



UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CUENCA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERIA, INDUSTRIA Y
CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE ARQUITECTURA

**ANTEPROYECTO DE VIVIENDA MULTIFAMILIAR
APLICANDO ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS PARA
DISMINUIR EL CONSUMO ENERGÉTICO DE ILUMINACIÓN
ARTIFICIAL, EN LA CIUDAD DE CUENCA-ECUADOR**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE ARQUITECTO**

AUTORES: ANDY PAUL MORALES JARA

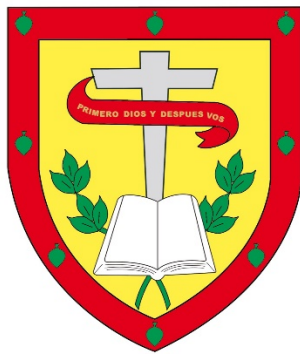
ELVIS ALEXANDER PEÑARANDA PEÑARANDA

DIRECTOR: NOMBRES Y APELLIDOS COMPLETOS

CUENCA - ECUADOR

2024

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERIA,
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE ARQUITECTURA

ANTEPROYECTO DE VIVIENDA MULTIFAMILIAR APLICANDO
ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS PARA DISMINUIR EL CONSUMO
ENERGÉTICO DE ILUMINACIÓN ARTIFICIAL, EN LA CIUDAD DE
CUENCA-ECUADOR

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE ARQUITECTO**

AUTORES: ANDY PAUL MORALES JARA

ELVIS ALEXANDER PEÑARANDA PEÑARANDA

DIRECTOR: Arq. Jefferson Eloy Torres Quezada

CUENCAECUADOR

2024

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO

DECLARATORIA DE AUTORIA Y RESPONSABILIDAD

Andy Paúl Morales Jara y Elvis Alexander Peñaranda Peñaranda portadore(a)s de las cédulas de ciudadanía N.º **0105810212** y **0150765782**. Declaramos ser autore(a)s de la obra: **“Anteproyecto de vivienda multifamiliar aplicando estrategias bioclimáticas para disminuir el consumo energético de iluminación artificial, en la ciudad de Cuenca-Ecuador”**, sobre la cual nos hacemos responsables sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaramos que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximimos a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaramos finalmente que nuestra obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también nos responsabilizamos y eximimos a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, 24 de octubre de 2024

F: 

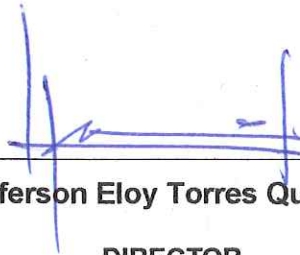
Andy Paul Morales Jara
0105810212

F: 

Elvis Alexander Peñaranda Peñaranda
0150765782

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Andy Paul Morales Jara y Elvis Alexander Peñaranda Peñaranda, bajo mi supervisión.

A handwritten signature in blue ink, consisting of several vertical and horizontal strokes, positioned above a horizontal line.

Jefferson Eloy Torres Quesada

DIRECTOR

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación a toda mi familia, quienes me han apoyado en todo mi proceso académico. En especial, dedico este logro a mi madre María Natividad Brito Fernández, porque quien confía en ti en los momentos difíciles es quien realmente te ama y te inspira a superar cualquier obstáculo. Su fe inquebrantable y su constante apoyo han sido fundamentales para alcanzar este éxito.

Paúl Morales.

Dedico este trabajo a mis padres, Oswaldo Peñaranda y Julia Peñaranda, a mi tía Martha Peñaranda, y a toda mi familia. Gracias a su sacrificio y apoyo incondicional, pude seguir la carrera de mis sueños. Siempre estuvieron a mi lado en los momentos difíciles, ofreciéndome su compañía y respaldo cuando más los necesitaba. Su confianza en mí, incluso cuando yo dudaba de mis propias capacidades, y su constante aliento para que no abandonara mis metas, han sido fundamentales para alcanzar este logro. No podría haber llegado hasta aquí sin su amor, su fe en mí y su presencia constante en cada paso del camino.

Elvis Peñaranda.

AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento al Arquitecto Jefferson Torres Quesada, quien desde un inicio confió en nuestras ideas y aportó con su vasto conocimiento para hacer de este trabajo de tesis un proceso fructífero y enriquecedor para nuestra carrera universitaria. Su orientación y apoyo incondicional fueron fundamentales para el desarrollo de esta investigación, permitiéndonos crecer tanto profesional como personalmente. Gracias a su asesoramiento, hemos podido superar los desafíos que se nos presentaron y lograr los objetivos planteados. Su dedicación y compromiso con nuestro proyecto serán siempre una inspiración para nosotros.

Asimismo, extendemos nuestro agradecimiento al Arquitecto Felipe Quezada, quien nos brindó su asesoría y guía en la realización de esta tesis desde el principio hasta el final. Su expertise y paciencia fueron invaluable para llevar a cabo este trabajo con éxito.

Finalmente, agradecemos a todas las autoridades que nos han escuchado y apoyado en cada momento de nuestro proyecto, en especial al Arquitecto Julio Pintado. Su apoyo y consideración han sido esenciales para la culminación de esta investigación.

RESUMEN

La presente investigación se enfoca en la eficiencia energética y la optimización de la iluminación natural en edificaciones multifamiliares, aplicando estrategias bioclimáticas para reducir el consumo energético de iluminación artificial. Dada la creciente preocupación por el impacto ambiental y económico del consumo energético, buscando evaluar la influencia de modificaciones en las aberturas y el contexto edificatorio en la iluminación natural. La importancia radica en su potencial para contribuir a la sostenibilidad y eficiencia energética, ofreciendo un enfoque innovador para el diseño bioclimático que puede ser replicado en otras regiones. Beneficia al sector de la construcción y a los residentes al reducir los costos de energía y mejorar el confort. El objetivo general es analizar la influencia de las modificaciones en las aberturas y el entorno en la iluminación natural. Se utiliza un estudio descriptivo y simulado con un universo de edificaciones multifamiliares en Cuenca, evaluando simulaciones de diferentes escenarios. Los resultados revelan que, con las modificaciones propuestas, se mejora la eficiencia energética y se optimiza la iluminación natural, reduciendo la necesidad de iluminación artificial, contribuyendo a los estándares de sostenibilidad.

Palabras clave: eficiencia energética, diseño bioclimático, iluminación natural, estrategias bioclimáticas.

ABSTRACT

This research focuses on energy efficiency and optimization of natural lighting in multifamily buildings, applying bioclimatic strategies to reduce the energy consumption of artificial lighting. Given the growing concern about the environmental and economic impact of energy consumption, it is necessary to evaluate the influence of modifications to openings and the building context on natural lighting. The importance of this research lies in its potential to contribute to sustainability and energy efficiency, offering an innovative approach to bioclimatic design that can be replicated in other regions. It benefits the construction industry and residents by reducing energy costs and improving comfort. The general objective is to analyze the influence of modifications to openings and the environment on natural lighting. A descriptive and simulated study is used with a universe of multifamily buildings in Cuenca, evaluating simulations of different scenarios. The results reveal that energy efficiency is improved with the proposed modifications, optimizing natural lighting, reducing the need for artificial lighting, and contributing to sustainability standards.

Keywords: energy efficiency, bioclimatic design, natural lighting, bioclimatic strategies

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN	- 3 -
DEDICATORIA.....	- 4 -
AGRADECIMIENTOS.....	- 5 -
RESUMEN.....	- 6 -
ABSTRACT	- 7 -
ÍNDICE DE CONTENIDOS	- 8 -
ÍNDICE DE FIGURAS	- 11 -
INDICE DE TABLAS.....	- 14 -
CAPÍTULO I.....	- 15 -
1. INTRODUCCIÓN.....	- 16 -
1.1 ANTECEDENTES.....	- 18 -
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	- 19 -
1.3 JUSTIFICACIÓN	- 21 -
1.4 OBJETIVOS.....	- 22 -
1.4.1 <i>Objetivo general.</i>	- 22 -
1.4.2 <i>Objetivos específicos.</i>	- 22 -
1.5 METODOLOGÍA.....	- 23 -
1.6. ANÁLISIS DE FACTORES PARA LAS ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS	- 23 -
1.7. INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA SOBRE LAS VIVIENDAS CON ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS... -	23 -
1.8. ANÁLISIS DE NORMATIVA	- 23 -
1.9. ANÁLISIS DE CASOS.....	- 24 -
1.10. PROGRAMA ARQUITECTÓNICO.....	- 24 -
1.10.1. <i>Anteproyecto.</i>	- 24 -
1.10.2. <i>Simulaciones.</i>	- 25 -
CAPÍTULO II	- 26 -
2. REVISIÓN DE LITERATURA	- 26 -
2.1. FUNDAMENTOS DEL BIOCLIMATISMO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	- 27 -
2.1.1. <i>Conceptos básicos del bioclimatismo y su aplicación en la arquitectura.</i>	- 28 -
2.1.2. <i>Importancia de la eficiencia energética en el diseño de viviendas multifamiliares.</i> -	29
-	
2.1.3. <i>Importancia de la iluminación natural en la eficiencia energética.</i>	- 31 -
2.2. CONCEPTOS DE ILUMINACIÓN EDILICIA DENTRO DE UN CONTEXTO URBANO	- 32 -
2.2.1. <i>Radiación solar: Luz directa y difusa.</i>	- 32 -
2.2.2. <i>El factor de vista del cielo.</i>	- 33 -
2.2.3. <i>Métodos y software para calcular el Sky View Factor.</i>	- 34 -
2.2.4. <i>Iluminancia del cielo.</i>	- 35 -
2.3. ESTRATEGIAS PARA EL APROVECHAMIENTO DE LA LUZ NATURAL EN EDIFICIOS EN ALTURA... -	36 -
2.3.1. <i>Uso de pozos de iluminación en el diseño de viviendas en altura.</i>	- 36 -
2.3.2. <i>Iluminación cenital.</i>	- 38 -
2.3.3. <i>Optimización de retiros para el aprovechamiento de luz natural.</i>	- 39 -
2.3.4. <i>Proporción de vanos en fachadas.</i>	- 39 -
2.4. ANÁLISIS DE NORMATIVAS	- 41 -
2.4.1. <i>Análisis de normativas internacionales.</i>	- 41 -
2.4.2. <i>Análisis de normativas locales y nacionales.</i>	- 42 -
2.5. ANÁLISIS DE CASOS REFERENTES	- 44 -

2.5.1.	<i>Caso referente 1</i>	- 44 -
2.5.2.	<i>Caso referente 2</i>	- 46 -
2.6.	SÍNTESIS DEL CAPÍTULO.....	- 49 -
2.6.1.	<i>Recapitulación de los principales conceptos y hallazgos del marco teórico</i>	- 49 -
2.6.2.	<i>Implicaciones para el diseño del anteproyecto de vivienda multifamiliar</i>	- 50 -
CAPÍTULO III		- 52 -
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	- 52 -
3.1.	ANÁLISIS CLIMÁTICO Y ARQUITECTÓNICO DEL ENTORNO URBANO.....	- 53 -
3.1.1.	<i>Ubicación</i>	- 53 -
3.1.2.	<i>Regulaciones y restricciones legales</i>	- 53 -
3.1.3.	<i>Aspectos climáticos</i>	- 54 -
3.1.3.1.	Temperatura.....	- 54 -
3.1.4.	<i>Infraestructura existente</i>	- 55 -
3.1.5.	<i>Inventario de usos en el entorno</i>	- 56 -
3.1.5.1.	Uso de suelo.....	- 56 -
3.1.6.	<i>Integración Contextual</i>	- 57 -
3.1.6.1.	Retiros.....	- 57 -
3.1.6.2.	Alturas.....	- 58 -
3.1.6.3.	Vistas desde el predio.....	- 59 -
3.1.6.4.	Conectividad y accesibilidad.....	- 62 -
3.1.7.	<i>Análisis lumínico y solar</i>	- 63 -
3.1.7.1.	Análisis de sombras.....	- 63 -
3.1.8.	<i>Análisis de vanos y llenos</i>	- 66 -
3.1.8.1.	Proporción y materialidad de ventanas.....	- 66 -
CAPÍTULO IV		- 67 -
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	- 67 -
4.1.	DISEÑO ARQUITECTÓNICO.....	- 68 -
4.1.1.	<i>Área de intervención</i>	- 68 -
4.1.2.	<i>Recursos para considerar</i>	- 69 -
4.2.	PROCESO DE DISEÑO.....	- 69 -
4.2.1.	<i>Forma</i>	- 69 -
4.2.2.	<i>Definición de barras</i>	- 70 -
4.2.3.	<i>Estrategias bioclimáticas</i>	- 72 -
4.2.3.1.	Pozos de iluminación natural.....	- 72 -
4.2.3.2.	Optimización de retiros.....	- 72 -
4.2.3.3.	Optimización de espacios interiores.....	- 74 -
4.2.4.	<i>Composición y relaciones</i>	- 75 -
4.2.4.1.	Usuarios y Necesidades.....	- 75 -
4.2.4.2.	Diagramas de relación.....	- 77 -
4.2.4.3.	Zonificación tridimensional.....	- 79 -
4.3.	DOCUMENTACIÓN ARQUITECTÓNICA.....	- 85 -
4.3.1.	<i>Emplazamiento</i>	- 85 -
4.3.2.	<i>Plantas generales</i>	- 86 -
4.3.3.	<i>Plantas departamentos tipo</i>	- 90 -
4.3.4.	<i>Elevaciones y secciones</i>	- 94 -
4.4.	DETALLES CONSTRUCTIVOS.....	- 96 -
4.5.	IMÁGENES DEL PROYECTO.....	- 100 -
4.6.	SIMULACIONES DE ILUMINACIÓN EN EL SOFTWARE DESIGNBUILDER.....	- 107 -
4.6.1.	<i>Modelado simplificado</i>	- 107 -
4.6.2.	<i>Configuración del software designbuilder</i>	- 108 -
4.6.3.	<i>Configuración de simulaciones</i>	- 109 -

4.7.	RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES DEL ESTADO ACTUAL	- 111 -
4.7.1.	<i>Planta baja</i>	- 111 -
4.7.2.	<i>Primera planta alta</i>	- 114 -
4.7.3.	<i>Tercera planta alta</i>	- 117 -
4.7.4.	<i>Sexta Planta alta</i>	- 120 -
4.8.	RESULTADO DE LAS SIMULACIONES CON UN CONTEXTO ALTO	- 124 -
4.8.1.	<i>Planta baja</i>	- 124 -
4.8.2.	<i>Primera planta alta</i>	- 127 -
4.8.3.	<i>Tercera planta alta</i>	- 130 -
4.8.4.	<i>Sexta planta alta</i>	- 133 -
4.9.	RESULTADO DE LAS SIMULACIONES DE EDIFICACIÓN CON MODIFICACIONES	- 137 -
4.9.1.	<i>Primera planta alta</i>	- 137 -
4.9.2.	<i>Tercera planta alta</i>	- 140 -
4.9.3.	<i>Sexta planta alta</i>	- 143 -
CAPÍTULO V.....		- 148 -
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		- 148 -
5.1.	CONCLUSIONES	- 149 -
5.2.	RECOMENDACIONES	- 151 -
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		- 152 -
ANEXOS		- 158 -

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diseño bioclimático, a favor de la eficiencia energética _____	- 28 -
Figura 2: Eficiencia y Sostenibilidad de la Arquitectura Bioclimática _____	- 29 -
Figura 3: Eficiencia energética _____	- 30 -
Figura 4: Ahorro de energía a través de la luz natural _____	- 31 -
Figura 5: Iluminación urbana _____	- 32 -
Figura 6: Pirómetro Con banda de Sombra Para la Medición Radiación Difusa _____	- 33 -
Figura 7: Casa con vista al cielo _____	- 34 -
Figura 8: Sky view factor calculation model _____	- 35 -
Figura 9: Pozos para Iluminación y Ventilación Natural _____	- 37 -
Figura 10: Luz cenital en arquitectura _____	- 38 -
Figura 11: Aprovechamiento luz natural en proyectos de iluminación _____	- 39 -
Figura 12: Proporción y orientaciones _____	- 40 -
Figura 13: Factores de luz recomendados por la norma _____	- 43 -
Figura 14: Vivienda Pasiva Bruck _____	- 45 -
Figura 15: House Bruck _____	- 46 -
Figura 16: Vivienda multifamiliar _____	- 47 -
Figura 17: Planos del edificio _____	- 48 -
Figura 18: Localización de la zona de estudio _____	- 53 -
Figura 19: Climograma de temperatura máxima, mínima y promedio de la ciudad de Cuenca _____	- 54 -
Figura 20: Vías, recorrido y parada de buses _____	- 56 -
Figura 21: Usos de suelo del polígono de estudio _____	- 57 -
Figura 22: Retiros del polígono de estudio _____	- 58 -
Figura 23: Mapa de alturas _____	- 59 -
Figura 24: Vista hacia el norte, altura 20 m _____	- 60 -
Figura 25: Vista hacia el sur, altura 20 m _____	- 60 -
Figura 26: Vista hacia esta, altura 20 m _____	- 61 -
Figura 27: Vista hacia oeste, altura 20 m _____	- 62 -
Figura 28: Análisis de conectividad y accesibilidad _____	- 63 -
Figura 29: Vías inmediatas al predio _____	- 63 -
Figura 30: Posición del sol 7am _____	- 64 -
Figura 31: Posición del sol a las 12 am _____	- 65 -
Figura 32: Posición del sol a las 6 p.m. _____	- 65 -
Figura 33: Tramo de la Av. Francisco Moscoso _____	- 66 -
Figura 34: Tramo de la Calle Nicanor Aguilar _____	- 66 -
Figura 35: Delimitación del área de intervención _____	- 69 -
Figura 36: Conjunto de barras que dan forma a las diferentes plantas de la edificación _____	- 70 -
Figura 37: Apilamiento del conjunto de barras para la morfología de la edificación _____	- 70 -
Figura 38: Grupo de barras de la planta baja _____	- 71 -
Figura 39: Puentes de conexión _____	- 71 -
Figura 40: Pozos de iluminación natural _____	- 72 -
Figura 41: Optimización de los espacios interiores para maximizar el aprovechamiento de la iluminación natural _____	- 74 -
Figura 42: Diagrama de burbujas con sus relaciones entre espacios, planta comercial _____	- 77 -
Figura 43: Diagrama de burbujas con sus relaciones entre espacios, planta tipo _____	- 78 -
Figura 44: Zonificación de la planta baja _____	- 79 -
Figura 45: Zonificación de la primera planta alta hasta la sexta planta alta _____	- 80 -
Figura 46: Tipología de Departamento tipo A _____	- 81 -
Figura 47: Tipologías de Departamento tipo B _____	- 82 -
Figura 48: Tipologías de Departamento tipo C _____	- 83 -
Figura 49: Tipologías de Departamento tipo D _____	- 84 -
Figura 50: Emplazamiento _____	- 85 -

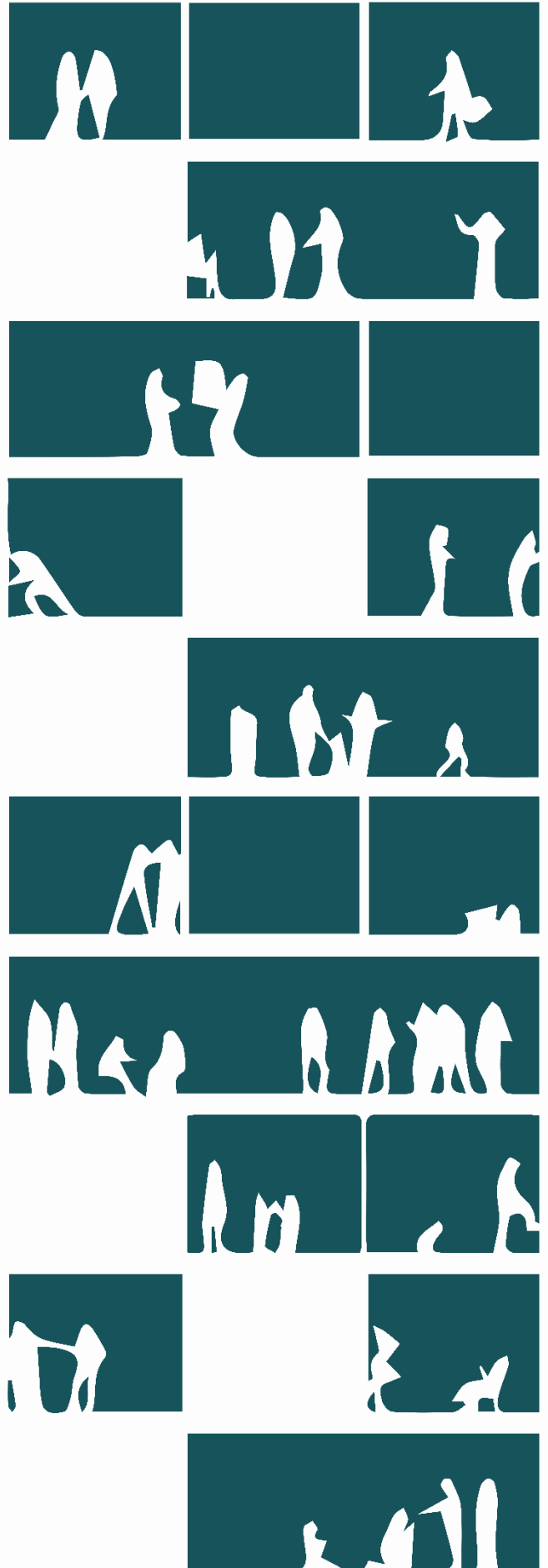
Figura 51: Planta parqueaderos _____	- 87 -
Figura 52: Planta Locales comerciales _____	- 88 -
Figura 53: Planta tipo _____	- 89 -
Figura 54: Tipología de departamento A _____	- 90 -
Figura 55: Tipología de departamento B _____	- 91 -
Figura 56: Tipología de departamento C _____	- 92 -
Figura 57: Tipología de departamento D _____	- 93 -
Figura 58: Elevación sur _____	- 94 -
Figura 59: Elevación este _____	- 94 -
Figura 60: Sección Arquitectónica A-A _____	- 95 -
Figura 61: Sección Arquitectónica B-B _____	- 95 -
Figura 62: Detalle constructivo axonométrico 1 de la propuesta _____	- 96 -
Figura 63: Detalle constructivo axonométrico 2 de la propuesta _____	- 98 -
Figura 64: Imagen del proyecto _____	- 100 -
Figura 65: Imagen del proyecto _____	- 101 -
Figura 66: Imagen del proyecto _____	- 101 -
Figura 67: Imagen del proyecto _____	- 102 -
Figura 68: Imagen del Proyecto _____	- 102 -
Figura 69: Imagen del proyecto _____	- 103 -
Figura 70: Imagen del proyecto _____	- 103 -
Figura 71: Imagen del proyecto _____	- 104 -
Figura 72: Imagen del proyecto _____	- 104 -
Figura 73: Imagen del proyecto _____	- 105 -
Figura 74: Imagen del proyecto _____	- 105 -
Figura 75: Imagen del proyecto _____	- 106 -
Figura 76: Imagen del proyecto _____	- 106 -
Figura 77: Simulaciones de iluminación de la planta baja, en la tercera planta alta y en la sexta planta alta de la edificación de análisis _____	- 107 -
Figura 78: Modelado 3d simplificado de la propuesta arquitectónica en el software designbuilder _ - 108 -	- 108 -
Figura 79: Configuración de las aberturas del proyecto _____	- 109 -
Figura 80: Configuración de las simulaciones de iluminación natural en un día nublado. ____	- 109 -
Figura 81: Configuración de las simulaciones de iluminación natural en un día soleado el 21 de diciembre a las 9am. _____	- 110 -
Figura 82: Configuración de las simulaciones de iluminación natural en un día soleado el 21 de diciembre a las 15pm. _____	- 110 -
Figura 83: Modelado simple del escenario actual en el software designbuilder _____	- 111 -
Figura 84: Simulación de daylight factor en un día nublado de la planta baja en el software designbuilder _____	- 112 -
Figura 85: Simulación de iluminancia de la planta baja en un día soleado a las 9 am en el software designbuilder _____	- 113 -
Figura 86: Simulación de iluminancia de la planta baja en un día soleado a las 15 pm en el software designbuilder _____	- 114 -
Figura 87: Simulación de daylight factor en un día nublado de la primera planta alta en el software designbuilder _____	- 115 -
Figura 88: Simulación de iluminancia de la primera planta alta en un día soleado a las 9 am en el software designbuilder _____	- 116 -
Figura 89: Simulación de iluminancia de la primera planta alta en un día soleado a las 15 pm en el software designbuilder _____	- 117 -
Figura 90: Simulación de daylight factor en un día nublado de la tercera planta alta en el software designbuilder _____	- 118 -
Figura 91: Simulación de iluminancia de la tercera planta alta en un día soleado a las 9 am en el software designbuilder. _____	- 119 -

Figura 92: Simulación de iluminancia de la tercera planta alta en un día soleado a las 15 pm en el software designbuilder _____	- 120 -
Figura 93: Simulación de daylight factor de la sexta planta alta en el software designbuilder _____	- 121 -
Figura 94: Simulación de iluminancia de la sexta planta alta en un día soleado a las 9 am en el software designbuilder _____	- 122 -
Figura 95: Simulación de iluminancia de la sexta planta alta en un día soleado a las 15 pm en el software designbuilder _____	- 123 -
Figura 96: Modelado simple del escenario con contexto alto en el software designbuilder _____	- 124 -
Figura 97: Simulación de daylight factor en día nublado de la planta baja en el software designbuilder _____	- 125 -
Figura 98: Simulación de iluminancia en día soleado a las 9 am de planta baja en el software designbuilder _____	- 126 -
Figura 99: Simulación de iluminancia en día soleado a las 15 pm de la planta baja en el software designbuilder _____	- 127 -
Figura 100: Simulación de daylight factor en un día nublado de la primera planta en el software designbuilder. _____	- 128 -
Figura 101: Simulación de iluminancia en día soleado a las 9 am de la primera planta alta en el software designbuilder _____	- 129 -
Figura 102: Simulación de iluminancia en día soleado a las 15 pm de la primera planta alta en el software designbuilder _____	- 130 -
Figura 103: Simulación de daylight factor en un día nublado de la tercera planta alta en el software designbuilder _____	- 131 -
Figura 104: Simulación de iluminancia en día soleado a las 9 am de la tercera planta alta en el software designbuilder _____	- 132 -
Figura 105: Simulación de iluminancia en día soleado a las 15 pm de la tercera planta alta en el software designbuilder _____	- 133 -
Figura 106: Simulación de daylight factor en un día nublado de la sexta planta alta en el software designbuilder _____	- 134 -
Figura 107: Simulación de iluminancia en día soleado a las 9 am de la sexta planta alta en el software designbuilder _____	- 135 -
Figura 108: Simulación de iluminancia en día soleado a las 15 pm de la sexta planta alta en el software designbuilder _____	- 136 -
Figura 109: Vanos de la edificación en estado actual y con modificaciones. _____	- 137 -
Figura 110: Simulación de daylight factor en un día nublado de la primera planta en el software designbuilder _____	- 138 -
Figura 111: Simulación de iluminancia en día soleado a las 9 am de la primera planta alta en el software designbuilder _____	- 139 -
Figura 112: Simulación de iluminancia en día soleado a las 15 pm de la primera planta alta en el software designbuilder _____	- 140 -
Figura 113: Simulación de daylight factor en un día nublado de la tercera planta en el software designbuilder _____	- 141 -
Figura 114: Simulación de iluminancia en día soleado a las 9 am de la tercera planta alta en el software designbuilder _____	- 142 -
Figura 115: Simulación de iluminancia en día soleado a las 15 pm de la tercera planta alta en el software designbuilder _____	- 143 -
Figura 116: Simulación de daylight factor en un día nublado de la primera planta en el software designbuilder _____	- 144 -
Figura 117: Simulación de iluminancia en día soleado a las 9 am de la primera planta alta en el software designbuilder _____	- 145 -
Figura 118: Simulación de iluminancia en día soleado a las 15 pm de la primera planta alta en el software designbuilder _____	- 146 -

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Comparación de componentes entre proyectos referentes.	- 48 -
Tabla 2: Normativa local de la zona de estudio en donde se implantará la edificación.....	- 54 -
Tabla 3: Recursos a considerar para el anteproyecto arquitectónico	- 69 -
Tabla 4: Tabla resumen de las simulaciones de las simulaciones del escenario de estado actual ..	- 123 -
Tabla 5: Tabla resumen de las simulaciones de las simulaciones del escenario con contexto alto..	- 136 -
Tabla 6: Tabla resumen de las simulaciones de las simulaciones del escenario con contexto alto y modificaciones.....	- 146 -
Tabla 7: Tabla comparativa de las simulaciones en un día nublado de los tres escenarios	- 147 -
Tabla 8: Tabla comparativa de las simulaciones en un día soleado a las 9 am de los tres escenarios	- 147 -
Tabla 9: Tabla comparativa de las simulaciones en un día soleado a las 15 pm de los tres escenarios	- 147 -

CAPÍTULO I



1. INTRODUCCIÓN

El diseño arquitectónico contemporáneo se encuentra en constante evolución, buscando no solo la estética y funcionalidad, sino también la armonía con el entorno y la eficiencia en el uso de recursos. En este contexto, las estrategias bioclimáticas emergen como un enfoque clave para lograr edificaciones más sostenibles y adaptadas al medio ambiente. La integración de estos principios en el diseño de viviendas multifamiliares se presenta como una oportunidad para mejorar la calidad de vida de los habitantes, reducir el impacto ambiental y optimizar el consumo energético en entornos urbanos.

En el contexto internacional, el diseño arquitectónico sostenible se ha convertido en una prioridad en la agenda global, impulsado por la creciente conciencia sobre el cambio climático y la necesidad de reducir la huella ambiental de las construcciones. Países de diferentes regiones han adoptado políticas y normativas que fomentan la implementación de estrategias bioclimáticas en la arquitectura, reconociendo su potencial para mitigar los impactos negativos de la urbanización y promover un desarrollo urbano más resiliente y sustentable. En este escenario, experiencias exitosas en el diseño de viviendas multifamiliares con enfoque bioclimático en ciudades como Vancouver, Melbourne y Copenhague sirven como ejemplos inspiradores para abordar los desafíos similares que enfrenta la ciudad de Cuenca.

A nivel nacional, Ecuador ha mostrado un creciente interés en la promoción de prácticas arquitectónicas sostenibles y la incorporación de criterios bioclimáticos en la planificación urbana. El país cuenta con una rica diversidad climática y cultural, lo que ofrece oportunidades únicas para el desarrollo de estrategias adaptadas a las características específicas de cada región. En este sentido, experiencias pioneras en ciudades como Quito y Guayaquil han demostrado el potencial de la arquitectura bioclimática para mejorar la calidad de vida de los habitantes y reducir el impacto ambiental de las construcciones. La presente investigación busca contribuir a este contexto nacional mediante la formulación de un anteproyecto de vivienda multifamiliar que integre principios bioclimáticos y responda a las necesidades específicas de la ciudad de Cuenca, consolidando así el compromiso del país con un desarrollo urbano más sustentable y equitativo.

En el contexto local, la ciudad de Cuenca, reconocida por su patrimonio cultural y arquitectónico, enfrenta desafíos significativos en términos de desarrollo urbano y sostenibilidad ambiental. Ante el crecimiento demográfico y la demanda de viviendas multifamiliares, surge la necesidad de explorar soluciones innovadoras que respondan a estas problemáticas y promuevan un desarrollo urbano más equitativo y sostenible. En este contexto, la aplicación de estrategias bioclimáticas en el diseño de viviendas multifamiliares se presenta como una alternativa prometedora para abordar estos desafíos y mejorar la calidad de vida de los habitantes.

El presente estudio se enmarca en este contexto, proponiendo el desarrollo de un anteproyecto de vivienda multifamiliar que incorpore principios bioclimáticos específicos para el contexto de Cuenca, Ecuador. A través de un enfoque interdisciplinario que integre conocimientos

en arquitectura, urbanismo, ingeniería y ciencias ambientales, se busca explorar nuevas formas de concebir y diseñar espacios habitables que sean más eficientes desde el punto de vista energético y más respetuosos con el medio ambiente.

La adopción de estrategias bioclimáticas en el diseño arquitectónico no solo implica considerar aspectos climáticos y ambientales, sino también comprender las necesidades y preferencias de los usuarios, así como los contextos culturales y sociales en los que se insertan las edificaciones. En este sentido, el diseño de viviendas multifamiliares que integren principios bioclimáticos debe ser sensible a las características únicas de Cuenca y sus habitantes, promoviendo la participación activa de la comunidad en el proceso de diseño y planificación urbana.

A través de este enfoque, se espera no solo contribuir al avance del conocimiento en arquitectura sostenible y diseño urbano, sino también ofrecer propuestas concretas y aplicables que puedan inspirar futuros proyectos de vivienda en Cuenca y otras ciudades con desafíos similares.

1.1 Antecedentes

A causa del crecimiento acelerado de la población urbana, uno de los principales contribuyentes a la contaminación ambiental a nivel mundial es el sector residencial (Stephan & Athanassiadis, 2018). Además, la ocupación masiva del suelo debido por el proceso de urbanización da como resultado ciudades dispersas con un alto consumo energético y de materia prima, aumentando la contaminación ambiental. Dentro de este contexto, aparecen las ciudades latinoamericanas que enfrentan a esta problemática, teniendo una expansión urbana debido a un apresurado crecimiento disperso a las periferias. De manera más específica, la ciudad de Cuenca, Ecuador enfrenta problemas como el difícil acceso a la vivienda, el aumento de los precios del suelo y el fenómeno de la peri urbanización, debido al crecimiento poblacional y urbano (Ortiz et al., 2023). Según información del Programa Nacional de Vivienda Social del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda de Ecuador señala, actualmente alrededor del 45 % de los 3.8 millones de hogares del país viven en condiciones de vivienda incumplidas (MIDUVI, 2016). Considerando esto, Barragán & Ochoa (2014) señala el creciente déficit habitacional en Ecuador, que demanda la construcción de 50,000 viviendas anuales para cubrir este problema, teniendo en cuenta el aumento de la población. En total, el déficit habitacional asciende a 1.4 millones de viviendas.

1.2 Formulación del problema

La falta de planificación y consideración de estrategias bioclimáticas en la construcción de viviendas ha llevado a consecuencias ambientales negativas a nivel global. La industria de la construcción genera alrededor del 50% de los residuos, gasta aproximadamente el 48% de la energía mundial y el 50% de los recursos naturales, convirtiendo a la construcción en una de las industrias que más recursos e insumos energéticos consume (Torres-Quezada et al., 2022). Este sector, genera problemas con el medio ambiente vinculados con la ecología, los recursos naturales, la energía, los gases de efecto invernadero y otras emisiones al aire (Martinez et al., 2022). Esto ha resultado en una contaminación significativa y en un mayor uso de recursos para conseguir un confort adecuado en las edificaciones (Álvarez-Sánchez, 2021).

Debido a esto, los edificios deberían aplicar estrategias bioclimáticas para disminuir el desconfort térmico, lumínico, acústico y ambiental, tomando en cuenta los aspectos físico-ambientales como la temperatura, la radiación solar, la dirección y velocidad del viento, los aspectos de diseño como la forma, retiros entre edificaciones, la orientación y aberturas con relación a su lugar de emplazamiento (Manzano-Agugliaro et al., 2015). En el sector residencial, la iluminación artificial y la refrigeración son las principales fuentes de consumo energético anual representando el 40% (Harputlugil & de Wilde, 2021). Aunque el consumo de luz artificial no suele ser ampliamente abordado, puede llegar a representar entre el 15% y 30% del consumo total de la edificación, y hasta un 36% en términos de emisiones de CO₂, lo que provoca una mayor contaminación ambiental (Acosta et al., 2018). Ante esta situación el uso adecuado de estrategias enfocadas en aprovechar la luz natural reduce el consumo anual hasta en un 30% (Gago et al., 2015), al reducir el consumo energético por cada kWh se reduce la emisión de 680,39g de dióxido de carbono, 5,67g de dióxido de azufre y 2,27g de óxido de nitrógeno (Zain-Ahmed et al., 2002).

Por otro lado, la arquitectura común tiende a enfocarse más en la estética que en resolver problemas funcionales, como la iluminación natural de los edificios. Las ventanas permiten la entrada de luz natural y aportan iluminación al interior del edificio, pero a medida que uno se aleja de las áreas con ventanas, la cantidad de luz natural disminuye considerablemente (Rafati et al., 2023). Los pozos de luz proporcionan iluminación natural a los espacios internos que no tienen relación directa con el exterior, pero al no tener una buena orientación solar, una forma proporcional al tamaño de la edificación limita la penetración de la luz (Adel-Nasab & Teimourtash, 2023), esto hace que cada vez los problemas lumínicos durante el día se solventen con iluminación artificial lo cual causa un mayor consumo energético.

Además, ante un constante crecimiento de la población y el déficit habitacional existente una de las soluciones son los edificios multifamiliares para incrementar la densidad de la ciudad (Gassar & Cha, 2022). Sin embargo, incrementar la densidad habitacional sin un fundamento claro no es la solución. Aunque inicialmente se pueda observar problemas de modos de vida en altura, existen problemas físicos más importantes para asegurar la habitabilidad del usuario. Por ejemplo, asegurar la accesibilidad solar (Baquero & Quesada, 2016). El aumento de la densidad habitacional por los

edificios multifamiliares reduce significativamente el sky view factor de las superficies acristaladas de las viviendas, especialmente en los pisos inferiores. Además, las normativas locales no consideran la variable de iluminación al definir los retiros en este tipo de edificaciones (Chatzipoulka et al., 2018).

En definitiva, la problemática abordada en este trabajo es la capacidad de la iluminación natural en las viviendas multifamiliares en altura de la ciudad de Cuenca, como una forma efectiva de ahorro energético. Este enfoque en la iluminación natural busca mejorar el confort interior de las edificaciones residenciales y la salud física y mental de sus usuarios, reduciendo la dependencia de la iluminación artificial (Zhen et al., 2019). Al abordar esta problemática, se pretende demostrar cómo una adecuada planificación y diseño de los edificios puede contribuir significativamente a la sostenibilidad y eficiencia energética en el sector residencial.

1.3 Justificación

La elaboración de un anteproyecto de tipología multifamiliar, donde se implementen estrategias bioclimáticas para minimizar el consumo energético de iluminación artificial, resulta una solución constructiva y conceptual ideal. Esto se refleja en la creación de espacios con un confort lumínico apropiado y un diseño preciso. En Ecuador se han realizado investigaciones sobre el correcto uso de iluminación artificial en el diseño interior, como menciona Danilo & Carchipulla (2019) un diseño adecuado de luminarias en espacios interiores, junto con el uso estratégico de diferentes tipos de luminarias, contribuye significativamente a reducir el consumo excesivo de energía eléctrica. Asimismo, investigaciones previas han desarrollado procesos para usar luminarias de manera estratégica, con el fin de minimizar el consumo eléctrico y los costos asociados. Estas investigaciones aseguran que se utilicen los luxes necesarios para iluminar adecuadamente un espacio.

Además, las regulaciones nacionales establecen criterios para el uso de luz natural. Según la norma ecuatoriana de la construcción, "se debe garantizar un nivel mínimo de iluminación en el interior de la vivienda en función de las necesidades de cada espacio" (NEC, 2018). Aunque estas normativas no son obligatorias, no contemplan factores cruciales como el número de pisos en edificios altos, los retiros necesarios para una iluminación adecuada y el "sky view factor", elementos esenciales para la iluminación de edificaciones en altura. Esta omisión refleja una falta de investigación específica en el contexto de edificios altos. En la ciudad de Cuenca, la única normativa vigente establece que, para iluminar un espacio interior aprovechando la luz natural, se debe garantizar que las aberturas permitan la entrada de luz equivalente al 15% del área del piso del espacio a iluminar (GAD Cuenca, 1998).

El empleo de herramientas de software de modelado ofrece facilidades para la simulación energética, permitiendo cuantificar el consumo en edificaciones. Herramientas como DesignBuilder fomentan prácticas arquitectónicas más conscientes y sostenibles, allanando el camino para futuras construcciones en la ciudad de Cuenca (Zoure & Genovese, 2023). Este programa permite evaluar la eficiencia lumínica de cada espacio propuesto y comparar los resultados con estándares establecidos, cumpliendo con normativas locales y nacionales. Con el objetivo de alcanzar esta meta, el estudio propone establecer criterios de diseño que reduzcan el consumo energético de las luminarias artificiales, las cuales generan una cantidad significativa de emisiones de CO₂. Estos criterios estarán en línea con estrategias bioclimáticas adaptadas a la ubicación específica del edificio (Barragán & Ochoa, 2014). La construcción de viviendas multifamiliares aborda la escasez de vivienda en Ecuador, aunque enfrenta deficiencias en aspectos como la accesibilidad económica, el diseño y la calidad de la construcción, así como las regulaciones y la legalidad. Se destaca especialmente el diseño deficiente de las edificaciones (Cardenas et al., 2019). Por ello, se propone desarrollar viviendas multifamiliares que cumplan con estándares óptimos de habitabilidad.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general.

- Diseñar una vivienda multifamiliar a nivel de anteproyecto aplicando estrategias de diseño bioclimático para disminuir el consumo energético de iluminación artificial, en la ciudad de Cuenca-Ecuador.

1.4.2 Objetivos específicos.

- Definir estrategias de diseño bioclimático para optimizar el confort lumínico y reducir el consumo energético de una vivienda.
- Analizar las condiciones climáticas específicas de la ciudad de Cuenca, con el fin de comprender las necesidades bioclimáticas particulares para alcanzar el confort lumínico en el diseño de vivienda multifamiliar.
- Evaluar el comportamiento lumínico de la propuesta arquitectónica para validar las estrategias bioclimáticas aplicadas.

1.5 Metodología

La investigación para desarrollar un prototipo de vivienda multifamiliar sostenible emplea una metodología basada en enfoques cuantitativos. Este enfoque busca comprender las necesidades de los grupos focales, analizar su participación en los espacios de interacción y proponer un modelo de vivienda sostenible. El objetivo es adaptar esta propuesta al contexto específico, mejorar la habitabilidad de los residentes y reducir el consumo energético. Para ello, se seguirán las siguientes etapas:

- **ETAPA 1: Fundamentos Teóricos**

A través de medios y plataformas digitales, se realizará una investigación profunda que permita identificar los factores tanto externos como internos que influyen en las estrategias bioclimáticas para proporcionar un correcto desarrollo de construcción de viviendas sostenibles.

1.6. Análisis de factores para las estrategias bioclimáticas

El análisis de factores para las estrategias bioclimáticas implica examinar bibliografía previa orientada a aprovechar las condiciones climáticas para mejorar el confort térmico y la eficiencia energética en edificaciones.

- ¿Cómo y porque surgen las estrategias bioclimáticas?
- ¿Qué se considera estrategias bioclimáticas?
- Factores que influyen en las estrategias bioclimáticas: Se estudiarán factores sociales, económicos y culturales, con la finalidad de determinar el factor más influyente y saber cómo abordarlo en el proyecto.
- Estrategias bioclimáticas en la zona de estudio

1.7. Investigación bibliográfica sobre las viviendas con estrategias bioclimáticas

La investigación bibliográfica sobre viviendas con estrategias bioclimáticas es fundamental para el diseño sostenible. Proporciona una base sólida al ofrecer información sobre soluciones exitosas, y materiales innovadores. Este conocimiento previo permite crear diseños más eficientes energéticamente, cómodos y respetuosos con el medio ambiente, adaptados a las necesidades de los habitantes y orientados hacia soluciones innovadoras.

- Viviendas con estrategias bioclimáticas
- Viviendas con estrategias bioclimáticas a gran altura
- Formas de habitar en viviendas con estrategias bioclimáticas

1.8. Análisis de normativa

Servirá para conocer cuál es la implementación actual de las estrategias bioclimáticas en las residencias o indagar que es lo permitido en la norma acerca del mismo tema. Por lo contrario, si no

se encuentran se basarán en parámetros ya establecidos y que han funcionado en otros lados adaptando las regulaciones al contexto.

1.9. Análisis de Casos

Se escogerán casos de referencias que cuenten con características basadas en estrategias bioclimáticas y el confort en viviendas sustentables. Algunos de los aspectos a analizar son: relaciones espaciales, funcionalidad, estrategias bioclimáticas, materialidad, escala, etc. Para concluir la sección de análisis de casos se generará un cuadro resumen para destacar las estrategias a implementar en el anteproyecto.

ETAPA 2: Diagnóstico multicriterio.

Servirá para conocer qué elementos del contexto influyen y se pueden aplicar en la propuesta:

- Análisis de clima: Se analizan las condiciones climáticas locales de la ciudad de Cuenca para un ahorro de energía y un menor impacto Ambiental para lograr un buen confort en el interior de la edificación con estrategias bioclimáticas con las características climáticas locales (Castilla et al., 2010).
- Estudio de la infraestructura y factores geográficos del sector.
- Elementos construidos existentes para la materialidad y contextualizar el proyecto
- Estudio de la iluminancia exterior en el sector de estudio.

ETAPA 3: Anteproyecto de un diseño de prototipo de vivienda con estrategias bioclimáticas

El diseño de prototipos de vivienda con estrategias bioclimáticas en ciudades de gran altura es fundamental debido a que estos entornos urbanos enfrentan desafíos únicos. La implementación de estrategias bioclimáticas en estos diseños permite maximizar la eficiencia energética, mejorar el confort lumínico de los residentes y reducir la huella ambiental, adaptándose de manera específica a las condiciones climáticas y ambientales de las áreas urbanas verticales, promoviendo así un estilo de vida más sostenible y saludable en estos contextos.

1.10. Programa Arquitectónico

- Cuadro de necesidades
- Relación entre espacios
- Diagramas arquitectónicos (Arq. Josep María Montaner)
- Zonificación
- Bocetos arquitectónicos

1.10.1. Anteproyecto.

- Modelado 3D en software BIM (Archicad - Revit)
- Simulaciones y análisis de estrategias bioclimáticas en el software DesignBuilder
- Planos arquitectónicos
- Secciones constructivas

- Representación

ETAPA 4: Medición de iluminación en el prototipo de vivienda mediante el uso del software DesignBuilder SIMULACIONES

DesignBuilder es un programa especializado en la simulación energética y ambiental de edificios. Sus funciones avanzadas incluyen la evaluación del confort, consumo de energía y emisiones de carbono. Ofrece módulos integrados para facilitar flujos de trabajo eficientes. El módulo de Iluminación es una herramienta útil para optimizar el uso de luz natural en edificios. Ayuda a mejorar el confort lumínico y reduce la carga térmica y el consumo de energía relacionados con la iluminación artificial. Utiliza el motor de cálculo Radiance para calcular parámetros como niveles de iluminación y factores de luz diurna.

1.10.2. Simulaciones.

- Modelado 3D simplificado
- Plantillas de iluminación.
- Opciones de cálculo de iluminación.
- Resultados de iluminación.

Desarrollar un proyecto arquitectónico para una vivienda multifamiliar que satisfaga integralmente los estándares de habitabilidad y garantice un óptimo confort lumínico. Para lograrlo, se implementarán estrategias de diseño bioclimático destinadas a reducir la huella ambiental, minimizando así el consumo excesivo de energía eléctrica. Finalizando se validarán las estrategias utilizadas en el diseño mediante simulaciones con el software DesignBuilder.

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DE LITERATURA



El presente capítulo se centra en los fundamentos del bioclimatismo y la eficiencia energética en el diseño arquitectónico, con un enfoque particular en viviendas multifamiliares. Inicia con una explicación detallada de cómo el bioclimatismo integra el diseño de edificaciones con el entorno natural, aprovechando recursos climáticos locales para mejorar el confort térmico y reducir el consumo energético. Se abordan conceptos esenciales como la orientación adecuada de los edificios, el uso de materiales con propiedades térmicas específicas, y la implementación de sistemas pasivos de ventilación e iluminación. Además, se discute la importancia de la eficiencia energética, describiendo estrategias que incluyen el uso de ventanas y claraboyas, techos verdes, fachadas ventiladas y sistemas de energía solar para disminuir la dependencia de sistemas mecánicos de calefacción, refrigeración e iluminación.

El capítulo está estructurado en varias secciones que profundizan en diferentes aspectos clave del bioclimatismo y la eficiencia energética. Primero, se presentan los conceptos básicos del bioclimatismo y su aplicación en la arquitectura, seguido de la importancia de la eficiencia energética en el diseño de viviendas multifamiliares. Luego, se explora la relevancia de la iluminación natural en la eficiencia energética, detallando conceptos como la iluminancia directa y difusa y el factor de vista del cielo. La última parte del capítulo se enfoca en estrategias específicas para aprovechar la luz natural en edificios en altura, incluyendo el uso de pozos de iluminación, iluminación cenital, optimización de retiros y proporción de vanos en fachadas. Estas secciones combinan fundamentos teóricos con aplicaciones prácticas, proporcionando una visión integral y detallada del diseño arquitectónico sostenible.

2.1. Fundamentos del Bioclimatismo y eficiencia energética

Los fundamentos del bioclimatismo se centran en la integración del diseño arquitectónico con el entorno natural para crear edificaciones que aprovechen de manera óptima los recursos climáticos locales, mejorando así el confort térmico y reduciendo el consumo energético (Toro, 2022). Este enfoque se basa en principios como la orientación adecuada de los edificios, el uso de materiales de construcción que ofrezcan aislamiento térmico y la implementación de sistemas pasivos de ventilación e iluminación natural. Al considerar factores como la radiación solar, los vientos predominantes y la humedad del ambiente, el diseño bioclimático busca minimizar la dependencia de sistemas mecánicos de calefacción, refrigeración e iluminación, favoreciendo el uso de energías renovables y técnicas sostenibles (Gaener, 2022), como se ve en la figura 1.

Figura 1: Diseño bioclimático, a favor de la eficiencia energética



Nota. Render exterior. Tomado de Morán (2023)

La eficiencia energética, en el contexto del bioclimatismo, se logra mediante la aplicación de estrategias que reduzcan el consumo de energía sin comprometer el confort de los usuarios, esto incluye el uso de ventanas y claraboyas para maximizar la entrada de luz natural, la incorporación de techos verdes y fachadas ventiladas para mejorar el aislamiento y la instalación de sistemas de energía solar para la generación de electricidad y calefacción de agua (Pérez, 2023). Estas medidas no solo contribuyen a disminuir los costos operativos de las viviendas multifamiliares, sino que también reducen la huella de carbono, promoviendo un desarrollo urbano más sostenible y resiliente frente al cambio climático. La combinación de fundamentos bioclimáticos y eficiencia energética representa una estrategia integral que responde a la necesidad urgente de construir edificaciones más responsables y adaptadas a su entorno natural.

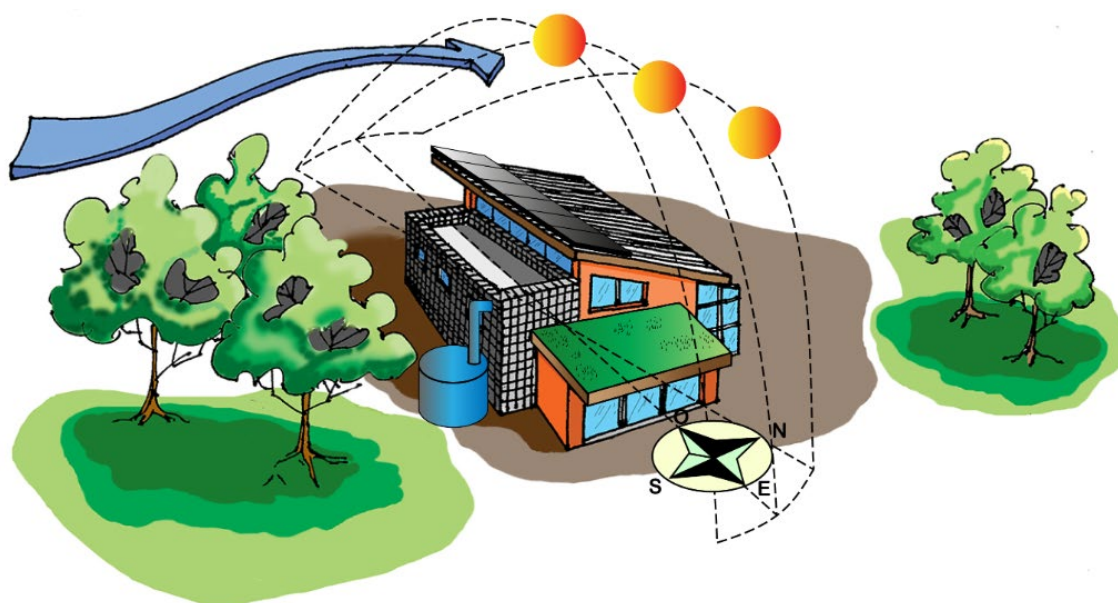
2.1.1. Conceptos básicos del bioclimatismo y su aplicación en la arquitectura.

Los conceptos básicos del bioclimatismo incluyen la orientación adecuada de los edificios para maximizar la captación de luz solar y la protección contra los vientos predominantes, el uso de materiales de construcción con propiedades térmicas específicas y la implementación de sistemas pasivos de ventilación e iluminación (Slowstudio, 2022). En este sentido, estos principios permiten aprovechar al máximo los recursos naturales disponibles, como el sol, el viento y la vegetación, para mantener condiciones de temperatura y humedad adecuadas en el interior de los edificios sin recurrir a sistemas mecánicos que consumen energía.

La aplicación del bioclimatismo en la arquitectura implica integrar estos conceptos desde las primeras etapas del diseño. Es decir, la orientación de las ventanas y las aberturas debe ser tal que

maximice la entrada de luz solar en invierno y la minimice en verano, utilizando elementos como voladizos y persianas para controlar la radiación solar. Además, se pueden incorporar materiales con alta inercia térmica, como el adobe o la piedra, que absorben y liberan calor lentamente, ayudando a mantener una temperatura interior constante. Asimismo, la vegetación también juega un papel crucial, proporcionando sombra y enfriamiento por evaporación en los meses cálidos (Cerde & Puebla, 2021). En conjunto, estas estrategias permiten diseñar edificios que no solo son eficientes energéticamente, sino también más confortables y saludables para sus ocupantes, contribuyendo a un entorno más sostenible y resiliente (ver figura 2).

Figura 2: Eficiencia y Sostenibilidad de la Arquitectura Bioclimática



Nota. Tomado de CASAAMBIENTAL (2023)

2.1.2. Importancia de la eficiencia energética en el diseño de viviendas multifamiliares.

La eficiencia energética en el diseño de viviendas multifamiliares es fundamental para lograr sostenibilidad y reducir el impacto ambiental de las edificaciones, en un contexto donde el cambio climático y la escasez de recursos energéticos son preocupaciones globales, diseñar viviendas que consuman menos energía es esencial, la eficiencia energética se logra a través de estrategias de diseño que optimizan el uso de recursos naturales como la luz solar y el viento, y mediante la implementación de tecnologías avanzadas que mejoran el rendimiento energético de los sistemas de calefacción, refrigeración, y ventilación (Yantas & Zavala, 2023). En análisis a lo mencionado, esto no solo reduce la huella de carbono, sino que también disminuye los costos operativos para los residentes, haciendo la vivienda más asequible a largo plazo.

En viviendas multifamiliares, donde la densidad de población y el consumo de energía son mayores que en viviendas unifamiliares, la eficiencia energética adquiere una mayor relevancia. Según Guillén et al. (2024) incorporar tecnologías como paneles solares, sistemas de recolección de agua de lluvia y aislamiento térmico avanzado puede generar importantes ahorros energéticos y económicos. Además, el diseño eficiente en términos energéticos puede mejorar significativamente

la calidad de vida de los residentes, proporcionando ambientes más confortables y saludables. Es decir, el uso de ventanas de alto rendimiento y sistemas de ventilación natural puede mejorar la calidad del aire interior y reducir la dependencia de sistemas de climatización artificial.

En este sentido, la eficiencia energética en el diseño de viviendas se enfoca en reducir el consumo de energía a través de estrategias que optimizan el uso de recursos naturales y tecnologías avanzadas, garantizando así el confort y la sostenibilidad. Un aspecto crucial dentro de esta eficiencia es la optimización de la iluminación, tanto natural como artificial. En este contexto, el diseño eficiente de iluminación implica maximizar la entrada de luz natural mediante la orientación adecuada de ventanas y el uso de elementos arquitectónicos como tragaluces y pozos de luz, que permiten una distribución uniforme de la luz solar en los espacios interiores. Además, se incorporan tecnologías de iluminación artificial de bajo consumo, como lámparas LED y sistemas de control automatizado, que ajustan la intensidad y el color de la luz según las necesidades del momento (Zhou, 2023).

Estas medidas no solo disminuyen la dependencia de la iluminación eléctrica, reduciendo así los costos operativos, sino que también mejoran el bienestar de los residentes al proporcionar ambientes más saludables y agradables. Por lo tanto, la eficiencia energética en el diseño de viviendas multifamiliares va más allá de la simple reducción de consumo; se trata de crear espacios que sean sostenibles, económicos y confortables, integrando de manera inteligente y armoniosa la luz natural y artificial (Sharifi, 2019). En análisis a lo expuesto, la eficiencia energética no solo es crucial para la sostenibilidad ambiental y económica, sino que también juega un papel vital en la creación de comunidades más resilientes y habitables, como el ejemplo que se muestra en la siguiente figura 3, la cual presenta soluciones técnicas y/o logísticas que permiten reducir el consumo energético de un sistema para un servicio idéntico o incluso superior (ver figura 3).

Figura 3: Eficiencia energética



Nota. Tomado de Avila (2023)

2.1.3. Importancia de la iluminación natural en la eficiencia energética.

La iluminación natural es un componente esencial en el diseño eficiente de edificios, ya que su adecuada utilización puede significativamente reducir el consumo energético asociado a la iluminación artificial, por ello, aprovechar la luz natural implica diseñar espacios que maximicen la entrada de luz solar a través de ventanas, tragaluces y otros elementos arquitectónicos (Shove, 2018). Esto no solo reduce la necesidad de utilizar iluminación eléctrica durante el día, sino que también crea ambientes interiores más saludables y agradables, la luz natural mejora el bienestar de los ocupantes, aumentando su productividad y reduciendo la fatiga visual, lo cual es especialmente importante en entornos residenciales donde la calidad del ambiente interior afecta directamente la calidad de vida (Chel & Kaushik, 2018), ver figura 4.

Además, la iluminación natural contribuye a la eficiencia energética al interactuar con otros sistemas del edificio, como la calefacción y la refrigeración. Así, durante los meses más fríos, la entrada de luz solar puede ayudar a calentar los espacios interiores, disminuyendo la carga sobre los sistemas de calefacción (Belussi et al., 2019). En este contexto, en climas cálidos, el diseño debe incluir estrategias como el uso de vidrios de baja emisividad, sombreados y ventilación natural para evitar el sobrecalentamiento y reducir la necesidad de aire acondicionado. Por ende, implementar estas estrategias de manera integrada permite optimizar el uso de recursos naturales y tecnológicos, logrando edificaciones más sostenibles y eficientes en términos energéticos (Nasab & Teimourtash, 2023).

Figura 4: Ahorro de energía a través de la luz natural



Nota. Tomado de Danpal Light Arquitectura (2023)

2.2. Conceptos de iluminación edilicia dentro de un contexto urbano

Los conceptos de iluminación edilicia dentro de un contexto urbano se refieren a las estrategias y técnicas utilizadas para diseñar sistemas de iluminación que no solo satisfagan las necesidades funcionales y estéticas de los edificios, sino que también se integren armoniosamente con el entorno urbano circundante (ver figura 5). En un entorno urbano, la iluminación debe considerar factores como la densidad de las edificaciones, la disposición de las calles, plazas y espacios públicos, así como la interacción con otras fuentes de luz presentes, como la iluminación vial y comercial (Castro, 2018).

Figura 5: Iluminación urbana



Nota. Tomado de ILUMINET (2019)

2.2.1. Radiación solar: Luz directa y difusa.

La iluminancia directa se refiere a la cantidad de luz que llega a una superficie desde una fuente luminosa sin experimentar reflexiones o refracciones significativas en su trayectoria. Este tipo de iluminación es la que proviene directamente de la fuente de luz, como por ejemplo la luz del sol que entra a través de una ventana sin obstáculos. Así también, la iluminancia directa es importante para proporcionar niveles adecuados de luz en áreas específicas y para resaltar características arquitectónicas o decorativas (Hong et al., 2024).

En este sentido, la luz natural se refiere a la radiación lumínica proveniente del sol que ingresa a un espacio a través de ventanas, tragaluces u otras aberturas arquitectónicas. Este tipo de iluminación es esencial para proporcionar luz en interiores durante el día, reduciendo la necesidad de iluminación artificial, la luz natural no solo ayuda a crear ambientes más luminosos y agradables,

sino que también mejora el bienestar de los ocupantes al proporcionar una conexión directa con el entorno exterior y contribuir a la regulación del ciclo circadiano. Además, el aprovechamiento de la luz natural en el diseño arquitectónico permite reducir el consumo energético asociado a la iluminación artificial, promoviendo la eficiencia energética y la sostenibilidad de los edificios (ARQUITECTURABIO, 2019).

En el diseño de una vivienda multifamiliar aplicando estrategias bioclimáticas para reducir el consumo energético de iluminación artificial, es importante considerar tanto la iluminancia directa como la iluminancia difusa. Esto implica maximizar el aprovechamiento de la luz natural directa a través de ventanas estratégicamente ubicadas y el uso de elementos arquitectónicos que faciliten su entrada y distribución en el interior de los espacios (Córica & Ruiz, 2018).

Figura 6: Pirómetro Con banda de Sombra Para la Medición Radiación Difusa



Nota. Tomado de IDEAM (2023)

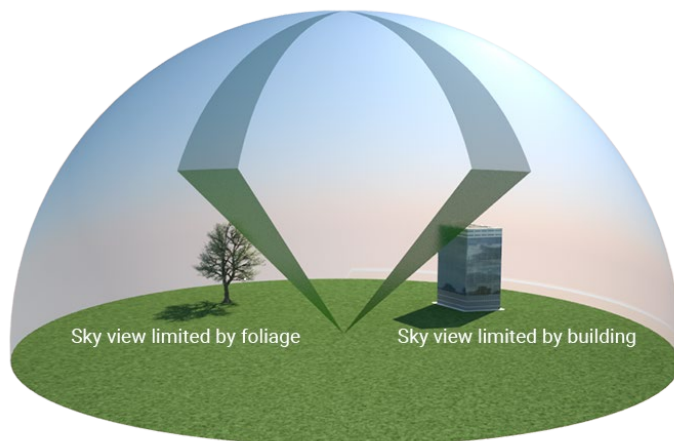
2.2.2. El factor de vista del cielo.

El factor de vista al cielo es un concepto crucial en el diseño arquitectónico que se refiere a la cantidad de cielo visible desde el interior de un espacio habitable (ver imagen 7). Este factor considera la presencia de ventanas, tragaluces u otras aperturas en la estructura del edificio que permiten la entrada de luz natural desde el exterior. Cuanto mayor sea el factor de vista al cielo, mayor será la cantidad de luz natural que penetre en el interior del edificio, lo que puede mejorar significativamente el confort visual de los ocupantes y reducir la necesidad de iluminación artificial (Carrasco et al., 2016). En este contexto, la importancia de este factor radica en su influencia directa en la entrada de luz natural y en la percepción del ambiente interior, lo que afecta significativamente la calidad de vida de los habitantes y el consumo energético asociado a la iluminación artificial.

Para calcular el factor de vista al cielo, se pueden utilizar diversas fórmulas y métodos de análisis. Uno de los enfoques más comunes es el análisis de imagen hemisférica, que consiste en tomar fotografías del cielo desde diferentes ubicaciones dentro del espacio habitable y luego procesar estas imágenes con software especializado para determinar el porcentaje de cielo visible en cada punto de observación. Otra opción es el uso de modelos digitales de elevación (DEM) y programas de simulación de iluminación natural, que permiten calcular el factor de vista al cielo considerando la ubicación geográfica del edificio, la hora del día y la posición del sol (Figuroa, 2020).

Por lo tanto, la optimización del factor de vista al cielo es fundamental para el diseño de espacios habitables que sean luminosos, confortables y energéticamente eficientes. Al maximizar la entrada de luz natural, se reduce la dependencia de la iluminación artificial durante el día, lo que puede contribuir a importantes ahorros energéticos y a la creación de ambientes interiores más saludables y agradables para los ocupantes del edificio (Mondragón, 2019).

Figura 7: Sky view factor calculation model

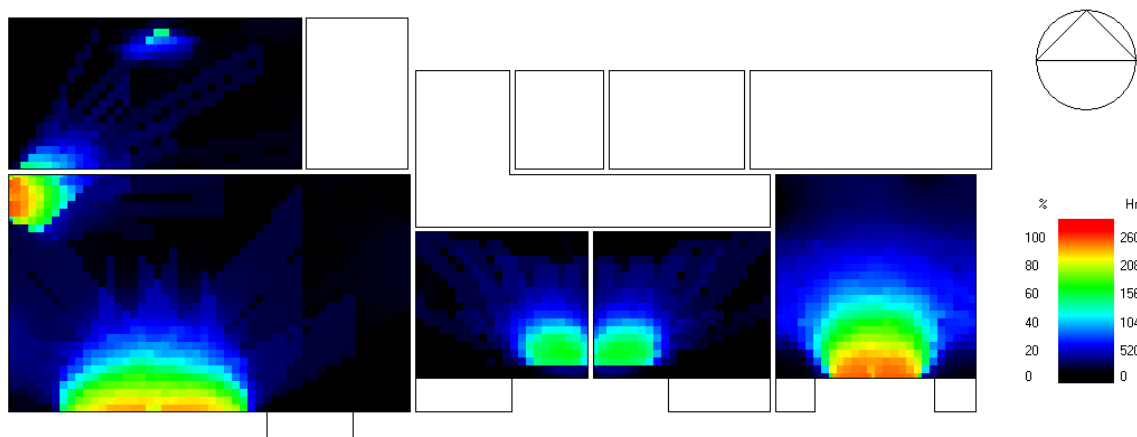


Nota. Tomado de Kurganov y Petrova (2019).

2.2.3. Métodos y software para calcular el Sky View Factor.

Según Chatzipoulka et al. (2018) un método comúnmente utilizado es el uso de modelos digitales de elevación (DEM) y programas de simulación de iluminación natural, como Radiance y Daysim, que permiten calcular el factor de vista del cielo de manera más rápida y precisa. Estos programas utilizan algoritmos avanzados para generar imágenes de cielo virtual y simular la entrada de luz natural en los espacios interiores en función de la ubicación geográfica, la hora del día y las características arquitectónicas del edificio (ver figura 8).

Figura 8: Simulaciones de la entrada de luz con Radiance



Nota. Tomado de Benoit (2023)

Además de los métodos y software mencionados, también existen herramientas específicas diseñadas para calcular el factor de vista del cielo de manera automatizada y precisa, como SkyView Factor Toolkit (SVFTool) y Sky View Factor Analyzer (SVFA). Estas herramientas utilizan algoritmos especializados y datos geoespaciales para calcular el factor de vista del cielo a partir de imágenes satelitales y datos topográficos, lo que permite obtener resultados detallados a escala urbana y evaluar el impacto de diferentes diseños urbanos en la disponibilidad de luz natural en los espacios habitables (Polo et al., 2016).

Uno de los enfoques comunes implica el uso de herramientas de análisis de imagen hemisférica, que permiten evaluar la cantidad de cielo visible desde diferentes puntos dentro de un área determinada. Además, se pueden emplear programas de modelado digital de elevación (DEM) y simulación de iluminación natural para estimar el Factor de Vista al Cielo considerando variables como la ubicación geográfica, la hora del día y la posición del sol (Moralejo et al., 2022). En el contexto de esta investigación, estos métodos y software aplican para evaluar cómo la distribución del cielo visible influye en la iluminación natural dentro de las viviendas multifamiliares. La revisión de la literatura especializada es útil para identificar los programas más adecuados según los objetivos y requisitos específicos de la investigación, proporcionando información sobre la precisión, la facilidad de uso y las capacidades de análisis de cada herramienta disponible.

2.2.4. Iluminancia del cielo.

La iluminancia del cielo es un parámetro crucial en el diseño de espacios habitables, especialmente en áreas urbanas donde la presencia de edificios y otras estructuras puede afectar significativamente la cantidad y calidad de luz natural disponible. Este concepto se refiere a la cantidad de luz natural que llega a una superficie desde el cielo en un determinado lugar y momento, y es expresado en lux (lx). La iluminancia del cielo está influenciada por diversos factores, como la hora del día, la ubicación geográfica, la orientación del edificio y la presencia de obstáculos que puedan bloquear la entrada de luz, como otros edificios o árboles.

En programas de simulación de iluminación natural como Radiance y Daysim, se configuran diferentes niveles de iluminancia del cielo para representar diversas condiciones ambientales. Es decir, en climas soleados y despejados, la iluminancia del cielo puede ser alta durante el día, alcanzando valores de hasta 100,000 lux en condiciones ideales. Por otro lado, en días nublados o con cielo cubierto, la iluminancia del cielo tiende a ser más baja, fluctuando entre 1000 y 10,000 lux. Estos valores varían según la ubicación geográfica, la época del año y las condiciones meteorológicas específicas (Melgar, 2021).

Estudios como el de Hernández (2021) han investigado los niveles de iluminancia del cielo en diferentes entornos urbanos y climas, considerando que, en ciudades densamente pobladas la presencia de edificios altos y estrechos puede reducir significativamente la iluminancia del cielo en áreas urbanas, generando condiciones de sombra y falta de luz natural en los espacios interiores. Además, se ha encontrado que la iluminancia del cielo varía según la orientación y la altura de los edificios, así como la presencia de obstáculos como árboles y otros elementos arquitectónicos. Estos hallazgos resaltan la importancia de considerar la iluminancia del cielo en el diseño de edificios y entornos urbanos para garantizar niveles adecuados de luz natural y promover el bienestar de los ocupantes

Además de proporcionar una iluminación natural adecuada, la optimización de la iluminancia del cielo también contribuye a mejorar el confort visual de los habitantes, reducir la fatiga visual y mejorar el rendimiento cognitivo y emocional. Por lo tanto, el diseño de viviendas multifamiliares que incorporen estrategias para maximizar la iluminancia del cielo no solo permite reducir el consumo energético de iluminación artificial, sino que también promueve un ambiente interior saludable, confortable y agradable para los habitantes (Nasab & Teimourtash, 2023).

2.3. Estrategias para el aprovechamiento de la luz natural en edificios en altura

En el presente apartado se exponen las estrategias enfocadas en el aprovechamiento de la luz natural, destacando su importancia tanto para la eficiencia energética como para el bienestar de los habitantes.

2.3.1. Uso de pozos de iluminación en el diseño de viviendas en altura.

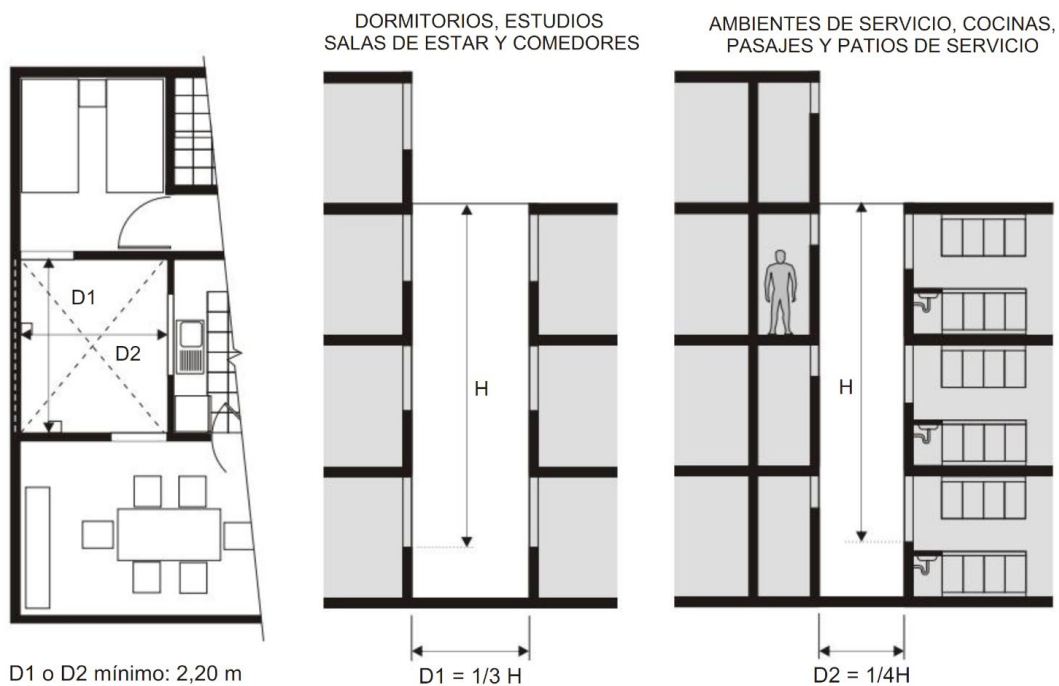
Los pozos de iluminación son espacios verticales abiertos que se extienden a lo largo de varios pisos del edificio, permitiendo que la luz del día penetre en los niveles inferiores (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Cuenca, 2022). Esta solución es particularmente eficaz en viviendas en altura, donde la luz natural puede ser bloqueada por otros edificios, y ayuda a distribuir uniformemente la luz solar, mejorando la calidad del ambiente interior y reduciendo la necesidad de iluminación artificial durante el día.

En el diseño de viviendas en altura, el uso de pozos de iluminación es una estrategia eficaz para maximizar la entrada de luz natural en los espacios interiores, estos pozos, también conocidos como tragaluces, se configuran con dimensiones específicas para captar la mayor cantidad de luz

posible y distribuirla de manera uniforme en el interior del edificio. En términos generales, los pozos de iluminación suelen tener un diámetro que varía entre 0.5 y 2 metros (ver figura 9), dependiendo de la altura del edificio y la cantidad de luz natural disponible en la ubicación específica (Corcuera, 2021).

Además, algunos estándares internacionales ampliamente reconocidos, como los establecidos por el Consejo de Edificación Sustentable de Estados Unidos (USGBC) a través del sistema de certificación LEED, proporcionan las pautas LEED que sugieren que los pozos de iluminación deben tener un área mínima de apertura que varía según la profundidad del pozo y la orientación del edificio para garantizar una iluminación adecuada en los espacios interiores, recomendando el 2% del área del suelo que se pretende iluminar. Es decir, en algunos lugares se pueden requerir niveles mínimos de iluminación natural en áreas habitables como dormitorios y salas de estar para promover el bienestar de los ocupantes y reducir la dependencia de la iluminación artificial. Es esencial consultar las normativas locales y los estándares de diseño sostenible aplicables al contexto específico del proyecto para garantizar el cumplimiento adecuado y la optimización del diseño de los pozos de iluminación en las viviendas en altura (Bioconstrucción y Energía Alternativa, 2022).

Figura 9: Pozos para Iluminación y Ventilación Natural



Nota. Tomado de Poz (2017)

2.3.2. Iluminación cenital.

La iluminación cenital es una estrategia arquitectónica que implica la entrada de luz natural desde aberturas ubicadas en el techo o parte superior de una edificación (ver figura 10), este tipo de iluminación es especialmente eficaz para proporcionar luz homogénea y abundante en los espacios interiores, considerando que aprovecha la luz solar durante la mayor parte del día, independientemente de la orientación de las fachadas del edificio (Torres, 2019). En concordancia con el autor mencionado, las aberturas cenitales pueden incluir tragaluces, lucernarios, cúpulas de vidrio y otros elementos diseñados para canalizar la luz solar hacia el interior, al permitir la entrada directa de luz desde arriba, la iluminación cenital minimiza las sombras y mejora la visibilidad en áreas que, de otro modo, podrían quedar oscuras o insuficientemente iluminadas con ventanas convencionales (Simonelectric, 2020).

Figura 10: Luz cenital en arquitectura



Nota. Tomado de NEXT (2018)

En este enfoque, se suelen utilizar grandes áreas de lucernarios o tragaluces en el techo para permitir que la luz del sol penetre profundamente en el espacio interior. Esta distribución de grandes áreas de apertura, en lugar de múltiples aberturas pequeñas, garantiza una iluminación más uniforme y una mejor distribución de la luz en el interior del edificio. Además, la cantidad de lucernarios y la intensidad de la iluminación dependen de varios factores, como la orientación del edificio, la ubicación geográfica y la función del espacio interior, dado que un diseño eficaz de iluminación cenital no solo proporciona una iluminación natural adecuada, sino que también puede contribuir significativamente a la reducción del consumo de energía eléctrica para iluminación artificial (NEXT, 2018).

2.3.3. Optimización de retiros para el aprovechamiento de luz natural.

La optimización de retiros para el aprovechamiento de luz natural es un enfoque estratégico en el diseño arquitectónico que busca maximizar la entrada de luz solar en los espacios interiores al controlar la ubicación y altura de los voladizos, balcones y terrazas, uno de los métodos utilizados para este propósito es la ecuación de espaciamiento de luz solar-altura, que establece una relación entre la distancia entre edificios y la altura de estos en función de la cantidad de luz natural que puede penetrar en el espacio entre ellos (IDAE, 2019). Esta ecuación considera factores como la altura del sol, la orientación de los edificios y la densidad urbana para determinar los retiros óptimos que permitan una iluminación adecuada y uniforme en los interiores, minimizando al mismo tiempo el riesgo de sombreado excesivo y la obstrucción de las vistas.

$$D = \frac{H}{\tan(\alpha)}$$

Donde:

D= Espaciamiento horizontal entre dos edificios o estructuras.

H= Altura del edificio o la estructura que proyecta la sombra.

α = Ángulo de elevación solar en el momento del día en el que se quiere evitar la sombra.

La aplicación de la ecuación de espaciamiento de luz solar-altura en el diseño arquitectónico permite establecer pautas y estándares para el desarrollo urbano que promuevan la eficiencia energética, la calidad del ambiente interior y la habitabilidad de los espacios, al calcular la distancia y altura adecuadas entre los edificios, se garantiza una distribución equitativa de la luz natural en todas las unidades habitacionales, como se puede ver en la figura 11 (UNAM, 2018).

Figura 11: Aprovechamiento luz natural en proyectos de iluminación



Nota. Tomado de SECOM (2022)

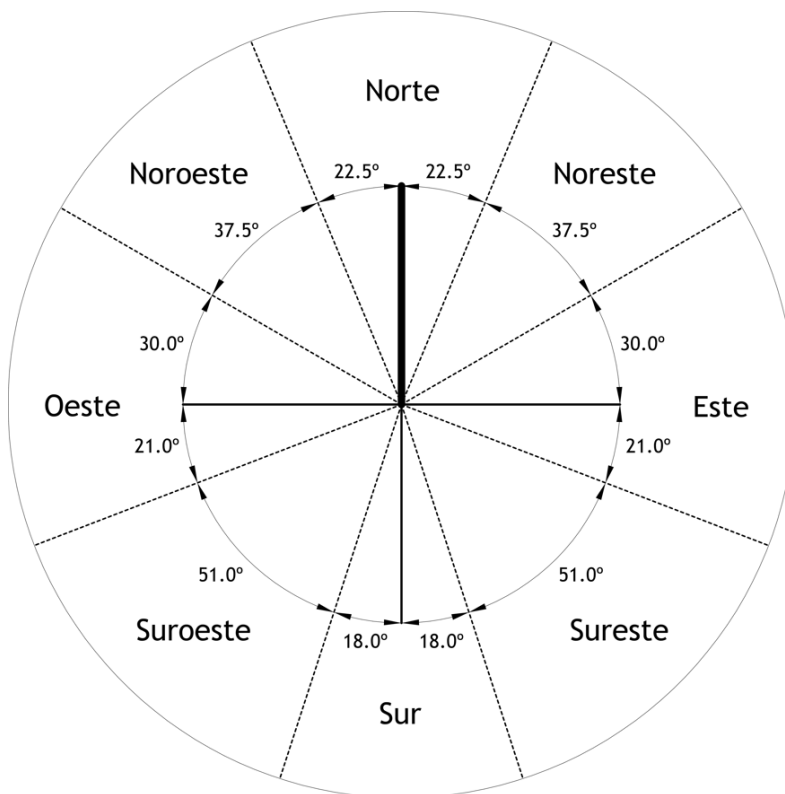
2.3.4. Proporción de vanos en fachadas.

La relación ventana-pared se refiere a la proporción de superficie acristalada en relación con la superficie total de la fachada, una mayor proporción de ventanas en una fachada permite una mayor entrada de luz natural y vistas al exterior, creando ambientes interiores más luminosos y

conectados con el entorno (ver figura 12). Pese a ello, es importante equilibrar esta proporción para evitar problemas como el sobrecalentamiento en verano o la pérdida de calor en invierno (Domínguez et al., 2022). Por otro lado, la relación ventana-puerta-pared se refiere a la distribución de aberturas en una fachada, incluyendo tanto ventanas como puertas, esta relación influye en la funcionalidad y accesibilidad del edificio, así como en la estética de la fachada, una adecuada distribución de ventanas y puertas puede mejorar la ventilación cruzada, facilitar el acceso a espacios exteriores y mejorar la integración visual entre el interior y el exterior del edificio (Magdiel, 2021).

Respecto al diseño arquitectónico, en el anexo 8 emitido por el GAD de Cuenca (2022) se menciona que el área total de ventanas para iluminación será como mínimo el 15% del área de piso. Sin embargo, en términos generales, se aconseja que las ventanas representen al menos el 20% al 30% del área total de la fachada para garantizar una adecuada entrada de luz natural y ventilación, en algunos ámbitos se calcula omitiendo el área de los marcos y divisores, que puede representar entre un 10% y un 30% del área total de acristalamiento (García, 2021). Asimismo, la distribución y tamaño de las aberturas deben ser cuidadosamente planificados para optimizar el confort térmico y visual de los espacios interiores, así como para garantizar la seguridad y privacidad de los ocupantes (Rodríguez, 2021).

Figura 12: Proporción y orientaciones



Nota. Tomado de García (2021)

2.4. Análisis de normativas

En el presente apartado, se análisis de las normativas que regulan la eficiencia energética y el uso de iluminación natural en el diseño de viviendas multifamiliares, exponiendo las normativas internacionales, locales y nacionales relevantes, ofreciendo una visión integral de los criterios y estándares que deben cumplirse. Este análisis permite entender cómo diferentes jurisdicciones abordan la necesidad de optimizar el uso de recursos energéticos y maximizar el confort visual en espacios habitables, asegurando así que los diseños arquitectónicos no solo sean sostenibles, sino también adecuados para las necesidades de los ocupantes.

2.4.1. Análisis de normativas internacionales.

Norma UNE-EN 17037:2020: Desarrollada por el Comité Europeo de Normalización (CEN), establece requisitos y recomendaciones para la luz natural en edificios. Esta norma abarca varios aspectos, como la disponibilidad de luz diurna, la exposición a la luz solar, la protección contra el deslumbramiento y la vista al exterior. Específicamente, la norma recomienda que al menos la mitad del espacio de trabajo reciba un nivel de iluminancia natural de 300 lux durante al menos la mitad del tiempo en que se utiliza (CEN, 2021). A continuación, se detalla los siguientes puntos en cuanto a la normativa mencionada:

- ✓ **Direccionalidad/aspectos/espacios:** Las vistas al exterior, o a elementos naturales, han demostrado ser imprescindibles para el bienestar visual.
- ✓ **Variabilidad temporal:** Es necesaria la exposición directa a la luz solar para activar los procesos biológicos regulados por nuestros ritmos circadianos.
- ✓ **Climatebased Daylight Factor. Factor de Iluminación natural basado en datos climáticos (FINcb):** 500 lux si ventana vertical o inclinada o 500 lux con cobertura del 95 % del plano de trabajo si lucernario. Simulación software validado o comprobación FINcbin situ con luxómetro y día nublado (medición simultánea interior/exterior).

Norma IES LM-83-12 (IESNA): Desarrollada por la Illuminating Engineering Society of North America (IESNA), proporciona directrices sobre cómo evaluar la cantidad y la distribución de la luz natural en un espacio a lo largo de un año. Los parámetros sDA y ASE se utilizan para determinar la adecuación de la iluminación natural y para minimizar el deslumbramiento y la sobreexposición solar (Fernández, 2017). La norma establece dos indicadores:

- ✓ **Autonomía Espacial de Luz Natural:** Porcentaje del área de análisis (el área donde se realizan los cálculos –normalmente a lo largo de todo el espacio) que alcanza un nivel mínimo de iluminación natural de 300 lux durante el 50% de las horas operativas anuales.
- ✓ **Exposición Solar Anual:** Porcentaje del plano de trabajo que recibe más de 250 horas de luz solar directa.

ASHRAE 90.2-2007: Esta norma establece los requisitos mínimos para el diseño energético de viviendas de uso residencial. Es parte del conjunto de normas ASHRAE que se enfocan en mejorar la eficiencia energética en edificaciones (ANSI/ASHRAE Standard 90.2-2007, 2017). Aquí hay un resumen de los puntos más relevantes de la ASHRAE 90.2-2007.

Aspectos Clave:

- ✓ Cálculo de U-Factores: Fórmulas para calcular la transmitancia térmica de los componentes de la envolvente.
- ✓ Requisitos Específicos: Valores de R para paredes y techos, y las excepciones aplicables a diferentes tipos de paredes y materiales.
- ✓ Estrategias Específicas de Diseño: Implementación de soluciones como techos de alto albedo, materiales de alta eficiencia y sistemas de control de temperatura.
- ✓ Métodos de Cumplimiento: Detalles sobre los métodos prescriptivos, de rendimiento y el método de costo anual de energía.
- ✓ Fórmulas de Cumplimiento: Fórmulas y procedimientos específicos para calcular la transmitancia térmica, conductancia térmica y otros factores críticos.

2.4.2. Análisis de normativas locales y nacionales.

NTE INEN 1152: Es una regulación técnica ecuatoriana que establece los requisitos y procedimientos para la iluminación natural en edificaciones (ver figura 13). Esta norma está diseñada para asegurar que los espacios habitables reciban una cantidad adecuada de luz natural, lo que contribuye a la eficiencia energética y al confort visual de los ocupantes. Además, establece los parámetros y criterios para la correcta iluminación natural en diferentes tipos de edificaciones (Norma Técnica Ecuatoriana, 2017). La norma especifica los siguientes puntos:

- ✓ **Terminología:** Acimut, altura, luminancia de un cielo claro, factor de luz natural, área de luz natural, penetración de la luz natural, puntos norte y sur, distancia.
- ✓ **Métodos de determinación:** Factores que afectan la vista, deslumbramiento, fuente de luz natural, factores generales de luz natural, componentes del factor luz natural, componentes del cielo.

Figura 13: Factores de luz recomendados por la norma

AMBIENTE	PORCENTAJE DEL FACTOR DE LUZ NATURAL		
VIVIENDAS			
Salas	0,625		
Cocinas	2,5		
Dormitorios	0,313		
Estudios	1,9		
Circulaciones	0,313		
ESCUELAS			
Salas de clases		1,9	
Salas de lectura	2,0	a	2,5
Salas de estudio	2,0	a	2,5
Laboratorios	1,9	a	3,8
OFICINAS			
Oficina general		1,9	
Oficinas de dibujo		3,75	
Oficinas de información	0,625	a	1,9
HOSPITALES			
Sala general		1,25	
Laboratorio patológico	2,5	a	3,75
BIBLIOTECAS			
Archivo	0,9	a	1,9
Salas de lectura	1,9	a	3,75
Área de mostrador	2,5	a	3,75
Salas de consulta	1,9	a	2,5

Nota. Tomado de la Norma Técnica Ecuatoriana (2017).

NTE INEN 2 506:2009: Establece los requisitos y procedimientos para la iluminación natural en edificaciones, su objetivo es asegurar que los espacios interiores cuenten con suficiente luz natural, promoviendo la eficiencia energética y el bienestar de los ocupantes. A continuación, se presenta los criterios más importantes y sus aplicaciones específicas.

Descripción y Alcance de la Norma:

- ✓ Explica el propósito de la norma y a qué tipos de edificios se aplica, especificando sus excepciones.
- ✓ Detalla las definiciones clave utilizadas en la norma, tales como aislante térmico, barrera radiante, coeficiente global de transferencia de calor (U), confort térmico, y otros términos técnicos.
- ✓ Resalta la importancia del factor de forma, cómo se calcula y su relación con el clima y la forma del edificio.

Requisitos Específicos y Criterios de Diseño:

- ✓ **Aislamiento Térmico y Envolvente del Edificio:** Incluye los criterios para el aislamiento térmico y la permeabilidad al aire, y menciona las publicaciones del INEN utilizadas para estos cálculos.

- ✓ **Forma y Orientación del Edificio:** Describe cómo la forma y orientación del edificio afectan su eficiencia energética, incluyendo el cálculo del factor de forma y sus valores recomendados para diferentes zonas climáticas.
- ✓ **Iluminación Eficiente:** Expón los requisitos de eficiencia energética de las instalaciones de iluminación, detallando las tablas de VEI (Valor de Eficiencia Energética de la Instalación) para zonas de representación y no representación, y la fórmula para su cálculo.

Criterios de Diseño de Aberturas y Sistemas de Control:

- ✓ **Dimensiones y Ubicación de Aberturas:** Detalla las recomendaciones sobre el tamaño y ubicación de ventanas y lucernarios, incluyendo el porcentaje de la superficie del piso y techo que deben cubrir.
- ✓ **Sistemas de Control de Iluminación:** Explica los sistemas de control requeridos, incluyendo los manuales y automáticos, y detalla los tipos de detección de presencia y temporización que deben instalarse.
- ✓ **Cálculo del VEI:** Describe cómo calcular el VEI, proporcionando la fórmula y ejemplos prácticos para su aplicación en diferentes zonas del edificio.

2.5. Análisis de casos referentes

En el presente apartado, se abordarán los casos referentes que han marcado un precedente en la implementación de estrategias de diseño innovadoras y sostenibles en el ámbito de la arquitectura residencial y educativa. Estos casos se seleccionan por su relevancia y por las soluciones vanguardistas que han aportado al diseño de espacios habitables y de aprendizaje, destacándose por su capacidad de integrar eficientemente aspectos de sostenibilidad, confort y eficiencia energética.

2.5.1. Caso referente 1.

- **Vivienda Pasiva Bruck / Peter Ruge Architekten**

La Vivienda Pasiva Bruck (ver figura 14), proyectada por Peter Ruge Architekten, marca un avance crucial en la construcción sostenible en el sur de China, una región con un clima cálido y húmedo. Terminada en agosto de 2014, esta casa pasiva se destaca como la primera en su tipo en esta área climática tan exigente. Con una eficiencia energética del 95% y certificada por el Instituto Alemán Passivhaus, el proyecto demuestra que los estándares de construcción pasiva pueden ser aplicados exitosamente a diferentes climas, reforzando la viabilidad de la sostenibilidad y la eficiencia energética en la arquitectura residencial china (ArchDaily , 2014).

Figura 14: Vivienda Pasiva Bruck

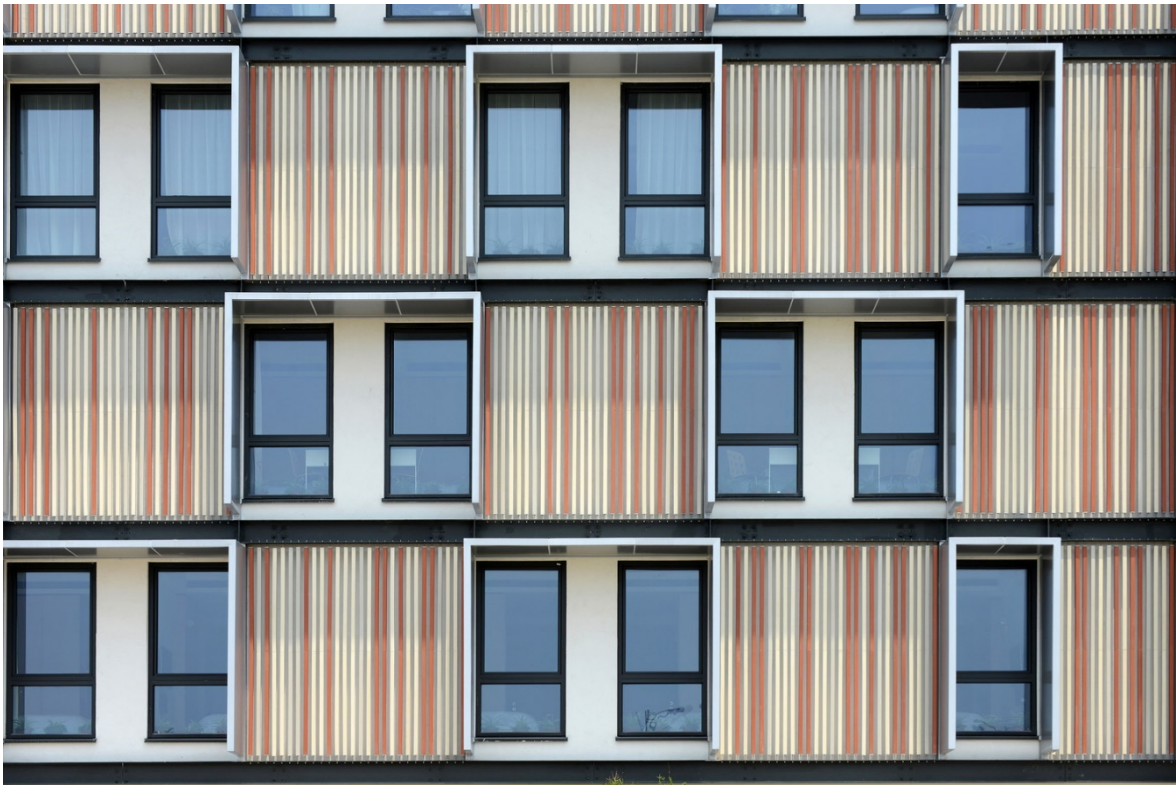


Nota. Tomado de ArchDaily (2014).

La Vivienda Pasiva Bruck se presenta como un ejemplo pionero, no solo por sus soluciones de diseño innovadoras, sino también por su enfoque en demostrar los beneficios de la vivienda sostenible. El edificio de cinco pisos, con 2200 m² y 36 viviendas, abarca desde suites ejecutivas hasta departamentos modelo, ofreciendo a las familias chinas la oportunidad de experimentar directamente las ventajas de una casa pasiva. Esta estrategia busca disipar las dudas sobre la viabilidad de este diseño en climas extremos, mostrando de manera tangible el confort y la alta calidad de vida que estas viviendas pueden proporcionar, así, la utilización de ventanas de triple acristalamiento y sistemas de protección solar fija en la fachada destaca cómo los materiales y tecnologías pueden adaptarse a las condiciones locales, mejorando la eficiencia energética sin sacrificar el confort.

El diseño arquitectónico ha sido fundamental para su éxito, la fachada, equipada con elementos de protección solar y barras de color terracota como se ve en la figura 15, no solo embellece el edificio, sino que también reduce significativamente la carga térmica durante los meses calurosos. Así también, la implementación de técnicas de aislamiento avanzado y la elección de materiales de alta eficiencia refuerzan el compromiso con la sostenibilidad, haciendo de este proyecto un referente en el desarrollo ecológico de China.

Figura 15: Fachada de la House Bruck



Nota. Tomado de ArchDaily (2014).

2.5.2. Caso referente 2.

- **Edificio de vivienda multifamiliar nivel medio**

El Edificio de vivienda multifamiliar de nivel medio (ver figura 16), situado en el centro de la Ciudad de México, en una de las colonias históricas fundadas en el siglo XIX, se destaca por su enfoque en la preservación de la estructura urbana tradicional sin incrementar la densidad del suelo, este barrio, conocido por sus vecindades y departamentos, se beneficia de un diseño que prioriza la accesibilidad y el confort post-pandemia. La propuesta arquitectónica ha sido concebida para optimizar espacios, ofreciendo una flexibilidad que responde a las necesidades contemporáneas de sus habitantes. En este sentido, la selección de materiales de bajo mantenimiento y sus texturas y colores variados refuerzan la estética del edificio, utilizando principalmente bloques de concreto negro y una estructura de muros de carga con castillos ahogados, lo que confiere al proyecto una apariencia robusta y sencilla (Micha et al., 2022).

Figura 16: *Vivienda multifamiliar*



Nota. Tomado de Micha et al. (2022).

El diseño arquitectónico se basa en la modulación de la superficie del predio en cuadrantes, facilitando la disposición estratégica de cada departamento, así como los cubos de iluminación y ventilación, este planteamiento permite una organización eficiente y funcional del espacio, destacando el uso de la azotea como área común para actividades recreativas. Además, la integración de espacios verdes, donde los residentes pueden caminar, cultivar un pequeño huerto o disfrutar de actividades al aire libre, resalta la importancia de la vivienda como un espacio multifuncional. Asimismo, se ha dado especial atención a la adecuación de áreas para el trabajo desde casa y el cuidado de los niños y adultos mayores, garantizando un ambiente seguro y adaptado a diversas necesidades, los balcones, patios y terrazas no solo embellecen el edificio, sino que también enriquecen la experiencia de habitar, promoviendo el bienestar y la calidad de vida de sus ocupantes.

Para mejorar el confort térmico, el edificio emplea estrategias de diseño pasivo, aprovechando vanos que facilitan la ventilación cruzada y la iluminación natural, la elección del bloque negro, por sus propiedades térmicas, elimina la necesidad de calefacción o aire acondicionado, manteniendo así una temperatura interior adecuada, esta estrategia no solo contribuye a la sostenibilidad del proyecto, sino que también asegura una calidad ambiental óptima. La eficiencia en la distribución de las instalaciones es otro aspecto destacado del diseño, con unificación de ductos para servicios

de cocina, lavandería y baños (ver figura 17), reduciendo así la complejidad y el costo de las instalaciones, esta solución facilita un mantenimiento más sencillo y eficiente, subrayando el compromiso del proyecto con la optimización de recursos y la mejora de la habitabilidad en áreas urbanas densamente pobladas.

Figura 17: Ductos unificados de servicios



Nota. Tomado de Micha et al. (2022).

Tabla 1: Comparación de componentes entre proyectos referentes.

COMPONENTES	VIVIENDA PASIVA BRUCK	VIVIENDA MULTIFAMILIAR NIVEL MEDIO
ARQUITECTURA PARA ESPACIOS HABITABLES		
Tipo-uso	Residencial	Residencial
Forma	Compacta, eficiente en energía	Modulación en cuadrantes para optimizar espacio
Espacios	Diseño multifuncional modular,	Cubos de iluminación y ventilación
Circulación	Eficiente, con ventilación cruzada	Ventilación cruzada, circulación optimizada
Confort	Altamente eficiente en términos de energía	Confort térmico a través del diseño pasivo
CRITERIOS SOSTENIBLES		
Materiales	Ventanas de triple acristalamiento, materiales de alta eficiencia	Bloques de concreto negro, estructura de muros de carga con castillos ahogados
Aislamiento	Aislamiento térmico avanzado	Propiedades térmicas del bloque negro para evitar calefacción o aire acondicionado
Protección solar	Sistemas de protección solar fija	Aprovechamiento de vanos para evitar sobrecalentamiento
Energía	Reducción del 95% en el consumo energético, uso de tecnologías de alta eficiencia	No depende de sistemas activos de climatización

Relación interior-exterior	Ventanas con aislamiento eficiente, sistemas de ventilación natural	Iluminación natural y áreas exteriores para actividades recreativas
Optimización de recursos	Eficiencia energética y uso de técnicas pasivas	Unificación de ductos de servicios para reducir costos y facilitar mantenimiento

2.6. Síntesis del CAPÍTULO

En este apartado se presenta una síntesis integral de los principales hallazgos y conceptos desarrollados a lo largo del capítulo. Se abordarán las ideas clave y las conclusiones obtenidas a partir del análisis de las normativas, estrategias y casos referentes en el contexto del diseño de viviendas multifamiliares.

2.6.1. Recapitulación de los principales conceptos y hallazgos del marco teórico.

En el desarrollo del marco teórico, se ha abordado una variedad de estrategias y normativas fundamentales para optimizar el aprovechamiento de la luz natural en edificaciones de altura, destacando su impacto tanto en la eficiencia energética como en el bienestar de los habitantes. Se han explorado métodos como el uso de pozos de iluminación, que permiten la entrada de luz natural en niveles inferiores de los edificios, mejorando así la distribución de la luz solar y reduciendo la dependencia de la iluminación artificial. Además, se discutió la importancia de la iluminación cenital, mediante tragaluces y lucernarios, que facilita una iluminación homogénea y continua en espacios interiores, aprovechando la luz solar durante todo el día. En este sentido, estas estrategias, junto con la optimización de retiros y la proporción de vanos en fachadas, son esenciales para maximizar la entrada de luz natural, evitando problemas como el sobrecalentamiento y mejorando la ventilación y el confort térmico de los espacios habitables.

A lo largo del análisis, se destacó la importancia de las normativas internacionales, locales y nacionales que regulan la eficiencia energética y el uso de la luz natural. La Norma UNE-EN 17037:2020, por ejemplo, establece criterios específicos para asegurar niveles adecuados de iluminación natural, con un mínimo de 300 lux en espacios de trabajo durante el 50% del tiempo. Asimismo, la Norma IES LM-83-12 define indicadores clave como la Autonomía Espacial de Luz Natural (sDA) y la Exposición Solar Anual (ASE), esenciales para evaluar la idoneidad de la iluminación natural y minimizar el deslumbramiento. En el ámbito local, las normativas ecuatorianas NTE INEN 1152 y NTE INEN 2506 proporcionan directrices claras para la iluminación natural, destacando aspectos como el factor de luz natural y los requisitos de aislamiento térmico, que aseguran no solo el confort visual sino también la eficiencia energética de los edificios.

Los casos de estudio, como la Vivienda Pasiva Bruck y la Escuela Ratchut, ejemplifican la aplicación exitosa de estos principios y normativas. La Vivienda Pasiva Bruck, con su enfoque en materiales de alta eficiencia y sistemas de protección solar, demuestra cómo es posible alcanzar un alto nivel de confort y eficiencia energética incluso en climas cálidos y húmedos. Por otro lado, la

Escuela Ratchut ilustra cómo el diseño arquitectónico puede integrarse con elementos naturales para crear espacios educativos que fomenten el desarrollo sensorial y físico de los niños, promoviendo una conexión profunda con el entorno. Cabe recalcar que, estos ejemplos subrayan la importancia de la innovación en el diseño arquitectónico, mostrando cómo las estrategias sostenibles pueden ser implementadas de manera efectiva para mejorar la calidad de vida y la sostenibilidad de los espacios habitables.

2.6.2. Implicaciones para el diseño del anteproyecto de vivienda multifamiliar.

El análisis de las estrategias para el aprovechamiento de la luz natural y las normativas relevantes tiene profundas implicaciones para el diseño del anteproyecto de vivienda multifamiliar. En primera instancia, la implementación de pozos de iluminación y la iluminación cenital se convierte en una prioridad, considerando que estas soluciones permiten una distribución uniforme de la luz natural, mejorando significativamente la calidad de vida de los residentes y reduciendo el consumo energético. Es importante integrar estos elementos desde la fase de diseño, utilizando tecnologías y materiales adecuados, como acristalamientos de alta eficiencia y sistemas de protección solar, para maximizar la entrada de luz solar y minimizar las pérdidas térmicas. Además, la correcta ubicación y dimensiones de los pozos de iluminación y lucernarios, guiados por los estándares de las normativas internacionales y locales, garantizarán que cada unidad habitacional reciba una cantidad adecuada de luz natural, promoviendo así un ambiente saludable y confortable.

En cuanto a la optimización de retiros y la adecuada proporción de vanos en las fachadas son otros aspectos clave que deben ser considerados, por ende, la aplicación de la ecuación de espaciamiento de luz solar-altura, junto con la planificación cuidadosa de la relación ventana-pared, no solo mejora la iluminación natural, sino que también contribuye a la eficiencia energética del edificio. Este diseño debe equilibrar adecuadamente la cantidad de superficie acristalada con el control solar para evitar problemas de sobrecalentamiento en verano y pérdidas de calor en invierno. Finalmente, la orientación y distribución de las ventanas y puertas, junto con el uso de tecnologías de control de luz y temperatura, permitirán un aprovechamiento óptimo de los recursos naturales, reduciendo la dependencia de sistemas de iluminación artificial y climatización.

Los ejemplos de la Vivienda Pasiva Bruck y la Escuela Ratchut proporcionan valiosos referentes para el desarrollo de soluciones innovadoras en el anteproyecto de vivienda multifamiliar. La Vivienda Pasiva Bruck demuestra cómo se pueden aplicar con éxito los principios de la arquitectura pasiva en climas diversos, destacando la importancia de los materiales de alta eficiencia y los sistemas de protección solar, esta experiencia resalta la viabilidad de adaptar tecnologías avanzadas a contextos locales específicos, garantizando confort y eficiencia energética. Por otro lado, la Escuela Ratchut subraya la relevancia de integrar espacios naturales y elementos lúdicos en el diseño, fomentando un ambiente de aprendizaje enriquecedor y saludable. Estos casos no solo inspiran la implementación de estrategias sostenibles, sino que también evidencian cómo el diseño puede mejorar significativamente la calidad del espacio habitacional y educativo, promoviendo el bienestar y la conexión con el entorno natural, incorporar estos principios en el

anteproyecto facilitará la creación de viviendas multifamiliares que no solo cumplan con las normativas actuales, sino que también establezcan nuevos estándares de sostenibilidad y confort.

CAPÍTULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS



El presente capítulo aborda el análisis del lugar de implantación de la propuesta arquitectónica, siguiendo los lineamientos de diagnóstico y evaluación en dos etapas.

En la primera parte, se realizará un ejercicio proyectual basado en las condicionantes urbanas, climáticas y arquitectónicas del sector, basado en un análisis estructurado según la metodología "Pedagogía sobre el factor del lugar en proyectos arquitectónicos sostenibles", desarrollada por Pedro Medina, Florinda Sánchez y Francisco Lagos. De los veintiséis puntos mencionados por los autores, se seleccionarán los nueve más relevantes para esta investigación. Además, el proyecto estará condicionado por las estrategias lumínicas previamente estudiadas.

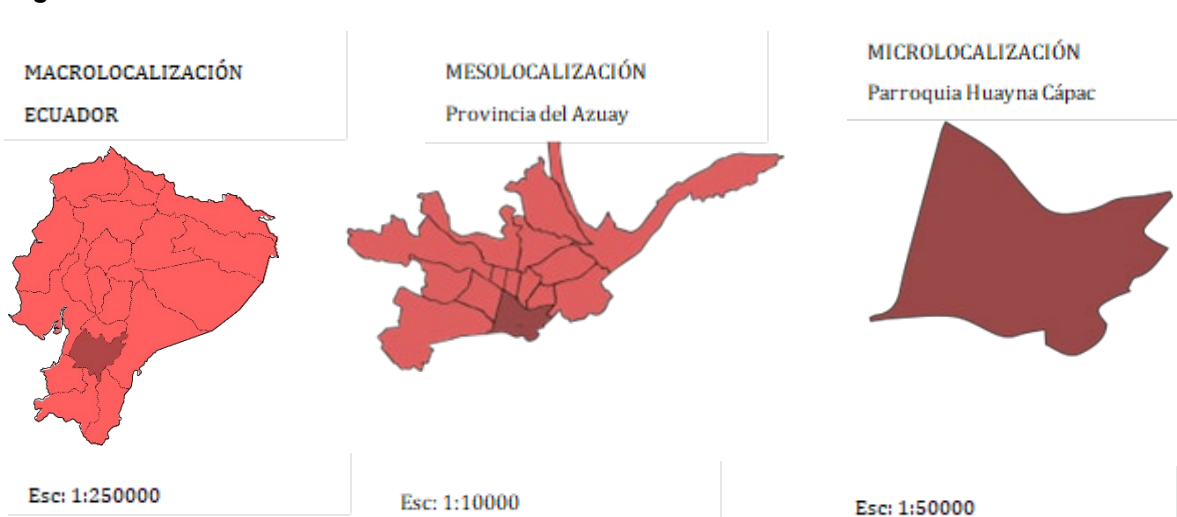
En la segunda parte de esta metodología, se llevará a cabo una evaluación lumínica del ejercicio proyectual. Utilizando el programa DesignBuilder y su motor de cálculo radiance, un software de trazado de rayos de código abierto, se pueden calcular de manera efectiva los factores de vista para simulaciones de edificios, lo que ayuda en simulaciones detalladas de incidencia lumínica (Subramaniam et al., 2022). Esto permitirá calcular el factor de luz natural de los espacios interiores. A partir de estos cálculos, se realizarán varias simulaciones, comenzando con el estado actual del edificio y luego haciendo las modificaciones necesarias para cumplir con el nivel de daylight factor requerido.

3.1. Análisis climático y arquitectónico del entorno urbano

3.1.1. Ubicación.

La zona se enfoca en la parroquia Huayna Cápac, al sur de la ciudad de Cuenca, Ecuador, ubicada en la provincia de Azuay, en la Sierra Andina, con coordenadas aproximadas de 2.9000° S de latitud y 79.0000° W de longitud como se muestra en la figura 18.

Figura 18: Localización de la zona de estudio



Nota. Elaboración propia.

3.1.2. Regulaciones y restricciones legales.

Las regulaciones y restricciones legales estarán fundamentadas en la normativa establecida por el GAD de Cuenca, específicamente en el sector Huayna Cápac (ver tabla 1). Este análisis tiene

como objetivo examinar en detalle las normativas municipales, así como las regulaciones y restricciones urbanísticas que deben cumplirse para asegurar la legalidad y viabilidad del proyecto de edificación.

Tabla 2: Normativa local de la zona de estudio en donde se implantará la edificación.

Altura de la edificación	Lote mínimo (m ²)	Frente mínimo (m)	COS máximo (%)	Densidad neta de vivienda (DV)	Tipo de implantación	Retiros frontales, laterales y posteriores mínimos (m)		Retiro lateral desde 3° piso o pisos que superen la altura de las edificaciones colindantes	
						F	L	P	Dimensión mínima (m)
1 a 2 pisos	150	8	80	45 – 130 viv./Ha	-Continua con retiro frontal	5	3	3	-
3 o 4 pisos	300	12	75	Igual o mayor a 90 viv./Ha	-Pareada con retiro frontal	5	3	3	3
5 o 6 pisos	500	18	75	Igual o mayor a 90 viv./Ha	-Aislada con retiro frontal	5	4	4	4
7 pisos	900	25	70	Igual o mayor a 90 viv./Ha		6	6	6	5

Nota. (GAD Cuenca, 1998)

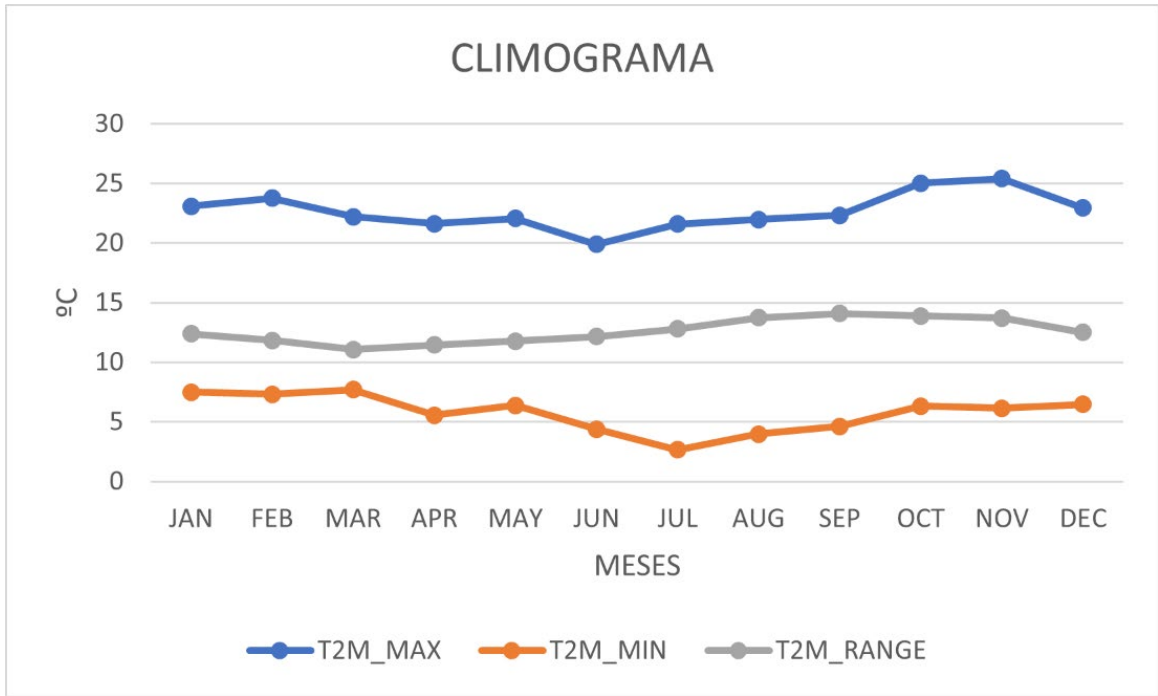
De acuerdo con la normativa del GAD de Cuenca, específicamente para la parroquia Huayna Cápac, las características del predio de implantación del proyecto permiten la construcción de una edificación de hasta 7 niveles. Esta disposición busca incrementar la densificación vertical en respuesta a la alta densificación horizontal existente en la parroquia.

3.1.3. Aspectos climáticos.

3.1.3.1. Temperatura.

La parroquia Huayna Cápac, situada en la provincia de Azuay, se encuentra en la zona climática continental lluviosa (Sandoya et al., 2018). Según los datos climáticos recopilados durante el año 2023, como se muestra en la figura 19, la temperatura máxima anual promedio es de 25,4°C, con picos máximos registrados en los meses de octubre, noviembre y diciembre, variando entre 25,01°C y 25,4°C, mientras que los meses de junio, julio y abril presentan las temperaturas máximas más bajas, fluctuando entre 19,89°C y 21,63°C. En cuanto a las temperaturas mínimas, los meses de enero, febrero y marzo registran los valores más altos, oscilando entre 7,33°C y 7,7°C, mientras que en julio, agosto y septiembre se observan las mínimas más bajas, alcanzando hasta 2,64°C. El rango de temperatura, que indica la diferencia entre las temperaturas máximas y mínimas, muestra una notable variabilidad a lo largo del año, con un promedio anual de 17,25°C y valores mensuales que fluctúan entre 11,07°C en marzo y 14,08°C en septiembre (PODER DE LA NASA | Predicción de los Recursos Energéticos Mundiales, n.d.).

Figura 19: Climograma de temperatura máxima, mínima y promedio de la ciudad de Cuenca



Nota. (PODER DE LA NASA | Predicción de Los Recursos Energéticos Mundiales, 2024.)

3.1.4. Infraestructura existente.

El predio se encuentra en un sector consolidado de la ciudad, equipado con todos los servicios necesarios para garantizar la habitabilidad. No obstante, es esencial analizar las vías circundantes desde una perspectiva urbana para asegurar la accesibilidad y conectividad del proyecto con el resto de la ciudad, planificando adecuadamente los accesos tanto peatonales como vehiculares. Este análisis permite prever y mitigar el impacto en el tráfico local, evitando congestiones y mejorando la fluidez vial. Además, facilita la identificación de posibles puntos conflictivos, contribuyendo a una planificación más eficiente y segura. Así mismo, la Av. Francisco Moscoso es de un solo sentido y es la única que cuenta con una línea de bus en circulación. Las demás calles que rodean el predio también son de un solo sentido, lo que promueve una circulación vehicular organizada. Todas las calles están equipadas con aceras que cumplen con las normativas vigentes, garantizando una circulación peatonal adecuada (ver figura 20).

Figura 20: Vías, recorrido y parada de buses



Nota. Elaboración propia.

3.1.5. Inventario de usos en el entorno.

3.1.5.1. *Uso de suelo.*

La importancia de implantarse en un lugar consolidado para la ciudad es significativa desde el punto de vista económico y de planificación. Para un proyecto multifamiliar, es crucial analizar los diferentes usos del suelo en el entorno, ya que esto garantiza una habitabilidad eficiente y una adecuada relación con el entorno socio urbano. Este análisis permite comprender la funcionalidad del área, identificar oportunidades y limitaciones, evaluar la conectividad y accesibilidad, promover la cohesión social, asegurar el cumplimiento normativo, fomentar la sostenibilidad y valorar correctamente el proyecto desde una perspectiva inmobiliaria y financiera.

El lugar de implantación cuenta con una variedad de usos de suelo, predominando las viviendas, tanto unifamiliares como en altura. Además, hay comercios a pequeña escala, como restaurantes, librerías y similares. Esta diversidad garantiza una habitabilidad eficiente y una adecuada integración socio urbana para el proyecto multifamiliar (ver figura 21).

Figura 21: Usos de suelo del polígono de estudio



Nota. Elaboración propia.

3.1.6. Integración Contextual.

3.1.6.1. Retiros.

En el contexto urbano, el análisis de los retiros de las viviendas aledañas resulta fundamental. Permite asegurar una integración armoniosa del nuevo proyecto con las estructuras existentes, respetar la privacidad de los vecinos y cumplir con las normativas urbanísticas. Además, facilita la optimización del uso del espacio, garantizando una adecuada iluminación natural que mejora la habitabilidad y el bienestar de los residentes al permitir una buena circulación de luz y aire (ver figura 22).

Figura 22: Retiros del polígono de estudio



Nota. Elaboración propia.

3.1.6.2. Alturas

En el área de estudio, las viviendas predominan con alturas de hasta 2 pisos, mientras que algunos edificios alcanzan más de 20 metros, reflejando una tendencia de crecimiento en altura. Este análisis es esencial para diseñar un edificio alto que se integre armoniosamente con el entorno, cumpla con las regulaciones y tenga un impacto visual positivo en el skyline. Además, mejora la calidad del espacio público, planifica eficientemente la infraestructura y servicios, y mitiga los efectos ambientales negativos (ver figura 23).

Figura 23: Mapa de alturas



Nota. Elaboración propia.

3.1.6.3. Vistas desde el predio.

Vista hacia el Norte: La imagen presenta una vista urbana desde una altura considerable, destacando una mezcla de edificios de diferentes alturas y estilos arquitectónicos. En el primer plano, se observan construcciones de ladrillo y techos de tejas, que contrastan con los edificios modernos del fondo. La escena se enmarca con la imponente cordillera de los Andes bajo un cielo parcialmente nublado, ofreciendo un equilibrio entre el entorno natural y urbano. Este panorama subraya la importancia de considerar tanto la integración arquitectónica como el valor estético y visual en el diseño de proyectos en alturas similares (ver figura 24).

Figura 24: Vista hacia el norte, altura 20 m



Nota. Obtenido por los autores.

Vista hacia el sur: La imagen presenta una vista urbana donde predominan edificios de mediana altura, en su mayoría residenciales. Destacan construcciones modernas de varios pisos con colores contrastantes, rodeadas por edificaciones más bajas y zonas verdes. Al fondo, una colina boscosa crea un contraste natural con la urbanización. Esta composición resalta la integración de áreas verdes en el entorno construido, la importancia de los espacios abiertos y la diversidad de alturas y estilos arquitectónicos, lo que contribuye a una experiencia visual equilibrada y enriquecida (ver figura 25).

Figura 25: Vista hacia el sur, altura 20 m



Nota. Obtenido por los autores.

Vista hacia el este: La imagen muestra una vista urbana desde una altura considerable, con techos de tejas y edificaciones de ladrillo en primer plano, combinados con edificios modernos. En el fondo, se destacan colinas y montañas bajo un cielo parcialmente nublado. Esta perspectiva resalta la importancia de la integración arquitectónica y la estética del paisaje en el diseño de proyectos, optimizando la experiencia visual y el valor del entorno construido (ver figura 26).

Figura 26: Vista hacia esta, altura 20 m



Nota. Obtenidos por los autores.

Vista hacia el oeste: La imagen presenta una vista residencial desde una altura elevada, mostrando edificios modernos de mediana altura con colores contrastantes en el primer plano. Al fondo, se destacan colinas verdes bajo un cielo parcialmente nublado, creando un equilibrio visual entre el entorno urbano y natural. Esta perspectiva resalta la integración de áreas verdes y la diversidad arquitectónica, destacando la importancia de optimizar las vistas y la estética del paisaje en el diseño de proyectos residenciales (ver figura 27).

Figura 27: Vista hacia oeste, altura 20 m

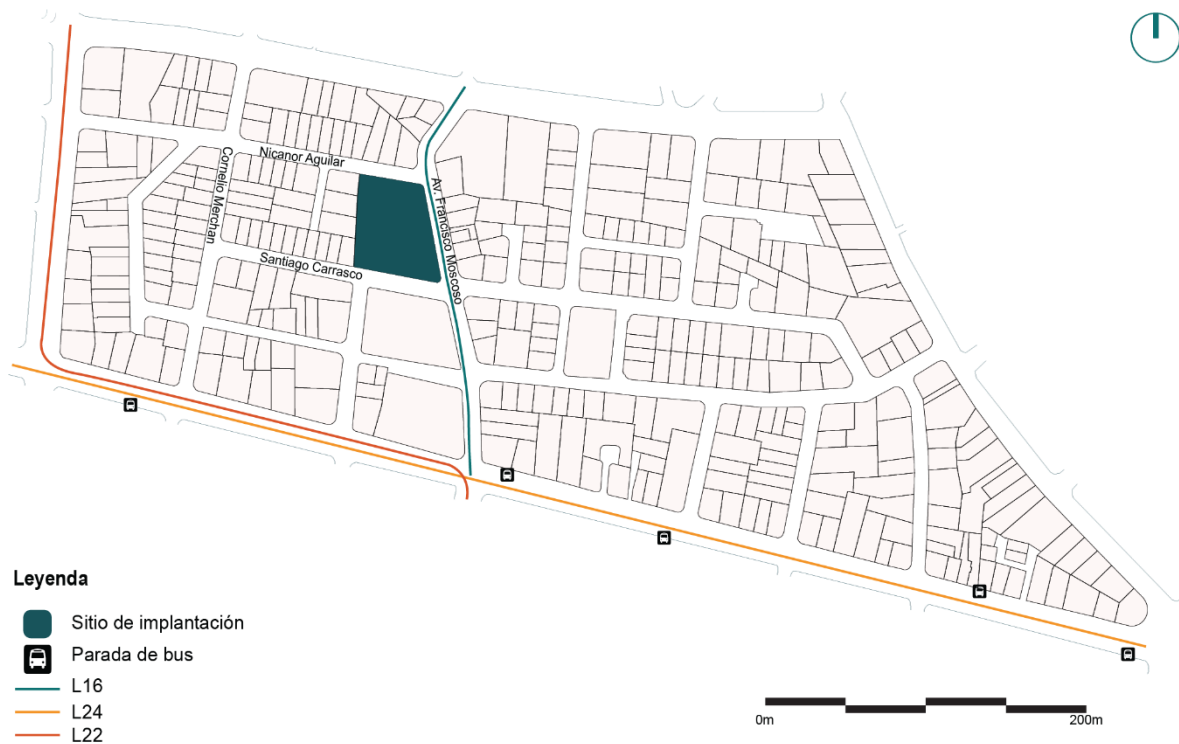


Nota. Obtenidos por los autores

3.1.6.4. Conectividad y accesibilidad.

El análisis de accesibilidad busca identificar las condiciones viales para los ingresos y salidas de vehículos y peatones en el sector. Por esta razón, es importante conocer el estado y afluencia de las rutas para jerarquizar los accesos de manera eficiente. En este contexto, las calles que rodean el predio, como la Av. Francisco Moscoso, Santiago Carrasco y Nicanor Aguilar, son vías locales que se encuentran en condiciones óptimas (Ver Figura 28 y 29).

Figura 28: Análisis de conectividad y accesibilidad



Nota. Obtenidos por los autores
Figura 29: Vías inmediatas al predio



Nota. Obtenidos por los autores

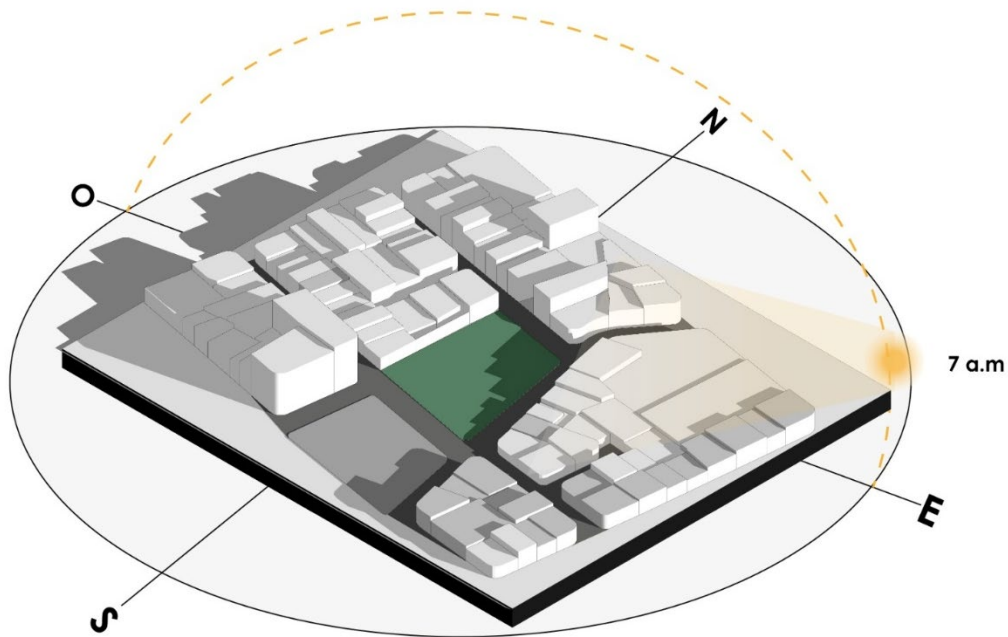
3.1.7. Análisis lumínico y solar

3.1.7.1. Análisis de sombras

A las 7:00 a.m., el análisis revela que las sombras proyectadas por las viviendas bajas al este del terreno, que no superan los 9 metros de altura, son mínimas y no afectan la iluminación del

predio. Los retiros del terreno y la vía adyacente ayudan a asegurar que las sombras no influyan negativamente en la iluminación natural del edificio propuesto (ver figura 30).

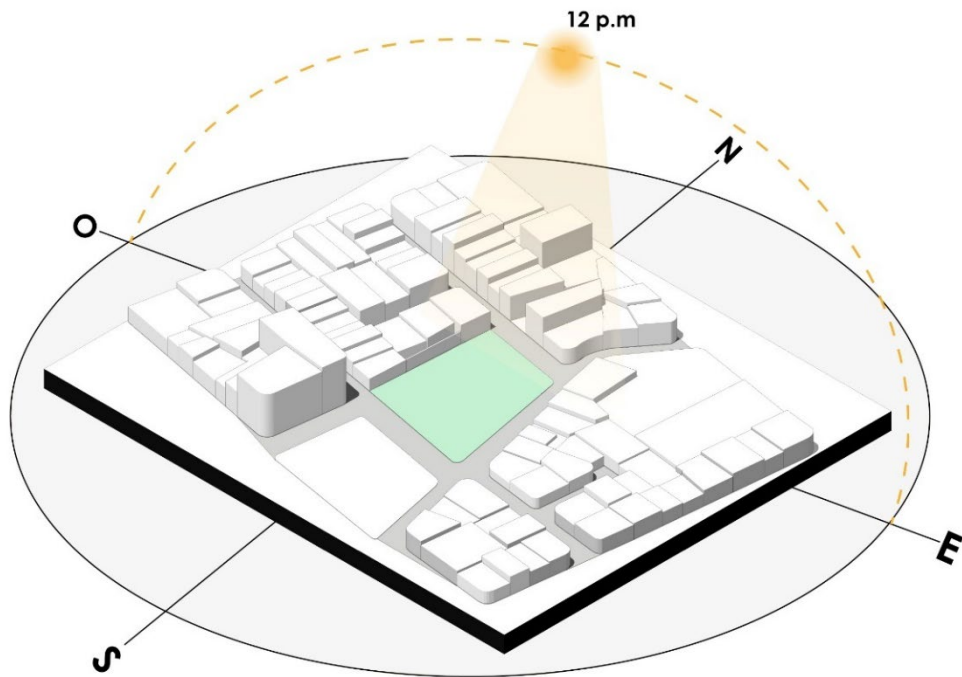
Figura 30: Posición del sol 7a.m



Nota. Elaboración propia.

A las 12:00 p.m., el sol se encuentra en su punto más alto, proporcionando una iluminación perpendicular al predio y eliminando la presencia de sombras en esta franja horaria. Esto asegura una iluminación uniforme en el terreno. Para maximizar el aprovechamiento de esta luz natural, se pueden incorporar estrategias de diseño como pozos de luz, que captarán y distribuirán eficientemente la iluminación en todo el edificio (ver figura 31).

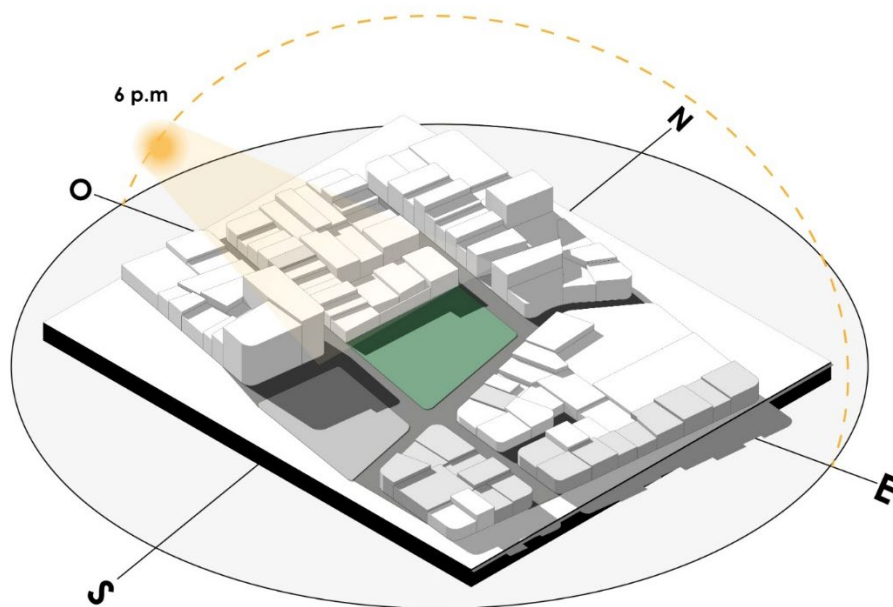
Figura 31: Posición del sol a las 12 p.m



Nota. Elaboración propia.

A las 6:00 p.m., el sol se dirige hacia el occidente, proyectando destellos sobre la fachada oeste del predio. Esta ubicación garantiza una iluminación uniforme en todos los lados del terreno, beneficiándose de la ausencia de edificios altos en los alrededores (ver figura 32).

Figura 32: Posición del sol a las 6 p.m.



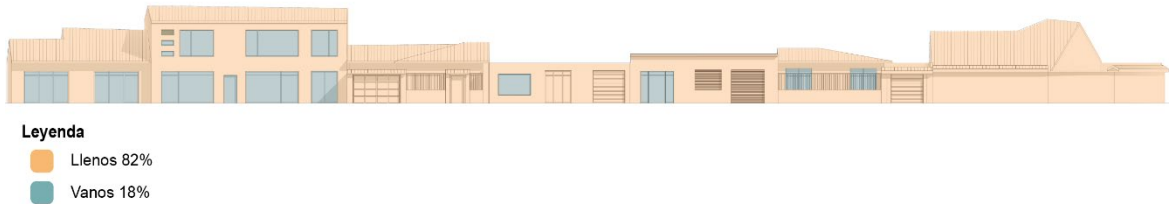
Nota. Elaboración propia.

3.1.8. Análisis de vanos y llenos.

3.1.8.1. Proporción y materialidad de ventanas.

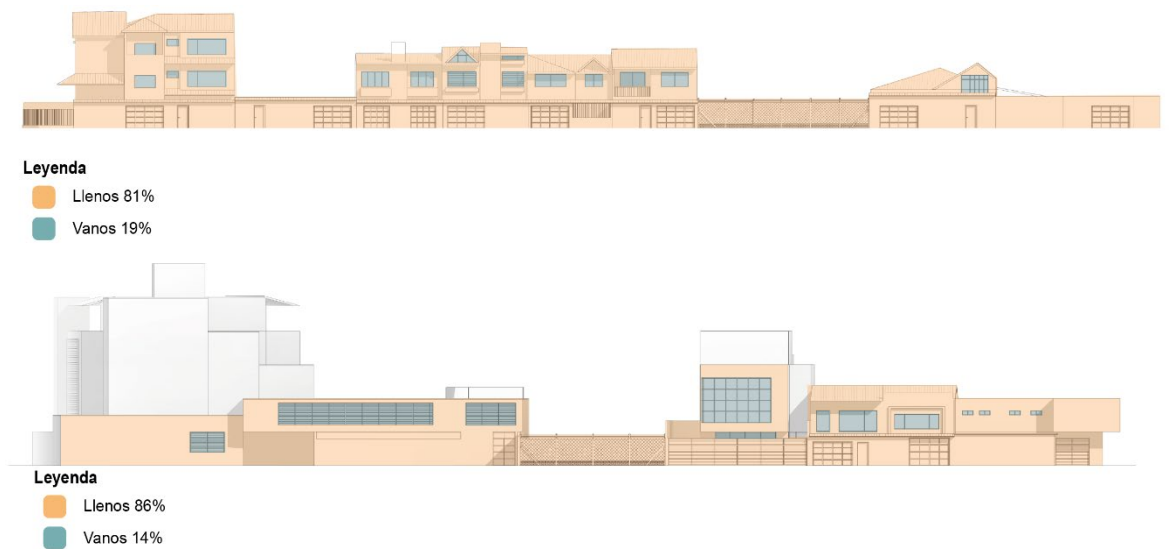
Para el análisis, se han elegido tres tramos significativos del entorno inmediato del predio (ver figuras 33 y 34). Estos tramos revelan aspectos clave sobre la proporción de ventanas respecto a las paredes. Las ventanas están hechas de un vidrio tradicional de la ciudad, conocido por su alta transmitancia luminosa, con un rango del 80% al 90% (Kang et al., 2011).

Figura 33: Tramo de la Av. Francisco Moscoso



Nota. Elaboración propia.

Figura 34: Tramo de la Calle Nicanor Aguilar



Nota. Elaboración propia.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN



Este capítulo tiene el propósito de diseñar una vivienda multifamiliar mediante la implementación de estrategias bioclimáticas que reduzcan el consumo de energía destinado a la iluminación artificial. Estas estrategias, previamente abordadas en capítulos anteriores, promueven un modelo de diseño replicable en otros proyectos. De esta manera, el enfoque busca mejorar las condiciones espaciales en las viviendas, optimizando la luz natural y utilizando los espacios de manera estratégica.

El proceso de diseño sigue un método estructurado que da inicio con la recopilación de información a través de la revisión bibliográfica y un análisis detallado del sitio, considerando que, este enfoque permite establecer parámetros y etapas de diseño fundamentales para desarrollar el proyecto de manera coherente y funcional. Así, el propósito es formular criterios, estrategias y simulaciones que disminuyan el consumo energético y reduzcan la necesidad de iluminación artificial durante el día.

Finalmente, la ejecución del diseño se desarrolla en tres etapas principales. La primera etapa se centra en la forma y las estrategias de implantación del proyecto. La segunda etapa aborda la composición espacial y funcional de los espacios. Por último, la tercera etapa se dedica a definir los conceptos y estrategias para el diseño de las fachadas, tanto internas como externas. Posteriormente, se realizan simulaciones en el software DesignBuilder para evaluar el confort, consumo de energía y emisiones de carbono que el proyecto arquitectónico puede generar en el programa.

4.1. Diseño arquitectónico

4.1.1. Área de intervención.

Según la normativa de la ciudad de Cuenca, detallada en la tabla 1, en terrenos de al menos 900 m², se permite la construcción de edificios con un máximo de 7 pisos. Además, menciona que, la implantación debe ser aislada, con retiros frontales y posteriores de 6 metros, así como retiros laterales, tanto izquierdo como derecho, de 6 metros. No obstante, para mejorar la funcionalidad y optimizar la entrada de luz natural a los pisos inferiores, se ha decidido ampliar todos los retiros a 7 metros. Como resultado, el área de intervención será de 2012.67m², como se ilustra en la figura 35.

Figura 35: Delimitación del área de intervención



Nota. Elaboración propia.

4.1.2. Recursos para considerar.

Es importante considerar el análisis de sitio y cada una de las estrategias bioclimáticas analizadas en los capítulos anteriores para identificar los elementos más relevantes para el diseño de la propuesta de anteproyecto de una multifamiliar, tal como se lo expone en la tabla 2.

Tabla 3: Recursos a considerar para el anteproyecto arquitectónico

RECURSOS PARA CONSIDERAR	
Estrategias de aprovechamientos de la luz natural	- Pozos de iluminación natural - Optimización de retiros - Proporción de vanos en la fachada
Análisis climático y arquitectónico	- Optimización de espacios interiores - Retranqueos en fachada - Altura predominante de 2 pisos y buhardilla
Diagnostico multicriterio	- Materialidad de ventana y proporción - Orientación solar e incidencia de sombra - Integración contextual - Aprovechamiento de iluminación natural al interior del edificio

Nota. Elaboración propia.

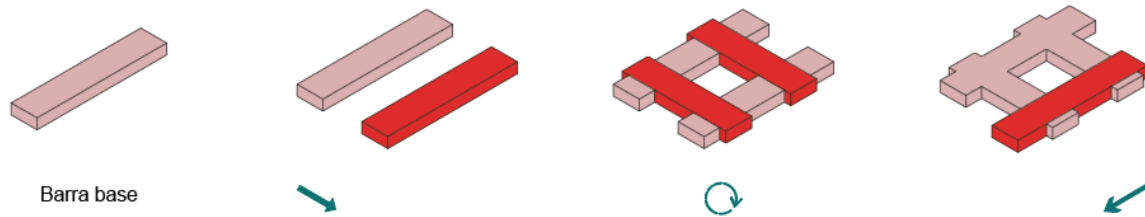
4.2. Proceso de diseño

4.2.1. Forma.

Dentro de este apartado es importante considerar que, la morfología de la edificación se inicia con una barra que se copia y desplaza 15 metros en paralelo, para luego rotarse y formar un

patio central. En este patio se ubicará la circulación vertical, los puentes para la circulación horizontal y los pozos de iluminación natural, los cuales organizarán los espacios a su alrededor. Finalmente, para cumplir con los retiros establecidos por la normativa de Cuenca y por la forma del predio, se realiza un desplazamiento de una barra de 9 metros para formar cada piso de la edificación. Todo esto se puede observar en la figura 36.

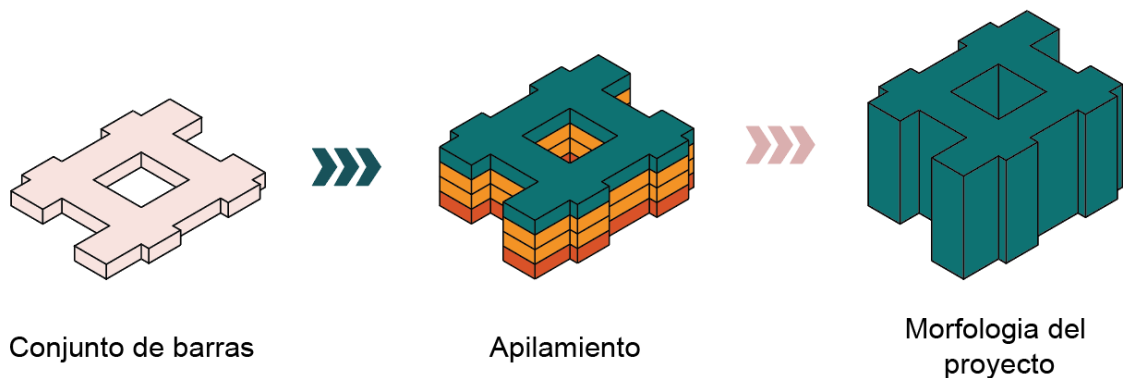
Figura 36: Conjunto de barras que dan forma a las diferentes plantas de la edificación



Nota. Elaboración propia.

Además, la edificación está formada por un conjunto de barras como se puede ver en la figura 37, las cuales se repetirán verticalmente hasta formar una torre. Este conjunto de barras se repite verticalmente hasta que la torre tenga 7 pisos, cumpliendo lo que está estipulado en la normativa de la ciudad de Cuenca la cual fue analizada anteriormente en la tabla 1.

Figura 37: Apilamiento del conjunto de barras para la morfología de la edificación



Nota. Elaboración propia.

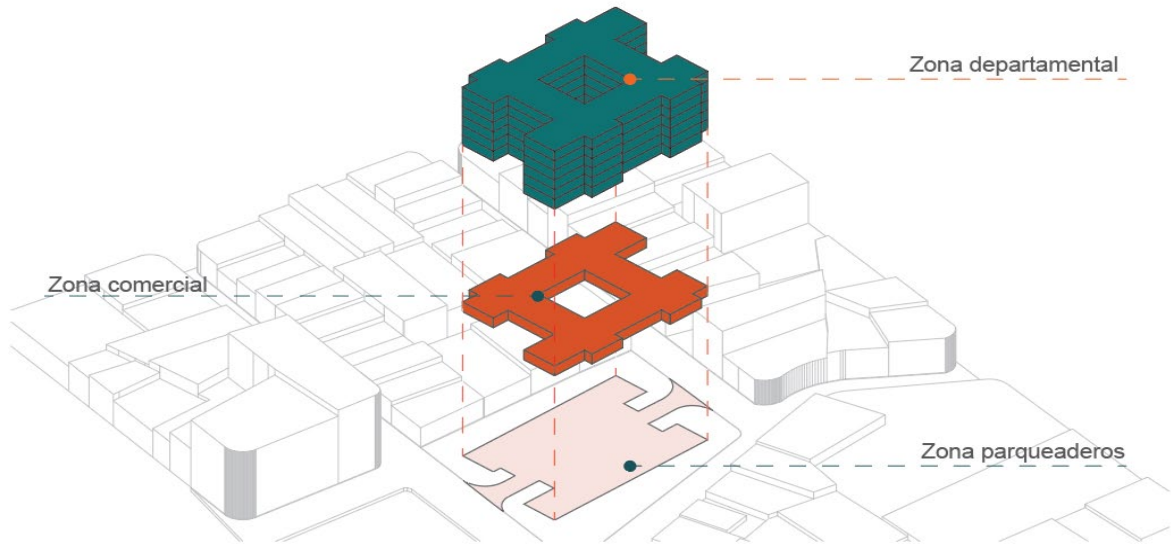
4.2.2. Definición de barras.

La edificación se estructura en una torre, formada por el apilamiento de un conjunto de barras, como se puede ver en la figura 38. Cada piso está compuesto por estas barras, asignadas a diferentes actividades y diseñadas según las normativas y estudios de casos referentes correspondientes.

Es importante poner a conocimiento que, las barras de la planta baja están destinadas a actividades comerciales, espacios de servicio y una sala de espera, donde principalmente se encontrarán comerciantes, consumidores y los usuarios de los departamentos, puesto que, esta

configuración permite aprovechar al máximo la zona comercial, lo cual es relevante porque la ubicación del predio es privilegiada, estando en una zona consolidada de la ciudad. Por su parte, las barras que van desde la primera planta alta hasta la sexta planta alta están destinadas zonas residenciales (Departamentos), espacios de circulación. Finalmente, la edificación tiene un piso subterráneo destinado para parqueaderos para los residentes, tal como se observa en la figura 38.

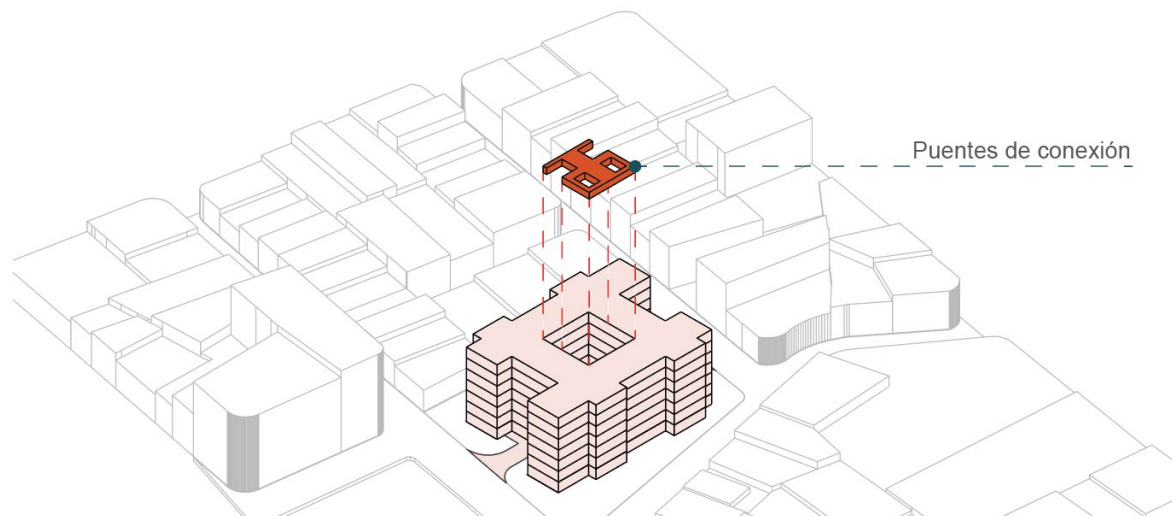
Figura 38: Grupo de barras de la planta baja



Nota. Elaboración propia.

En cuanto a la relación e interacción entre las barras, se proponen puentes en el patio interno con el fin de garantizar una circulación directa entre las barras en todas las plantas. Además, estos puentes funcionan como espacios de cohesión social entre los usuarios de los departamentos, como se refleja en la figura 39.

Figura 39: Puentes de conexión



Nota. Elaboración propia.

4.2.3. Estrategias bioclimáticas.

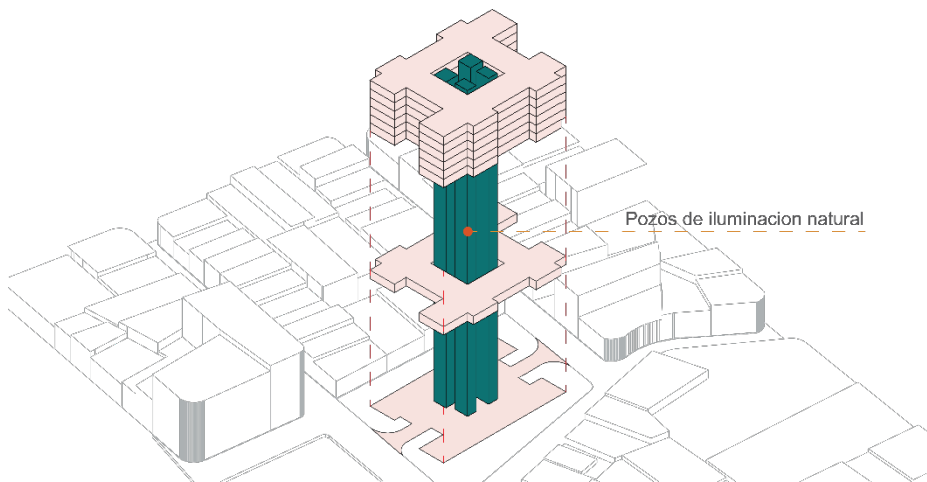
Uno de los elementos fundamentales para garantizar el confort lumínico en el interior de la edificación es la iluminación natural. Con respecto de la información analizada en el capítulo 3 en los apartados de análisis de sombras en donde se determina que el predio tiende a experimentar que las sombras proyectadas por las viviendas adyacentes en la mañana como en la tarde son mínimas y no afecta en si la iluminación del predio, no obstante, al medio día el sol se encuentra en su punto más alto arrojando iluminación perpendicularmente al predio lo cual afecta el ingreso de luz por los laterales.

Por este motivo, se toman en cuenta estrategias que influyan en el máximo aprovechamiento de la iluminación natural, esto con la finalidad de garantizar el ingreso de luz a los espacios internos de la edificación donde es complicado iluminar naturalmente.

4.2.3.1. Pozos de iluminación natural.

Los pozos de iluminación cumplen dos funciones clave: en primer lugar, mejoran el ingreso de luz natural al interior de la edificación, llegando hasta los pisos inferiores, y, en segundo lugar, facilitan la ventilación natural de la edificación, como se muestra en la figura 40.

Figura 40: Pozos de iluminación natural



Nota. Elaboración propia.

4.2.3.2. Optimización de retiros.

La optimización de los retiros se utilizó la ecuación de espaciamiento de luz solar-altura, para establecer la distancia óptima entre edificaciones para que el ingreso de luz natural pueda penetrar entre ellos sin problemas. Cabe considerar que, en el predio se aplicó la fórmula considerando la información del capítulo 3 en el apartado de alturas donde nos dice que predominan las edificaciones de dos pisos con buhardilla, que pueden tener aproximadamente 9m de altura.

Así también, la fórmula se aplicó con el ángulo del sol en el amanecer 6:24am, y en la puesta del sol 18:23 pm, lo cual nos da un ángulo de 70.74° al amanecer, mismo que va desde el este al

noreste y en la puesta del sol con un ángulo de 289.12° que va desde el oeste al noreste (calendario-info, 2024).

Cálculo del contexto con el estado actual

Los resultados de la fórmula aplicada dio que se necesita una separación de 3.12m entre las edificaciones cuando el sol tiene un ángulo de 289.12° y la edificación que va a producir sombra no supera los 9 metros de altura.

$$D = \frac{9}{\tan 289.12^\circ} = 3.12$$

Los resultados de la fórmula aplicada dio que se necesita una separación de 3.15m entre las edificaciones cuando el sol tiene un ángulo de 70.74° y la edificación que va a producir sombra no supera los 9 metros de altura.

$$D = \frac{9}{\tan 70.74^\circ} = 3.15$$

Cálculo del contexto alto

Además, se aplicó la fórmula considerando un contexto en el que las edificaciones aledañas alcanzan una altura de 21 metros, igual a la altura de la edificación propuesta. Los resultados obtenidos son los siguientes:

Los resultados de la fórmula aplicada indican que se necesita una separación de 7.34 metros entre las edificaciones cuando el sol tiene un ángulo de 70.74° y la edificación que produce sombra no supera los 21 metros de altura.

$$D = \frac{21}{\tan 70.74^\circ} = 7.34$$

Los resultados de la fórmula aplicada indican que se necesita una separación de 7.28 metros entre las edificaciones cuando el sol tiene un ángulo de 289.12° y la edificación que va a producir sombra no supera los 21 metros de altura.

$$D = \frac{21}{\tan 289.12^\circ} = 7.28$$

Con base en los datos obtenidos mediante la aplicación de la fórmula en el contexto actual y con edificaciones a la misma altura, se decidió incrementar el retiro de 6 metros, establecido por la normativa de Cuenca, como se lo establece en la tabla 1, a un retiro de 7 metros. Esta modificación tiene como objetivo evitar que la edificación propuesta proyecte sombra sobre las construcciones vecinas y garantizar que, en caso de que las edificaciones adyacentes se desarrollen hasta alcanzar la misma altura que la propuesta, no se genere un impacto negativo en la entrada de luz natural.

4.2.3.3. Optimización de espacios interiores

La optimización de los espacios interiores de la edificación, mediante un diseño arquitectónico adecuado, permite aprovechar al máximo la iluminación natural, este enfoque asegura que la edificación cumpla con los estándares óptimos de iluminación establecidos por las normativas nacionales e internacionales previamente analizadas. Es importante priorizar la iluminación natural en las áreas sociales y los dormitorios, que requieren una iluminación constante, como se muestra en la figura 41.

Figura 41: Optimización de los espacios interiores para maximizar el aprovechamiento de la iluminación natural



Nota. Elaboración propia.

4.2.4.Composición y relaciones.

4.2.4.1. Usuarios y Necesidades.

Los usuarios que se La residencia multifamiliar, con departamentos de 2 a 3 habitaciones, está diseñada para atraer a una variedad de usuarios que buscan comodidad, funcionalidad y una comunidad integrada.

Parejas Jóvenes y Familias Pequeñas:

- **Perfil:** Parejas sin hijos o con uno o dos hijos pequeños.
- **Necesidades:** Espacios flexibles y adaptables, áreas comunes seguras para el juego de niños, y proximidad a servicios educativos y recreativos.
- **Preferencias:** Departamentos de 2 habitaciones con áreas comunes bien diseñadas y servicios adicionales como guarderías cercanas.

Familias de Tamaño Medio:

- **Perfil:** Familias con uno o dos hijos adolescentes o con una combinación de niños y adolescentes.
- **Necesidades:** Espacios adicionales como una tercera habitación para acomodar a todos los miembros de la familia, áreas de estudio y esparcimiento, y proximidad a colegios y centros juveniles.
- **Preferencias:** Departamentos de 3 habitaciones que proporcionen suficiente espacio para cada miembro de la familia, así como acceso a instalaciones deportivas y recreativas.

Profesionales y Ejecutivos:

- **Perfil:** Individuos o parejas sin hijos que buscan un hogar cercano a sus lugares de trabajo.
- **Necesidades:** Espacios modernos y funcionales con áreas para trabajar desde casa, buenas conexiones de transporte y proximidad a centros de negocios.
- **Preferencias:** Departamentos de 2 habitaciones con oficinas en casa, gimnasios y áreas de relajación.

Adultos Mayores:

- **Perfil:** Personas mayores que buscan un entorno seguro y cómodo.
- **Necesidades:** Accesibilidad, servicios de salud cercanos y áreas comunes para la socialización.

- **Preferencias:** Departamentos de 2 habitaciones adaptados para personas con movilidad reducida, con jardines y áreas de recreo.

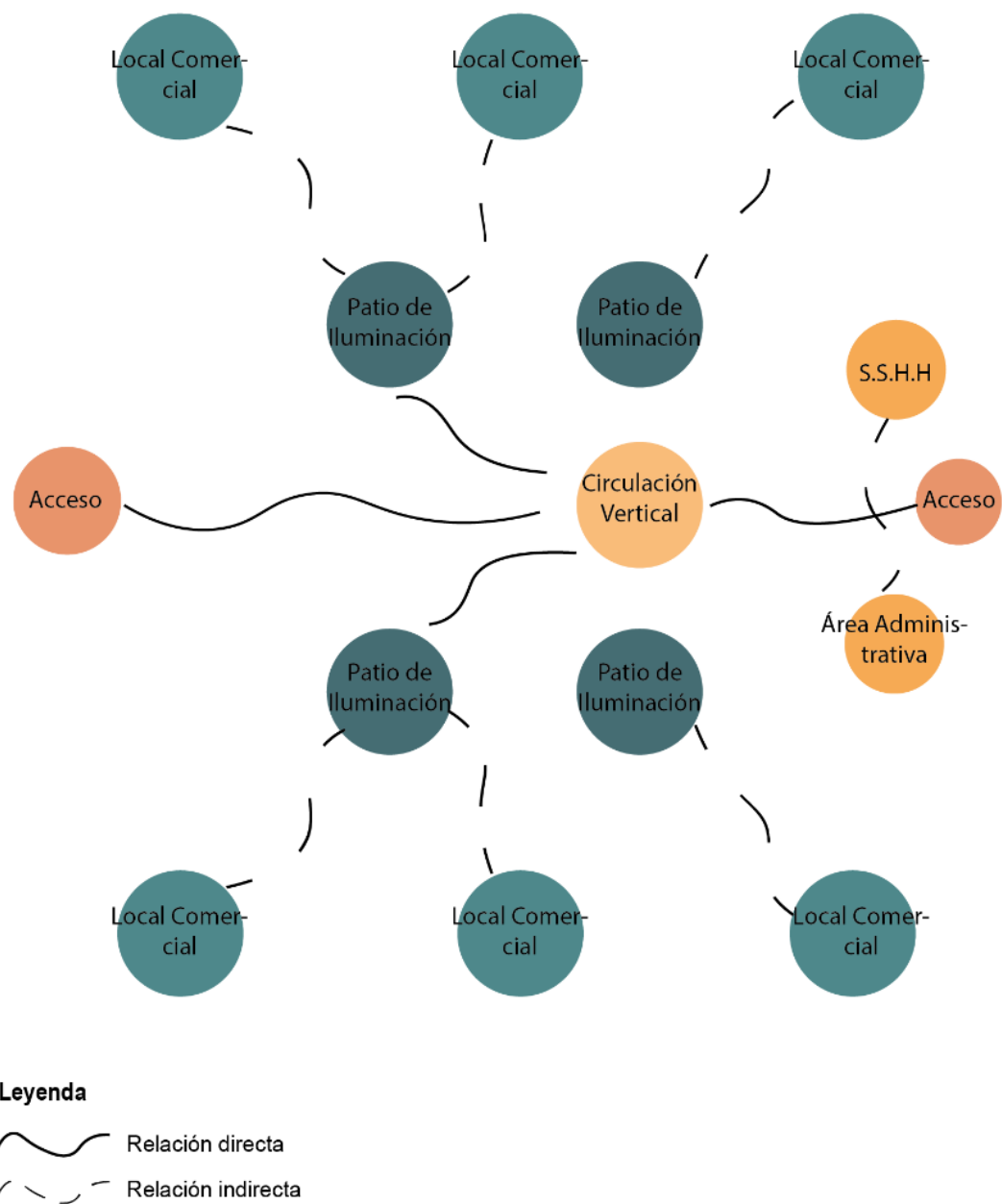
Estudiantes y Solteros:

- **Perfil:** Estudiantes universitarios o solteros que buscan independencia y proximidad a centros educativos o lugares de ocio.
- **Necesidades:** Espacios compactos y funcionales, buena conectividad y áreas comunes para socializar.
- **Preferencias:** Departamentos de 2 habitaciones, aunque en algunos casos puedan compartir un departamento de 3 habitaciones, con fácil acceso al transporte público y vida nocturna.

4.2.4.2. Diagramas de relación.

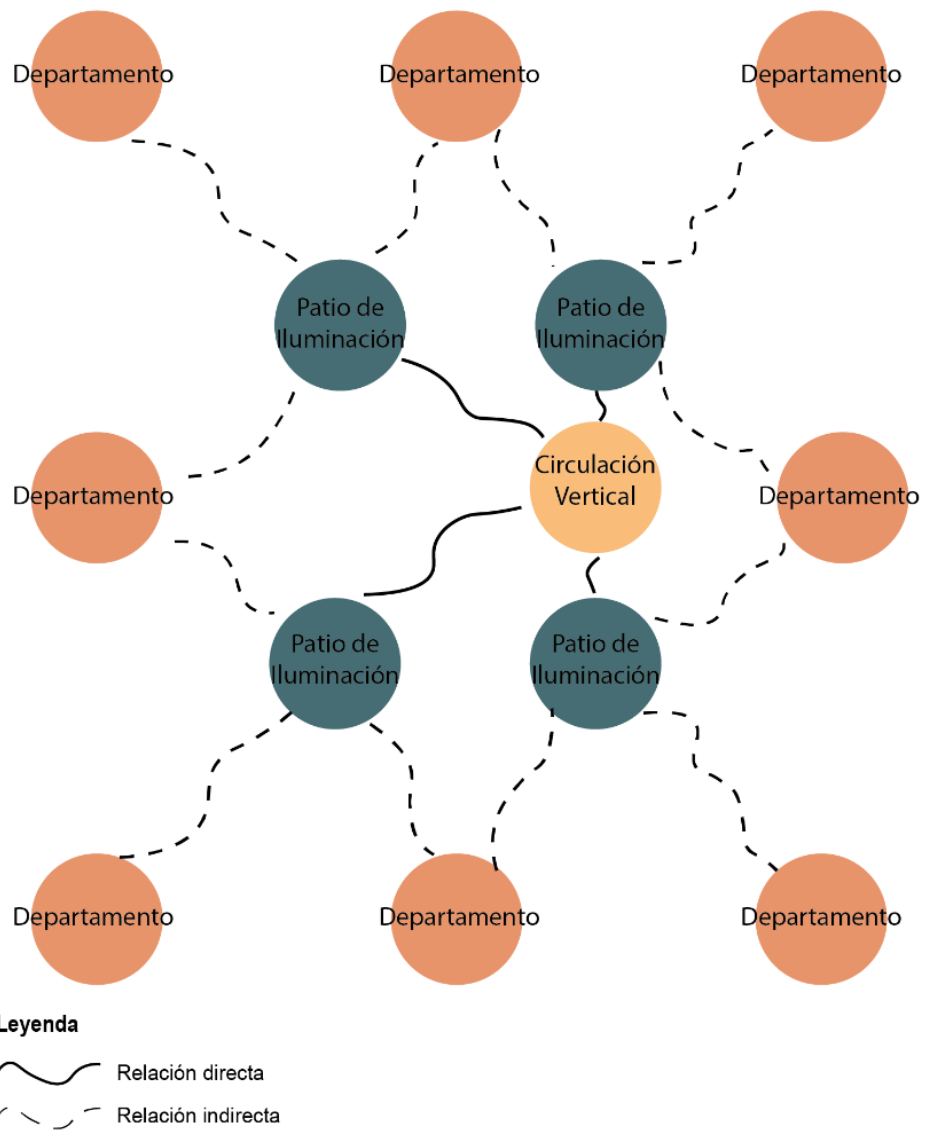
Dentro del presente apartado se puede apreciar que, en los diagramas de relación podemos observar cómo los espacios se relacionan directa e indirectamente entre ellos (ver figuras 42 y 43), esto es fundamental para optimizar la funcionalidad y eficiencia de un diseño. Las relaciones directas aseguran conexiones inmediatas entre espacios que requieren acceso frecuente, mejorando la fluidez y accesibilidad. Por otro lado, las relaciones indirectas permiten una zonificación efectiva, creando jerarquías espaciales que separan áreas públicas de privadas y controlan el acceso para mayor privacidad y seguridad.

Figura 42: Diagrama de burbujas con sus relaciones entre espacios, planta comercial



Nota. Elaboración propia.

Figura 43: Diagrama de burbujas con sus relaciones entre espacios, planta tipo



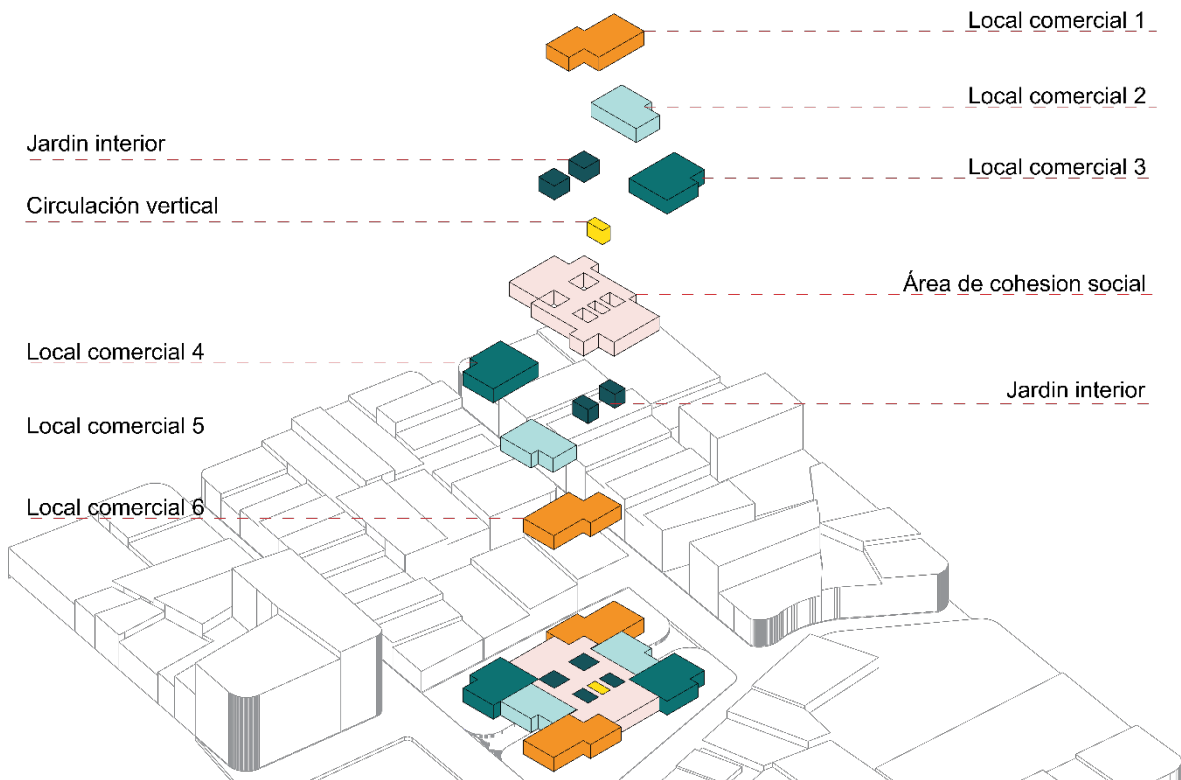
Nota. Elaboración propia.

4.2.4.3. Zonificación tridimensional.

En este apartado se presenta una zonificación tridimensional de la edificación, con el objetivo de facilitar la comprensión de las actividades a las que está destinado cada espacio. Esta representación permite visualizar de manera clara y detallada la distribución y el uso funcional de cada área dentro del edificio. La organización de los espacios se llevó a cabo considerando la orientación y los resultados obtenidos en el análisis climático. Es fundamental priorizar el ingreso de la iluminación natural hacia los espacios que requieren iluminación constante.

La planta baja, destinada a zonas comerciales, la zonificación se enfoca en la funcionalidad para el uso de los clientes de los locales. Se incorpora un área de cohesión social, compuesta por áreas de descanso y jardines interiores. Esta área organiza los espacios comerciales circundantes, manteniendo una conexión directa entre ellos y creando un entorno cómodo para los usuarios, como se puede ver en la figura 44.

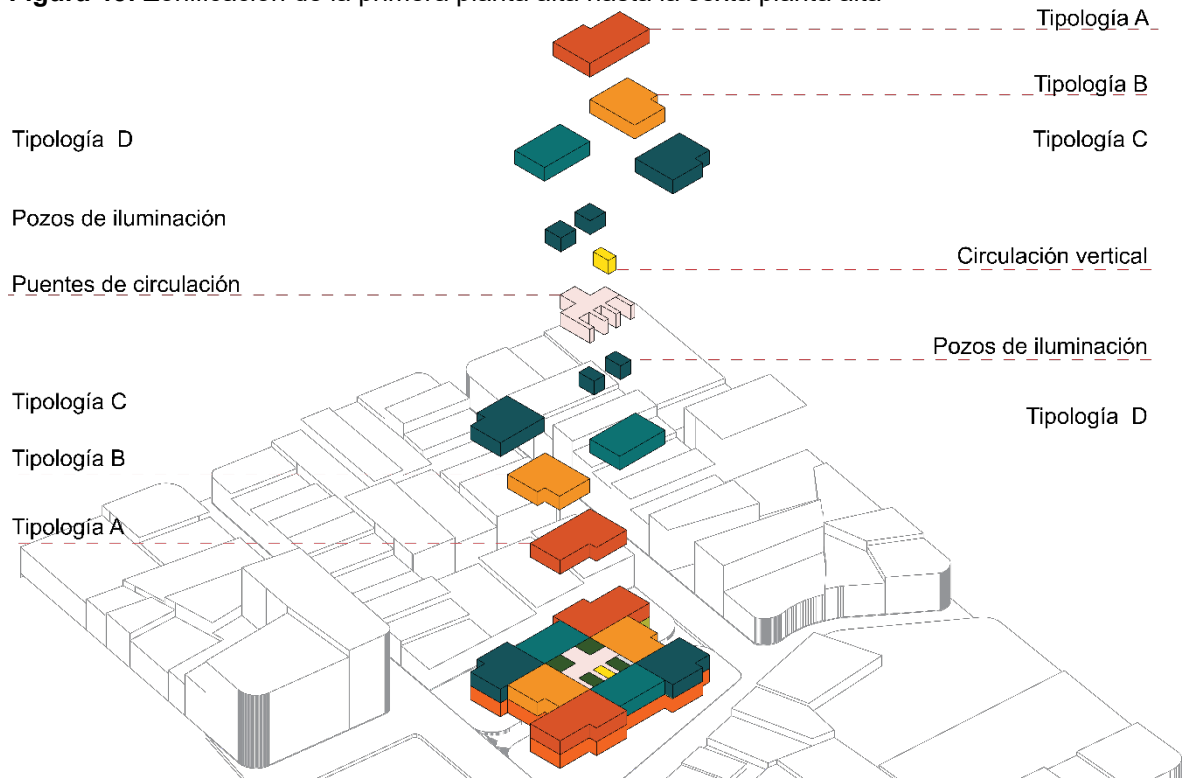
Figura 44: Zonificación de la planta baja



Nota. Elaboración propia.

Es importante mencionar que, desde la primera hasta la sexta planta alta, están destinadas a zonas residenciales, se presentan diversas tipologías de departamentos, cada planta contiene un total de 8 departamentos. Estos departamentos están organizados alrededor de puentes, que funcionan como espacios de cohesión social, los cuales se encargan de mantener una conexión directa entre las distintas tipologías de departamentos (Ver figura 45).

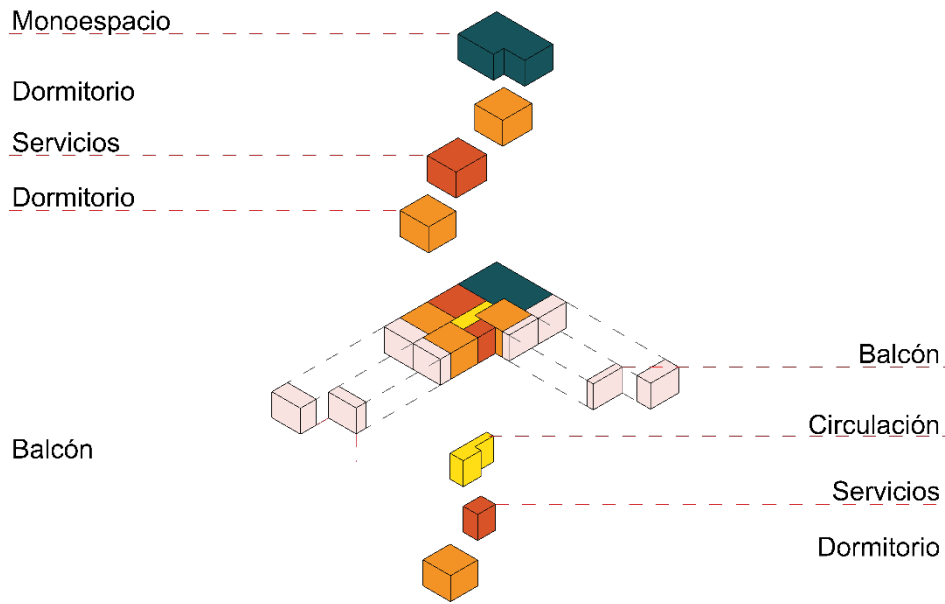
Figura 45: Zonificación de la primera planta alta hasta la sexta planta alta



Nota. Elaboración propia.

En cuanto a la tipología de departamento tipo A está diseñada para una familia de cuatro miembros. Este departamento presenta un mono espacio que integra la cocina, sala y comedor, permitiendo un ingreso sin obstrucciones de la luz natural debido a la ausencia de paredes divisorias. Además, cuenta con tres dormitorios ubicados directamente en la fachada para maximizar la iluminación natural. Los espacios de servicios, como baños, alacenas, lavanderías y closets, al no requerir iluminación constante, no se priorizan en las fachadas. Esta distribución se puede observar en la figura 46.

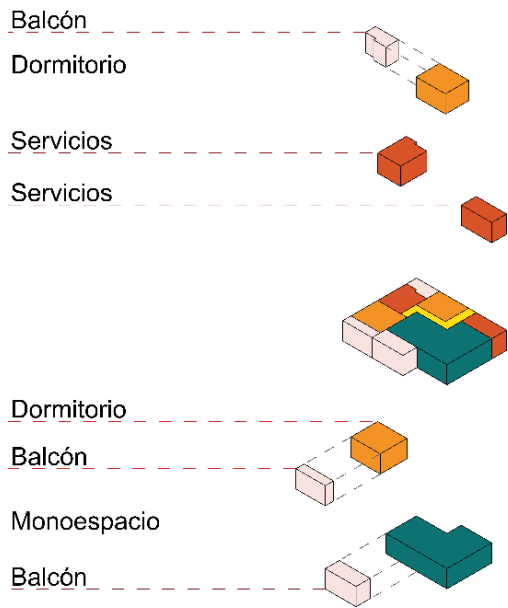
Figura 46: Tipología de Departamento tipo A, zonificación 3d y planos.



Nota. Elaboración propia.

Respecto a la tipología de departamento tipo B está diseñada para una familia de tres miembros. Este departamento incluye un mono espacio que integra las zonas sociales, como la cocina, sala y comedor. Adicionalmente, cuenta con dos dormitorios ubicados en la fachada y junto a los pozos de iluminación interiores. Las áreas de servicios, tales como baños, alacenas, lavanderías y closets, no requieren iluminación constante y, por lo tanto, no se priorizan en las fachadas. Todos estos espacios están estratégicamente ubicados para maximizar el ingreso de luz natural al interior de la edificación, como se muestra en la figura 47.

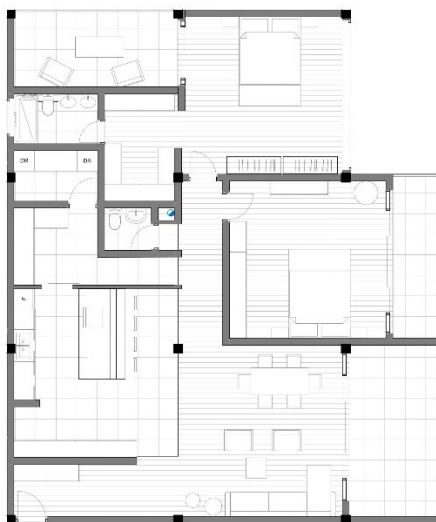
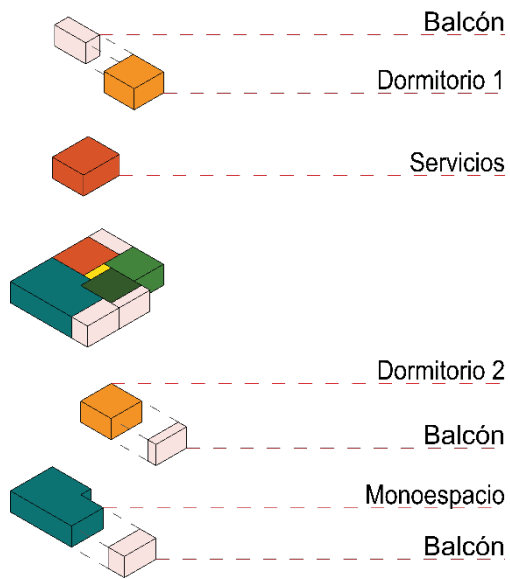
Figura 47: Tipologías de Departamento tipo B, zonificación 3d y planos.



Nota. Elaboración propia.

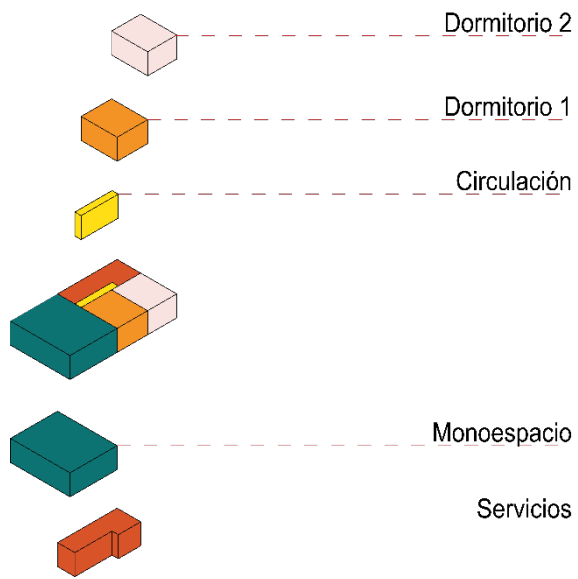
Las Tipologías de Departamento tipo C y D están concebidas tanto para una familia de tres miembros como para dos personas. Estos departamentos presentan un mono espacio que integra las áreas sociales, incluyendo la cocina, sala y comedor. Además, disponen de dos dormitorios situados en la fachada. Las áreas de servicio, como baños, alacenas, lavanderías y closets, no se priorizan en las fachadas debido a su menor necesidad de iluminación constante. Todos estos espacios están estratégicamente distribuidos para maximizar la entrada de luz natural en la edificación, como se muestra en las figuras 48 y 49.

Figura 48: Tipologías de Departamento tipo C, zonificación 3d y planos.



Nota. Elaboración propia.

Figura 49: Tipologías de Departamento tipo D, zonificación 3d y planos.



Nota. Elaboración propia.

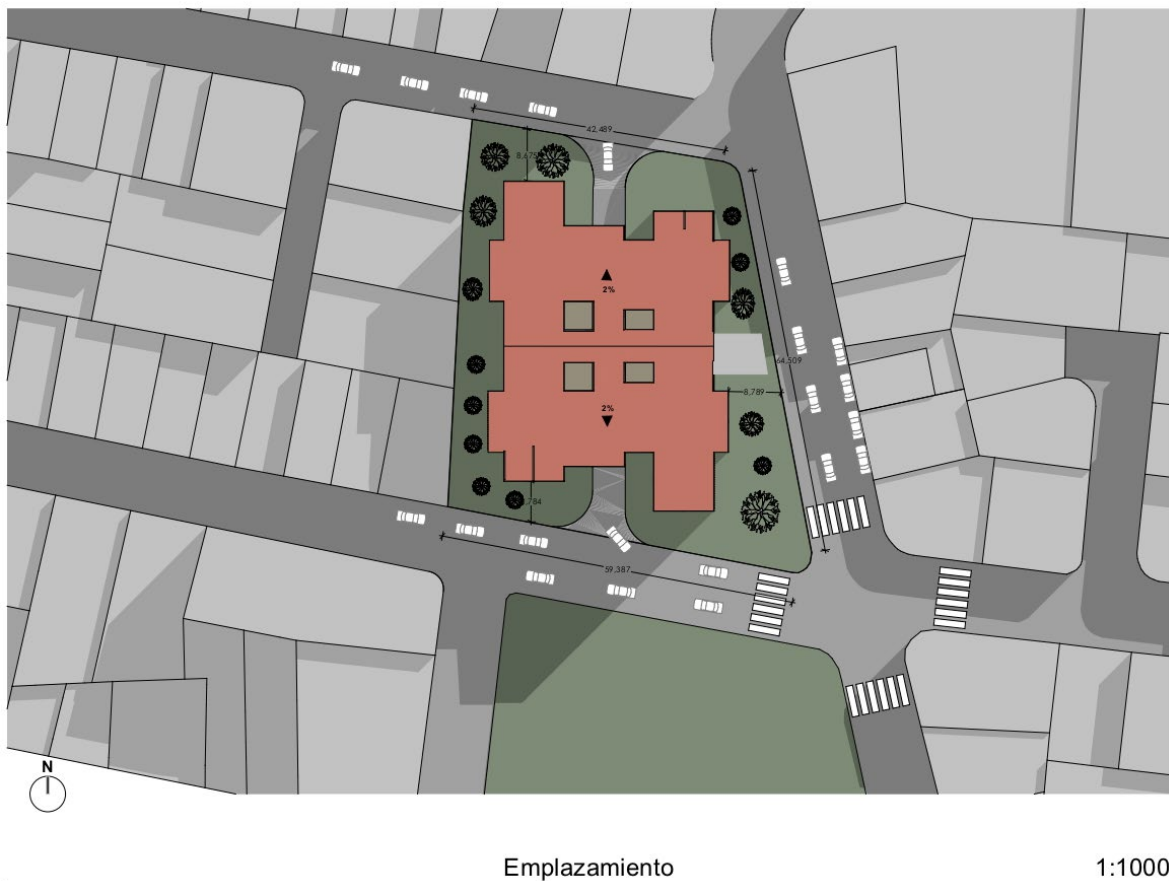
4.3. Documentación arquitectónica

A continuación, se documentan los planos arquitectónicos a nivel de anteproyecto, en los cuales se detallan estrategias de diseño implementadas en los retranqueos del edificio para maximizar la iluminación natural. Así también se incluyen patios de iluminación que contribuyen a mejorar la luminosidad de los espacios interiores.

4.3.1. Emplazamiento.

El emplazamiento permite visualizar la implantación del proyecto en el terreno, considerando todos los puntos anteriormente descritos. Desde el respeto a los retiros hasta los accesos peatonales y vehiculares, la propuesta abarca todos estos aspectos (ver figura 50).

Figura 50: Emplazamiento



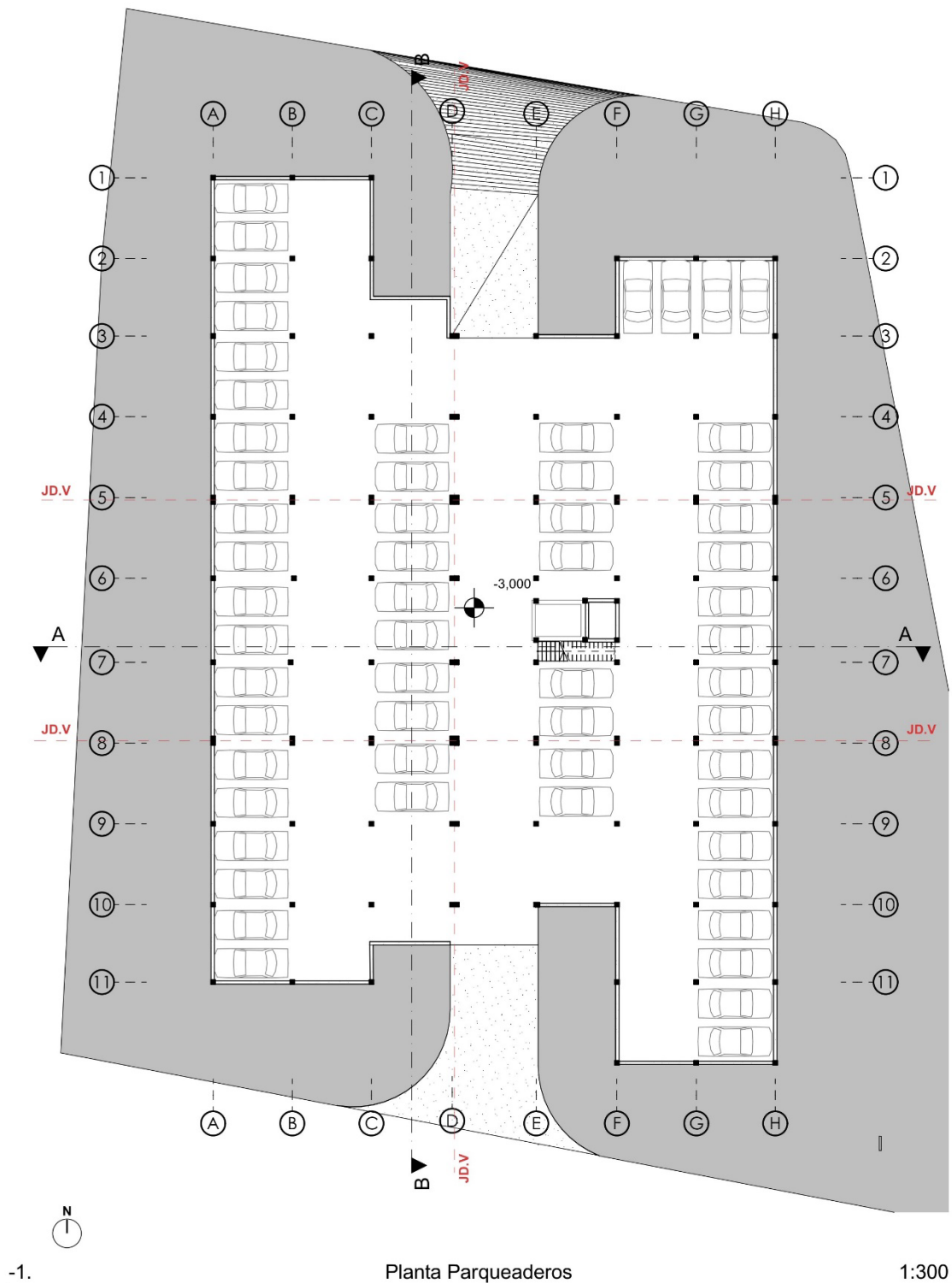
Nota. Elaboración propia.

4.3.2. Plantas generales.

El proyecto arquitectónico para el edificio multifamiliar en Cuenca, Ecuador, se caracteriza por varios criterios adicionales que refuerzan su sostenibilidad y funcionalidad urbana. Además de los 48 departamentos distribuidos en 6 plantas y los parqueaderos subterráneos para maximizar el espacio y mantener una estética urbana limpia, se ha priorizado la integración de una zona comercial dinámica en la planta baja. Esta área no solo atiende las necesidades de los residentes, sino que también beneficia a la comunidad circundante al promover servicios versátiles y activos. El diseño multifamiliar no solo busca satisfacer las demandas habitacionales y las necesidades diarias de los residentes, sino que también aspira a dinamizar la vida urbana de Cuenca. Se logra esto mediante la integración de servicios comerciales con la comodidad y la sostenibilidad de la vivienda, lo que fomenta una interacción activa y social en el entorno residencial. La implementación de estrategias bioclimáticas, la orientación solar precisa y las técnicas de ventilación cruzada reflejan una atención cuidadosa a las características climáticas específicas de Cuenca. Estas medidas no solo optimizan el uso de recursos naturales, sino que también reducen el consumo energético del edificio, contribuyendo así a la sostenibilidad ambiental y económica a largo plazo. La tipología multifamiliar incluye unidades residenciales adaptadas a las necesidades modernas y promueve la convivencia y el bienestar comunitario mediante áreas comunes. La selección de materiales sostenibles refleja un compromiso con la reducción de la huella de carbono y la promoción de la responsabilidad ambiental, sentando así las bases para un desarrollo urbano sostenible y consciente en Cuenca. Este enfoque integral trasciende el concepto de vivienda para contribuir a la vitalidad y funcionalidad del entorno urbano, asegurando un impacto positivo a largo plazo en la ciudad y sus habitantes.

A continuación, se detallan las plantas arquitectónicas: una planta de parqueaderos y una planta baja de locales comerciales. En esta última, los locales se organizan alrededor de cuatro pozos de iluminación, que se convierten en los elementos principales del espacio. Además, se jerarquiza el acceso principal peatonal. Posteriormente, se presenta la planta tipo, que se replica en los seis pisos superiores, con el objetivo de maximizar el uso del espacio disponible tanto vertical como horizontalmente, según las normativas vigentes (ver figuras 51,52 y 53).

Figura 51: Planta parqueaderos

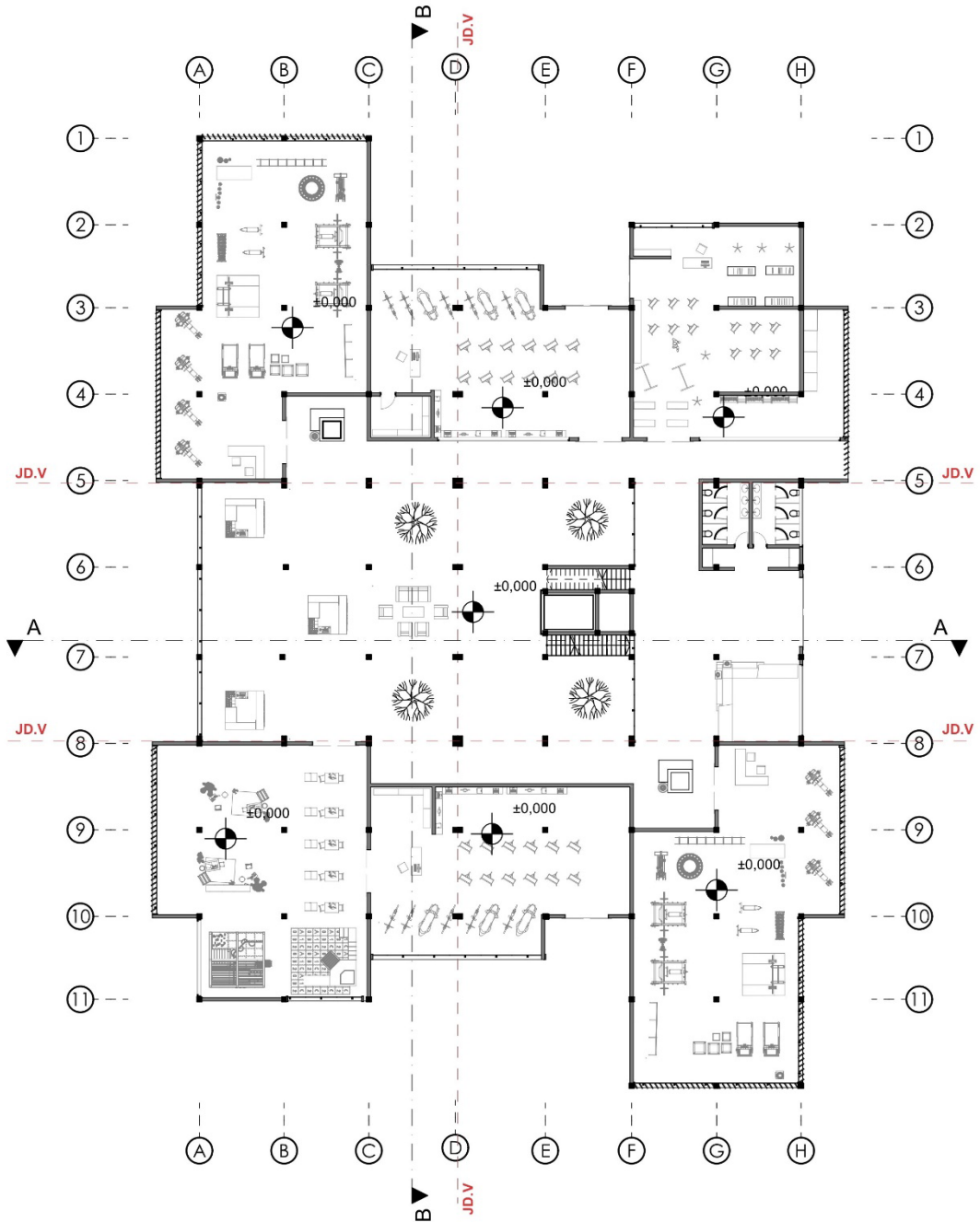


Nota. Elaboración propia.

En la planta arquitectónica a nivel +0.00, se diseñaron seis locales comerciales que rodean una plaza central de interacción social. En esta plaza también se encuentran islas comerciales, adaptables a las necesidades de cada negocio proyectado. Los locales tienen vistas directas al exterior del edificio mediante ventanas de piso a techo, estratégicamente ubicadas para optimizar la

visibilidad sin comprometer la estética de la fachada. Este piso también incluye un lobby y baños públicos, destinados a la administración y comodidad de los residentes del edificio (ver figura 52).

Figura 52: Planta Locales comerciales



0.

PLANTA LOCALES COMERCIALES

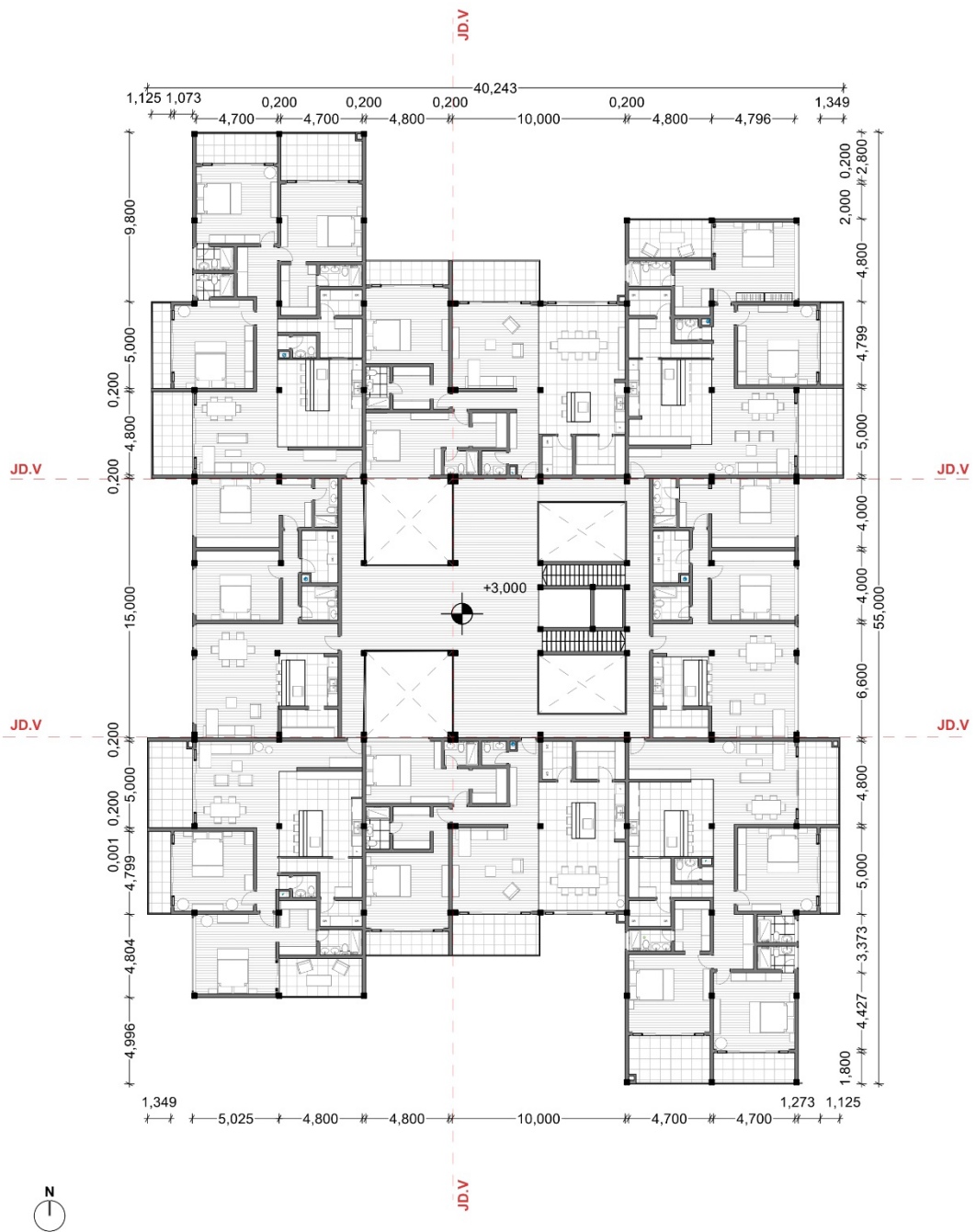
1:300

Nota. Elaboración propia.

La planta arquitectónica tipo se replica en los seis niveles superiores, manteniendo un diseño óptimo y funcional. Cada piso cuenta con ocho departamentos de diversas tipologías, que van de

dos a tres habitaciones. La circulación vertical se organiza a lo largo del eje del edificio, ubicada entre dos pozos de iluminación (ver figura 53).

Figura 53: Planta tipo



1.

PLANTA TIPO

1:300

Nota. Elaboración propia.

4.3.3. Plantas departamentos tipo.

Figura 54: Tipología de departamento A



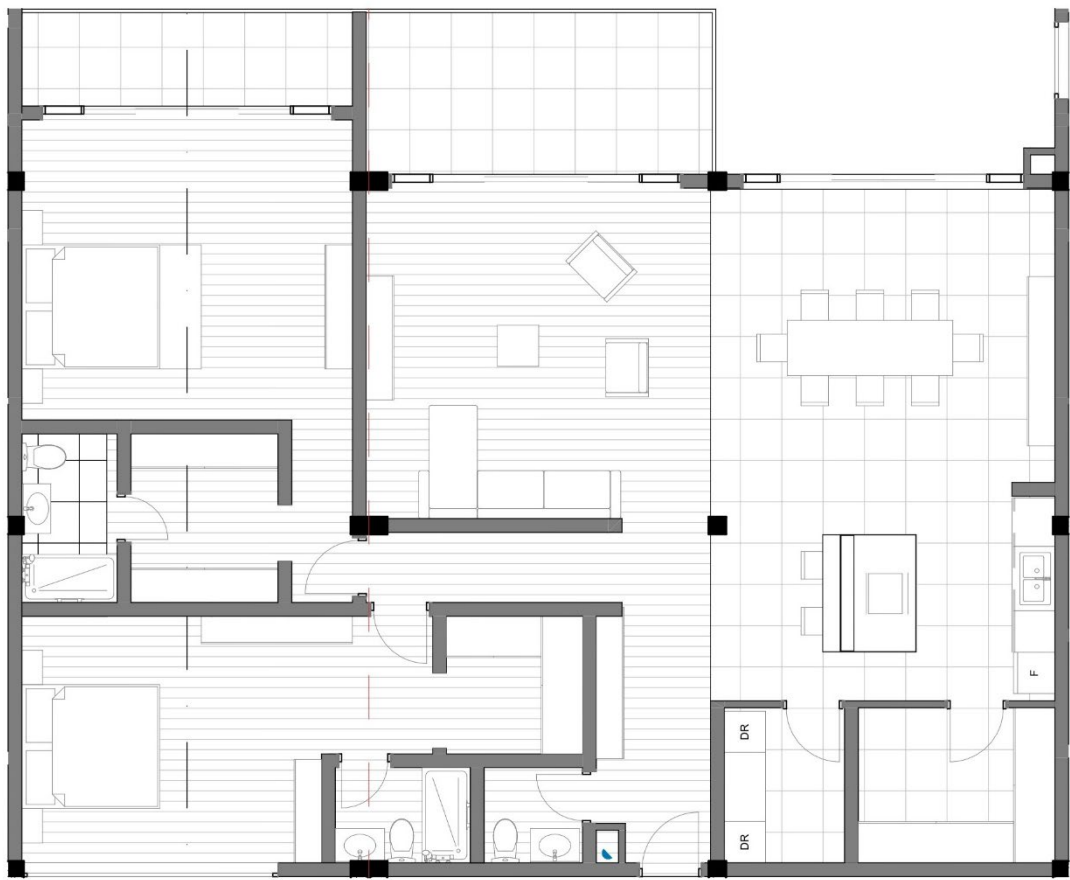
1.

TIPOLOGÍA A

1:100

Nota. Elaboración propia.

Figura 55: Tipología de departamento B



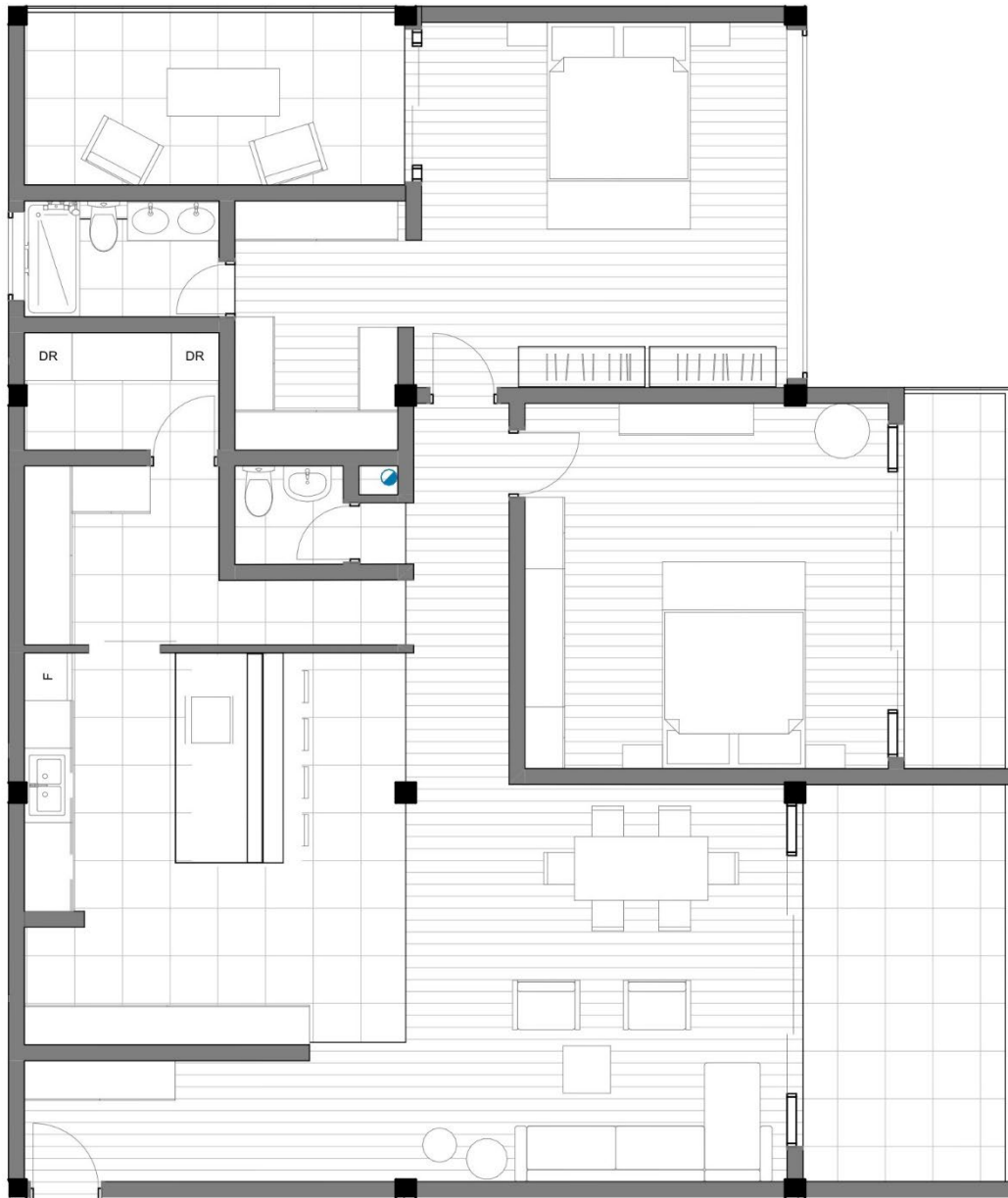
1.

TIPOLOGÍA B

1:100

Nota. Elaboración propia.

Figura 56: Tipología de departamento C



1.

TIPOLOGÍA C

1:100

Nota. Elaboración propia.

Figura 57: Tipología de departamento D

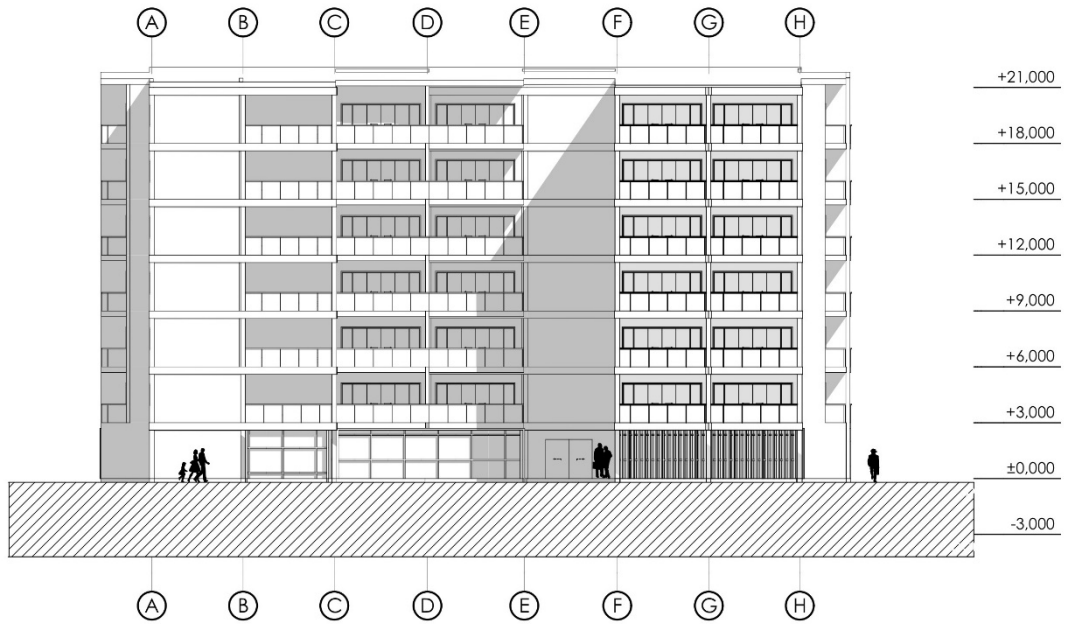


1. TIPOLOGÍA D 1:100

Nota. Elaboración propia.

4.3.4. Elevaciones y secciones.

Figura 58: Elevación sur

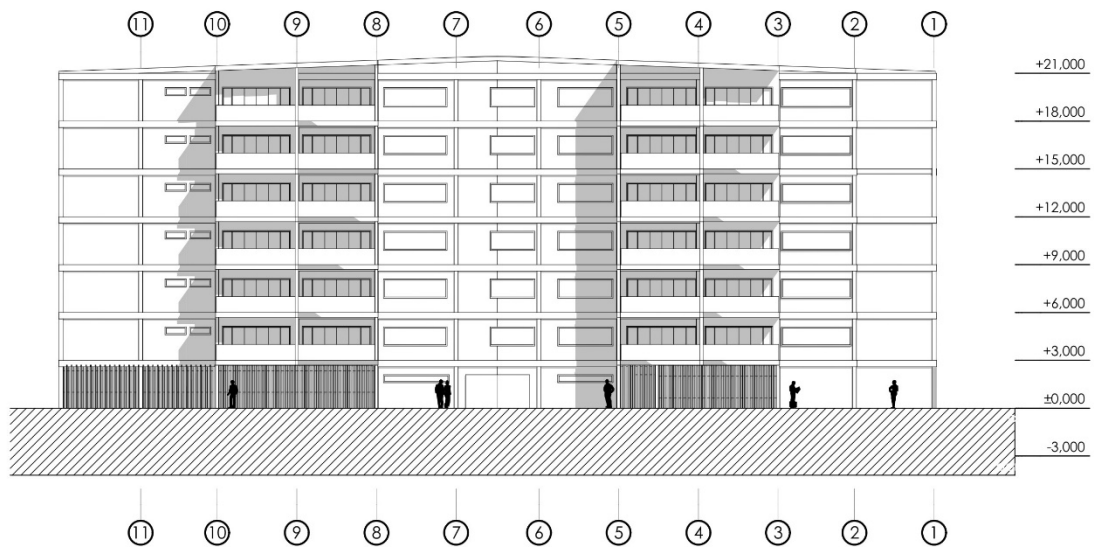


ELEVACIÓN SUR

1:300

Nota. Elaboración propia.

Figura 59: Elevación este

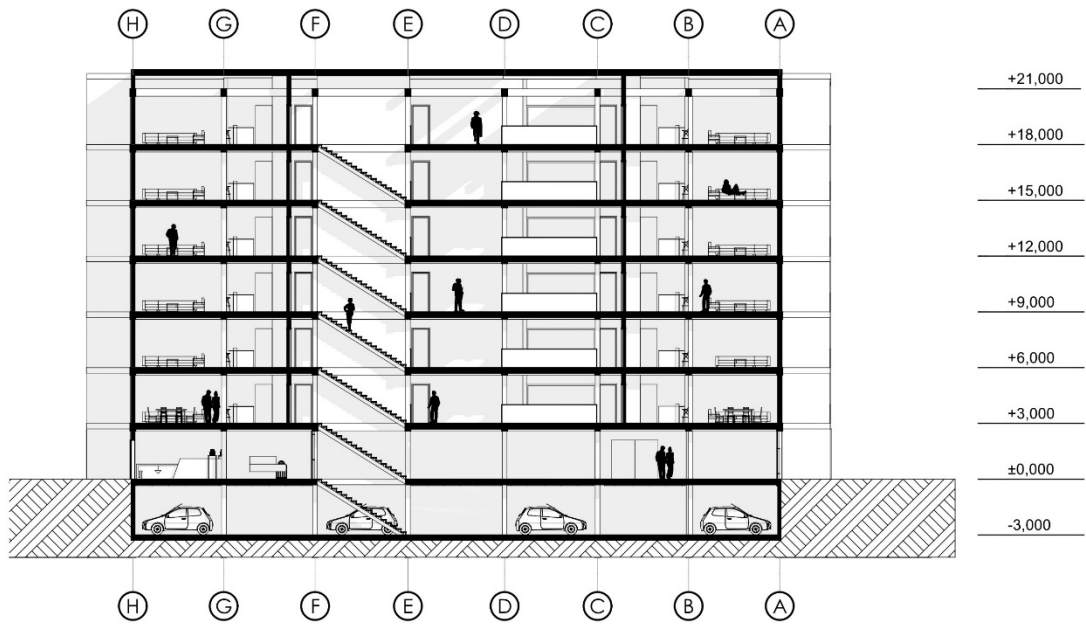


ELEVACIÓN ESTE

1:350

Nota. Elaboración propia.

Figura 60: Sección Arquitectónica A-A



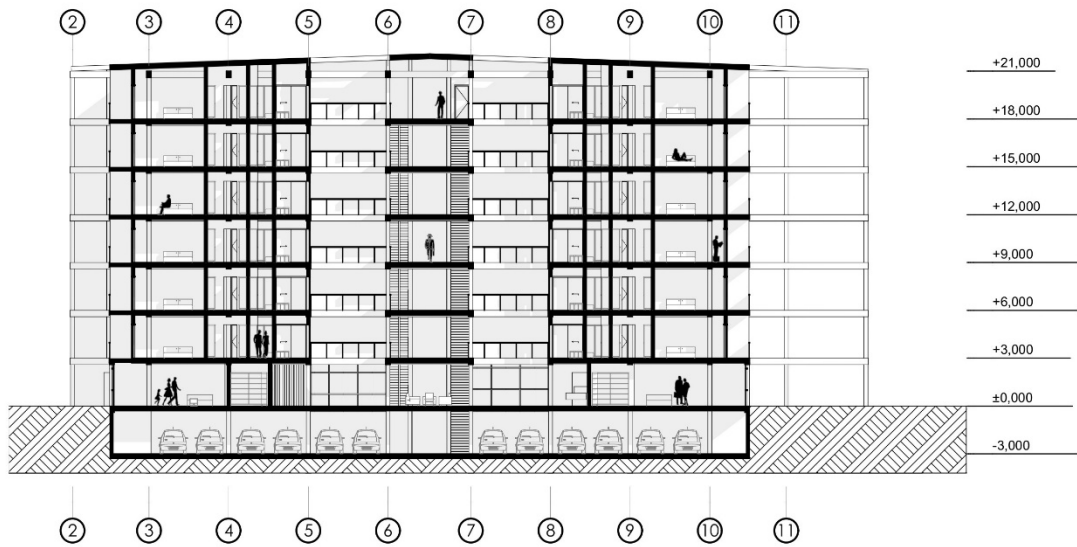
A

SECCIÓN A-A

1:300

Nota. Elaboración propia.

Figura 61: Sección Arquitectónica B-B



B

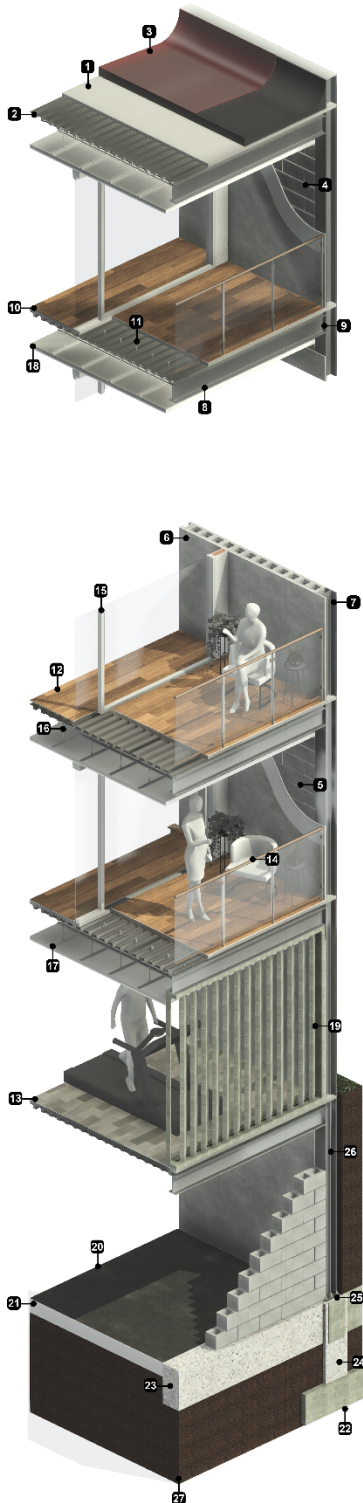
SECCIÓN B-B

1:350

Nota. Elaboración propia.

4.4. Detalles constructivos

Figura 62: Detalle constructivo axonométrico y corte por fachada 1 de la propuesta



Cubierta

- 1- Losa de concreto armado de 240 kg/cm².
- 2- Placa colaborante tipo steel deck, malla electrosoldada R131 de 5mm c/15cm, conector de cortante, perno grado 5 de 1/2 pulgada o varilla de 12mm cada 30cm.
- 3- Impermeabilizante.

Mampostería

- 4- Bloque hueco de 20x40x15 cm asentado con mortero de 1:4.
- 5- Enlucido de mortero de cemento de arena fina 1:4.
- 6- Acabado empastado y pintado.

Estructura metálica

- 7- Columna metálica HEB 240.
- 8- Viga metálica IPE 170.
- 9- Soldadura alambre E7018.

Losa de entrepiso

- 10- Losa de concreto armado de 240 kg/cm².
- 11- Placa colaborante tipo steel deck, malla electrosoldada R131 de 5mm c/15cm, conector de cortante, perno grado 5 de 1/2 pulgada o varilla de 12mm cada 30cm.
- 12- Piso flotante maderado.
- 13- Suelo de goma.
- 14- Barandilla de herrería de aluminio con vidrio templado de 6mm.
- 15- Mampara de herrería de aluminio con vidrio templado de 6mm.

Cielo raso

- 16- Colgante de alambre galvanizado No.18.
- 17- Estructura de perfilera metálica.
- 18- Plancha de yeso laminado empastado y pintado.

Celosía

- 19- Celosía de madera vertical con acabado de lacado mate exterior.

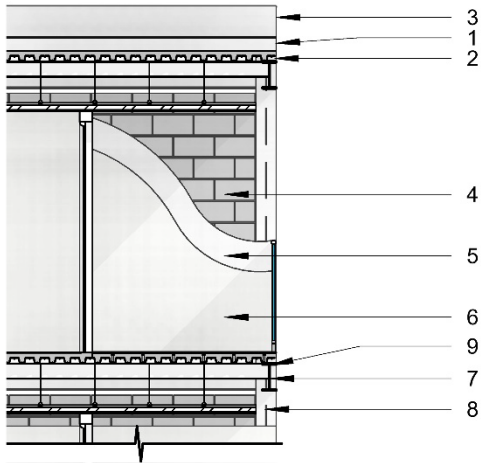
Cimentación

- 20- Cemento pulido de 3mm.
- 21- Losa de concreto armado de 240 kg/cm² acabado pulido fino.
- 22- Zapata de hormigón armado fc=240 kg/cm².
- 23- Contratrabe de amarre de hormigón armado fc=240 kg/cm².
- 24- Dado de hormigón armado fc=240kg/cm².
- 25- Placa de anclaje con tuerca y contratuerca.
- 26- Columna de metal HEB 240.
- 27- Terreno compactado.

Detalle axonométrico 01

Escala 1:100

Nota. Elaboración propia.



Cubierta

- 1- Losa de concreto armado de 240 kg/cm².
- 2- Placa colaborante tipo steel deck, malla electrosoldada R131 de 5mm c/15cm, conector de cortante, perno grado 5 de 1/2 pulgada o varilla de 12mm cada 30cm.
- 3- Impermeabilizante.

Mampostería

- 4- Bloque hueco de 20x40x15 cm asentado con mortero de 1:4.
- 5- Enlucido de mortero de cemento de arena fina 1:4.
- 6- Acabado empastado y pintado.

Estructura metálica

- 7- Columna metálica HEB 240.
- 8- Viga metálica IPE 170.
- 9- Soldadura alambre E7018.

Losa de entrepiso

- 10- Losa de concreto armado de 240 kg/cm².
- 11- Placa colaborante tipo steel deck, malla electrosoldada R131 de 5mm c/15cm, conector de cortante, perno grado 5 de 1/2 pulgada o varilla de 12mm cada 30cm.
- 12- Piso flotante maderado.
- 13- Suelo de goma.
- 14- Barandilla de herrería de aluminio con vidrio templado de 6mm.
- 15- Mampara de herrería de aluminio con vidrio templado de 6mm.

Cielo raso

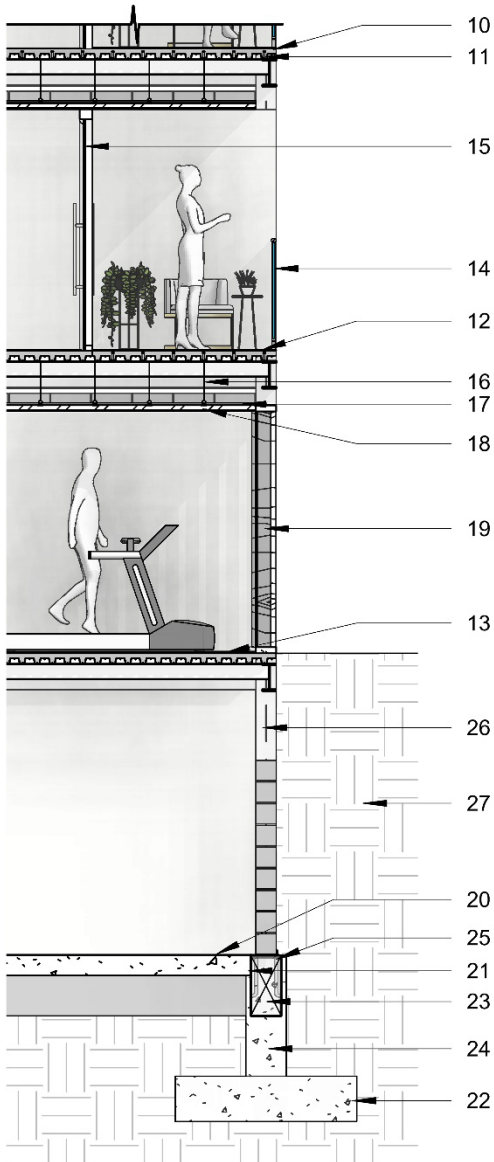
- 16- Colgante de alambre galvanizado No.18.
- 17- Estructura de perfilera metálica.
- 18- Plancha de yeso laminado empastado y pintado.

Celosía

- 19- Celosía de madera vertical con acabado de lacado mate exterior.

Cimentación

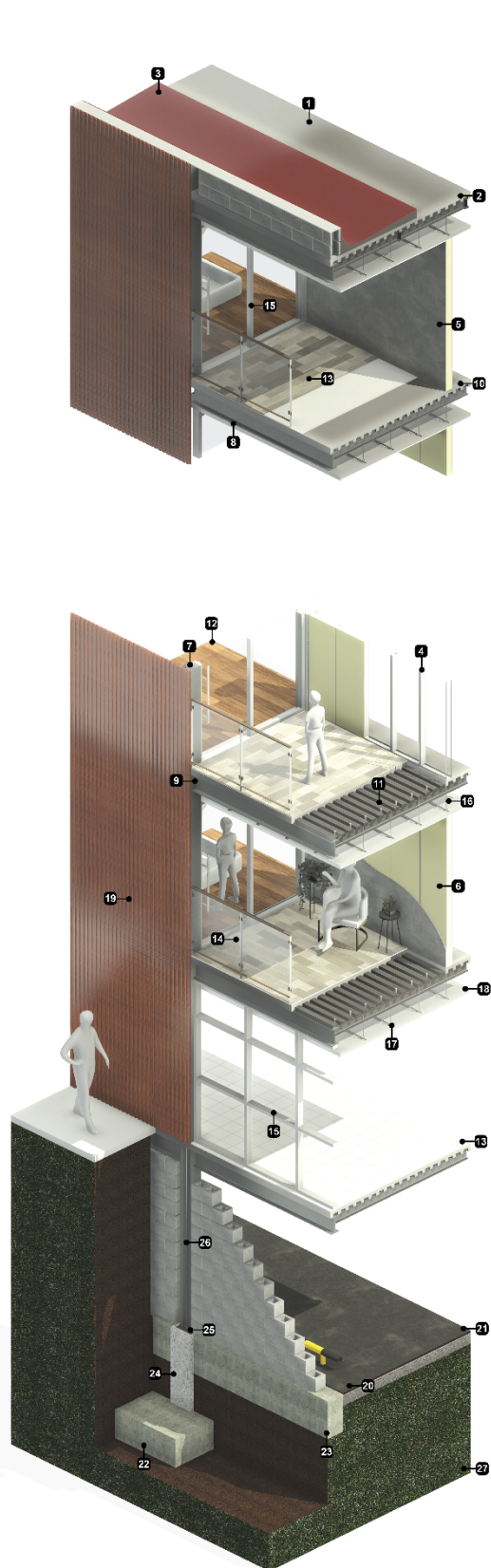
- 20- Cemento pulido de 3mm.
- 21- Losa de concreto armado de 240 kg/cm² acabado pulido fino.
- 22- Zapata de hormigón armado $f_c=240$ kg/cm².
- 23- Contratrabe de amarre de hormigón armado $f_c=240$ kg/cm².
- 24- Dado de hormigón armado $f_c=240$ kg/cm².
- 25- Placa de anclaje con tuerca y contratuerca.
- 26- Columna de metal HEB 240.
- 27- Terreno compactado.



Corte por fachada

ESC: 1:75

Figura 63: Detalle constructivo axonométrico y corte por fachada 2 de la propuesta



Cubierta

- 1- Losa de concreto armado de 240 kg/cm².
- 2- Placa colaborante tipo steel deck, malla electrosoldada R131 de 5mm c/15cm, conector de cortante, perno grado 5 de 1/2 pulgada o varilla de 12mm cada 30cm.
- 3- Impermeabilizante.

Mampostería interior

- 4- Poste metálico de lámina galvanizada cada 60cm mínimo.
- 5- Plancha de yeso laminado empastado y pintado.
- 6- Aislante acústico de fibra de vidrio o similar.

Estructura metálica

- 7- Columna metálica HEB 240.
- 8- Viga metálica IPE 170.
- 9- Soldadura alambre E7018.

Losa de entepiso

- 10- Losa de concreto armado de 240 kg/cm².
- 11- Placa colaborante tipo steel deck, malla electrosoldada R131 de 5mm c/15cm, conector de cortante, perno grado 5 de 1/2 pulgada o varilla de 12mm cada 30cm.
- 12- Piso flotante maderado.
- 13- Suelo de cerámica.
- 14- Barandilla de herrería de aluminio con vidrio templado de 6mm.
- 15- Mampara de herrería de aluminio con vidrio templado de 6mm.

Cielo raso

- 16- Colgante de alambre galvanizado No.18.
- 17- Estructura de perfilera metálica.
- 18- Plancha de yeso laminado empastado y pintado.

Celosía

- 19- Celosía de PVC.

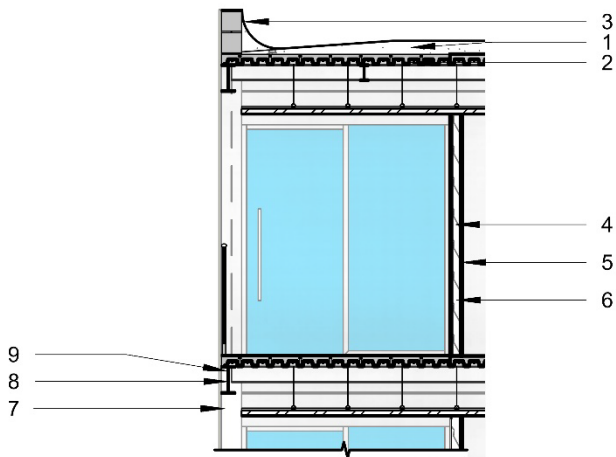
Cimentación

- 20- Cemento pulido de 3mm.
- 21- Losa de concreto armado de 240 kg/cm² acabado pulido fino.
- 22- Zapata de hormigón armado fc=240 kg/cm².
- 23- Contratrabe de amarre de hormigón armado fc=240 kg/cm².
- 24- Dado de hormigón armado fc=240kg/cm².
- 25- Placa de anclaje con tuerca y contratuerca.
- 26- Columna de metal HEB 240.
- 27- Terreno compactado.

Detalle axonométrico 02

Escala 1:100

Nota. Elaboración propia.



Cubierta

- 1- Losa de concreto armado de 240 kg/cm².
- 2- Placa colaborante tipo steel deck, malla electrosoldada R131 de 5mm c/15cm, conector de cortante, perno grado 5 de 1/2 pulgada o varilla de 12mm cada 30cm.
- 3- Impermeabilizante.

Mampostería interior

- 4- Poste metálico de lámina galvanizada cada 60cm mínimo.
- 5- Plancha de yeso laminado empastado y pintado.
- 6- Aislante acústico de fibra de vidrio o similar.

Estructura metálica

- 7- Columna metálica HEB 240.
- 8- Viga metálica IPE 170.
- 9- Soldadura alambre E7018.

Losa de entrepiso

- 10- Losa de concreto armado de 240 kg/cm².
- 11- Placa colaborante tipo steel deck, malla electrosoldada R131 de 5mm c/15cm, conector de cortante, perno grado 5 de 1/2 pulgada o varilla de 12mm cada 30cm.
- 12- Piso flotante maderado.
- 13- Suelo de cerámica.
- 14- Barandilla de herrería de aluminio con vidrio templado de 6mm.
- 15- Mampara de herrería de aluminio con vidrio templado de 6mm.

Cielo raso

- 16- Colgante de alambre galvanizado No.18.
- 17- Estructura de perfilería metálica.
- 18- Plancha de yeso laminado empastado y pintado.

Celosía

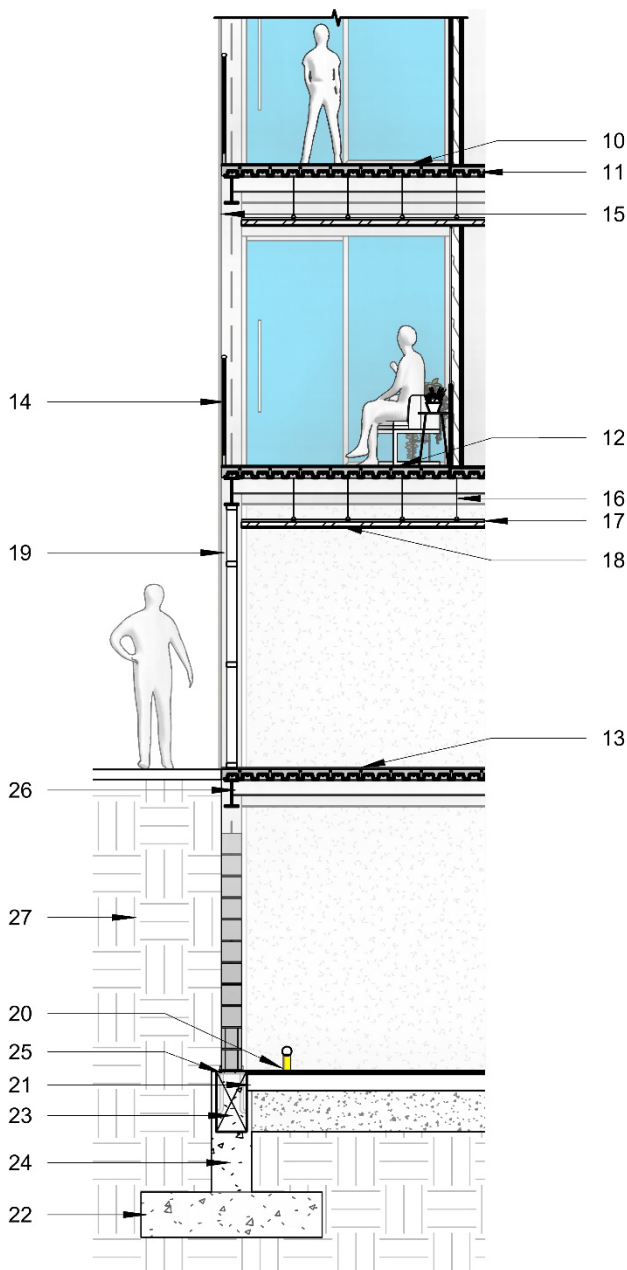
- 19- Celosía de PVC.

Cimentación

- 20- Cemento pulido de 3mm.
- 21- Losa de concreto armado de 240 kg/cm² acabado pulido fino.
- 22- Zapata de hormigón armado $f_c=240$ kg/cm².
- 23- Contratrabe de amarre de hormigón armado $f_c=240$ kg/cm².
- 24- Dado de hormigón armado $f_c=240$ kg/cm².
- 25- Placa de anclaje con tuerca y contratuerca.
- 26- Columna de metal HEB 240.
- 27- Terreno compactado.

Corte por fachada

ESC: 1:75



4.5. Imágenes del proyecto

En el presente apartado se expone las imágenes respectivas del proyecto que se ha venido exponiendo en apartados anteriores (ver figuras 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75 y 76).

Figura 64: Imagen del proyecto



Nota. Render exterior. Elaboración propia.

Figura 65: Imagen del proyecto



Nota. Render exterior. Elaboración propia.

Figura 66: Imagen del proyecto



Nota. Render exterior. Elaboración propia.

Figura 67: Imagen del proyecto



Nota. Render exterior. Elaboración propia.

Figura 68: Imagen del Proyecto



Nota. Render exterior. Elaboración propia.

Figura 69: Imagen del proyecto



Nota. Render Interior. Elaboración propia.

Figura 70: Imagen del proyecto



Nota. Render Interior. Elaboración propia.

Figura 71: Imagen del proyecto



Nota. Render Interior. Elaboración propia.

Figura 72: Imagen del proyecto



Nota. Render Interior. Elaboración propia.

Figura 73: Imagen del proyecto



Nota. Render Interior. Elaboración propia.

Figura 74: Imagen del proyecto



Nota. Render Interior. Elaboración propia.

Figura 75: Imagen del proyecto



Nota. Render Interior. Elaboración propia.

Figura 76: Imagen del proyecto



Nota. Render Interior. Elaboración propia.

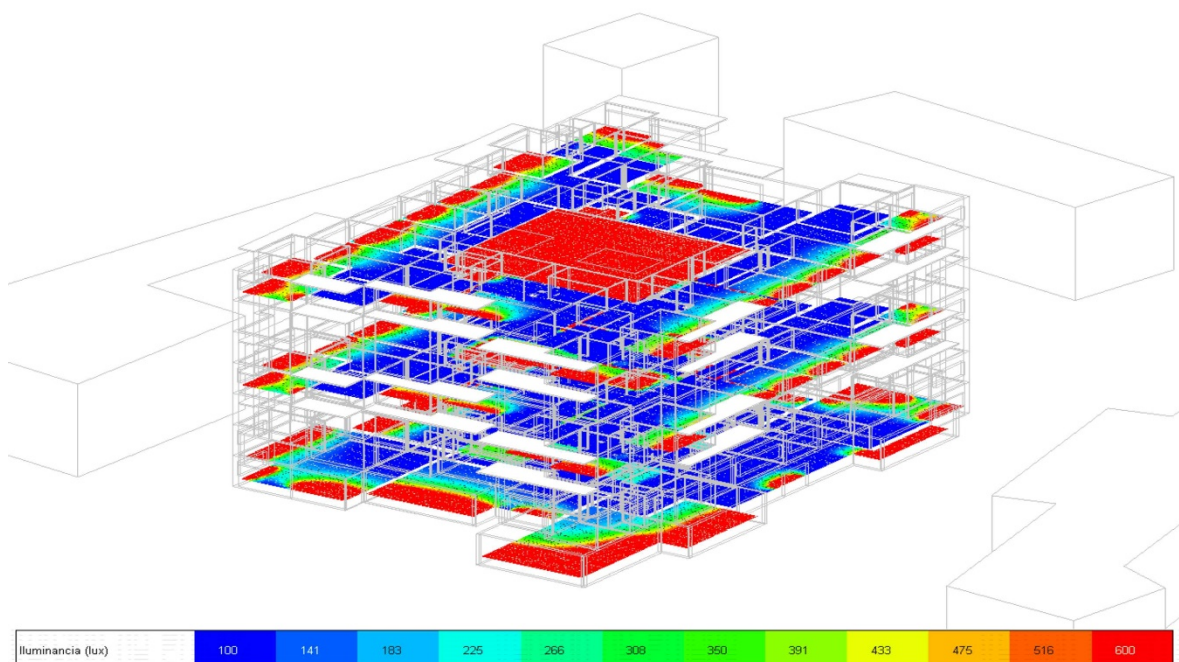
4.6. Simulaciones de iluminación en el software designbuilder

En esta etapa del capítulo IV, el objetivo es desarrollar simulaciones de iluminación para el proyecto de vivienda en altura en la planta baja, en la tercera planta alta y en la sexta planta alta (Ver figura 77). A fin de validar las estrategias bioclimáticas empleadas para el aprovechamiento de la iluminación natural mediante el uso del software DesignBuilder. Este proceso busca confirmar que la luz natural que ingresa al interior de la edificación sea óptima para garantizar el confort lumínico de los usuarios, cumpliendo con los estándares establecidos por las normativas nacionales e internacionales, de manera que se minimice la necesidad de iluminación artificial durante el día.

Para alcanzar este objetivo, se llevará a cabo un proceso exhaustivo que incluye las siguientes fases: la elaboración de un modelado 3D simplificado de la propuesta, la configuración específica del software con un enfoque en la iluminación, la selección de las opciones de cálculo de iluminación más adecuadas y, finalmente, el análisis detallado de los resultados obtenidos de las simulaciones.

Este enfoque meticuloso no solo permitirá verificar la eficacia de las estrategias bioclimáticas adoptadas, sino que también asegurará que el diseño cumpla con los requisitos de sostenibilidad y eficiencia energética, contribuyendo así al bienestar de los futuros habitantes del edificio.

Figura 77: Simulaciones de iluminación de la planta baja, en la tercera planta alta y en la sexta planta alta de la edificación de análisis



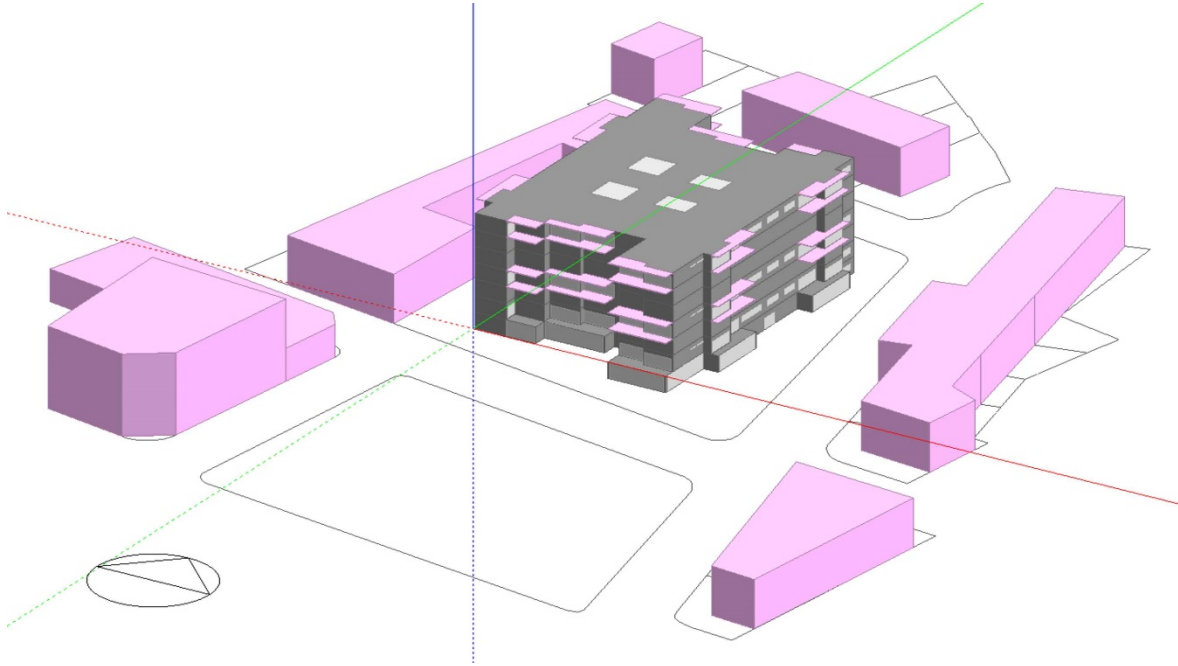
Nota. Elaboración propia.

4.6.1. Modelado simplificado.

El modelado en DesignBuilder implica la creación de una representación tridimensional simplificada de la propuesta arquitectónica, con el fin de evaluar la entrada de luz natural al interior del edificio. Este proceso incluye la generación de volúmenes básicos que reflejan la forma y las

dimensiones de la edificación, así como la división de las áreas internas necesarias. Adicionalmente, se incorporan las aberturas relevantes, tales como ventanas y puertas, que influyen en la iluminación natural del espacio. Asimismo, se modela el entorno circundante del edificio, incluyendo edificaciones adyacentes y otros elementos que puedan afectar la entrada de luz, tal y como se muestra en la figura 78.

Figura 78: Modelado 3d simplificado de la propuesta arquitectónica en el software designbuilder



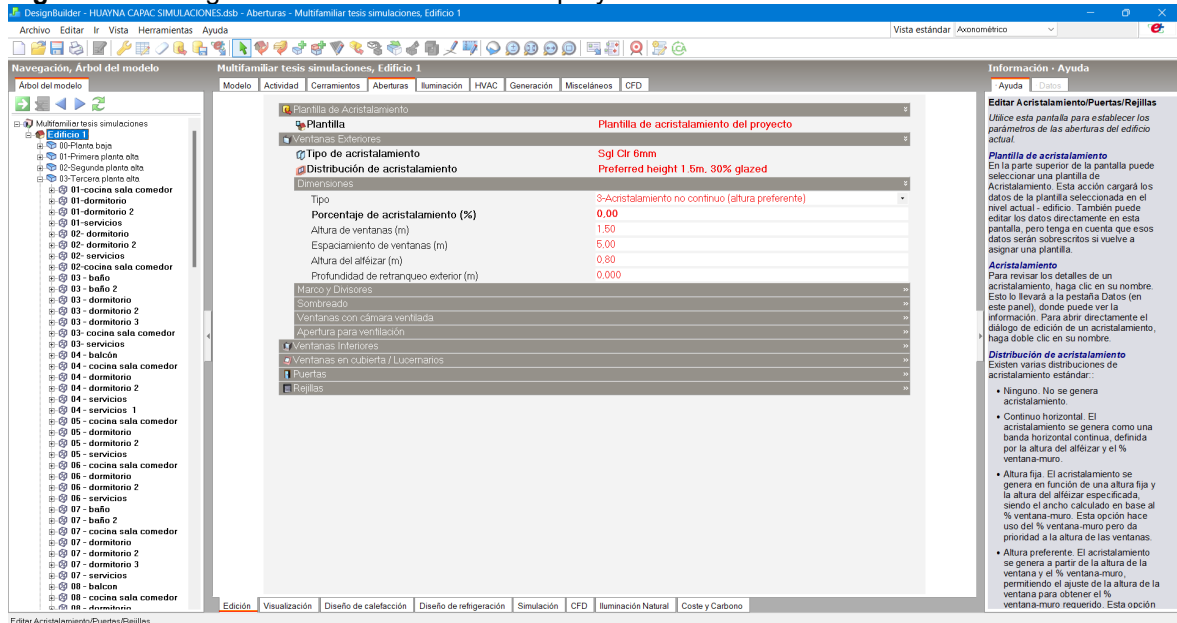
Nota. Elaboración propia.

4.6.2. Configuración del software designbuilder.

Dado que las simulaciones del presente trabajo de titulación se enfocarán exclusivamente en la iluminación, se configurarán únicamente las aberturas que afectan directamente la entrada de luz natural al interior de la edificación. En este apartado, se ajustan los acristalamientos existentes en muros internos y externos, utilizando parámetros definidos mediante las plantillas proporcionadas por el software. Así, estas plantillas contienen los materiales, espesores y especificaciones necesarias, ajustadas según los requerimientos del proyecto.

Además, se configuraron las aberturas utilizando la plantilla de acristalamiento del proyecto, seleccionando un tipo de vidrio solo, claro de 6 mm de espesor, como se ilustra en la figura 79.

Figura 79: Configuración de las aberturas del proyecto

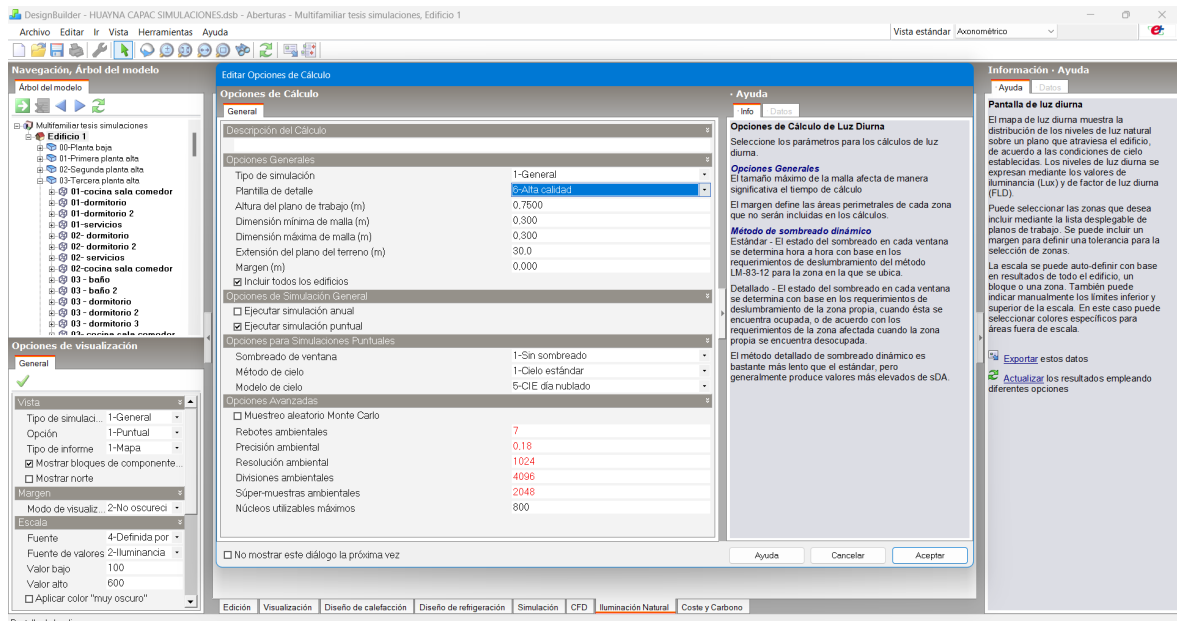


Nota. Elaboración propia.

4.6.3. Configuración de simulaciones.

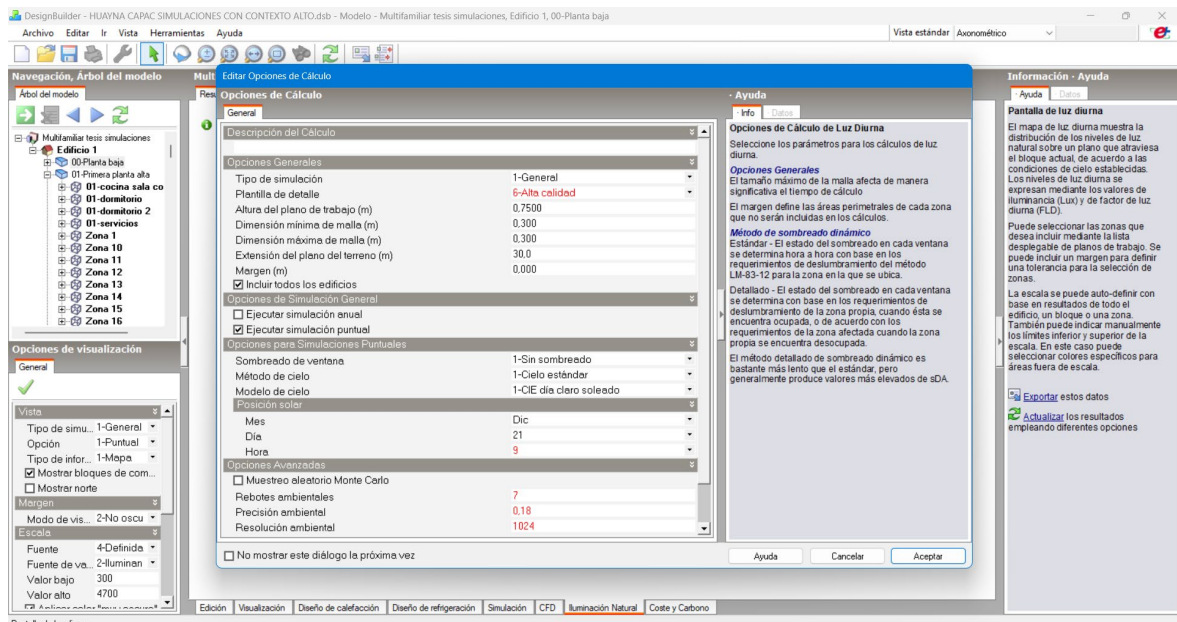
Para las configuraciones de las simulaciones de iluminación natural, se seleccionaron las siguientes especificaciones: se realizará una simulación general con un alto nivel de detalle, considerando un plano de trabajo a una altura de 0.75 metros. Además, se tomarán en cuenta todas las edificaciones aledañas que puedan interferir en el ingreso de luz natural al interior de la edificación. En las opciones de la simulación general, se eligió ejecutar una simulación puntual, configurada para un día nublado con un cielo estándar sin sombreado y para un día soleado el 22 de diciembre a las 9am y 15 pm con un cielo estándar sin sombreado, como se puede ver en la figura 80, 81 y 82.

Figura 80: Configuración de las simulaciones de iluminación natural en un día nublado.



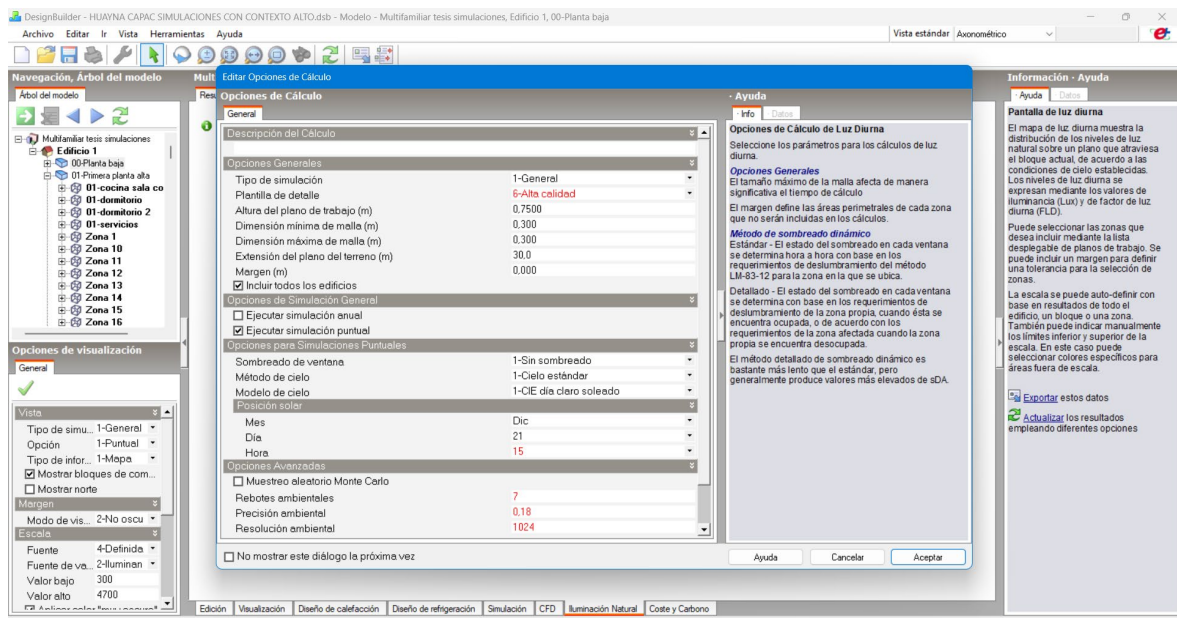
Nota. Elaboración propia.

Figura 81: Configuración de las simulaciones de iluminación natural en un día soleado el 21 de diciembre a las 9am.



Nota. Elaboración propia.

Figura 82: Configuración de las simulaciones de iluminación natural en un día soleado el 21 de diciembre a las 15pm.

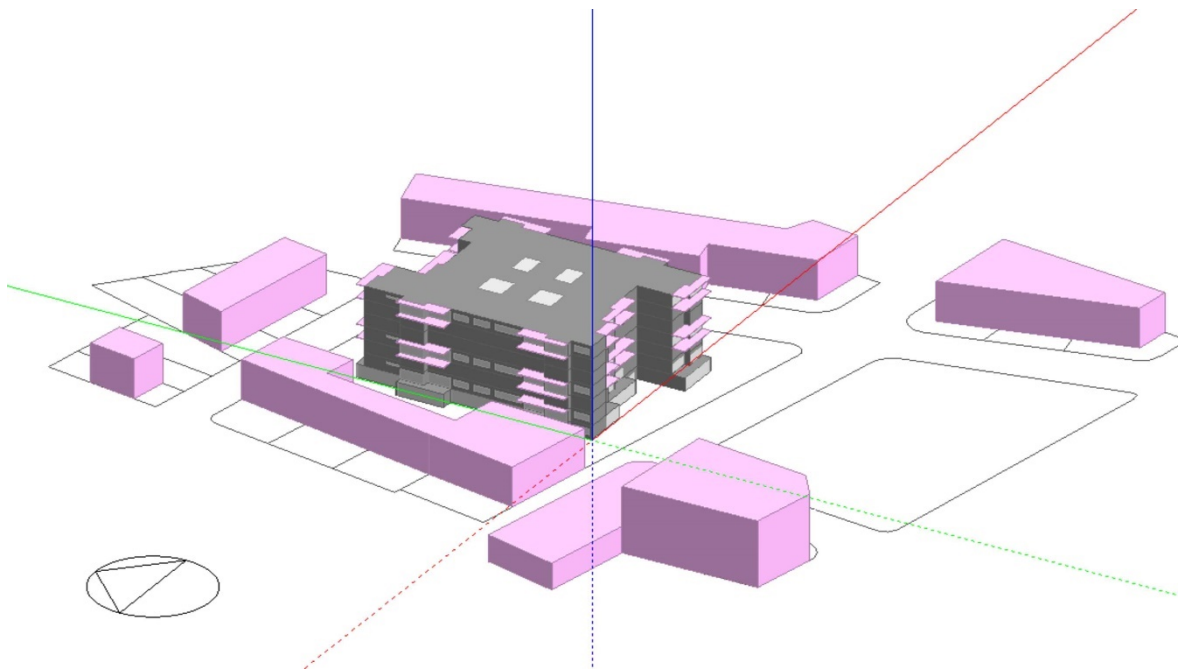


Nota. Elaboración propia.

4.7. Resultados de las simulaciones del estado actual

En este apartado, el estado actual tiene su entorno colindante con edificaciones de aproximadamente 9 metros de altura que obstruyen el paso libre de la luz natural hacia el interior de la edificación. No obstante, gracias a los retiros de la edificación de 7m planificados, y los de retiros de la mayoría de las construcciones colindantes de 9m de la fachada oeste y las calles del lado norte, sur y este de la edificación, facilita significativamente la adecuada entrada de luz natural (Ver figura 83).

Figura 83: Modelado simple del escenario actual en el software designbuilder



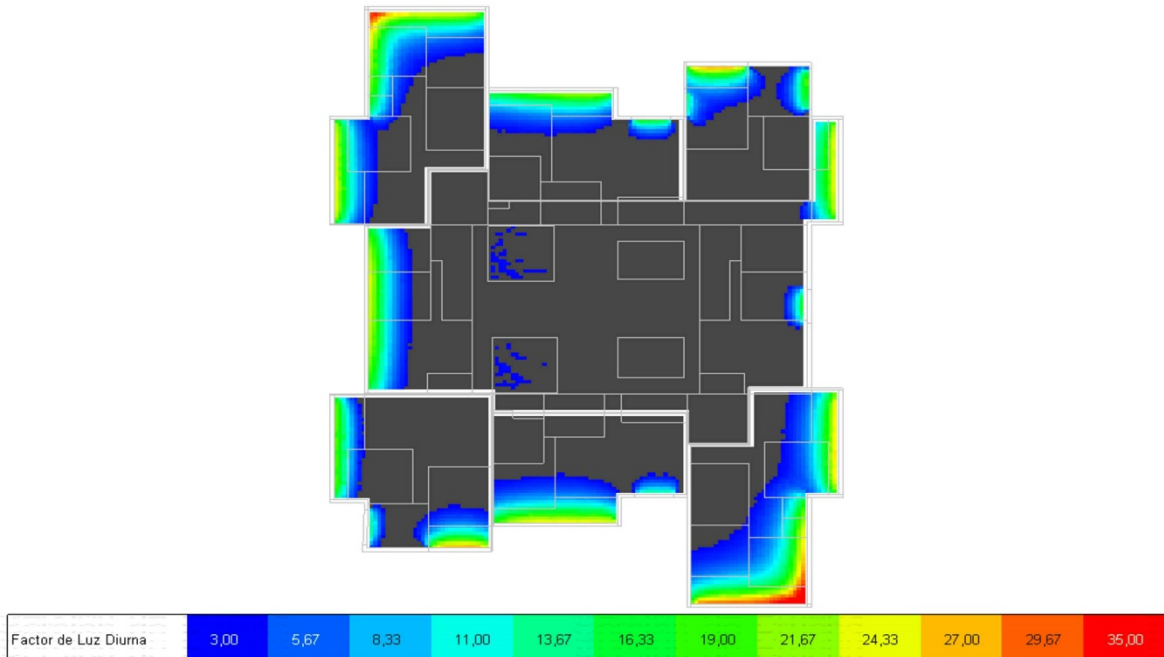
Nota. Elaboración propia.

4.7.1.Planta baja.

DIA NUBLADO

La simulación realizada en el día nublado (Ver figura 84) demostró que los valores de daylight factor (DF) obtenidos en la fachada este varían entre un rango de 3 a 35 DF, iluminando dos tercios de los locales comerciales. Por otro lado, en la fachada oeste los valores oscilan entre 3 a 26 DF iluminando un tercio de los locales comerciales. Teniendo en cuenta que la normativa requiere un mínimo de 3 DF, estos resultados indican que en los días nublados no es necesario el uso de iluminación artificial durante el día. En contraste, los pasillos interiores que se encuentran iluminados por los pozos de iluminación no cumplen con los niveles de iluminancia requeridos. Esto refleja, la ineficiencia de iluminar a través de pozos de iluminación en esta planta.

Figura 84: Simulación de daylight factor en un día nublado de la planta baja en el software designbuilder

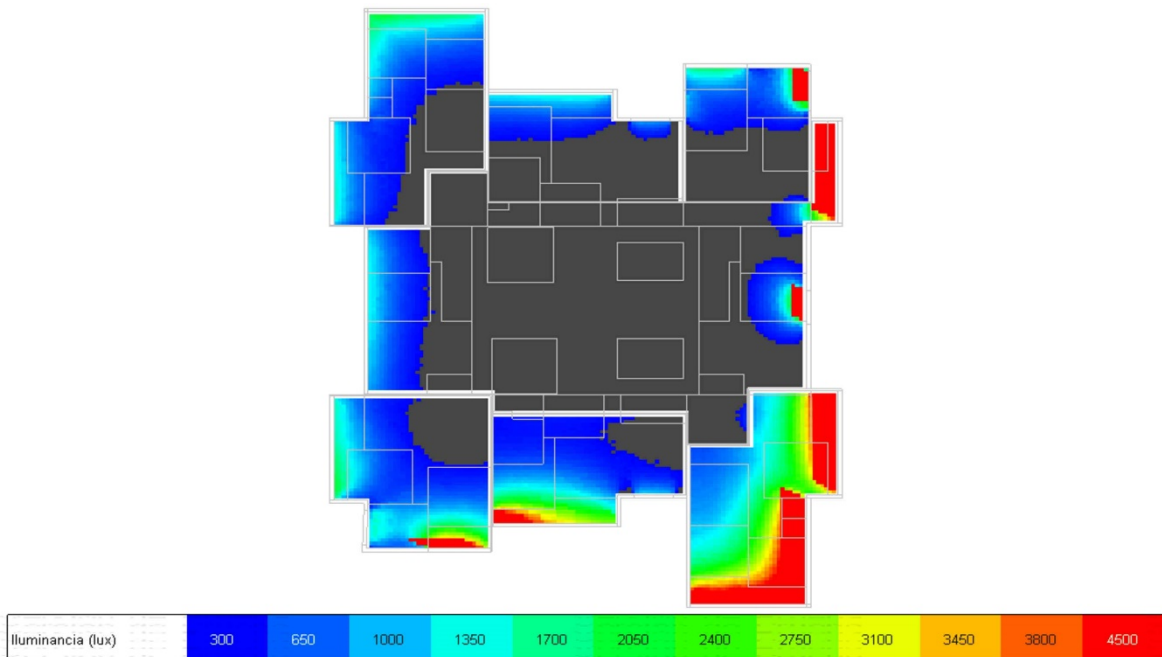


Nota. Elaboración propia.

DÍA SOLEADO

Las simulaciones realizadas en un día soleado, el 22 de diciembre a las 9am. (Ver figura 85), demostró que los valores de iluminancia (lux) obtenidos en la fachada este varían entre un rango de 300 a 4500 lux, iluminando en su totalidad los locales comerciales. Por otro lado, en la fachada oeste los valores oscilan entre 300 a 2200 lux, iluminando más de dos tercios de los locales comerciales. Teniendo en cuenta que la normativa requiere un mínimo de 300 lux, estos resultados indica que en los días soleados se cumple la normativa, no es necesario el uso de iluminación artificial por el día. No obstante, se observa una sobre iluminancia. No obstante, los pasillos interiores que se encuentran iluminados por los pozos de iluminación no cumplen con los niveles de iluminancia requeridos. Esto refleja, la ineficiencia de iluminar a través de pozos de iluminación en esta planta.

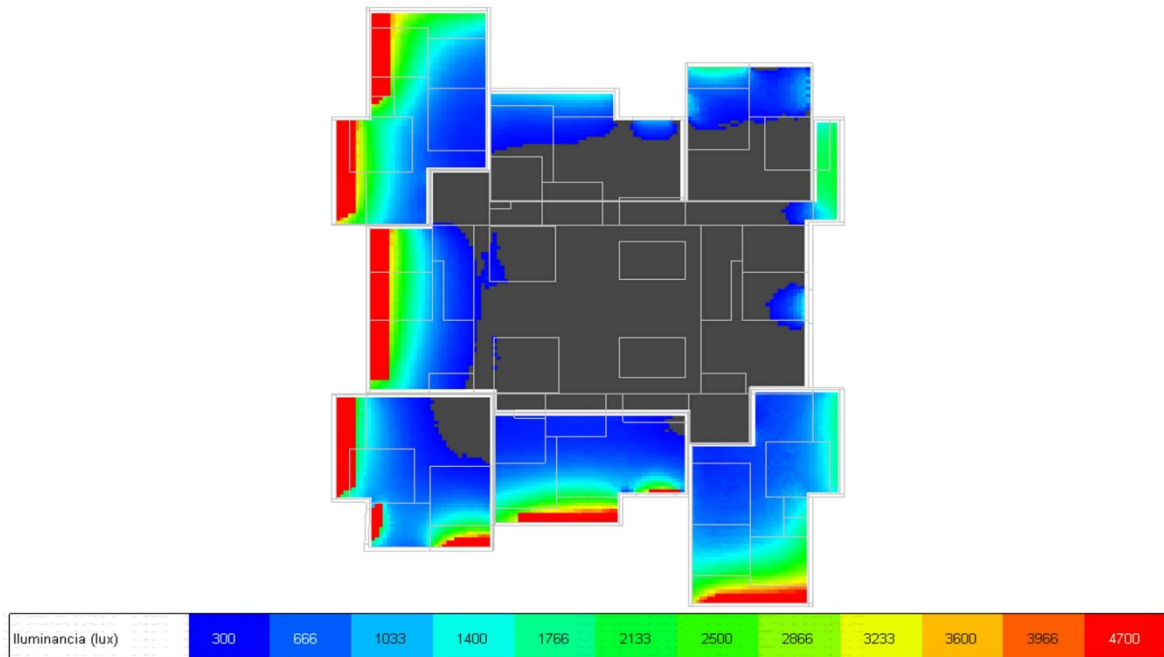
Figura 85: Simulación de iluminancia de la planta baja en un día soleado a las 9 am en el software designbuilder



Nota. Elaboración propia.

Las simulaciones realizadas en un día soleado, el 22 de diciembre a las 15pm. (Ver figura 86), demostró que los valores de iluminancia (lux) obtenidos en la fachada este varían entre un rango de 300 a 3000 lux, iluminando en su totalidad los locales comerciales. Por otro lado, en la fachada oeste los valores oscilan entre 300 a 4700 lux, iluminando en su totalidad los locales comerciales. Teniendo en cuenta que la normativa requiere un mínimo de 300 lux, estos resultados indica que en los días soleados se cumple la normativa, no es necesario el uso de iluminación artificial por el día. No obstante, se observa una sobre iluminancia. Sin embargo, los pasillos interiores que se encuentran iluminados por los pozos de iluminación no cumplen con los niveles de iluminancia requeridos. Esto refleja, la ineficiencia de iluminar a través de pozos de iluminación en esta planta.

Figura 86: Simulación de iluminancia de la planta baja en un día soleado a las 15 pm en el software designbuilder



Nota. Elaboración propia.

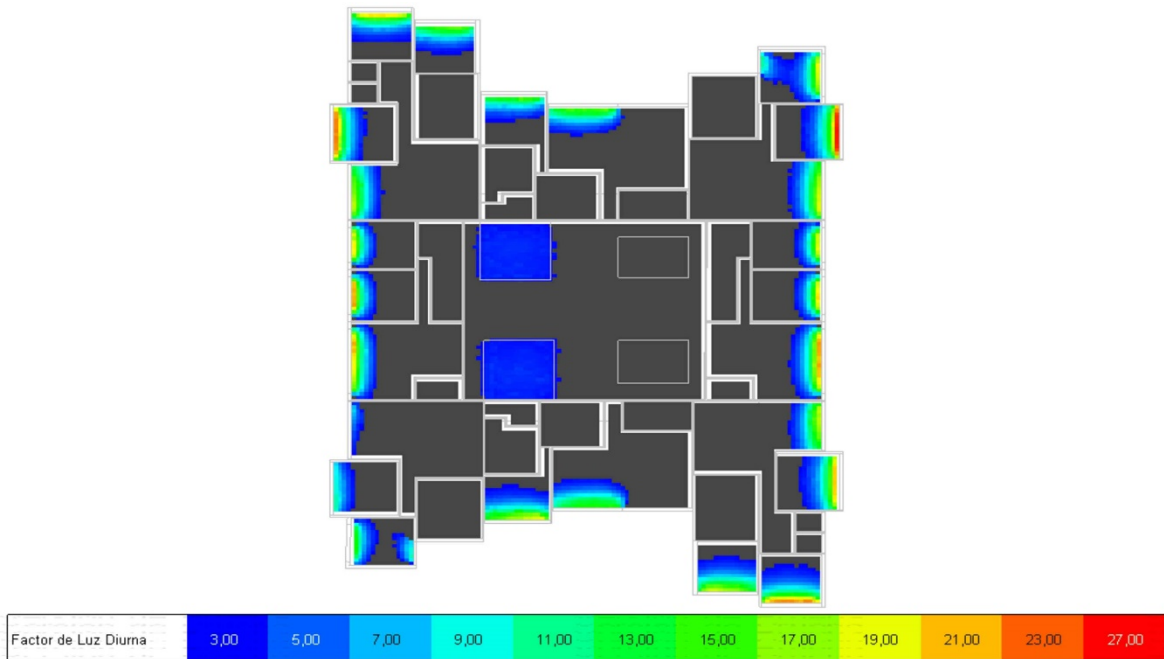
4.7.2. Primera planta alta.

La primera planta baja presenta desafíos similares a los de la planta baja, principalmente debido a las edificaciones circundantes de 9 metros de altura que obstruyen el paso de la luz natural. Sin embargo, los retiros de la edificación y de la mayoría de las edificaciones colindantes permiten una mejor iluminación. Además, las calles ubicadas al norte, sur y este de la edificación facilitan significativamente la entrada adecuada de luz natural.

DIA NUBLADO

La simulación realizada en el día nublado (Ver figura 87) demostró que los valores de Daylight factor (DF) obtenidos en la fachada este varían entre un rango de 3 a 27 DF, iluminando menos de un tercio de los dormitorios y un cuarto de las zonas sociales. Por otro lado, en la fachada oeste los valores oscilan entre 3 a 24 DF iluminando menos de un tercio de los dormitorios y un cuarto de las zonas sociales. Teniendo en cuenta que la normativa requiere un mínimo de 3 DF, estos resultados indican que en los días nublados es necesario el uso de iluminación artificial durante el día. De la misma manera, los pasillos interiores que se encuentran iluminados por los pozos de iluminación tampoco cumplen con los niveles de iluminancia requeridos. Esto refleja, la ineficiencia de iluminar a través de pozos de iluminación en esta planta.

Figura 87: Simulación de daylight factor en un día nublado de la primera planta alta en el software designbuilder

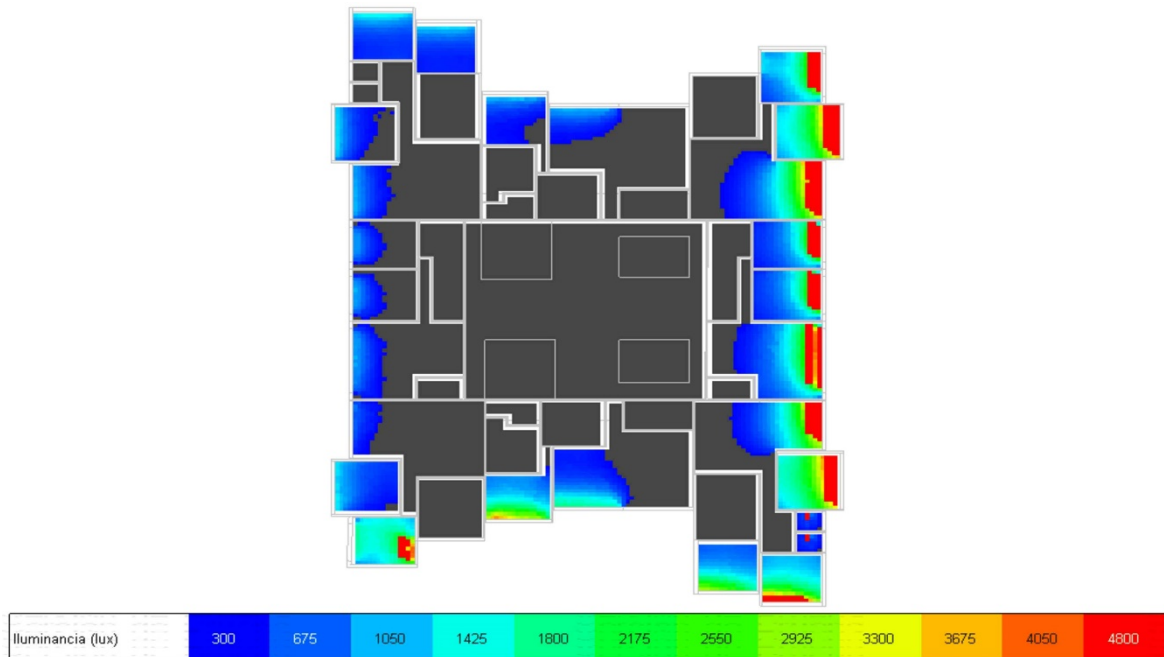


Nota. Elaboración propia.

DÍA SOLEADO

Las simulaciones realizadas en un día soleado, el 22 de diciembre a las 9am. (Ver figura 88), demostró que los valores de iluminancia (lux) obtenidos en la fachada este varían entre un rango de 300 a 4800 lux, iluminando en su totalidad los dormitorios y más de dos tercios de las zonas sociales. Por otro lado, en la fachada oeste los valores oscilan entre 300 a 2000 lux, iluminando un tercio de los dormitorios y un tercio de las zonas sociales. Teniendo en cuenta que la normativa requiere un mínimo de 300 lux, estos resultados indica que en los días soleados se cumple la normativa, no es necesario el uso de iluminación artificial por el día. No obstante, se observa una sobre iluminancia. Sin embargo, existe una habitación del departamento 8 y 6 ubicados al norte y sur, no cumplen con los niveles de iluminancia establecidos en la normativa. Esto debido a que estas habitaciones se encuentran iluminadas a través de un pozo de iluminación. De la misma manera los pasillos interiores que se encuentran iluminados por los pozos de iluminación no cumplen con los niveles de iluminancia requeridos. Esto refleja, la ineficiencia de iluminar a través de pozos de iluminación en esta planta.

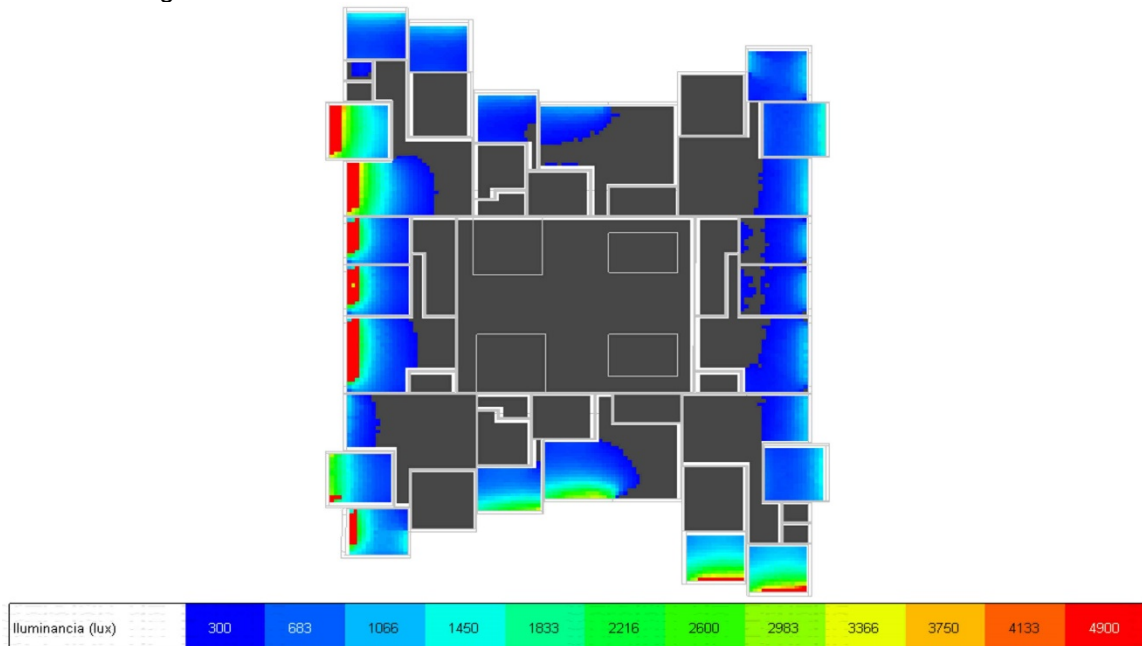
Figura 88: Simulación de iluminancia de la primera planta alta en un día soleado a las 9 am en el software designbuilder



Nota. Elaboración propia.

Las simulaciones realizadas en un día soleado, el 22 de diciembre a las 15pm. (Ver figura 89), demostró que los valores de iluminancia (lux) obtenidos en la fachada este varían entre un rango de 300 a 2000 lux, iluminando más de dos tercios de los dormitorios y un tercio de las zonas sociales. Por otro lado, en la fachada oeste los valores oscilan entre 300 a 4900 lux, iluminando en su totalidad los dormitorios y dos tercios de las zonas sociales. Teniendo en cuenta que la normativa requiere un mínimo de 300 lux, estos resultados indica que en los días soleados se cumple la normativa, no es necesario el uso de iluminación artificial por el día. No obstante, se observa una sobre iluminancia. Sin embargo, existe una habitación del departamento 8 y 6 ubicados al norte y sur, no cumplen con los niveles de iluminancia establecidos en la normativa. Esto debido a que estas habitaciones se encuentran iluminadas a través de un pozo de iluminación. De la misma manera los pasillos interiores que se encuentran iluminados por los pozos de iluminación no cumplen con los niveles de iluminancia requeridos. Esto refleja, la ineficiencia de iluminar atravez de pozos de iluminación en esta planta.

Figura 89: Simulación de iluminancia de la primera planta alta en un día soleado a las 15 pm en el software designbuilder



Nota. Elaboración propia.

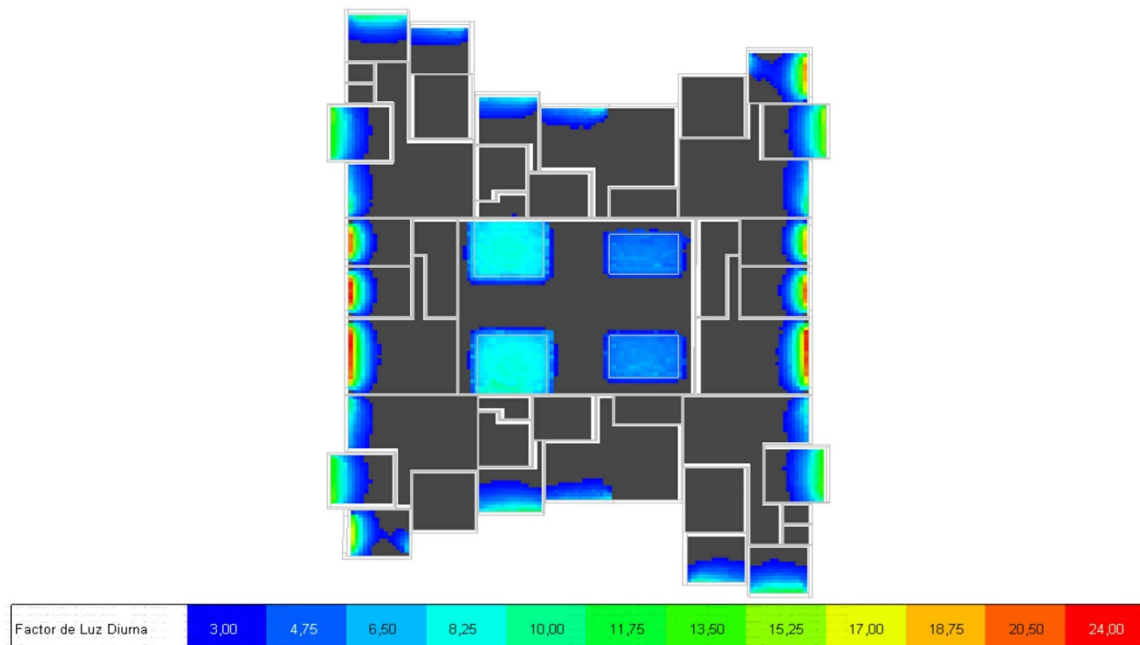
4.7.3. Tercera planta alta.

La tercera planta alta no enfrenta los mismos desafíos que la planta baja y la primera planta alta debido a su ubicación a una altura de 12 metros, puesto que, las construcciones aledañas en el lado oeste y las calles situadas al norte, este y oeste no afectan significativamente la entrada de luz natural al interior de la edificación.

DIA NUBLADO

La simulación realizada en el día nublado (Ver figura 90) demostró que los valores de Daylight factor (DF) obtenidos en la fachada este varían entre un rango de 3 a 24 DF, iluminando un tercio de los dormitorios y un cuarto de las zonas sociales. Por otro lado, en la fachada oeste los valores oscilan entre 3 a 23 DF iluminando un tercio de los dormitorios y un cuarto de las zonas sociales. Teniendo en cuenta que la normativa requiere un mínimo de 3 DF, estos resultados indican que en los días nublados es necesario el uso de iluminación artificial durante el día. De la misma manera, los pasillos interiores que se encuentran iluminados por los pozos de iluminación tampoco cumplen con los niveles de iluminancia requeridos. Esto refleja, la ineficiencia de iluminar a través de pozos de iluminación en esta planta.

Figura 90: Simulación de daylight factor en un día nublado de la tercera planta alta en el software designbuilder

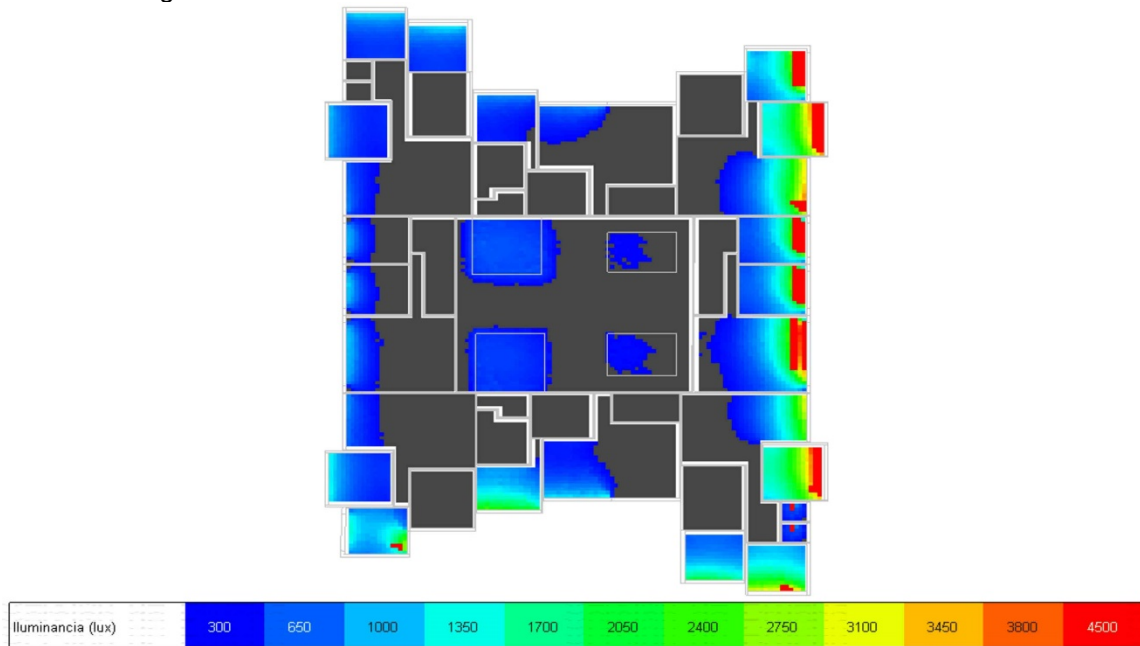


Nota. Elaboración propia.

DIA SOLEADO

Las simulaciones realizadas en un día soleado, el 22 de diciembre a las 9am. (Ver figura 91), demostró que los valores de iluminancia (lux) obtenidos en la fachada este varían entre un rango de 300 a 4500 lux, iluminando en su totalidad los dormitorios y más de dos tercios de las zonas sociales. Por otro lado, en la fachada oeste los valores oscilan entre 300 a 1500 lux, iluminando el 50% de los dormitorios y un tercio de las zonas sociales. Teniendo en cuenta que la normativa requiere un mínimo de 300 lux, estos resultados indica que en los días soleados se cumple la normativa, no es necesario el uso de iluminación artificial por el día. No obstante, se observa una sobre iluminancia. Sin embargo, existe una habitación del departamento 8 y 6 ubicados al norte y sur, no cumplen con los niveles de iluminancia establecidos en la normativa. Esto debido a que estas habitaciones se encuentran iluminadas a través de un pozo de iluminación. De la misma manera los pasillos interiores que se encuentran iluminados por los pozos de iluminación no cumplen con los niveles de iluminancia requeridos. Esto refleja, la ineficiencia de iluminar a través de pozos de iluminación en esta planta.

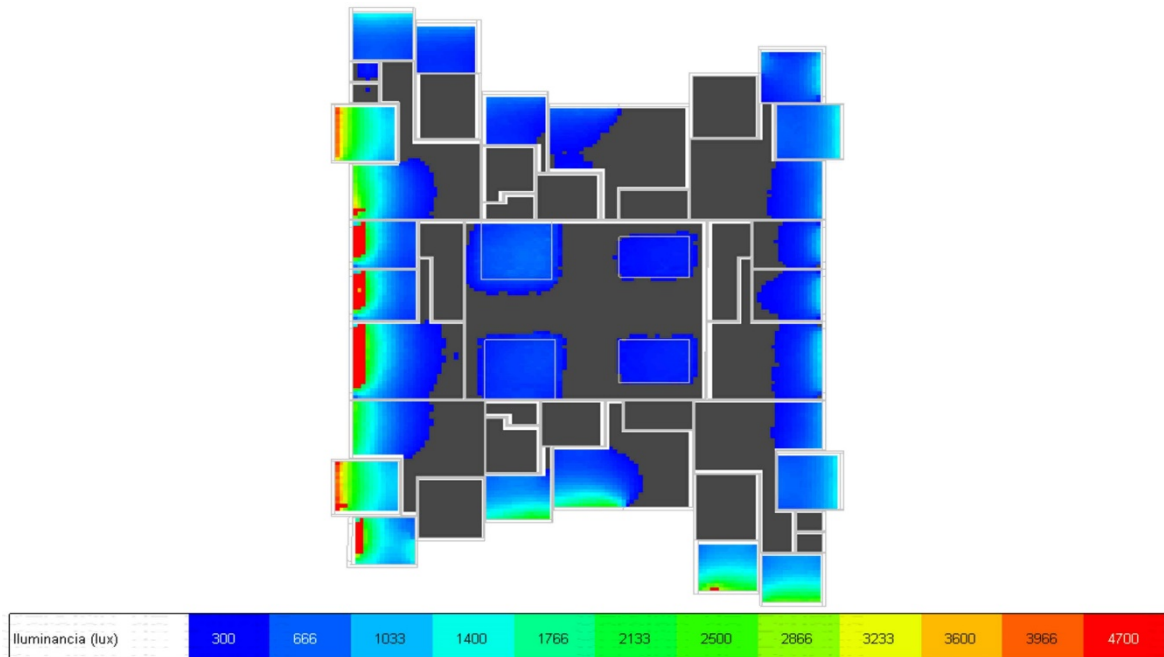
Figura 91: Simulación de iluminancia de la tercera planta alta en un día soleado a las 9 am en el software designbuilder.



Nota. Elaboración propia.

Las simulaciones realizadas en un día soleado, el 22 de diciembre a las 15pm. (Ver figura 92), demostró que los valores de iluminancia (lux) obtenidos en la fachada este varían entre un rango de 300 a 1500 lux, iluminando en su totalidad los dormitorios y un tercio de las zonas sociales. Por otro lado, en la fachada oeste los valores oscilan entre 300 a 4700 lux, iluminando en su totalidad los dormitorios y más de dos tercios de las zonas sociales. Teniendo en cuenta que la normativa requiere un mínimo de 300 lux, estos resultados indica que en los días soleados se cumple la normativa, no es necesario el uso de iluminación artificial por el día. No obstante, se observa una sobre iluminancia. Sin embargo, existe una habitación del departamento 8 y 6 ubicados al norte y sur, no cumplen con los niveles de iluminancia establecidos en la normativa. Esto debido a que estas habitaciones se encuentran iluminadas a través de un pozo de iluminación. De la misma manera los pasillos interiores que se encuentran iluminados por los pozos de iluminación no cumplen con los niveles de iluminancia requeridos. Esto refleja, la ineficiencia de iluminar a través de pozos de iluminación en esta planta.

Figura 92: Simulación de iluminancia de la tercera planta alta en un día soleado a las 15 pm en el software designbuilder



Nota. Elaboración propia.

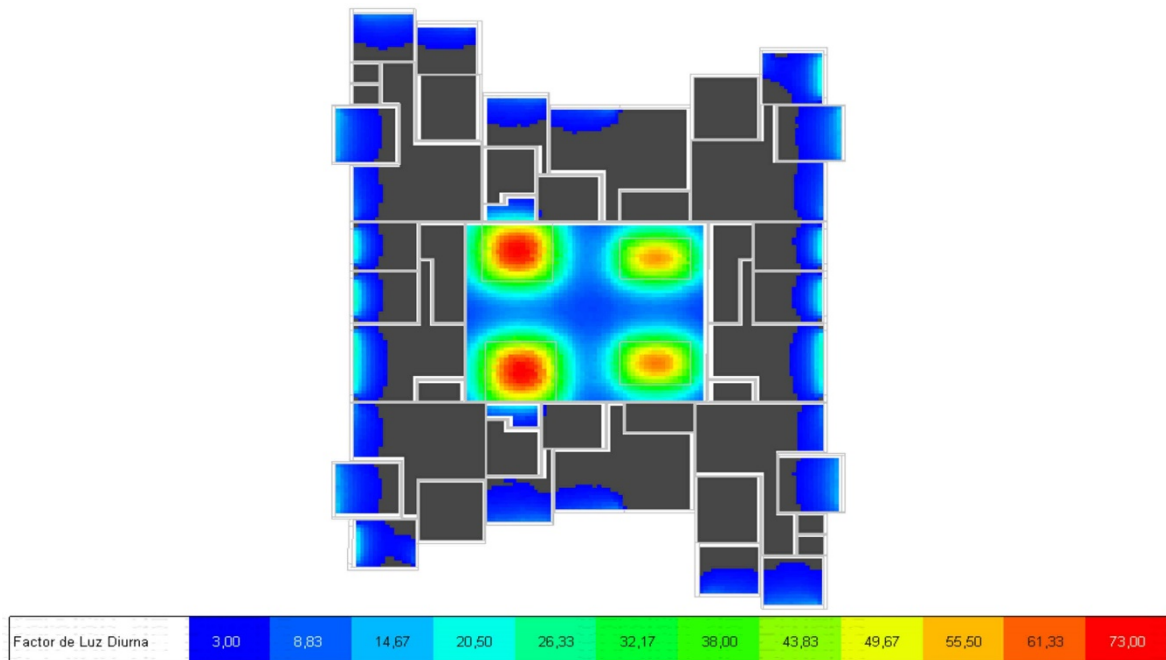
4.7.4.Sexta Planta alta.

La sexta planta de la edificación no enfrenta los mismos desafíos que la planta baja y la primera planta alta debido a su ubicación a una altura de 21 metros. Las ediciones colindantes, que no exceden los 9 metros de altura en el lado oeste, y las calles situadas al norte, este y oeste, crean condiciones favorables para la entrada de luz natural al interior de la edificación.

DIA NUBLADO

La simulación realizada en el día nublado (Ver figura 93) demostró que los valores de Daylight factor (DF) obtenidos en la fachada este varían entre un rango de 3 a 23 DF, iluminando el 50% de los dormitorios y un tercio de las zonas sociales. Por otro lado, en la fachada oeste los valores oscilan entre 3 a 24 DF iluminando el 50% de los dormitorios y un tercio de las zonas sociales. Teniendo en cuenta que la normativa requiere un mínimo de 3 DF, estos resultados indican que en los días nublados no es necesario el uso de iluminación artificial durante el día. Sin embargo, existe una habitación del departamento 8 y 4 ubicados al norte y sur, no cumplen con los niveles de iluminancia establecidos en la normativa. Esto debido a que estas habitaciones se encuentran iluminadas a través de un pozo de iluminación. En contraste, los pasillos interiores que se encuentran iluminados por los pozos de iluminación cumplen con los niveles de iluminancia requeridos, pero existe una sobre iluminancia. Esto refleja, que iluminar a través de pozos de iluminación no funciona correctamente en esta planta.

Figura 93: Simulación de daylight factor de la sexta planta alta en el software designbuilder

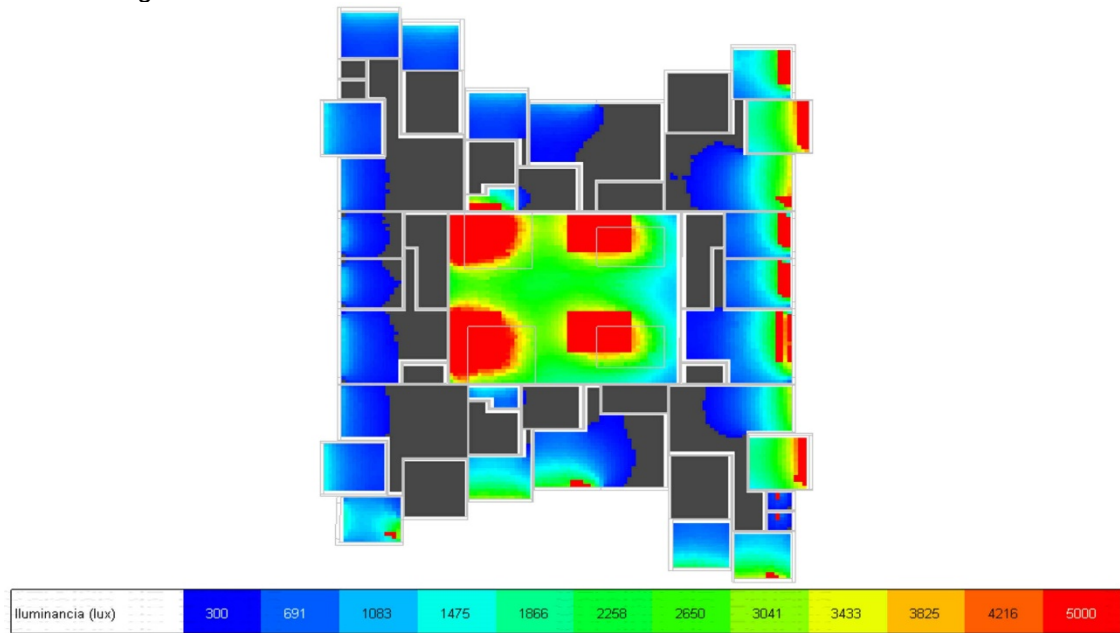


Nota. Elaboración propia.

DIA SOLEADO

Las simulaciones realizadas en un día soleado, el 22 de diciembre a las 9am. (Ver figura 94), demostró que los valores de iluminancia (lux) obtenidos en la fachada este varían entre un rango de 300 a 4600 lux, iluminando en su totalidad los dormitorios y más de dos tercios de las zonas sociales. Por otro lado, en la fachada oeste los valores oscilan entre 300 a 1700 lux, iluminando más de dos tercios de los dormitorios y un tercio de las zonas sociales. Teniendo en cuenta que la normativa requiere un mínimo de 300 lux, estos resultados indica que en los días soleados se cumple la normativa, no es necesario el uso de iluminación artificial por el día. No obstante, se observa una sobre iluminancia. Sin embargo, existe una habitación del departamento 8 y 6 ubicados al norte y sur, no cumplen con los niveles de iluminancia establecidos en la normativa. Esto debido a que estas habitaciones se encuentran iluminadas a través de un pozo de iluminación. En contraste, los pasillos interiores que se encuentran iluminados por los pozos de iluminación cumplen con los niveles de iluminancia requeridos, pero existe una sobre iluminancia. Esto refleja, que iluminar a través de pozos de iluminación no funciona correctamente en esta planta.

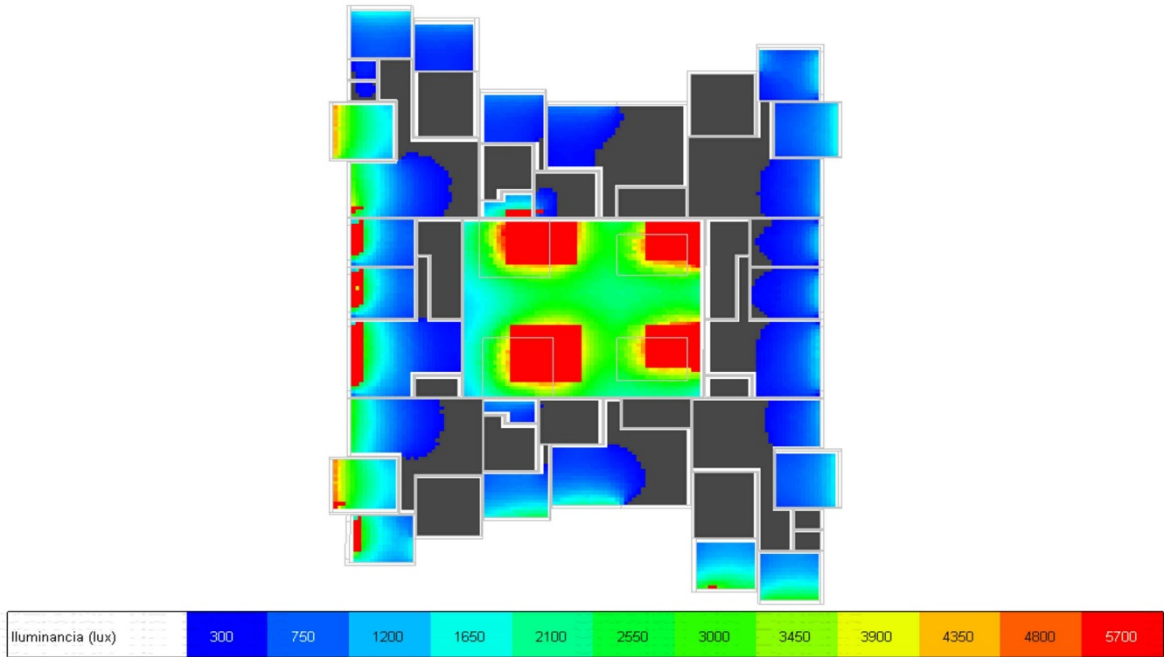
Figura 94: Simulación de iluminancia de la sexta planta alta en un día soleado a las 9 am en el software designbuilder



Nota. Elaboración propia.

Las simulaciones realizadas en un día soleado, el 22 de diciembre a las 15pm. (Ver figura 95), demostró que los valores de iluminancia (lux) obtenidos en la fachada este varían entre un rango de 300 a 1700 lux, iluminando en su totalidad los dormitorios y dos tercios de las zonas sociales. Por otro lado, en la fachada oeste los valores oscilan entre 300 a 4900 lux, iluminando en su totalidad los dormitorios y más de dos tercios de las zonas sociales. Teniendo en cuenta que la normativa requiere un mínimo de 300 lux, estos resultados indica que en los días soleados se cumple la normativa, no es necesario el uso de iluminación artificial por el día. No obstante, se observa una sobre iluminancia. Sin embargo, existe una habitación del departamento 8 y 4 ubicados al norte y sur, no cumplen con los niveles de iluminancia establecidos en la normativa. Esto debido a que estas habitaciones se encuentran iluminadas a través de un pozo de iluminación. En contraste, los pasillos interiores que se encuentran iluminados por los pozos de iluminación cumplen con los niveles de iluminancia requeridos, pero existe una sobre iluminancia. Esto refleja, que iluminar a través de pozos de iluminación no funciona correctamente en esta planta

Figura 95: Simulación de iluminancia de la sexta planta alta en un día soleado a las 15 pm en el software designbuilder



Nota. Elaboración propia.

Tabla 4: Tabla resumen de las simulaciones de las simulaciones del escenario de estado actual

	NUBLADO (DF)		SOLEADO 9AM (LUX)		SOLEADO 15PM (LUX)	
	ESTE	OESTE	ESTE	OESTE	ESTE	OESTE
Planta baja	3 - 35	3 - 26	300 - 4500	300 - 2200	300 - 3000	300 - 4700
Primera planta alta	3 - 27	3 - 24	300 - 4800	300 - 2000	300 - 2000	300 - 4900
Tercera planta alta	3 - 24	3 - 23	300 - 4500	300 - 1500	300 - 1500	300 - 4700
Sexta planta alta	3 - 23	3 - 24	300 - 4600	300 - 1700	300 - 1700	300 - 4900

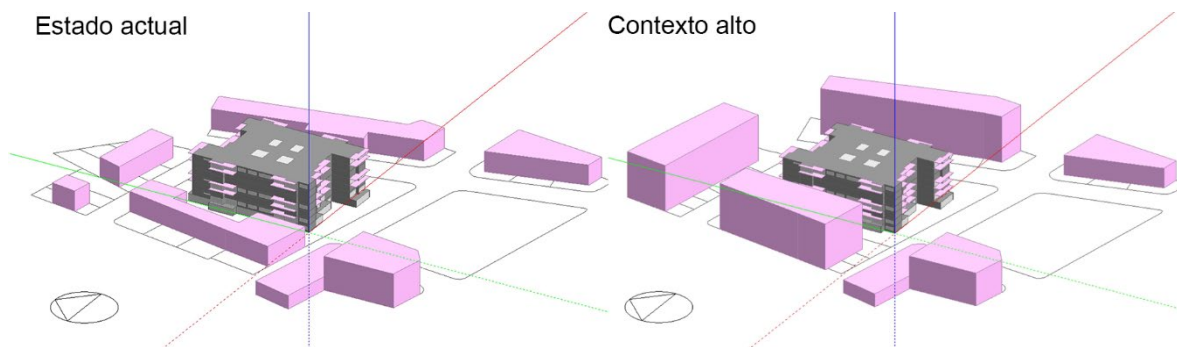
Nota. Elaboración propia.

4.8. Resultado de las simulaciones con un contexto alto

Para las simulaciones con el contexto alto, se planteó un escenario donde las edificaciones circundantes al norte, este y oeste tienen la misma altura que la edificación propuesta (21 metros). Este ejercicio tiene como objetivo evaluar cómo estas construcciones pueden afectar significativamente la entrada de luz natural al interior del edificio.

Las edificaciones situadas al norte y al este no afectan demasiado la entrada de luz debido a que existe un espacio entre ellas por las vías y la edificación propuesta. Además, tanto la edificación propuesta como la del contexto colindante en el lado oeste cuentan con retiros de 7 metros cada una, lo cual facilita la entrada de luz natural sin demasiadas obstrucciones. Al sur, la presencia del parque Santa Anita que impide la construcción de nuevas edificaciones, lo que permite el libre paso de la luz natural, asegurando una iluminación adecuada en la edificación propuesta (Ver figura 96).

Figura 96: Modelado simple del escenario con contexto alto en el software designbuilder



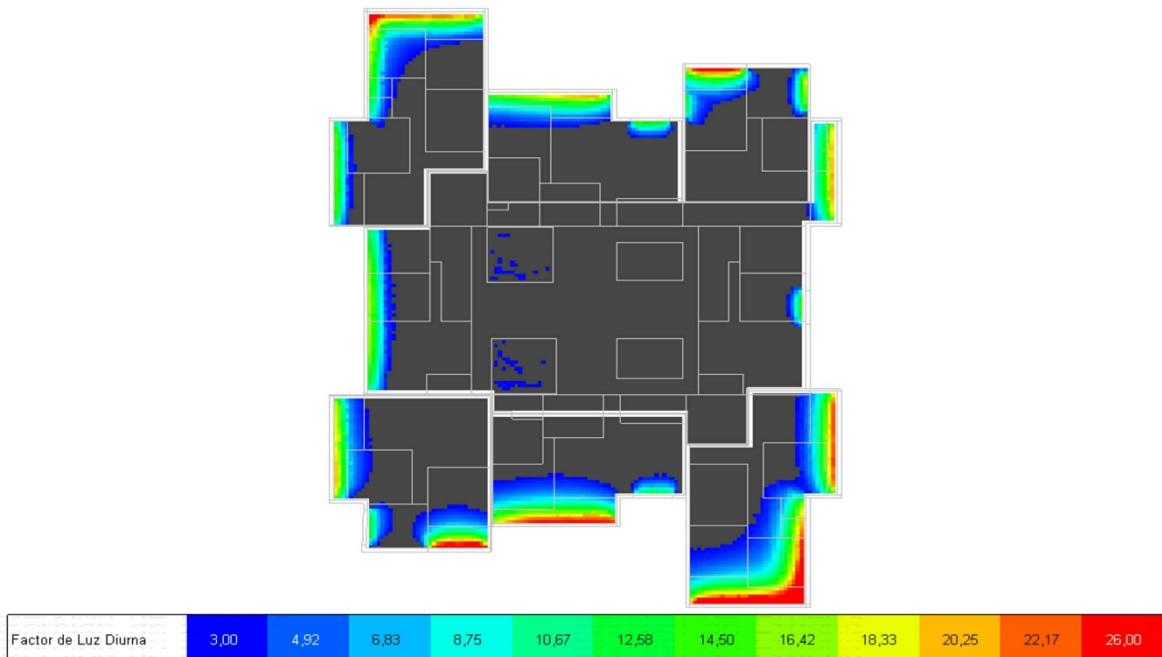
Nota. Elaboración propia.

4.8.1. Planta baja.

DIA NUBLADO

La simulación realizada en el día nublado (Ver figura 97) demostró que los valores de Daylight factor (DF) obtenidos en la fachada este varían entre un rango de 3 a 26 DF, iluminando dos tercios de los locales comerciales. Por otro lado, en la fachada oeste los valores oscilan entre 3 a 21 DF iluminando un tercio de los locales comerciales. Teniendo en cuenta que la normativa requiere un mínimo de 3 DF, estos resultados indican que en los días nublados no es necesario el uso de iluminación artificial durante el día. En contraste, los pasillos interiores que se encuentran iluminados por los pozos de iluminación no cumplen con los niveles de iluminancia requeridos. Esto refleja, la ineficiencia de iluminar a través de pozos de iluminación en esta planta.

Figura 97: Simulación de daylight factor en día nublado de la planta baja en el software designbuilder

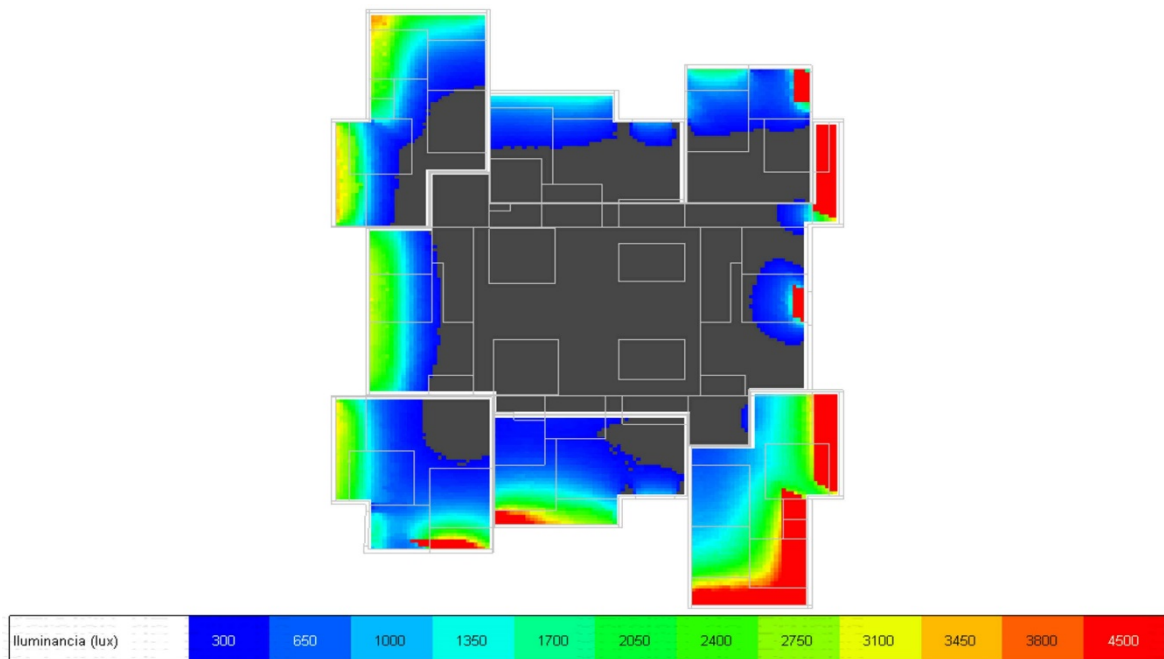


Nota. Elaboración propia.

DÍA SOLEADO

Las simulaciones realizadas en un día soleado, el 22 de diciembre a las 9am. (Ver figura 98), demostró que los valores de iluminancia (lux) obtenidos en la fachada este varían entre un rango de 300 a 4500 lux, iluminando en su totalidad los locales comerciales. Por otro lado, en la fachada oeste, los valores oscilan entre 300 a 3500 lux, iluminando más de dos tercios de los locales comerciales, . Teniendo en cuenta que la normativa requiere un mínimo de 300 lux, estos resultados indica que incluso teniendo el contexto alto de 21m de altura y con los retiros planteados de 7m, en los días soleados se cumple la normativa, no es necesario el uso de iluminación artificial por el día. No obstante, se observa una sobre iluminancia. Sin embargo, los pasillos interiores y algunos espacios ubicados en la fachada este, que se encuentran iluminados por los pozos de iluminación no cumplen con los niveles de iluminancia requeridos. Esto refleja, la ineficiencia de iluminar a través de pozos de iluminación en esta planta.

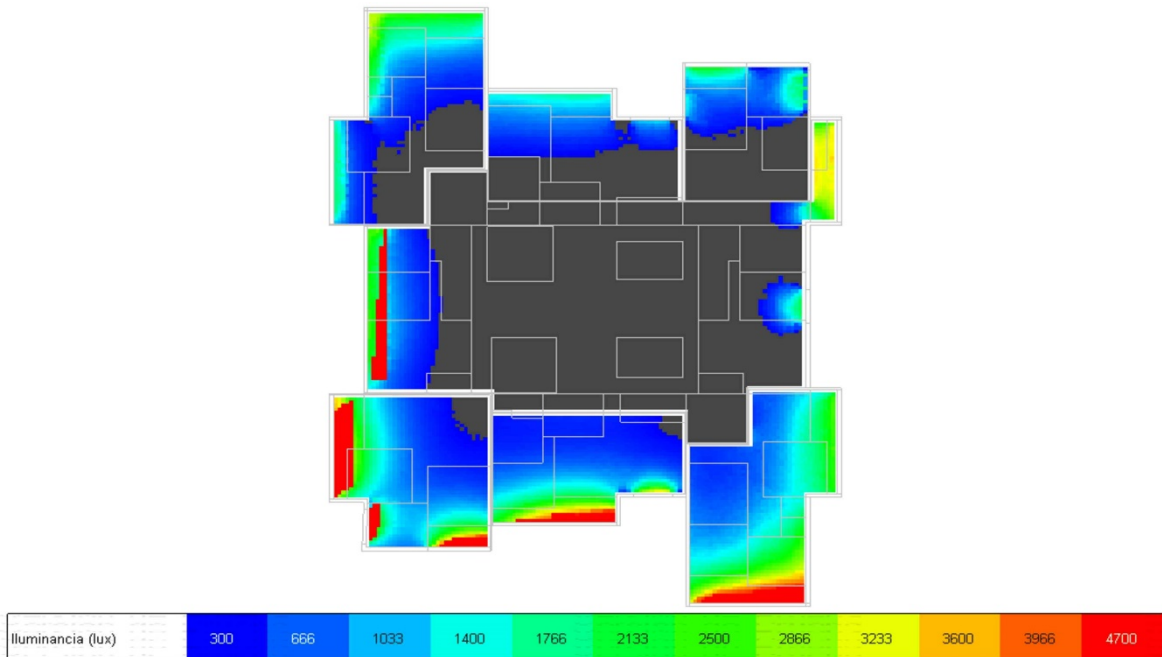
Figura 98: Simulación de iluminancia en día soleado a las 9 am de planta baja en el software designbuilder



Nota. Elaboración propia.

Las simulaciones realizadas en un día soleado, el 22 de diciembre a las 15pm. (Ver figura 99), demostró que los valores de iluminancia (lux) obtenidos en la fachada este varían entre un rango de 300 a 2700 lux, iluminando en su totalidad los locales comerciales. Por otro lado, en la fachada oeste los valores oscilan entre 300 a 4700 lux, iluminando más de dos tercios de los locales comerciales. Teniendo en cuenta que la normativa requiere un mínimo de 300 lux, estos resultados indica que incluso teniendo el contexto alto de 21m de altura y con los retiros planteados de 7m, que en los días soleados se cumple la normativa, no es necesario el uso de iluminación artificial por el día. No obstante, se observa una sobre iluminancia. Por otro lado, los pasillos interiores y algunos espacios ubicados en la fachada este, que se encuentran iluminados por los pozos de iluminación no cumplen con los niveles de iluminancia requeridos. Esto refleja, la ineficiencia de iluminar a través de pozos de iluminación en esta planta.

Figura 99: Simulación de iluminancia en día soleado a las 15 pm de la planta baja en el software designbuilder



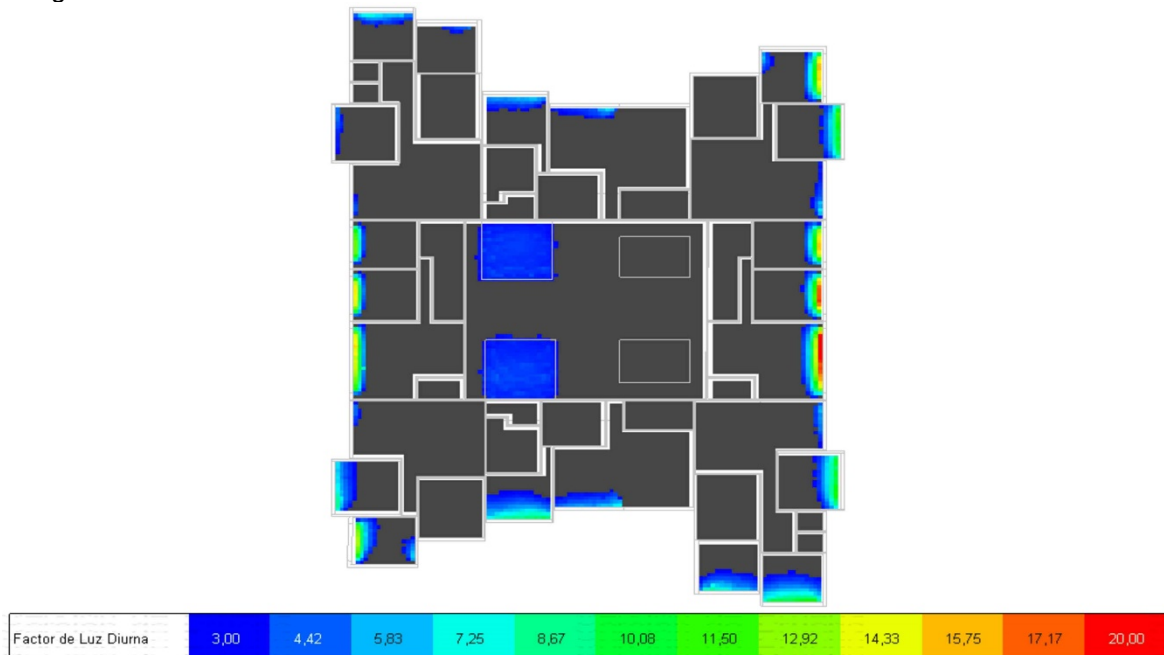
Nota. Elaboración propia.

4.8.2. Primera planta alta

DIA NUBLADO

La simulación realizada en el día nublado (Ver figura 100) demostró que los valores de Daylight factor (DF) obtenidos en la fachada este varían entre un rango de 3 a 20 DF, iluminando menos de un tercio de los dormitorios y un cuarto de las zonas sociales. Por otro lado, en la fachada oeste los valores oscilan entre 3 a 15 DF iluminando menos de un tercio de los dormitorios y un cuarto de las zonas sociales. Teniendo en cuenta que la normativa requiere un mínimo de 3 DF, estos resultados indican que en los días nublados es necesario el uso de iluminación artificial durante el día. De la misma manera, los pasillos interiores que se encuentran iluminados por los pozos de iluminación tampoco cumplen con los niveles de iluminancia requeridos. Esto refleja, la ineficiencia de iluminar a través de pozos de iluminación en esta planta.

Figura 100: Simulación de daylight factor en un día nublado de la primera planta en el software designbuilder.

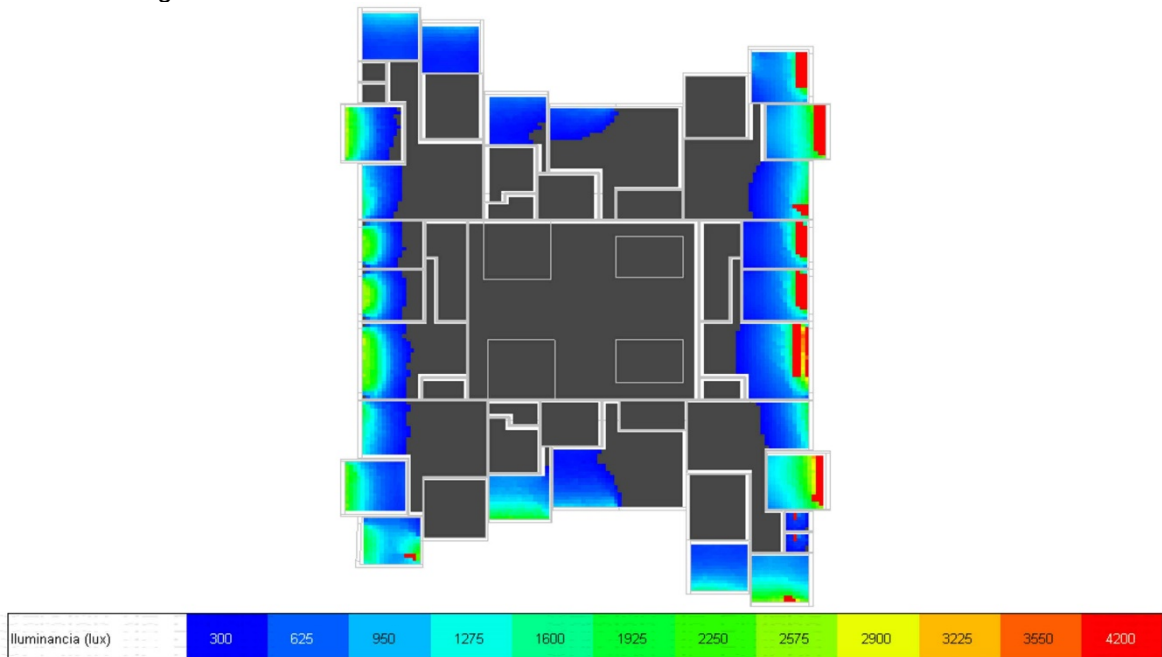


Nota. Elaboración propia.

DÍA SOLEADO

Las simulaciones realizadas en un día soleado, el 22 de diciembre a las 9am. (Ver figura 101), demostró que los valores de iluminancia (lux) obtenidos en la fachada este varían entre un rango de 300 a 4200 lux, iluminando en su totalidad los dormitorios y más de un tercio de las zonas sociales. Por otro lado, en la fachada oeste los valores oscilan entre 300 a 2900 lux, iluminando más de dos tercios de los dormitorios y un tercio de las zonas sociales. Teniendo en cuenta que la normativa requiere un mínimo de 300 lux, estos resultados indica que en los días soleados se cumple la normativa, no es necesario el uso de iluminación artificial por el día. No obstante, se observa una sobre iluminancia. Sin embargo, existe una habitación del departamento 8 y 6 ubicados al norte y sur, no cumplen con los niveles de iluminancia establecidos en la normativa. Esto debido a que estas habitaciones se encuentran iluminadas a través de un pozo de iluminación. De la misma manera los pasillos interiores que se encuentran iluminados por los pozos de iluminación no cumplen con los niveles de iluminancia requeridos. Esto refleja, la ineficiencia de iluminar a través de pozos de iluminación en esta planta.

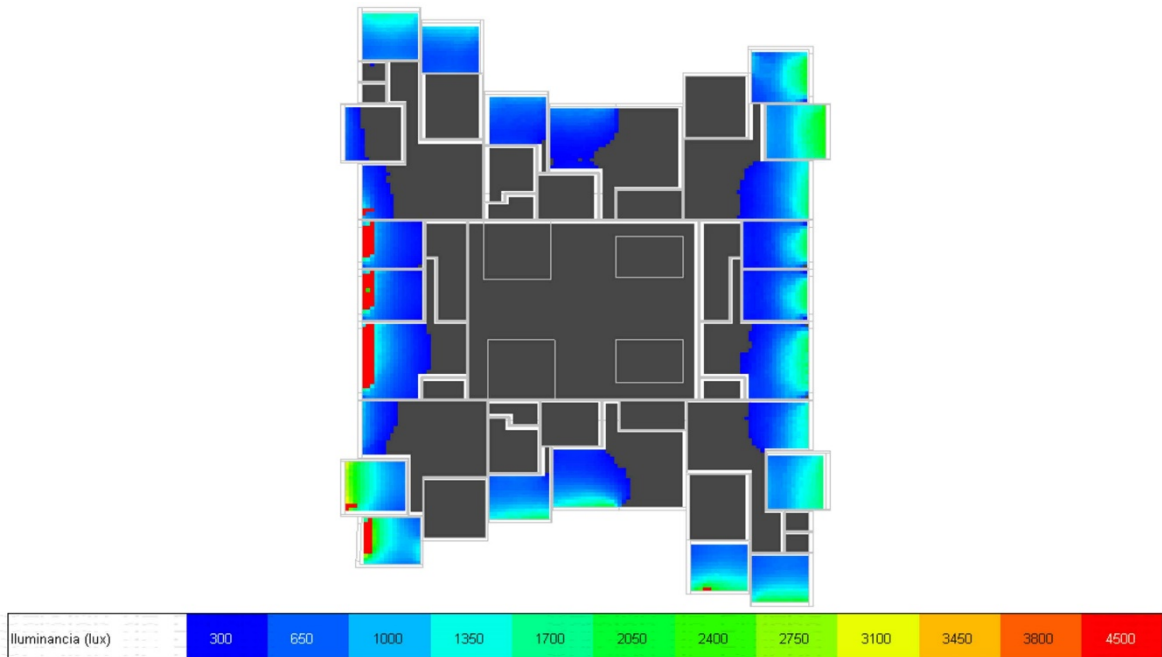
Figura 101: Simulación de iluminancia en día soleado a las 9 am de la primera planta alta en el software designbuilder



Nota. Elaboración propia.

Las simulaciones realizadas en un día soleado, el 22 de diciembre a las 15pm. (Ver figura 102), demostró que los valores de iluminancia (lux) obtenidos en la fachada este varían entre un rango de 300 a 2900 lux, iluminando en su totalidad los dormitorios y la mitad de las zonas sociales. Por otro lado, en la fachada oeste los valores oscilan entre 300 a 4500 lux, iluminando en su totalidad los dormitorios y un tercio de las zonas sociales. Teniendo en cuenta que la normativa requiere un mínimo de 300 lux, estos resultados indica que en los días soleados se cumple la normativa, no es necesario el uso de iluminación artificial por el día. No obstante, se observa una sobre iluminancia. Sin embargo, existe una habitación del departamento 8 y 6 ubicados al norte y sur, no cumplen con los niveles de iluminancia establecidos en la normativa. Esto debido a que estas habitaciones se encuentran iluminadas a través de un pozo de iluminación. De la misma manera los pasillos interiores que se encuentran iluminados por los pozos de iluminación no cumplen con los niveles de iluminancia requeridos. Esto refleja, la ineficiencia de iluminar a través de pozos de iluminación en esta planta.

Figura 102: Simulación de iluminancia en día soleado a las 15 pm de la primera planta alta en el software designbuilder



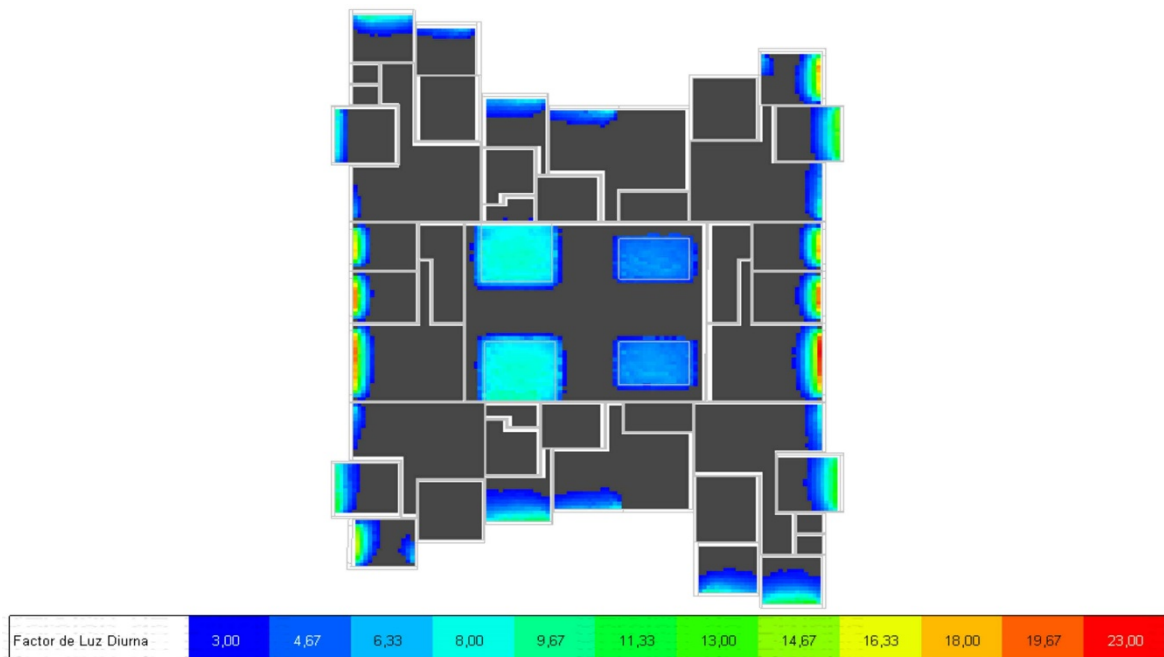
Nota. Elaboración propia.

4.8.3.Tercera planta alta

DIA NUBLADO

La simulación realizada en el día nublado (Ver figura 103) demostró que los valores de Daylight factor (DF) obtenidos en la fachada este varían entre un rango de 3 a 23 DF, iluminando menos de un tercio de los dormitorios y un cuarto de las zonas sociales. Por otro lado, en la fachada oeste los valores oscilan entre 3 a 21 DF iluminando un tercio de los dormitorios y un cuarto de las zonas sociales. Teniendo en cuenta que la normativa requiere un mínimo de 3 DF, estos resultados indican que en los días nublados es necesario el uso de iluminación artificial durante el día. De la misma manera, los pasillos interiores que se encuentran iluminados por los pozos de iluminación tampoco cumplen con los niveles de iluminancia requeridos. Esto refleja, la ineficiencia de iluminar a través de pozos de iluminación en esta planta.

Figura 103: Simulación de daylight factor en un día nublado de la tercera planta alta en el software designbuilder

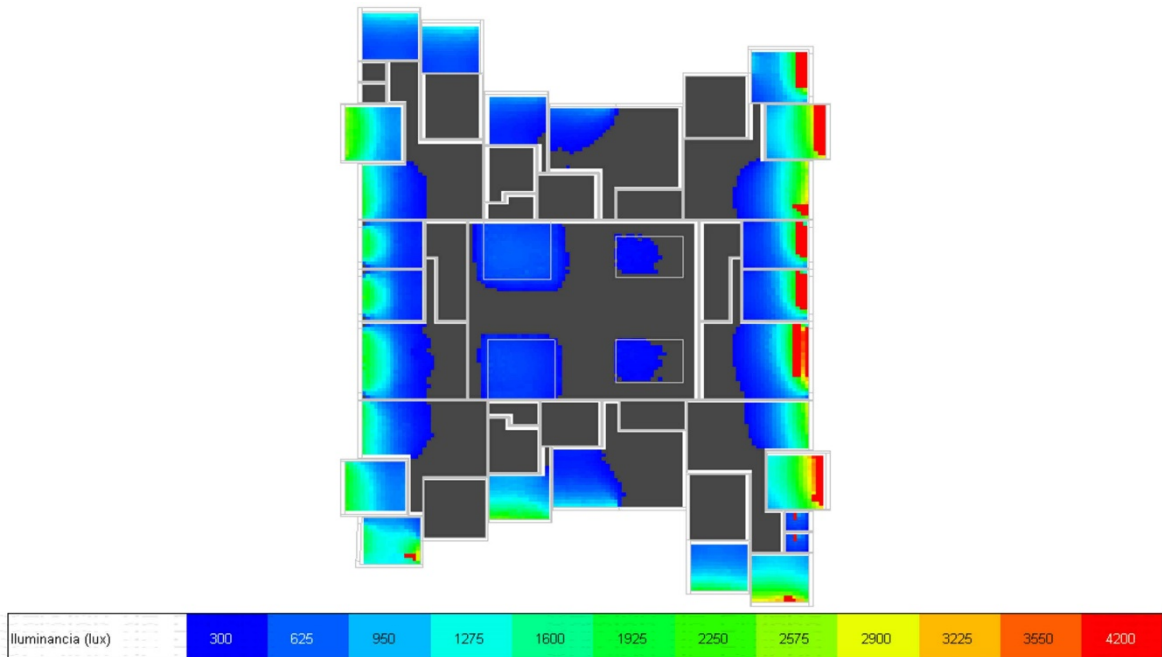


Nota. Elaboración propia.

DIA SOLEADO

Las simulaciones realizadas en un día soleado, el 22 de diciembre a las 9am. (Ver figura 104), demostró que los valores de iluminancia (lux) obtenidos en la fachada este varían entre un rango de 300 a 4200 lux, iluminando en su totalidad los dormitorios y más de dos tercios de las zonas sociales. Por otro lado, en la fachada oeste los valores oscilan entre 300 a 2500 lux, iluminando en su totalidad los dormitorios y más de dos tercios de las zonas sociales. Teniendo en cuenta que la normativa requiere un mínimo de 300 lux, estos resultados indica que en los días soleados se cumple la normativa, no es necesario el uso de iluminación artificial por el día. No obstante, se observa una sobre iluminancia. Sin embargo, existe una habitación del departamento 8 y 6 ubicados al norte y sur, no cumplen con los niveles de iluminancia establecidos en la normativa. Esto debido a que estas habitaciones se encuentran iluminadas a través de un pozo de iluminación. De la misma manera los pasillos interiores que se encuentran iluminados por los pozos de iluminación no cumplen con los niveles de iluminancia requeridos. Esto refleja, la ineficiencia de iluminar a través de pozos de iluminación en esta planta.

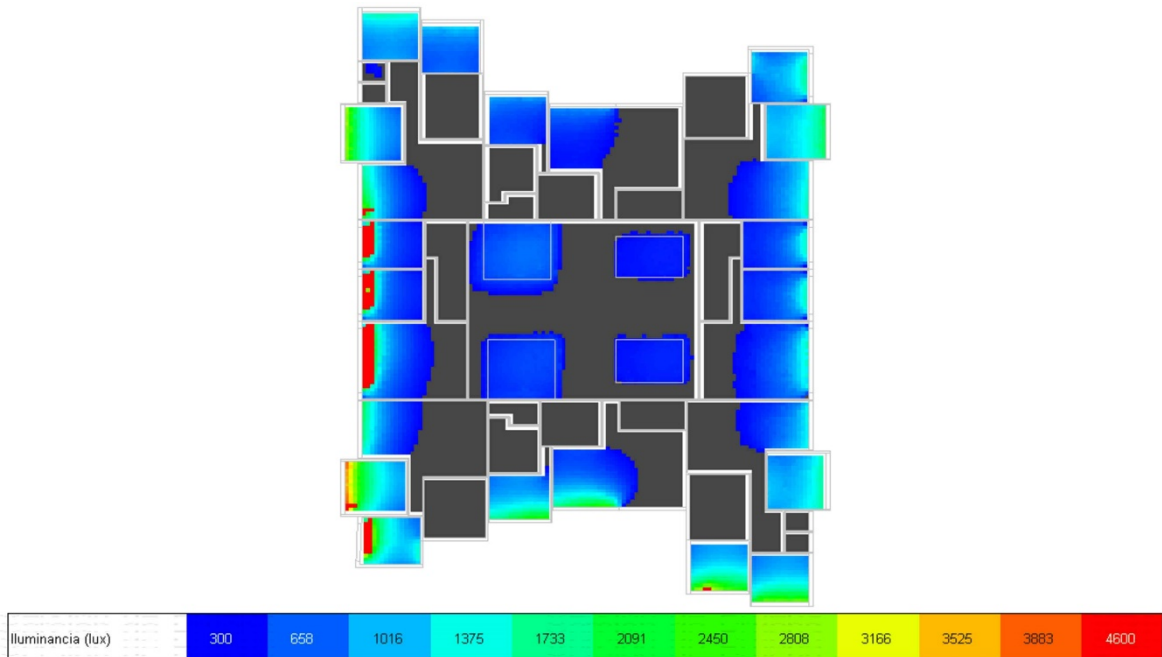
Figura 104: Simulación de iluminancia en día soleado a las 9 am de la tercera planta alta en el software designbuilder



Nota. Elaboración propia.

Las simulaciones realizadas en un día soleado, el 22 de diciembre a las 15pm. (Ver figura 105), demostró que los valores de iluminancia (lux) obtenidos en la fachada este varían entre un rango de 300 a 2000 lux, iluminando en su totalidad los dormitorios y dos tercios de las zonas sociales. Por otro lado, en la fachada oeste los valores oscilan entre 300 a 4200 lux, iluminando en su totalidad los dormitorios y el 50% de las zonas sociales. Teniendo en cuenta que la normativa requiere un mínimo de 300 lux, estos resultados indica que en los días soleados se cumple la normativa, no es necesario el uso de iluminación artificial por el día. No obstante, se observa una sobre iluminancia. Sin embargo, existe una habitación del departamento 8 y 6 ubicados al norte y sur, no cumplen con los niveles de iluminancia establecidos en la normativa. Esto debido a que estas habitaciones se encuentran iluminadas a través de un pozo de iluminación. De la misma manera los pasillos interiores que se encuentran iluminados por los pozos de iluminación no cumplen con los niveles de iluminancia requeridos. Esto refleja, la ineficiencia de iluminar a través de pozos de iluminación en esta planta.

Figura 105: Simulación de iluminancia en día soleado a las 15 pm de la tercera planta alta en el software designbuilder



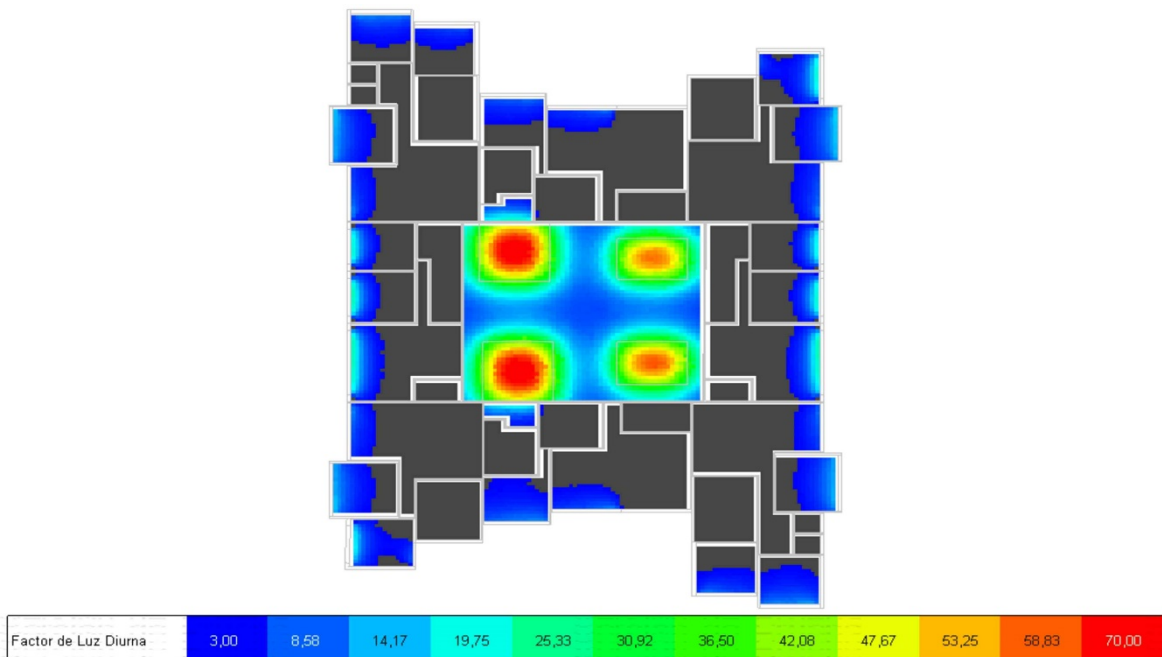
Nota. Elaboración propia.

4.8.4. Sexta planta alta

DIA NUBLADO

La simulación realizada en el día nublado (Ver figura 106) demostró que los valores de Daylight factor (DF) obtenidos en la fachada este varían entre un rango de 3 a 24 DF, iluminando el 50% de los dormitorios y un tercio de las zonas sociales. Por otro lado, en la fachada oeste los valores oscilan entre 3 a 23 DF iluminando el 50% de los dormitorios y un tercio de las zonas sociales. Teniendo en cuenta que la normativa requiere un mínimo de 3 DF, estos resultados indican que en los días nublados no es necesario el uso de iluminación artificial durante el día. Sin embargo, existe una habitación del departamento 8 y 6 ubicados al norte y sur, no cumplen con los niveles de iluminancia establecidos en la normativa. Esto debido a que estas habitaciones se encuentran iluminadas a través de un pozo de iluminación. En contraste, los pasillos interiores que se encuentran iluminados por los pozos de iluminación cumplen con los niveles de iluminancia requeridos, pero existe una sobre iluminancia. Esto refleja, que iluminar a través de pozos de iluminación no funciona correctamente en esta planta.

Figura 106: Simulación de daylight factor en un día nublado de la sexta planta alta en el software designbuilder

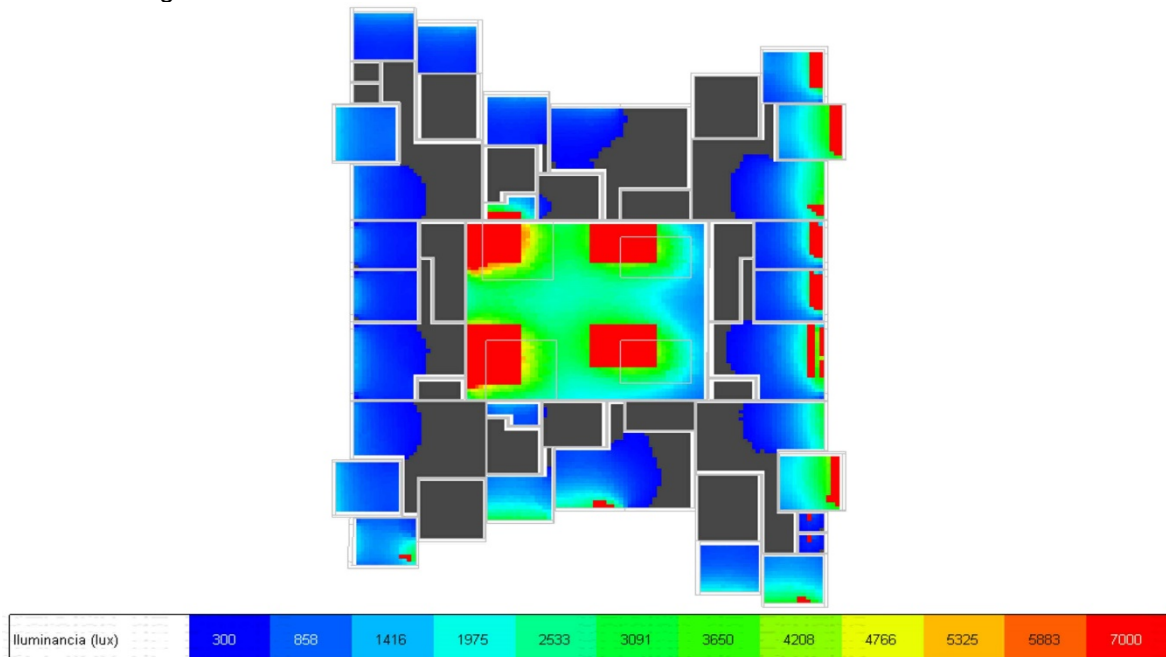


Nota. Elaboración propia.

DIA SOLEADO

Las simulaciones realizadas en un día soleado, el 22 de diciembre a las 9am. (Ver figura 107), demostró que los valores de iluminancia (lux) obtenidos en la fachada este varían entre un rango de 300 a 4000 lux, iluminando en su totalidad los dormitorios y más de dos tercios de las zonas sociales. Por otro lado, en la fachada oeste los valores oscilan entre 300 a 1600 lux, iluminando en su totalidad los dormitorios y el 50% de las zonas sociales. Teniendo en cuenta que la normativa requiere un mínimo de 300 lux, estos resultados indica que en los días soleados se cumple la normativa, no es necesario el uso de iluminación artificial por el día. No obstante, se observa una sobre iluminancia. Sin embargo, existe una habitación del departamento 8 y 6 ubicados al norte y sur, no cumplen con los niveles de iluminancia establecidos en la normativa. Esto debido a que estas habitaciones se encuentran iluminadas a través de un pozo de iluminación. En contraste, los pasillos interiores que se encuentran iluminados por los pozos de iluminación cumplen con los niveles de iluminancia requeridos, pero existe una sobre iluminancia. Esto refleja, que iluminar a través de pozos de iluminación no funciona correctamente en esta planta.

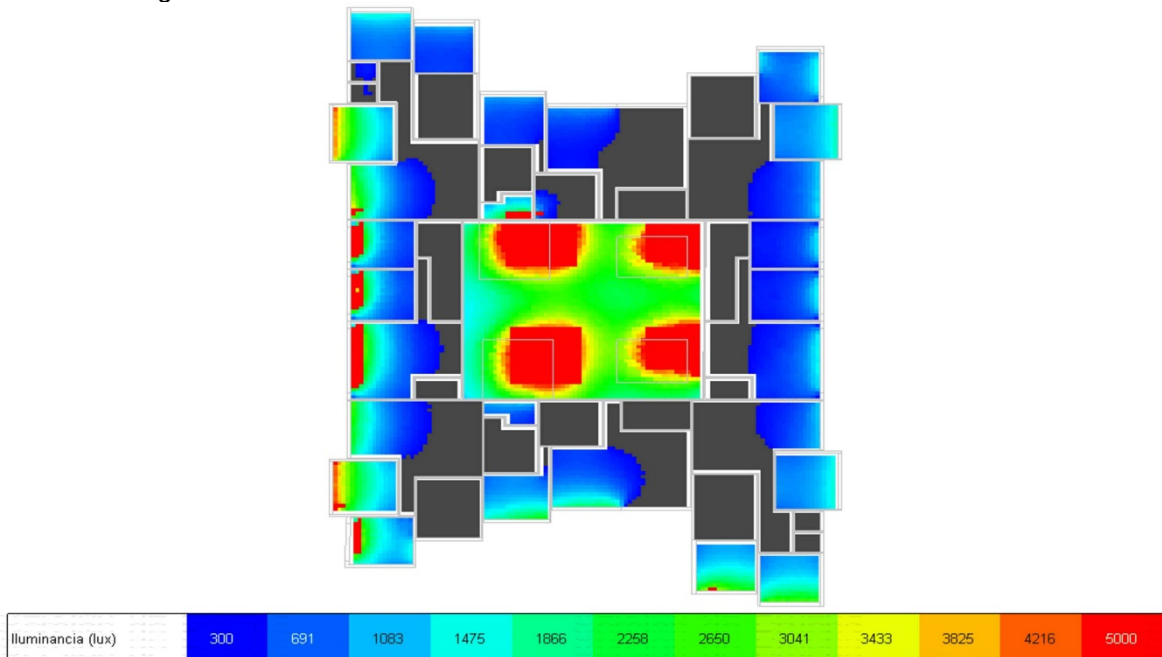
Figura 107: Simulación de iluminancia en día soleado a las 9 am de la sexta planta alta en el software designbuilder



Nota. Elaboración propia.

Las simulaciones realizadas en un día soleado, el 22 de diciembre a las 15pm. (Ver figura 108), demostró que los valores de iluminancia (lux) obtenidos en la fachada este varían entre un rango de 300 a 1600 lux, iluminando en su totalidad los dormitorios y dos tercios de las zonas sociales. Por otro lado, en la fachada oeste los valores oscilan entre 300 a 4500 lux, iluminando en su totalidad los dormitorios y más de dos tercios de las zonas sociales. Teniendo en cuenta que la normativa requiere un mínimo de 300 lux, estos resultados indica que en los días soleados se cumple la normativa, no es necesario el uso de iluminación artificial por el día. No obstante, se observa una sobre iluminancia. Sin embargo, existe una habitación del departamento 8 y 4 ubicados al norte y sur, no cumplen con los niveles de iluminancia establecidos en la normativa. Esto debido a que estas habitaciones se encuentran iluminadas a través de un pozo de iluminación. En contraste, los pasillos interiores que se encuentran iluminados por los pozos de iluminación cumplen con los niveles de iluminancia requeridos, pero existe una sobre iluminancia. Esto refleja, que iluminar a través de pozos de iluminación no funciona correctamente en esta planta.

Figura 108: Simulación de iluminancia en día soleado a las 15 pm de la sexta planta alta en el software designbuilder



Nota. Elaboración propia.

Tabla 5: Tabla resumen de las simulaciones de las simulaciones del escenario con contexto alto

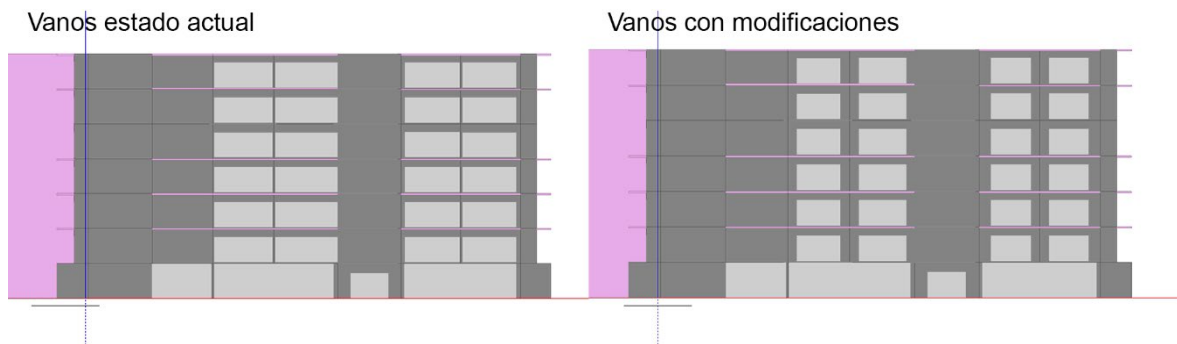
	NUBLADO (DF)		SOLEADO 9AM (LUX)		SOLEADO 15PM (LUX)	
	ESTE	OESTE	ESTE	OESTE	ESTE	OESTE
Planta baja	3 - 26	3 - 21	300 - 4500	300 - 3500	300 - 2700	300 - 4700
Primera planta alta	3 - 20	3 - 16	300 - 4200	300 - 2900	300 - 2000	300 - 4300
Tercera planta alta	3 - 21	3 - 23	300 - 4200	300 - 2500	300 - 2000	300 - 4200
Sexta planta alta	3 - 24	3 - 23	300 - 4000	300 - 1600	300 - 1600	300 - 4500

Nota. Elaboración propia.

4.9. Resultado de las simulaciones de edificación con modificaciones

Para las simulaciones de la propuesta con modificaciones, se planteó un escenario en el cual las edificaciones circundantes al norte, este y oeste alcanzan la misma altura que la edificación propuesta (21 metros). Además, se realizaron ajustes en las aberturas de las ventanas exclusivamente en las plantas de los departamentos, reduciéndolas en un 35% de su tamaño original. El objetivo de estas modificaciones es evaluar cómo estas alteraciones afectan la entrada de luz al interior de la edificación y evitar una posible sobre iluminación en los distintos espacios (Ver figura 109).

Figura 109: Vanos de la edificación en estado actual y con modificaciones.



Nota. Elaboración propia.

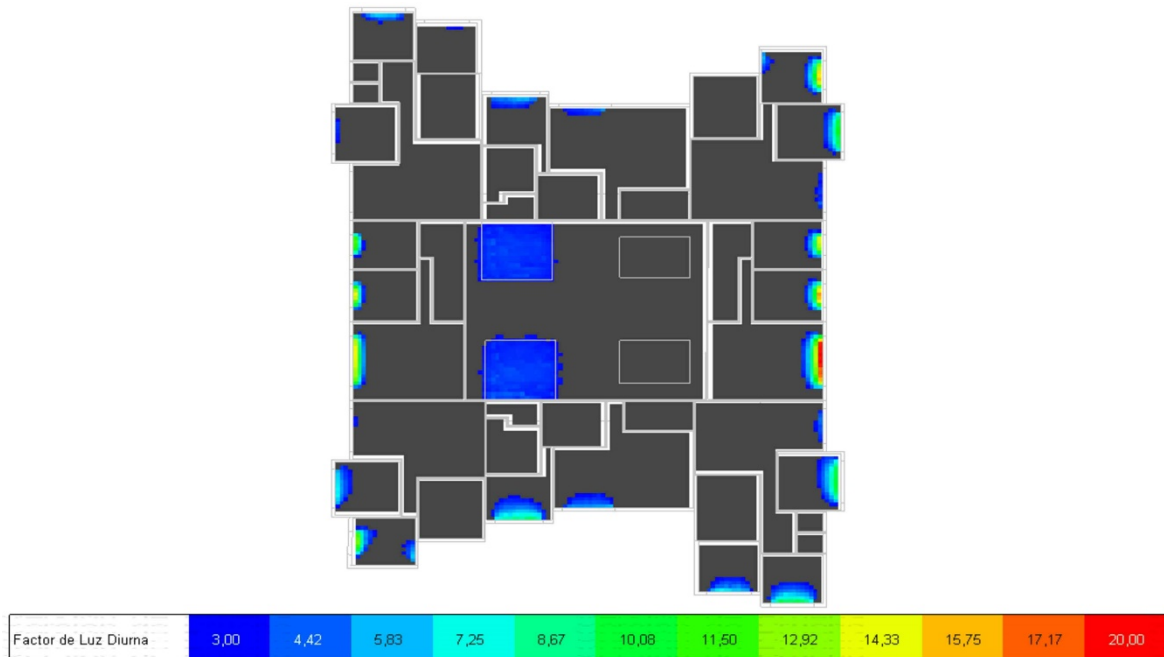
Las edificaciones situadas al norte y al este no influyen significativamente en la entrada de luz natural, ya que existe un espacio entre ellas y la edificación propuesta debido a las vías. Además, tanto la edificación propuesta como la del contexto colindante en el lado oeste cuentan con retiros de 7 metros cada una, lo que facilita la entrada de luz natural sin grandes obstrucciones. Al sur, la existencia del parque Santa Anita impide la construcción de nuevas edificaciones, permitiendo el libre paso de la luz natural y garantizando una iluminación adecuada en la edificación propuesta.

4.9.1. Primera planta alta.

DIA NUBLADO

La simulación realizada en el día nublado (Ver figura 110) demostró que los valores de Daylight factor (DF) obtenidos en la fachada este varían entre un rango de 3 a 20 DF, iluminando menos de un tercio de los dormitorios y un cuarto de las zonas sociales. Por otro lado, en la fachada oeste los valores oscilan entre 3 a 15 DF iluminando menos de un tercio de los dormitorios y un cuarto de las zonas sociales. Teniendo en cuenta que la normativa requiere un mínimo de 3 DF, estos resultados indican que en los días nublados es necesario el uso de iluminación artificial durante el día. De la misma manera, los pasillos interiores que se encuentran iluminados por los pozos de iluminación tampoco cumplen con los niveles de iluminancia requeridos. Esto refleja, la ineficiencia de iluminar a través de pozos de iluminación en esta planta.

Figura 110: Simulación de daylight factor en un día nublado de la primera planta en el software designbuilder

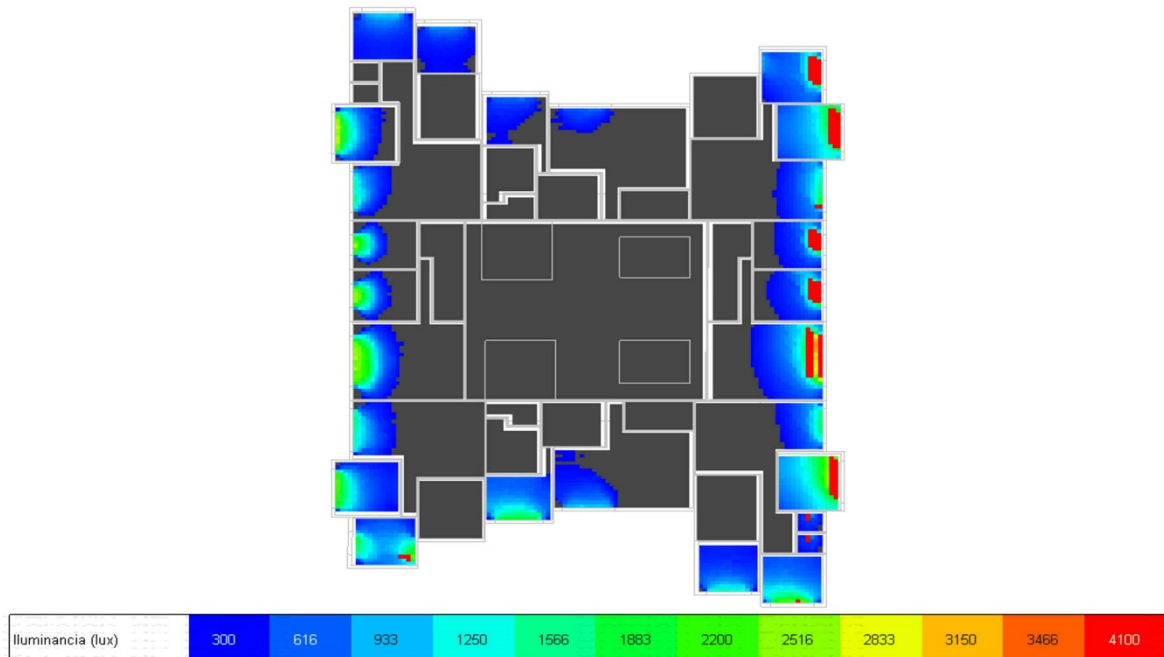


Nota. Elaboración propia.

DÍA SOLEADO

Las simulaciones realizadas en un día soleado, el 22 de diciembre a las 9am. (Ver figura 111), demostró que los valores de iluminancia (lux) obtenidos en la fachada este varían entre un rango de 300 a 4100 lux, iluminando más de dos tercios los dormitorios y un tercio de las zonas sociales. Por otro lado, en la fachada oeste los valores oscilan entre 300 a 2600 lux, iluminando más de dos tercios de los dormitorios y un tercio de las zonas sociales. Teniendo en cuenta que la normativa requiere un mínimo de 300 lux, estos resultados indica que en los días soleados se cumple la normativa, no es necesario el uso de iluminación artificial por el día. No obstante, se observa una sobre iluminancia. Sin embargo, existe una habitación del departamento 8 y 6 ubicados al norte y sur, no cumplen con los niveles de iluminancia establecidos en la normativa. Esto debido a que estas habitaciones se encuentran iluminadas a través de un pozo de iluminación. De la misma manera los pasillos interiores que se encuentran iluminados por los pozos de iluminación no cumplen con los niveles de iluminancia requeridos. Esto refleja, la ineficiencia de iluminar a través de pozos de iluminación en esta planta.

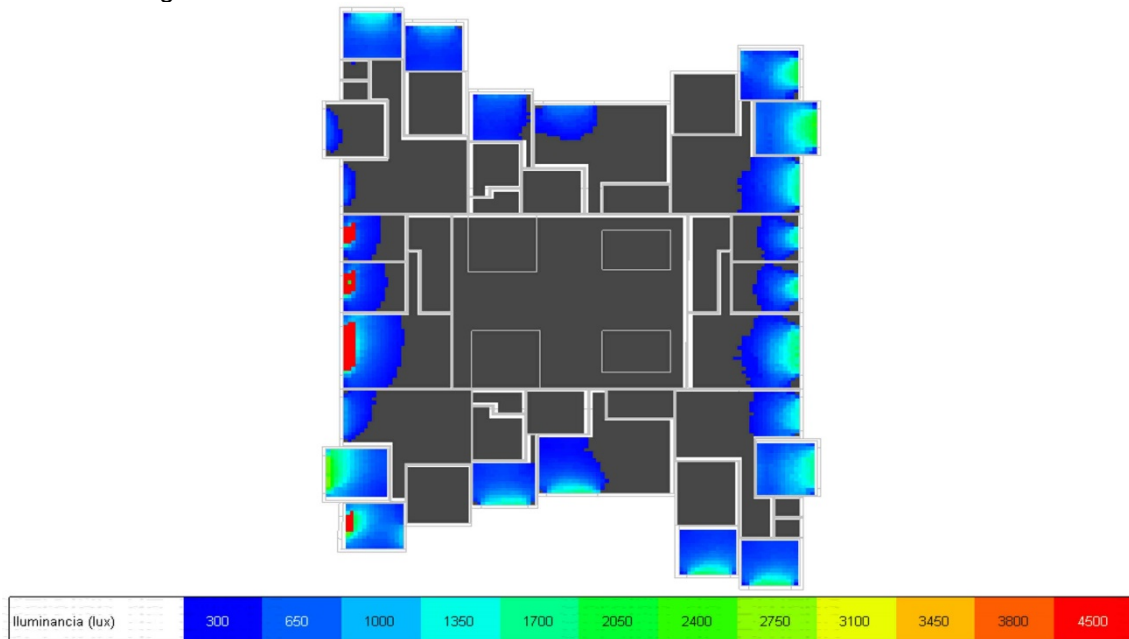
Figura 111: Simulación de iluminancia en día soleado a las 9 am de la primera planta alta en el software designbuilder



Nota. Elaboración propia.

Las simulaciones realizadas en un día soleado, el 22 de diciembre a las 15pm. (Ver figura 112), demostró que los valores de iluminancia (lux) obtenidos en la fachada este varían entre un rango de 300 a 2600 lux, iluminando más de dos tercios los dormitorios y el 50% de las zonas sociales. Por otro lado, en la fachada oeste los valores oscilan entre 300 a 4100 lux, iluminando más de dos tercios los dormitorios y un tercio de las zonas sociales. Teniendo en cuenta que la normativa requiere un mínimo de 300 lux, estos resultados indica que en los días soleados se cumple la normativa, no es necesario el uso de iluminación artificial por el día. No obstante, se observa una sobre iluminancia., existe de una habitación del departamento 8 y 6 ubicados al norte y sur, no cumplen con los niveles de iluminancia establecidos en la normativa. Esto debido a que estas habitaciones se encuentran iluminadas a través de un pozo de iluminación. De la misma manera los pasillos interiores que se encuentran iluminados por los pozos de iluminación no cumplen con los niveles de iluminancia requeridos. Esto refleja, la ineficiencia de iluminar a través de pozos de iluminación en esta planta.

Figura 112: Simulación de iluminancia en día soleado a las 15 pm de la primera planta alta en el software designbuilder



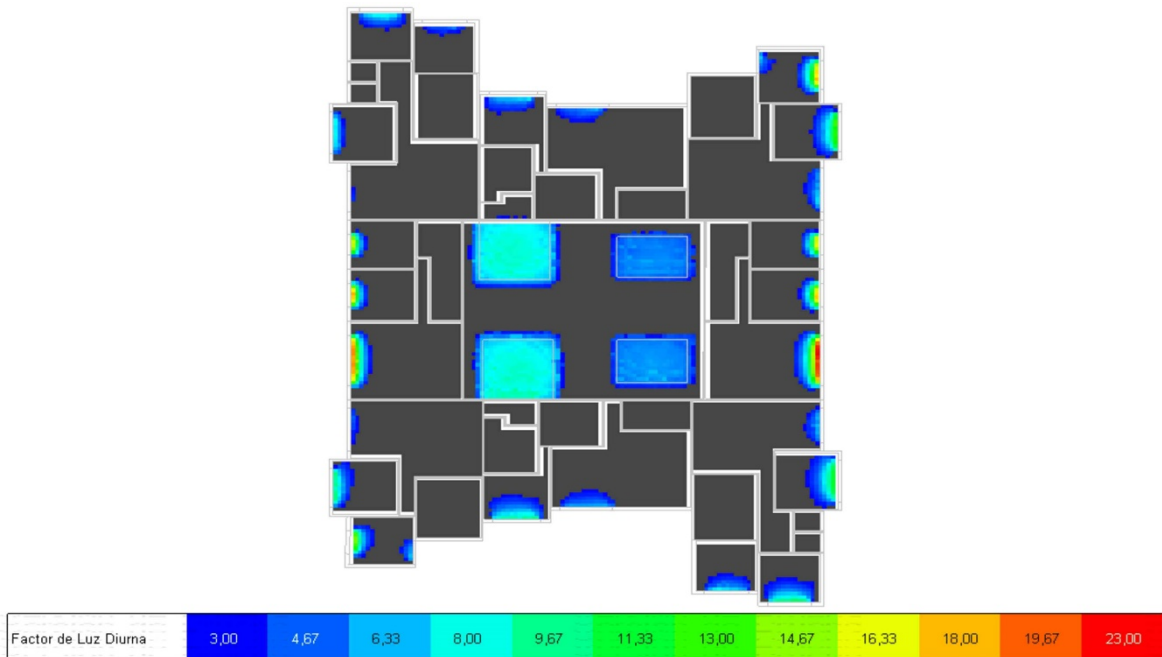
Nota. Elaboración propia.

4.9.2. Tercera planta alta.

DIA NUBLADO

La simulación realizada en el día nublado (Ver figura 113) demostró que los valores de Daylight factor (DF) obtenidos en la fachada este varían entre un rango de 3 a 23 DF, iluminando menos de un tercio de los dormitorios y un cuarto de las zonas sociales. Por otro lado, en la fachada oeste los valores oscilan entre 3 a 20 DF iluminando un tercio de los dormitorios y un cuarto de las zonas sociales. Teniendo en cuenta que la normativa requiere un mínimo de 3 DF, estos resultados indican que en los días nublados es necesario el uso de iluminación artificial durante el día. De la misma manera, los pasillos interiores que se encuentran iluminados por los pozos de iluminación tampoco cumplen con los niveles de iluminancia requeridos. Esto refleja, la ineficiencia de iluminar a través de pozos de iluminación en esta planta.

Figura 113: Simulación de daylight factor en un día nublado de la tercera planta en el software designbuilder

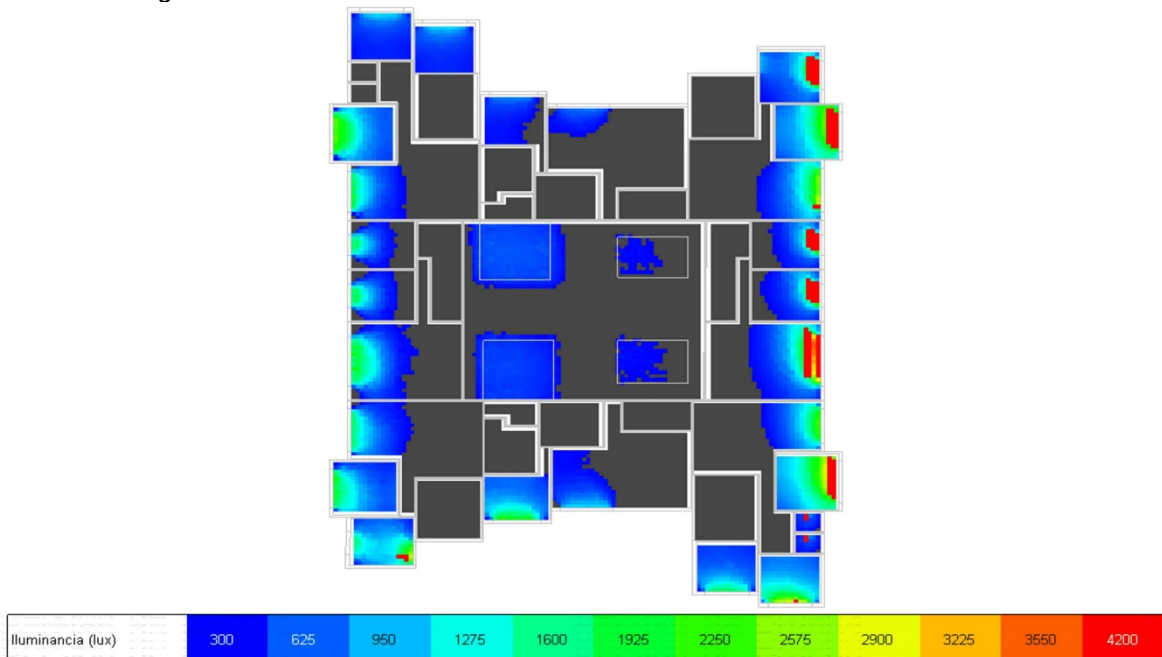


Nota. Elaboración propia.

DIA SOLEADO

Las simulaciones realizadas en un día soleado, el 22 de diciembre a las 9am. (Ver figura 114), demostró que los valores de iluminancia (lux) obtenidos en la fachada este varían entre un rango de 300 a 4200 lux, iluminando en su totalidad los dormitorios y más de un tercio de las zonas sociales. Por otro lado, en la fachada oeste los valores oscilan entre 300 a 2200 lux, iluminando en su totalidad los dormitorios y más de un tercio de las zonas sociales. Teniendo en cuenta que la normativa requiere un mínimo de 300 lux, estos resultados indica que en los días soleados se cumple la normativa, no es necesario el uso de iluminación artificial por el día. No obstante, se observa una sobre iluminancia. Sin embargo, existe una habitación del departamento 8 y 6 ubicados al norte y sur, no cumplen con los niveles de iluminancia establecidos en la normativa. Esto debido a que estas habitaciones se encuentran iluminadas a través de un pozo de iluminación. De la misma manera los pasillos interiores que se encuentran iluminados por los pozos de iluminación no cumplen con los niveles de iluminancia requeridos. Esto refleja, la ineficiencia de iluminar a través de pozos de iluminación en esta planta.

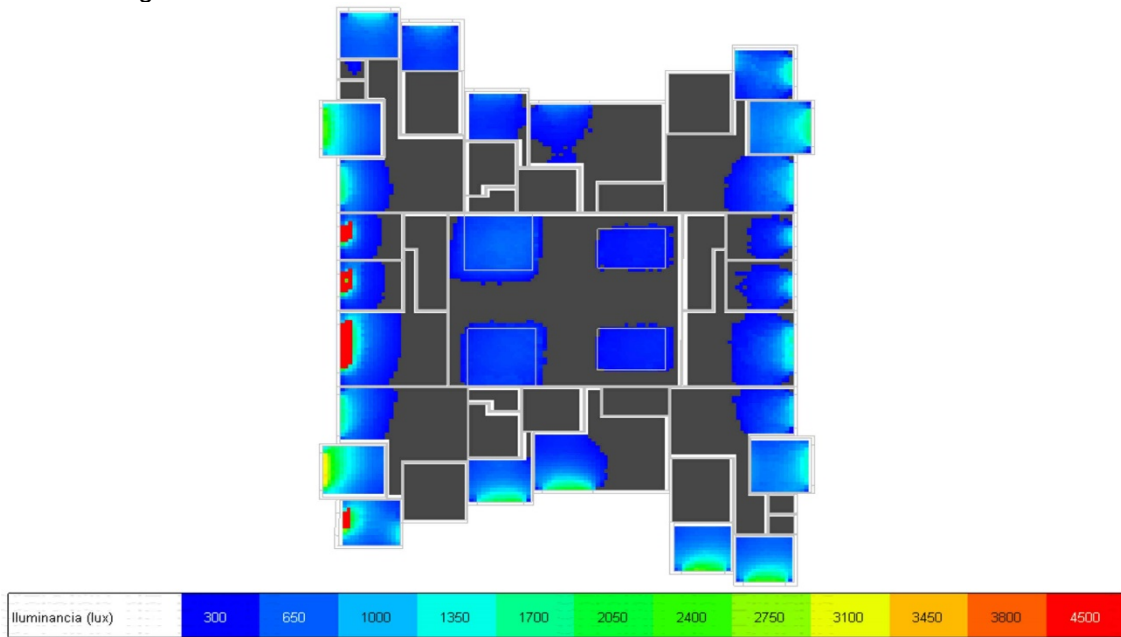
Figura 114: Simulación de iluminancia en día soleado a las 9 am de la tercera planta alta en el software designbuilder



Nota. Elaboración propia.

Las simulaciones realizadas en un día soleado, el 22 de diciembre a las 15pm. (Ver figura 115), demostró que los valores de iluminancia (lux) obtenidos en la fachada este varían entre un rango de 300 a 1500 lux, iluminando en su totalidad los dormitorios y un tercio de las zonas sociales. Por otro lado, en la fachada oeste los valores oscilan entre 300 a 4500 lux, iluminando en su totalidad los dormitorios y el 50% de las zonas sociales. Teniendo en cuenta que la normativa requiere un mínimo de 300 lux, estos resultados indica que en los días soleados se cumple la normativa, no es necesario el uso de iluminación artificial por el día. No obstante, se observa una sobre iluminancia. Sin embargo, existe una habitación del departamento 8 y 6 ubicados al norte y sur, no cumplen con los niveles de iluminancia establecidos en la normativa. Esto debido a que estas habitaciones se encuentran iluminadas a través de un pozo de iluminación. De la misma manera los pasillos interiores que se encuentran iluminados por los pozos de iluminación no cumplen con los niveles de iluminancia requeridos. Esto refleja, la ineficiencia de iluminar a través de pozos de iluminación en esta planta.

Figura 115: Simulación de iluminancia en día soleado a las 15 pm de la tercera planta alta en el software designbuilder



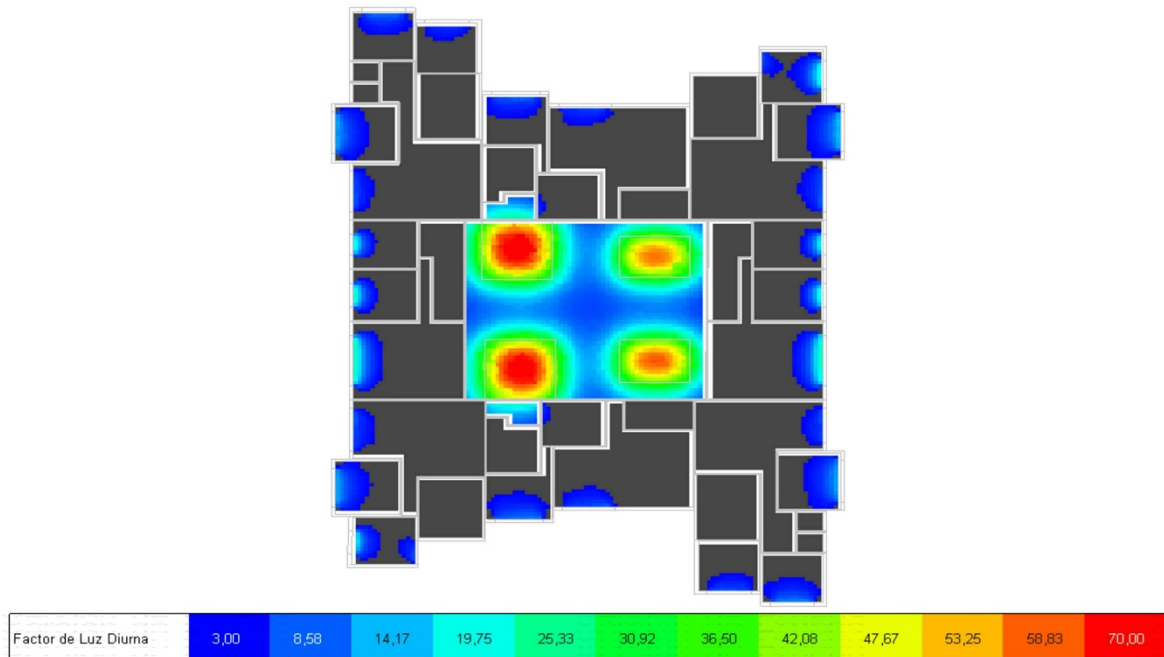
Nota. Elaboración propia.

4.9.3.Sexta planta alta.

DIA NUBLADO

La simulación realizada en el día nublado (Ver figura 116) demostró que los valores de Daylight factor (DF) obtenidos en la fachada este varían entre un rango de 3 a 23 DF, iluminando un tercio de los dormitorios y un tercio de las zonas sociales. Por otro lado, en la fachada oeste los valores oscilan entre 3 a 23 DF iluminando un tercio de los dormitorios y un tercio de las zonas sociales. Teniendo en cuenta que la normativa requiere un mínimo de 3 DF, estos resultados indican que en los días nublados no es necesario el uso de iluminación artificial durante el día. Sin embargo, existe una habitación del departamento 8 y 6 ubicados al norte y sur, no cumplen con los niveles de iluminancia establecidos en la normativa. Esto debido a que estas habitaciones se encuentran iluminadas a través de un pozo de iluminación. En contraste, los pasillos interiores que se encuentran iluminados por los pozos de iluminación cumplen con los niveles de iluminancia requeridos, pero existe una sobre iluminancia. Esto refleja, que iluminar a través de pozos de iluminación no funciona correctamente en esta planta.

Figura 116: Simulación de daylight factor en un día nublado de la primera planta en el software designbuilder

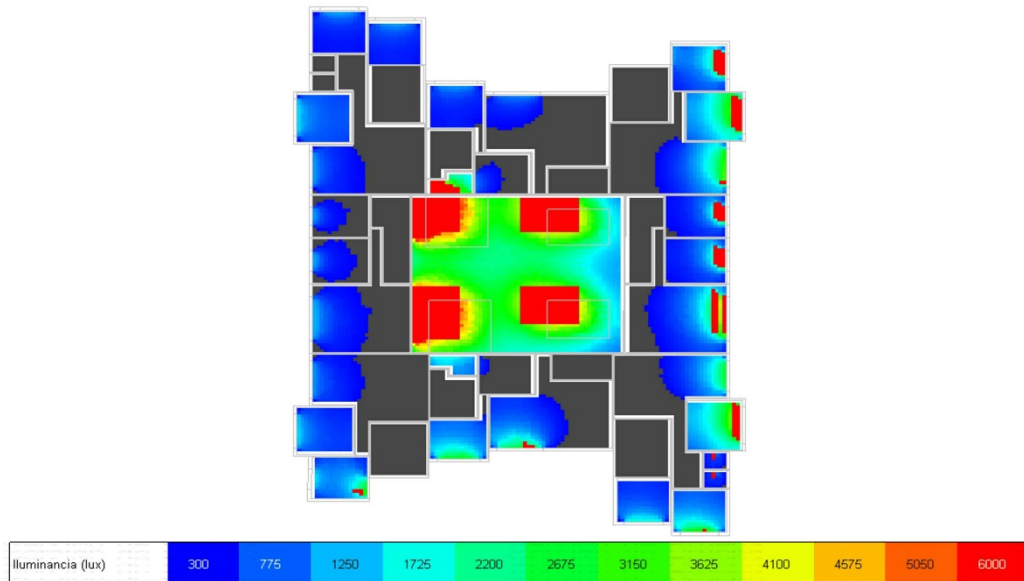


Nota. Elaboración propia.

DIA SOLEADO

Las simulaciones realizadas en un día soleado, el 22 de diciembre a las 9am. (Ver figura 117), demostró que los valores de iluminancia (lux) obtenidos en la fachada este varían entre un rango de 300 a 4200 lux, iluminando en su totalidad los dormitorios y más de dos tercios de las zonas sociales. Por otro lado, en la fachada oeste los valores oscilan entre 300 a 1500 lux, iluminando en su totalidad los dormitorios y un tercio de las zonas sociales. Teniendo en cuenta que la normativa requiere un mínimo de 300 lux, estos resultados indica que en los días soleados se cumple la normativa, no es necesario el uso de iluminación artificial por el día. No obstante, se observa una sobre iluminancia. Sin embargo, existe una habitación del departamento 8 y 4 ubicados al norte y sur, no cumplen con los niveles de iluminancia establecidos en la normativa. Esto debido a que estas habitaciones se encuentran iluminadas a través de un pozo de iluminación. De la misma manera los pasillos interiores que se encuentran iluminados por los pozos de iluminación no cumplen con los niveles de iluminancia requeridos. Esto refleja, la ineficiencia de iluminar a través de pozos de iluminación en esta planta.

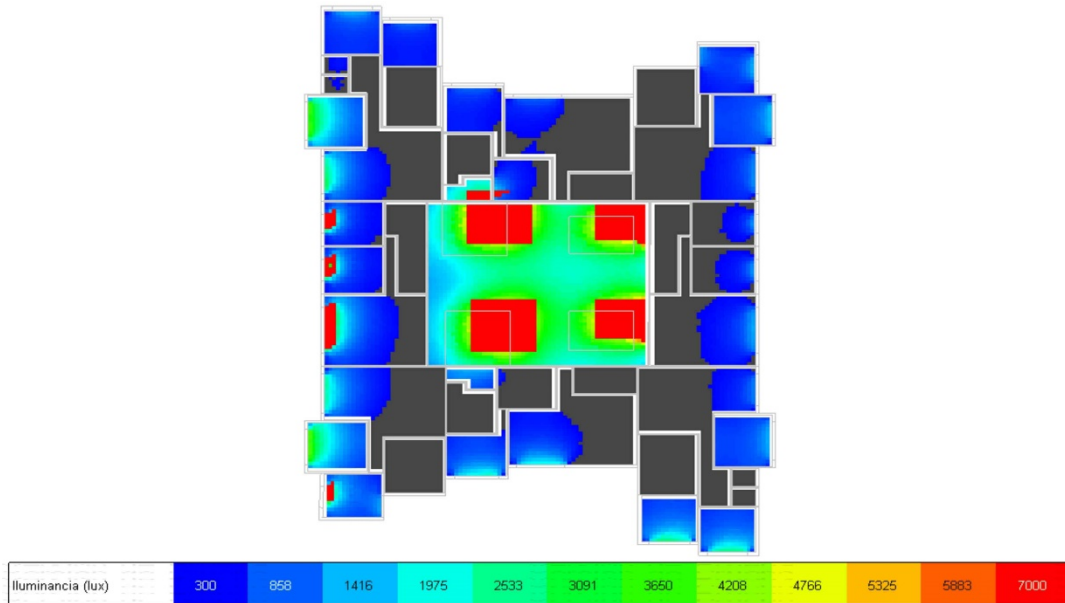
Figura 117: Simulación de iluminancia en día soleado a las 9 am de la primera planta alta en el software designbuilder



Nota. Elaboración propia.

Las simulaciones realizadas en un día soleado, el 22 de diciembre a las 15pm. (Ver figura 118), demostró que los valores de iluminancia (lux) obtenidos en la fachada este varían entre un rango de 300 a 1600 lux, iluminando más de dos tercios los dormitorios y un tercio de las zonas sociales. Por otro lado, en la fachada oeste los valores oscilan entre 300 a 6000 lux, iluminando en su totalidad los dormitorios y el 50% de las zonas sociales. Teniendo en cuenta que la normativa requiere un mínimo de 300 lux, estos resultados indica que en los días soleados se cumple la normativa, no es necesario el uso de iluminación artificial por el día. No obstante, se observa una sobre iluminancia. Sin embargo, existe una habitación del departamento 8 ubicados al sur, no cumple con los niveles de iluminancia establecidos en la normativa. Esto debido a que esta habitación se encuentra iluminada a través de un pozo de iluminación. En contraste, los pasillos interiores que se encuentran iluminados por los pozos de iluminación cumplen con los niveles de iluminancia requeridos, pero existe una sobre iluminancia. Esto refleja, que iluminar a través de pozos de iluminación no funciona correctamente en esta planta.

Figura 118: Simulación de iluminancia en día soleado a las 15 pm de la primera planta alta en el software designbuilder



Nota. Elaboración propia.

Tabla 6: Tabla resumen de las simulaciones de las simulaciones del escenario con contexto alto y modificaciones

	NUBLADO (DF)		SOLEADO 9AM (LUX)		SOLEADO 15PM (LUX)	
	ESTE	OESTE	ESTE	OESTE	ESTE	OESTE
Planta baja	3 - 20	3 - 15	300 - 4000	300 - 2800	300 - 2500	300 - 4500
Primera planta alta	3 - 20	3 - 15	300 - 4100	300 - 2600	300 - 2000	300 - 4500
Tercera planta alta	3 - 23	3 - 20	300 - 4200	300 - 2200	300 - 1500	300 - 4500
Sexta planta alta	3 - 23	3 - 23	300 - 4200	300 - 1500	300 - 1600	300 - 6000

Nota. Elaboración propia.

Los resultados de las simulaciones del tercer escenario mostraron que la reducción del tamaño de las ventanas del 35%, con intención de disminuir la sobre iluminación en los espacios interiores, generó ciertos inconvenientes. Aunque esta decisión ayudo a reducir ligeramente la sobrealimentación en los días soleados, se concluyó que no era la mejor solución. En los días nublados, la disminución en el tamaño de los vanos resulto en niveles insuficientes de luz natural, haciendo que los espacios interiores no cumplieran con el estándar normativo mínimo de 3 DF. Este comportamiento evidencia la complejidad de encontrar un equilibrio, por lo que sería necesario continuar experimentando con obstrucciones más sutiles o elementos reguladores, que permitan mitigar la sobre iluminación sin sacrificar la calidad lumínica en los días nublados.

Tablas comparativas de las simulaciones en un día soleado a las 9am y 17pm y en un día nublado realizadas de los tres escenarios

Tabla 7: Tabla comparativa de las simulaciones en un día nublado de los tres escenarios

TABLA COMPARATIVA DÍA NUBLADO (DF)						
ESCENARIO	ESTADO ACTUAL		CON CONTEXTO ALTO		CON MODIFICACIONES	
FACHADA	ESTE	OESTE	ESTE	OESTE	ESTE	OESTE
Planta baja	3 - 35	3 - 26	3 - 26	3 - 21	3 - 20	3 - 15
Primera planta alta	3 - 27	3 - 24	3 - 20	3 - 16	3 - 20	3 - 15
Tercera planta alta	3 - 24	3 - 23	3 - 21	3 - 23	3 - 23	3 - 20
Sexta planta alta	3 - 23	3 - 24	3 - 24	3 - 23	3 - 23	3 - 23

Nota. Elaboración propia.

Tabla 8: Tabla comparativa de las simulaciones en un día soleado a las 9 am de los tres escenarios

TABLA COMPARATIVA DÍA SOLEADO 9AM (LUX)						
ESCENARIO	ESTADO ACTUAL		CON CONTEXTO ALTO		CON MODIFICACIONES	
FACHADA	ESTE	OESTE	ESTE	OESTE	ESTE	OESTE
Planta baja	300 - 4500	300 - 2200	300 - 4500	300 - 3500	300 - 4200	300 - 2800
Primera planta alta	300 - 4800	300 - 2000	300 - 4200	300 - 2900	300 - 4100	300 - 2600
Tercera planta alta	300 - 4500	300 - 1500	300 - 4200	300 - 2500	300 - 4200	300 - 2200
Sexta planta alta	300 - 4600	300 - 1700	300 - 4500	300 - 3500	300 - 4200	300 - 1500

Nota. Elaboración propia.

Tabla 9: Tabla comparativa de las simulaciones en un día soleado a las 15 pm de los tres escenarios

TABLA COMPARATIVA DÍA SOLEADO 15PM (LUX)						
ESCENARIO	ESTADO ACTUAL		CON CONTEXTO ALTO		CON MODIFICACIONES	
FACHADA	ESTE	OESTE	ESTE	OESTE	ESTE	OESTE
Planta baja	300 - 3000	300 - 4700	300 - 2700	300 - 4700	300 - 2700	300 - 4700
Primera planta alta	300 - 2000	300 - 4900	300 - 2000	300 - 4500	300 - 2000	300 - 4500
Tercera planta alta	300 - 1500	300 - 4700	300 - 2000	300 - 4200	300 - 1500	300 - 4500
Sexta planta alta	300 - 1700	300 - 4900	300 - 1600	300 - 4500	300 - 1600	300 - 6000

Nota. Elaboración propia.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



5.1. Conclusiones

A través de la investigación, se definieron varias estrategias de diseño bioclimático que mejoran el confort lumínico y reducen el consumo energético en edificaciones multifamiliares. La optimización del uso de luz natural mediante el diseño de pozos de iluminación eficientes y la ubicación estratégica de espacios que requieren mayor iluminación en las fachadas permitió reducir la dependencia de la iluminación artificial. Asimismo, el uso de elementos como ventanas amplias y materiales de alto rendimiento lumínico fue clave para aprovechar al máximo la luz natural. Estas estrategias no solo mejoran la calidad lumínica, sino que también contribuyen significativamente a la reducción del consumo energético en las viviendas, garantizando un entorno confortable para los residentes.

El análisis de las condiciones climáticas de Cuenca permitió identificar la variabilidad en la disponibilidad de luz natural a lo largo del año. La orientación de los edificios y la distribución de los espacios interiores fueron adaptadas a las particularidades climáticas locales, como la posición solar y los patrones de nubosidad, para garantizar una iluminación eficiente durante todo el día. En zonas donde la luz natural es limitada, como en los pisos inferiores o en días nublados, se destacó la importancia de mejorar los pozos de iluminación y usar tecnologías pasivas que maximizan la entrada de luz. Esto asegura que los edificios multifamiliares en Cuenca logren un confort lumínico óptimo, adaptado a las condiciones locales, reduciendo así el consumo de energía.

El comportamiento lumínico de la propuesta arquitectónica fue evaluado mediante simulaciones en diversos escenarios, lo que permitió validar la efectividad de las estrategias bioclimáticas aplicadas. Los datos obtenidos del comportamiento lumínico de los tres escenarios vistos en el capítulo anterior muestran que los pozos de iluminación natural en los tres escenarios solo cumplen la función de ventilar la edificación debido a que no satisfacen las normativas de iluminación (mínimo 300 lux), en los pasillos y en un par de dormitorios que se iluminan de los mismos mediante un balcón adosado, en la planta baja, en la primera planta alta y la tercera planta alta. En contraste, la sexta planta alta si se cumple con la iluminación requerida, pero existe una sobre iluminación únicamente en los pasillos, lo cual provoca un problema en el confort térmico y un deslumbramiento. Las habitaciones que se iluminan de los pozos de iluminación natural mediante un balcón adosado, no se iluminan lo necesario para cumplir los 300lux mínimos requeridos en cada uno de los pisos de departamentos de la edificación. Aunque la normativa permita la colocación de espacios habitables en el interior o en pozos interiores, esta solución no es ideal, puede comprometer la calidad de la luz en esos espacios y obligar al uso de iluminación artificial, lo que contraviene los objetivos de eficiencia energética y confort.

En la optimización de espacios al ubicar los espacios que requieren mayor iluminación natural en las fachadas es una decisión acertada, puesto que, estas áreas captan mejor la luz natural, lo que, combinado con el diseño de zonas sociales como mono espacios, permitiendo que la iluminación directa y difusa se distribuya de manera uniforme sin obstrucciones, así la estrategia de diseño asegura que las áreas más frecuentadas por los residentes gocen de una buena calidad de

iluminación durante el día. Sin embargo, los vanos en la fachada en el escenario actual y con el contexto alto, los resultados de las simulaciones en los días nublados pese a cumplir con los 3DF mínimo requerido se ilumina menos de un tercio de la totalidad del área de los espacios requiriendo iluminación artificial durante el día. En los días soleados a las 9am y 15 pm muestran que la iluminación natural que ingresa al interior de los espacios cumple con la normativa, pero existe una sobre iluminación lo cual puede provocar un discomfort térmico y lumínico. No obstante, las simulaciones realizadas en el escenario con contexto alto y modificaciones mostraron que la reducción de los vanos del 35% de su tamaño, en los días soleados pese que el ingreso de iluminación natural se disminuye considerablemente la sobre iluminación se mantiene y en los días nublados antes de la reducción del tamaño no se requería iluminación artificial con la reducción afecta más el ingreso de luz al interior de la edificación, lo que sugiere que la reducción del tamaño de los vanos no soluciona completamente el problema de la sobre iluminación.

La optimización de los retiros de la edificación se aplicó la fórmula para espacio necesario entre edificaciones para el libre paso de la iluminación natural en el escenario de estado actual al tener edificaciones de aproximadamente 9m de altura es necesario un retiro de 3,15m. En el escenario con contexto alto y el escenario de contexto alto y modificaciones se planteó que las edificaciones aledañas tienen la misma altura de la edificio multifamiliar de 21m lo cual requería un retiro de 7.35m, tomando los resultados en cuenta se diseñó la edificación con un retiro de 7m en donde la iluminación natural ingresa al interior de los espacios sin complicaciones en donde las simulaciones mostraron que en los días soleados cumplían con la iluminación mínima para no requerir el uso de iluminación artificial durante el día. En contraste, en los días nublados por el tamaño de los vanos no cumplen con la iluminación mínima.

Las estrategias de diseño bioclimático que se utilizaron para la realización del anteproyecto como: los pozos de iluminación natural, la optimización de retiros, la proporción de vanos en la fachada y la optimización de espacios interiores, fueron fundamentales para mejorar el confort lumínico y reducir de manera eficiente el consumo energético por iluminación artificial. No obstante, se identificaron varios desafíos en la aplicación de dichas estrategias como una sobre iluminación que genera un discomfort térmico y deslumbramiento.

5.2. Recomendaciones

Ante lo mencionado en el apartado anterior, se recomienda realizar un único pozo de iluminación de mayor tamaño para mejorar significativamente la entrada de luz natural en los pisos inferiores. Actualmente, los múltiples pozos de iluminación solo cumplen una función de ventilación y no proporcionan suficiente luz natural a los niveles inferiores, lo que resulta en un incumplimiento de las normativas de iluminación. Un único pozo de mayor tamaño permitirá una mejor distribución de la luz natural en todas las plantas del edificio, cumpliendo así con las normativas y mejorando la calidad de vida de los residentes al proporcionar un entorno más iluminado y saludable.

Asimismo, se recomienda revisar y ajustar la orientación de los dormitorios que no cumplen con las normativas óptimas de iluminación, incluyendo aquellos con balcones adosados a pozos de iluminación. La falta de luz natural en estos espacios afecta negativamente el confort y el bienestar de los habitantes. Se debe considerar la reubicación o modificación del diseño de estos dormitorios para asegurar que todos reciban una cantidad adecuada de luz natural durante el día. Esto puede incluir la ampliación de las ventanas, el rediseño de los pozos de iluminación o la reorientación de los espacios para maximizar la exposición a la luz natural.

Del mismo modo, se recomienda la instalación de celosías, cortinas, persianas, o estores en todas las ventanas para controlar la sobre iluminación y mitigar el discomfort térmico en el interior de la edificación. Aunque reducir el tamaño de los vanos podría disminuir la intensidad lumínica en días soleados, esta medida puede ser contraproducente en días nublados, ya que limitaría el ingreso de la luz natural necesaria, forzando el uso de iluminación artificial durante el día. En lugar de reducir el tamaño de las ventanas, es preferible optar por soluciones flexibles de control de luz que permiten ajustar la cantidad de iluminación de acuerdo con las condiciones climáticas y las necesidades del usuario, manteniendo así un equilibrio adecuado entre confort visual, térmica y eficiencia energética.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, I., Campano, M. A., Dominguez-Amarillo, S., & Muñoz, C. (2018). Dynamic Daylight Metrics for Electricity Savings in Offices: Window Size and Climate Smart Lighting Management. *Energies* 2018, Vol. 11, Page 3143, 11(11), 3143. <https://doi.org/10.3390/EN11113143>
- Adel-Nasab, S. M. R., & Teimourtash, S. (2023). Improving daylight performance of residential light wells in dry-cold climate: Optimization and sensitivity analysis. *Solar Energy*, 264, 112048. <https://doi.org/10.1016/J.SOLENER.2023.112048>
- Álvarez, M., Tucta, F., Quispe, E., & Meza, V. (2018). Incidencia de la inoculación de microorganismos benéficos en el cultivo de fresa (*Fragaria* sp.). *Scientia Agropecuaria*, 9(1), 33–42.
- ANSI/ASHRAE Standard 90.2-2007. (2017). *Energy-Efficient Design of Low-Rise Residential Buildings*. <https://ierga.com/wp-content/uploads/sites/2/2017/10/ASHRAE-90.2-2007.pdf>
- ArchDaily . (2014). *Vivienda Pasiva Bruck / Peter Ruge Architekten*. <https://www.archdaily.cl/cl/758357/vivienda-pasiva-bruck-peter-ruge-architekten>
- ARQUITECTURABIO. (2019). *La luz natural y su importancia en la arquitectura*. <https://arquitectura.bio/la-luz-natural-la-arquitectura/>
- Avila, Y. (2023). *La eficiencia energética en la arquitectura*. <https://en.oddarchitects.com/post/la-eficiencia-energ%C3%A9tica-en-la-arquitectura-2>
- Barragán, A. E., & Ochoa, P. E. (2014). Estudio de caso: Diseño de viviendas ambientales de bajo costo, Cuenca (Ecuador). *Maskana*, 5(1), 81–98. <https://doi.org/10.18537/MSKN.05.01.06>
- Belussi, L., Barozzi, B., Bellazzi, A., Danza, L., Devitofrancesco, A., Fanciulli, C., & Scrosati, C. (2019). A review of performance of zero energy buildings and energy efficiency solutions. *Journal of building engineering*, 25, 100772. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2019.100772>
- Benoit, B. (2023). *Interpretación geométrica de la luz del cielo en el proyecto de arquitectura*. http://www.heliodon.net/downloads/Beckers_2007_Helio_002_es.pdf
- Bioconstrucción y Energía Alternativa. (2022). *Certificación LEED*. <https://bioconstruccion.com.mx/certificacion-leed/>
- CASAAMBIENTAL. (2023). *Descubre la Eficiencia y Sostenibilidad de la Arquitectura Bioclimática*. <https://casambiental.com.ar/descubre-la-eficiencia-y-sostenibilidad-de-la-arquitectura-bioclimatica/>
- Castilla, M., Álvarez, J. D., Berenguel, M., Pérez, M., Rodríguez, F., & Guzmán, J. L. (2010). Técnicas de Control del Confort en Edificios. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial RIAI*, 7(3), 5–24. [https://doi.org/10.1016/S1697-7912\(10\)70038-8](https://doi.org/10.1016/S1697-7912(10)70038-8)
- Castro, C. (2018). La luz como intermediación urbana. *Revista científica multidisciplinaria base de conocimiento*, 6(5), 25-41. <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/arquitectura/luz-como-intervencion>
- Calendario-info. (2024). Sunrise and sunset in Cuenca. <https://www.calendario-info.es/ecuador/sol/cuenca-3658666/#>

- CEN. (2021). *Edificios y salud*. <https://gbce.es/documentos/Edificios-y-salud.pdf>
- Cerda, P., & Puebla, P. (2021). Bioclimatismo y arquitectura de Sewell: Lecciones de un diseño adaptado al clima central andino. *AUS [Arquitectura/Urbanismo/Sustentabilidad]*, 30, 86-97. <https://doi.org/10.4206/aus.2021.n30-12>
- Chantal, K., Shao, X., Jing, B., Yuan, Y., Hou, M., & Liao, L. (2013). Effects of effective microorganisms (EM) and bio-organic fertilizers on growth parameters and yield quality of flue-cured tobacco (*Nicotiana tabacum*). *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 11(2), 1212–1215.
- Chatzipoulka, C., Compagnon, R., & Nikolopoulou, M. (2018). Sky view factor as predictor of solar availability on building façades. *Solar Energy*, 170. file:///C:/Users/USER/Downloads/2018_SkyViewfactor.pdf
- Chatzipoulka, C., Compagnon, R., Kaempf, J., & Nikolopoulou, M. (2018). Sky view factor as predictor of solar availability on building façades. *Solar Energy*, 170, 1026–1038. <https://doi.org/10.1016/J.SOLENER.2018.06.028>
- Chel, A., & Kaushik, G. (2018). ecnologías de energías renovables para el desarrollo sostenible de edificios energéticamente eficientes. *Revista de ingeniería de Alejandría*, 57(2), 655-669. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2017.02.027>
- Corcuera, A. (2021). *Laguna Mar Lodge arquitectura bioclimática en el distrito de Mala*. <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/3946>
- Córica, M., & Ruiz, M. (2018). Luz solar en recintos urbanos de alta densidad edilicia. *Espacio, cultura, sociedad*, 25(25), 117-138. <https://www.redalyc.org/journal/3692/369259081006/html/>
- Danilo, B., & Carchipulla, P. (2019). *La luz artificial en los espacios interiores. Análisis expresivo y funcional aplicado en espacios interiores: comercial*. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/9066>
- Danpal Light Arquitectura. (2023). *El ahorro de energía de la iluminación natural*. <https://danpal.com/environmental/el-ahorro-de-energia-de-la-iluminacion-natural/#:~:text=La%20luz%20natural%20es%20una,%2C%20ventilaci%C3%B3n%20y%20aire%20acondicionado>
- De, M., Urbano, D., Cristóbal, V. A., Chica Martínez, L., Gustavo, A., Ordóñez, R., Lorena, A. J., & Zambrano, A. (n.d.). *Ing. Adrián David Sandoya Unamuno*.
- Domínguez, C., León, Á., Suárez, R., & Domínguez, A. (2022). Empirical and numerical analysis of an opaque ventilated facade with windows openings under mediterranean climate conditions. *Mathematics*, 10(1), 163. <https://doi.org/10.3390/math10010163>
- Fernández, M. (2017). *Iluminación Natural diseñada a través de la Arquitectura*. <https://core.ac.uk/download/pdf/157755786.pdf>
- Figueroa, A. (2020). *Luz natural y artificial en el espacio Arquitectónico*. <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/9771>
- G. A. D. Cuenca. (1998). *Reforma, actualización, complementación y codificación de la ordenanza que sanciona el plan de ordenamiento territorial del Cantón Cuenca*. Cuenca, Ecuador: Concejo Cantonal de Cuenca.
- Gaener. (2022). *Bioclimatismo*. <https://www.gaener.com/bioclimatismo/>

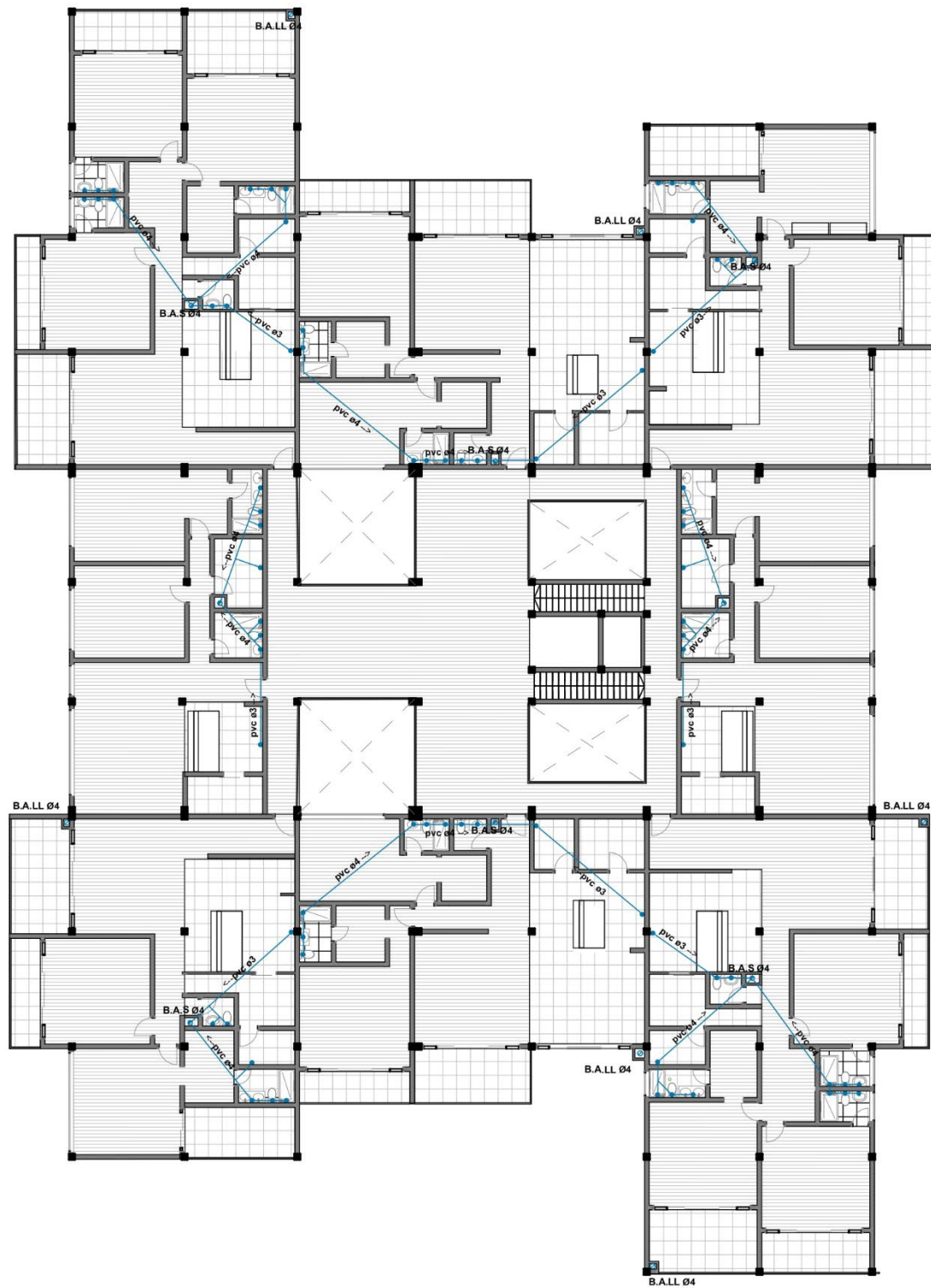
- Gago, E. J., Muneer, T., Knez, M., & Köster, H. (2015). Natural light controls and guides in buildings. Energy saving for electrical lighting, reduction of cooling load. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, 1–13. <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2014.08.002>
- García, A. (2021). *Proporción y distribución de aberturas*. <https://www.seiscubos.com/conocimiento/proporcion-y-distribucion-de-las-aberturas>
- Gassar, A. A. A., & Cha, S. H. (2022). Feasibility assessment of adopting distributed solar photovoltaics and phase change materials in multifamily residential buildings. *Sustainable Production and Consumption*, 29, 507–528. <https://doi.org/10.1016/J.SPC.2021.11.001>
- Gobierno Autónomo Descentralizado de Cuenca. (2022). *Normas de Arquitectura y Urbanismo*. <https://www.cuenca.gob.ec/sites/default/files/planificacion/dic2022/ANEXO%20%20NORMAS%20DE%20ARQUITECTURA%20Y%20URBANISMO.pdf>
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Cuenca. (2022). *Normas de arquitectura urbanística*. <https://www.cuenca.gob.ec/sites/default/files/planificacion/dic2022/ANEXO%20%20NORMAS%20DE%20ARQUITECTURA%20Y%20URBANISMO.pdf>
- Guillén, V., Quesada, F., López, M., & Serrano, A. (2024). Eficiencia energética en edificaciones residenciales. *Arquitectura y Urbanismo*, 7(4). <https://doi.org/10.18537/est.v004.n007.07>
- Harputlugil, T., & de Wilde, P. (2021). The interaction between humans and buildings for energy efficiency: A critical review. *Energy Research & Social Science*, 71, 101828. <https://doi.org/10.1016/J.ERSS.2020.101828>
- Hernández, L. (2021). *Importancia de la neuroarquitectura aplicada en la vivienda multifamiliar y en su entorno urbano*. <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/11287>
- IDAE. (2019). *Guía técnica para el aprovechamiento de la luz natural en la iluminación de edificios*. https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_10055_GT_aprovechamiento_luz_natural_05_ff12ae5a.pdf
- IDEAM. (2023). *Radiación solar*. <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/caracteristicas-de-la-radiacion-solar#:~:text=Radiaci%C3%B3n%20solar%20directa%3A%20Esta%20radiaci%C3%B3n,de%20la%20radiaci%C3%B3n%20solar%20directa.>
- ILUMINET. (2019). *¿Cómo lograr una buena iluminación urbana?* <https://iluminet.com/buena-iluminacion-urbana/>
- Imam, M. Z., & Akter, S. (2011). *Musa paradisiaca L . and Musa sapientum L . : A Phytochemical and Pharmacological Review*. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 1(5), 14–20.
- Kang, L., Gao, Y., Luo, H., Chen, Z., Du, J., & Zhang, Z. (2011). Nanoporous thermochromic VO₂ films with low optical constants, enhanced luminous transmittance and thermochromic properties. *ACS Applied Materials and Interfaces*, 3(2), 135–138. https://doi.org/10.1021/AM1011172/ASSET/IMAGES/MEDIUM/AM-2010-011172_0001.GIF
- Kumar, G., & Sarma, B. K. (2016). Eco-friendly Management of Soil-borne Plant Pathogens through Plant Growth-Promoting Rhizobacteria. *SATSA Mukhapatra - Annual Technical Issue*, 20, 167–171.
- Kurganov, A., & Petrova, G. (2019). *Ontwikkeling Standaard Stresstest Hitte*. https://support.tygron.com/wiki/Sky_view_factor_calculation_model_%28Heat_Overlay%29

- Magdiel, L. (2021). *Intervención en Centros Históricos: Perfilación de aristas y emboquillados en vanos de fachadas históricas*. <https://contrafuerte.com.mx/1575>
- Manzano-Agugliaro, F., Montoya, F. G., Sabio-Ortega, A., & García-Cruz, A. (2015). Review of bioclimatic architecture strategies for achieving thermal comfort. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 49, 736–755. <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2015.04.095>
- Martinez, S., Delgado, M. del M., Martinez Marin, R., Marchamalo, M., & Alvarez, S. (2022). Pre-construction quantification of embodied environmental impacts to promote sustainable construction projects: The case study of a diversion dam. *Journal of Environmental Management*, 314, 115061. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2022.115061>
- Melgar, M. (2021). *Estudio del efecto de la temperatura y el lugar de operación en la eficiencia energética de los paneles fotovoltaicos*. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/7375>
- Micha, E., Correa, F., Merino, G., & Osorio, O. (2022). *Arquitectura Panamericana*. <https://baq2022.arquitecturapanamericana.com/proyectos/heroes-227/>
- Mishra, J., Prakash, J., & Kumar Arora, N. (2016). Role of Beneficial Soil Microbes in Sustainable Agriculture and Environmental Management. *Climate Change and Environmental Sustainability*, 4(2), 137–149. <https://doi.org/10.5958/2320-642X.2016.00015.6>
- Mondragón, A. (2019). *Desarrollo de sistema de iluminación natural de bajo costo, aplicable a interiores con deficiente entrada de luz en vivienda unifamiliar*. <https://ri-ng.uaq.mx/handle/123456789/10233>
- Moralejo, R., Gobbo, D., & Cogliano, D. (2022). Hallazgo de un nuevo segmento de quapaq ñan. *Relaciones*, 47(1), 11-20. <https://doi.org/10.24215/18521479e028>
- Morán, L. (2023). *Diseño bioclimático. A favor de la eficiencia energética*. <https://ciencia.unam.mx/leer/1438/disenio-bioclimatico-a-favor-de-la-eficiencia-energetica>
- Nandal, M., & Hooda, R. (2013). Plant Growth Promoting Rhizobacteria: A review article. *International Journal of Current Research*, 5(12), 3863–3871.
- Nasab, S., & Teimourtash, S. (2023). Mejora del rendimiento de la luz natural de los pozos de luz residenciales en climas fríos y secos: optimización y análisis de sensibilidad. *Energía solar*, 264. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2023.112048>
- NEXT. (2018). *La importancia de la luz cenital en arquitectura*. <https://nextarquitectura.com/la-importancia-de-la-luz-cenital-en-arquitectura/>
- Norma Técnica Ecuatoriana. (2017). *NTE INEN 1152*. file:///C:/Users/USER/Downloads/ilide.info-norma-1152-pr_f1e6774acc9557478d1049b66e40ca89.pdf
- Ortiz, J., Astudillo, S., & Quesada, F. (2023). Spatial neighborhood sustainability assessment for urban planning, Cuenca, Ecuador. *Environmental and Sustainability Indicators*, 20, 100307. <https://doi.org/10.1016/J.INDIC.2023.100307>
- Pérez, Y. (2023). *Fundamentos para el diseño bioclimático*. https://www.researchgate.net/publication/376989211_Fundamentos_para_el_diseno_bioclimatico
- PODER DE LA NASA | *Predicción de los recursos energéticos mundiales*. (n.d.). Retrieved June 9, 2024, from <https://power.larc.nasa.gov/>

- Posada, L. F., Alvarez, J. C., Hu, C.-H., De Bashan, L., & Bashan, Y. (2016). Construction of probe of the plant growth-promoting bacteria *Bacillus subtilis* useful for fluorescence in situ hybridization. *Journal of Microbiological Methods*, 128, 125–129. <https://doi.org/10.1016/j.mimet.2016.05.029>
- Poz, K. (2017). *Pozos para Iluminación y Ventilación Natural*. <https://es.scribd.com/document/341139995/POZOS-PARA-ILUMINACION-Y-VENTILACION-NATURAL>
- Rafati, N., Hazbei, M., & Eicker, U. (2023). Louver configuration comparison in three Canadian cities utilizing NSGA-II. *Building and Environment*, 229, 109939. <https://doi.org/10.1016/J.BUILDENV.2022.109939>
- Rodríguez, S. (2021). *Qué son la proporción y la escala en la arquitectura y por qué son tan importantes*. <https://www.admagazine.com/arquitectura/que-son-la-proporcion-y-escala-en-la-arquitectura-20200922-7473-articulos>
- SECOM. (2022). *Aprovechamiento de la luz natural*. <https://blog.secom.es/aprovechamiento-de-la-luz-natural-en-la-iluminacion-de-edificios/>
- Sharifi, A. (2019). Resiliencia de las formas urbanas: un análisis a mesoescala. *Ciudades*, 93, 238-252. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.05.010>
- Shove, E. (2018). What is wrong with energy efficiency? *Building Research & Information*, 46(7), 779-789. <https://doi.org/10.1080/09613218.2017.1361746>
- Simonelectric. (2020). *Sistemas de control de iluminación: edificios sostenibles y alumbrado inteligente*. <https://www.simonelectric.com/blog/sistemas-de-control-de-iluminacion-edificios-sostenibles-y-alumbrado-inteligente>
- Slowstudio. (2022). *9 Principios de la arquitectura bioclimática*. <https://www.slowstudio.es/research/9-principios-de-la-arquitectura-bioclimatica>
- Stephan, A., & Athanassiadis, A. (2018). Towards a more circular construction sector: Estimating and spatialising current and future non-structural material replacement flows to maintain urban building stocks. *Resources, Conservation and Recycling*, 129, 248–262. <https://doi.org/10.1016/J.RESCONREC.2017.09.022>
- Subramaniam, S., Hoffmann, S., Thyageswaran, S., & Ward, G. (2022). Calculation of View Factors for Building Simulations with an Open-Source Raytracing Tool. *Applied Sciences* 2022, Vol. 12, Page 2768, 12(6), 2768. <https://doi.org/10.3390/APP12062768>
- Técnica Superior Arquitectura De Barcelona, E. DE, Gestión Y Valoración Urbana Y, L. DE, & Danilo Cárdenas Zamora, I. (2019). *UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CATALUÑA*.
- Toro, E. (2022). *Fundamentos de la arquitectura bioclimática*. <https://blog.deltoroantunez.com/2022/03/fundamentos-arquitectura-bioclimatica.html>
- Torres, M. (2019). *Técnicas de iluminación y ventilación para el aprovechamiento de ventilación cruzada e iluminación cenital en viviendas de Tarapoto*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/56368>
- Torres-Quezada, J., Torres Avilés, A., Isalgue, A., & Pages-Ramon, A. (2022). The evolution of embodied energy in andean residential buildings. Methodology applied to Cuenca-Ecuador. *Energy and Buildings*, 259, 111858. <https://doi.org/10.1016/J.ENBUILD.2022.111858>
- UNAM. (2018). *Geometría Solar para Arquitectos*. https://repositorio-uapa.cuaieed.unam.mx/repositorio/moodle/pluginfile.php/2835/mod_resource/content/1/UAPA-Geometria-Solar-Arquitectos/index.html

- Watanabe, M., Veen, S. Van Der, Nakajima, H., & Abee, T. (2012). Effect of respiration and manganese on oxidative stress resistance of *Lactobacillus plantarum*. *Microbiology* (2012), 158, 293–300. <https://doi.org/10.1099/mic.0.051250-0>
- Wongwan, K. (2018). *Escuela Ratchut / Design in Motion*. <https://www.archdaily.cl/cl/898157/escuela-ratchut-design-in-motion>
- Yantas, D., & Zavala, Y. (2023). *Estrategias bioclimáticas para la eficiencia energética en edificios multifamiliares de La Victoria*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/127768>
- Zain-Ahmed, A., Sopian, K., Othman, M. Y. H., Sayigh, A. A. M., & Surendran, P. N. (2002). Daylighting as a passive solar design strategy in tropical buildings: a case study of Malaysia. *Energy Conversion and Management*, 43(13), 1725–1736. [https://doi.org/10.1016/S0196-8904\(01\)00007-3](https://doi.org/10.1016/S0196-8904(01)00007-3)
- Zhen, M., Du, Y., Hong, F., & Bian, G. (2019). Simulation analysis of natural lighting of residential buildings in Xi'an, China. *Science of The Total Environment*, 690, 197–208. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2019.06.353>
- Zhou, Y. (2023). Climate change adaptation with energy resilience in energy districts—A state-of-the-art review. *Energy and Buildings*, 279, 112649. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.112649>
- Zoure, A. N., & Genovese, P. V. (2023). Implementing natural ventilation and daylighting strategies for thermal comfort and energy efficiency in office buildings in Burkina Faso. *Energy Reports*, 9, 3319–3342. <https://doi.org/10.1016/J.EGYR.2023.02.0>

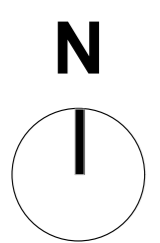
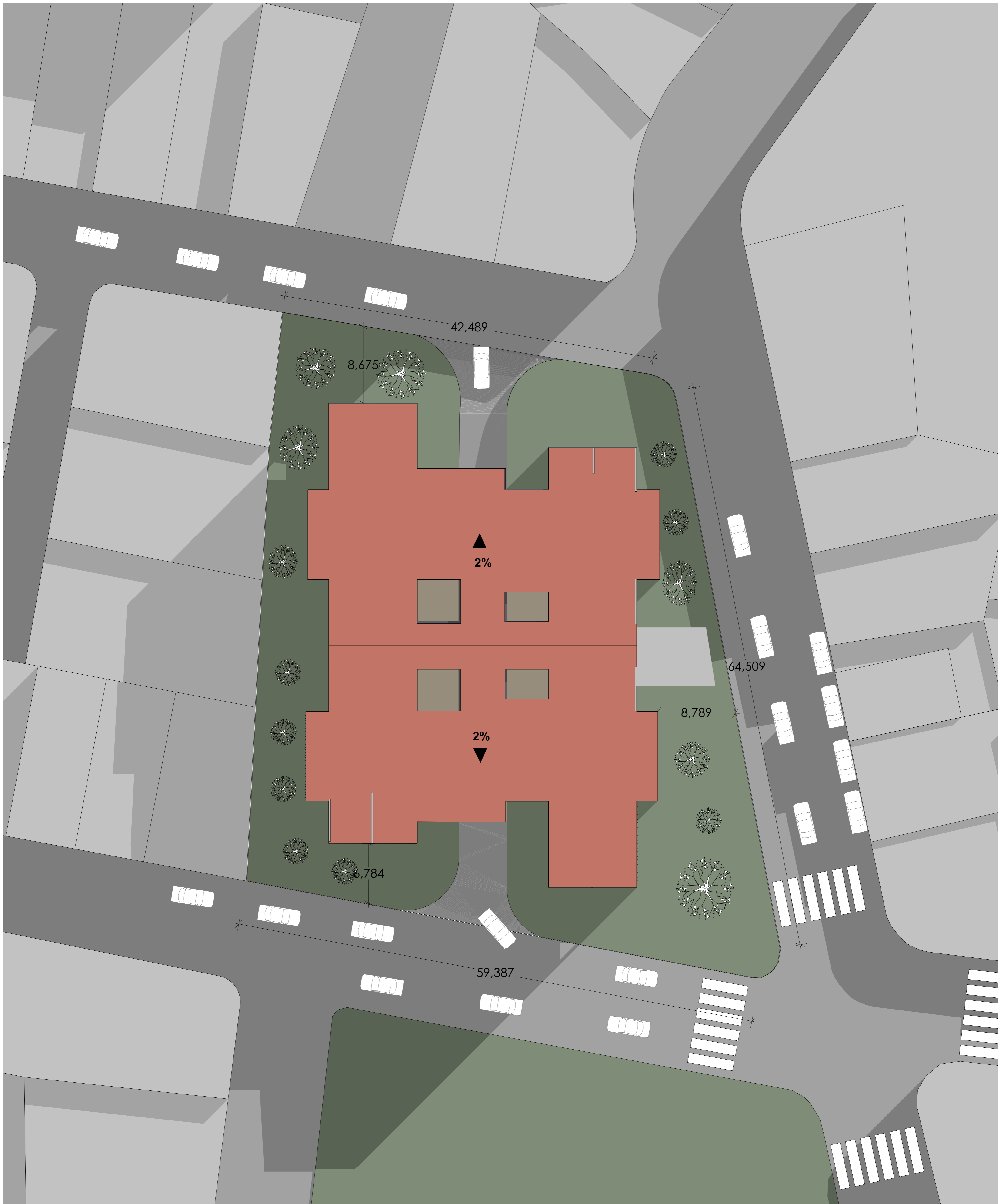
ANEXOS



1.

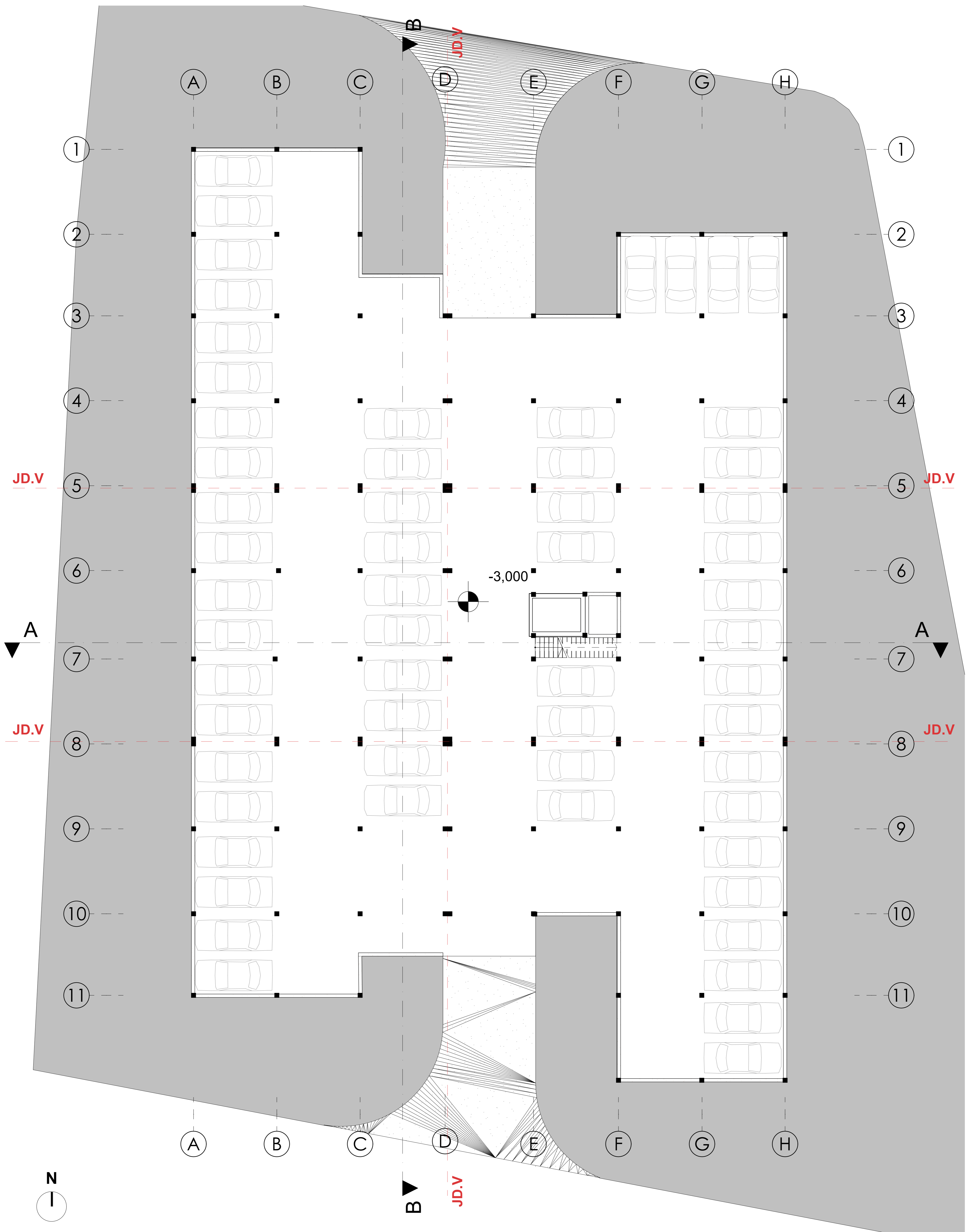
PLANO DUCTOS

1:300

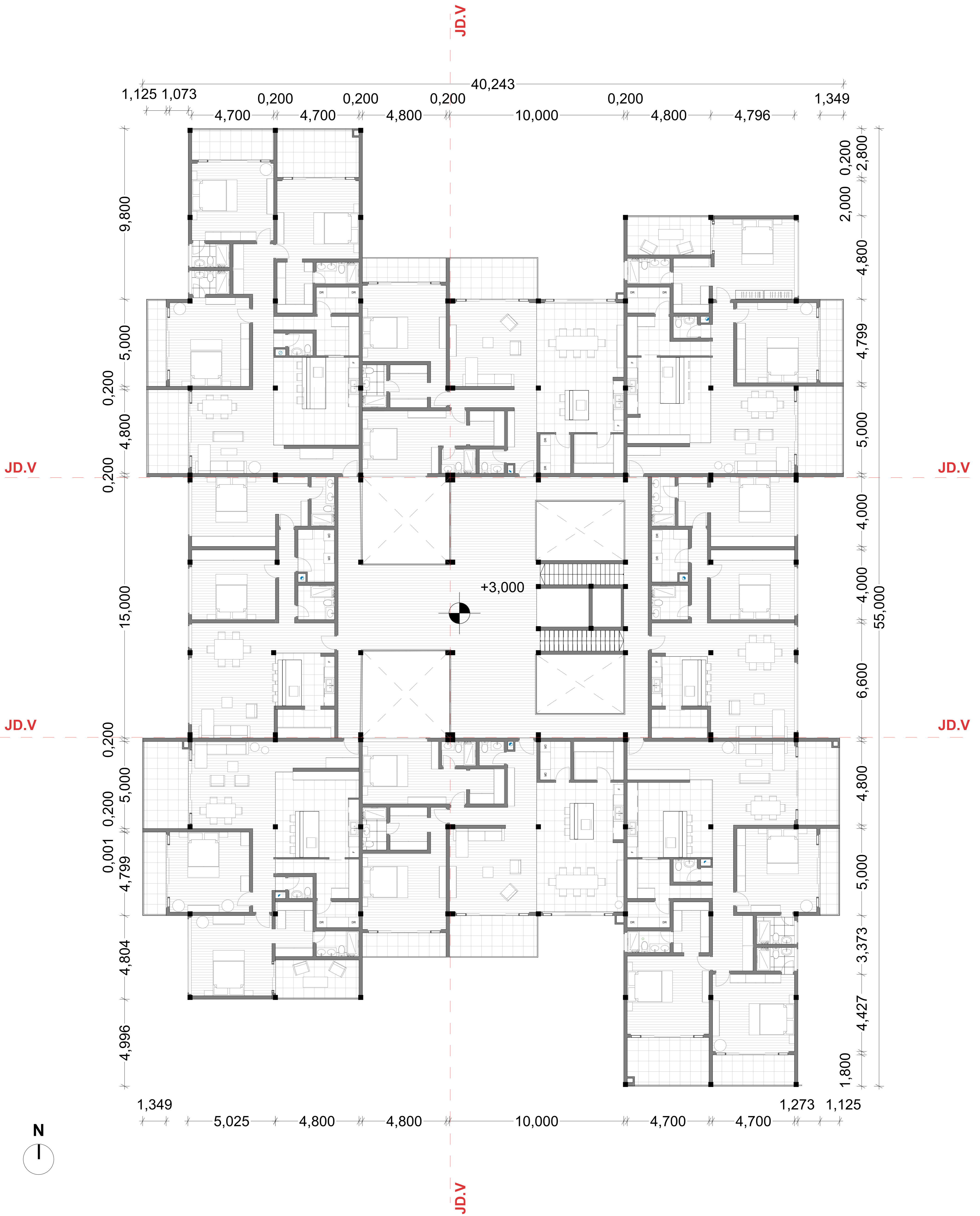


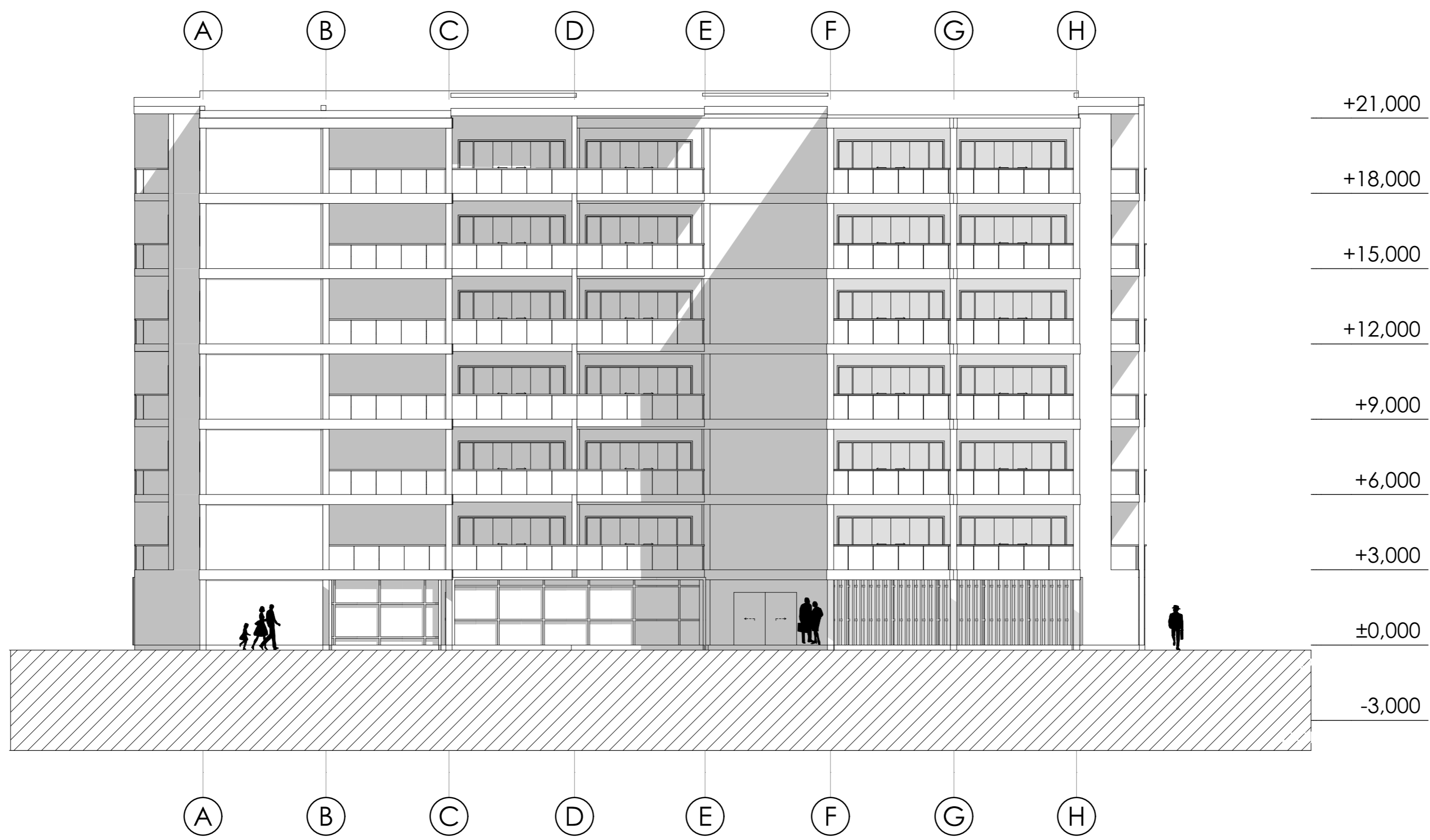
EMPLAZAMIENTO

1:200









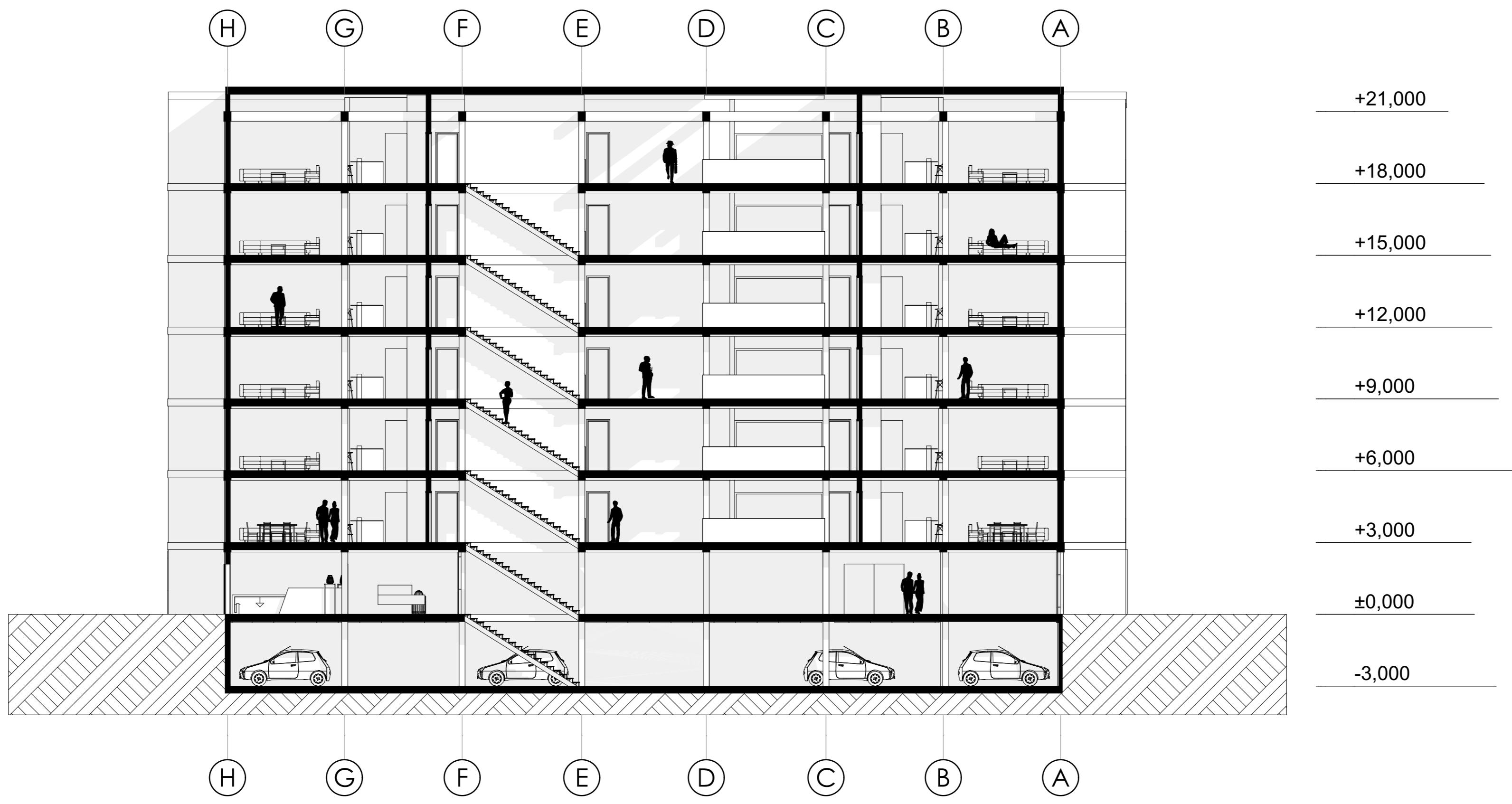
ELEVACIÓN SUR

1:150



ELEVACIÓN ESTE

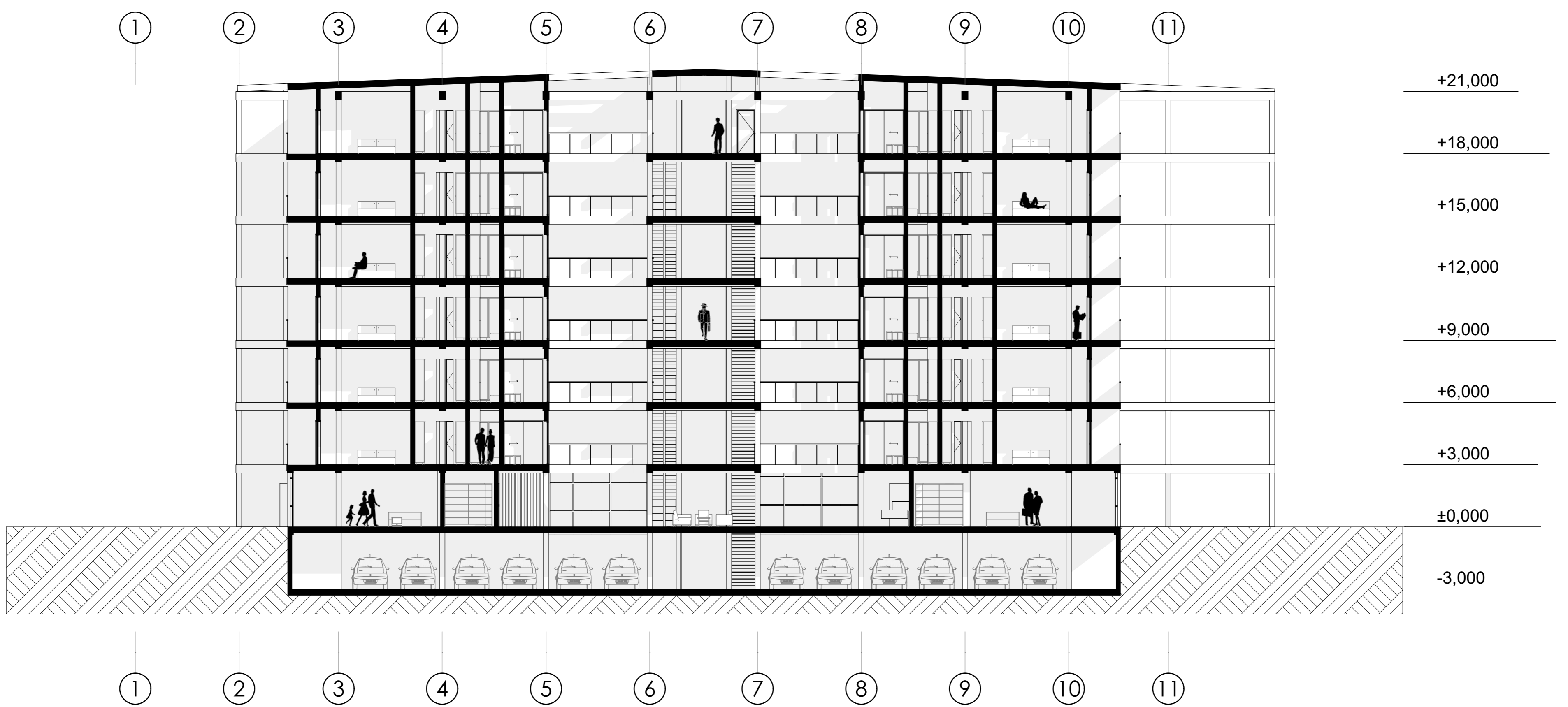
1:150



A

SECCIÓN A-A

1:150



B

SECCIÓN B-B

1:150

AUTORIZACION DE PUBLICACION EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Nosotros, **Andy Paul Morales Jara** y **Elvis Alexander Peñaranda Peñaranda** portadores de las cédulas de ciudadanía N.º 0105810212 y 0150765782. En calidad de autores y titulares de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación **“Anteproyecto de vivienda multifamiliar aplicando estrategias bioclimáticas para disminuir el consumo energético de iluminación artificial, en la ciudad de Cuenca-Ecuador”** de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconocemos a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizamos a la Universidad para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 24 de octubre de 2024

F: 
.....

Andy Paul Morales Jara
0105810212

F: 
.....

Elvis Alexander Peñaranda Peñaranda
0150765782