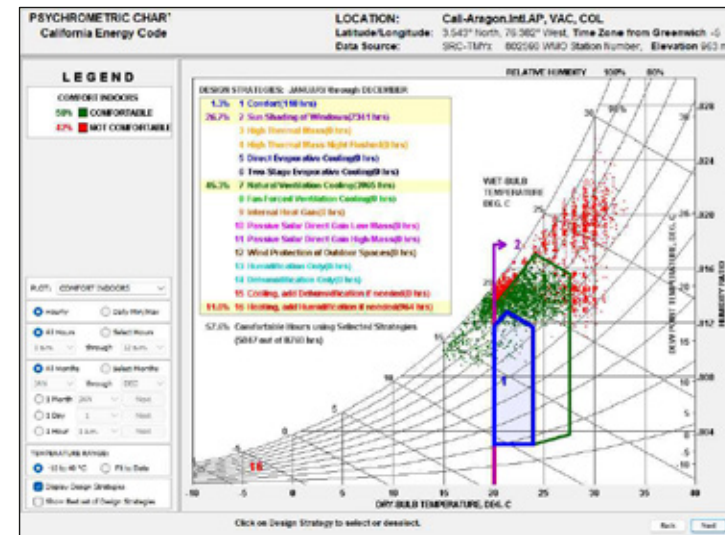
Horas en confort sin implementación de estrategias: 1%



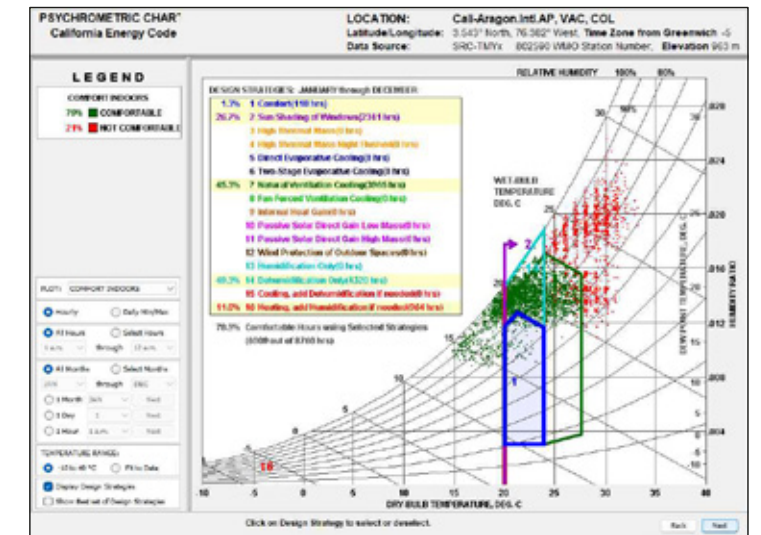
Horas en confort con ventilación natural: 47%



Horas en confort con ventilación natural y calefacción: 58%



Horas en confort con ventilación natural, calefacción y deshumidificación: 79%

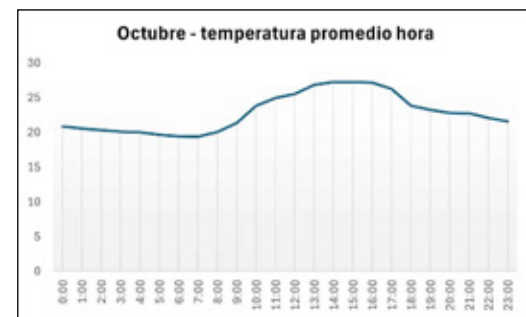
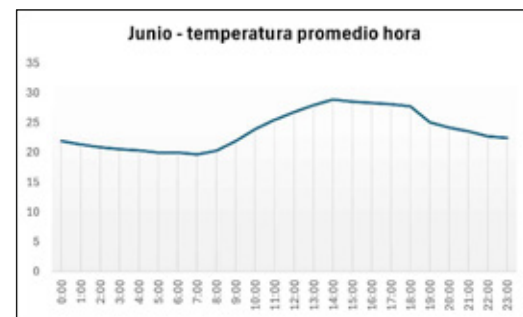


## Estadísticas descriptivas de temperatura anual - CBE clima tool

Selección del mes más frío y más caliente en temperatura promedio

month	mean (°C)	std (°C)	min (°C)	1% (°C)	25% (°C)	50% (°C)	75% (°C)	99% (°C)	max (°C)
Jan	22.92	3.55	14.9	15.74	20	22	25.92	30	31
Feb	23.13	3.28	16	17	21	22.2	25	31	31.5
Mar	23.06	3.2	16	16.54	21	22	25	31	32
Apr	23.58	3.2	18.8	19	21	22.9	26	31	32
May	23.44	3.35	17.2	18.4	21	22.2	26	30.83	31.6
Jun	23.62	3.4	15.9	18	21	23	26.35	30.44	31
Jul	23.54	3.67	14.8	16.13	21	23	26	31.87	33
Aug	23.23	3.46	15	16.89	20.58	22.8	25.72	31.46	32
Sep	23.19	3.38	15	16.64	21	22.7	25	31.86	33
Oct	22.8	3.29	15.9	18	20	22	25	30.46	32
Nov	22.98	3.23	15.3	16.42	20.6	22	25	30	31
Dec	22.83	3.41	15.4	16.96	20	22	25	30	31
Year	23.19	3.38	14.8	16.7	20.7	22.2	25.6	31	33

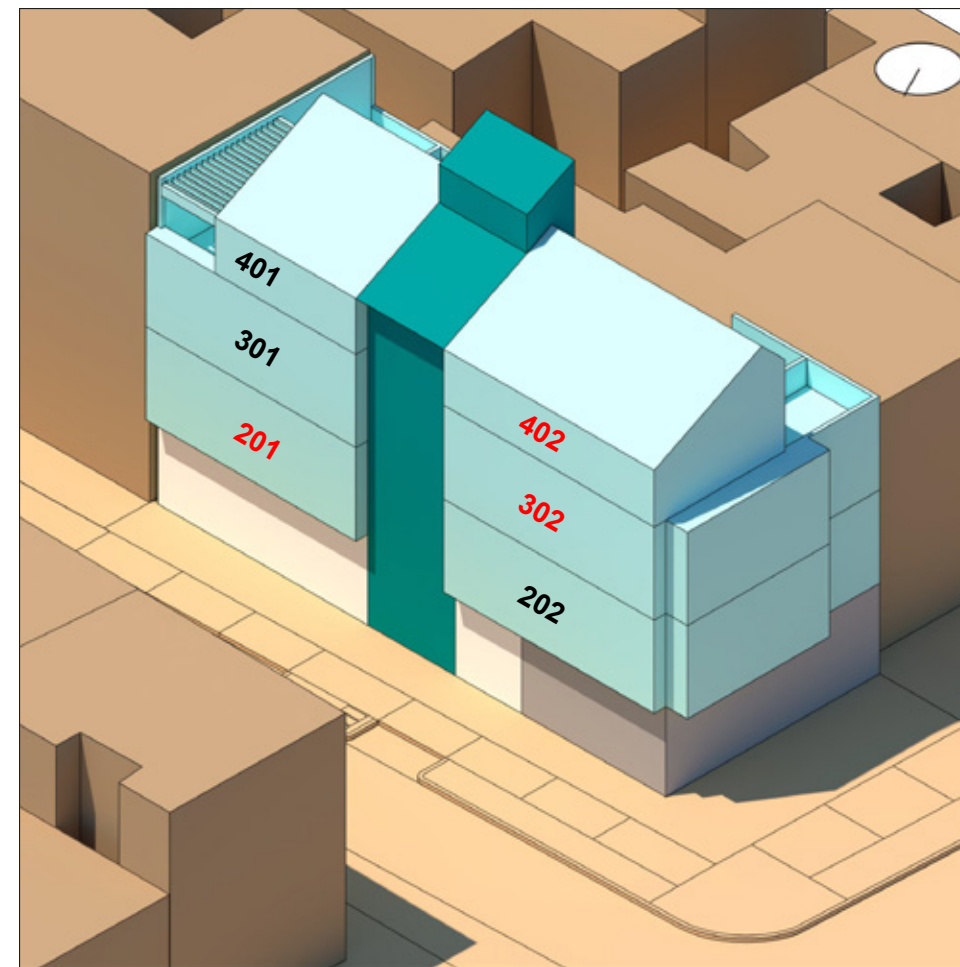
Selección de horas más frías y más calientes en temperatura promedio



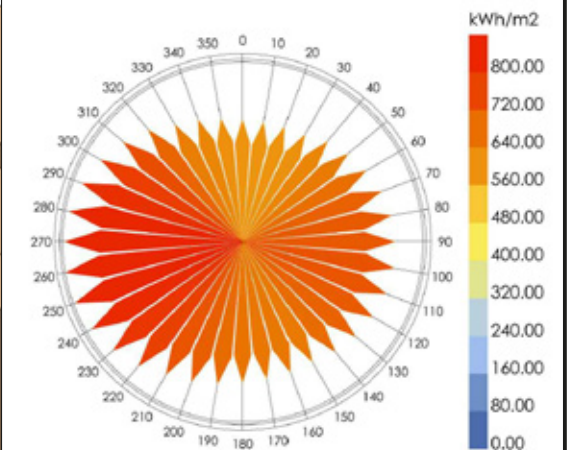
Temperatura promedio 6am Junio: 19.91 °C  
 Temperatura promedio 3pm Junio: 28.50 °C  
 Temperatura promedio 6am octubre: 19.41 °C  
 Temperatura promedio 3am octubre: 27.26 °C

## Casos de estudio simulación desempeño térmico

Selección apartamentos 201, 302, 402



Radiación solar total



Total Radiation  
 01 Jan 08:00 - 31 Dec 06:00  
 city : Cali-Aragon.Intl.AP  
 country : COL  
 time-zone : -5.0  
 source : SRC-TMYx

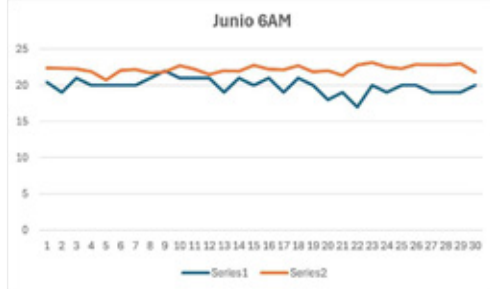
Para las simulaciones, se seleccionan tres apartamentos con condiciones diferentes, el 201 que tiene con lindero con vecino en ambas direcciones y terraza propia, y el 302 y 402 que enfrentan la radiación solar directa del oeste.

- Parquaderos
- Circulación vertical
- Local comercial
- Apartamentos

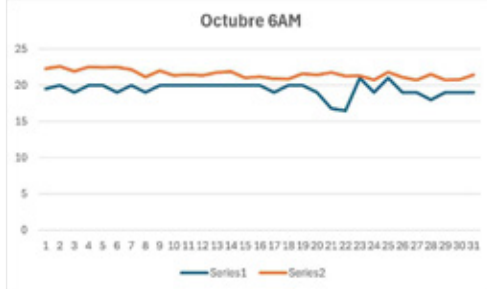
Simulación desempeño térmico apartamentos

● Temperatura interior  
● Temperatura exterior

Apartamento 201

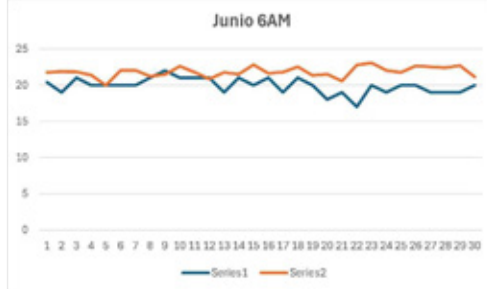


● Temperatura interior: 22.22 °C ● Temperatura exterior: 19.91 °C

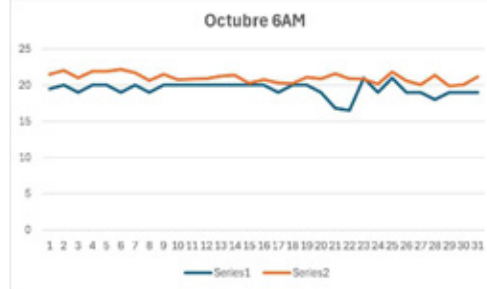


● Temperatura interior: 21.53 °C ● Temperatura exterior: 19.41 °C

Apartamento 302

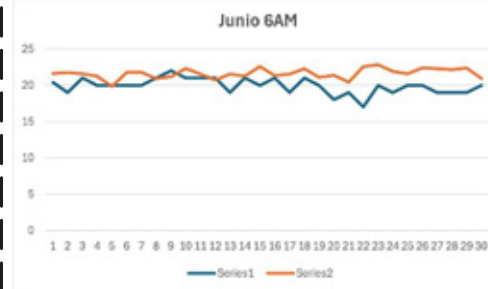


● Temperatura interior: 21.84 °C ● Temperatura exterior: 19.91 °C

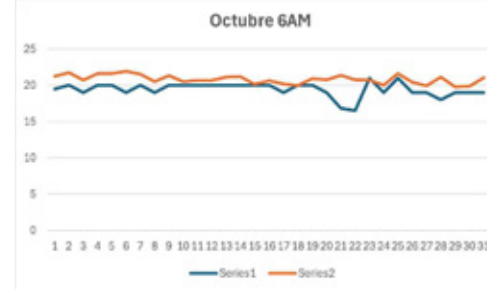


● Temperatura interior: 21.00 °C ● Temperatura exterior: 19.41 °C

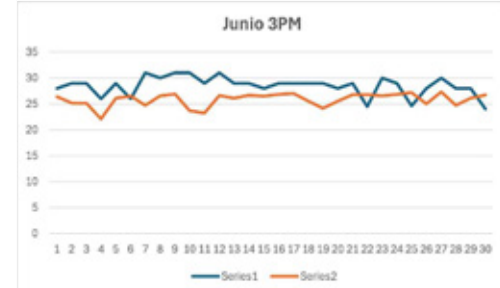
Apartamento 402



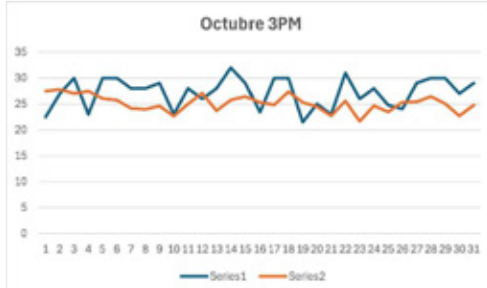
● Temperatura interior: 21.62 °C ● Temperatura exterior: 19.91 °C



● Temperatura interior: 20.82 °C ● Temperatura exterior: 19.41 °C



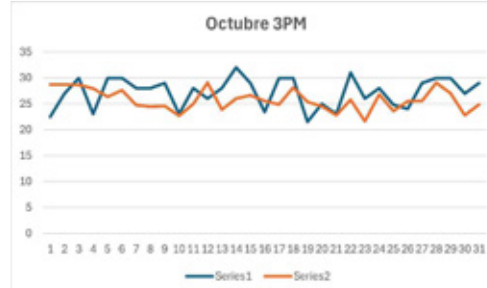
● Temperatura interior: 25.86 °C ● Temperatura exterior: 28.50 °C



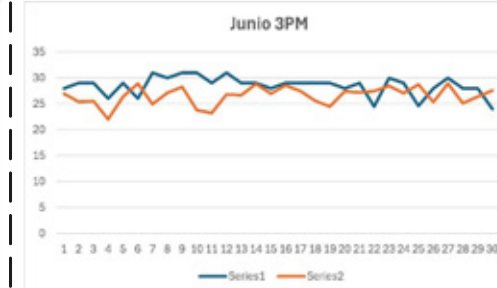
● Temperatura interior: 25.16 °C ● Temperatura exterior: 27.26 °C



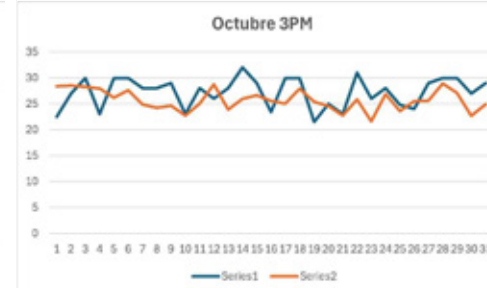
● Temperatura interior: 26.60 °C ● Temperatura exterior: 28.50 °C



● Temperatura interior: 25.77 °C ● Temperatura exterior: 27.26 °C



● Temperatura interior: 26.57 °C ● Temperatura exterior: 28.50 °C



● Temperatura interior: 25.72 °C ● Temperatura exterior: 27.26 °C

Verificación confort adaptativo



Junio 6AM

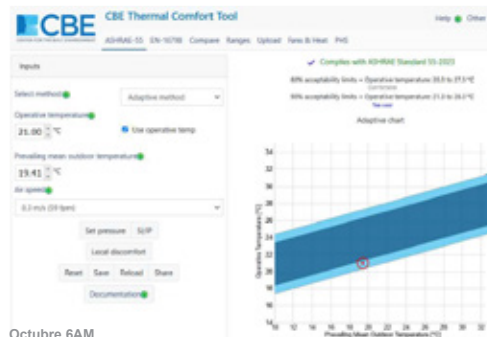


Octubre 6AM

Verificación confort adaptativo



Junio 6AM



Octubre 6AM

Verificación confort adaptativo



Junio 6AM



Octubre 6AM



Junio 3PM



Octubre 3PM



Junio 3PM



Octubre 3PM



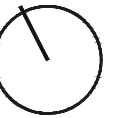
Junio 3PM



Octubre 3PM

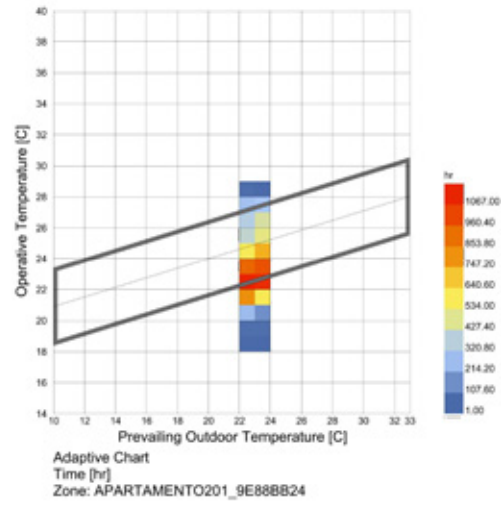
# Desempeño térmico - Iluminación natural

Archivo climático para simulaciones: COL\_VAC\_Cali-Aragon.Intl.AP.802590\_TMYx.2009-2023COL\_VAC\_Cali-Aragon.Intl.AP.802590\_TMYx.2009-2023



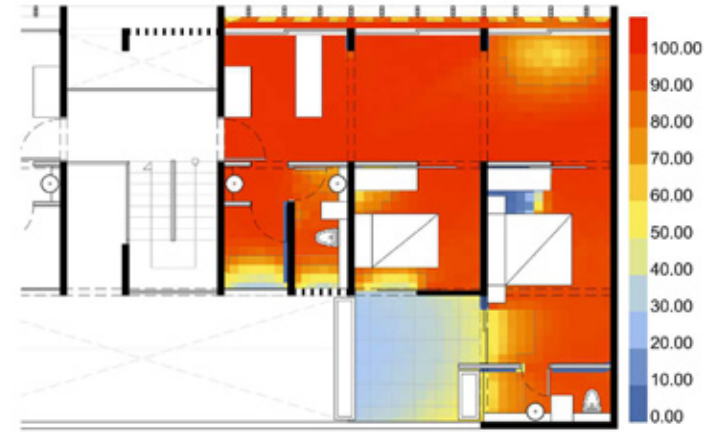
## Porcentaje de horas en confort térmico por apartamentos

**Apartamento 201:** 68.49% de horas en confort



## Iluminación natural - UDI, Useful Daylight Illuminance - Parametro: 100,300,3000

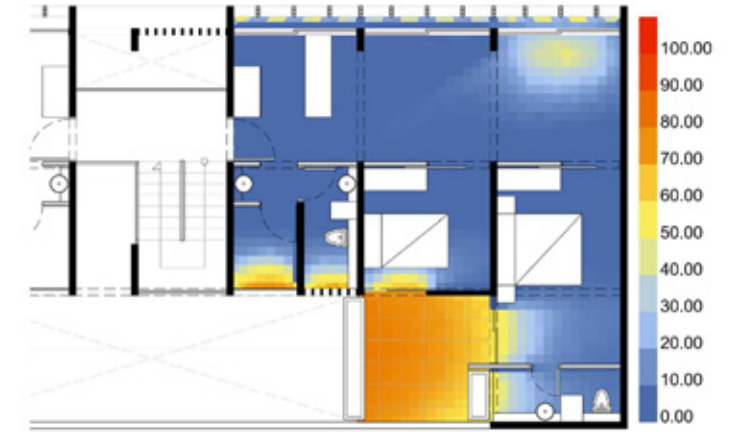
UDI 66%



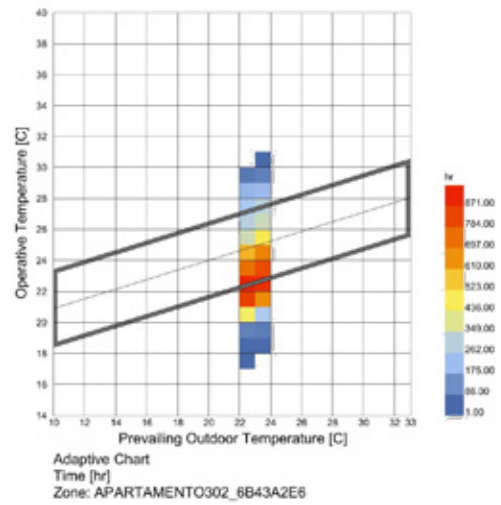
UDI LOW 5%



UDI UP 0%



**Apartamento 302:** 59.18% de horas en confort



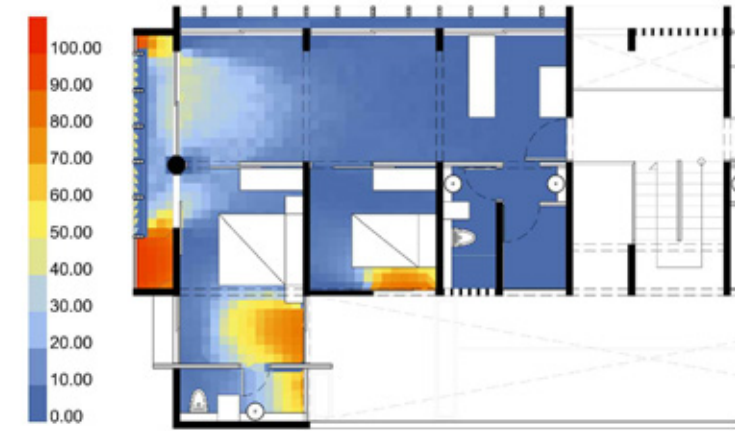
UDI 71%



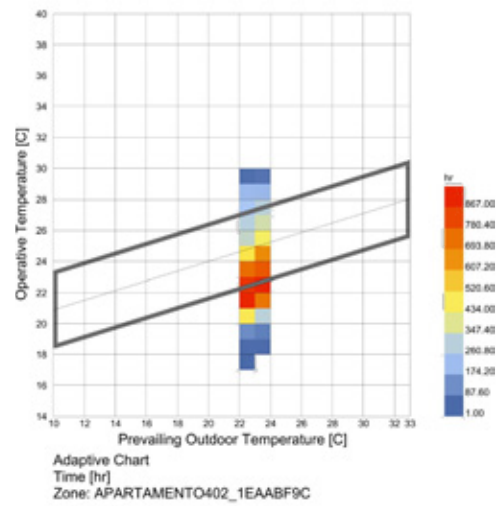
UDI LOW 3%



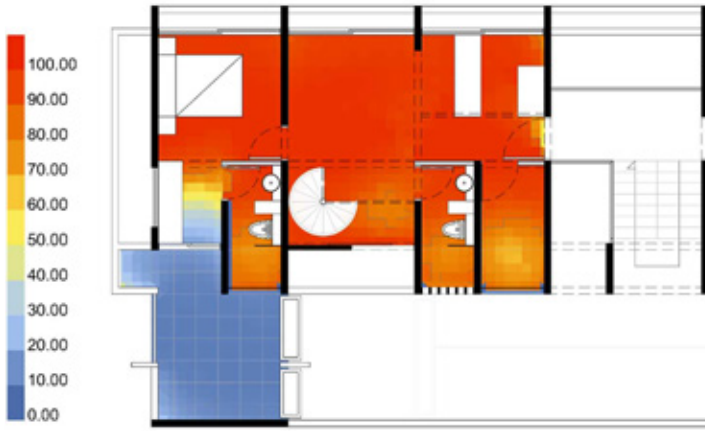
UDI UP 2%



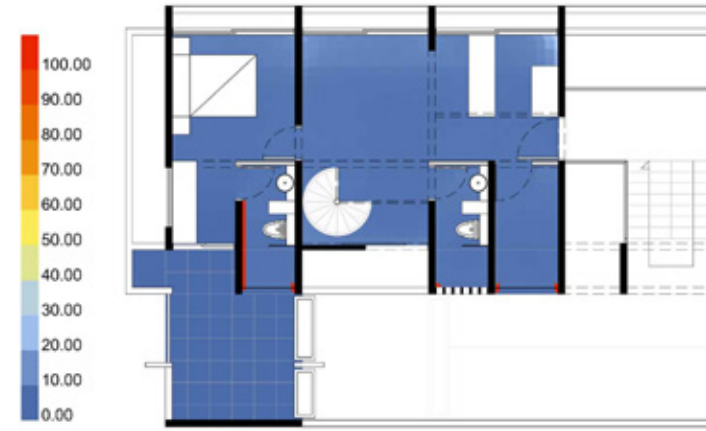
**Apartamento 402:** 56.64% de horas en confort



UDI 65%



UDI LOW 1%



UDI UP 20%



