

Integración de patios en altura a viviendas masivas de la ciudad de Montería para la optimización del
desempeño térmico y lumínico

María José Coronado Taboada, ✉ mariajosecoronadota@gmail.com

Proyecto presentado para optar al título de Magíster en Bioclimática

Asesores: Lucas Arango Díaz, Magíster (MSc) en Arquitectura y Urbanismo
Alejandro Naranjo Gaviria, Magíster (MSc) en Arquitectura y Urbanismo



Universidad de San Buenaventura Colombia

Facultad de Artes Integradas

Maestría en Bioclimática

Bello, Colombia

2019

Citar/How to cite (Coronado, 2019)

Referencia/Reference Coronado, M. J. (2019). *Integración de patios en altura a viviendas masivas de la ciudad de Montería para la optimización del desempeño térmico y lumínico*. (Tesis Maestría en Bioclimática). Universidad de San Buenaventura Colombia, Facultad de Artes Integradas, Bello.

Estilo/Style:
APA 6th ed. (2010)



Maestría en Bioclimática, Cohorte II.

Bibliotecas Universidad de San Buenaventura



Biblioteca Digital (Repositorio)
<http://bibliotecadigital.usb.edu.co>

- Biblioteca Fray Alberto Monte Alegre OFM- Bogotá
- Biblioteca Fray Arturo Calle Restrepo OFM - Medellín, Bello, Armenia, Ibagué.
- Departamento de Biblioteca - Cali.
- Biblioteca Central Fray Antonio de Marchena – Cartagena.

Universidad de San Buenaventura Colombia

Universidad de San Buenaventura Colombia - <http://www.usb.edu.co/>
Bogotá - <http://www.usbbog.edu.co>
Medellín - <http://www.usbmed.edu.co>
Cali - <http://www.usbcali.edu.co>
Cartagena - <http://www.usbctg.edu.co>
Editorial Bonaventuriana - <http://www.editorialbonaventuriana.usb.edu.co/>
Revistas - <http://revistas.usb.edu.co/>

Dedicatoria

A mis padres Juan José y María Claudia, quienes soñaron este título conmigo desde niña y me ayudaron hacerlo realidad.

Agradecimientos

Agradezco primeramente a Dios, que es mi guía y fortaleza.

Agradezco a mis tutores Lucas Arango y Alejandro Naranjo por su constante orientación y apoyo, así como también agradezco a cada uno de los profesores y compañeros presentes en las clases de taller que aportaron ideas y su valiosa opinión al crecimiento de mi proyecto de grado.

Por último, agradezco a Luz Angélica Tavera, a Julio Hernández y a mi hermana Maria Andrea por su colaboración y ayuda en la redacción y organización de datos.

Tabla de Contenido

Resumen	17
Introducción	19
Justificación	21
Patio	24
Patio en Altura	26
Patio en altura y Balcón Diferencias y semejanzas	27
Objetivo general	30
Objetivos específicos	30
CAPÍTULO 1	32
1 Contexto y caracterización climática	32
1.1 Localización	33
1.2 Caracterización climática	34
1.2.1 Temperaturas promedio y humedad relativa (HR).	35
1.2.2 Precipitación.	36
1.2.3 Vientos.	37
1.2.4 Radiación.	40
1.3 Análisis de estrategias bioclimáticas	41
1.4 Estrategias potenciales	46
1.4.1 Ventilación cruzada.	46
1.4.2 Sombreamiento.	47
1.4.3 Árboles y vegetación.	48

1.4.4 Superficies de alta reflectividad.	49
CAPÍTULO 2	51
2 Metodología	51
2.1 Métodos de investigación	52
3 Análisis de referentes tipológicos	59
3.1 Tipos de Patio Tradicional	60
<input type="checkbox"/> Patio central:	60
<input type="checkbox"/> Patio Lecorbusieriano:	61
<input type="checkbox"/> Patio intermedio:	62
<input type="checkbox"/> Casa de Medio Patio:	62
<input type="checkbox"/> Patios como separadores de áreas internas:	63
3.2 Tipologías de Patios en Altura	64
<input type="checkbox"/> Inmueble-Villa	64
Le Corbusier (1922):	64
<input type="checkbox"/> Viviendas en Bilbao	66
Soriano / Palacios (1996):	66
<input type="checkbox"/> Nido de Abeja, Marruecos	66
Candilis y Woods (1952)	66
<input type="checkbox"/> Patrick Gmür - Jakob Steib	67
Complejo residencial en Zúrich (2006):	67
<input type="checkbox"/> 82 viviendas en Carabanchel	68
Amann, Cánovas, Maruri (2006):	68

□ “De Peus a Terra”, Barcelona	70
UNTERCIO y Miel Arquitectos (2015)	70
□ Cantiere/ Open Living, Medellín	71
M + GRUP (2017):	71
3.3 Selección de Tipologías de Patio en Altura	72
3.3.1 Patio en altura a dos fachadas	73
□ Potencial Bioclimático	73
□ Constantes de diseño	73
3.3.2 Patio LeCorbusieriano	74
3.3.3 Patio Central en Altura	75
CAPÍTULO 4	77
4 Diseño y caracterización	77
4.1 Análisis de tipologías edilicias en Montería	78
4.1.1 Caracterización.	79
4.2 Diseño de Caso Base	80
4.2.1 Zonificación de vivienda Caso Base.	81
4.3 Inserción de Patios en Altura a Planta Arquitectónica de Caso Base	83
4.3.1 Patio en Altura a Dos Fachadas (TIPO 1).	84
4.3.2 Patio LeCorbusieriano (TIPO 2).	86
4.3.3 Patio Central en Altura (TIPO 3).	88
4.4 Planta Piloto de Edificio Caso Base para simulación	90
CAPÍTULO 5	94

5	Resultados, evaluación y selección	94
5.1	Simulaciones	95
5.1.1	Simulación Térmica.	95
5.1.2	Simulación Lumínica.	97
5.2	Consideraciones para el análisis de resultados	98
5.3	Resultados de simulación sin aplicación de estrategia de sombreado	99
5.3.1	UDI (300-300 Lux)	105
5.3.2	Grados hora de Enfriamiento vs UDI (300-3000 lux).	113
5.4	Resultados de simulación con aplicación de elementos de sombreado	121
5.4.1	Horas de Confort	123
5.4.3	Grados hora de Enfriamiento vs UDI (300-3000 lux).	135
5.5	Evaluación	142
5.5.1	Evaluación de simulación 2 (Aplicación de estrategia de sombreado).	143
	CAPÍTULO 6	146
6	Conclusiones previas	146
	CAPÍTULO 7	150
7	Diseño final	150
	Patio Central en Altura	150
7.1	Aplicación de estrategias potenciales	151
7.1.1	Diseño de Patio	151
7.1.2	Diseño general de vivienda con Patio Central.	152
7.1.3	Diseño general de vivienda sin patio.	155

CAPÍTULO 8	166
8 Simulaciones Finales	166
8.1 Descripción del móndelo de simulación	167
8.1.1 Propiedades térmicas de la fachada vegetal	168
8.2 Resultado final del porcentaje de horas de confort térmico anual.	169
8.3 Resultado final de grados hora de enfriamiento	176
Conclusiones Metodológicas	182
Referencias	183

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1. Patio en el Caribe. Fuente: Autor.....	23
Ilustración 2. Patio en el caribe. Fuente: Autor	23
Ilustración 3. Patio en altura, (Inmueble Villa, Le Corbusier). Fuente: Autor	25
Ilustración 4. Cuadro comparativo Patio vs Balcón. Fuente: Autor (Imágenes: Libro, Patios en Altura, Folga 2012)	28
Ilustración 5. Apropiación del Patio en Altura. Fuente: Autor	29
Ilustración 6. Vista desde un Patio en Altura. Fuente: Autor	31
Ilustración 7. Localización, Ciudad de Montería.....	33
Ilustración 8. Cuadro Sinóptico de estrategias bioclimáticas para viviendas con patio en el clima cálido - húmedo.....	45
Ilustración 9. Ventilación cruzada. Fuente: viviendaverde.wordpress.com	46
Ilustración 10. Fachada con elementos de sombreado. Fuente: Edificio Byeji, bahía de Luanda.	47
Ilustración 11. Fachada ajardinada. Fuente: Universidad FPT. Vo Trong Nghai Architects, Vietnam. ..	48
Ilustración 12. Superficies de muros color blanco.....	49
Ilustración 13. Boceto Patio Lecorbusieriano. Fuente: Autor.....	50
Ilustración 14. Mapa conceptual de metodología	57
Ilustración 15. Boceto Patio a dos Fachadas. Fuente: Autor	58
Ilustración 16. Casa de patio central Fuente: "Pentti Ahola: La reinención del patio", Jorge Torres	60
Ilustración 17. Vistas (render) de la Villa Savoye, Le Corbusier. Fuente: http://www.theholk.com/le-corbusier-casa.html	61

Ilustración 18. Fotografía interna de patio en altura. Fuente: Villa Savoye, Le Corbusier	61
Ilustración 19. Plano y vista interior, Casa de patio intermedio. Fuente: Obregón - Valenzuela. Variaciones sobre el “vacío”. María Pia Fontana	62
Ilustración 20. Viviendas de medio patio. Fuente: Artículo "Rehabilitación Ambiental de la Tipología de Medio Patio. 2006.”	63
Ilustración 21. Casa con patios para una agrupación. Robert Gordon y Serge Chermayeff. Fuente: Alguna Casas con Patios de S.Chemayeff. y A. Siza.	63
Ilustración 22. Inmueble Villa, Le Corbusier 1922. Fuente: Patio en Altura, una indagación gráfica. Alejandro Folga. 2012	65
Ilustración 23. Plano arquitectónico e isometría. Fuente: Patio en Altura, una indagación gráfica. Alejandro Folga. 2012	66
Ilustración 24. Plano arquitectónico, sección y fotografía. Nido de Abeja. Candilis y Woods FUENTE: Patio en Altura, una indagación gráfica. Alejandro Folga. 2012.....	67
Ilustración 25. Fotografías. Complejo residencial en Zúrich. Patrick Gmür - Jakob Steib. Fuente: Patio en Altura, una indagación gráfica. Alejandro Folga. 2012	68
Ilustración 26. Proyecto 82 Viviendas en Carabanchel. 2009.	69
Ilustración 27. Planta arquitectónica y fachadas, proyecto “De Peus a Terra”, Barcelona UNTERCIO y Miel Arquitectos (2015).....	70
Ilustración 28. Imágenes proyecto de vivienda Cantiere Open Living. M+GRUP.2017	71
Ilustración 29. Esquema de caracterización Patio a dos fachadas. Fuente: Autor	73
Ilustración 30. Esquema de caracterización Patio Lecorbusieriano. Fuente: Autor	74
Ilustración 31. Esquema de caracterización Patio Central. Fuente: Autor	75

Ilustración 32. Boceto patio central. Fuente: Autor	76
Ilustración 33. Despiece volumétrico de apartamento Caso Base	81
Ilustración 34. Diseño Caso Base. (Plano arquitectónico, corte y fachada).	82
Ilustración 35. Despiece volumétrico de apartamento Tipo 1	84
Ilustración 36. Diseño de Tipología 1 (Plano arquitectónico, corte y fachada).....	85
Ilustración 37. Despiece volumétrico apartamento Tipo 2.	86
Ilustración 38. Diseño de Tipología 2 (Plano arquitectónico, corte y fachada).....	87
Ilustración 39. Despiece volumétrico de apartamento Tipo 3.	88
Ilustración 40. Diseño de tipología 3 (plano arquitectónico, corte y fachada)	89
Ilustración 41. Planta piloto del Caso Base para simulación. Fuente: Autor	90
Ilustración 42. Planta piloto de Tipo 1 para simulación. Fuente: Autor	91
Ilustración 43. Planta piloto de tipo 2 para simulación. Fuente: Autor	91
Ilustración 44. Planta piloto de Tipo 3 para simulación. Fuente: Autor	92
Ilustración 45. Plano	92
Ilustración 46. Agrupación de células de Patio en Altura. Fuente: Autor	93
Ilustración 47. Composición de muro y propiedades térmicas	97
Ilustración 48. Diagrama solar de la ciudad de Montería y transportador de sombras con marcación de ángulo de 40°.	121
Ilustración 49. Infiltración solar en un ángulo de 40° para cada tipología y diagrama solar y de sombra en cada orientación.	122
Ilustración 50. Boceto Patio Central. Fuente: Autor.....	145
Ilustración 51. Boceto, Diseño final.	149

Ilustración 52. Planta arquitectónica de Patio central, con aplicación de otras estrategias potenciales.	152
Ilustración 53. Sección de fachada, aplicación de elementos de protección.	153
Ilustración 54. Plano arquitectónico pisos 3-5-7 y 9.	154
Ilustración 55. Plana arquitectónica de balcón, vivienda de tipología sin patio	155
Ilustración 56. Plano arquitectónico pisos 2-4-6-8 y 10.	156
Ilustración 57. Fachada Sur.	157
Ilustración 58. Fachada Este.	158
Ilustración 59. Fachada Oeste.	158
Ilustración 60. Vista de fachada Sur (Acceso).	159
Ilustración 61. Vista de fachada Oeste (zonas Comunes).	160
Ilustración 62. Fachada Este.	161
Ilustración 63. Vista lateral de fachada Sur	162
Ilustración 64. Vista interior del Patio Central. Desde el exterior de la vivienda.	163
Ilustración 65. Vista interior del Patio Central. Desde el interior de la vivienda	164
Ilustración 66. Boceto, vista del patio desde el exterior.	165

Índice de Tablas

Tabla 1. Velocidad promedio y Dirección de vientos mensual en Montería.....	38
Tabla 2. Listado de referentes edilicios analizados en Montería. Fuente: Autor.....	78
Tabla 3. Tabla de áreas para el diseño del caso base. Fuente: Autor.....	80
Tabla 4. Tabla comparativa de porcentaje de horas de ocupación UDI para cada tipología en los diferentes pisos de la orientación Norte.....	106
Tabla 5. Tabla comparativa de porcentaje de horas de ocupación UDI para cada tipología en los diferentes pisos de la orientación Sur.....	108
Tabla 6. Tabla comparativa de porcentaje de horas de ocupación UDI para cada tipología en los diferentes pisos de la orientación Este.....	110
Tabla 7. Tabla comparativa de porcentaje de horas de ocupación UDI para cada tipología en los diferentes pisos de la orientación Oeste.....	112
Tabla 8. Tabla comparativa de porcentaje de horas de ocupación UDI para cada tipología en los diferentes pisos de la orientación Norte. (Estrategia de sombreado).....	128
Tabla 9. Tabla comparativa de porcentaje de horas de ocupación UDI para cada tipología en los diferentes pisos de la orientación Sur. (Estrategia de sombreado).....	130
Tabla 10. Tabla comparativa de porcentaje de horas de ocupación UDI para cada tipología en los diferentes pisos de la orientación Este. (Estrategia de sombreado).....	132
Tabla 11. Tabla comparativa de porcentaje de horas de ocupación UDI para cada tipología en los diferentes pisos de la orientación Oeste. (Estrategia de sombreado).....	134
Tabla 12. Tabla de puntuación para selección de la tipología más óptima térmica y lumínicamente....	144
Tabla 13. Propiedades térmicas de la fachada con vegetación.....	168

Índice de Gráficos

Gráfico 1. Carta psicrométrica de Montería, según método ASHRAE 55.2010 de confort adaptativo. Fuente: software Climate Consultant.....	34
Gráfico 2. Gráfico comparativo de Temperatura promedio vs HR, adaptado con datos del IDEAM (1981-2010). Fuente: Autor	35
Gráfico 3. Gráfico comparativo de precipitación vs Temperatura promedio, adaptado con datos del IDEAM (1981-2010). Fuente: Autor.	36
Gráfico 4. Grafico comparativo de precipitación vs HR, adaptado con datos del IDEAM (1981-2010). Fuente: Autor	37
Gráfico 5. Rosa de vientos de Montería, adaptada con datos del IDEMA. Fuente: Autor.....	37
Gráfico 6. Gráfico comparativo vientos vs temperatura promedio, adaptado con datos del IDEAM (1981-2010) Fuente. Autor	38
Gráfico 7. Gráfico comparativo viento vs precipitación, adaptado con datos del IDEAM (1981-2010). Fuente: Autor.	39
Gráfico 8. Gráfico comparativo viento vs HR, adaptado con datos del IDEAM (1981-2010). Fuente: Autor.	39
Gráfico 9. Gráfico comparativo horas de sol vs temperatura promedio, adaptado con datos del IDEAM (1981-2010). Fuente: Autor.	40
Gráfico 10. Radiación y horas de sol, adaptado con datos del IDEAM. Fuente: Autor	40
Gráfico 11. Gráfico explicativo para análisis de porcentaje de horas de confort térmico.	99
Gráfico 12. Gráfico de resultado, porcentaje de horas de confort térmico en la orientación Norte.	100
Gráfico 13. Gráfico de resultado, porcentaje de horas de confort térmico en la orientación Sur.	100

Gráfico 14. Gráfico de resultado, porcentaje de horas de confort térmico en la orientación Este.	101
Gráfico 15. Gráfico de resultado, porcentaje de horas de confort térmico en la orientación Oeste.	101
Gráfico 16. Gráfico descriptivo para el análisis de porcentajes de horas de confort térmico.....	113
Gráfico 17. Gráfico comparativo de resultados de porcentaje UDI y grados hora de enfriamiento para la orientación Norte.	114
Gráfico 18. Gráfico comparativo de resultados de porcentaje UDI y grados hora de enfriamiento para la orientación Sur.	115
Gráfico 19. Gráfico comparativo de resultados de porcentaje UDI y grados hora de enfriamiento para la orientación Este.....	116
Gráfico 20. Gráfico de resultado, porcentaje de horas de confort térmico en la orientación Norte. (Con estrategia de sombreado).....	123
Gráfico 21. Gráfico de resultado, porcentaje de horas de confort térmico en la orientación Sur. (Con estrategia de sombreado).....	123
Gráfico 22. Gráfico de resultado, porcentaje de horas de confort térmico en la orientación Este. (Con estrategia de sombreado).....	124
Gráfico 23. Gráfico de resultado, porcentaje de horas de confort térmico en la orientación Oeste. (Con estrategia de sombreado).....	124
Gráfico 24. Gráfico comparativo de resultados de porcentaje UDI y grados hora de enfriamiento para la orientación Norte. (Con estrategia de sombreado).	135
Gráfico 25. Gráfico comparativo de resultados de porcentaje UDI y grados hora de enfriamiento para la orientación Sur. (Con estrategia de sombreado).	136

Gráfico 26. Gráfico comparativo de resultados de porcentaje UDI y grados hora de enfriamiento para la orientación Este. (Con estrategia de sombreado).....	137
Gráfico 27. Gráfico comparativo de resultados de porcentaje UDI y grados hora de enfriamiento para la orientación Oeste. (Con estrategia de sombreado).	138
Gráfico 28. Guía de análisis gráfico de resultados, simulación del Diseño Final. Porcentaje horas de confort térmico anual.	169
Gráfico 29. Gráfico comparativo de resultados de la simulación del Diseño Final del área de Patio vs el Piloto de Patio central (% de horas de confort térmico anual).	170
Gráfico 30. Gráfico comparativo de resultados de la simulación del Diseño Final del área de Comedor vs el Piloto de Patio central (% de horas de confort térmico anual).....	172
Gráfico 31. Gráfico comparativo de resultados de la simulación del Diseño Final del área de Alcoba vs el Piloto de Patio central (% de horas de confort térmico anual).....	174
Gráfico 32. Guía de análisis gráfico de resultados, simulación del Diseño Final. Grados hora de enfriamiento.	176
Gráfico 33. Gráfico comparativo de resultados de la simulación del Diseño Final del área de Patio vs el Piloto de Patio central (Grados hora de enfriamiento).....	177
Gráfico 34. Gráfico comparativo de resultados de la simulación del Diseño Final del área de Comedor vs el Piloto de Patio central (Grados hora de enfriamiento).	179
Gráfico 35. Gráfico comparativo de resultados de la simulación del Diseño Final del área de Alcoba vs el Piloto de Patio central (Grados hora de enfriamiento).....	180

Resumen

El objetivo de este proyecto de profundización fue optimizar el desempeño térmico y lumínico de las viviendas masivas de la ciudad de Montería a través de la introducción de patios en altura. Para ello, se realizó la caracterización arquitectónica de los edificios multifamiliares de la ciudad de Montería y de diversas tipologías de patios en altura, planteando con ello un Caso base y tres propuestas de viviendas con patio en altura.

Para el análisis bioclimático se realizaron simulaciones térmicas y lumínicas del Caso Base y de los tipos propuestos de vivienda con Patio en altura. Basado en los resultados obtenidos se seleccionó una tipología para el desarrollo de un diseño final de vivienda masiva que incorporó patios en altura y otras estrategias bioclimáticas para la optimización de un edificio en clima cálido - húmedo.

En el diseño final se logró incrementar las horas de confort térmico del área de patio en un promedio de 35% anual y disminuir la cantidad de grados hora de enfriamiento un 40%.

Keywords: Patio en Altura, Confort Adaptativo, Desempeño Térmico, Desempeño Lumínico, Vivienda Masiva, Clima Cálido-Húmedo.

Abstract

The main objective of this project work is to enhance the thermal and light performance of the massive housing in Monteria city through the introduction of courtyards in height. For this purpose, an architectural characterization of the multi-family buildings of the city of Monteria and different types of courtyards in height was carried out, thus proposing a Base Case and three proposals for housing with courtyards in height.

Moreover, thermal and light simulations of the Base Case and the proposed types of housing with courtyards in height were carried out for the bioclimatic analysis. Based on the results obtained, a typology was selected for the development of a final design of massive housing which incorporated courtyards in height and other bioclimatic strategies for the optimization of a building in hot - humid weather.

In the final design, it was possible to increase the thermal comfort hours of the courtyard area by an average of 35% per year and to reduce the number of hours of cooling by 40%.

Keywords: Courtyard in Height, Adaptive Comfort, Thermal Performance, Light Performance, Massive Housing, Hot and Humid Weather.

Introducción

El siguiente libro presenta el resumen paso a paso del trabajo de grado titulado “Integración de Patios en Altura a Viviendas Masivas de la Ciudad de Montería Para la Optimización del Desempeño Térmico y Lumínico”, el cual, parte del interés de comprobar una hipótesis que considera que los patios al ser integrados a viviendas en altura pueden contribuir a la optimización del comportamiento térmico y lumínico de un apartamento en climas cálido-húmedo como el de la ciudad de Montería.

El interés por el desarrollo de esta temática que propone un espacio semejante a un patio en las alturas, surge a partir de dos razones: la primera es de vivencias personales que precisan la forma cómo cultural y socialmente se entiende el patio en la ciudad de Montería, vivencias que se asociaron posteriormente a la temática de bioclimática durante el desarrollo de la maestría; y la segunda está asociada con las diversas afirmaciones encontradas sobre los beneficios y contribuciones de los patios al comportamiento térmico y lumínico de la parte interna de las edificaciones, desde las primeras civilizaciones hasta el hoy.

El trabajo surge a partir de la comprensión del concepto de patio en altura, una propuesta de le Corbusier “Inmuebles Villa” que rescata muchas características de los patios tradicionales para elevarlas e insertarlas en cada célula de vivienda en altura. Para ello se hizo una caracterización de tipologías de viviendas, a partir de un análisis referencial que buscaba entender y considerar rasgos de los patios en alturas y también de los edificios multifamiliares construidos en la ciudad.

Posteriormente, y a través de simulaciones en los softwares DesignBuilder y DIVA for Rhino se determinó su contribución bioclimática a las viviendas.

A partir de la caracterización, se determinó un diseño de caso base que introducía y respetaba rasgos propios de las edificaciones en Montería, consolidando tres tipologías de patio en altura, que fueron integradas al caso base para su comparación, evaluación y calificación, teniendo en cuenta la contribución de cada uno en la mejora del componente Térmico y lumínico.

Por último, el proyecto de grado desarrolla el diseño de un edificio de viviendas para la ciudad, teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la evaluación de cada tipología de patio en altura, la facilidad constructiva, las características de patio y el preservar en lo posible el tipo de construcciones predominantes de la ciudad.

Probablemente el mayor aporte de esta investigación será la propuesta de un nuevo tipo de apartamento, que contribuirá a la optimización bioclimática de los espacios internos como alcobas y comedor, sin incurrir en el aumento de áreas construidas que puedan reflejarse en incrementos económicos, y que, además, rescate el aporte cultural del elemento patio.

Justificación

Montería, como ciudad intermedia, se desarrolló con una densidad edificatoria de uno, dos y tres pisos, pero en la última década la ciudad ha experimentado un crecimiento acelerado, que al igual que en el resto del país ha llevado a la masiva construcción de viviendas en altura, para el caso de Montería, no por la falta de suelo urbano edificable como ocurre en ciudades como Medellín y Bogotá, sino, por el costo elevado del mismo.

Sin embargo, la incorporación de estas tipologías de vivienda puede representar no sólo una minimización del espacio habitable, sino también, un retroceso en las estrategias bioclimáticas ya adoptadas y acomodadas al entorno, entre ellas la pérdida del elemento patio, que se entiende en la región desde lo social y cultura como el espacio de reunión y socialización con mayor confort térmico, y desde lo bioclimático como fuente de iluminación y ventilación.

Este proyecto analiza la conveniencia de insertar patios a las viviendas en altura de la ciudad, con el objetivo de optimizar su comportamiento térmico y lumínico, adoptando el concepto de Patio en Altura que hace referencia a un espacio jerárquico de la vivienda, que, en lugar de abrirse cenitalmente como el patio tradicional, lo hace hacia el horizonte generando un espacio social en fachada.

La construcción de viviendas en altura en Colombia y sus ciudades principales o intermedias como Montería, es protagonizada por el factor económico, el cual deja de lado agentes asociados como: el clima, orientación

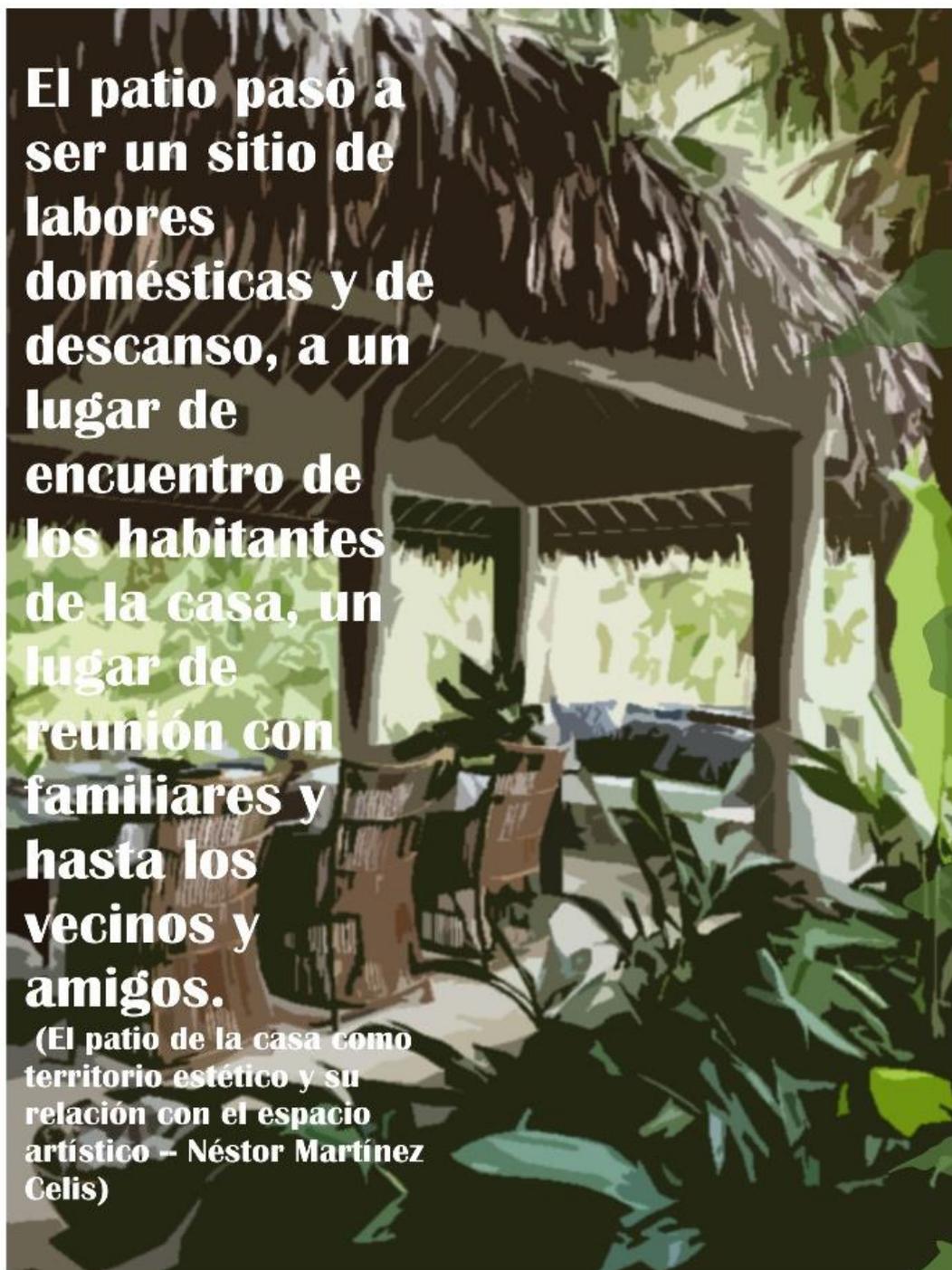
de las edificaciones, las formas de habitar la vivienda, los factores ambientales, incluso los arquitectos y la arquitectura bioclimática ocupan un papel secundario.

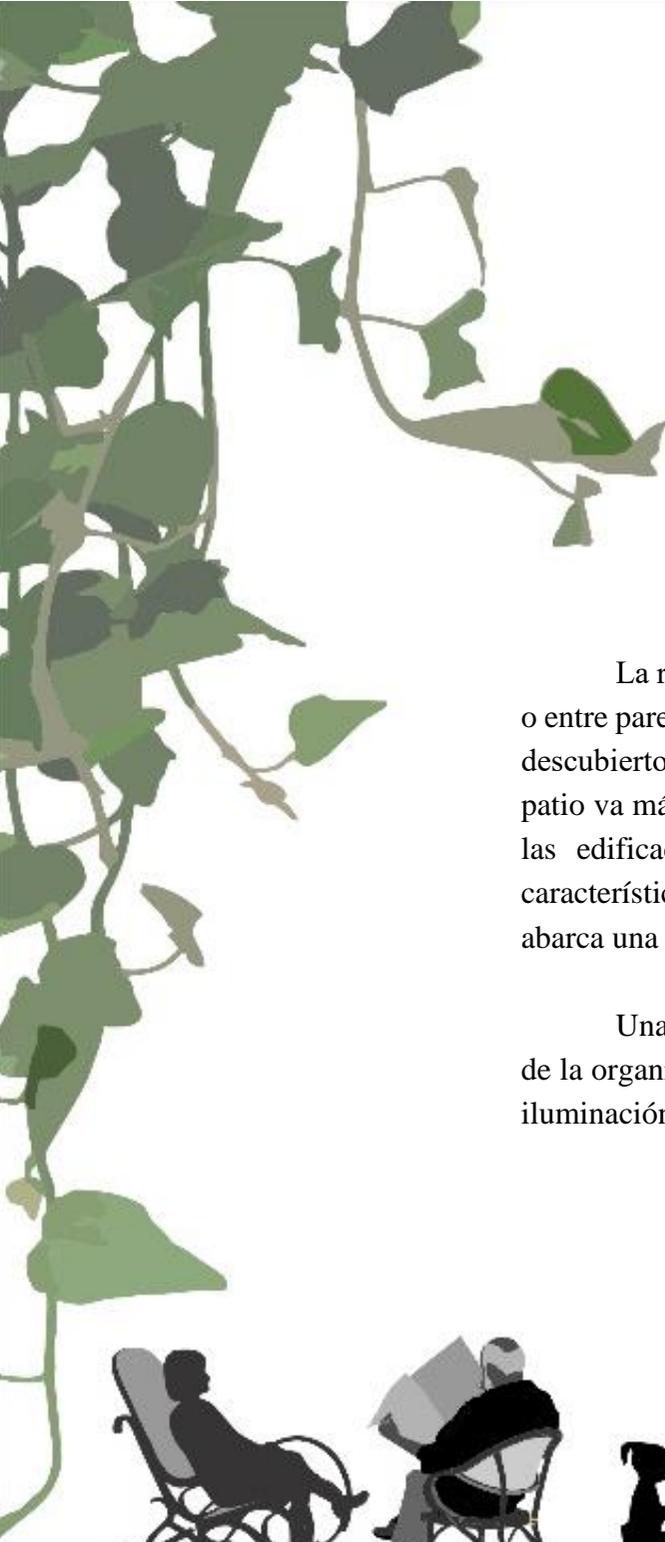
Por todo lo anterior, el proyecto parte de una hipótesis a través de la cual se pretende demostrar que: “los patios optimizan el comportamiento térmico y lumínico de las viviendas”, con la intención de generar para la ciudad un nuevo tipo de apartamento que privilegie, lo bioclimático y sostenible, el confort térmico y lumínico, a través de la recuperación del espacio patio y la aplicación de otras estrategias bioclimáticas que impulsen la consolidación de un diseño óptimo térmica y lumínicamente.

El patio pasó a ser un sitio de labores domésticas y de descanso, a un lugar de encuentro de los habitantes de la casa, un lugar de reunión con familiares y hasta los vecinos y amigos.

(El patio de la casa como territorio estético y su relación con el espacio artístico -- Néstor Martínez Celis)

Ilustración 1. Patio en el Caribe. Fuente: Autor





Patio

La real academia española define el patio como un “espacio cerrado o entre paredes o galerías, que en las casas y otros edificios se suele dejar al descubierto” (Real Academia Española, 2018). Sin embargo, el concepto de patio va más allá, el patio es un arquetipo cuyo nacimiento está asociado a las edificaciones y construcciones de los climas cálidos y soleados característicos de las civilizaciones antiguas. Es un espacio versátil que abarca una diversidad de usos, formas, tamaños y estilos diferentes.

Una tipología de patio exige que este sea el elemento protagonista de la organización de la edificación, de la relación exterior, interior y de la iluminación y ventilación interior.



“Podemos definir el Patio en Altura como un volumen vacío que en lugar de abrirse al cielo lo hace hacia el horizonte.”

(Folga, 2012, p.06)



*Ilustración 3. Patio en altura,
(Inmueble Villa, Le Corbusier).
Fuente: Autor*



Patio en Altura

El concepto de patio en altura proviene de una propuesta teórica que plantea le Corbusier en 1922, los inmuebles-villa. “La casa-patio iniciaba con ello una nueva y atractiva aventura, constituir una colectividad vertical, al llevar los suelos de los patios hacia los cielos y vistas infinitas” (Capitel, 2005).

Los patios en altura generan una nueva tipología, desde el concepto tradicional de patio en las viviendas urbanas, que renueva la interpretación de la vivienda en altura añadiendo un espacio exterior doméstico propio de cada vivienda apilada. Por lo tanto, el proyecto entiende el concepto de patio no como aquel “espacio cerrado o entre paredes o galerías, que en las casas y otros edificios se suele dejar al descubierto” (Real Academia Española, 2018), sino que toma solo algunos atributos, generando “un volumen vacío que en lugar de abrirse cenitalmente lo hace hacia el horizonte, un patio en la fachada” (Folga, 2012).



Patio en altura y Balcón Diferencias y semejanzas

El concepto de Patio en Altura puede presentar similitud y despertar confusión con el concepto de balcón empleado en las viviendas masivas, sin embargo, presenta características propias que permiten reconocer diferencias significativas claves para su reconocimiento, tales como:

1. El espacio de patio debe ser independiente de la vivienda y a la vez complementarse con el espacio interior, generando una clara relación de interior, exterior (Ver Ilustración 4, recuadro 1).

2. Debe garantizar la prolongación del espacio interior hacia el espacio exterior a través de puertas corredizas o plegables (Ver Ilustración 4, recuadro 2).

3. Espacio protagonista y estructurador de la vivienda (Ver Ilustración 4, recuadro 3).

4. La apertura del patio en altura deja de ser cenital a ser en fachada, por lo tanto, la doble altura se hace obligatoria con el objetivo de garantizar vista hacia el cielo (Ver Ilustración 4, recuadro 4).

5. Debe ser un espacio amoblado y cumplir funciones domésticas propias de cualquier habitación de la vivienda (Ver Ilustración 4, recuadro 5).

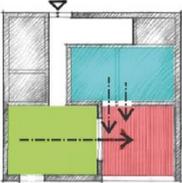
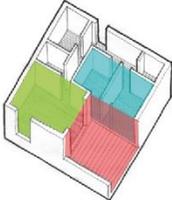
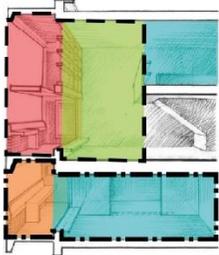
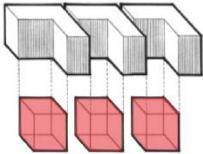
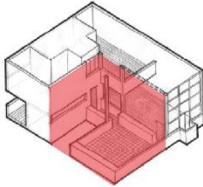
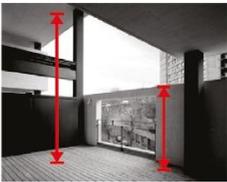
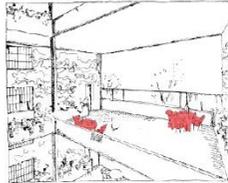
<p style="font-size: 48px; text-align: center;">1</p>  <p>- Comunicación de espacios. Planta arquitectónica, Soriano - Palacios / Viviendas en Bilbao.</p>  <p>- Isometría, Soriano - Palacios / Viviendas en Bilbao</p>	<p style="font-size: 48px; text-align: center;">2</p>  <p>- Patio y balcón, Fracción de fachada. Inmueble-Villa, Le Corbusier</p>  <p>- Sección patio y balcón. Unidad de Marsella, Le Corbusier.</p>	<p style="font-size: 48px; text-align: center;">3</p>  <p>- planta en L, Inmueble-Villa, Le Corbusier</p>  <p>- Isometría. Inmueble-Villa, Le Corbusier</p>	<p style="font-size: 48px; text-align: center;">4</p>  <p>- fotografía, vista desde el interior hacia el patio. Patrick Gmur - Jakob Steib, complejo residencial en Zurich</p>  <p>- Doble altura. Patrick Gmur - Jakob Steib, complejo residencial en Zurich.</p>	<p style="font-size: 48px; text-align: center;">5</p>  <p>- Boceto vista interna de patio en altura. Inmueble-Villa, Le Corbusier.</p>  <p>- Planta arquitectónica amoblada. Cantiere Open Living, M+GRUP.</p>
---	--	--	---	---

Ilustración 4. Cuadro comparativo Patio vs Balcón. Fuente: Autor (Imágenes: Libro, Patios en Altura, Folga 2012)

La idea básica del patio consiste en conformar un recinto protegido del exterior donde sea posible controlar el clima, creando un microclima diferenciado, regular y diariamente cíclico, del que se beneficia la

vivienda. (Justificación de los invariantes climáticos de la arquitectura popular española – M.F. Soria Fernández, R. Carabaño Rodríguez)

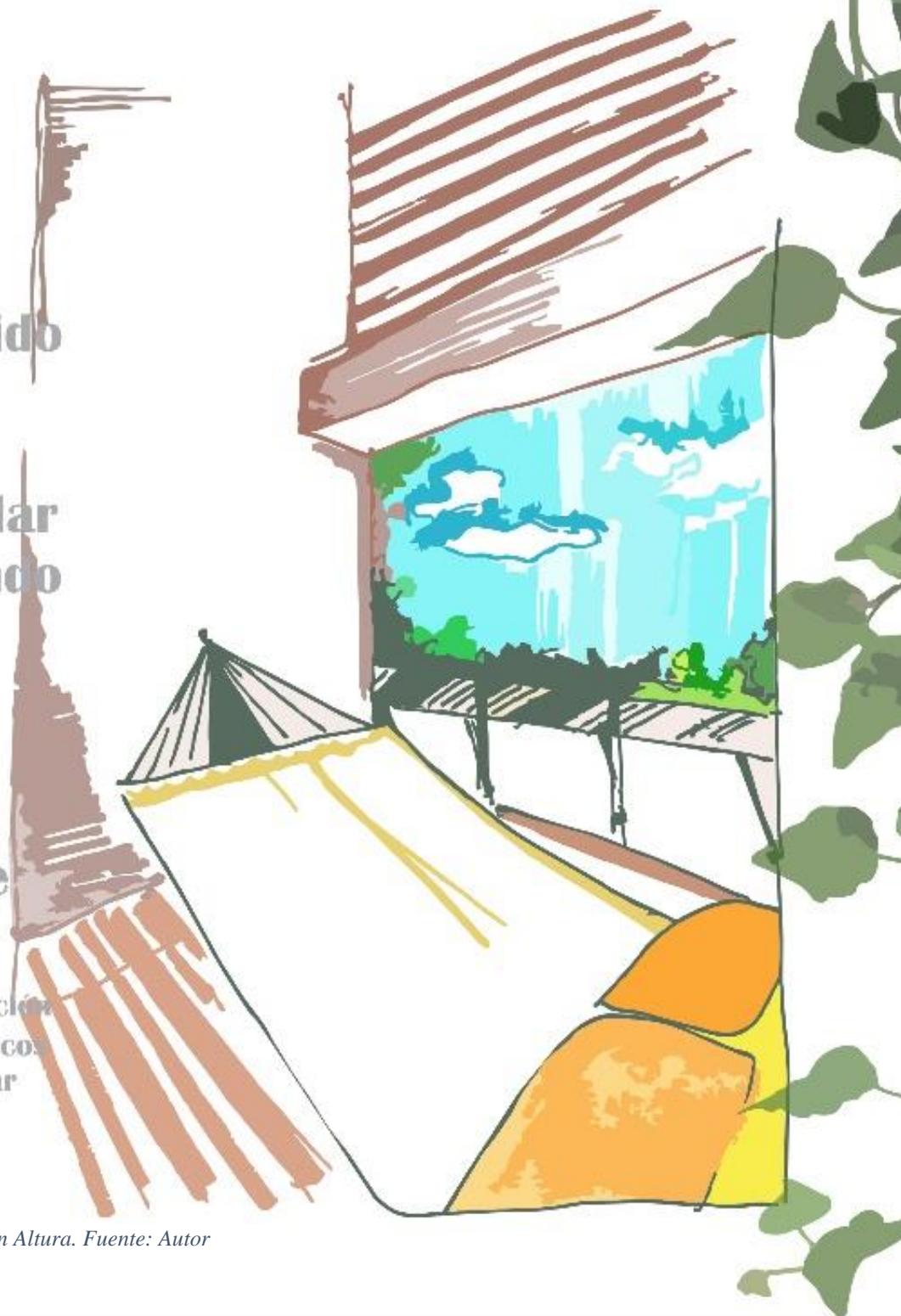


Ilustración 5. Apropiación del Patio en Altura. Fuente: Autor

Objetivos

Objetivo general

El objetivo general de este trabajo de grado en modalidad de profundización consistió en optimizar el desempeño térmico y lumínico a través de la introducción de patios en altura en viviendas masivas de la ciudad de Montería.

Objetivos específicos

- Identificar el desempeño térmico y lumínico de prototipos de unidades de vivienda masiva en la ciudad de Montería, diseñada a partir del análisis de tipologías edilicias existentes.
- Caracterizar el desempeño térmico y lumínico de unidades de vivienda masiva localizada en la ciudad de Montería a través de la incorporación de patios en altura.
- Calificar el desempeño térmico y lumínico de cada tipología de patios en la vivienda prototipo.
- Diseñar un edificio de viviendas que incorpore patios que optimicen el comportamiento térmico y lumínico de cada vivienda.





*Ilustración 6. Vista desde un
Patio en Altura. Fuente: Autor*

**“En el caribe Colombiano el patio
paso a ser una porción de la
naturaleza dentro de la casa y sobre
todo en las casas populares una
prolongación del paisaje natural”
(Martínez, 2013, p. 57)**

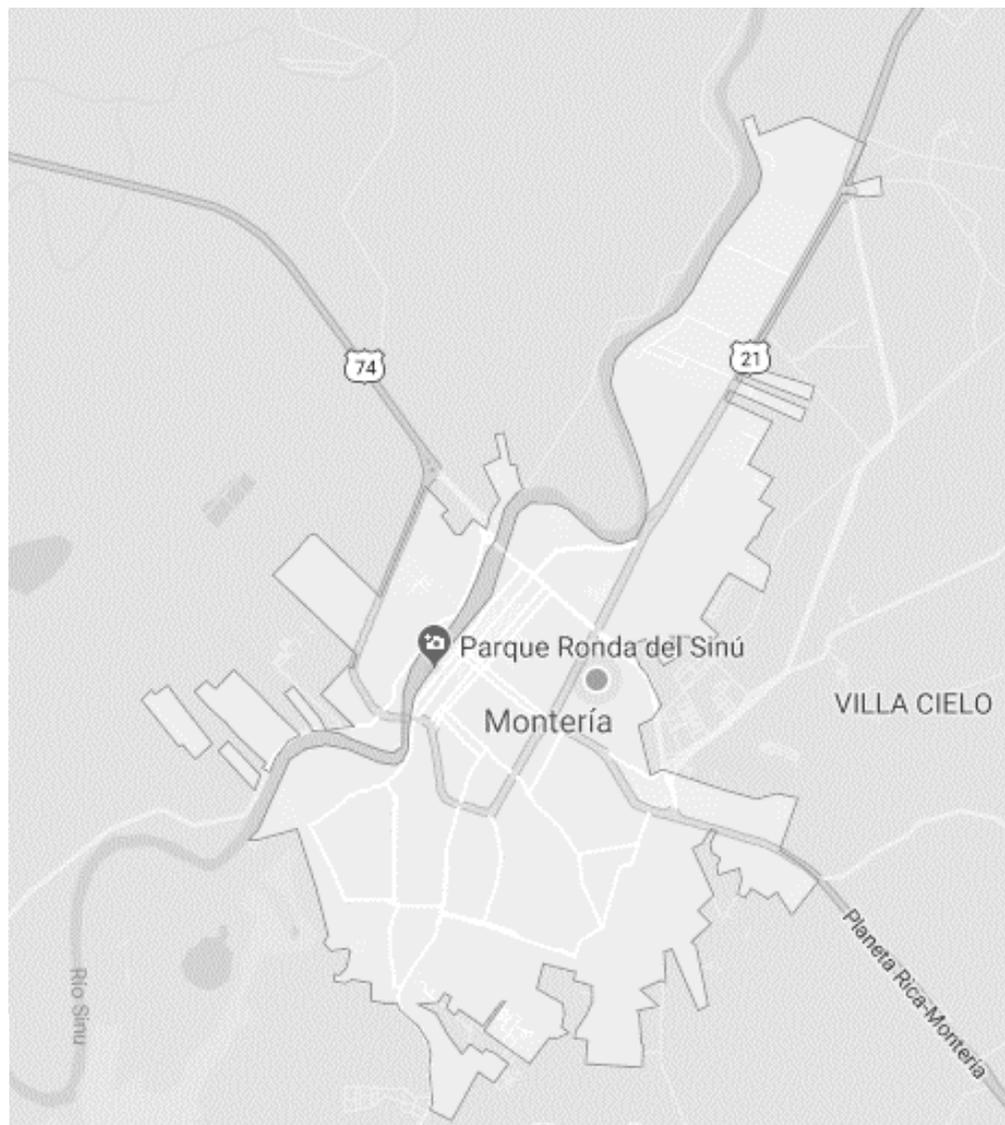
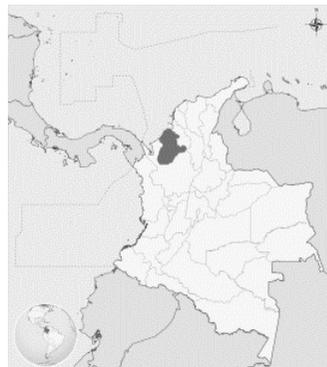
CAPÍTULO 1

1 Contexto y caracterización climática

El proyecto se desarrolló en el contexto geográfico y climático de la ciudad de Montería, por lo tanto en este capítulo se presenta el análisis de sus características climáticas teniendo en cuenta variables como la temperatura, humedad relativa, viento, precipitación y radiación. También se muestra un análisis bibliográfico de investigaciones sobre el comportamiento de viviendas con patio en climas cálido-húmedo, resaltando las estrategias encontradas y aplicadas para su optimización. Finalmente, como resultado de la suma de ambos análisis se establecen las estrategias potenciales para ser aplicadas en los patios en altura de la ciudad de Montería.



1.1 Localización



*Ilustración 7.
Localización, Ciudad de
Montería*

1.2 Caracterización climática

Montería es la capital del departamento de Córdoba, se ubica a 8.75° latitud Norte y 75,88° de longitud Oeste, a orillas del Río Sinú, y con una altitud de 19msnm. El clima según la clasificación de Köppen se denomina como Aw (Tropical), es decir, aquel que se da entre la zona del ecuador y los desiertos cálidos (entre 10 y 25° de latitud Norte y Sur).

La ciudad presenta una temperatura promedio anual de 28°C, y según el método ASHRAE 55-2010 de confort adaptativo establece una zona de confort entre los 24.9°C y los 28.9°C, la zona puede ser observada en la tabla psicrométrica (Grafico 1), que a su vez resalta las estrategias de ventilación, deshumidificación y Sombreamiento para el clima cálido húmedo de Montería.

A través del cruce de variables se analizaron las relaciones y se compararon los comportamientos de la temperatura, humedad, precipitación, vientos y radiación.

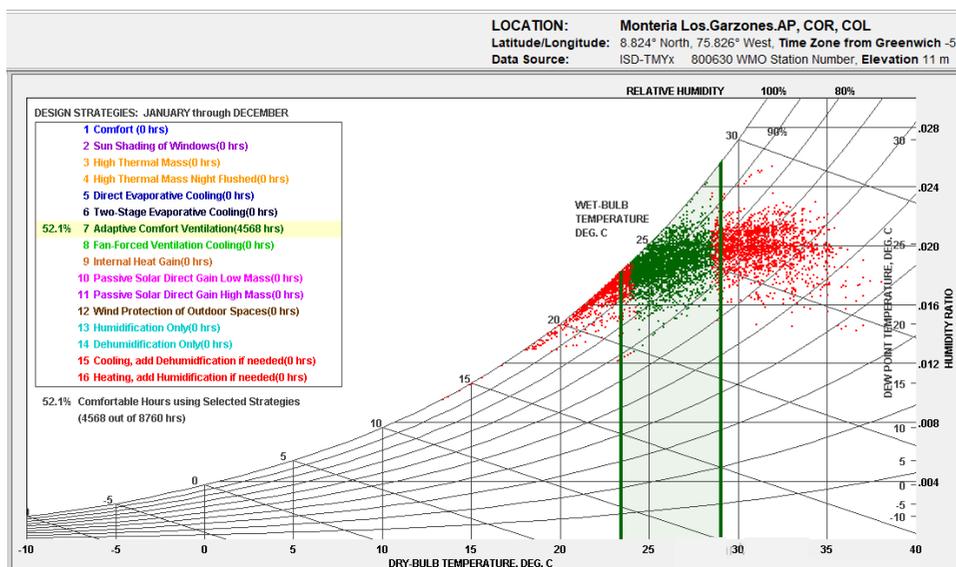


Gráfico 1. Carta psicrométrica de Montería, según método ASHRAE 55.2010 de confort adaptativo. Fuente: software Climate Consultant.

1.2.1 Temperaturas promedio y humedad relativa (HR).

El gráfico 2, muestra el comportamiento de la temperatura en Montería, se evidencia que es predominantemente alta durante todo el año, alcanzando picos de 34 °C o más en horas del día, en especial durante los meses de enero, febrero, marzo y abril, disminuyendo alrededor de 1.1 grados a partir del mes de mayo, lo que denota que la temperatura no es muy fluctuante durante el año.

En cuanto a la humedad relativa (HR) promedio, se observa alrededor del 76%, durante los meses de mayor temperatura y presenta un aumento que sobrepasa un promedio del 80% tal como se observa en la gráfica, a partir, del mes de abril.

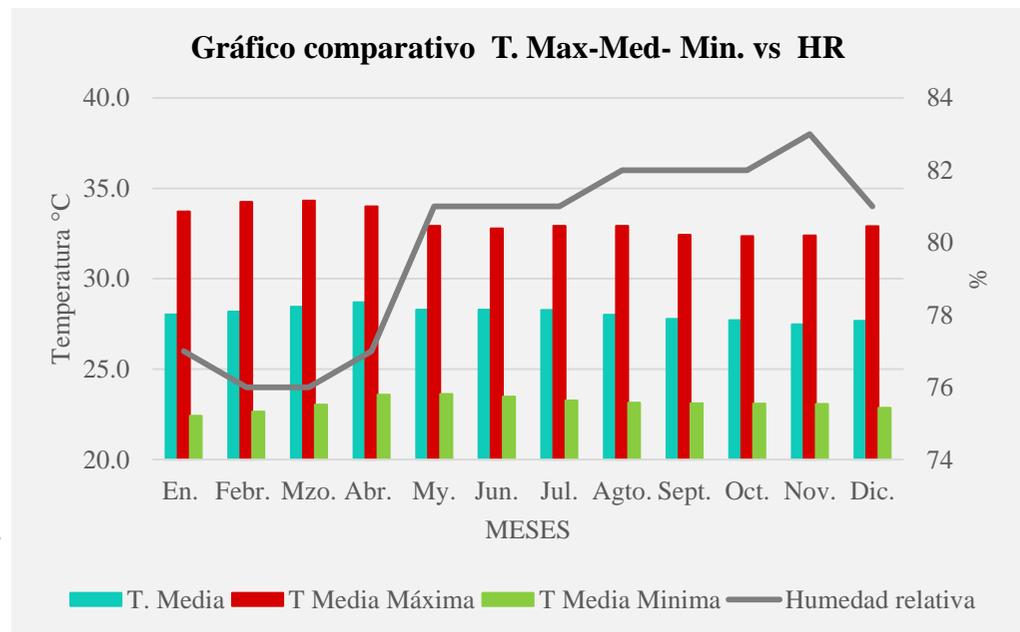


Gráfico 2. Gráfico comparativo de Temperatura promedio vs HR, adaptado con datos del IDEAM (1981-2010).
Fuente: Autor

1.2.2 Precipitación.

La precipitación promedio anual es de 1282mm al año. Con el análisis de precipitación se reconocen dos periodos climáticos en la ciudad, lluvias y sequías, siendo el periodo de lluvias el de mayor prolongación, iniciando como se observa en el gráfico 3, en el mes de abril y presentando disminución en el mes de diciembre. Las lluvias alcanzan en su mes más lluvioso los 206 mm.

Al cruzar la variable de precipitación con la temperatura en el gráfico 3, podemos observar que con el inicio de las lluvias se presenta una disminución en la temperatura, aunque esta, no es superior a 1°C. El gráfico 4 muestra el comportamiento directamente proporcional de la humedad relativa frente a la precipitación.

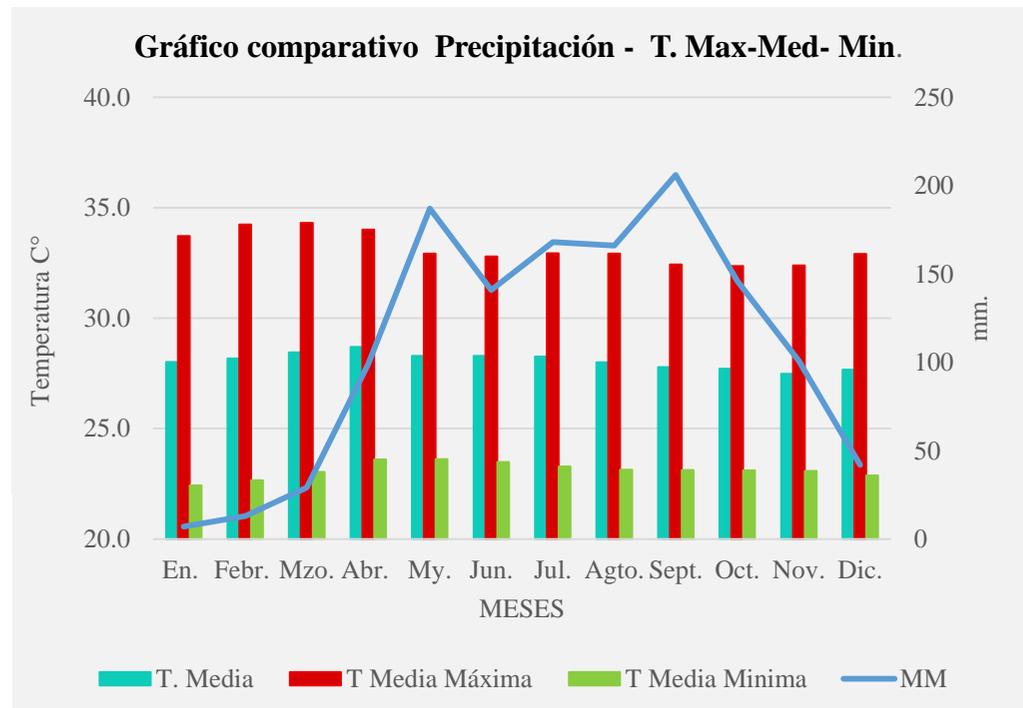
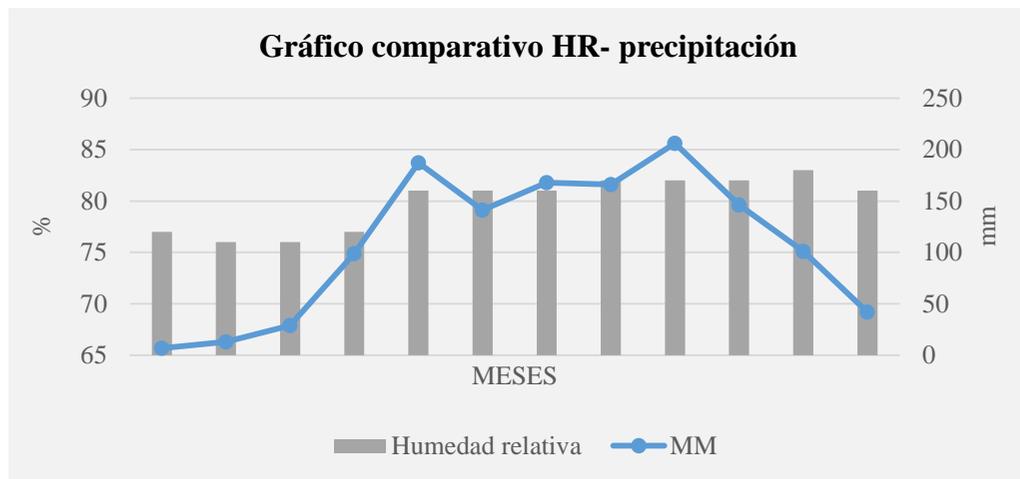


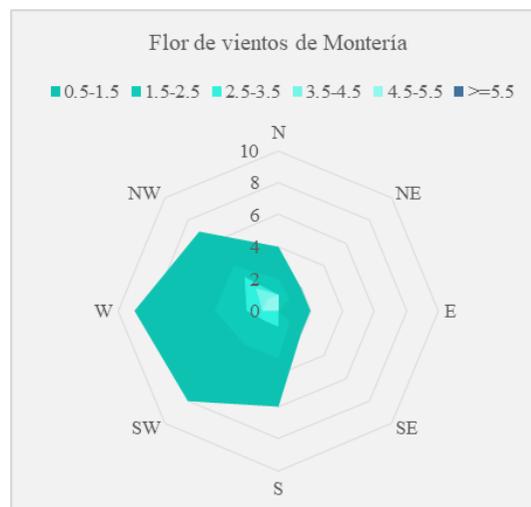
Gráfico 3. Gráfico comparativo de precipitación vs Temperatura promedio, adaptado con datos del IDEAM (1981-2010).
Fuente: Autor.

Gráfico 4. Grafico comparativo de precipitación vs HR, adaptado con datos del IDEAM (1981-2010).
Fuente: Autor



1.2.3 Vientos.

Gráfico 5. Rosa de vientos de Montería, adaptada con datos del IDEAM. Fuente: Autor



El viento como se observa en el grafico 5 presenta una dirección predominante de occidente a oriente, alcanzando durante los meses de enero, febrero y marzo su velocidad máxima de 1.9m/s.

El grafico 7 que cruza las variables viento y precipitación permite relacionar las direcciones de viento mensual con la cantidad de lluvias registradas en promedio durante esos meses.

Tabla 1. Velocidad promedio y Dirección de vientos mensual en Montería

	En.	Febr.	Mzo.	Abr.	My.	Jun.	Jul.	Agto.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
MM	7	13	29	99	187	141	168	166	206	146	101	42
Dirección de Vientos	↘	↓	↘	↘	→	→	→	↘	↘	↘	↘	↓

En el grafico 6 se puede observar que el comportamiento de la temperatura con respecto a los vientos es directamente proporcional, presentándose así, mayores temperaturas en los meses de mayor presencia de vientos; por el contrario, el grafico 8 muestran que el comportamiento de la precipitación y la HR es inversamente proporcional, presentándose una disminución de vientos con el aumento de la precipitación y una elevación de la HR con la disminución de vientos a partir del mes de mayo.

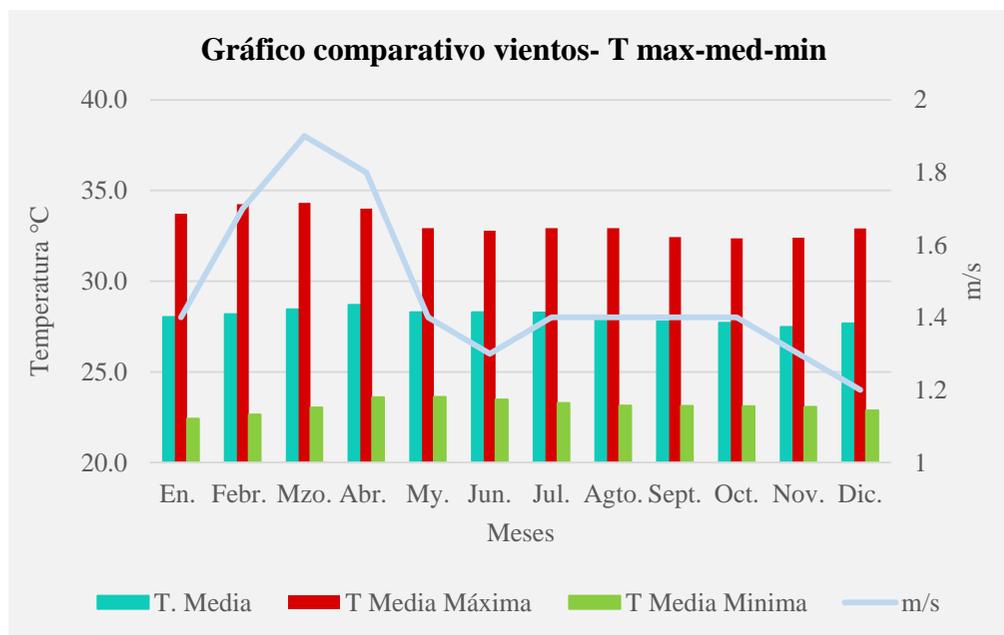


Gráfico 6. Gráfico comparativo vientos vs temperatura promedio, adaptado con datos del IDEAM (1981-2010) Fuente. Autor

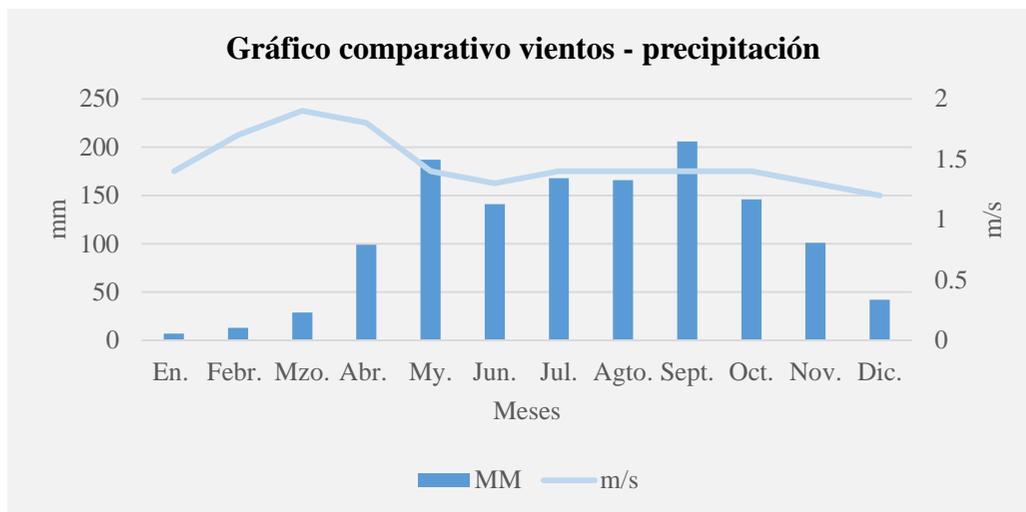


Gráfico 7. Gráfico comparativo viento vs precipitación, adaptado con datos del IDEAM (1981-2010). Fuente: Autor.

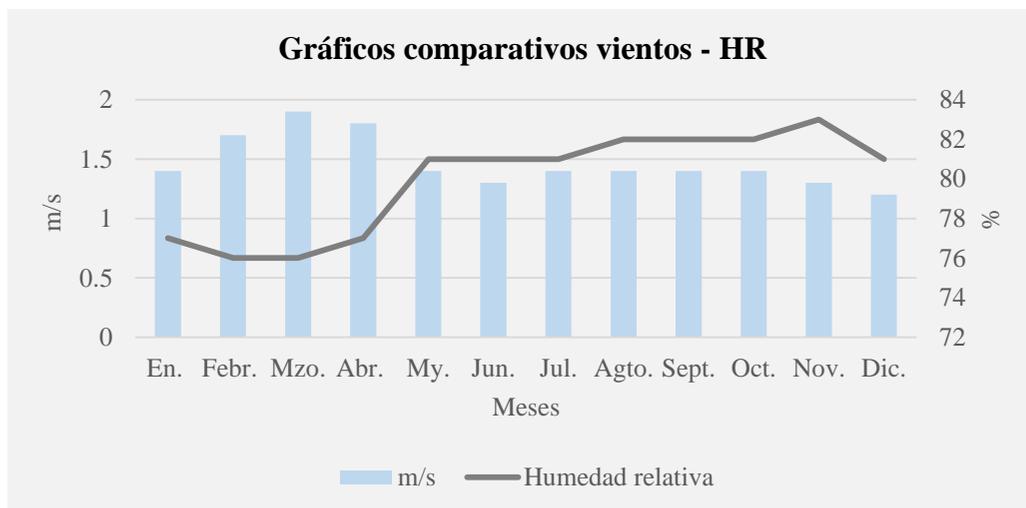


Gráfico 8. Gráfico comparativo viento vs HR, adaptado con datos del IDEAM (1981-2010). Fuente: Autor.

1.2.4 Radiación.

Los meses de mayor radiación solar son los meses de enero, febrero y marzo, donde se registra radiación de 4389.8 Wh/m², con horas de sol máximas de 7.6h, estos picos de radiación y horas de sol se presentan durante los meses de sequía y mayor temperatura. Los gráficos 9 y 10 nos muestran la relación directa entre el aumento de la radiación y las temperaturas mensuales promedio.

Gráfico 9. Gráfico comparativo horas de sol vs temperatura promedio, adaptado con datos del IDEAM (1981-2010).
Fuente: Autor.

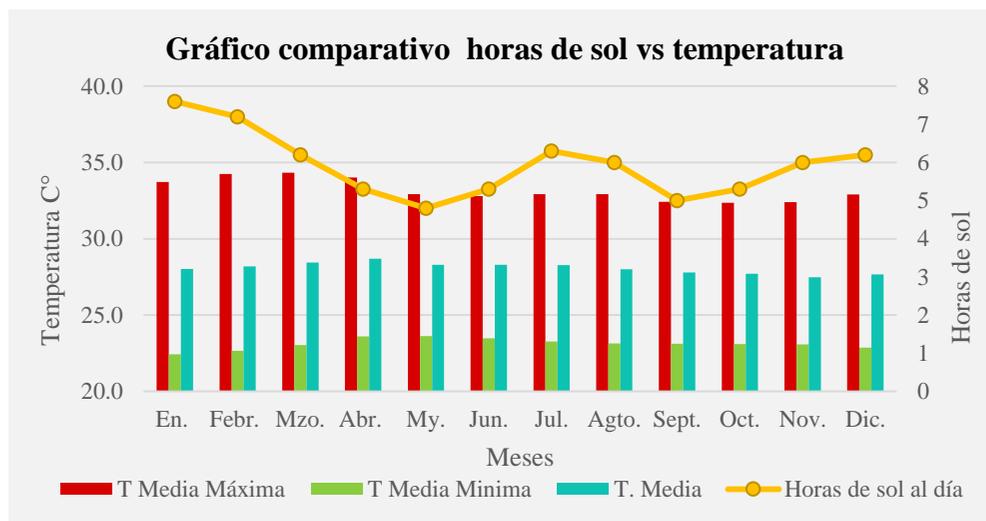
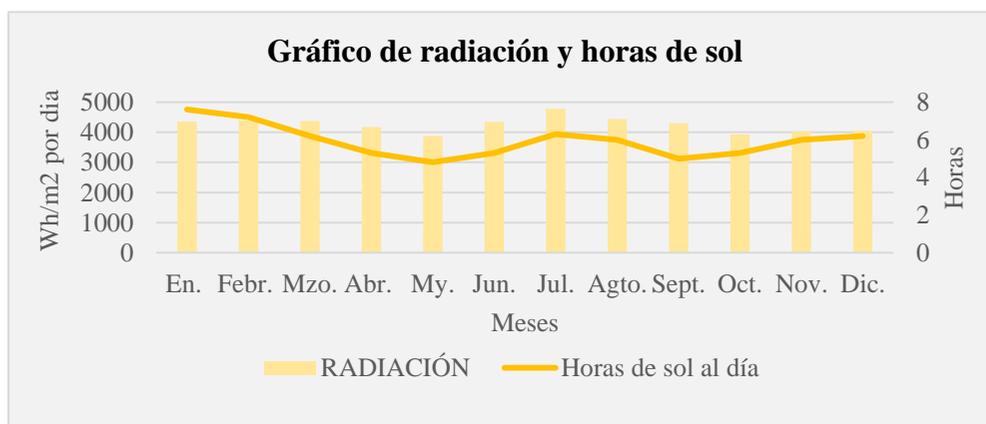


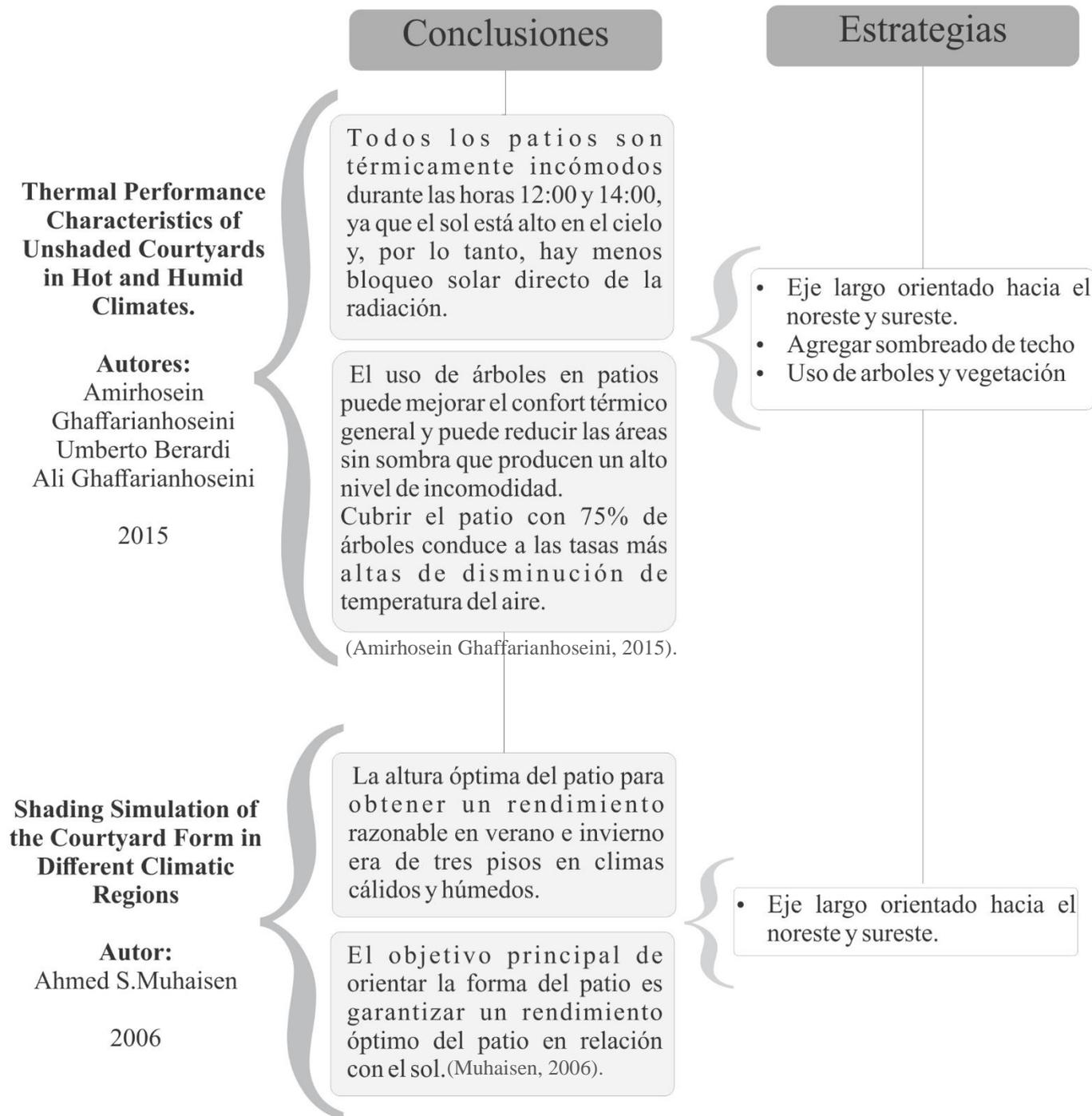
Gráfico 10. Radiación y horas de sol, adaptado con datos del IDEAM.
Fuente: Autor



1.3 Análisis de estrategias bioclimáticas

Con base en el carácter de clima Cálido Húmedo y las temperaturas promedio máximas y mínimas de la ciudad, se realizó una revisión bibliográfica para la detección de estrategias bioclimáticas aplicadas o arrojadas por otros estudios en el tema de viviendas con patio para este clima específico.

Se tuvieron en cuenta estudios de mediciones en sitio y de simulaciones a partir de un caso base, aplicados a viviendas de 1 y 2 pisos con patio, dado que no se encontraron artículos relacionados con la bioclimática de patios en altura. En la ilustración 8 se observa el cuadro de referentes bioclimáticos.



Thermal Performance Analysis of Courtyards in a Hot Humid Climate using Computational Fluid Dynamics CFD Method

Autores:

Abdulbasit Almhafdy
Norhati Ibrahim
Sabarinah Sh Ahmad
Josmin Yahya

2015

La implementación de voladizo tiene un efecto significativo en la velocidad del viento y el sombreado, por consiguiente, en el confort térmico.

(Abdulbasit Almhafdy, Thermal Performance Analysis of

- Emplear voladizos en el área de patio.
- Sombrear
- Ventilar

Courtyard Design Variants and Microclimate Performance

Autores:

Abdulbasit Almhafdy
Norhati Ibrahim
Sabarinah Sh Ahmad
Josmin Yahya

2013

Los resultados indican que la orientación podría ser una variante significativa que afecta el potencial microclimático de los patios. El patio orientado al norte y al sur da como resultado la temperatura del aire más baja.

(Abdulbasit Almhafdy, 2013)

- Orientación norte-sur

**A Ventilated Courtyard
as a Passive Cooling
Strategy in the Warm
Humid Tropics**

Autores:
I.Rajapaksha
H.Nagai
M.Okumiya

2015

Se observa una modificación térmica interior relativamente mejor cuando el patio actúa como un embudo de aire que descarga aire interior hacia el cielo, en lugar de que el patio actúe como una zona de succión que induce aire desde la abertura del cielo, como sugieren los conocimientos convencionales.
(I.Rajapaksha, 2003)

- Garantizar ventilación cruzada entre el patio y los espacios circundantes.

**Thermal Functions of
Internal Courtyards in
Traditional Chinese
Shophouses in the Hot-
Humid Climate of
Malaysia**

Autores:
Tetsu Kubota
Mohd Azuan Zakaria
Seiji Abe
Doris Hooi Chyee Toe

2017

Las plantas, especialmente los árboles de sombra, serían efectivas para reducir la temperatura del aire en los patios, aunque aumentarían los niveles de humedad simultáneamente.

Los patios interiores son efectivos para asegurar el flujo de aire y la iluminación natural, particularmente en una casa de planta profunda.

Un patio interior cerrado, tiene mayor capacidad de mantener temperaturas de aire interior más bajas en un clima cálido y húmedo, particularmente durante el día, aunque aumentará la HR interior durante todo el día.

(Tetsu Kubota, 2017)

- Uso de patio interior cerrado.
- Implementación de árboles de sombra.
- Estructura del patio con alta masa térmica

**Comparative
Assessment of
Vernacular Passive
Cooling Techniques for
Improving Indoor
Thermal Comfort of
Modern Terraced
Houses in Hot-Humid
Climate of Malaysia**

Autores:
Doris Hooi Chyee Toe
Tetsu Kubota

2015

Según los hallazgos del estudio, las técnicas potenciales de enfriamiento pasivo para las casas adosadas existentes pueden identificarse ampliamente como: ventilación nocturna, aislamiento de techo o techo, sombreado de ventanas y paredes, concepto de patio pequeño y modificación de microclima y/o mitigación de isla de calor urbano

(Kubota, 2015).

- Sombreado de la radiación solar directa y difusa en el patio y el espacio.
- Presencia de elementos de enfriamiento como árboles y / o evaporación en el patio para mejorar la estratificación térmica anterior.
- Superficie de alta reflectancia solar, utilizando una pared pintada de blanco para reducir la calefacción radiactiva en el patio.
- En horas nocturnas propiciar la apertura de la cubierta del patio.

Ilustración 8. Cuadro Sinóptico de estrategias bioclimáticas para viviendas con patio en el clima cálido - húmedo

1.4 Estrategias potenciales

Teniendo en cuenta la caracterización climática de Montería y las estrategias bioclimáticas consultadas en la bibliografía de viviendas de uno y dos pisos, se analizó el potencial bioclimático de aplicación en patios en altura y su contribución en el comportamiento térmico y lumínico, seleccionando las siguientes medidas con el objetivo de ser utilizadas para la optimización de los patios en altura:

1.4.1 Ventilación cruzada.

La ventilación es la estrategia indicada con mayor efectividad en la carta psicrométrica (ver gráfico 1) para la obtención de confort térmico adaptativo, además de ser constante en la bibliografía consultada.

Para el clima cálido húmedo se busca emplear el patio como embudo que por medio de la ventilación posibilite la salida del aire caliente interno de la vivienda.

Ventilar puede tener especial potencial en los patios en altura, ya que, al ser un espacio abierto y elevado a alturas considerables, se pueden generar no solo mayores velocidades del viento, sino también mayor aprovechamiento, ya que el viento encuentra menores obstáculos para llegar hasta las viviendas (Ver Ilustración 9).

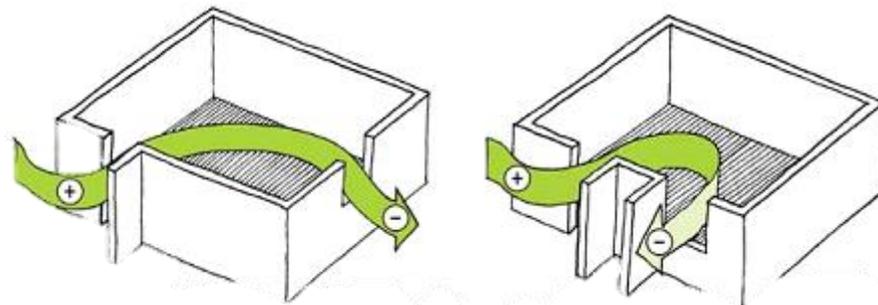


Ilustración 9. Ventilación cruzada. Fuente: viviendaverde.wordpress.com

1.4.2 Sombreamiento.

El uso de patios sin sombra para climas cálido húmedo no resulta ser la estrategia más conveniente para el confort térmico (Amirhosein Ghaffarianhoseini, 2015), por lo tanto, es imprescindible la aplicación de esta, ya sea a través de techos, vegetación u otros elementos.

Por otra parte, la aplicación de esta estrategia está ligada a la estrategia de ventilación, ya que, el empleo de elementos de sombra como voladizos o cortasoles puede generar cambios significativos en las velocidades del viento. La estrategia está especialmente ligada con la disminución de la temperatura del aire interior de las viviendas, sin embargo, requiere de control en su aplicación cuidando su efecto en la disminución de iluminación natural.

Con la inserción de patios en altura, las ventanas de fachadas externas que por lo general se encuentran expuestas a la influencia de la radiación directa, encuentran otra oportunidad de direccionamiento hacia un espacio igualmente abierto que brinda oportunidades de Sombreamiento (Ver Ilustración 10).



*Ilustración 10. Fachada con elementos de sombreado.
Fuente: Edificio Byeji, bahía de Luanda.*

1.4.3 Árboles y vegetación.

La vegetación contribuye a la estrategia de sombra, de protección solar, sin embargo, los estudios también han demostrado que el empleo de este elemento en patios logra una disminución más significativa de la temperatura en el espacio de patio y del microclima interno de la vivienda en cuanto a grados de temperatura.

Ahora bien, la implementación de elementos vegetales como árboles, gramas o enredaderas para la proporción de sombreado, se convierten en una característica fundamental de la adaptabilidad de los patios para la obtención de confort en viviendas de clima cálido húmedo (Ver Ilustración 11).



Ilustración 11. Fachada ajardinada. Fuente: Universidad FPT. Vo Trong Nghai Architects, Vietnam.

1.4.4 Superficies de alta reflectividad.

El empleo de materiales y la aplicación de superficies expuestas a la radiación directa con alta reflectividad solar representan una minimización en las ganancias térmicas internas e incluso en la temperatura del aire externo que circunda la edificación.

Es importante tener en cuenta el color y textura de los materiales empleados para las edificaciones, dado que el color es el factor más relevante en la temperatura superficial de las fachadas (Ver Ilustración 12).



Ilustración 12. Superficies de muros color blanco

“Mediante el patio la casa se apropia y se reserva para sí un fragmento de espacio exterior como parte inseparable de lo domestico.”

(Folga,2012, p.05)

*Ilustración 13. Boceto
Patio LeCorbusieriano.
Fuente: Autor*



CAPÍTULO 2

2 Metodología

El presente capítulo expone los métodos empleados durante el proyecto de grado para la obtención de cada uno de los 4 objetivos específicos mencionados anteriormente, a su vez, se indican los softwares empelados y las diferentes variables analizadas.



2.1 Métodos de investigación

La metodología utilizada para alcanzar los objetivos propuestos en este trabajo, consistió en establecer dos fases durante la investigación. La fase inicial donde se recopiló información, de datos climáticos, bibliográficos y de referentes arquitectónicos, que permitieran determinar constantes de diseño y estrategias bioclimáticas, y una segunda fase dedicada a la simulación y comprobación de las estrategias bioclimáticas determinadas en la etapa inicial.

2.1.1 Objetivo 1: Identificar el desempeño térmico y lumínico de prototipos de unidades de vivienda masiva en la ciudad de Montería, diseñada a partir del análisis de tipologías edilicias existentes.

Etapa 1: Recopilación de información.

Se desarrolló un prototipo de vivienda, que se denominó Caso Base, a partir, del análisis de edificios existentes de la ciudad de Montería, y se determinó posteriormente, a partir, de simulaciones computarizadas su comportamiento térmico y lumínico.

Etapa 2: Simulaciones

Las simulaciones se realizaron teniendo en cuenta cuatro (4) orientaciones (norte, sur, este y oeste), y tres (3) alturas (piso 3, piso 5, piso 9). Las diferentes orientaciones respondían a la variación de la influencia térmica y lumínica de los diferentes ángulos solares, mientras que las alturas consideradas se tuvieron en cuenta para considerar el Sombreamiento proyectado por edificaciones vecinas y para analizar las diferentes maneras de transparencia del calor. Adicional a las variables de orientación y altura se establecieron dos variaciones en las simulaciones, la primera donde no se

aplicaban estrategias bioclimáticas y una segunda variación que tenían en cuenta la aplicación de la estrategia bioclimática de sombreado

- *Comportamiento Térmico:*

Se empleó como herramienta computarizada el software DesignBuilder, y se consideró para todos los casos el porcentaje de grados hora de enfriamiento anual y el porcentaje de horas de confort anual. Teniendo en cuenta el método ASHRAE 55-2010 del confort adaptativo.

- *Comportamiento lumínico:*

Se empleó como herramienta computarizada el software Rhinoceros y el plugin que permite simulaciones lumínicas DIVA, bajo la modalidad de UDI- Iluminación diurna útil, entre los 300-3000 lux.

2.1.2 Objetivo 2: Caracterizar el desempeño térmico y lumínico de unidades de vivienda masiva localizada en la ciudad de Montería a través de la incorporación de patios en altura.

Etapa 1: Recopilación de información.

Se identificaron tipologías de patio en altura, de las cuales se seleccionaron 3 tipos, a partir del análisis de referentes arquitectónicos y la aplicabilidad de estrategias bioclimáticas de patios en clima cálido-húmedo que permitían.

Etapa 2: Simulaciones

Se realizaron las simulaciones térmicas y lumínicas descritas en la metodología del objetivo 1, para cada una de las tipologías que fueron seleccionadas, teniendo en cuenta las variables de orientación, altura y las variantes en la aplicabilidad de estrategias bioclimáticas.

2.1.3 Objetivo 3: Calificar el desempeño térmico y lumínico de cada tipología de patios en la vivienda prototipo.

Una vez realizadas las simulaciones del caso base y de cada una de las 3 tipologías de patio en altura, se compararon los resultados obtenidos entre ellas y se evaluó y calificó la tipología que logro mayor optimización térmica y lumínica.

- *Sistema de evaluación*

La evaluación se realizó a través de un sistema de asignación de puntos, donde se otorgaba un punto a la tipología que presentara resultados óptimos en determinado piso y orientación. Posteriormente se realizó una ponderación de las variables térmica y lumínica, según su relevancia en edificios de uso residencial en el clima cálido-Húmedo.

2.1.4 Objetivo 4: Diseñar un edificio de viviendas que incorpore patios que optimicen el comportamiento térmico y lumínico de cada vivienda.

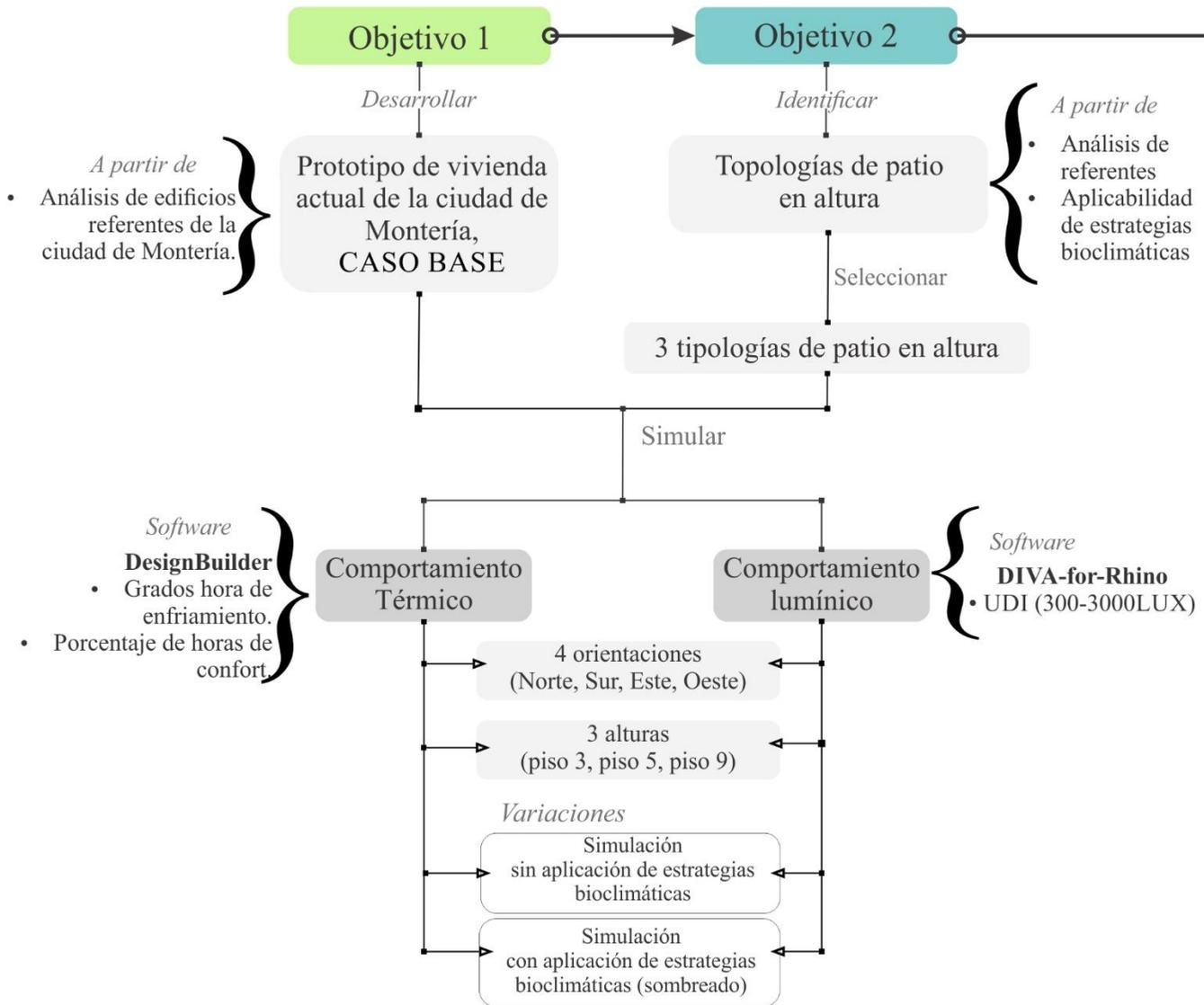
Se diseñó un edificio de viviendas que incorporó patio en altura, implementó estrategias bioclimáticas tanto en el área de patios como en fachada y tuvo en cuenta las constantes de diseño de los edificios de la ciudad de Montería, establecidas mediante la metodología del objetivo 1.

Etapa 2: Simulaciones

Por último, se realizaron simulaciones térmicas y lumínicas del diseño final teniendo en cuenta las orientaciones y alturas aplicadas en la metodología del objetivo 1 y 2. Los resultados de la simulación final se compararon con los

resultados obtenidos por la tipología de diseño escogida antes de la aplicación de estrategias bioclimáticas.

En la ilustración 14 se muestra el mapa conceptual que resume la metodología por objetivos.



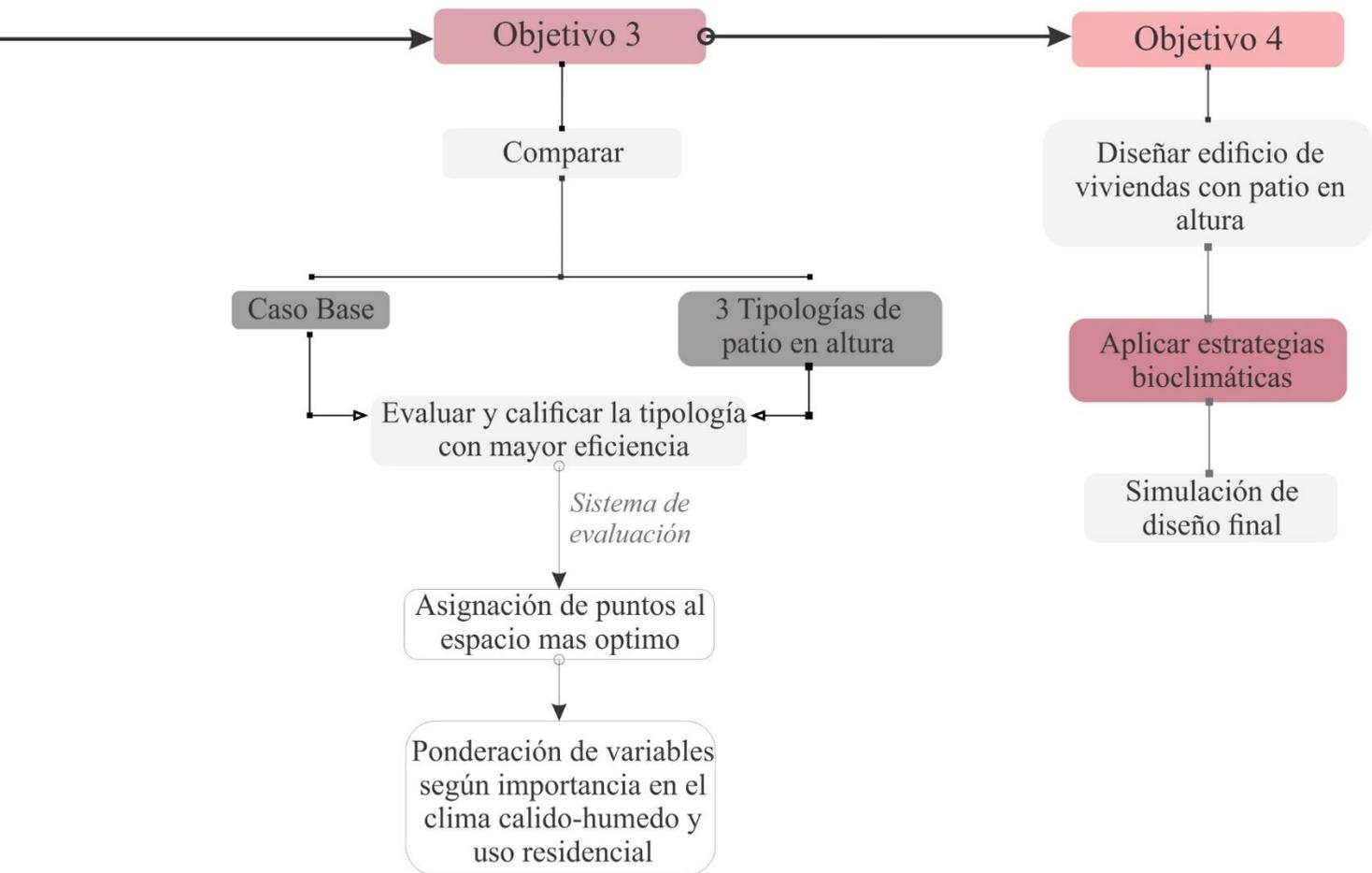


Ilustración 14. Mapa conceptual de metodología

**“El Patio en
Altura
entendido como
una de las
posibilidades de
incluir espacios
exteriores en
los edificios de
vivienda
colectiva en
altura.”**

(Folga, 2012, p. 07)

*Ilustración 15. Boceto
Patio a dos Fachadas.
Fuente: Autor*



CAPÍTULO 3

3 Análisis de referentes tipológicos

El análisis tipológico realizado a partir del estudio de edificios y propuestas referentes de patio tradicional y con concepto de patio en altura que se presenta en este capítulo, se realizó con el fin de seleccionar tres tipologías de patio en altura teniendo en cuenta sus potenciales bioclimáticos en aplicación de estrategias y el carácter de patio tradicional que preservaban (El resultado mostrado corresponde a los métodos establecidos para la obtención del objetivo 2).



3.1 Tipos de Patio Tradicional

Para el análisis de patios en altura se consideró necesario el estudio de referentes y tipologías de patios tradicionales, es decir, patios al descubierto, para contextualizar y establecer similitudes entre las características de ambos conceptos de patio y su posible afectación en el confort lumínico.

- **Patio central:**

Se caracteriza por ser un espacio al interior de la edificación de figura rectangular cuadrada que se relaciona con las distintas partes de la casa.

Referente: Casa griega, la casa patio de Pentti Ahola (Ver ilustración 16):

Ilustración 16. Casa de patio central Fuente: "Pentti Ahola: La reinención del patio", Jorge Torres



- **Patio Lecorbusieriano:**

Es una tipología propuesta por Le Corbusier a partir de su interés por las arquitecturas mediterráneas. Esta tipología propone una casa en L cuyo modelo de patio como afirma “surge de la voluntad de ahuecar o esponjar una masa densa y compacta” (Arís, 2008, pág. 20). Generando apertura cenital y horizontal, es decir, abierto en cubierta y fachada.

Referentes: La Villa Savoie, (Ver Ilustración 17 y 18)

Ilustración 17. Vistas (render) de la Villa Savoie, Le Corbusier. Fuente: <http://www.theholk.com/le-corbusier-casa.html>.



Ilustración 18. Fotografía interna de patio en altura. Fuente: Villa Savoie, Le Corbusier

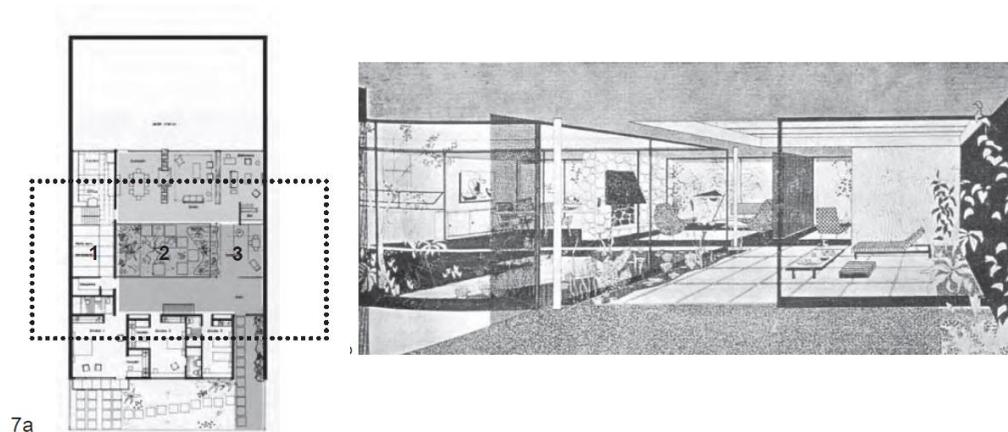


- **Patio intermedio:**

Patio de servicio vinculado al área de cocina, o patio jardín interno con apertura cenital y comunicación directa al estar y comedor.

Referentes: Vivienda Unifamiliar publicada en Proa 87 (1955) (Ver Ilustración 19):

*Ilustración 19. Plano y vista interior, Casa de patio intermedio.
Fuente: Obregón - Valenzuela.
Variaciones sobre el "vacío". María Pia Fontana*



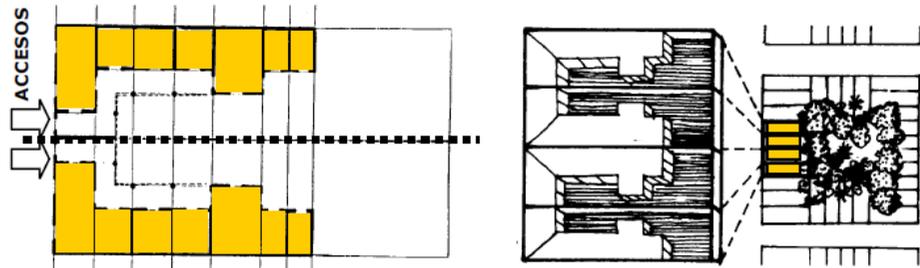
7a

- **Casa de Medio Patio:**

Esta tipología está conformada por varias viviendas contiguas prácticamente idénticas, cuyos patios convergen hacia la medianera y con ello busca rehacer el patio cuadrado.

Referentes: Tipología casa de medio patio en Mendoza Argentina. (Ganem, 2006). (Ver Ilustración 20).

Ilustración 20. Viviendas de medio patio. Fuente: Artículo "Rehabilitación Ambiental de la Tipología de Medio Patio. 2006."

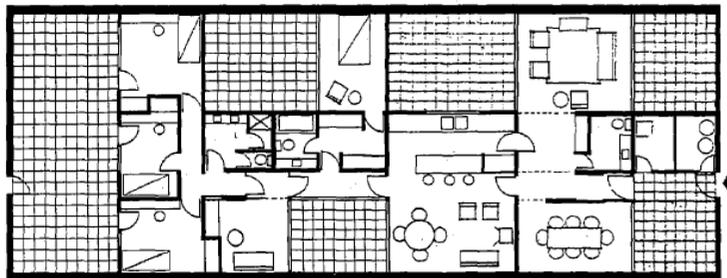


- **Pacios como separadores de áreas internas:**

Tipología de vivienda que presenta diversidad de patios que se vinculan cada uno a un área específica, con el objetivo de lograr la doble privacidad de la casa, primera en su conjunto respecto al exterior y segunda de cada área respecto a las demás.

Referente: Casa con patios, Harvard. Robert Reynolds y Serge Chermayeff (Ver ilustración 21).

Ilustración 21. Casa con patios para una agrupación. Robert Gordon y Serge Chermayeff. Fuente: Alguna Casas con Patios de S.Chemayeff. y A. Siza.



3.2 Tipologías de Patios en Altura

Diferentes referentes de patios en altura se analizaron a partir de los aspectos diferenciadores que se muestran en la Figura 1, esto con el fin de determinar las tipologías de patios en altura predominantes y de mayor potencial bioclimático para el desarrollo de la evaluación.

Para el estudio de referentes se define como bibliografía principal el libro “Patios en altura” (Folga, 2012), que muestra un análisis de diferentes edificaciones con patio en altura desarrolladas posterior y a partir de la propuesta de Inmuebles-Villa desarrollada por Le Corbusier, además, se complementó con una búsqueda en diferentes plataformas arquitectónicas garantizando que los edificios cumplieran las características de patio en altura y resaltaran la importancia de espacios abiertos o patios en los apartamentos.

- **Inmueble-Villa**

- Le Corbusier (1922):**

Los inmuebles villa se plantean como propuesta teórica de viviendas con patio. Consiste en la agrupación de células cuya dimensión es de 15 metros de largo por 12.2 metros de frente y 5.2 metros de altura, permitiendo un diseño dúplex que se organiza en forma de L en torno a un espacio exterior de doble altura que permite la ventilación cruzada de los espacios internos y se abre en fachada.

Los espacios protagonistas de esta propuesta son el área social interna y la terraza o patio, ambos concebidos a una doble altura que se abren hacia el otro formando un espacio contiguo.

La edificación completa propone dos hileras de viviendas que se dan la espalda, cada planta contiene 24 viviendas y tiene una altura de 4 pisos, generando un total de 96 viviendas (Ver ilustración 22).

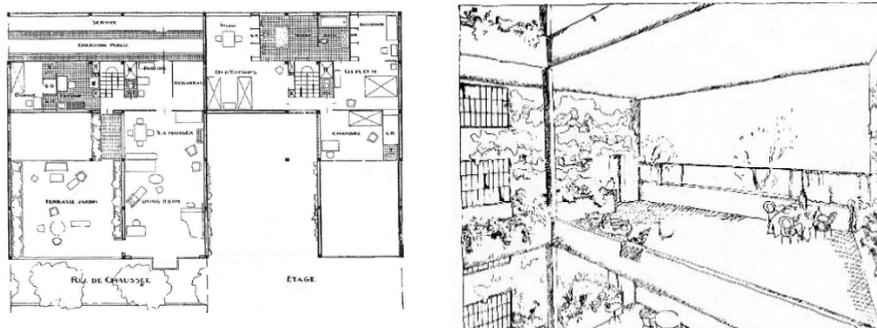
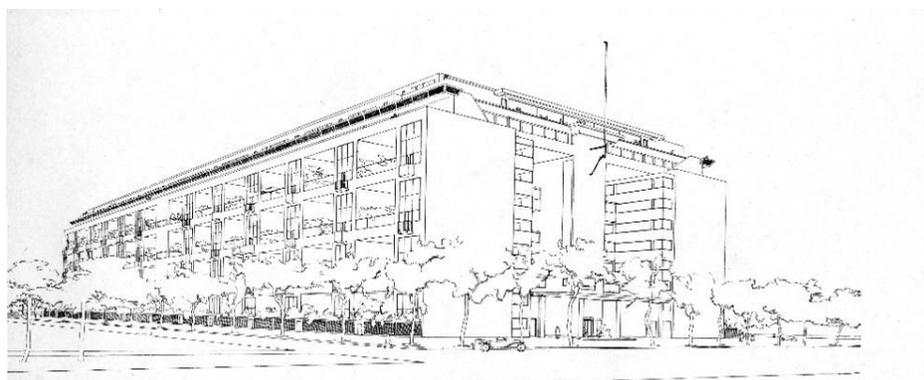


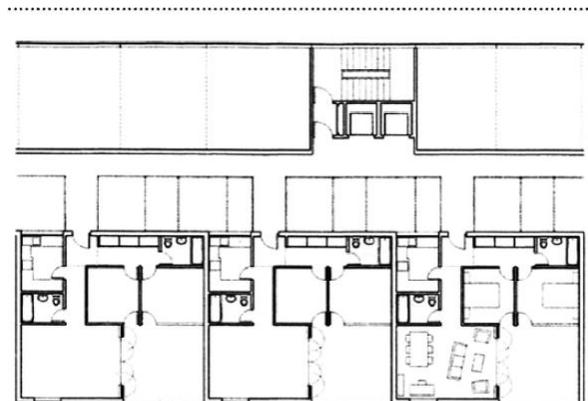
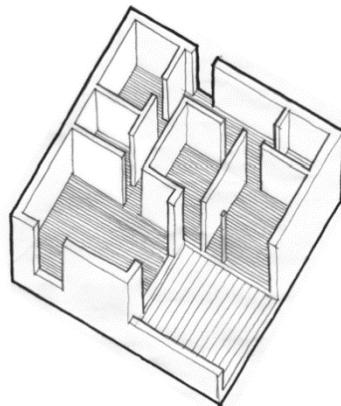
Ilustración 22. Inmueble Villa, Le Corbusier 1922. Fuente: Patio en Altura, una indagación gráfica. Alejandro Folga. 2012



- **Viviendas en Bilbao**
Soriano / Palacios (1996):

Estas viviendas son una propuesta no construida en la que sus autores buscaron retomar y corregir aspectos no contemplados por le Corbusier en los inmuebles villa, como la comunicación fluida entre los espacios internos y externos, por lo tanto se plantea un área social que se abre al patio por medio de un sistema de puertas plegables y habitaciones que se comunican de forma directa con el espacio exterior a través de puertas como se observa en la ilustración 23.

Ilustración 23. Plano arquitectónico e isometría. Fuente: Patio en Altura, una indagación gráfica. Alejandro Folga. 2012



- **Nido de Abeja, Marruecos**
Candilis y Woods (1952)

El edificio Nido de Abeja hace parte de un complejo habitacional de 3 edificios con diferentes tipologías construido para la población musulmana, el edificio Nido es el único en aplicar patios en altura, y en él los patios son volúmenes añadidos a la fachada principal, dispuestos de forma intercalada en

los diferentes pisos pares e impares, creando con ello vacíos que permiten una doble altura aun cuando la vivienda internamente es de altura sencilla (Ver ilustración 24).

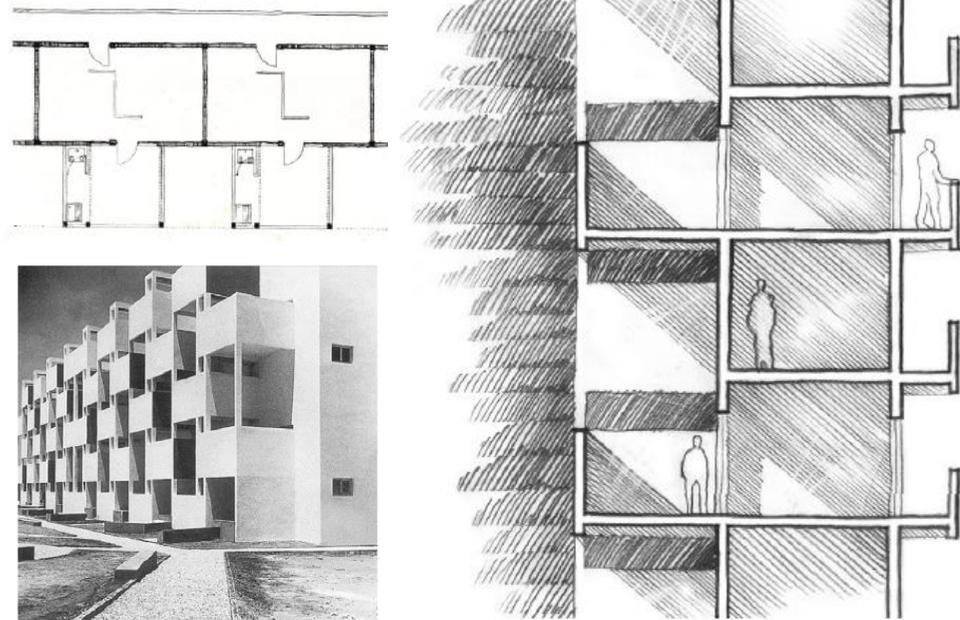


Ilustración 24. Plano arquitectónico, sección y fotografía. Nido de Abeja. Candilis y Woods
 FUENTE: *Patio en Altura, una indagación gráfica.* Alejandro Folga. 2012.

- **Gmür - Steib**
Complejo residencial en Zúrich (2006):

El complejo residencial analiza como referente al edificio Nido de Abeja, generando volúmenes añadidos a la fachada que se intercalan en los pisos pares e impares, sin embargo, proponen un elemento diferenciador, una amplia perforación de forma rectangular en el cerramiento perimetral del patio (Ver ilustración 25).



*Ilustración 25.
Fotografías. Complejo
residencial en Zúrich.
Patrick Gmür - Jakob
Steib. Fuente: Patio en
Altura, una indagación
gráfica. Alejandro Folga.
2012*



- **82 viviendas en Carabanchel
Amann, Cánovas, Maruri (2006):**

El proyecto de vivienda se genera a partir de un concurso convocado por la Empresa Municipal de Vivienda y Suelo de Madrid en el que obtiene el Primer Premio. Se centra en la construcción de 82 viviendas de diferente tipología que contemplan en su distribución viviendas de 1,2 y 3 habitaciones, el patio aparece como espacios intermedios entre las células de viviendas, se articula como delantero o posterior de la vivienda, abriéndose a dos fachadas (Ver Ilustración 26).



PLANTA TIPO

0 5 10 15 20 25



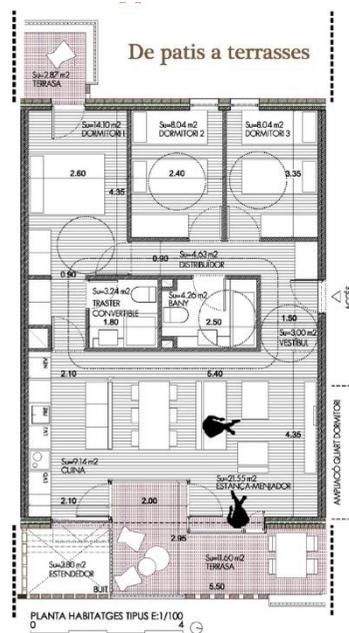
*Ilustración 26. Proyecto
82 Viviendas en
Carabanchel. 2009.*

- “De Peus a Terra”, Barcelona**
UNTERCIO y Miel Arquitectos (2015)

“De Peus a Terra” propone la solución para 50 viviendas sociales, 5 viviendas en la planta baja, en las plantas tipo organiza 8 viviendas y en los dos últimos pisos se organizan 6 y 7 viviendas respectivamente; Constructivamente busca estrategias pasivas para reducir la demanda energética.

Los espacios de estar-cocina se prolongan en un espacio adosado al exterior, un patio, que intenta trasladar las condiciones de la vivienda en planta baja a la vivienda en altura (Ver Ilustración 27).

Ilustración 27. Planta arquitectónica y fachadas, proyecto “De Peus a Terra”, Barcelona UNTERCIO y Miel Arquitectos (2015).



- **Cantiere/ Open Living, Medellín**
M + GRUP (2017):

Torre de 20 niveles con 27 apartamentos de altura simple y dúplex de 131 m² a 243 m². Su concepto arquitectónico parte de la tradición del patio, como lugar gestor de recuerdos familiares. Propone un espacio de patio de doble altura que se abre a dos fachadas (Ver Ilustración 28).



*Ilustración 28.
Imágenes proyecto
de vivienda Cantiere
Open Living.
M+GRUP.2017*

3.3 Selección de Tipologías de Patio en Altura

Las tipologías de patios en altura para la evaluación se escogieron teniendo en cuenta características que brindaran la oportunidad de desarrollar las estrategias bioclimáticas establecidas en el capítulo 1 y la predominancia de las tipologías de patio en cada referente.

A partir del análisis de referentes se resaltan las siguientes conclusiones y decisiones:

1. En su mayoría, las tipologías permiten desarrollar todas las estrategias bioclimáticas mencionadas para la optimización de patios en climas cálido-húmedos.

2. Se dio nombre a las tipologías encontradas, teniendo en cuenta las características de cada tipo de patio, por lo cual “inmuebles Villas” y “Viviendas en Bilbao” se denominó como patio central en altura; “Cantiere” y “82 Viviendas en Carabanchel se denominó tipología de patio a dos fachadas; y por último el Patio de referentes de “Nido de Abeja” y “Patrick Gmür, Complejo residencial en Zúrich”, fue denominado como Patio LeCorbusieriano.

3. Todas las tipologías de patio en altura, aun cuando no generan un espacio sin cubierta, procuran el desarrollo de una apertura cenital. A través del uso de doble altura.

3.3.1 Patio en altura a dos fachadas

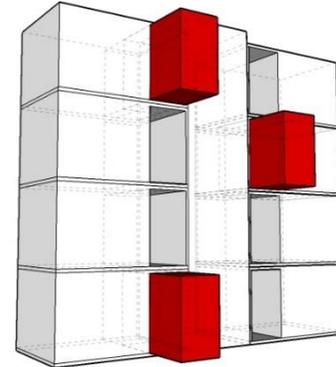
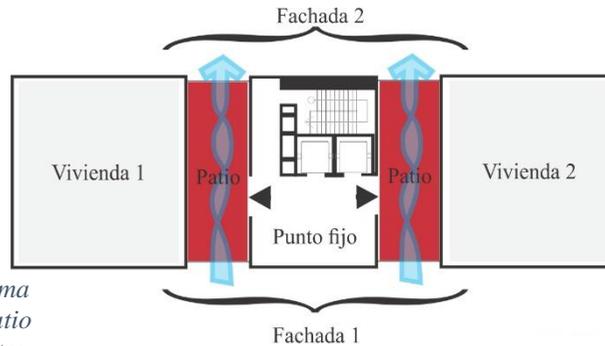


Ilustración 29. Esquema de caracterización Patio a dos fachadas. Fuente: Autor

- **Potencial Bioclimático**

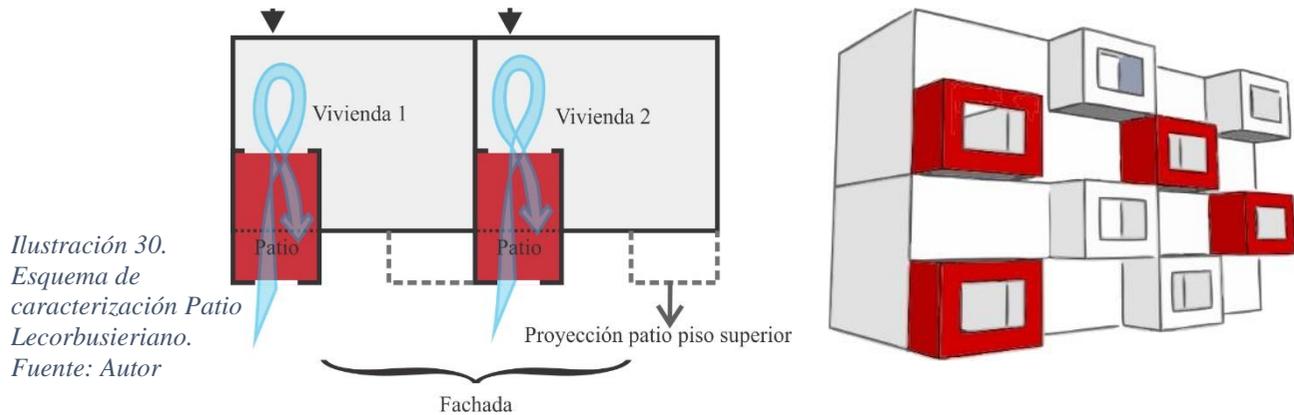
Permite la aplicación de dispositivos o elementos de sombreado.

- Garantiza la ventilación cruzada únicamente en el área de patio como se observa en la ilustración 29.
- Admite el uso de elemento de enfriamiento como la vegetación.

- **Constantes de diseño**

- Esta tipología exige la abertura de dos fachadas, que deben comunicarse a espacios abiertos o fachadas exteriores de la edificación.
- Esta tipología exige dos viviendas por piso o el empleo de diferentes puntos fijos que por piso comuniquen a dos viviendas para su funcionamiento. (Ver ilustración 29).

3.3.2 Patio Lecorbusieriano



- **Potencial Bioclimático**

- Permite la aplicación de dispositivos o elementos de sombreado.
- Admite el uso de elemento de enfriamiento como la vegetación.

- **Constante de diseño**

- Requiere de una ubicación intercalada entre pisos pares e impares para su funcionamiento, como se observa en la Ilustración 30.
- Exige apertura en fachada

3.3.3 Patio Central en Altura

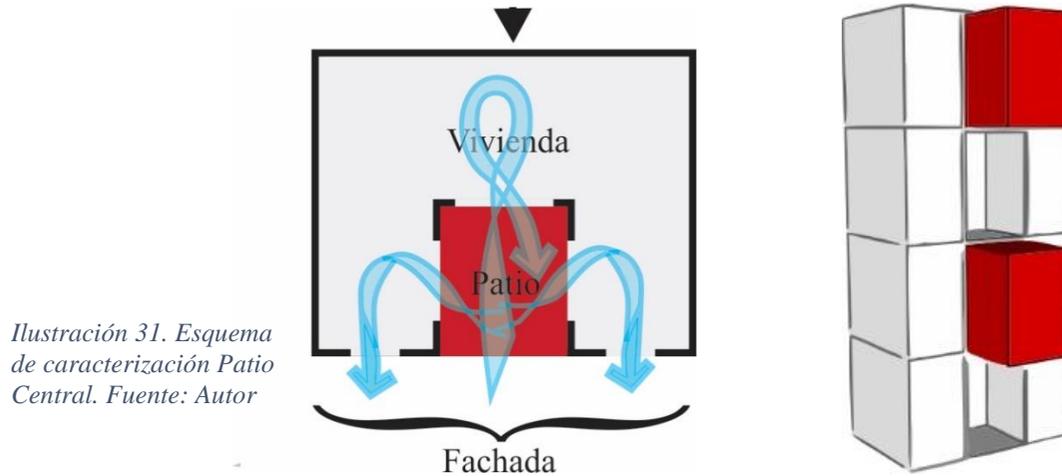


Ilustración 31. Esquema de caracterización Patio Central. Fuente: Autor

- **Potencial bioclimático**

- Permite la aplicación de dispositivos o elementos de sombreado.
- Garantiza la ventilación cruzada entre el patio y los espacios circundantes, como se observa en la Ilustración 31.
- Posibilita el sombreado de las zonas adyacentes.
- Admite el uso de elemento de enfriamiento como la vegetación.

- **Constante de diseño**

- Debe siempre garantizar la comunicación directa del patio con diferentes áreas de la vivienda como comedor, alcoba, sala, etc., por medio de una distribución en torno a él. (Ver Ilustración 31)

Los espacios intermedios o de transición como los patios... favorecen oportunidades de regulación ambiental natural de los espacios para el logro del confort térmico.

(Rehabilitación Ambiental de la Tipología de Medio Patio. Parte 1: Diagnóstico Cualitativo – Carolina Ganem, Alfredo Esteves)

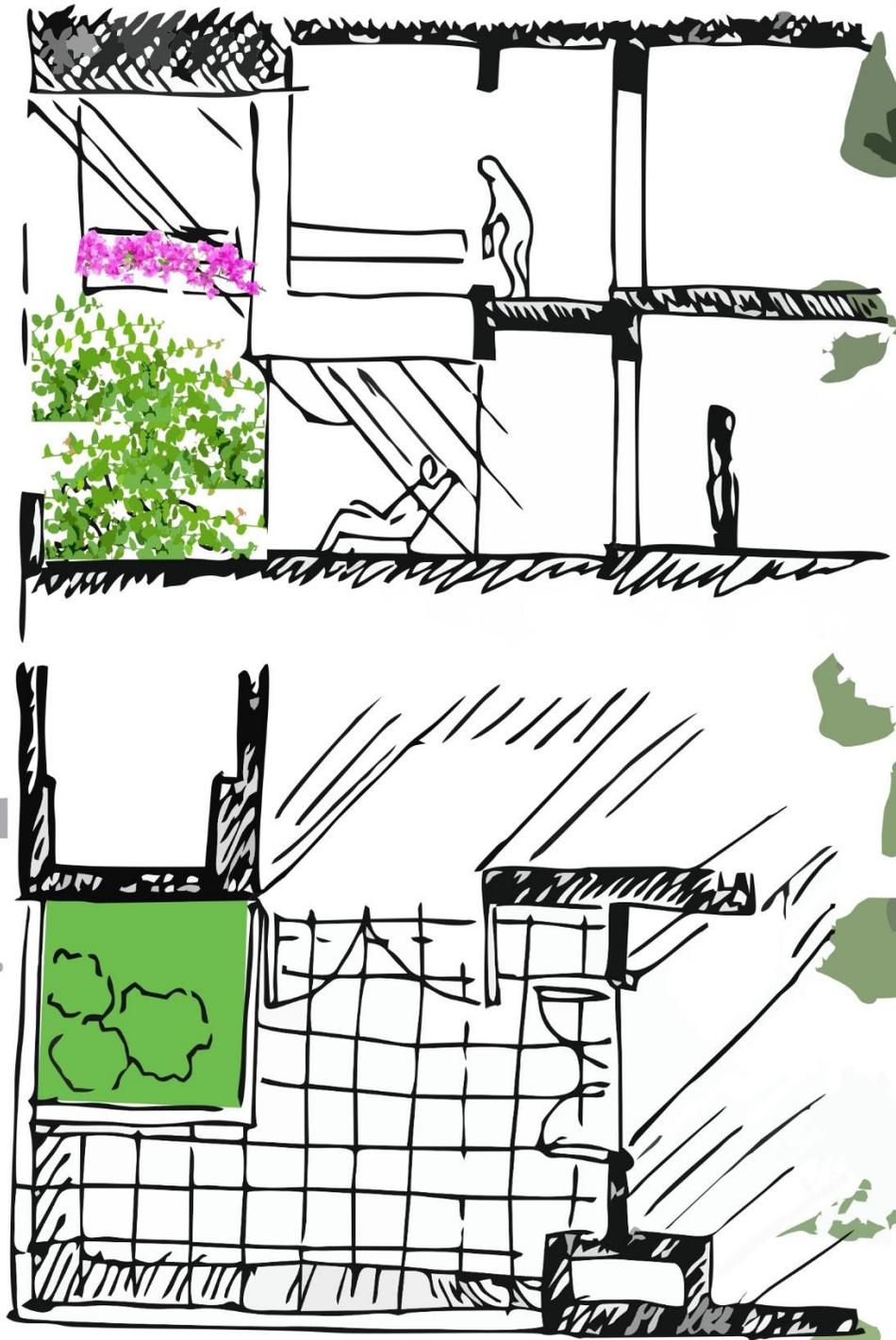


Ilustración 32. Boceto patio central. Fuente: Autor

CAPÍTULO 4

4 Diseño y caracterización

Caracterizar es “determinar los atributos peculiares de alguien o de algo, de modo que claramente se distinga de los demás”. (Real Academia Española, 2018), en este capítulo se definen por tanto los caracteres propios de los edificios de viviendas masivas en la ciudad de Montería y las particularidades de cada tipología de patios en altura al ser insertados a la vivienda. Con el propósito de desarrollar un caso base y tres (3) tipologías de apartamentos que involucren patios y puedan ser comparadas entre sí.



4.1 Análisis de tipologías edilicias en Montería

El Caso Base se elaboró con el análisis de seis edificios de la ciudad (ver anexos), teniendo en cuenta características como: áreas promedio por espacio, áreas ventiladas, número de pisos, número de alcobas, baños y otros espacios por apartamento, lista de necesidades, formas de distribución de la planta arquitectónica y de la circulación general de cada piso. Teniendo en cuenta lo anterior, se elaboró una tabla que resume características arquitectónicas y constructivas de las edificaciones (ver tabla (2)) y una lista de características a tener en cuenta.

Edificio	Número de pisos	Apartamento por piso	Área promedio de apartamentos
Edificio 1	10	4	107.2 m ²
Edificio 2	10	5	95.2 m ²
Edificios 3	10	6	117.8 m ²
Edificio 4	10	4	117.8 m ²
Edificio 5	10	6	88.12 m ²
Edificio 6	11	4	143 m ²

Tabla 2. Listado de referentes edilicios analizados en Montería. Fuente: Autor

4.1.1 Caracterización.

Los edificios analizados presentaron las siguientes características en común:

- 1.** En su mayoría son edificaciones de máximo 10 pisos de altura, con semisótano y primer piso con uso de parqueos.
- 2.** Los edificios presentan agrupaciones por piso de 4 a 6 apartamentos.
- 3.** Por lo general la circulación que comunica los apartamentos con el punto fijo es de pasillos ventilados por cámaras de aire.
- 4.** La zona de servicio en la mayoría de las tipologías se comunica con las cámaras de aire, con el fin de garantizar su ventilación.
- 5.** Los apartamentos pueden presentar hasta 2 balcones, el principal que se encuentra directamente asociado a la zona social y uno secundario que se comunica con la alcoba principal.
- 6.** El área promedio de los apartamentos de 110.30 m².
- 7.** En su mayoría los apartamentos cuentan con 4 alcobas, una de ellas perteneciente al área de servicio, baños privados para cada habitación, baño social y baño en el área de servicios, sala-comedor, cocina y labores.
- 8.** Son apartamentos de altura sencilla.

4.2 Diseño de Caso Base

Para la composición de la vivienda caso base se tomaron en cuenta las características establecidas como comunes en todas las edificaciones y las áreas promediadas de cada espacio, además se establecieron porcentajes de área social en planta y fachada, con el fin de servir como premisa a la hora de insertar los patios en altura seleccionado al caso base. Se determinó lo siguiente (Ver Tabla 3):

Espacios	Área	Cantidad
Sala-Comedor	28.68m ²	1
alcobas	50.83m ²	3 (Incluye baños y vestier)
Balcón social	7.12m ²	1(No se suma en el área total)
Área de servicios	22.58m ²	1
Número de baños		5
ÁREA TOTAL	110.16m²	
Número de Pisos		10
% de área social (sala) en planta		13% (del total de la planta arquitectónica)
% de área social en fachada		33% (del total de la fachada de 1 apartamento)

Tabla 3. Tabla de áreas para el diseño del caso base. Fuente: Autor

4.2.1 Zonificación de vivienda Caso Base.

Se organizó en el acceso de la vivienda el espacio de sala-comedor, adyacente una isla de zona de servicios (cocina, labores y alcoba de servicio) en esta zona se generaron aberturas o ventanas con el objetivo de direccionar la zona hacia las cámaras de aire, por último, tres alcobas con baños internos distribuidas en forma de L, dos de ellas comunicadas con la fachada más externa. (Ver Ilustración 33 y 34). A continuación solo se muestra la distribución interna de las viviendas, la agrupación interna del edificio se realiza a partir del diseño final.

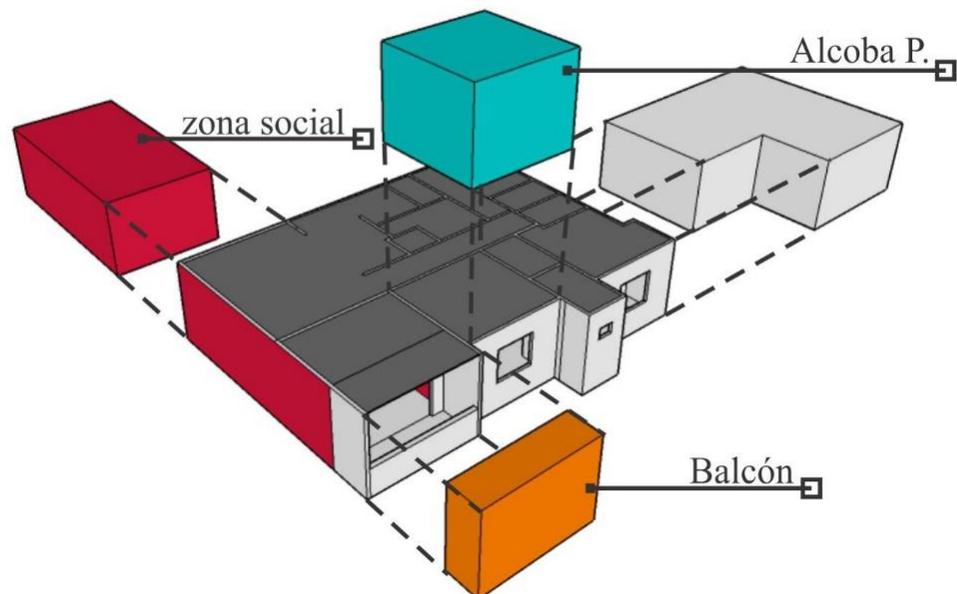


Ilustración 33. Despiece volumétrico de apartamento Caso Base

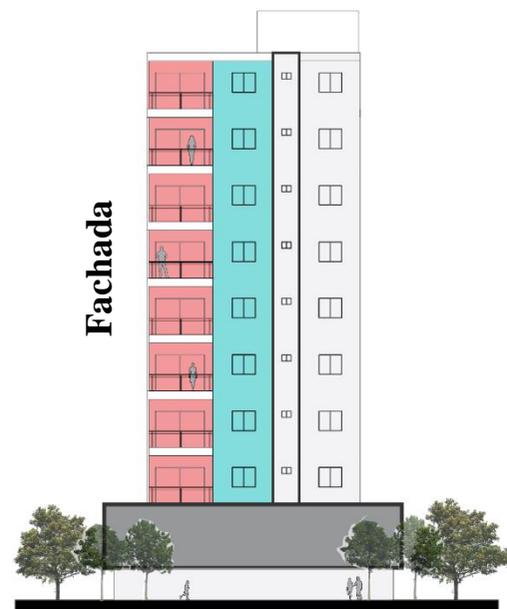
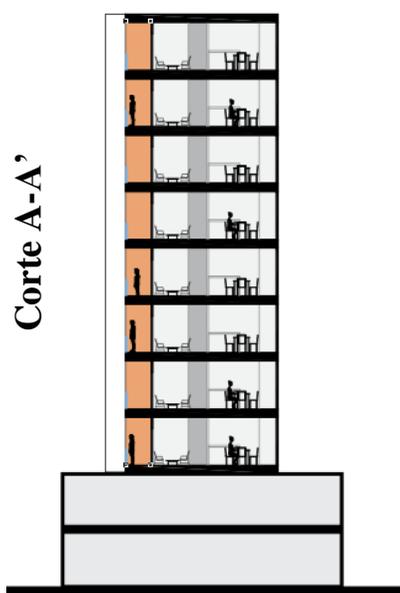
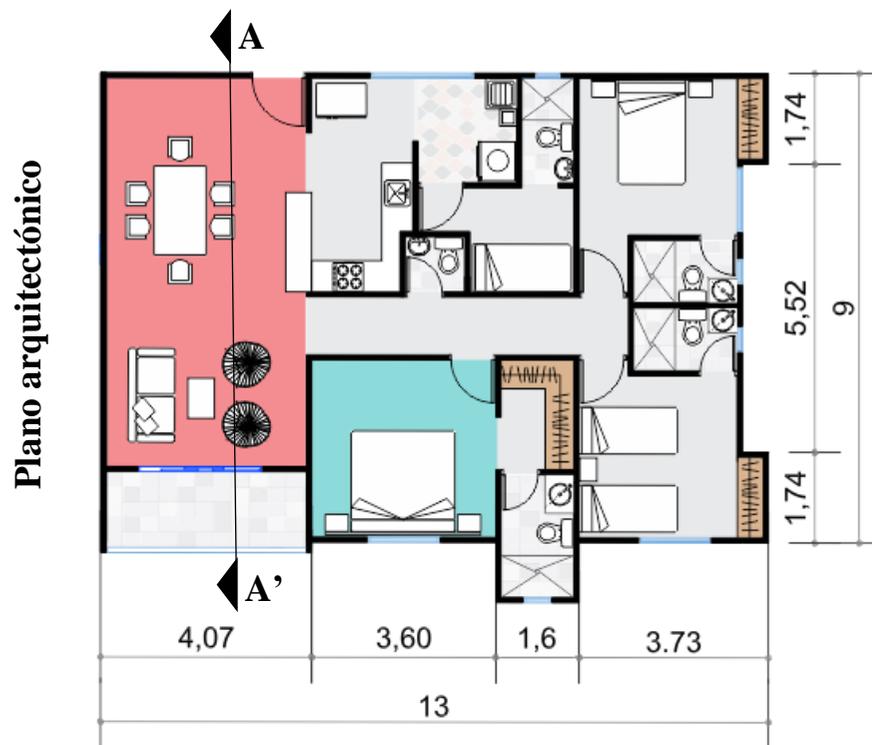


Ilustración 34. Diseño Caso Base. (Plano arquitectónico, corte y fachada).

4.3 Inserción de Patios en Altura a Planta Arquitectónica de Caso Base

Posteriormente se insertaron las tres tipologías de patios seleccionadas al caso base, para su inserción se tuvo en cuenta una lista de criterios y constantes de diseño establecidas previamente, que ayudaron a posibilitar la comparación entre las tipologías, evitando variaciones especialmente en áreas y distribuciones:

Constantes de Diseño:

1. Mantener área de apartamento de 110.16m² más voladizo.
2. Garantizar que el porcentaje de ocupación del patio en planta sea del 10% al 14%, y en fachada de 35% a una sola altura y el 50% a doble altura.
3. Se establece una unificación entre el espacio de sala y la zona de patio teniendo en cuenta que “el patio pasó a ser un sitio de labores domésticas y de descanso, un lugar de encuentro de los habitantes de la casa, un lugar de reunión con familiares y hasta los vecinos y amigos” (Celis, 2013, págs. 57-58) para la cultura de la región.
4. Debe garantizar siempre la ventilación de la zona de servicios.
5. Al insertar el patio solo se permite el movimiento de uno de los espacios.
6. El plano piloto debe posibilitar las constantes de diseño requeridas por cada tipología de patios en altura.
7. Permitir adjuntar ventanas siempre que el potencial bioclimático del patio en altura lo requiera, como en el caso del patio en altura central que aplica como estrategia la ventilación cruzada entre él y los espacios circundantes, de lo contrario se deben mantener las ventanas dispuestas en el caso base.

4.3.1 Patio en Altura a Dos Fachadas (TIPO 1).

La inserción del patio a dos fachadas a la planta del caso base, requirió garantizar dos fachadas libres de muros, por lo cual esta tipología recomendaba garantizar el acceso a la vivienda por la fachada de mayor longitud, a diferencia del patio central esta tipología conserva el uso del patio como zona social y comedor. Se garantizó doble altura hacia la fachada principal de la vivienda (Ver Ilustración 35 y 36).

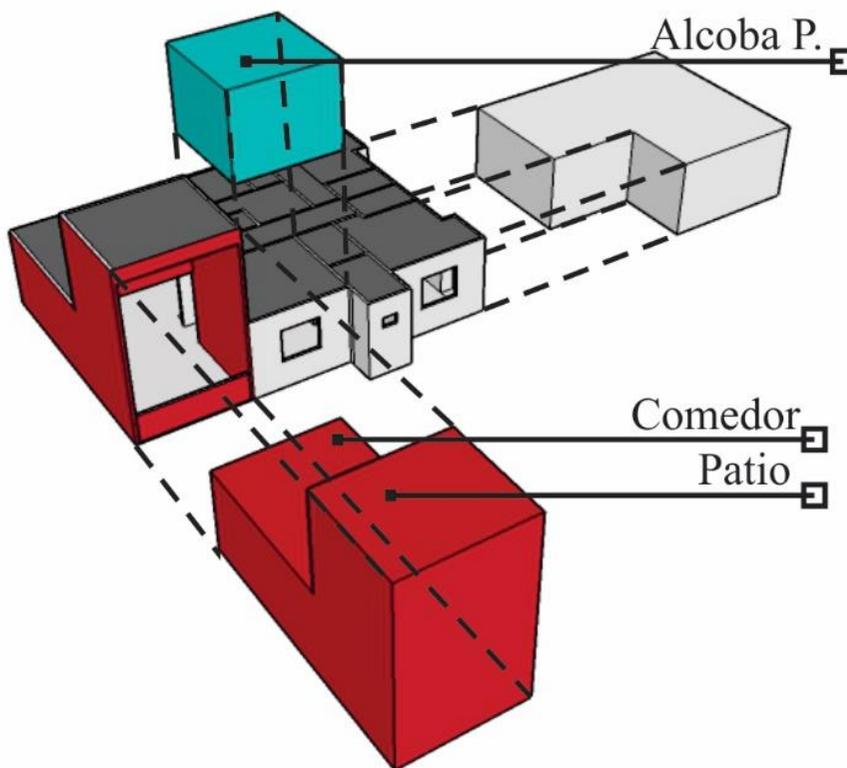


Ilustración 35. Despiece volumétrico de apartamento Tipo 1



Corte A-A'

Fachada

Ilustración 36. Diseño de Tipología 1 (Plano arquitectónico, corte y fachada).



4.3.2 Patio Lecorbusieriano (TIPO 2).

En el patio Lecorbusieriano se organizó la vivienda en forma de L en torno a la zona social o patio, por lo tanto, esta área se comunica de manera directa solo con el espacio de comedor y la alcoba principal; en esta tipología de patio también se realizó el desplazamiento del área de sala comedor con el fin de generar un voladizo, que al intercalarse los apartamentos en los pisos pares e impares generaran una doble altura.

La tipología Lecorbusieriana además de generar la apertura cenital a través de la doble altura genera una sustracción en su muro de fachada, para la visual horizontal. (Ver Ilustración 37 y 38)

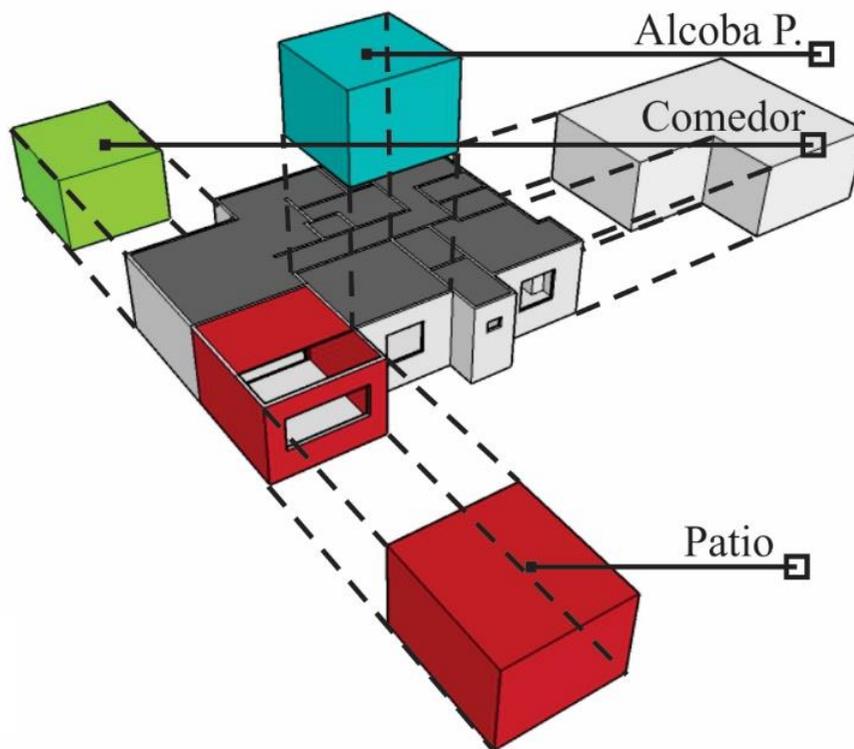


Ilustración 37. Despiece volumétrico apartamento Tipo 2.



Ilustración 38. Diseño de Tipología 2 (Plano arquitectónico, corte y fachada).

4.3.3 Patio Central en Altura (TIPO 3).

El patio central es aquel que permite una distribución de varios espacios a su alrededor, por lo tanto, al insertar el patio central, se redistribuyó el apartamento, generando un cambio de ubicación de la alcoba principal, aumentando el número de espacios que se relacionaban directamente con el espacio de patio y dividiendo la zona social del área de comedor, además se adicionó una ventana en el muro que comunica a las alcobas con el patio.

El patio presenta una doble altura que modifica la tipología del piso superior, generando de manera intercalada vivienda con patio y vivienda sin patio en la edificación (Ver ilustración 39 y 40).

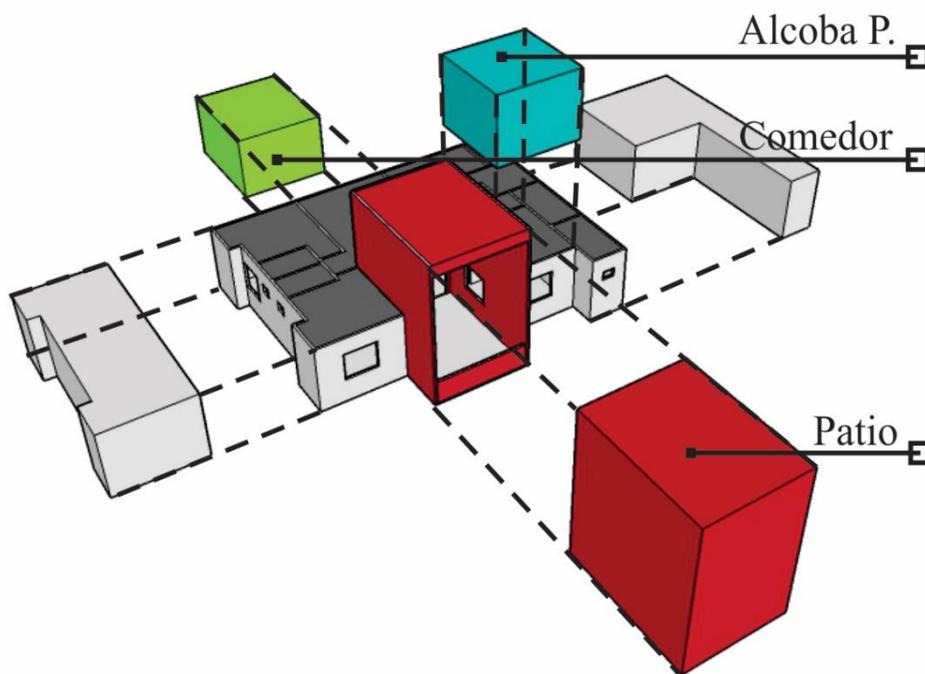


Ilustración 39. Despiece volumétrico de apartamento Tipo 3.

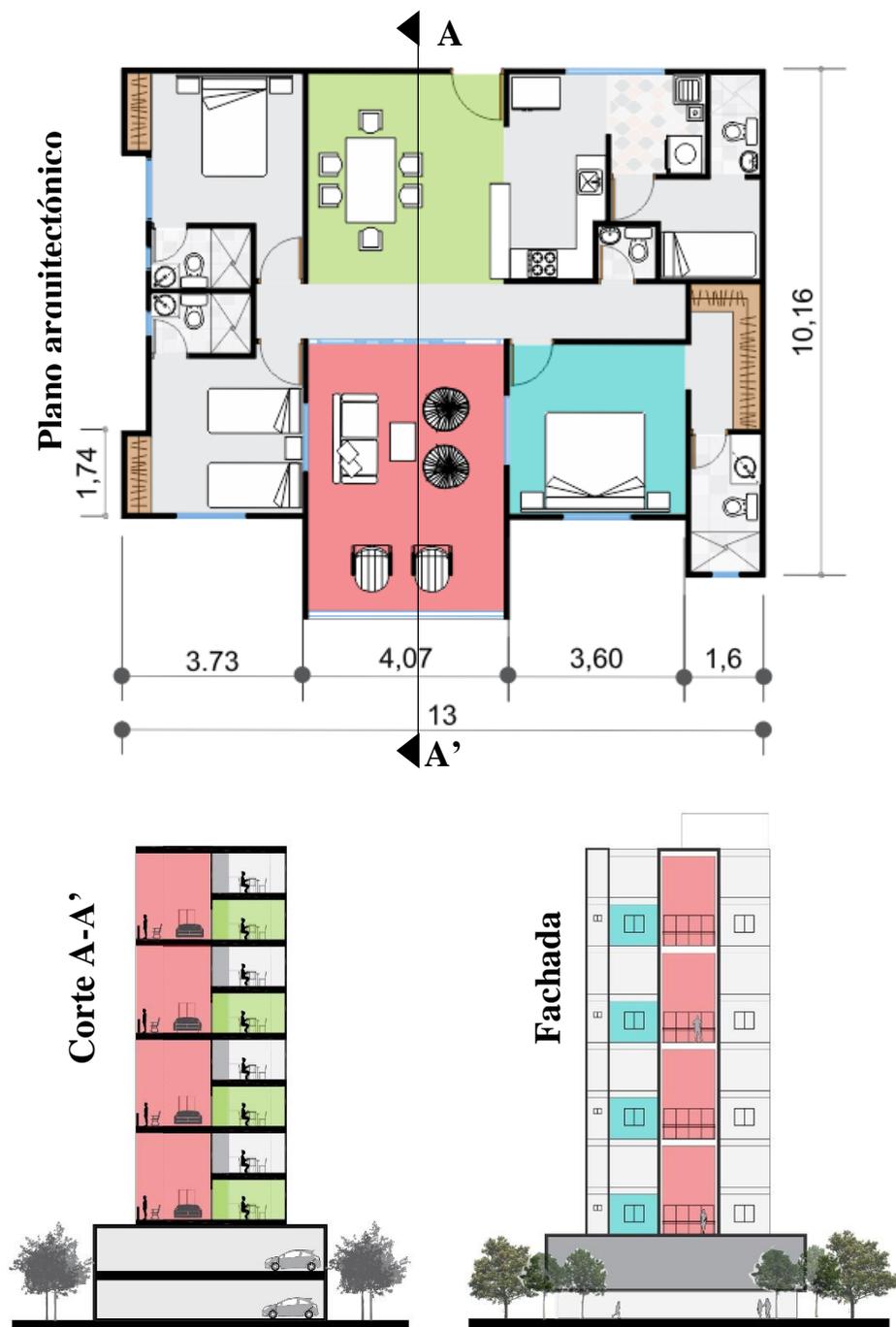


Ilustración 40. Diseño de tipología 3 (plano arquitectónico, corte y fachada)

4.4 Planta Piloto de Edificio Caso Base para simulación

Se realizó una planta piloto de simulación en la que se consideró hacer una agrupación simple de dos apartamentos, permitiendo el funcionamiento de las características de los tipos de patio en altura seleccionados, como las dos fachadas libres del patio a dos fachadas y las características edilicias de las viviendas masivas en Montería.

El piloto permitió una rotación de 180°, para simular los apartamentos en las 4 orientaciones norte, sur, este y oeste, en los pisos 3, 5 y 9 (Ver Ilustración 41,42, 43 y 44).

- **Caso Base**



Ilustración 41. Planta piloto del Caso Base para simulación.
Fuente: Autor

• **Tipo 1: Vivienda con Patio a dos Fachadas**



Ilustración 42. Planta piloto de Tipo 1 para simulación. Fuente: Autor

• **Tipo 2: Vivienda con Patio Lecorbusieriano**



Ilustración 43. Planta piloto de tipo 2 para simulación. Fuente: Autor

- **Tipo 3: Vivienda con Patio Central en Altura**



Ilustración 44.
Planta piloto de
Tipo 3 para
simulación.
Fuente: Autor

**La
recuperación
del patio en la
casa ayuda a la
climatización,
permitiendo la
entrada y la
salida
constante de
las corrientes
de aire,
además de la
lluvia, el sol, la
luz y los
agentes
atmosféricos.
(Proyecto UNSOLAR)**



*Ilustración 46. Agrupación
de células de Patio en Altura.
Fuente: Autor*

CAPÍTULO 5

5 Resultados, evaluación y selección

Los resultados obtenidos de las simulaciones se presentan a continuación en gráficas de líneas, las cuales permiten un análisis del comportamiento térmico y lumínico de cada espacio afectado de las viviendas. Posteriormente fueron evaluadas las tipologías de acuerdo a los resultados arrojados por las simulaciones, permitiendo así la selección de un tipo de vivienda con patio para la realización del diseño final.



5.1 Simulaciones

5.1.1 Simulación Térmica.

Los resultados arrojados por la simulación se analizaron a partir del método adaptativo ASHRAE 55-2010 Y de los siguientes parámetros, definidos a continuación:

- **Método de confort adaptativo (ASHRAE 55-2010):**

Para el desarrollo y análisis de las simulaciones térmicas de cada tipología de patio en altura, se tuvo en cuenta el método de confort adaptativo propuesto por ASHRAE 55, ya que se recomienda aplicar en espacios donde la actividad desarrollada alcance niveles de tasas metabólicas entre 1 y 1.3 MET y la vestimenta proporcione un clo. entre 0.5 y 1, en este caso la actividad residencial cumple esos niveles (Muñoz, 2012).

La diferencia entre este método y el modelo estático, radica en las acciones que ejecutan los usuarios y sus necesidades, ya que se tiene en cuenta que las personas realizan acciones como quitarse o ponerse ropa, que modifican su sensación de confort, además de poder adaptarse en función de las condiciones ambientales y psicológicamente puede cambiar su respuesta frente al factor térmico.

Para establecer las condiciones térmicas aceptables el método adaptativo define una zona de neutralidad térmica, generando valores límites diferentes para cada ubicación o lugar de estudio, ya que esta depende de la

temperatura exterior del lugar, por lo tanto, el método adaptativo afirma que la temperatura de neutralidad tiende a aumentar a medida que aumenta la temperatura exterior.

Por lo tanto, para el desarrollo de este método se tiene en cuenta estándares como: tasa metabólica, humedad, velocidad del aire, aislamiento por vestimenta y temperatura del aire y radiante, es decir, temperatura operativa.

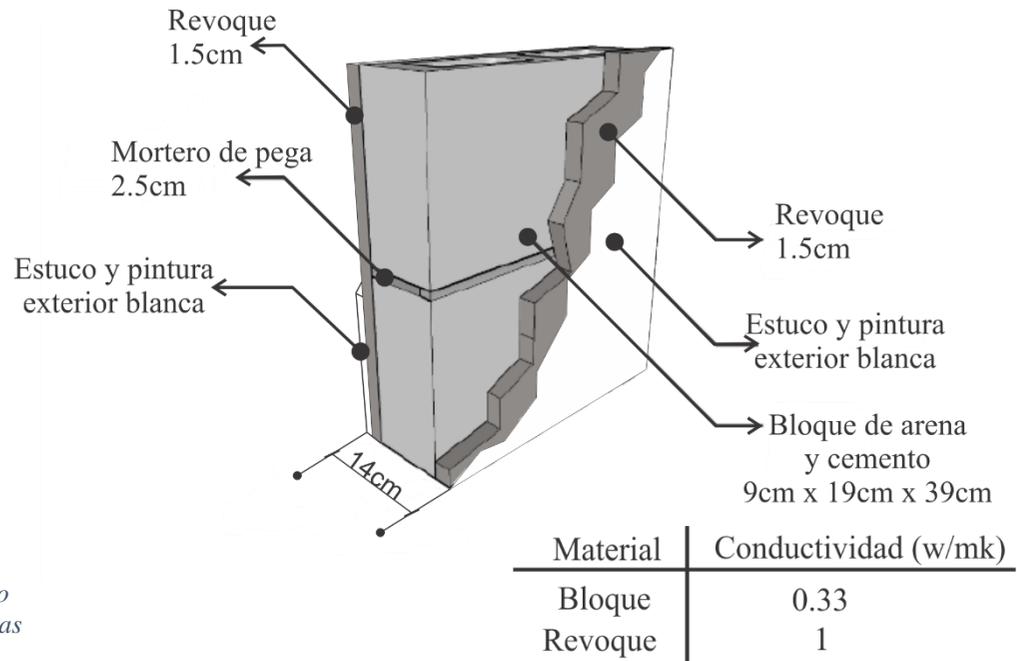
Para la estimación del confort adaptativo se tomaron en cuenta datos de grados hora de enfriamiento y porcentajes de horas de confort:

- **Grados hora de enfriamiento:** Es un parámetro que se concederá para definir estrategias de diseño, climatización natural o artificial y definición de la demanda de energía de la edificación. Se obtiene hallando las diferencias acumuladas de las temperaturas de cada hora del día con respecto a la temperatura neutra o de referencia (Freixanet, 2010).
- **Porcentaje de horas de confort:** Este parámetro refleja en porcentajes, la cantidad de horas del año en que la vivienda o el espacio específico analizado, se encuentra dentro de la zona de confort. Los resultados se procesaron teniendo en cuenta datos de temperatura operativa.

Zona de Confort: 24.9°C- 28.9°C

La simulación se realizó empleando el software DesignBuilder, se usaron las plantas piloto de cada tipología, se tuvo en cuenta el archivo

climático de la Ciudad de Montería y se dieron especificaciones de actividad según el uso de cada espacio y se consideró la siguiente materialidad para todos los casos (Ver Ilustración 47).



*Ilustración 47.
Composición de muro
y propiedades térmicas*

5.1.2 Simulación Lumínica.

Se empleó el software DIVA-for-Rhino para las simulaciones de iluminación natural y se tuvo en cuenta el porcentaje UDI entre 300 y 3000 lux de los espacios de Patio, zona social, comedor y alcoba principal en cada uno de los casos. Para ello se generó una malla de punto a 15cm sobre la superficie del suelo y de 40 cm de separación entre cada punto. Igual que en las

simulaciones térmicas el programa trabajo como base el un archivo climático de la ciudad de Montería.

UDI, Iluminación diurna alfil: Paradigma que se basa en una medida de la frecuencia con la que se utilizan las iluminaciones diurnas dentro de un rango. UDI está diseñado para ayudar a la interpretación de los análisis basándose en el clima, en datos meteorológicos por hora durante un período de un año completo (Mardaljevic, 2006).

5.2 Consideraciones para el análisis de resultados

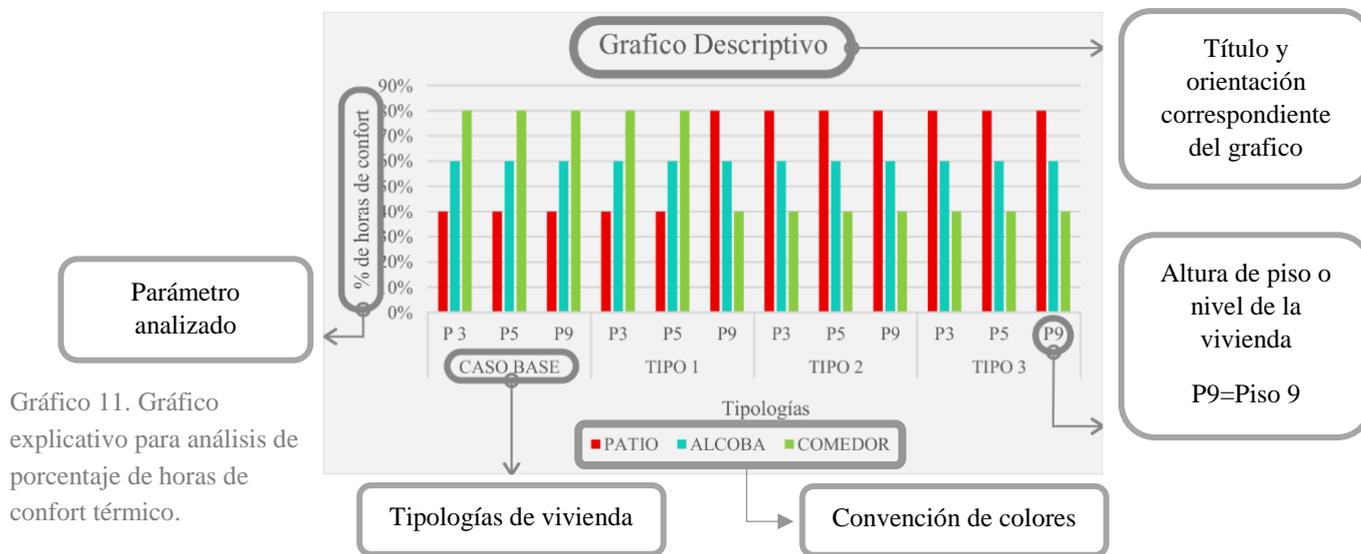
- Para analizar los resultados de las simulaciones, se compararon los espacios de zona social o patio, alcoba principal y comedor, estos dos últimos ya que el patio influía de manera directa.
- Se analizaron las diferentes orientaciones y alturas, teniendo en cuenta los resultados de horas de confort y UDI individualmente y cruzando las variables de iluminación y temperatura, como se observa en las siguientes gráficas.
- El porcentaje de grados horas de enfriamiento se estableció definiendo como 100% el mayor número de grados hora arrojado por las simulaciones de todas las tipologías evaluadas (En este caso correspondió al tipo 1, patio a dos fachadas, en el piso 9 orientación oeste).
- La inserción de patios en la tipología del caso base crea patios o zonas sociales integradas al área de comedor o independientes, por lo tanto, para la comparación del comportamiento del espacio de comedor entre una tipología y otra se tomó el resultado del patio o área social para ambos espacios en las viviendas de Caso Base y Tipo 1 (Patio a dos fachadas).

- Se realizaron dos tipos de simulación la primera no consideraba el uso de estrategias bioclimáticas y la segunda aplicaba estrategia bioclimática de sombreado.

5.3 Resultados de simulación sin aplicación de estrategia de sombreado

El primer análisis de resultados se realizó teniendo en cuenta las tipologías determinadas sin aplicar los parámetros o estrategias obtenidas en la caracterización climática (Ver Gráfico 11).

Se analizaron datos de porcentaje de cantidad de horas de Confort, porcentaje de grados hora de enfriamiento y UDI (300-3000).



• **Orientación Norte.**

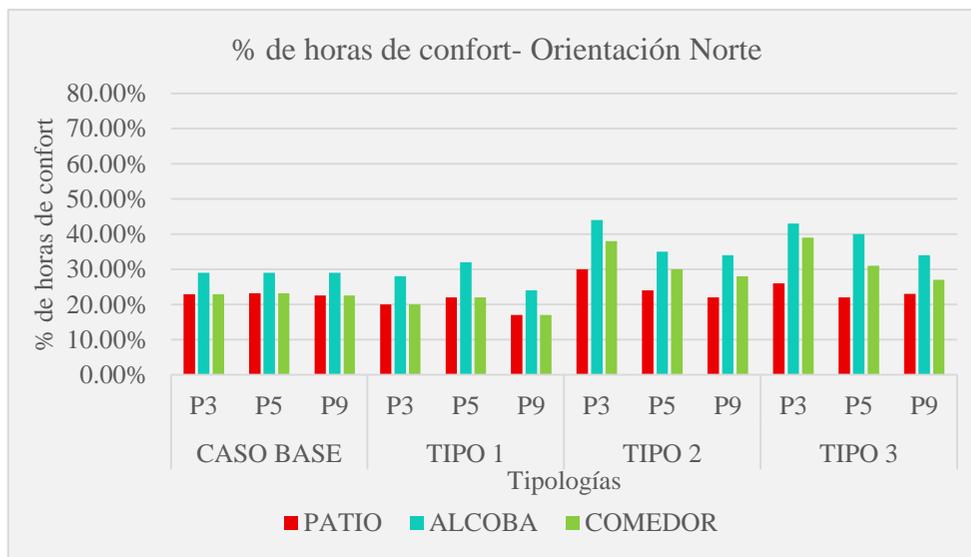


Gráfico 12. Gráfico de resultado, porcentaje de horas de confort térmico en la orientación Norte.

• **Orientación Sur**

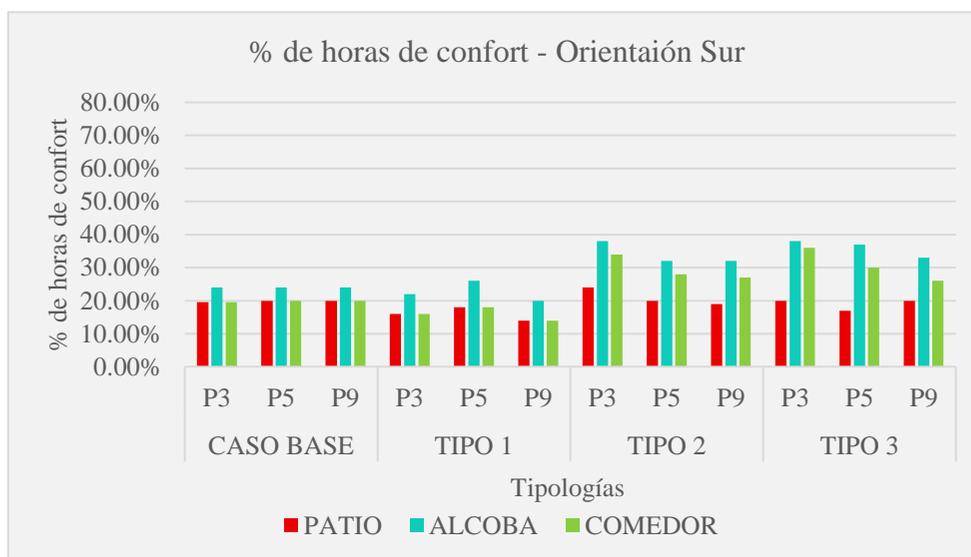


Gráfico 13. Gráfico de resultado, porcentaje de horas de confort térmico en la orientación Sur.

• **Orientación Este**

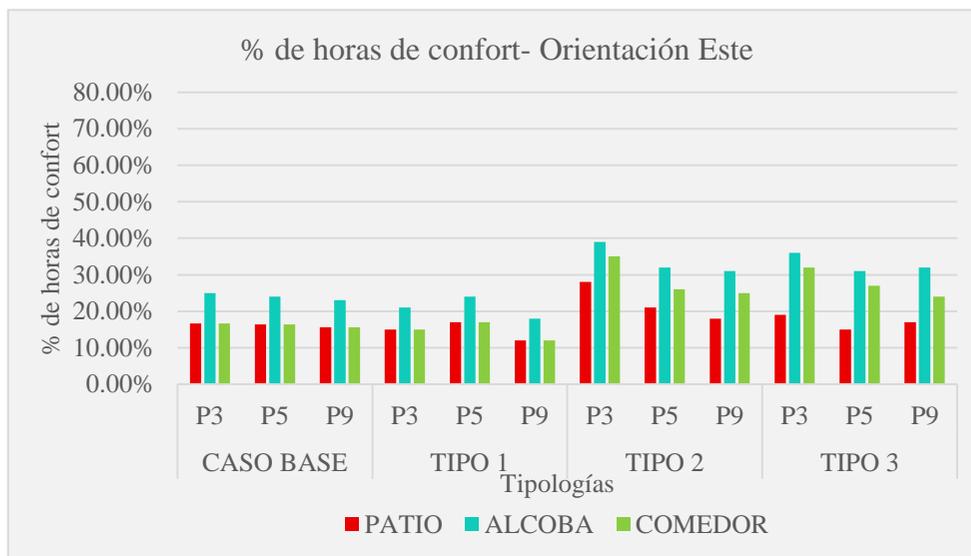


Gráfico 14. Gráfico de resultado, porcentaje de horas de confort térmico en la orientación Este.

• **Orientación Oeste**

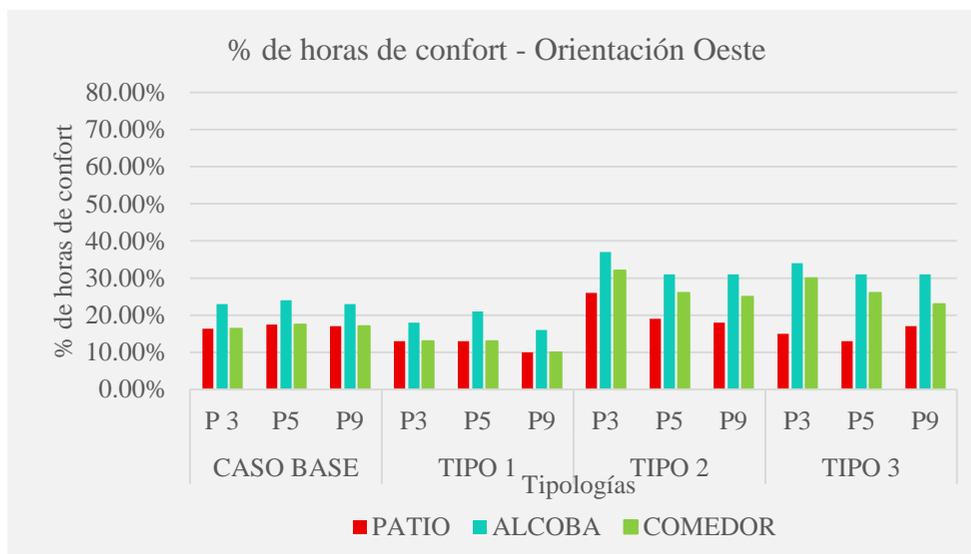


Gráfico 15. Gráfico de resultado, porcentaje de horas de confort térmico en la orientación Oeste.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos por las simulaciones, se observó que: la orientación norte presentó los resultados de porcentaje de horas de confort térmico más óptimo para todas las tipologías, en especial para las tipologías 2 y 3 donde el espacio de alcoba sobre pasa el 40%; y que la orientación oeste presentó el comportamiento menos óptimo del caso base, además del menor aumento de horas de confort en la vivienda al ser insertado el patio en altura.

Analizando los comportamientos de cada espacio, en los pisos simulados, de cada una de las tipologías en la orientación **norte** se evidenció lo siguiente (Ver Gráfico 12):

- La tipología 3 (Patio en Altura Central) presentó el mayor incremento (5,87%) en el porcentaje de horas en confort respecto al caso base en el piso 5.
- La tipología 2 (Patio LeCorbusieriano) presentó el mayor incremento (12,35%) en el porcentaje de horas en confort respecto al caso base en el piso 3.
- En el piso 9 las tipologías 2 y 3 presentaron el mejor comportamiento respecto al caso base, logrando ambas un incremento en el porcentaje de horas en confort del 3,30%.
- A nivel general la tipología 3 (Patio en Altura Central) y la tipología 2 (Patio LeCorbusieriano) presentaron igual porcentaje de optimización siendo este el más alto (6.73%).

Analizando los comportamientos de cada espacio, en los pisos simulados, de cada una de las tipologías en la orientación **sur** se evidenció lo siguiente (Ver Gráfico 13):

- La tipología 3 (Patio en Altura Central) presentó el mayor incremento en el porcentaje de horas en confort respecto al caso base en los pisos 5 y 9, siendo estos de un 5,02% y 6,72% respectivamente.
- La tipología 2 (Patio LeCorbusieriano) presentó el mayor incremento (10,97%) en el porcentaje de horas en confort respecto al caso base en el piso 3.
- En general, la tipología 3 presentó el mejor comportamiento respecto al caso base, teniendo esta un incremento del 7,35% de horas en confort.

Analizando los comportamientos de cada espacio, en los pisos simulados, de cada una de las tipologías en la orientación **este** se evidenció lo siguiente (Ver Gráfico 14):

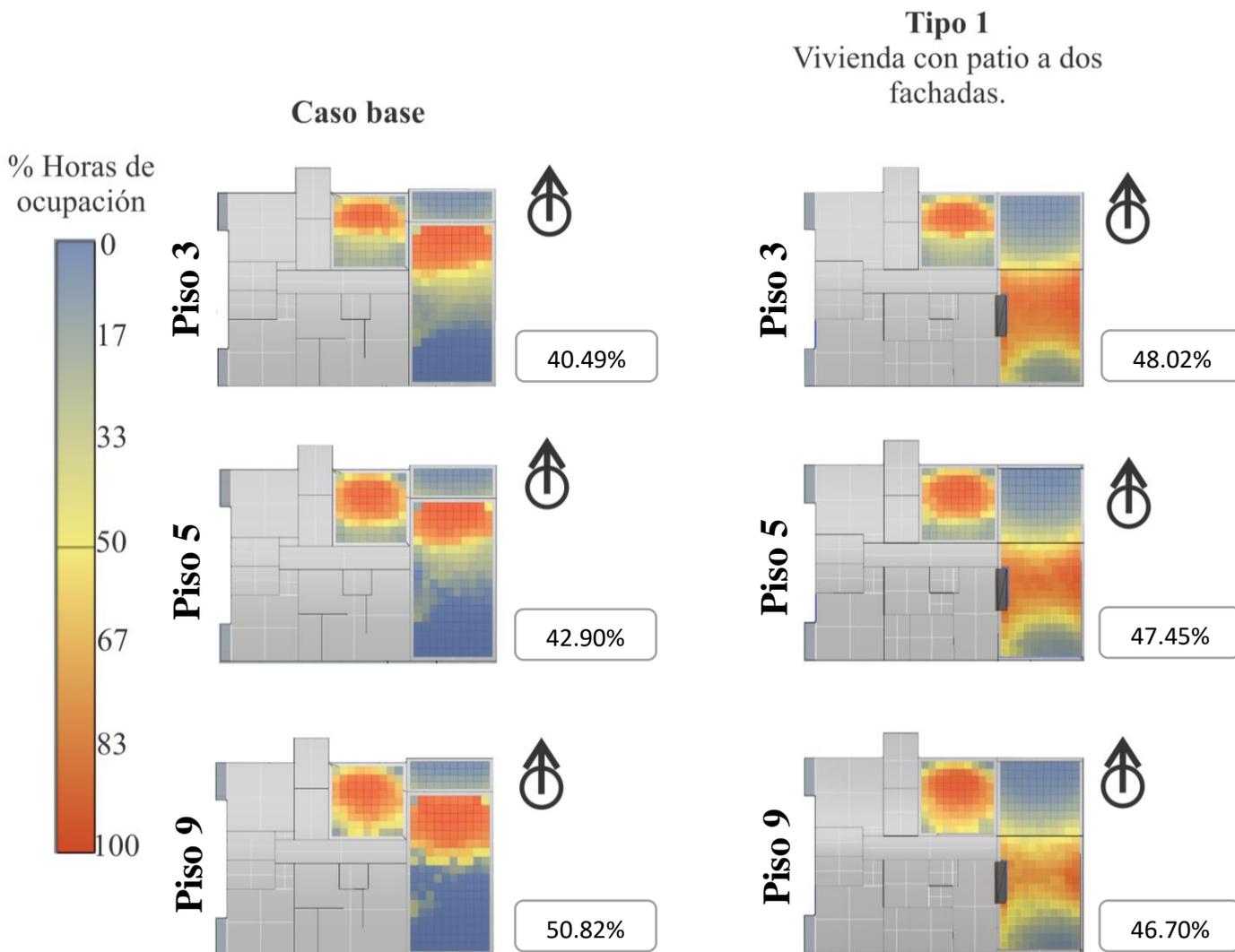
- La tipología 2 (Patio LeCorbusieriano) presentó el mayor incremento en el porcentaje de horas en confort respecto al caso base en los pisos 3, 5 y 9, siendo estos de un 14,58%, 7,41% y 6,57% respectivamente.
- La tipología 2 presentó el mejor comportamiento respecto al caso base, teniendo esta un incremento del 7,35% de horas en confort.

Analizando los comportamientos de cada espacio, en los pisos simulados, de cada una de las tipologías en la orientación **Oeste** se evidenció lo siguiente (Ver Gráfico 15):

- La tipología 2 (Patio LeCorbusieriano) presentó el mayor incremento en el porcentaje de horas en confort respecto al caso base en los pisos 3, 5 y 9, siendo estos de un 13,07%, 5,69% y 5,61% respectivamente.
- La tipología 2 (Patio LeCorbusieriano) presentó el mejor comportamiento respecto al caso base teniendo esta un incremento de 18.13% de horas en confort.

5.3.1 UDI (300-300 Lux)

- Orientación Norte



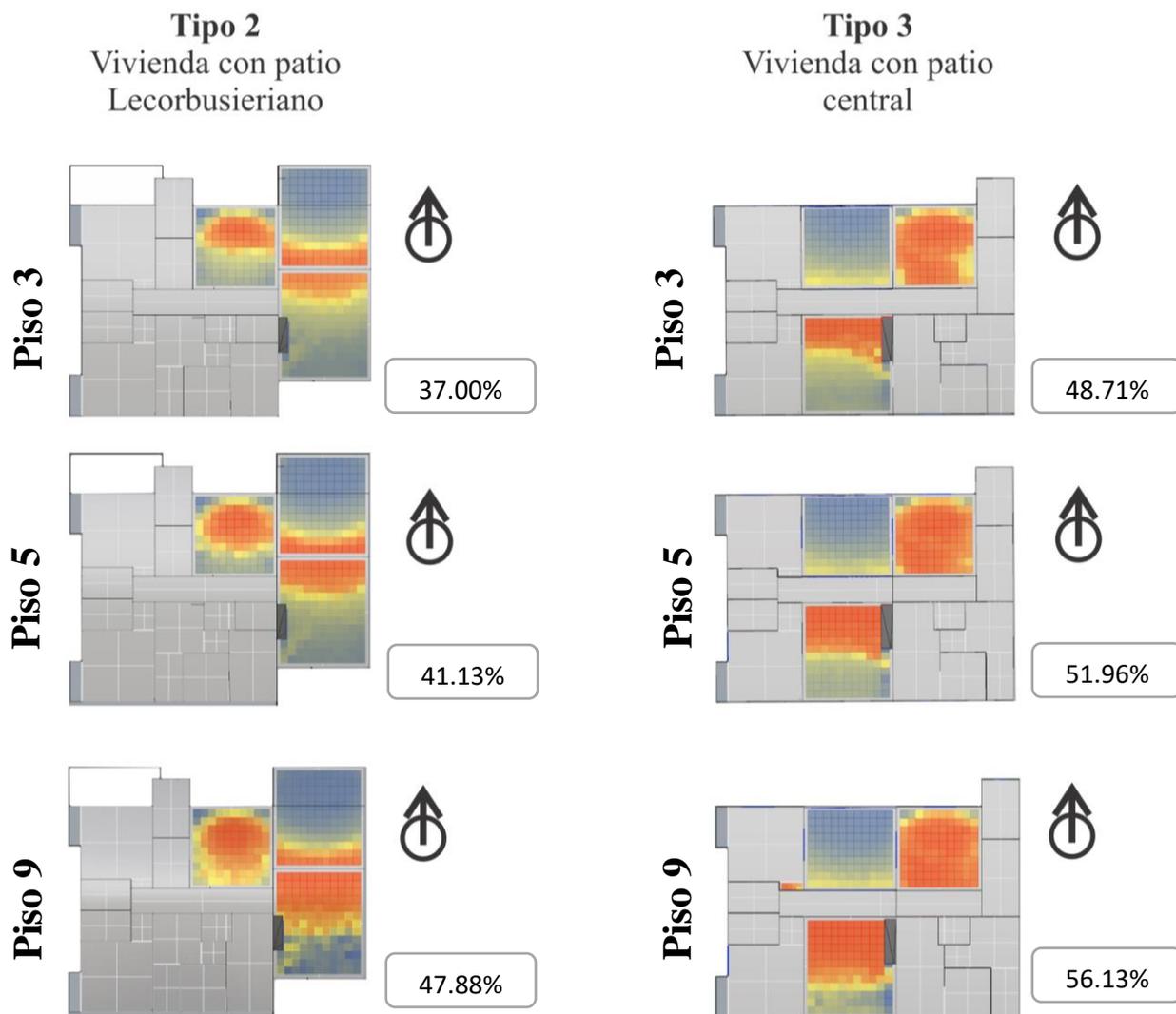
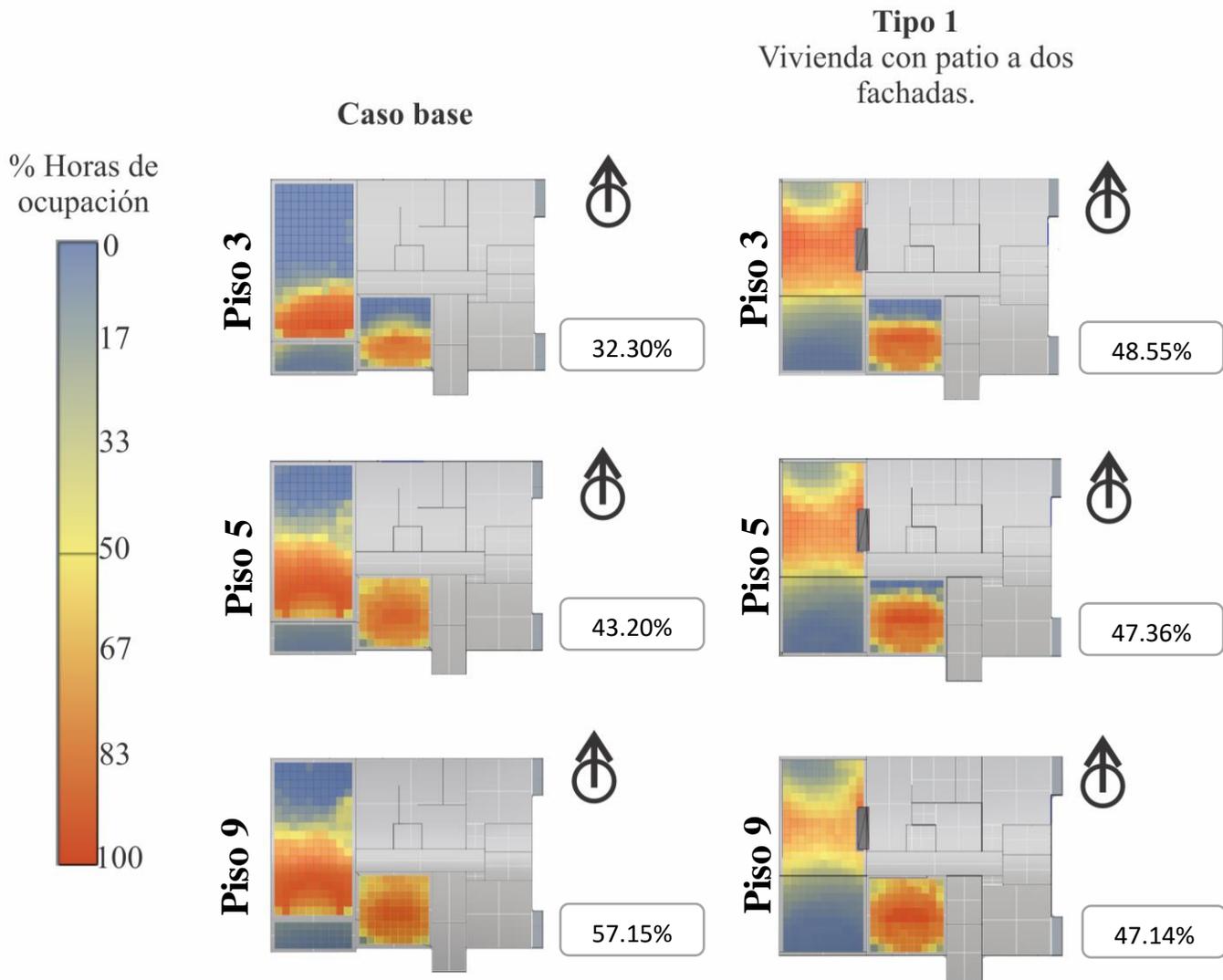


Tabla 4. Tabla comparativa de porcentaje de horas de ocupación UDI para cada tipología en los diferentes pisos de la orientación Norte

• **Orientación sur**



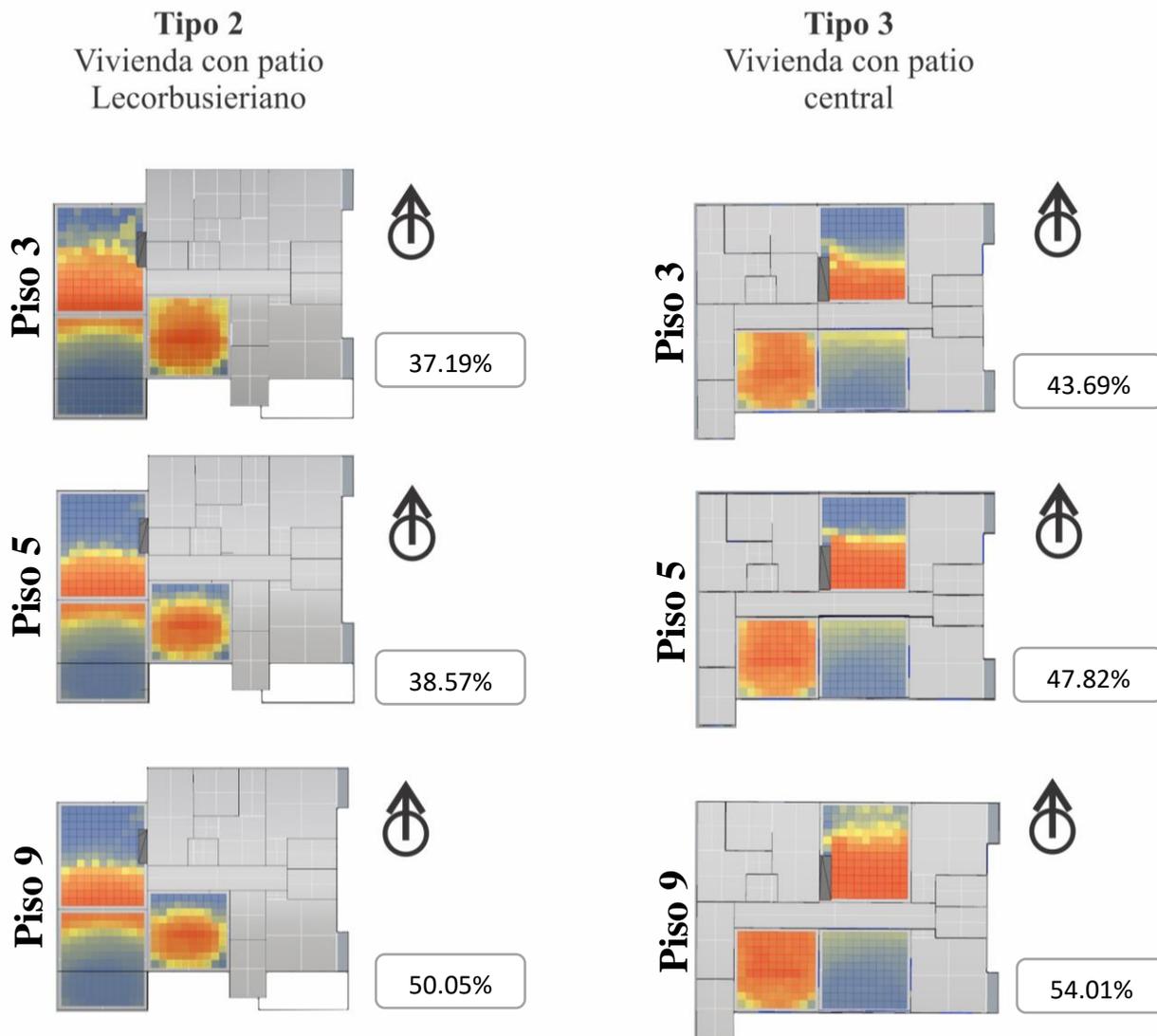
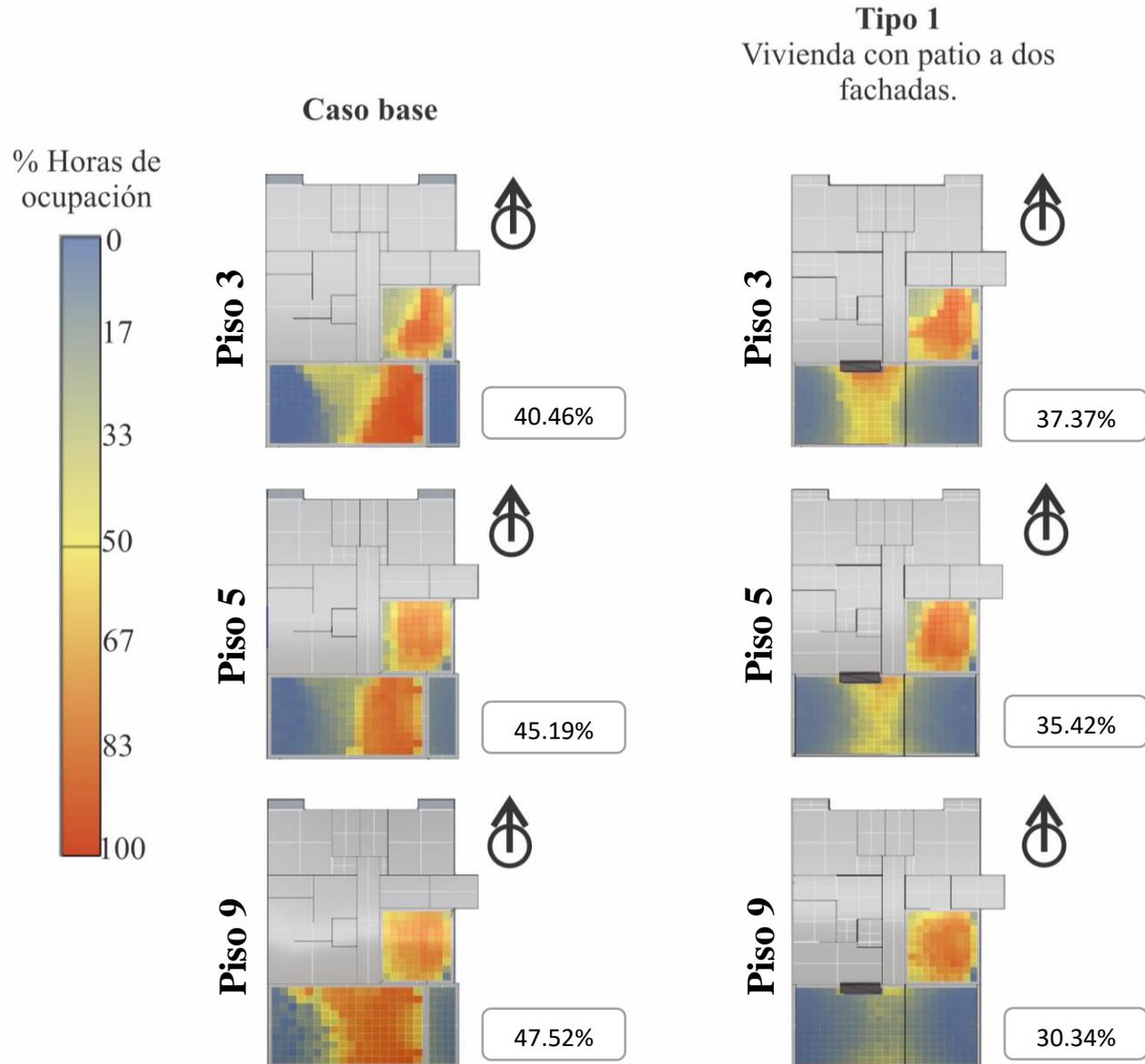


Tabla 5. Tabla comparativa de porcentaje de horas de ocupación UDI para cada tipología en los diferentes pisos de la orientación Sur

• **Orientación Este**



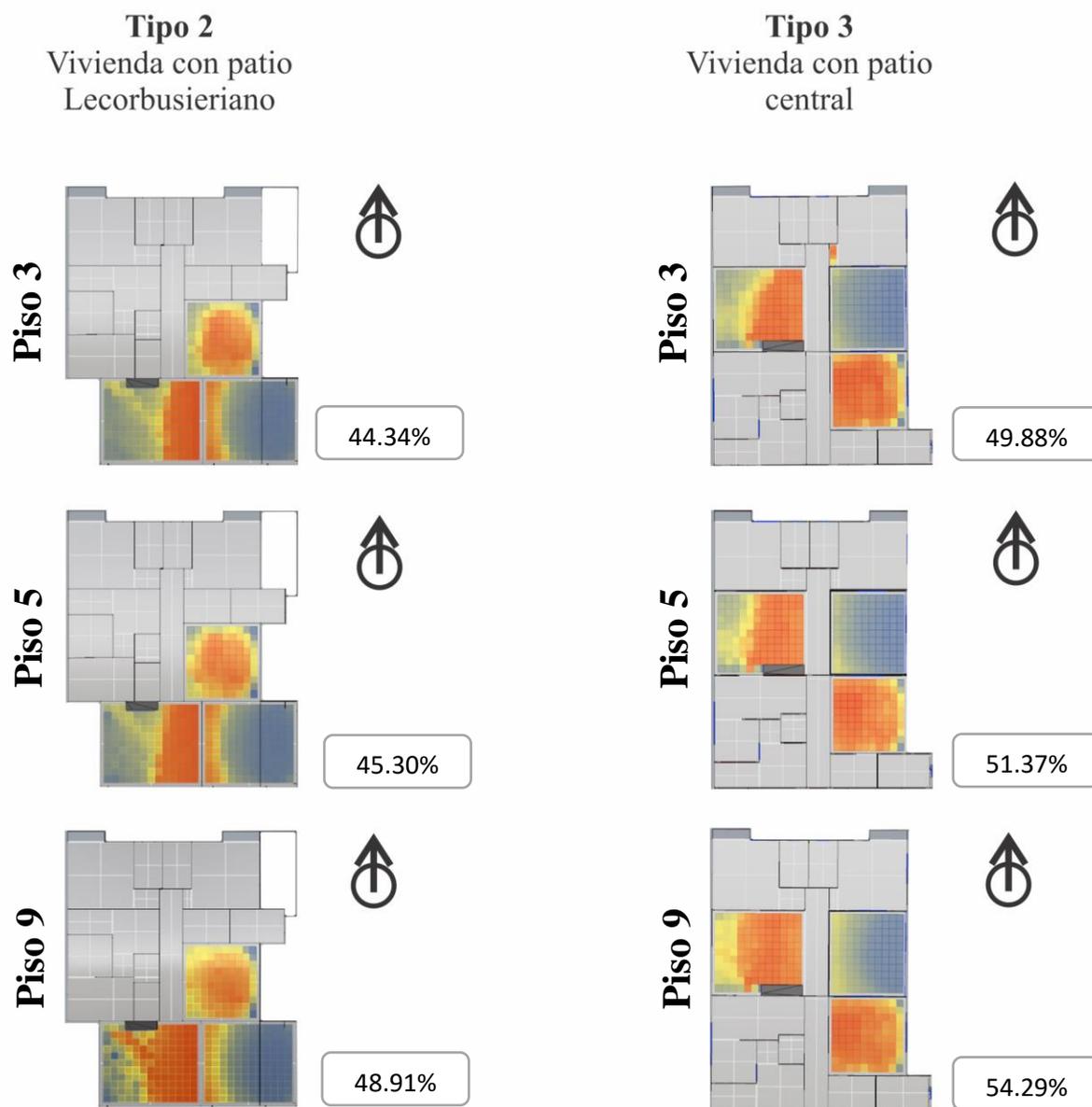
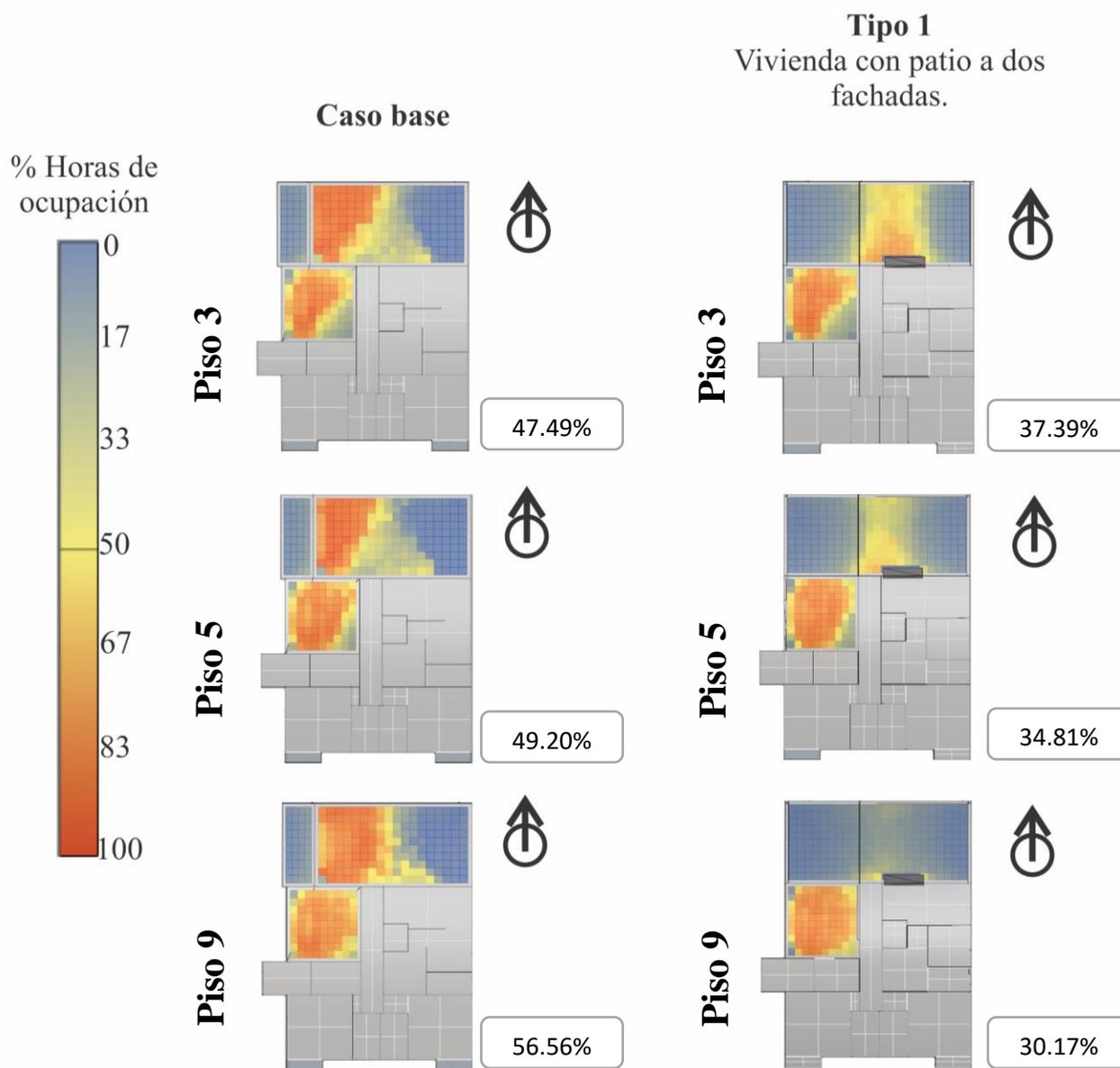


Tabla 6. Tabla comparativa de porcentaje de horas de ocupación UDI para cada tipología en los diferentes pisos de la orientación Este

• **Orientación Oeste**



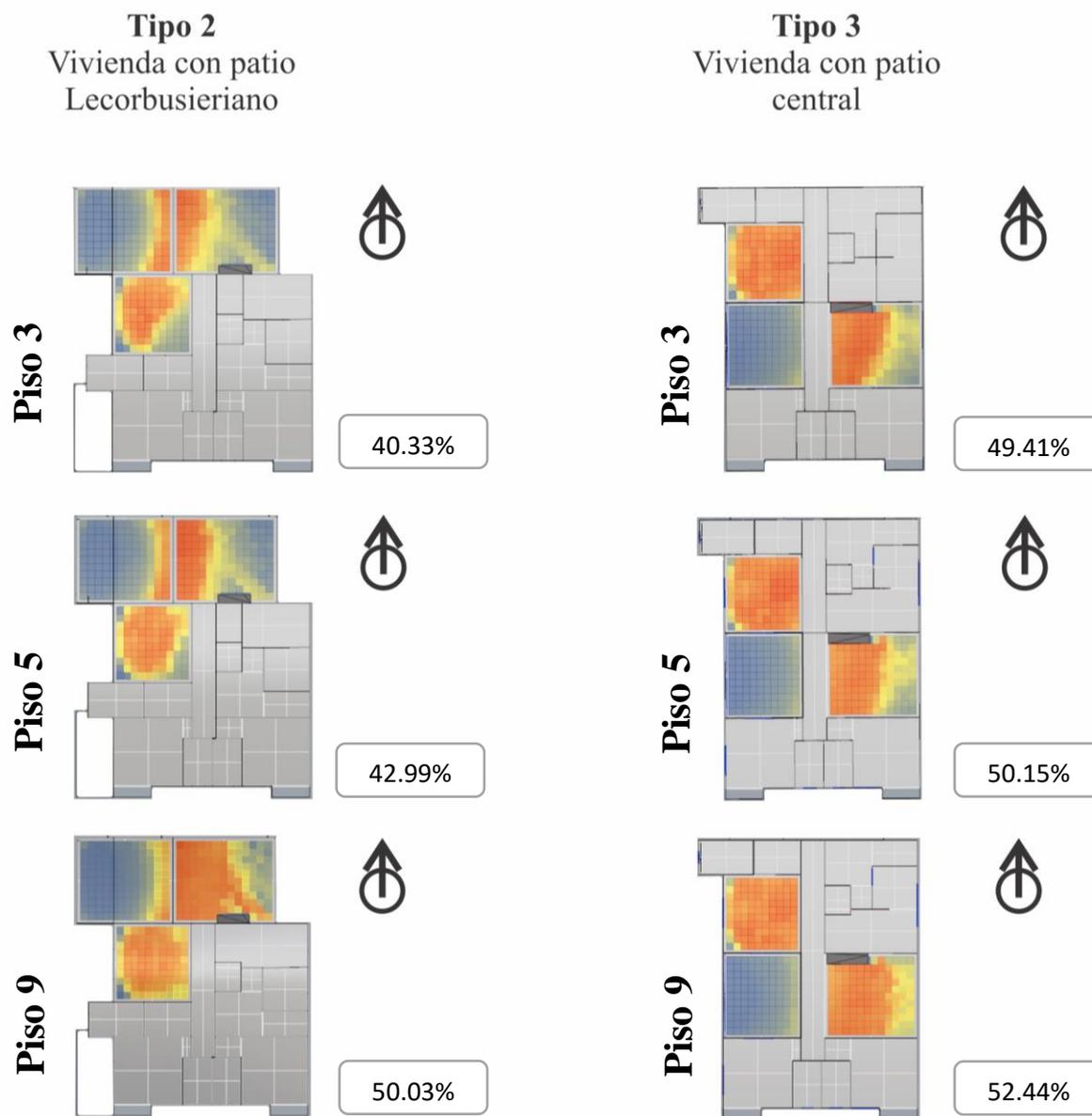


Tabla 7. Tabla comparativa de porcentaje de horas de ocupación UDI para cada tipología en los diferentes pisos de la orientación Oeste.

5.3.2 Grados hora de Enfriamiento vs UDI (300-3000 lux).

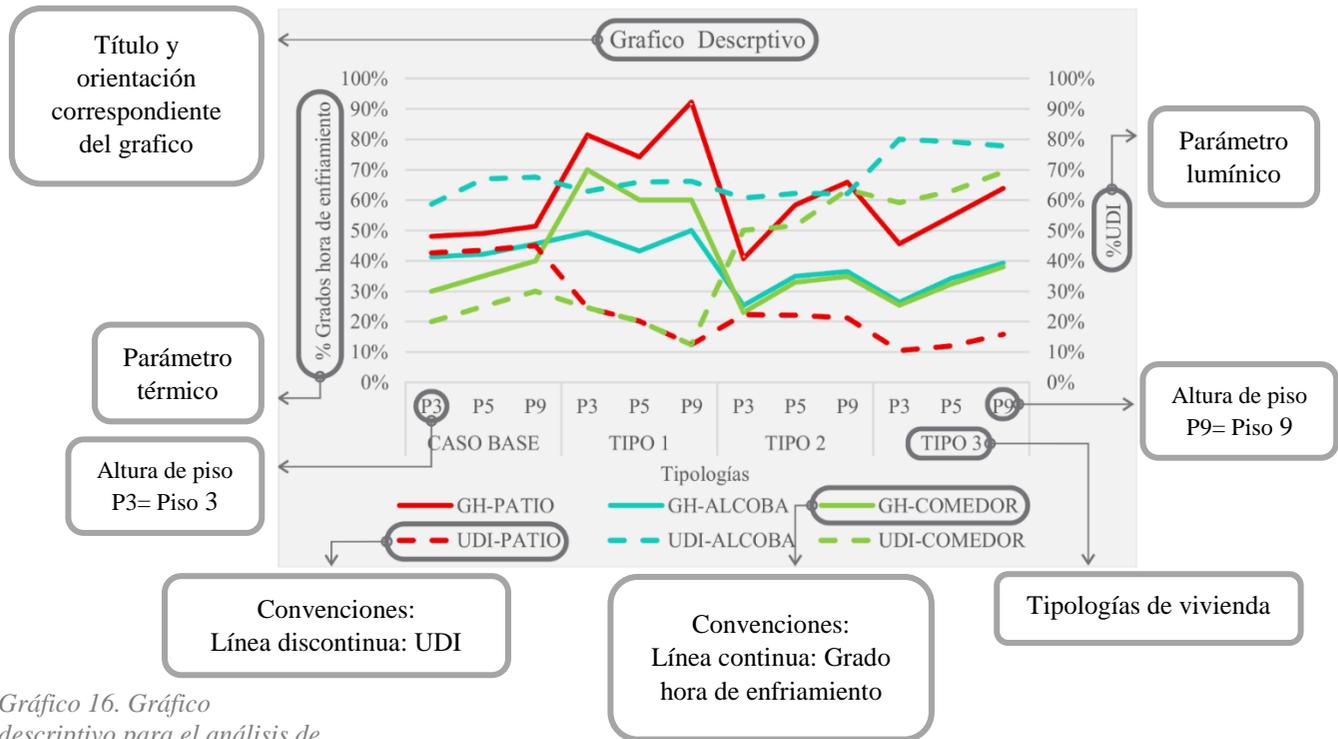


Gráfico 16. Gráfico descriptivo para el análisis de porcentajes de horas de confort térmico.

Grados hora de enfriamiento: Se considera mayor optimización térmica cuando el resultado presenta el menor valor porcentual.

UDI (300-3000): Se considera mayor optimización lumínica cuando el resultado muestra el mayor valor porcentual.

● **Orientación Norte**
Iluminación y Temperatura

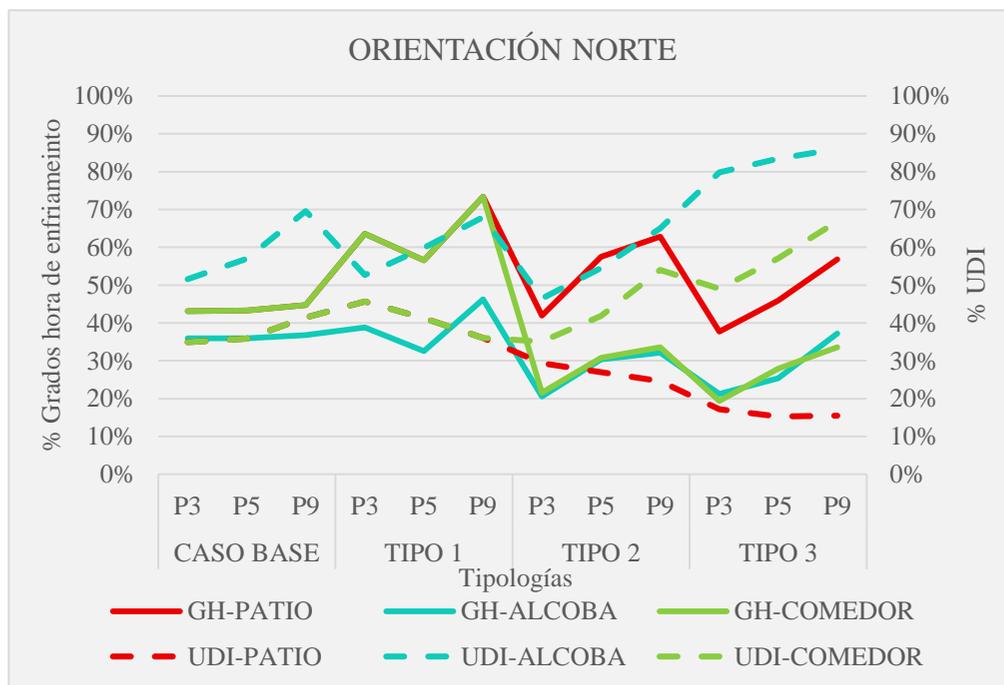
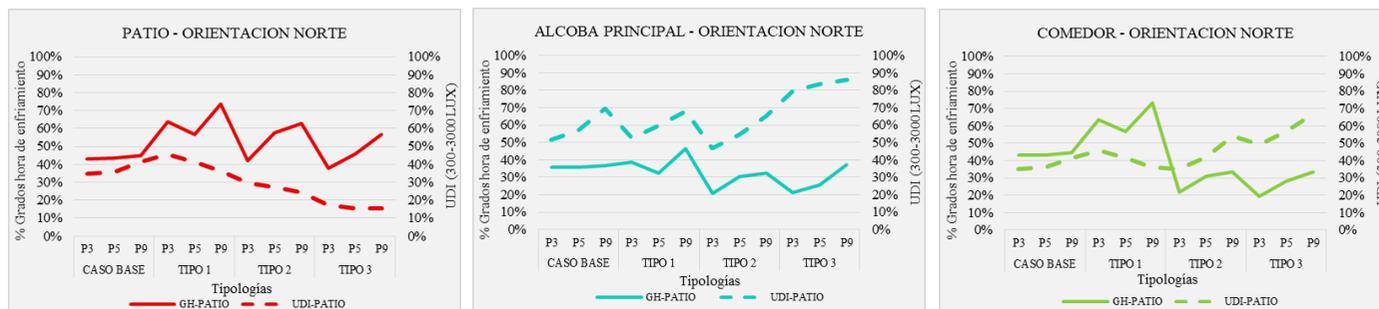


Gráfico 17. Gráfico comparativo de resultados de porcentaje UDI y grados hora de enfriamiento para la orientación Norte.

● **Orientación Sur**
Iluminación y Temperatura

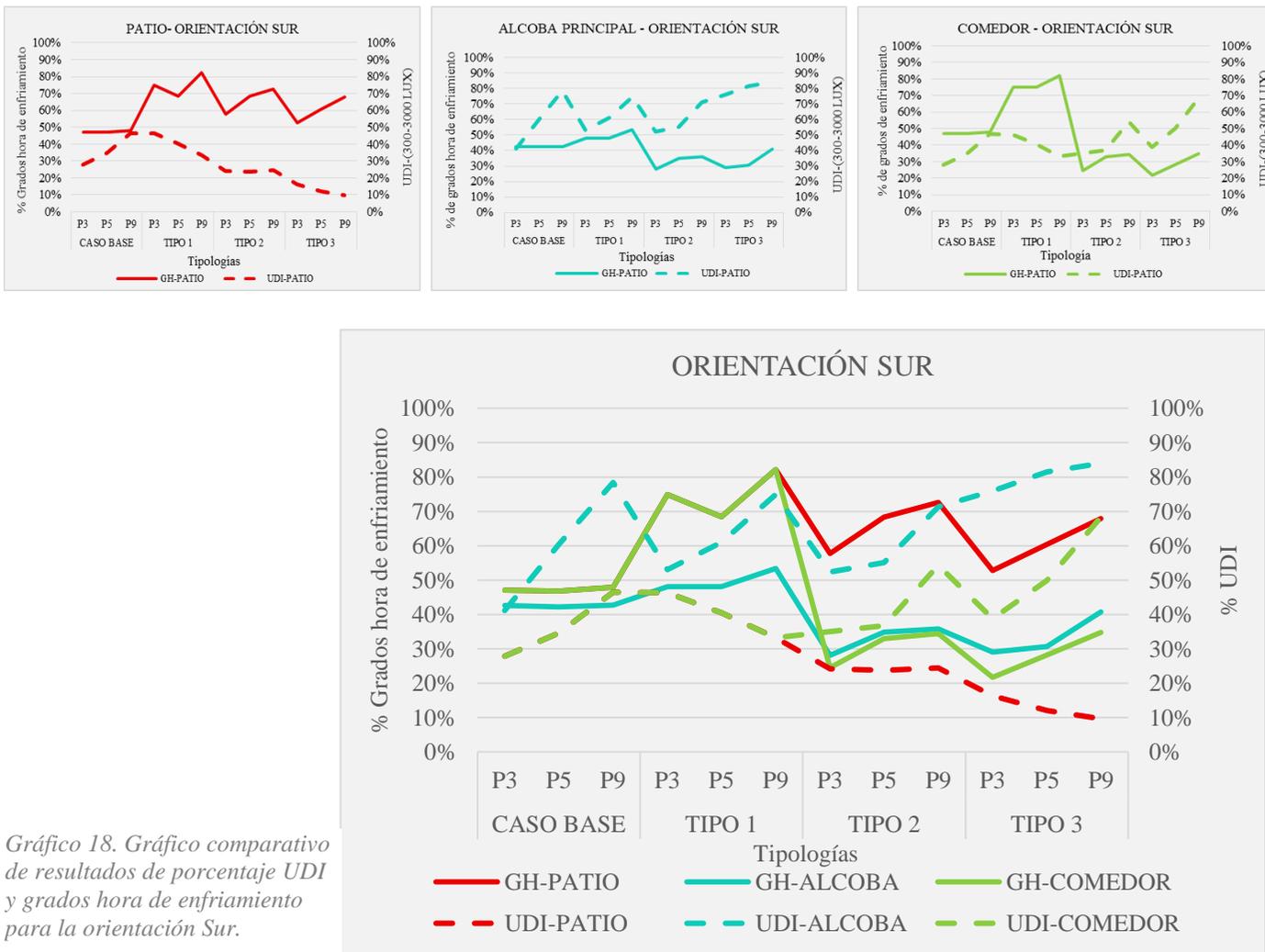


Gráfico 18. Gráfico comparativo de resultados de porcentaje UDI y grados hora de enfriamiento para la orientación Sur.

• **Orientación Este**
Iluminación y Temperatura

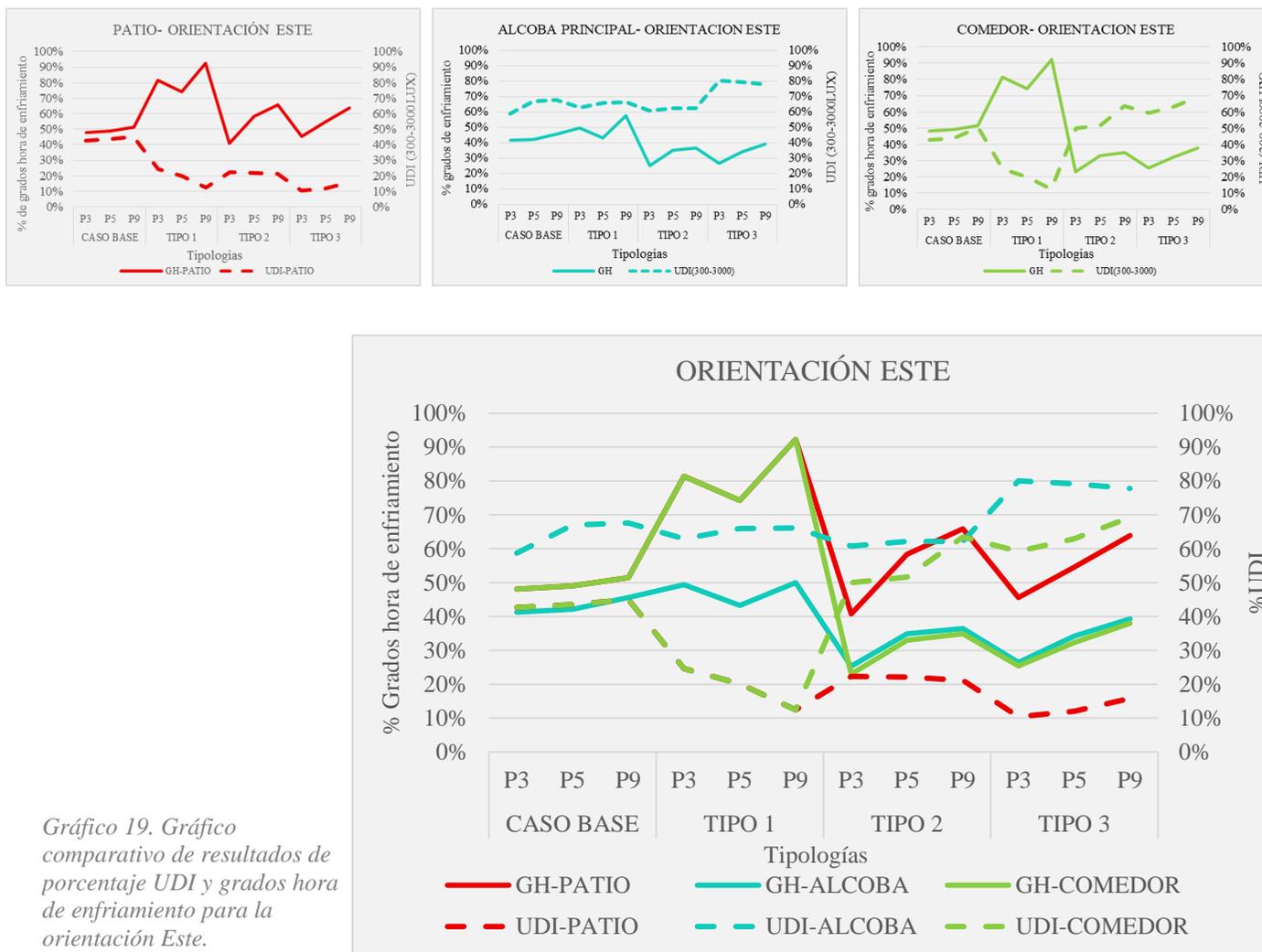


Gráfico 19. Gráfico comparativo de resultados de porcentaje UDI y grados hora de enfriamiento para la orientación Este.

● **Orientación Oeste**
Iluminación y Temperatura

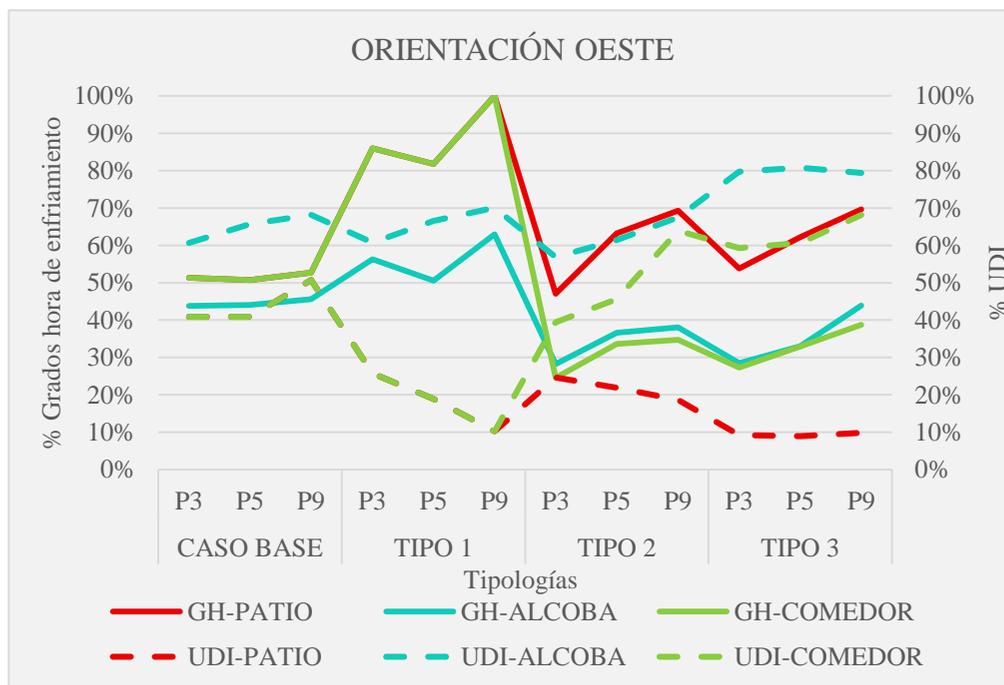
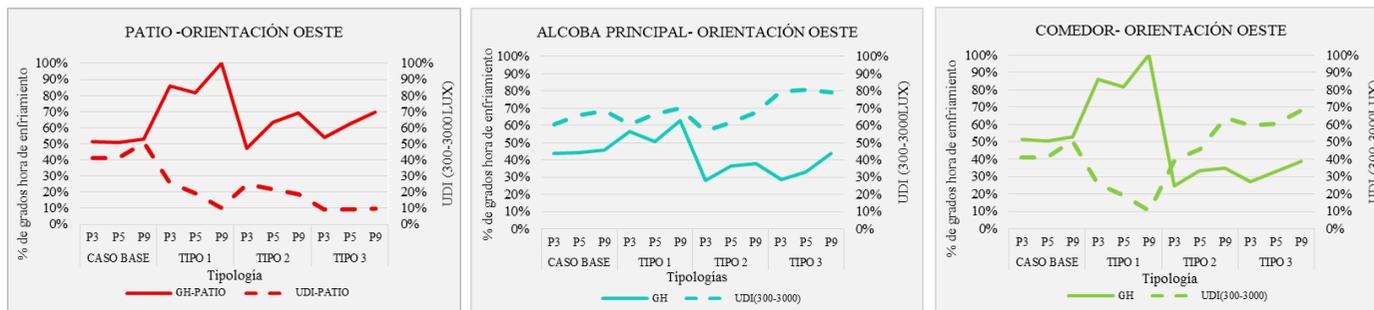


Gráfico 1. Gráfico comparativo de resultados de porcentaje UDI y grados hora de enfriamiento para la orientación Oeste

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos por las simulaciones, se observó que: el porcentaje de grados hora de enfriamiento que alcanzó mayor disminución correspondió a la orientación norte en las tipologías dos y tres donde el área de patio no sobrepasa el 60% y las áreas de alcoba y comedor no superan el 40% de grados hora. Mientras que la iluminación logró mayor porcentaje UDI en las orientaciones sur y norte para todos los pisos, teniendo en cuenta que debido al no uso de estrategias de sombra la infiltración solar fue mucho mayor y el porcentaje UDI de luz entre 300-3000 disminuyó porque los lux encontrados en las áreas, en especial la zona de patio son mayores a este rango.

Analizando los comportamientos térmicos y lumínicos de cada espacio, en los pisos simulados, de cada una de las tipologías en la orientación **norte** se evidenció lo siguiente (Ver Gráfico 17):

- La tipología 3 (Patio Central) presentó la mayor reducción en el porcentaje de grados hora respecto al caso base en los pisos 3, 5 y 9, siendo esta reducción de un 14,58%, 7,41% y 6,57% respectivamente.
- La tipología 3 presentó el mejor comportamiento en grados hora y UDI respecto al caso base, teniendo esta una disminución del 7,31% de grados hora, y un incremento de luz útil diurna de un 7,53%.
- Los porcentajes de UDI de la zona social o patio son siempre más óptimos en el caso base que en las tipologías de patio propuestas, sin embargo, para los espacios de alcoba y comedor si se presenta incremento del porcentaje de luz útil.

Analizando los comportamientos térmicos y lumínicos de cada espacio, en los pisos simulados, de cada una de las tipologías en la orientación **sur** se evidenció lo siguiente (Ver Gráfico 18):

- La tipología 3 (Patio Central) presentó la mayor reducción en el porcentaje de grados hora respecto al caso base en los pisos 3, 5 y 9, siendo esta reducción de un 11,08%, 5,54% y 1,63% respectivamente.
- La tipología 3 presentó el mejor comportamiento en grados hora y UDI respecto al caso base, teniendo esta una disminución del 5,00% de grados hora, y un incremento de luz útil diurna de un 4,29%

Analizando los comportamientos térmicos y lumínicos de cada espacio, en los pisos simulados, de cada una de las topologías en la orientación **Este** se evidenció lo siguiente (Ver Gráfico 19):

- La tipología 2 (Patio LeCorbusieriano) presentó la mayor reducción en el porcentaje de grados hora respecto al caso base en los pisos 3, siendo esta reducción de un 10,12%. En los pisos 5 y 9 no se observó variación significativa en los porcentajes de las tipologías con el caso base.
- La tipología 2 presentó el mejor comportamiento en grados hora respecto al caso base, teniendo esta una disminución del 3,34% de grados hora.
- La tipología 3 presentó el mejor comportamiento UDI respecto al caso base, mostrando un incremento de luz útil diurna de un 7,46%.
- Los porcentajes de UDI de la zona social o patio son siempre más óptimos en el caso base que en las tipologías de patio propuestas, sin

embargo, para los espacios de alcoba y comedor si se presenta incremento del porcentaje de luz útil.

Analizando los comportamientos térmicos y lumínicos de cada espacio, en los pisos simulados, de cada una de las tipologías en la orientación **Oeste** se evidenció lo siguiente (Ver Gráfico 20):

- La tipología 2 (Patio LeCorbusieriano) presentó la mayor reducción en el porcentaje de grados hora respecto al caso base en los pisos 3 y 9, siendo esta reducción de un 15,54% y 2,93% respectivamente.
- La tipología 3 (Patio Central) presentó el mejor comportamiento de grados hora respecto al caso base en el piso 5, teniendo esta una disminución del 5,76% de grados hora.
- La tipología 2 presentó el mejor comportamiento de grados hora respecto al caso base, teniendo esta una disminución general del 7,5% de grados hora.
- Los porcentajes de UDI de la zona social o patio son siempre más óptimos en el caso base que en las tipologías de patio propuestas, sin embargo, para los espacios de alcoba y comedor si se presenta incremento del porcentaje de luz útil.
- A nivel general no se observó variación significativa en los porcentajes de grados hora de cada una de las tipologías respecto al caso base.

5.4 Resultados de simulación con aplicación de elementos de sombreado

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en los patios con las primeras simulaciones sin aplicación de estrategias y la importancia que se le ha dado según la bibliografía estudiada al sombreado de patios en climas cálido, húmedo, se diseñaron protecciones solares que funcionaran de igual manera para todas las tipologías y se simularon en los mismos pisos y orientaciones. Las protecciones se observan en la figura 68.

Los cortasoles se diseñaron en base a un ángulo de protección de 40° teniendo en cuenta que las temperaturas más altas se presentaron para las horas entre 10:00 y 16:30 durante todo el año (Ver Ilustración 48).

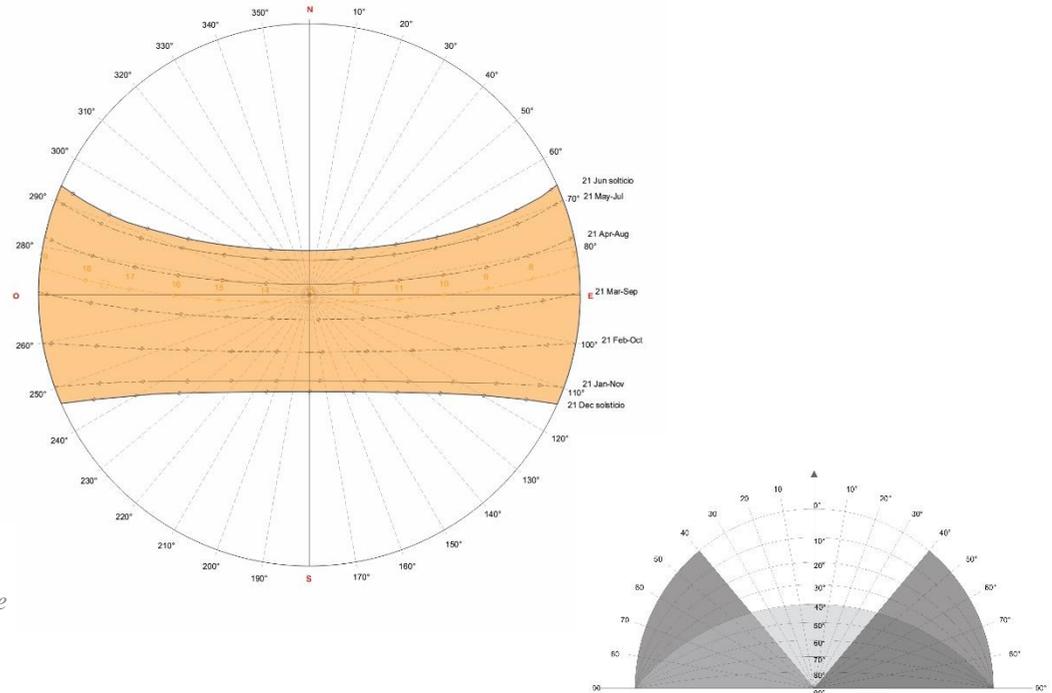


Ilustración 48. Diagrama solar de la ciudad de Montería y transportador de sombras con marcación de ángulo de 40° .

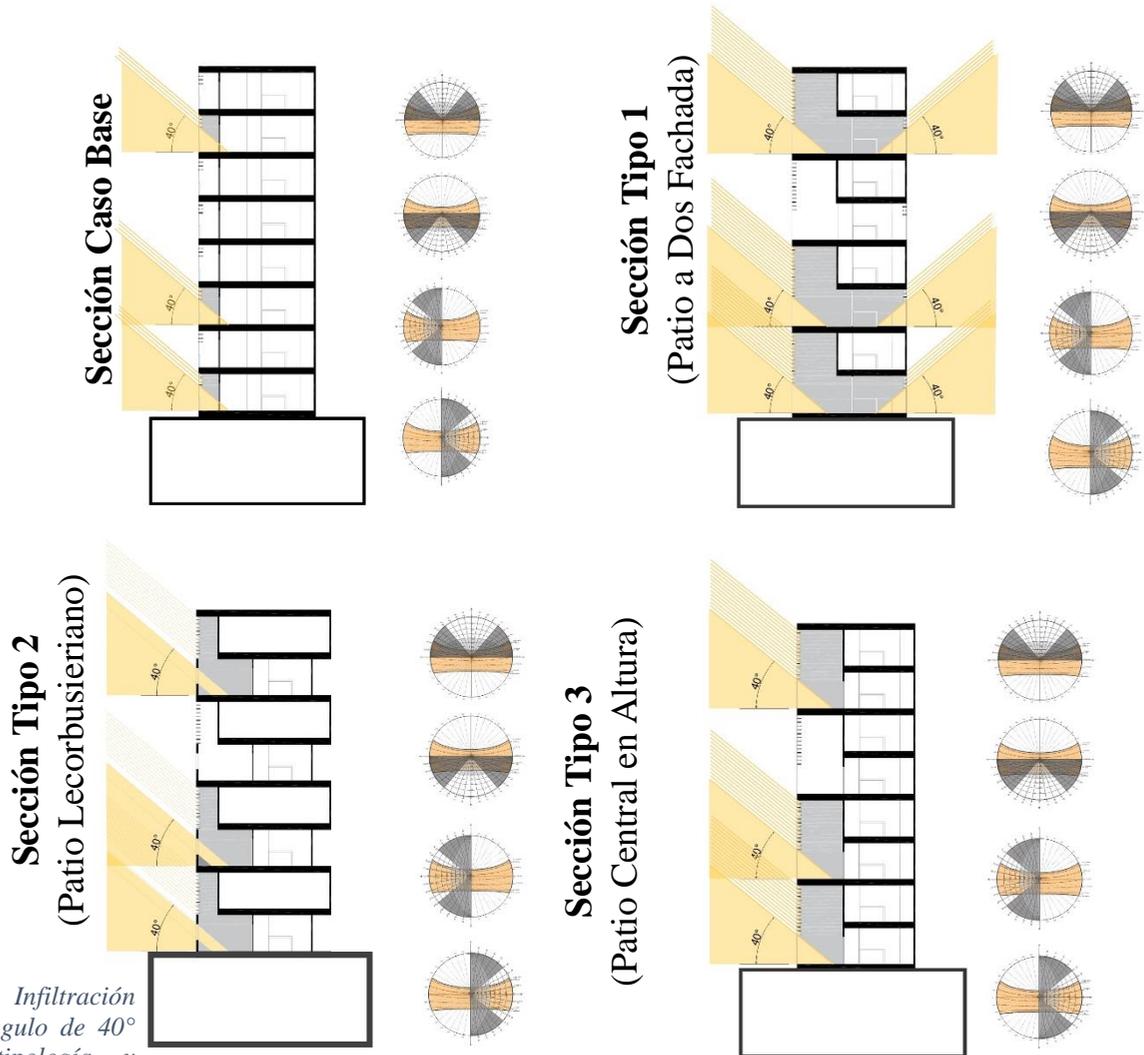


Ilustración 49. Infiltración solar en un ángulo de 40° para cada tipología y diagrama solar y de sombra en cada orientación.

- Las protecciones diseñadas para todos los casos tenían una dimensión de 40cmx 5cm, distanciadas a 20 cm, respetando una altura libre de protecciones de 2.2 m en cada tipología (Ver Ilustración 49).

5.4.1 Horas de Confort.

- **Orientación Norte**

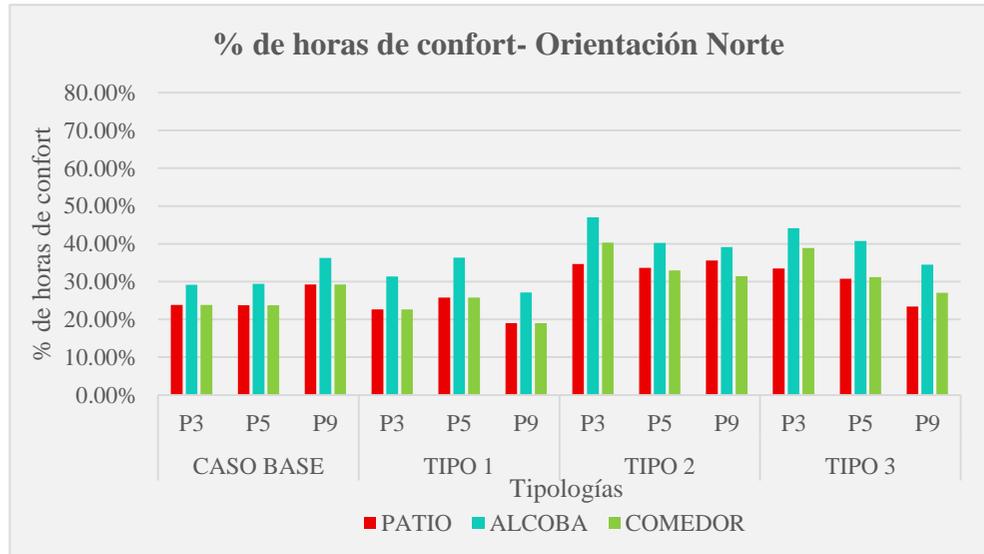


Gráfico 20. Gráfico de resultado, porcentaje de horas de confort térmico en la orientación Norte. (Con estrategia de sombreado).

- **Orientación Sur**

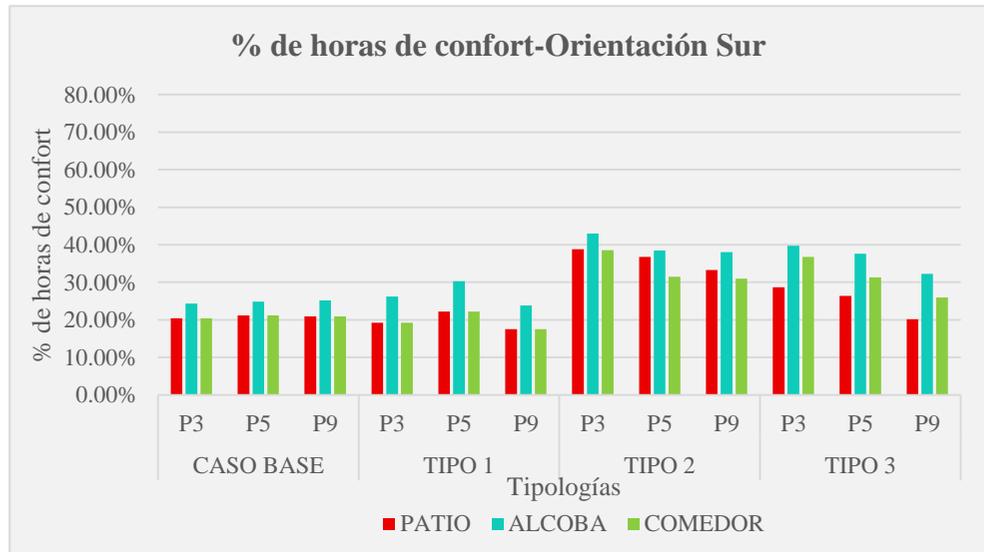


Gráfico 21. Gráfico de resultado, porcentaje de horas de confort térmico en la orientación Sur. (Con estrategia de sombreado).

• **Orientación Este**

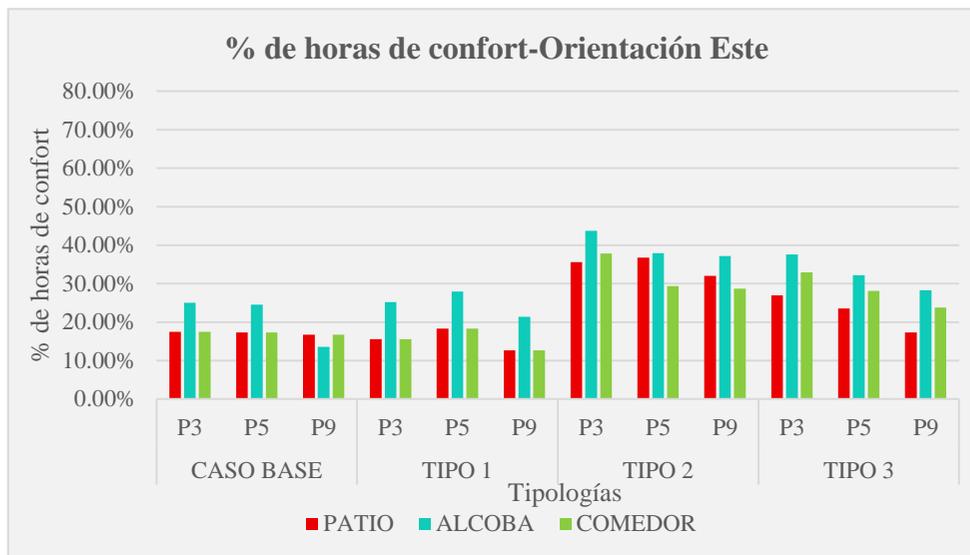


Gráfico 22. Gráfico de resultado, porcentaje de horas de confort térmico en la orientación Este. (Con estrategia de sombreado).

• **Orientación Oeste**

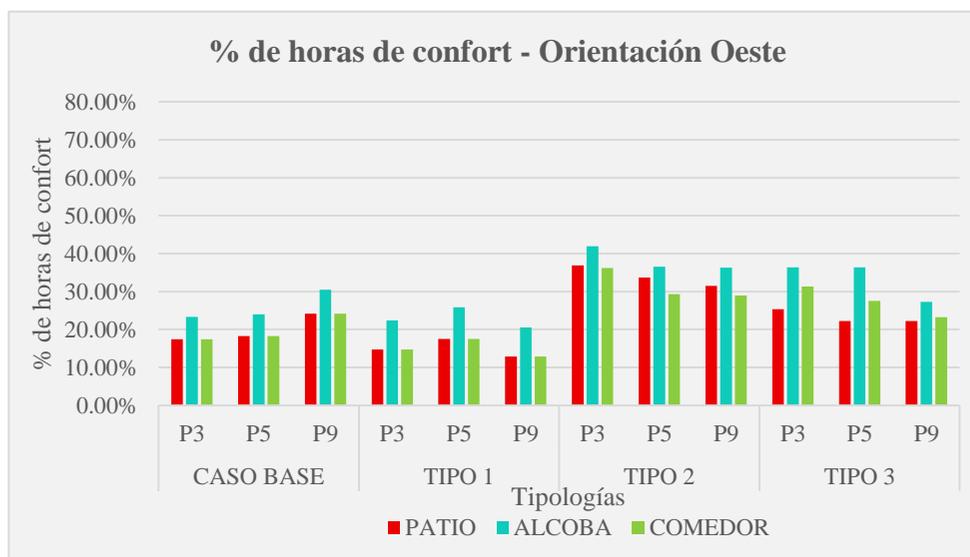


Gráfico 23. Gráfico de resultado, porcentaje de horas de confort térmico en la orientación Oeste. (Con estrategia de sombreado).

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos por las simulaciones, una vez insertada la estrategia de sombreado se observó que: todas las tipologías en los diferentes pisos y orientaciones mostraron una optimización considerable en comparación con las simulaciones sin uso de estrategias bioclimáticas; al igual que en la condición simulada inicialmente, la orientación norte presentó los resultados de porcentaje de horas de confort térmico más óptimo para todas las tipologías, en especial para las tipologías 2 y 3; y la orientación oeste siguió presentando el comportamiento menos óptimo, además del menor aumento de horas de confort en la vivienda al ser insertado el patio en altura.

Al analizar el comportamiento térmico de cada espacio, en los pisos simulados, de cada una de las tipologías en la orientación norte se evidenció lo siguiente:

- La tipología 2 (Patio LeCorbusieriano) presentó el mayor incremento en el porcentaje de horas de confort respecto al caso base en los pisos 3, 5 y 9, siendo este incremento de un 15,06%, 9,99% y 3,81% respectivamente.
- A nivel general la tipología 2 (Patio LeCorbusieriano) presentó el mayor incremento en el porcentaje de horas de confort (9.62%).

Analizando el comportamiento térmico de cada espacio, en los pisos simulados, de cada una de las tipologías en la orientación sur se evidenció lo siguiente:

- La tipología 2 (Patio LeCorbusieriano) presentó el mayor incremento en el porcentaje de horas de confort respecto al caso base en los pisos

3, 5 y 9, siendo este incremento de un 18,38%, 13,17% y 11,76% respectivamente.

- A nivel general La tipología 2 (Patio LeCorbusieriano) presentó el mayor incremento en el porcentaje de horas de confort (14.43%).

Analizando los comportamientos térmicos y lumínicos de cada espacio, en los pisos simulados, de cada una de las tipologías en la orientación este se evidenció lo siguiente:

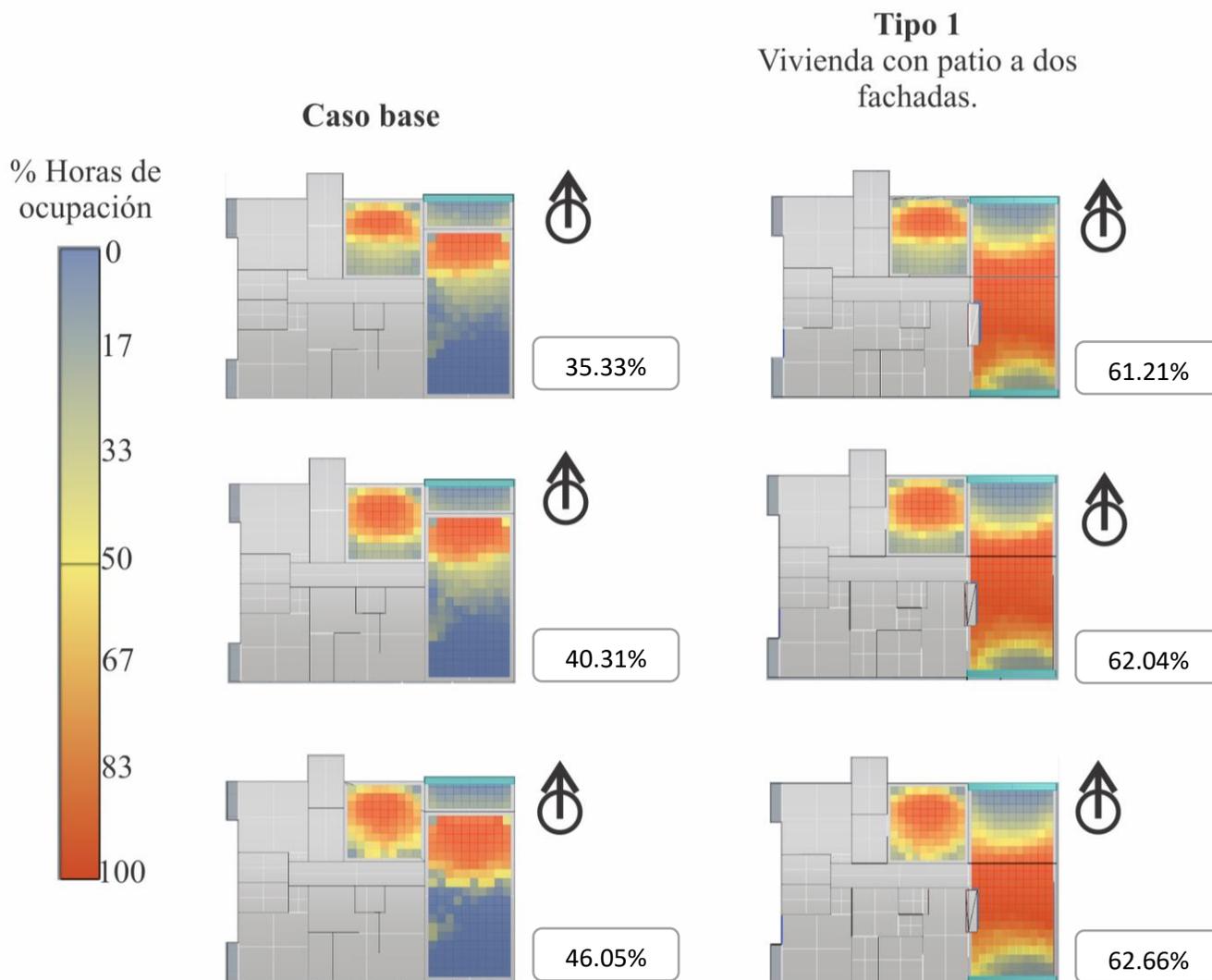
- La tipología 2 (Patio LeCorbusieriano) presentó el mayor incremento en el porcentaje de horas de confort respecto al caso base en los pisos 3, 5 y 9, siendo este incremento de un 19,03%, 14,93% y 16,97% respectivamente.
- A nivel general la tipología 2 (Patio LeCorbusieriano) presentó el mayor incremento en el porcentaje de horas de confort (16,97%).

Analizando el comportamiento térmico de cada espacio, en los pisos simulados, de cada una de las topologías en la orientación Oeste se evidencia lo siguiente:

- La tipología 2 (Patio LeCorbusieriano) presentó el mayor incremento en el porcentaje de horas de confort respecto al caso base en los pisos 3, 5 y 9, siendo este incremento de un 18,95%, 13,01% y 6,01% respectivamente.
- A nivel general la tipología 2 (Patio LeCorbusieriano) presentó el mayor incremento en el porcentaje de horas de confort (12,66%).

5.4.2 UDI (300-300 Lux).

- **Orientación Norte**



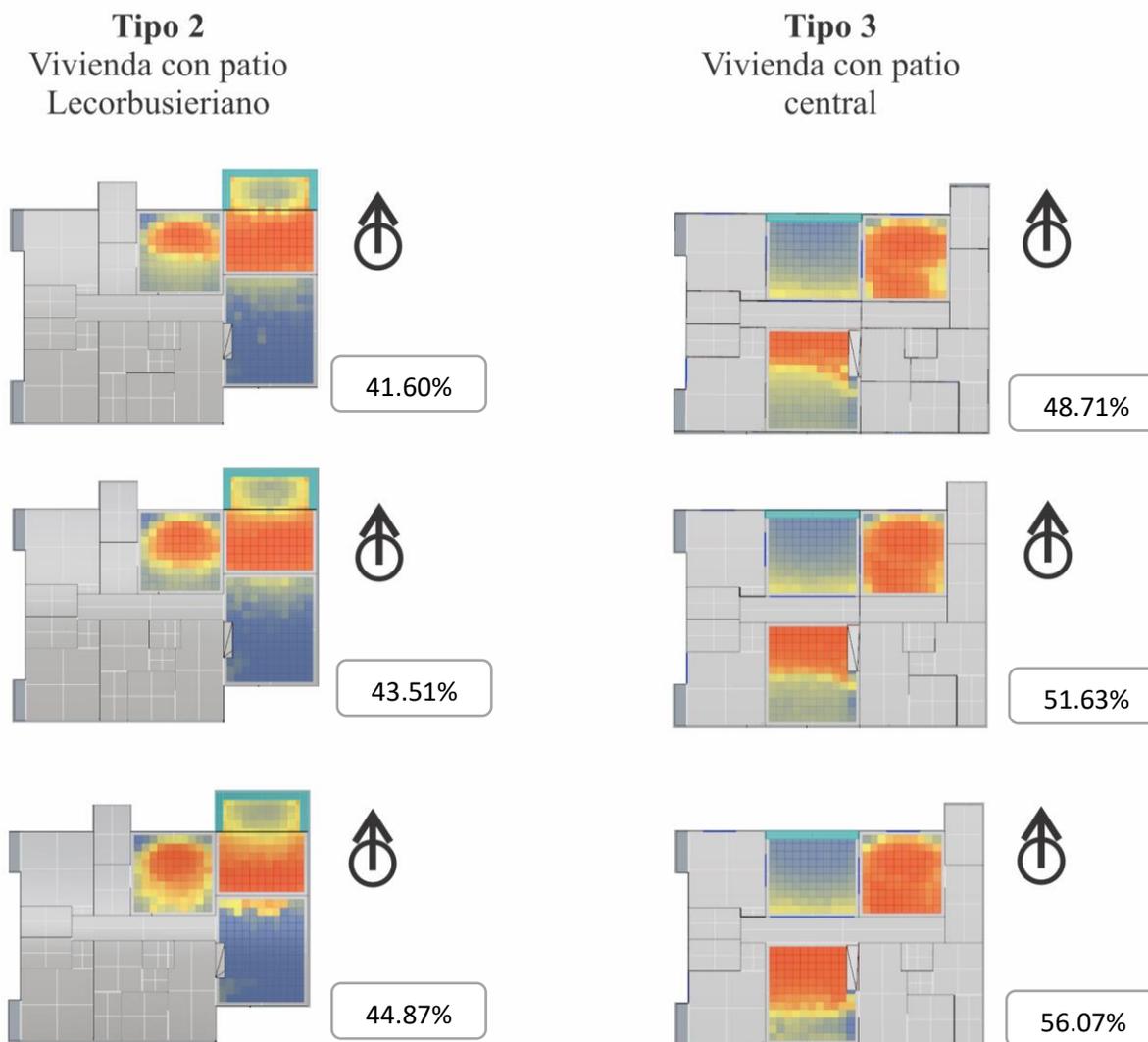
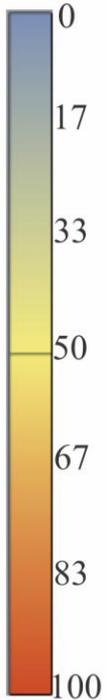


Tabla 8. Tabla comparativa de porcentaje de horas de ocupación UDI para cada tipología en los diferentes pisos de la orientación Norte. (Estrategia de sombreado)

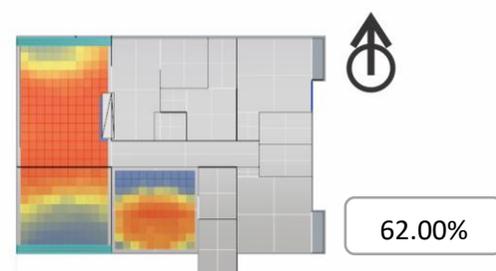
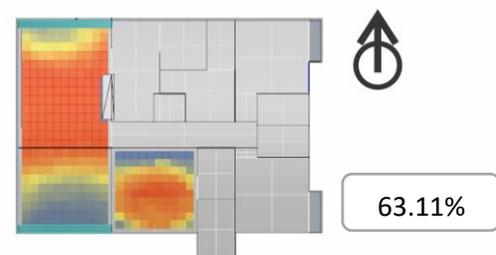
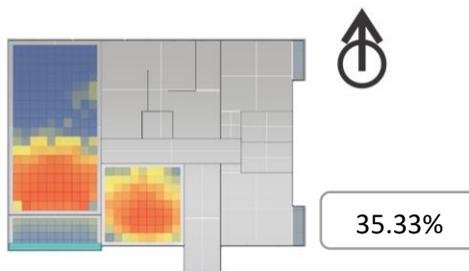
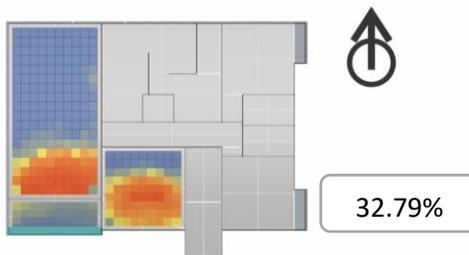
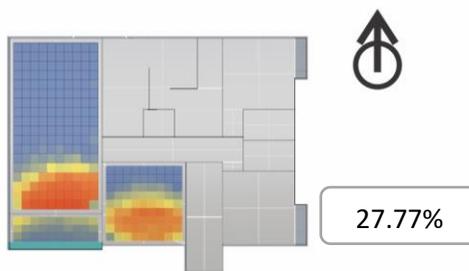
• **Orientación Sur**

Tipo 1
Vivienda con patio a dos fachadas.

% Horas de ocupación



Caso base



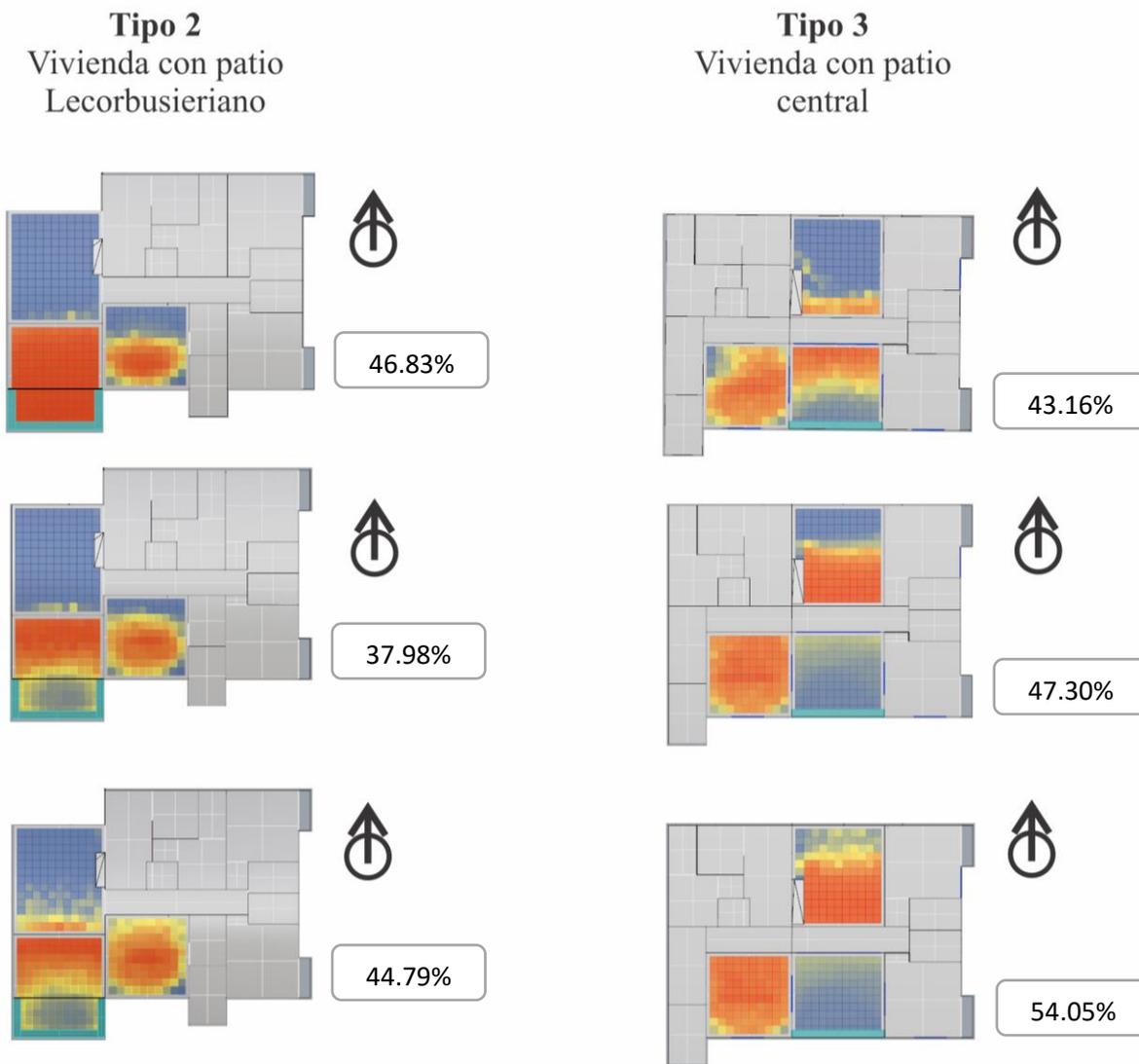
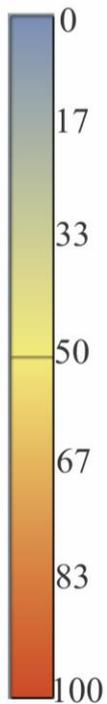


Tabla 9. Tabla comparativa de porcentaje de horas de ocupación UDI para cada tipología en los diferentes pisos de la orientación Sur. (Estrategia de sombreado)

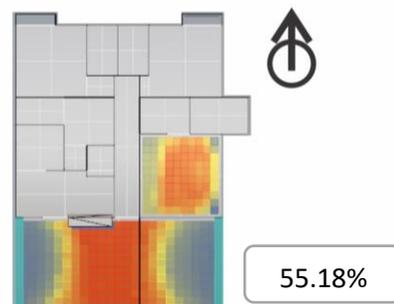
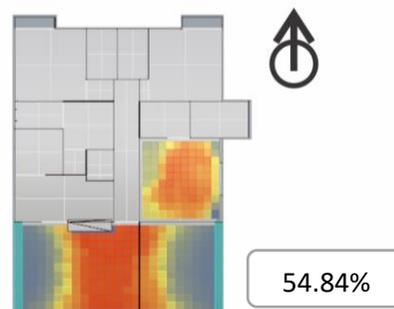
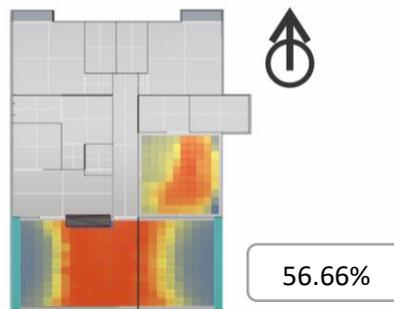
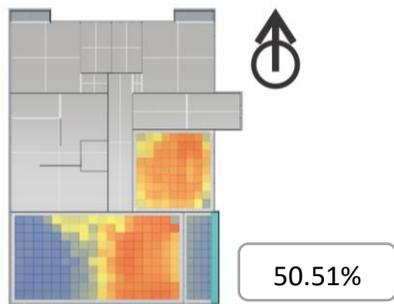
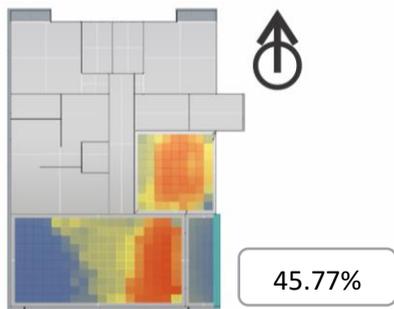
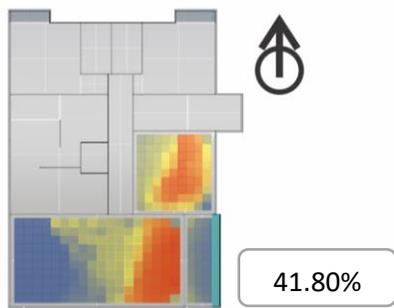
• **Orientación Este**

Tipo 1
Vivienda con patio a dos fachadas.

% Horas de ocupación



Caso base



Tipo 2
Vivienda con patio
Lecorbusieriano

Tipo 3
Vivienda con patio
central

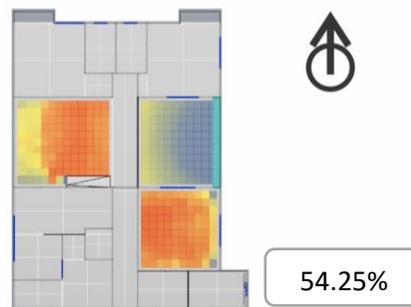
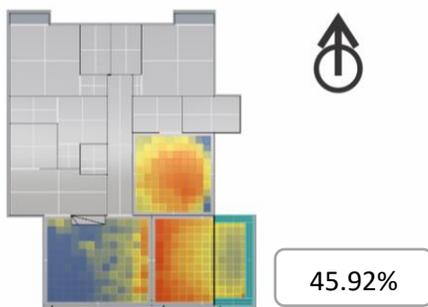
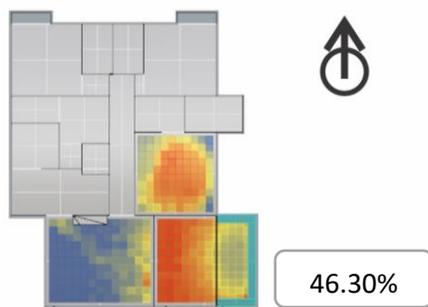
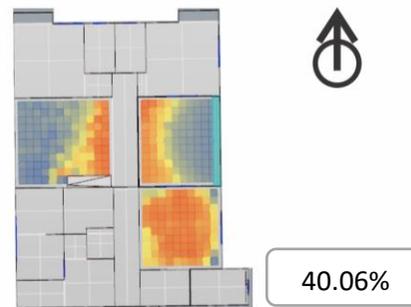
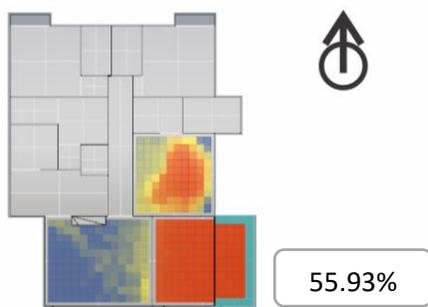
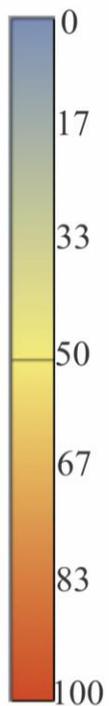


Tabla 10. Tabla comparativa de porcentaje de horas de ocupación UDI para cada tipología en los diferentes pisos de la orientación Este. (Estrategia de sombreado)

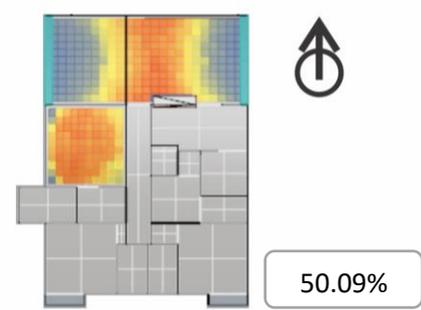
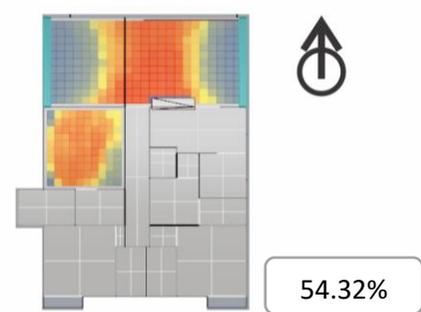
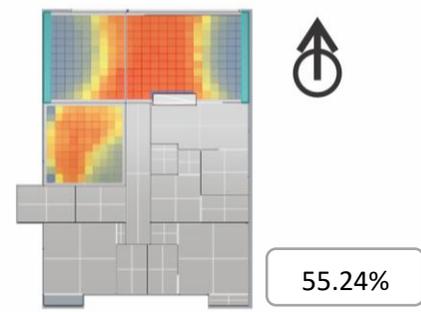
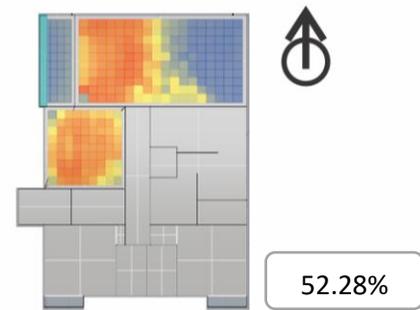
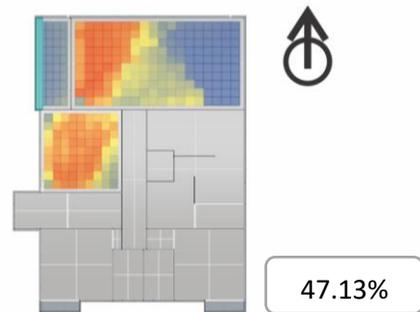
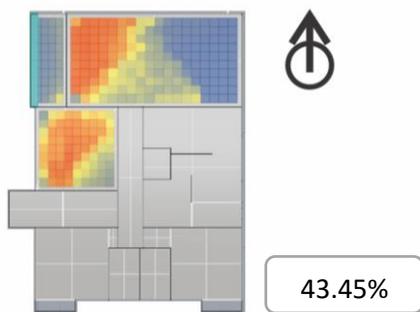
• **Orientación Oeste**

Tipo 1
Vivienda con patio a dos fachadas.

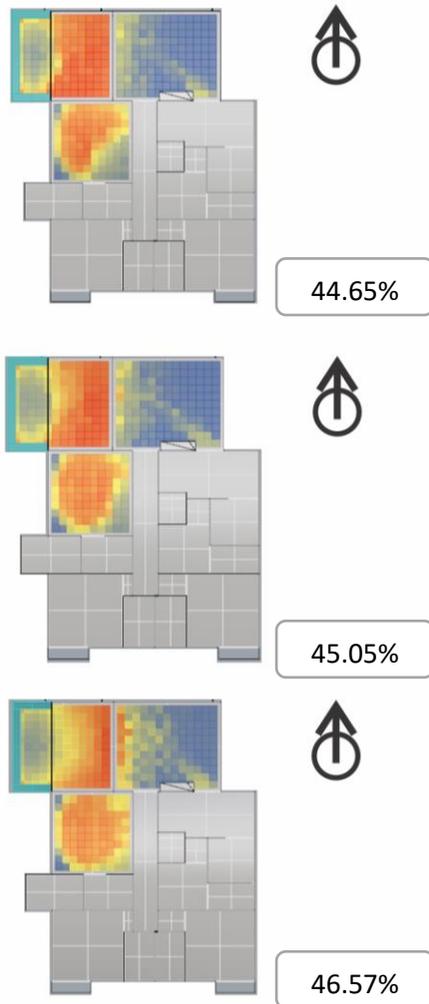
% Horas de ocupación



Caso base



Tipo 2
Vivienda con patio
LeCorbusieriano



Tipo 3
Vivienda con patio
central

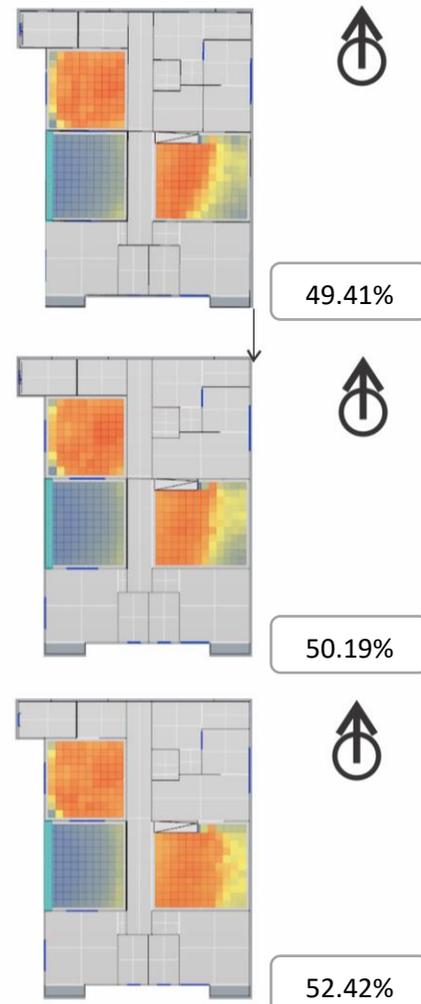


Tabla 11. Tabla comparativa de porcentaje de horas de ocupación UDI para cada tipología en los diferentes pisos de la orientación Oeste. (Estrategia de sombreado)

5.4.3 Grados hora de Enfriamiento vs UDI (300-3000 lux).

- **Orientación Norte**

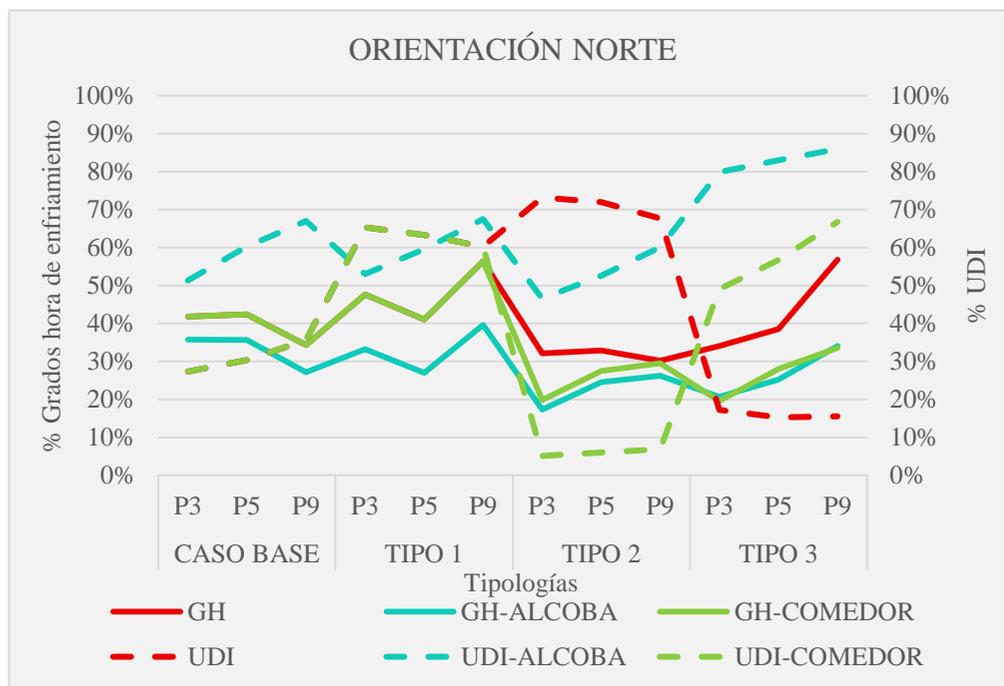
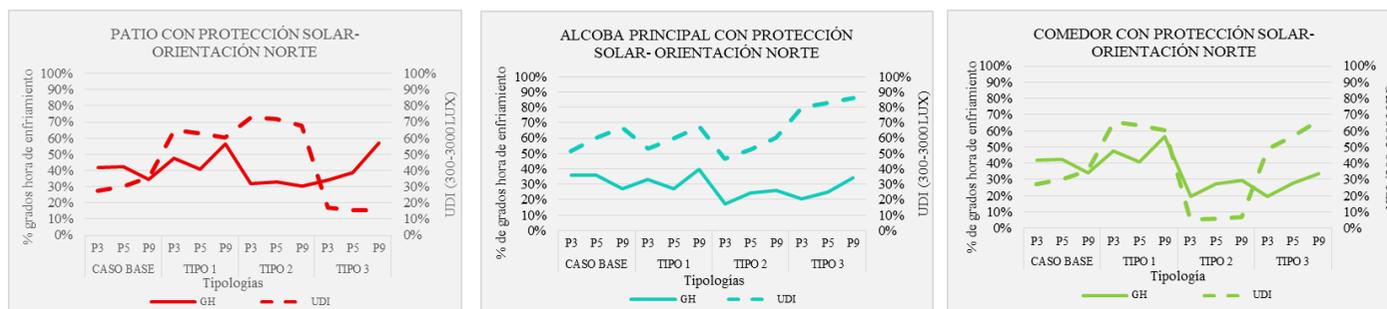


Gráfico 24. Gráfico comparativo de resultados de porcentaje UDI y grados hora de enfriamiento para la orientación Norte. (Con estrategia de sombreado).

• **Orientación Sur**

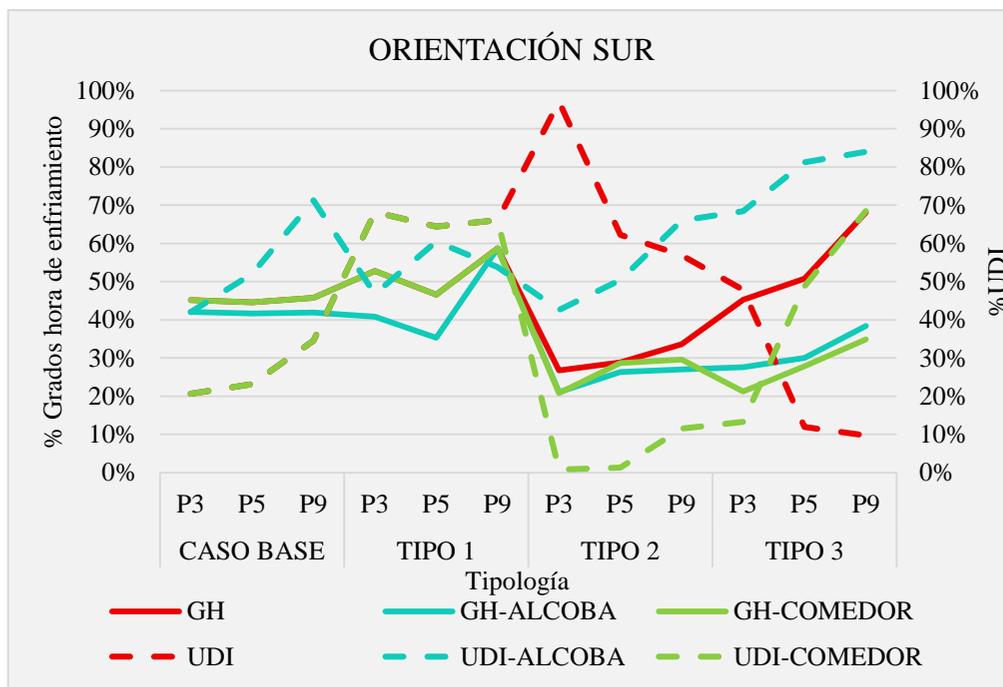
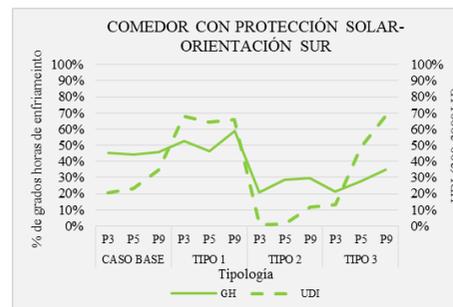
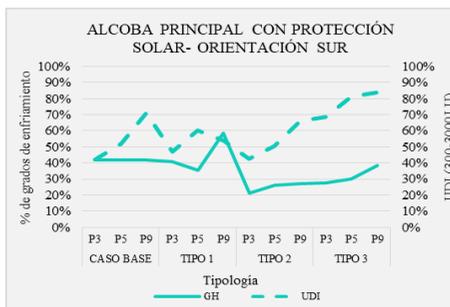
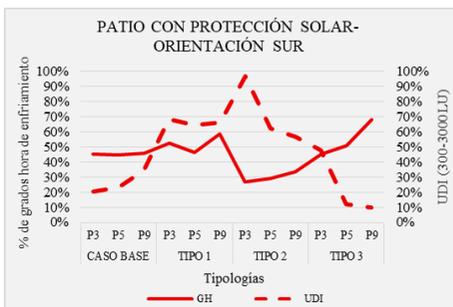


Gráfico 25. Gráfico comparativo de resultados de porcentaje UDI y grados hora de enfriamiento para la orientación Sur. (Con estrategia de sombreado).

● **Orientación Este**

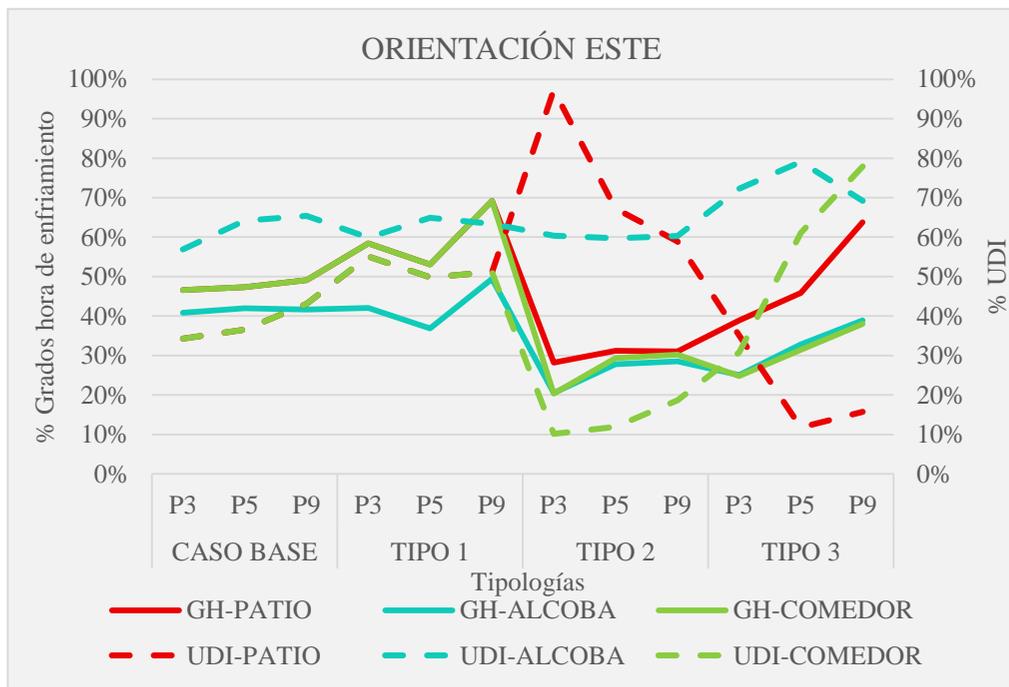
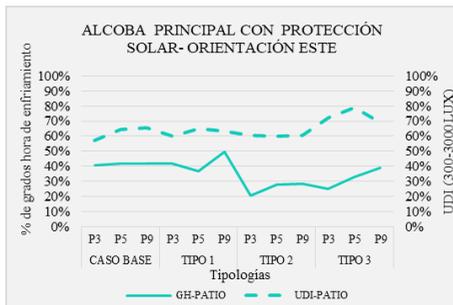
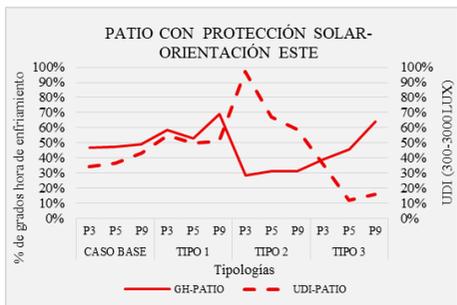


Gráfico 26. Gráfico comparativo de resultados de porcentaje UDI y grados hora de enfriamiento para la orientación Este. (Con estrategia de sombreado).

• **Orientación Oeste**

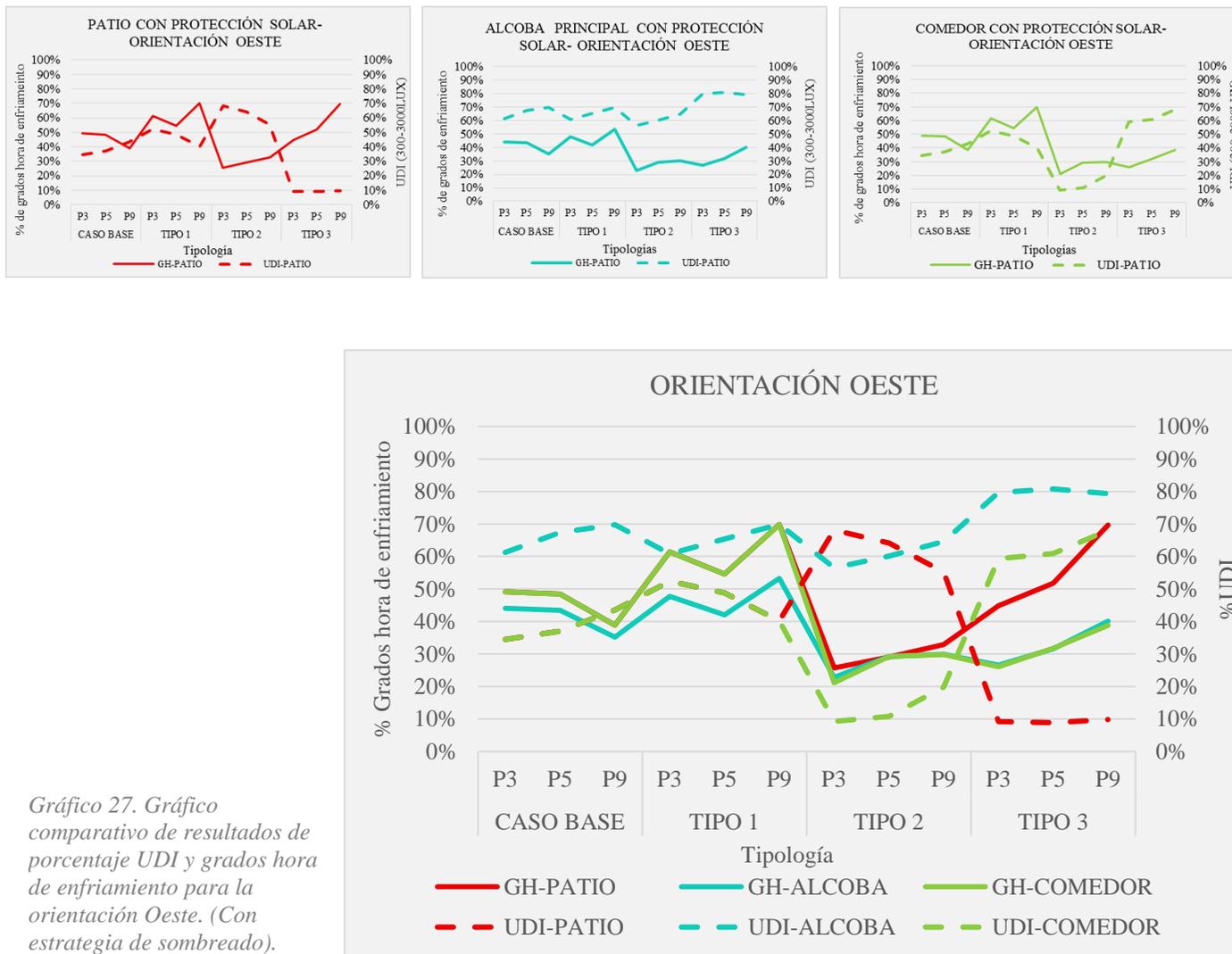


Gráfico 27. Gráfico comparativo de resultados de porcentaje UDI y grados hora de enfriamiento para la orientación Oeste. (Con estrategia de sombreado).

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos por las simulaciones una vez aplicada la estrategia bioclimática, se observó que: el porcentaje de grados hora de enfriamiento que alcanzó mayor disminución correspondió a la orientación norte en las tipologías dos donde el patio no sobrepasa el 40% y las áreas de alcoba y comedor no superan el 30% de grados hora. Mientras que la iluminación logró mayor porcentaje UDI en los patios de las 4 orientaciones en especiales para las tipologías de caso base, 1, y 2, sin embargo ocasionó la reducción del porcentaje UDI entre 300 y 3000 lux en el área de comedor para todos los casos, en especial para la tipología 2 que el porcentaje se encontró por debajo del 20%

Analizando los comportamientos térmicos y lumínicos de cada espacio, en los pisos simulados, de cada una de las tipologías en la orientación Norte se evidenció lo siguiente:

- La tipología 2 (Patio LeCorbusieriano) presentó la mayor reducción en el porcentaje de grados hora respecto al caso base en los pisos 3, 5 y 9, siendo esta reducción de un 16,71%, 11,87% y 3,27% respectivamente.
- La tipología 2 presentó el comportamiento más óptimo en grados hora respecto al caso base, teniendo esta una disminución del 10,62% de grados hora.
- La tipología 1 (Patio a dos Fachadas) presentó el comportamiento más óptimo en UDI respecto al caso base, mostrando un incremento de luz útil diurna de un 21,41%.

Analizando los comportamientos de cada espacio, en los pisos simulados, de cada una de las tipologías en la orientación Sur se evidenció lo siguiente:

- La tipología 2 (Patio LeCorbusieriano) presentó la mayor reducción en el porcentaje de grados hora respecto al caso base en los pisos 3, 5 y 9, siendo esta reducción de un 21,22%, 15,63% y 14,40% respectivamente.
- La tipología 2 presentó el comportamiento más óptimo en grados hora respecto al caso base, teniendo esta una disminución del 17,08% de grados hora.
- La tipología 1 (Patio a dos Fachadas) presentó el comportamiento más óptimo en UDI respecto al caso base, mostrando un incremento de luz útil diurna de un 26,27%.

Analizando los comportamientos térmicos y lumínicos de cada espacio, en los pisos simulados, de cada una de las tipologías en la orientación este se evidenció lo siguiente:

- La tipología 2 (Patio LeCorbusieriano) presentó la mayor reducción en el porcentaje de grados hora respecto al caso base en los pisos 3, 5 y 9, siendo esta reducción de un 21,62%, 16,08% y 16,66% respectivamente.
- La tipología 2 presentó el comportamiento más óptimo en grados hora respecto al caso base, teniendo esta una disminución del 18,12% de grados hora.

- La tipología 1 (Patio a dos Fachadas) presentó el comportamiento más óptimo en UDI respecto al caso base, mostrando un incremento de luz útil diurna de un 9,53%.

Analizando los comportamientos térmicos y lumínicos de cada espacio, en los pisos simulados, de cada una de las tipologías en la orientación Sur se evidenció lo siguiente:

- La tipología 2 (Patio LeCorbusieriano) presentó la mayor reducción en el porcentaje de grados hora respecto al caso base en los pisos 3, 5 y 9, siendo esta reducción de un 24,24%, 17,61% y 6,73% respectivamente.
- La tipología 2 presentó el comportamiento más óptimo en grados hora respecto al caso base, teniendo esta una disminución del 16,19% de grados hora.
- La tipología 1 (Patio a dos Fachadas) presentó el comportamiento más óptimo en UDI respecto al caso base, mostrando un incremento de luz útil diurna de un 5,60%.

5.5 Evaluación

Metodología de evaluación

La metodología para calificar y seleccionar la tipología de patio que presente el comportamiento bioclimático más óptimo se realizó a partir de una evaluación que consistió en:

1. Comparar por separado el comportamiento de grados-hora de enfriamiento e iluminación natural de las tipologías, por espacios en las diferentes alturas y orientaciones, como se observa en la tabla 12.
2. Analizar y asignar a través de una calificación simple, un valor de un (1) punto al espacio que presente los resultados más óptimos térmica y lumínicamente, y cero (0) puntos a los espacios restantes.
3. Totalizar los puntos asignados a cada tipología.
4. Ponderar los criterios bioclimáticos grados-hora de enfriamiento y UDI (300-3000lux). Teniendo en cuenta la importancia de cada criterio en el clima cálido húmedo y en el uso residencial de las edificaciones, se asigna un porcentaje de 70% al criterio térmico y 30% al criterio de iluminación natural.
5. Realizar los cálculos para la evaluación final por cada tipología como se muestra a continuación:

(Total de puntos por tipología * 0.7) + (Total de puntos por tipología * 0.3) = Calificación final

6. Comparar la calificación de cada tipología y seleccionar la que obtuvo el puntaje más alto.

5.5.1 Evaluación de simulación 2 (Aplicación de estrategia de sombreado).

EVALUACIÓN DE TIPOLOGÍAS CON APLICACIÓN DE ELEMENTOS DE PROTECCIÓN SOLAR				
	% DE GRADOS HORA DE ENFRIAMIENTO			
	CASO BASE	TIPO 1	TIPO 2	TIPO 3
ALCOBA (Orient. Este)				
P3 (Piso 3)	40.8%	42.0%	20.5%	25.0%
P5 (Piso 5)	41.9%	36.9%	27.8%	32.8%
P9 (Piso 9)	41.7%	49.4%	28.5%	38.9%
ALCOBA (Orient. Norte)				
P3 (Piso 3)	35.7%	33.2%	17.3%	20.6%
P5 (Piso 5)	35.7%	27.0%	24.5%	25.2%
P9 (Piso 9)	27.1%	39.6%	26.2%	34.0%
ALCOBA (Orient. Oeste)				
P3 (Piso 3)	44.1%	47.8%	22.8%	26.6%
P5 (Piso 5)	43.5%	42.0%	29.2%	31.6%
P9 (Piso 9)	35.2%	53.3%	30.0%	40.2%
ALCOBA (Orient. Sur)				
P3 (Piso 3)	42.0%	40.8%	21.0%	27.6%
P5 (Piso 5)	41.6%	35.3%	26.3%	30.0%
P9 (Piso 9)	41.9%	58.7%	27.0%	38.4%
COMEDOR (Orient. Este)				
P3 (Piso 3)	46.6%	58.4%	20.4%	24.8%
P5 (Piso 5)	47.3%	53.1%	29.3%	31.4%
P9 (Piso 9)	49.1%	69.2%	30.2%	38.0%
COMEDOR (Orient. Norte)				
P3 (Piso 3)	41.8%	47.6%	19.8%	19.6%
P5 (Piso 5)	42.4%	41.0%	27.5%	28.0%
P9 (Piso 9)	34.3%	56.3%	29.5%	33.6%
COMEDOR (Orient. Oeste)				
P3 (Piso 3)	49.2%	61.5%	21.2%	26.1%
P5 (Piso 5)	48.5%	54.6%	29.3%	31.8%
P9 (Piso 9)	38.9%	69.9%	29.9%	38.8%
COMEDOR (Orient. Sur)				
P3 (Piso 3)	45.1%	52.8%	20.8%	21.2%
P5 (Piso 5)	44.6%	46.6%	28.7%	27.8%
P9 (Piso 9)	45.7%	58.7%	29.6%	34.8%

	UDI (300-3000LUX)			
	CASO BASE	TIPO 1	TIPO 2	TIPO 3
ALCOBA (Orient. Este)				
P3 (Piso 3)	56.9%	59.9%	60.4%	72.3%
P5 (Piso 5)	64.2%	64.9%	59.7%	79.1%
P9 (Piso 9)	65.4%	63.3%	60.2%	69.2%
ALCOBA (Orient. Norte)				
P3 (Piso 3)	51.4%	53.0%	46.5%	79.9%
P5 (Piso 5)	60.3%	59.6%	52.6%	83.0%
P9 (Piso 9)	67.0%	67.5%	60.1%	86.0%
ALCOBA (Orient. Oeste)				
P3 (Piso 3)	61.3%	60.9%	56.6%	79.7%
P5 (Piso 5)	67.4%	65.4%	60.1%	80.8%
P9 (Piso 9)	69.8%	69.8%	64.6%	79.4%
ALCOBA (Orient. Sur)				
P3 (Piso 3)	42.0%	46.8%	42.6%	68.4%
P5 (Piso 5)	52.0%	60.5%	50.5%	81.2%
P9 (Piso 9)	71.2%	53.8%	66.0%	84.0%
COMEDOR (Orient. Este)				
P3 (Piso 3)	34.3%	55.1%	10.1%	30.8%
P5 (Piso 5)	36.6%	49.8%	11.9%	61.1%
P9 (Piso 9)	43.1%	51.1%	18.7%	77.9%
COMEDOR (Orient. Norte)				
P3 (Piso 3)	27.3%	65.3%	5.1%	49.1%
P5 (Piso 5)	30.3%	63.3%	6.0%	56.7%
P9 (Piso 9)	35.6%	60.2%	6.9%	66.8%
COMEDOR (Orient. Oeste)				
P3 (Piso 3)	34.5%	52.4%	9.3%	59.3%
P5 (Piso 5)	37.0%	48.8%	10.8%	60.9%
P9 (Piso 9)	43.5%	40.2%	19.9%	68.0%
COMEDOR (Orient. Sur)				
P3 (Piso 3)	20.7%	68.2%	0.8%	13.3%
P5 (Piso 5)	23.2%	64.4%	1.3%	48.8%
P9 (Piso 9)	34.6%	66.1%	11.5%	68.5%



Ilustración 50.
Boceto Patio Central.
Fuente: Autor

“El patio se convirtió, ... , en una filosofía de vida, en un espacio abierto dentro de la casa en torno al cual gira la vida cotidiana”
(Martínez, 2013, p. 57)

CAPÍTULO 6

6 Conclusiones previas

En este capítulo se presentan a modo de conclusiones los hallazgos obtenidos con la comparación de las tipologías de patios en altura propuestas, a partir, de las simulaciones térmicas y lumínicas. Así como también se presentan decisiones para el diseño final.



Las tres tipologías de patios propuestas contribuyeron en la optimización del comportamiento lumínico de las viviendas en el área social y espacios circundantes evaluados (comedor, alcoba).

- La tipología 1 (Patio a dos Fachadas) incrementó el porcentaje de iluminación diurna útil (UDI) en un 15.70%, siendo este el más alto.
- La tipología 2 (Patio LeCorbusieriano) mejoro un 2.83% dado que esta tipología es la que ofreció mayor área de sombreado. Mostrando mayor optimización en las áreas de patio y alcoba.
- La tipología 3 (Patio Central en altura) incremento 7.83% el porcentaje UDI, mostrando mayor optimización en las áreas de alcoba y comedor.

Las tipologías 2 (Patio LeCorbusieriano) y 3 (patio central en altura) mejoran el confort de la zona social y áreas circundantes de la vivienda (alcoba y comedor) con respecto al caso base, incrementando para el tipo 3 un 13.42% las horas de confort y disminuyendo un 15.50% los grados hora de enfriamiento, para el tipo 2 incremento 7.61% las horas de confort y disminuyo 5,63% los grados de enfriamiento respecto al caso base.

Por el contrario la tipología 1 (Patio a dos Fachadas) a pesar de ser el único patio que permite una ventilación cruzada, disminuyó el confort de la zona social (Patio) y áreas circundantes, debido a la fuerte exposición de dos de sus fachadas a la infiltración de radiación solar. Esta tipología presento una disminución de 1.58% de horas de confort, y aumento 8.55% los grados de enfriamiento.

No todas las tipologías de patio optimizan el comportamiento de los espacios de la vivienda, su función de mejora bioclimática depende en mayor medida de las oportunidades de sombreado que ofrecen, por lo tanto la tipología 2 que permite mayor protección solar, presenta en las simulaciones y en la evaluación el mayor porcentaje de evaluación y optimización.

Para las tres tipologías de patios caracterizadas se muestra una disminución del porcentaje de optimización tanto de grados hora de enfriamiento como de horas de confort a medida que se aumenta la altura de la vivienda, así mismo para las orientaciones se presentan mejores porcentajes de optimización en las orientaciones norte y sur.

Definición de diseño:

A partir de la caracterización de cada tipología de patio, los resultados de las simulaciones y otras consideraciones constructivas, se decidió aplicar para el diseño final la tipología de Patio central teniendo en cuenta que aun cuando no presento los porcentajes de optimización más altos, si logra una mejora y ofrece las siguientes características:

- Esta tipología es la más semejante al concepto de patio tradicional que conocemos, ya que se localiza en medio de la vivienda y obliga la comunicación directa de las habitaciones circundantes con el espacio de patio.
- Ofrece facilidad constructiva en el levantamiento de los diferentes pisos, a diferencia de la tipología 2 que exige pisos de planta intercalada.

**“La idea del
Patio en altura
tendrá
continuidad en
la arquitectura
moderna y
contemporáneas
y otros serán
tentados a
continuar con
esta
investigación
sobre el espacio
exterior en la
vivienda en
altura.”**

(Folga, 2012, p.18)

*Ilustración 51. Boceto,
Diseño final.*



CAPÍTULO 7

7 Diseño final

Patio Central en Altura



Patio Central en Altura

7.1 Aplicación de estrategias potenciales

7.1.1 Diseño de Patio.

Para el diseño final del patio central en altura se aplicaron las demás estrategias potenciales mencionadas en el capítulo 1 (vegetación y superficies de alta reflectancia solar), teniendo en cuenta que durante la caracterización y análisis de simulaciones se definieron las estrategias de ventilación cruzada, que es propia de esta tipología y el sombreado.

Manteniendo las estrategias aplicadas durante el análisis, y con el objetivo de lograr mayor disminución de grados de enfriamiento se tomaron las siguientes decisiones para la optimización del diseño:

- Insertar en los patios un área de piso de material vegetal o grama en la zona de mayor infiltración de radiación solar, es decir, la más próxima a la fachada (Ver Ilustración 52).
- Se estableció que la baranda de protección del patio, también desarrollara la función de maceta que permitiera la siembra de plantas enredaderas, para su crecimiento y fusión con las protecciones solares establecidas durante el análisis (Ver Ilustración 52).
- Color blanco para los muros internos del espacio de patio y para la mayor área de muros del edificio.

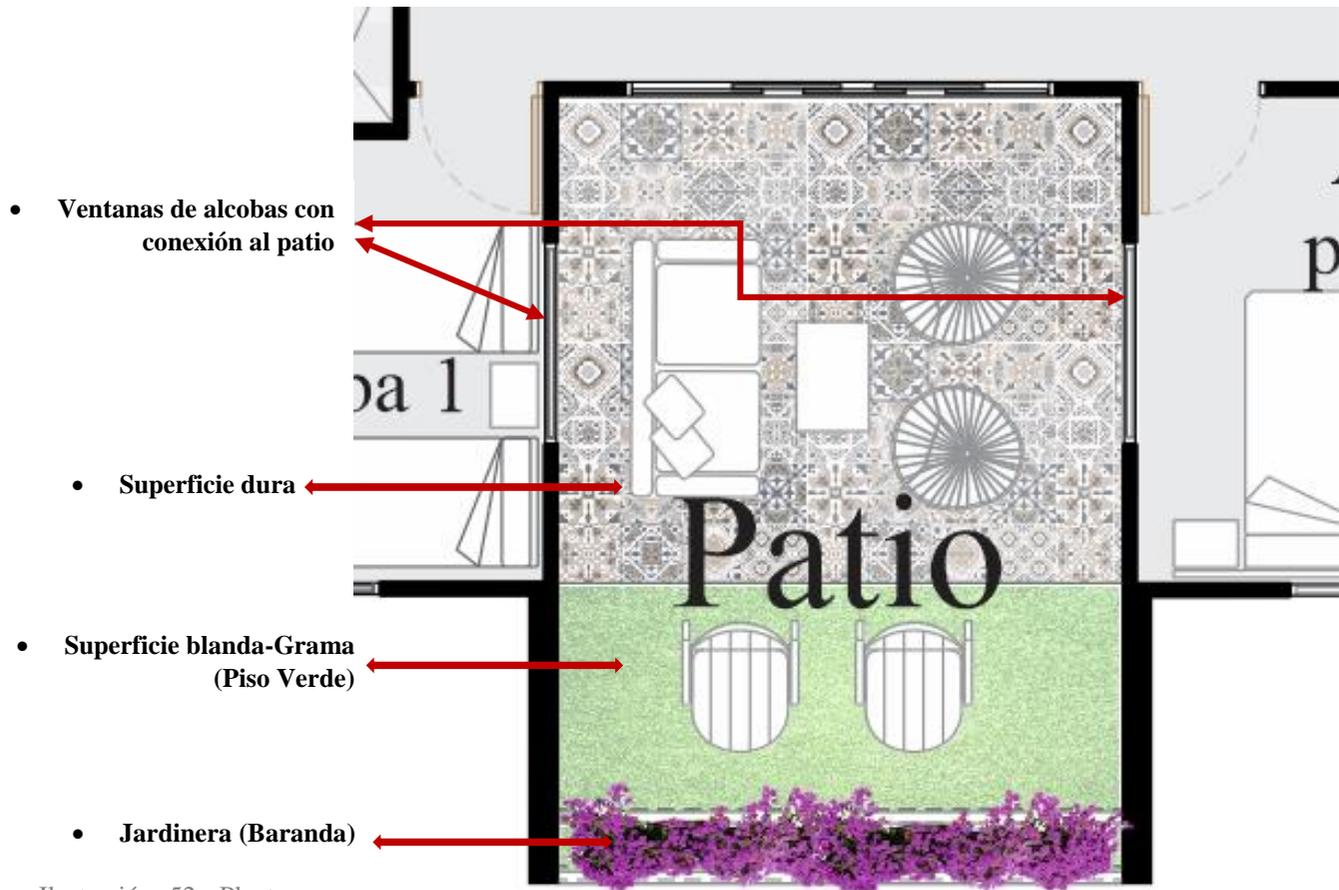


Ilustración 52. Planta arquitectónica de Patio central, con aplicación de otras estrategias potenciales.

7.1.2 Diseño general de vivienda con Patio Central.

Una vez definido el diseño final y características adicionales para el área de patio se realizó el diseño de agrupación y fachadas de la edificación teniendo en cuenta y aplicando las siguientes características:

- Para la agrupación se tuvieron en cuenta características edilicias de las edificaciones en la ciudad Montería, definidas en el capítulo 4, entre ellas, el uso de cámaras de aire para la ventilación de las áreas de labores en cada célula de vivienda.
- Se distribuyeron 3 apartamentos por nivel en 8 pisos para un total de 24 apartamentos (Ver Ilustración 54).
- Los apartamentos se direccionan a las orientaciones sur, este y oeste, ya que estas orientaciones presentaron durante las simulaciones las temperaturas más altas y comportamientos térmicos y lumínicos más críticos.
- Para las ventanas de las alcobas ubicadas hacia las fachadas de mayor longitud se diseñaron protecciones solares intentando conservar los altos porcentajes UDI obtenidos (Ver ilustración 53).

- **Protecciones solares y vegetación.**

- **Balcón**

- **Celosías exteriores**

- **Patio**

Ilustración 53. Sección de fachada, aplicación de elementos de protección.

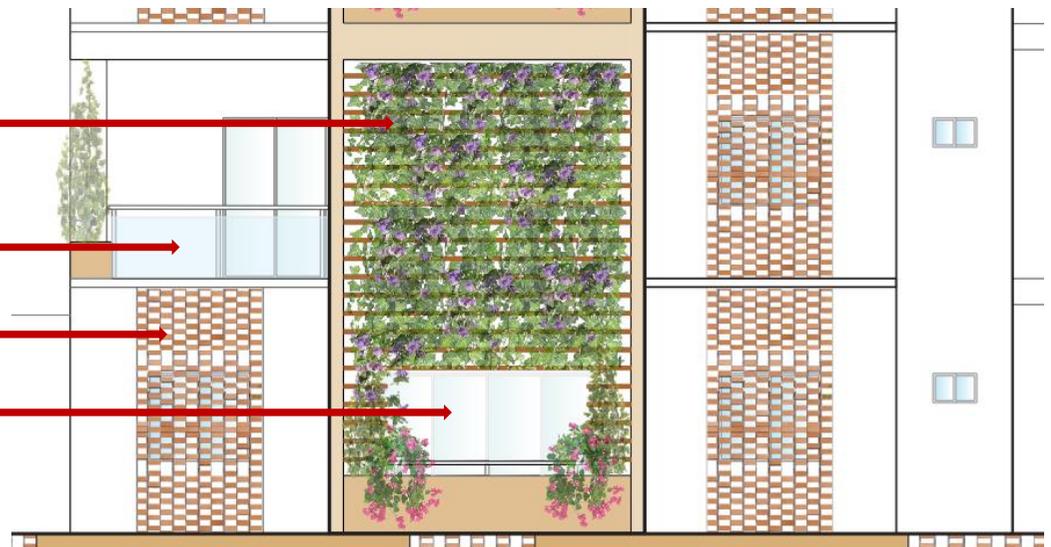


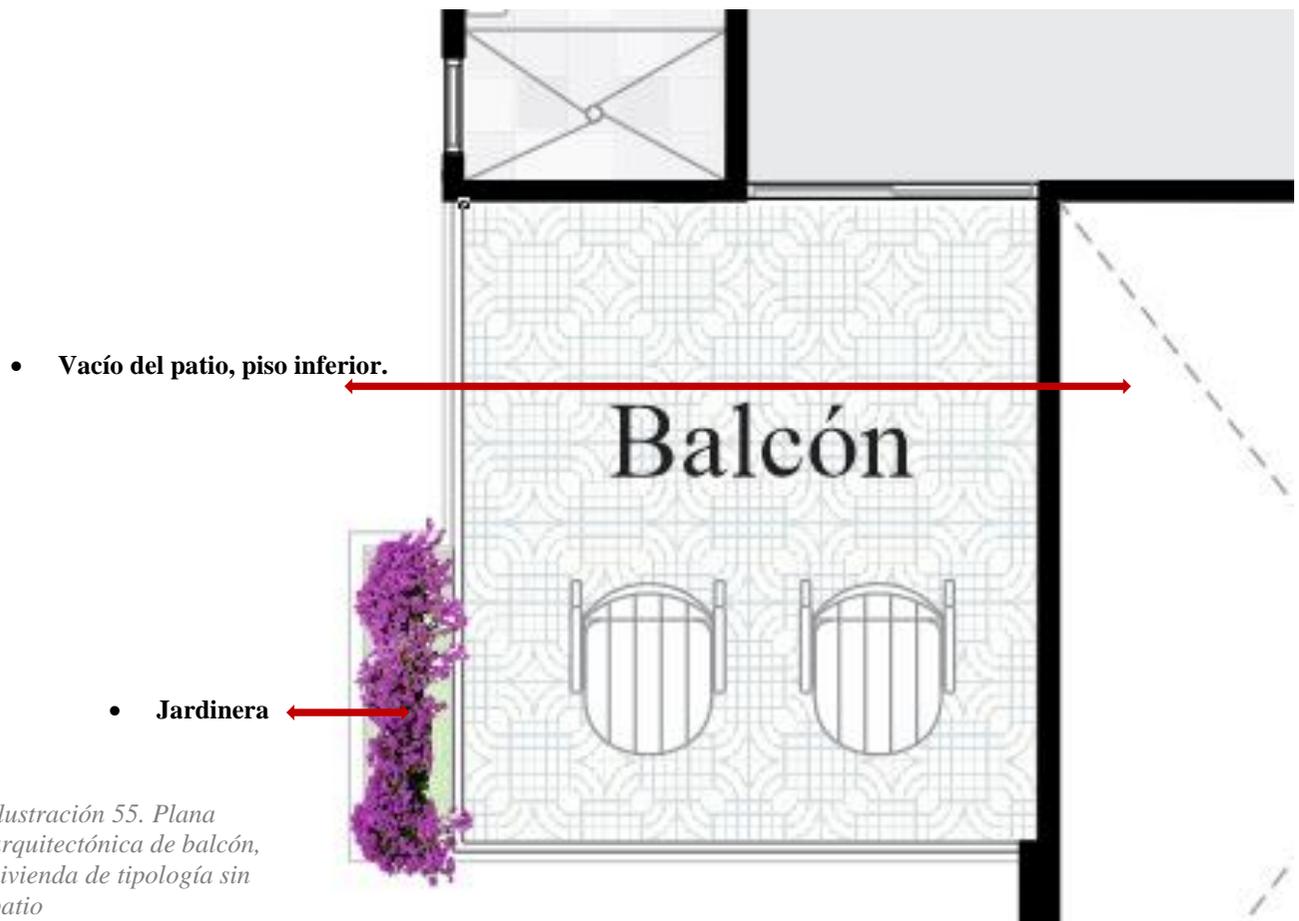


Ilustración 54. Plano arquitectónico pisos 3-5-7 y 9

7.1.3 Diseño general de vivienda sin patio.

La implementación de patios de tipología central en altura, debido a su característica de doble altura, genera apartamentos con espacios de patio y sin patio, es decir dos tipologías de apartamento en el edificio.

Para la tipología de patio se eliminó una de las alcobas y en su lugar se diseñó un espacio de balcón (Ver Ilustración 55 y 56).



- **Planta arquitectónica Pisos 4, 6, 8 y 10**



Ilustración 56. Plano arquitectónico pisos 2-4-6-8 y 10.

- **Fachadas Sur- Este y Oeste**



Ilustración 57. Fachada Sur.



Ilustración 58. Fachada Este.



Ilustración 59. Fachada Oeste.

- **Render Fachada Sur**



Ilustración 60. Vista de fachada Sur (Acceso)

- **Render Fachada Oeste**



Ilustración 61. Vista de fachada Oeste (zonas Comunes)

- **Render Fachada Este**



Ilustración 62. Fachada Este.



Ilustración 63. Vista lateral de fachada Sur

- **Vista interna del patio desde el exterior**

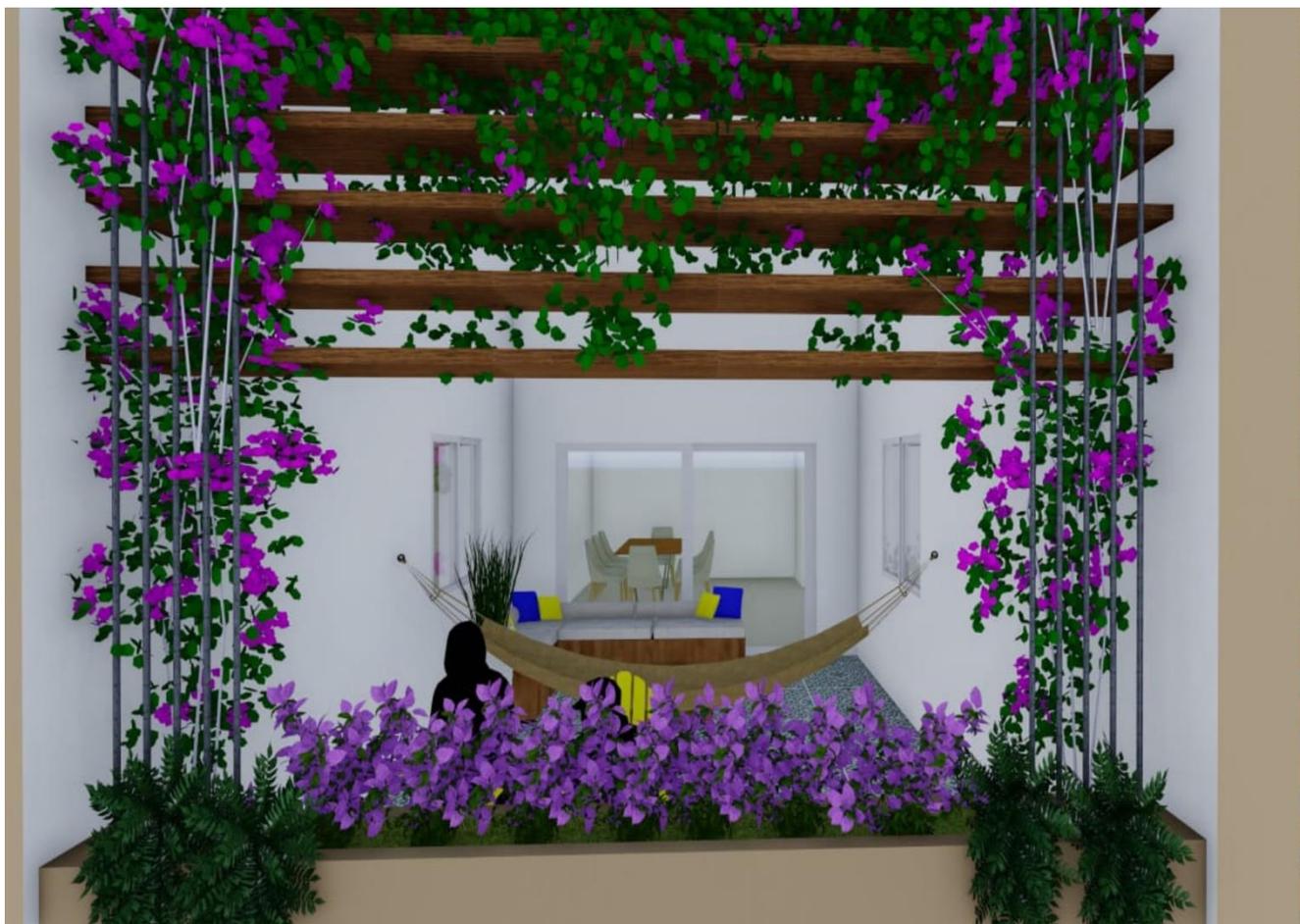
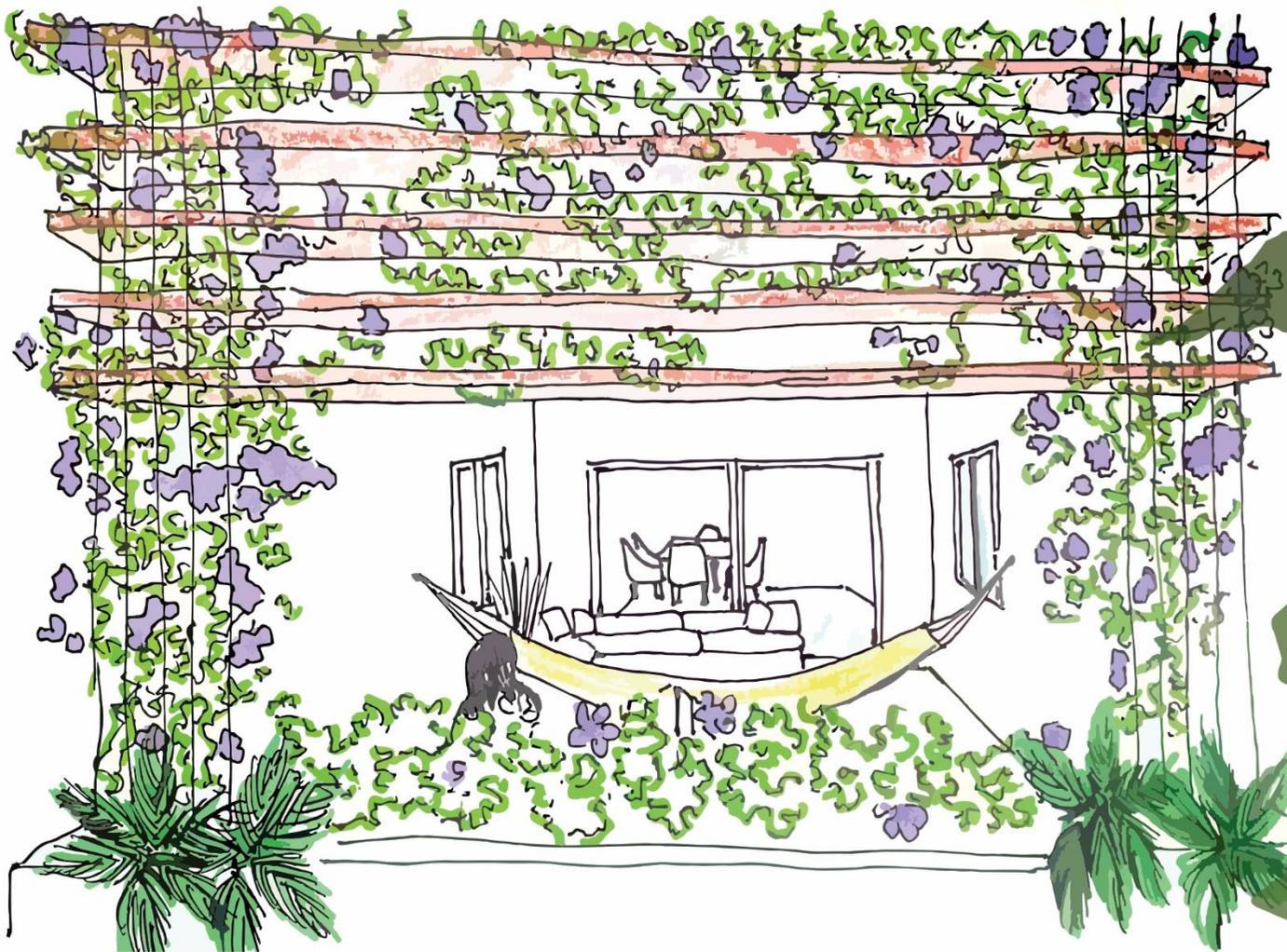


Ilustración 64. Vista interior del Patio Central. Desde el exterior de la vivienda.

- **Vista interna del patio desde el interior**



Ilustración 65. Vista interior del Patio Central. Desde el interior de la vivienda



“ El concepto de patio puede ser reinterpretado como una estrategia proyectual que renueve la reflexión sobre la vivienda en altura.”

(Folga, 2012, p.05)

Ilustración 66. Boceto, vista del patio desde el exterior.

CAPÍTULO 8

8 Simulaciones Finales

Una vez insertadas en el diseño final cada una de las estrategias bioclimáticas consideradas en el análisis climático, se realizó la comprobación del comportamiento térmico, por medio de simulaciones computarizadas en el software DesignBuilder.

La comprobación se realizó solo al componente térmico debido al porcentaje de relevancia para el uso residencial del edificio y el confort de la vivienda en un clima cálido -húmedo.



8.1 Descripción del móndelo de simulación

El diseño final está conformado por plantas de tres apartamentos por pisos orientados al sur, este y oeste, donde el área de patio presenta una doble altura y el resto de espacios son de altura sencilla, al igual que en las simulaciones piloto, se tiene en cuenta el comportamiento de tres zonas con influencia directa al Patio en Altura: el comedor, la alcoba y el patio.

Las fachadas sur, este y oeste, presentan diseño, materialidad y aplicación de estrategias similares, con el objetivo de definir el porcentaje de optimización en cualquier orientación de la vivienda.

Teniendo en cuenta todas las estrategias aplicadas como las protecciones solares horizontales de los patios, las celosías de protección en las ventanas y la vegetación, se realiza la simulación final, sin embargo, el uso de vegetación en fachadas hizo necesario tener en cuenta dos simulaciones para la comprobación, una inicial con el 50% de crecimiento vegetal y la segunda considerando el 100% del crecimiento vegetal.

8.1.1 Propiedades térmicas de la fachada vegetal.

Las propiedades térmicas de las fachadas con vegetación Fueron tomadas de la tesis de maestría del Arquitecto Pineda (2018) titulada “Fachadas vegetales en edificaciones tropicales”, y son las descritas en la siguiente tabla (Tabla 13):

Propiedades térmicas	Valor
Conductividad	0.6 W/m-k
Calor Especifico	4179J/kg-K
Densidad	1000 kg/m3
Absortancia Térmica (emisividad)	0.95
Absortancia Solar	0.5
Absortancia Visible	0.5
Aspereza	3
Emisividad de las hojas	0.95

Tabla 13. Propiedades térmicas de la fachada con vegetación.

Estas propiedades hacen referencia al uso de plantas *Thunbergia Grandiflora*. Esta es una especie de planta trepadora de clima tropical cálido.

Es de follaje denso, color verde intenso y crecimiento rápido lo que la hace apropiada y muy utilizada en los elementos de sombra como las pérgolas, además es una planta ornamental que permanece florecida la mayor parte del año.



8.2 Resultado final del porcentaje de horas de confort térmico anual

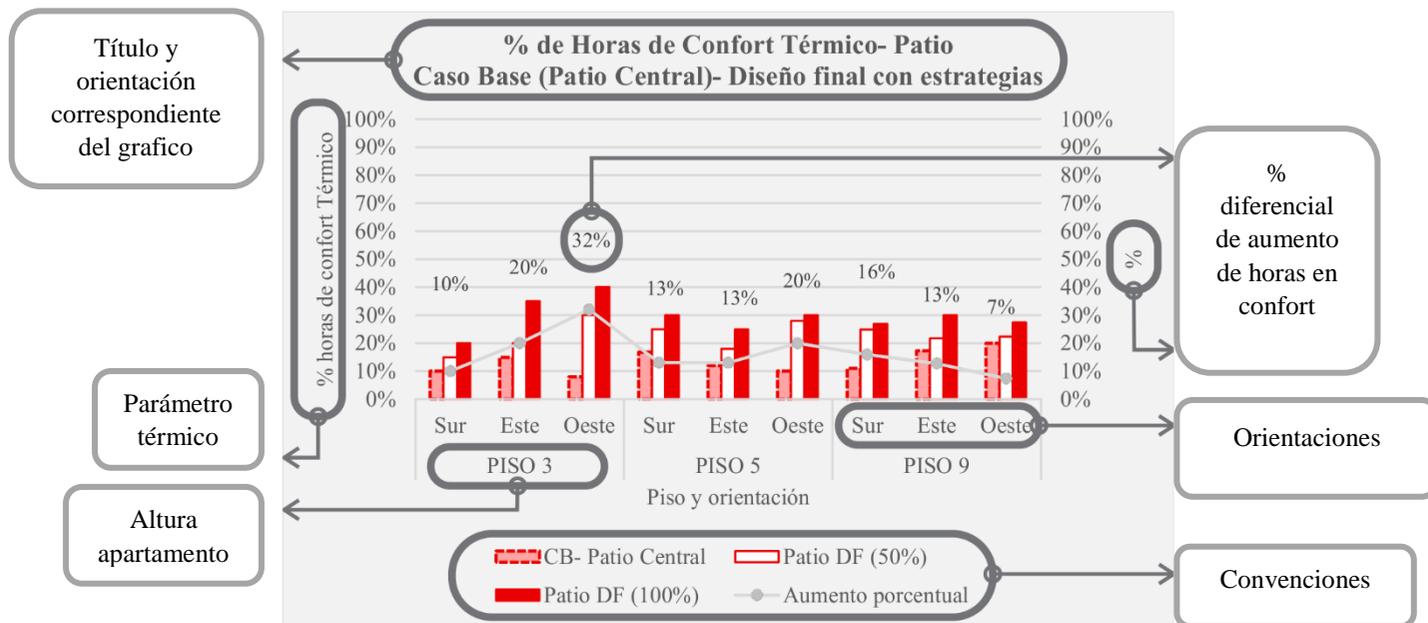


Gráfico 28. Guía de análisis gráfico de resultados, simulación del Diseño Final. Porcentaje horas de confort térmico anual.

- El gráfico además de hacer un paralelo entre el comportamiento de Piloto de patio central y las simulaciones finales de 50% y 100% de crecimiento vegetal, muestra el porcentaje de optimización del Diseño Final al 100% respecto al Piloto.

- **Porcentaje de horas de confort térmico y de optimización en el área de Patio.**

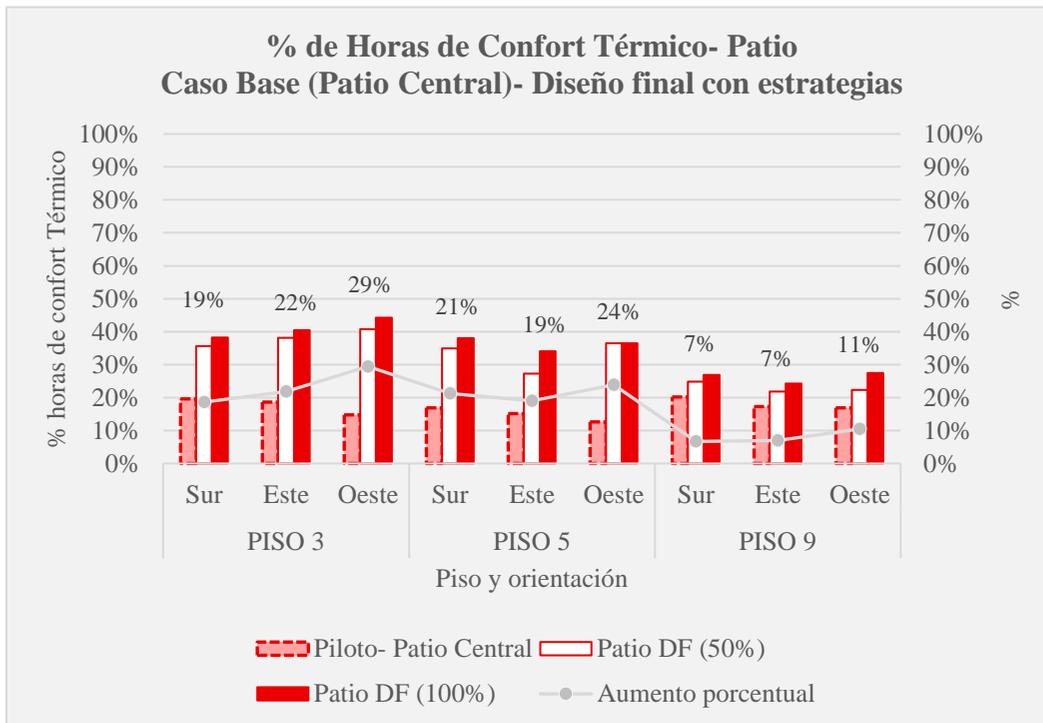


Gráfico 29. Gráfico comparativo de resultados de la simulación del Diseño Final del área de Patio vs el Piloto de Patio central (% de horas de confort térmico anual).

Al analizar los resultados obtenidos en la comprobación del Diseño Final del área de patio y compararlos con los datos de las simulaciones piloto del Patio central, se evidenció en el porcentaje de horas de confort térmico anual, lo siguiente (Ver Gráfico 29):

- El piso 3, que muestra el incremento más alto de porcentaje de horas de confort, presentó en todas las orientaciones del Diseño Final un aumento porcentual del doble de horas en confort térmico con respecto al piloto de patio central, pasando de un porcentaje promedio del 18%

anual de horas en confort térmico al 40% anual de horas en confort térmico.

- Al igual que el Piso 3, los apartamentos localizados en el Piso 5 presentaron en todas las orientaciones del diseño final, un aumento porcentual del doble de horas en confort térmico, en comparación con los datos obtenidos en el caso para de la tipología de Patio Central.
- Para las viviendas del Piso 9 en todas las orientaciones, no se observaron aumentos porcentuales tan significativos con respecto a los datos de caso base del Patio Central. Este aumento solo represento un promedio de 8%. El bajo porcentajes fue debido al contacto directo del espacio de patio con el techo de la edificación y por lo tanto con la radiación solar directa.
- La orientación Oeste presentó en el diseño final del edificio la mayor optimización de horas en confort para los diferentes pisos, en comparación con los aumentos porcentuales de las orientaciones sur y este.

- **Porcentaje de horas de confort térmico y de optimización en el área de comedor**

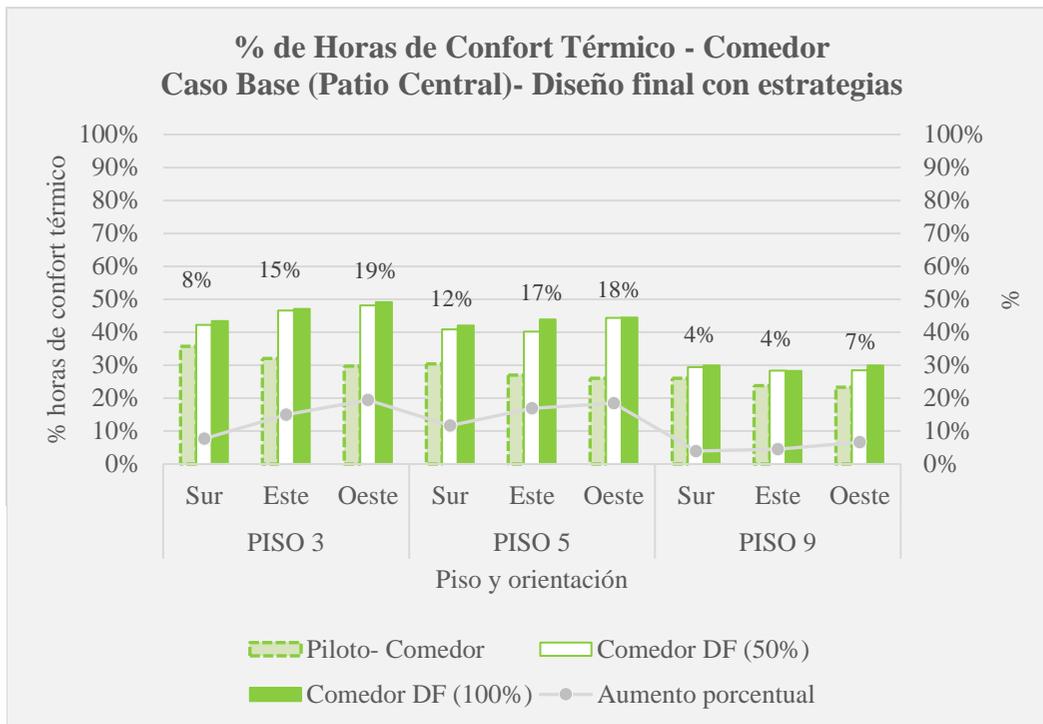


Gráfico 30. Gráfico comparativo de resultados de la simulación del Diseño Final del área de Comedor vs el Piloto de Patio central (% de horas de confort térmico anual).

Al analizar los resultados obtenidos en la comprobación del Diseño Final del área de Comedor y compararlos con los datos de las simulaciones piloto del Patio Central, se evidenció en el porcentaje de horas de confort térmico anual, lo siguiente (Ver Gráfico 30):

- El Piso 3 presentó un aumento porcentual promedio de 14% comparado con el Diseño Final con crecimiento vegetal del 100%, pasando de un porcentaje de horas de confort térmico anual de 36% al 43% en la

orientación **sur**, en la orientación **este** de 32% a 47% y en la orientación **oeste** paso del 30% al 49% de horas en confort térmico.

- Los apartamentos localizados en el Piso 5 presentaron un aumento de horas en confort térmico anual promedio del 15.6%, siendo el aumento de la orientación **este** y **oeste** muy similar dado que pasaron de un porcentaje de 27% y 28% respectivamente a un porcentaje de 44% en ambas orientaciones.
- El Piso 9 en todas las orientaciones, no mostró aumentos porcentuales significativos con respecto a los datos de caso base del Patio Central, debido al contacto directo del espacio de patio con el techo de la edificación y por lo tanto con la radiación solar directa. Este aumento solo represento un promedio de 5%.
- La optimización de horas de confort térmico de los pisos 3 y 5 en todas las orientaciones este, sur y oeste tuvo un aumento promedio de 45%.

- **Porcentaje de horas de confort térmico y de optimización en el área de alcoba**

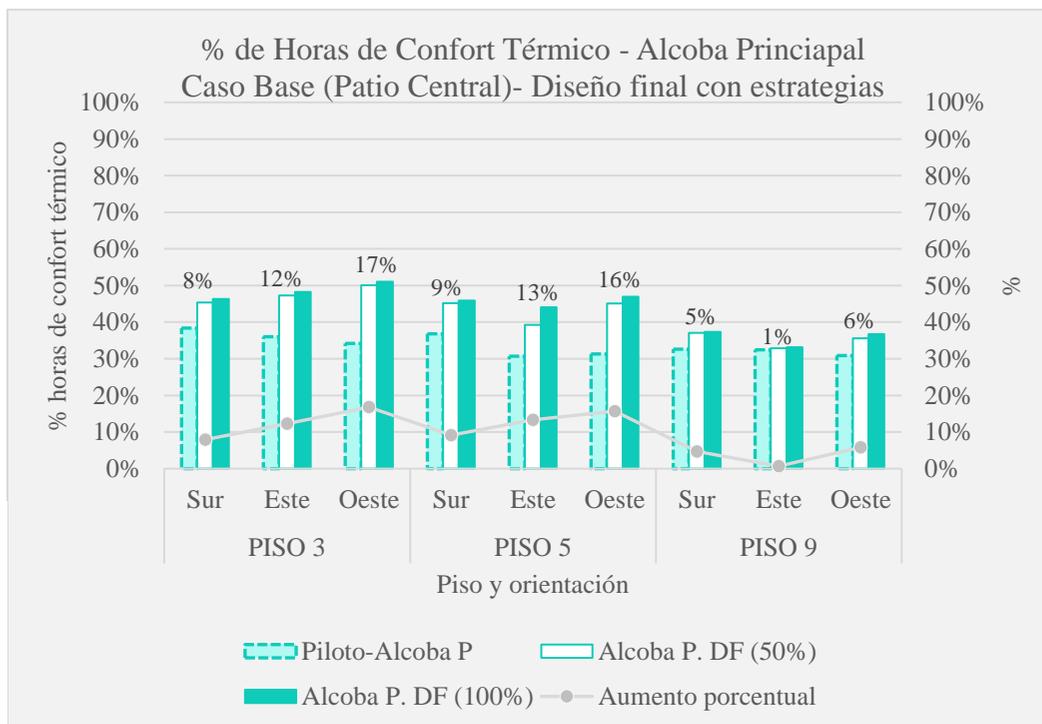


Gráfico 31. Gráfico comparativo de resultados de la simulación del Diseño Final del área de Alcoba vs el Piloto de Patio central (% de horas de confort térmico anual).

Al analizar los resultados obtenidos en la comprobación del Diseño Final del área de Alcoba y compararlos con los datos de las simulaciones piloto del Patio Central, se evidenció en el porcentaje de horas de confort térmico anual, lo siguiente (Ver Gráfico 31):

- La Alcoba en el Piso 3 presentó el mayor aumento porcentual en las viviendas de las tres (3) orientaciones sur, este y oeste. En la orientación **sur** incremento 8% pasando de 38% a 46%, en la orientación **este** incrementó un 12% pasando del 36% al 48% y en la

orientación **oeste** se incrementaron las horas de confort térmico en un 17% pasando de 34% a 51% de horas de confort térmico en el diseño final con crecimiento vegetal del 100%.

- Las áreas de Alcoba de las viviendas en el Piso 5 presentaron un aumento de horas en confort térmico anual promedio del 12.6%, incrementando al **sur** un 9% ya que paso de 37% a 46% de horas de confort, al **este** incrementó 13% pasando de un promedio inicial de 31% a 44% en el diseño final y al **oeste** incrementó 16% pasando del 31% al 47% en el diseño final.
- El área de alcoba presentó los porcentajes de optimización más altos del Piso 9 en comparación con las zonas de comedor y patio. Ya que para todas las orientaciones este espacio supera el 30% de horas de confort térmico anual.

8.3 Resultado final de grados hora de enfriamiento

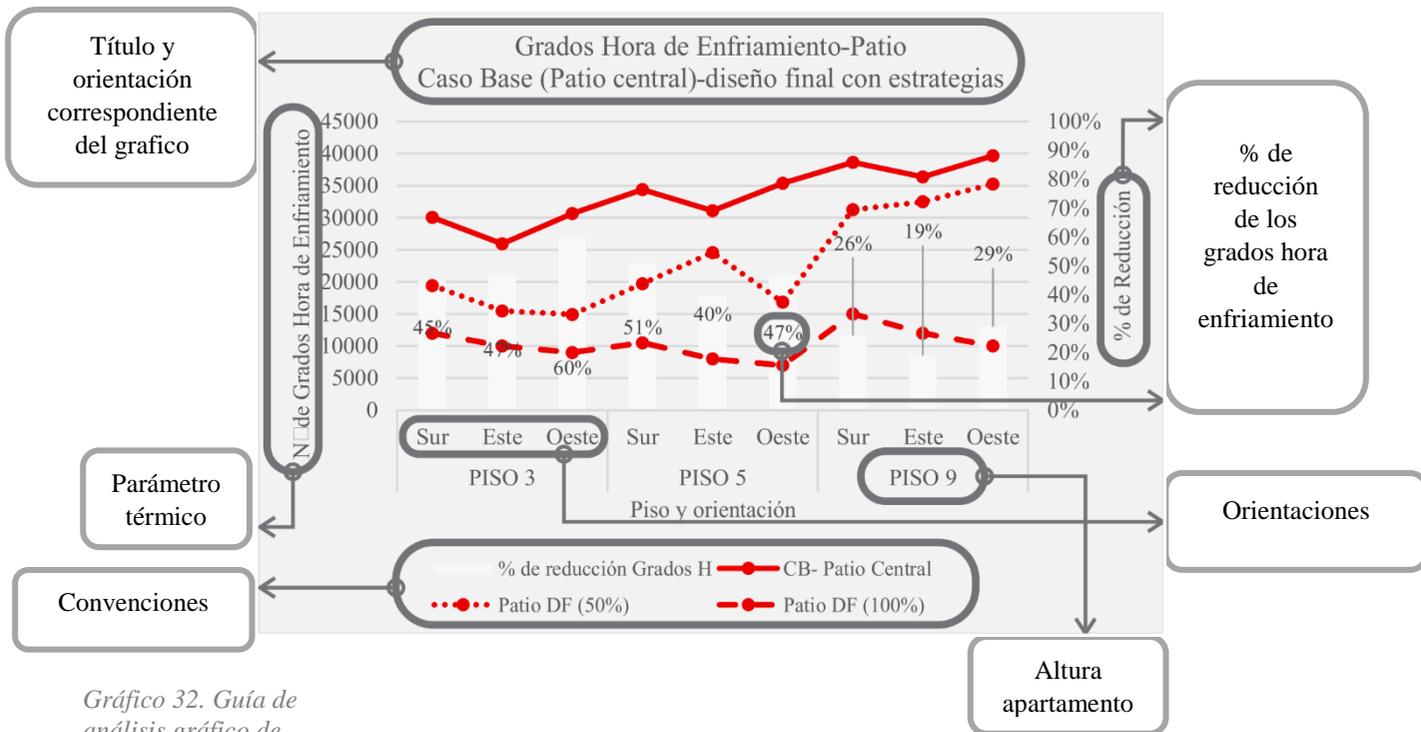


Gráfico 32. Guía de análisis gráfico de resultados, simulación del Diseño Final. Grados hora de enfriamiento.

- En la Grafica las líneas y puntos muestran la cantidad de grados hora de enfriamiento anual de cada espacio, mientras que las barras muestran el porcentaje de reducción de los grados hora (siendo el porcentaje más alto, mayor optimización).

- **Grados hora de enfriamiento y porcentaje de reducción de grados hora en el área de Patio**

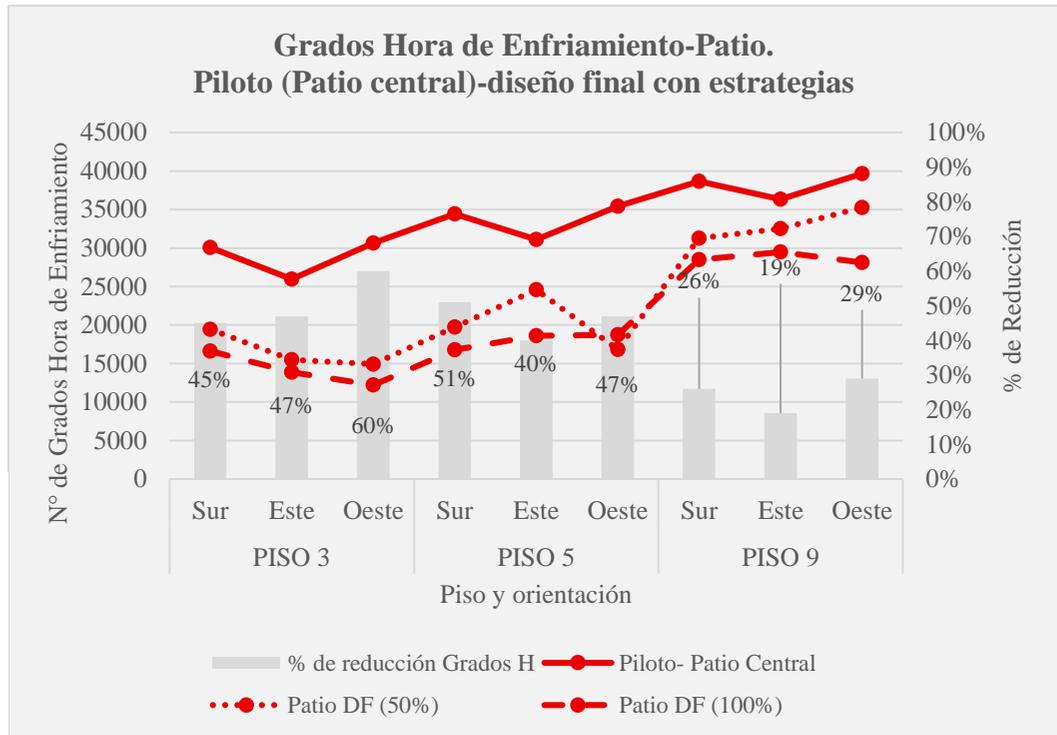


Gráfico 33. Gráfico comparativo de resultados de la simulación del Diseño Final del área de Patio vs el Piloto de Patio central (Grados hora de enfriamiento).

Al analizar los resultados porcentuales de reducción de grados hora de enfriamiento del Diseño Final en el área de Patio y compararlos con los datos de las simulaciones piloto del Patio Central se evidenció lo siguiente (Ver Gráfico 33):

- El Piso 3 en las orientaciones este y oeste presento los porcentajes de disminución de grados hora más altos en comparación con los otros

pisos siendo estos de 47% y 60% respectivamente, sin embargo, para la orientación sur, es el Piso 5 quien presentó el mayor porcentaje de disminución de grados hora de enfriamiento, dándose en el piso 3 una reducción de 45% y en el piso 5 de 51%.

- En el Piso 5 las orientaciones sur y oeste mostraron la mayor reducción de grados hora de enfriamiento 51% y 47% respectivamente, y las orientaciones este y oeste presentan comportamientos menos similares entre las simulaciones de 50 y 100% de crecimiento vegetal (El oeste en la simulación de 50% de crecimiento vegetal presenta menor porcentaje en comparación con los demás pisos y orientaciones).
- El Piso 9 presento los porcentajes de disminución de grados hora de enfriamiento más bajos mostrando una reducción del 26% para la orientación **sur**, 19% para la orientación **este** y 29% para la orientación **oeste**. Este bajo porcentajes fue debido al contacto directo del espacio de patio con el techo de la edificación y por lo tanto con la radiación solar directa.

- **Grados hora de enfriamiento y porcentaje de reducción de grados hora en el área de Comedor**

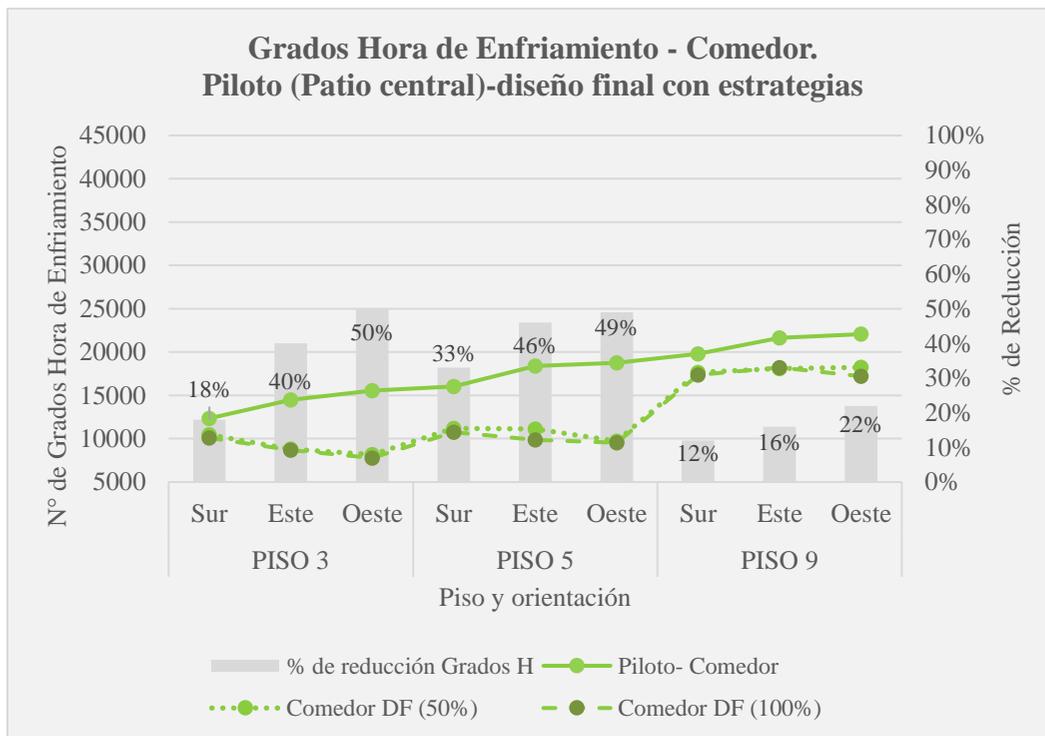


Gráfico 34. Gráfico comparativo de resultados de la simulación del Diseño Final del área de Comedor vs el Piloto de Patio central (Grados hora de enfriamiento).

Al analizar los resultados porcentuales de reducción de grados hora de enfriamiento del Diseño Final del área de Comedor y compararlos con los datos de las simulaciones piloto del Patio Central se evidenció lo siguiente (Ver Gráfico 34):

- En todos los pisos las simulaciones de 50% de crecimiento vegetal y 100% al compararse no se observan diferencias representativas entre uno y otro.

- En el piso 3 los grados hora de enfriamiento del diseño final se encontraron por debajo de los 10000 grados hora de enfriamiento, mientras que el piloto de patio central se encuentra por encima y en el caso de la orientación oeste supera los 15000. Se redujo entonces el 18% de grados hora para el sur, el 40% para el este y el 50% para el oeste.
- En el piso 9 el espacio de comedor presentó la menor disminución de grados hora de enfriamiento, en especial la orientación sur que muestra solo un 12% de reducción frente al piloto. Este bajo porcentaje fue debido al contacto directo del espacio con el techo de la edificación y por lo tanto con la radiación solar directa, que permite mayor acumulación de calor.
- **Grados hora de enfriamiento y porcentaje de reducción de grados hora en el área de Alcoba**

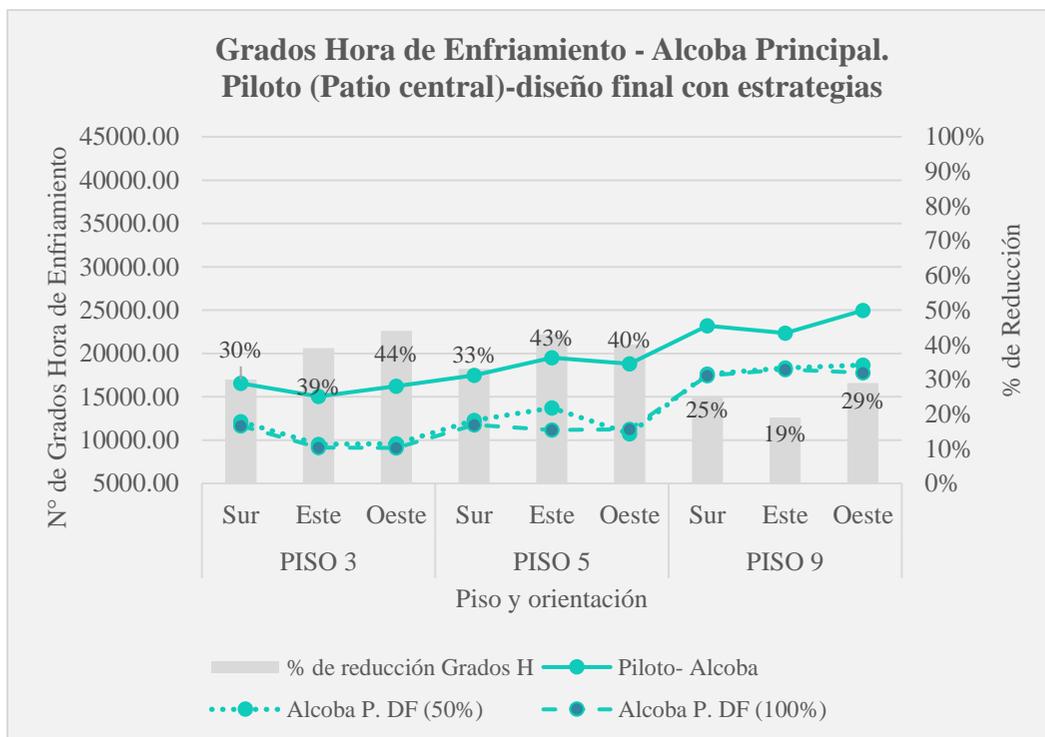


Gráfico 35. Gráfico comparativo de resultados de la simulación del Diseño Final del área de Alcoba vs el Piloto de Patio central (Grados hora de enfriamiento).

Al analizar los resultados porcentuales de reducción de grados hora del Diseño Final del área de Alcoba y compararlos con los datos de las simulaciones piloto del Patio Central se evidenció lo siguiente (Ver Gráfico 35):

- Los pisos 3 y 5 alcanzaron la mayor reducción de grados hora, siendo esta muy similar tanto en la simulación del 50% de crecimiento vegetal como en el 100 %.
- Los grados hora de enfriamiento para las tres orientaciones en los pisos 3 y 5 se encuentran por debajo de los 15000, mientras que en el piso 9 se encuentran por encima de este rango.

Conclusiones Metodológicas

- El desarrollo de este proyecto permitió ratificar los beneficios bioclimáticos de los espacios de patio (especialmente en el comportamiento térmico de las edificaciones), incluso cuando el espacio de patio como se conoce tradicionalmente adquiere modificaciones y un carácter distintivo diferente (en este caso Patio en Altura), también ratifica el uso primordial de la vegetación y la sombra en los patios para los climas cálido húmedo.
- La metodología implementada permite el desarrollo de otros proyectos de edificaciones que incorporen patios en alturas, en los cuales se presenten cambios en las variables (tamaño del área del patio, distribución de los espacios, entre otras) y en el clima.
- Es importante reconocer que, aunque la metodología incluye al análisis de parámetros térmicos y lumínicos como el porcentaje de horas en confort térmico anual, grados hora de enfriamiento y UDI entre 300 y 3000 lux, se recomienda continuar el análisis de los patios en altura con la incorporación de parámetros de ventilación para observar el flujo y movimiento del aire en el interior de la vivienda de acuerdo con la tipología de patio o medir las presiones de viento interior.

Referencias

- Abdulbasit, N. I. (2013). Courtyard Design Variants and Microclimate Performance. *Procedia- Social and Behavioral Science*.
- Abdulbasit, N. I. (2015). Thermal Performance Analysis of Courtyards in a Hot Humid Climate Using Computational Fluid Dynamics CFD Method. *Procedia- Social and Behavioral Science*.
- Amirhosein Ghaffarianhoseini, U. B. (2015). Thermal performance characteristics of unshaded courtyards in hot and humid climates. *Building and Environment*.
- Arís, C. M. (2008). Pabellón y patio, elementos de la arquitectura moderna. *Dearquitectura*, 20.
- Capitel, A. (2005). En A. Capitel, *La Arquitectura del patio* (p. 164). Barcelona: Gustavo Gili, SA.
- Ganem, A. E. (2006). Rehabilitación Ambiental de la Tipología de Medio Patio. Parte1: Diagnóstico cualitativo y cuantitativo del confort térmico . *ASADES*.
- Celis, N. M. (2013). El patio de la casa como territorio estético y su relación con el espacio artístico. *Arte y Diseño*, 57.
- Folga, A. (2012). En A. Folga, *Patios en Altura, una indagación gráfica* (pág. 6). MVDlab.
- Freixanet, V. A. (2010). Los grados-día como herramienta de diseño bioclimático para el ahorro de energía en las edificaciones.
- Rajapaksha, H. &. (2003). A ventilated courtyard as a passive cooling strategy in the warm humid tropics. *Renewable Energy*.

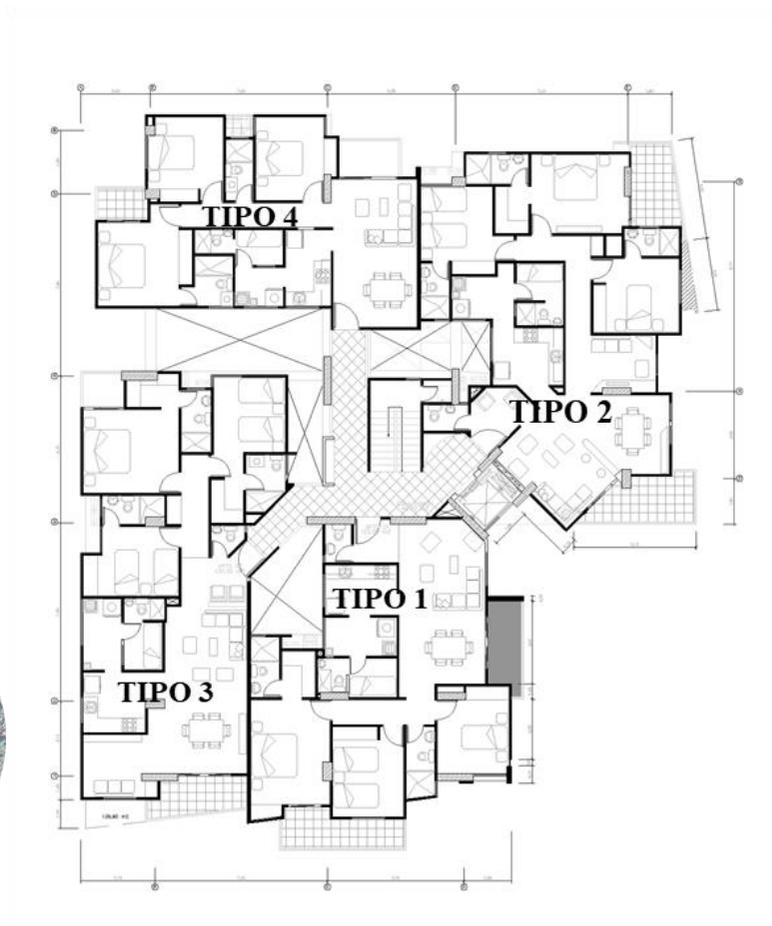
- Kubota, D. H. (2015). Comparative assessment of vernacular passive cooling techniques for improving indoor thermal comfort of modern terraced houses in hot-humid climate of Malaysia. *Solar Energy*.
- M.F. Soria Fernández, R. C. (s.f.). Justificación de los invariantes climáticos de la arquitectura popular española.
- Mardaljevic, A. N. (2006). Useful daylight illuminances: A replacement for daylight factors. *Energy and Buildings*.
- Muhaisen, A. S. (2006). Shading simulation of the courtyard from in different climatic regions. *Building and Environment*.
- Muñoz, A. G. (2012). *El confort térmico adaptativo aplicación en la edificación en España*. Cataluña: Universidad Politécnica de Cataluña.
- Pineda, L. (2018). *Fachadas vegetales en edificaciones tropicales: La doble piel vegetal como filtro térmico y lumínico en edificaciones tropicales en altura*. Bello, Antioquia: Universidad San Buenaventura, Facultad de Artes integradas.
- Real Academia Española. (2018). *Patio*. Obtenido de Real Academis Española: <http://www.rae.es/>
- Kubota, M. A. (2017). Thermal functions of internal courtyards in traditional Chinese shophouses in the hot-humid climate of Malaysia. *Building and Environment*.
- Viqueira, V. A. (2004). *Ventilación Natural Calculos Basicos para la Arquitectura*. Mexico D.F: Azcapotzalco.

ANEXOS

Anexo 1. Análisis de tipología edilicias de Montería

Edificio 1

Localización





TIPO 1:

Área Total: 104.58m²

Área Sala- Comedor: 29.33m²

Área de Balcón 1: 5.54m²

Área alcoba Principal:

20.15m²

Área de Balcón 2: 7.86m²

Área alcoba 2: 10.14m²

Área alcoba 3: 9.27m²

Área alcoba de Servicio:

5.02m²

Área de Cocina: 6.30m²

Área de Labores: 4.80m²

De baños: 4



TIPO 2:

Área Total: 124.22

Área Sala- Comedor: 30.97m²

Área de Balcón 1: 8.27m²

Área alcoba Principal:

19.81m²

Área de Balcón 2: 6.94m²

Área alcoba 2: 13.14m²

Área alcoba 3: 12.71m²

Área de estudio: 6.29m²

Área alcoba de Servicio:

4.94m²

Área de Cocina: 7.00m²

Área de Labores: 4.93m²

De baños: 5



TIPO 3:

Área Total: 115m²

Área Sala- Comedor: 34.15m²

Área de Balcón 1: 6.26m²

Área alcoba Principal: 20.09m²

Área de Balcón 2: 2.51m²

Área alcoba 2: 17.03m²

Área alcoba 3: 13.60m²

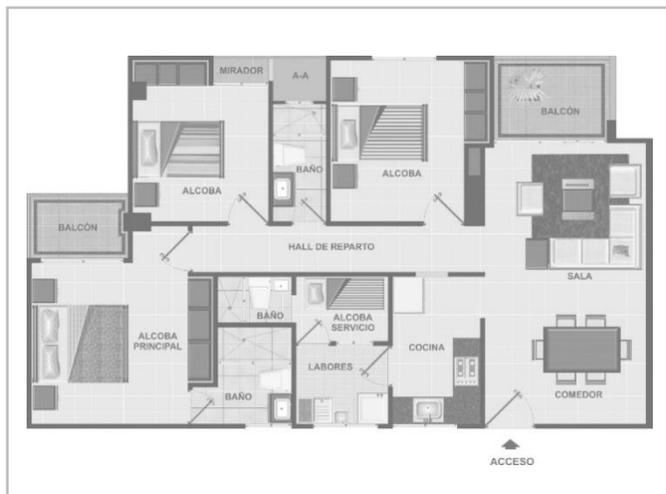
Área alcoba de Servicio: 4.81m²

Área de Estudio: 7.31m²

Área de Cocina: 6.50m²

Área de Labores: 4.80m²

De baños: 5



TIPO 4:

Área Total: 85m²

Área Sala- Comedor: 22.32m²

Área de Balcón 1: 4.16m²

Área alcoba Principal: 17.94m²

Área de Balcón 2: 2.88m²

Área alcoba 2: 10.58m²

Área alcoba 3: 10.82m²

Área alcoba de Servicio: 4.66m²

Área de Cocina: 6.08m²

Área de Labores: 3.20m²

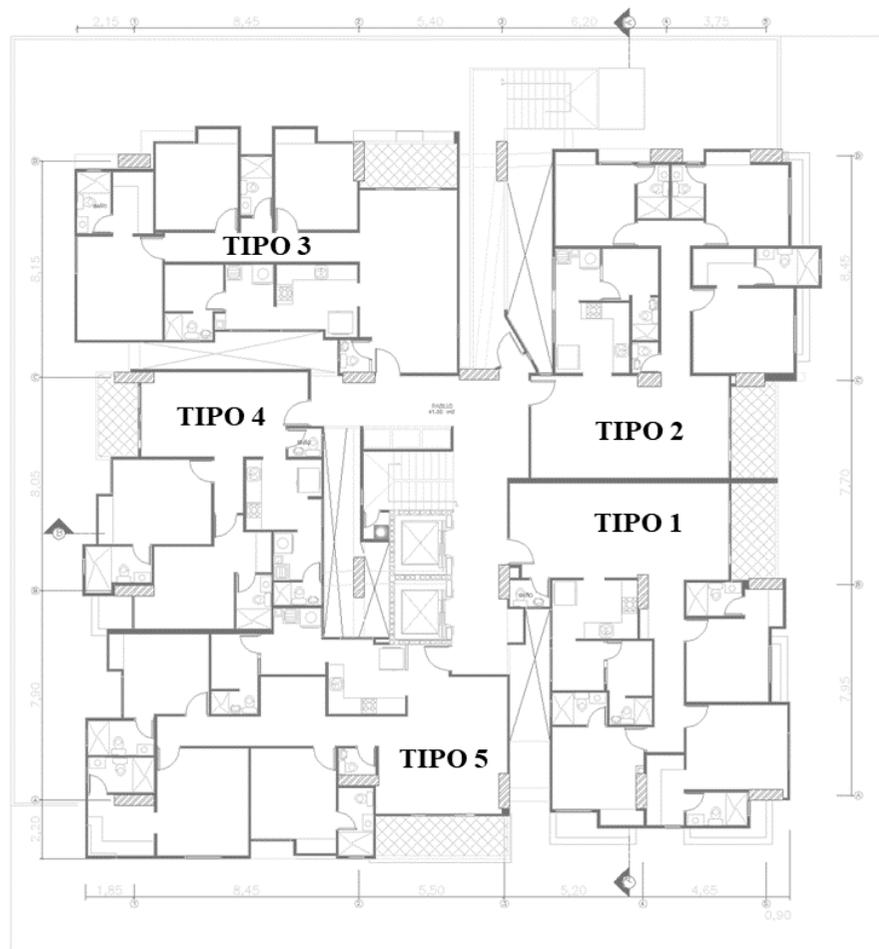
De baños: 3

Tabla 14. Resumen de áreas promedio en el edificio 1. Fuente: Autor.

Espacio	Área promedio	Cantidad
Sala – comedor	29.20m2	1 (incluye baño social)
Alcoba principal	19.50m2	1 (incluye vistiere y baño)
Balcón social	6.06m2	1
Alcobas baño interno	14.12m2	2
Alcobas con baño compartido	10.20m2	2
Cocina	6.50m2	1
Estudio	6.8m2	1
Labores	4.4m2	1
Alcoba de servició	4.9m2	1 (incluye baños)
Numero de baños		4
Nº de Pisos		10
ÁREA TOTAL	107.2m2	10

Edificio 2

Localización




TIPO 1:
Área Total: 102.63m²
Área Sala- Comedor: 31.20m²
Área de Balcón: 6.30m²
Área alcoba Principal: 19m²
Área alcoba 2: 13.71m²
Área alcoba 3: 14.22m²
Área de Cocina: 7.04m²
Área de Labores: 3.60m²
De baños: 5

TIPO 2:
Área Total: 98.11m²
Área Sala- Comedor: 28.42m²
Área de Balcón: 6.13m²
Área alcoba Principal: 18.83m²
Área alcoba 2: 12.74m²
Área alcoba 3: 12.40m²
Á. alcoba de Servicio: 5.54m²
Área de Cocina: 7.42m²
Área de Labores: 3.31m²
De baños: 5



TIPO 3:

Área Total: 97m²

Área Sala- Comedor:

26.01m²

Área de Balcón: 6.15m²

Área alcoba Principal:

19.09m²

Área alcoba 2: 10.90m²

Área alcoba 3: 10.69m²

Área alcoba de Servicio:

5.72m²

Área de Cocina: 7.83m²

Área de Labores: 4.41m²

De baños: 4



TIPO 4:

Área Total: 68.35 m²

Área Sala- Comedor: 20.40m²

Área de Balcón: 4.81m²

Área alcoba Principal:

16.45m²

Área alcoba 2: 16.68m²

Área de Cocina: 7.55m²

Área de Labores: 3.24m²

De baños: 4

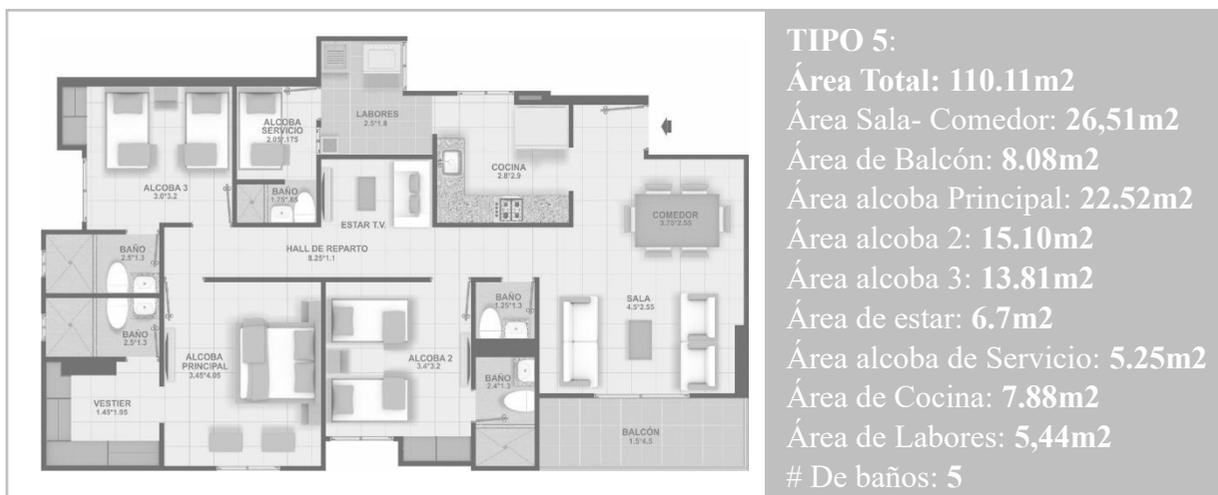


Tabla 15. Resumen de áreas promedio en el edificio 2. Fuente: Autor.

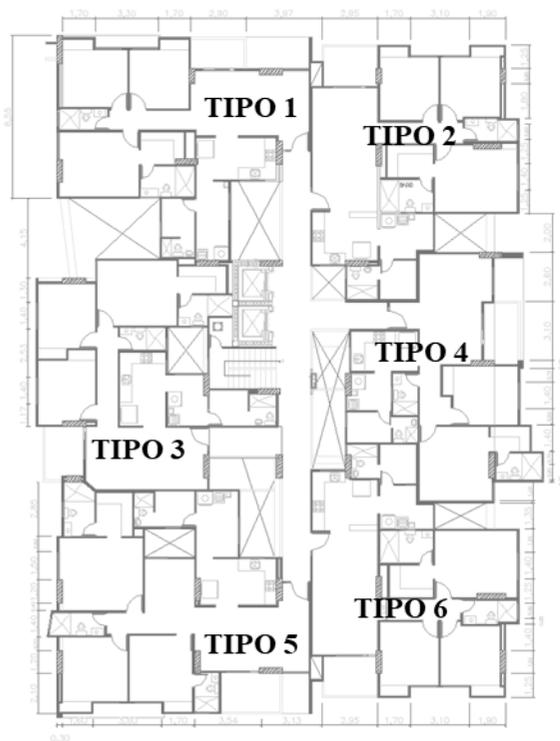
Espacio	Área	Cantidad
Sala – comedor	26.50m ²	1 (incluye baño social)
Alcoba principal	19.18m ²	1 (incluye vistiere y baño)
Balcón social	6.30m ²	1
Alcobas baño interno	14.4m ²	2
Alcobas con baño compartido	10.8m ²	2
Cocina	7.50m ²	1
Estudio o Estar	6.7m ²	
Labores	4m ²	1
Alcoba de servicio	5.50m ²	1 (incluye baños)
Número de baños		4
Número de pisos		10
ÁREA TOTAL	95.24m⁴	

Edificio 3 y 4

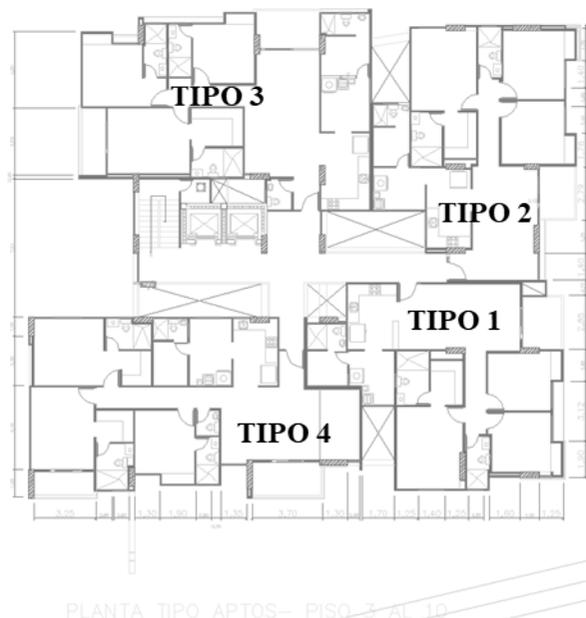
Localización



BLOQUE A



BLOQUE B



PLANTA TIPO APTOS- PISO 3 AL 10

INBREVE CENTRO TECNICO

BLOQUE A



TIPO 1:

Área Total: 120m²

Área Sala- Comedor: 21.71m²

Área de Balcón: 4.78m²

Área alcoba Principal: 22.44m²

Área alcoba 2: 11.17m²

Área alcoba 3: 10.43m²

Área alcoba de Servicio: 5.19m²

Área de Cocina: 9.21m²

Área de Labores: 7.31m²

De baños: 3



TIPO 2:

Área Total: 115m²

Área Sala- Comedor: 21,83m²

Área de Balcón: 6.13m²

Área alcoba Principal: 23.58m²

Área alcoba 2: 11m²

Área alcoba 3: 10.75m²

Á. alcoba de Servicio: 6.70m²

Área de Cocina: 9.07m²

Área de Labores: 6.18m²

De baños: 3



TIPO 3:

Área Total: 110m²

Área Sala- Comedor: 20.53m²

Área de Balcón: 5.90m²

Área alcoba Principal: 21.70m²

Área alcoba 2: 11.02m²

Área alcoba 3: 10.46m²

Área alcoba de Servicio: 6.11m²

Área de Cocina: 9.23m²

Área de Labores: 5.29m²

De baños: 3



TIPO 5:

Área Total: 120m²

Área Sala- Comedor: 21.48m²

Área de Balcón: 6.82m²

Área alcoba Principal: 25.31m²

Área alcoba 2: 12.40m²

Área alcoba 3: 12.21m²

Área alcoba de Servicio: 5.66m²

Área de Cocina: 9.80m²

Área de Labores: 7.60m²

De baños: 3



TIPO 6:

Área Total: 115m²

Área Sala- Comedor: 21.75m²

Área de Balcón: 6.12m²

Área alcoba Principal: 23.57m²

Área alcoba 2: 10.73m²

Área alcoba 3: 11m²

Á. alcoba de Servicio: 6.52m²

Área de Cocina: 9.87m²

Área de Labores: 5.40m²

De baños: 3



TIPO 1:

Área Total: 114m²

Área Sala- Comedor: 22.10m²

Área de Balcón: 5.90m²

Área alcoba Principal:

23.49m²

Área alcoba 2: 10.75m²

Área alcoba 3: 10.78m²

Área alcoba de Servicio:

6.40m²

Área de Cocina: 8.73m²

Área de Labores: 5.93m²

De baños: 3

BLOQUE B



TIPO 1:

Área Total: 114m²

**Área Sala- Comedor:
22.10m²**

Área de Balcón: 5.90m²

**Área alcoba Principal:
23.49m²**

Área alcoba 2: 10.75m²

Área alcoba 3: 10.78m²

**Área alcoba de Servicio:
6.40m²**

Área de Cocina: 8.73m²

Área de Labores: 5.93m²

De baños: 3



TIPO 2:

Área Total: 115m²

**Área Sala- Comedor:
21.79m²**

Área de Balcón: 5.56m²

**Área alcoba Principal:
23.15m²**

Área alcoba 2: 12.43m²

Área alcoba 3: 11.71m²

**Á. Alcoba de Servicio:
6.08m²**

Área de Cocina: 9.43m²

Área de Labores: 5.94m²

De baños: 3



TIPO 3:

Área Total: 136m²

Área Sala- Comedor: 29m²

Área de Balcón: 6.62m²

Área alcoba Principal:

24.50m²

Área balcón 2: 4.55m²

Área alcoba 2: 16.09m²

Área alcoba 3: 14.12m²

Área alcoba de Servicio: 8m²

Área de Cocina: 10.17m²

Área de Labores: 7.14m²

De baños: 5



TIPO 4:

Área Total: 142m²

Área Sala- Comedor: 32m²

Área de Balcón: 7.07m²

Área alcoba Principal: 22m²

Área balcón 2: 4.41m²

Área alcoba 2: 20.80m²

Área alcoba 3: 16.12m²

Á. alcoba de Servicio:

6.20m²

Área de Cocina: 7.85m²

Área de Labores: 7.70m²

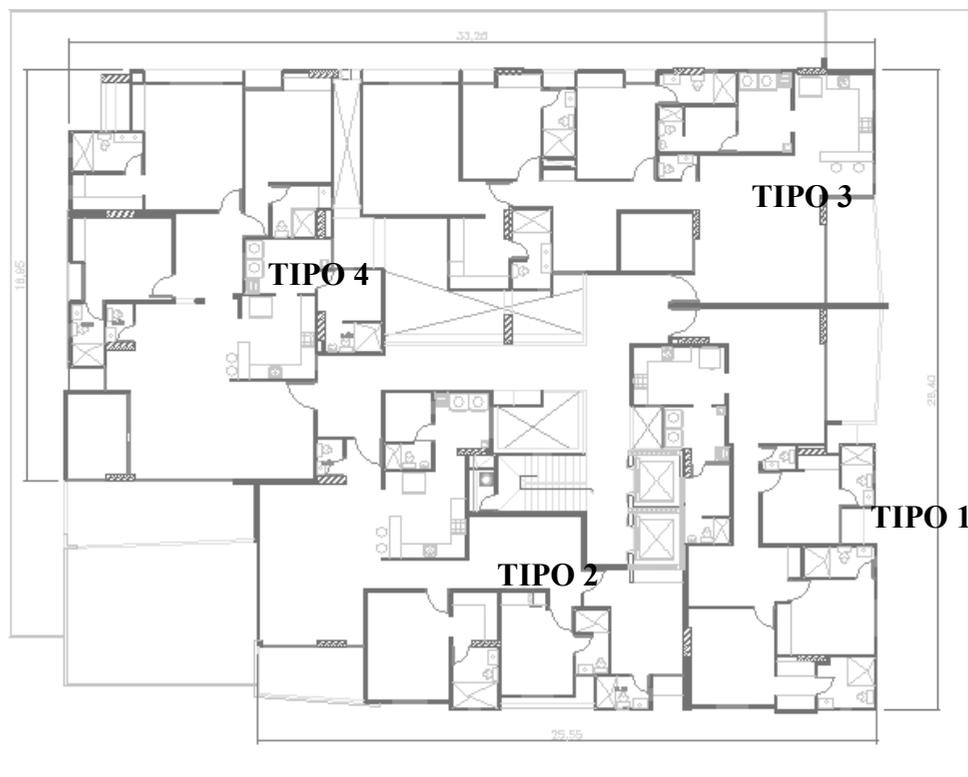
De baños: 5

Tabla 16. Resumen de áreas promedio en el edificio 3 y 4. Fuente: Autor.

Espacio	Área	Cantidad
Sala – comedor	23.44m ²	1 (incluye baño social)
Alcoba principal	23.02m ²	1 (incluye vestiere y baño)
Balcón social	6.10m ²	1
Alcobas baño interno	16.8m ²	2
Alcobas con baño compartido	11.20m ²	2
Cocina	9.1m ²	1
Labores	6.30m ²	1
Alcoba de servició	6.20m ²	1 (incluye baños)
Número de baños		3
Número de Pisos		10
ÁREA TOTAL	117.8m ²	

Edificio 6

Localización





TIPO 3:

Área Total: 157.54m²
Área Sala- Comedor: 32.37m²
Área de Balcón: 9.23m²
Área alcoba Principal: 36.77m²
Área alcoba 2: 17.11m²
Área alcoba 3: 17.66m²
Área de estudio: 7.20m²
Área de estar: 7.02m²
Área alcoba de Servicio: 6.08m²
Área de Cocina: 11.78m²
Área de Labores: 7.26m²
De baños: 5



TIPO 4:

Área Total: 163m²
Área Sala- Comedor: 33.38m²
Área de Balcón: 20.67m²
Área alcoba Principal: 31.43m²
Área alcoba 2: 16.82m²
Área alcoba 3: 21.50m²
Área de estudio: 8.50m²
Área de estar: 9.44m²
Á. alcoba de Servicio: 8.34m²
Área de Cocina: 10.52m²
Área de Labores: 7.12m²
De baños: 5

Tabla 17. Resumen de áreas promedio en el edificio 6. Fuente: Autor.

Espacio	Área	Cantidad
Sala – comedor	31.10m ²	1 (incluye baño social)
Alcoba principal	28.6m ²	1 (incluye vestiere y baño)
Balcón social	12.5m ²	1
Alcobas baño interno	17m ²	2
Cocina	10.8m ²	1
Estudio o Estar	8.18m ²	
Labores	6.21m ²	1
Alcoba de servició	6.6m ²	1 (incluye baños)
Número de baños		5
Número de pisos		11
ÁREA TOTAL	143m ²	