



Estrategias de Diseño Sostenible para una Edificación de Uso Mixto en

Clima Cálido Seco.

Caso de Estudio: Neiva, Huila.

Valentina Vargas Serrato

Universidad Católica de Colombia
Facultad de Diseño, Maestría en Diseño Sostenible
Bogotá D.C
Octubre de 2022



Estrategias de Diseño Sostenible para una Edificación de Uso Mixto en

Clima Cálido Seco.

Caso de Estudio: Neiva, Huila.

Valentina Vargas Serrato

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
Maestría en Diseño Sostenible

Director proyecto de grado:
Arq. Andrés García



Universidad Católica de Colombia
Facultad de Diseño, Maestría en Diseño Sostenible
Bogotá D.C
Octubre de 2022



Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0)

This is a human-readable summary of (and not a substitute for) the [license](#). [Advertencia](#).

Usted es libre de:

Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato

La licenciante no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia

Bajo los siguientes términos:



Atribución — Usted debe dar [crédito de manera adecuada](#), brindar un enlace a la licencia, e [indicar si se han realizado cambios](#). Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante.



NoComercial — Usted no puede hacer uso del material con [propósitos comerciales](#).



SinDerivadas — Si [remezcla, transforma o crea a partir](#) del material, no podrá distribuir el material modificado.

No hay restricciones adicionales — No puede aplicar términos legales ni [medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia](#).



Índice

Titulo.....	11
Resumen.....	11
1. Introducción	14
2. Formulación del Problema	17
3. Justificación del Problema	20
3.1. Campo de interés:	21
4. Pregunta de Investigación	23
4.1. Hipótesis	23
5. Objetivos de la Investigación.....	24
5.1. Objetivo general	24
5.2. Objetivos específicos	24
6. Marco de Referencia	26
6.1. Marco Contextual	26
6.1.1. Características Básicas del Clima	27
6.1.2. Análisis Centro tradicional.....	33
6.2. Marco Normativo	38
6.2.1. Marco normativo Municipal.....	38
6.2.2. Marco Normativo Nacional.....	41
6.2.3. Marco Normativo Internacional	46
6.3. Marco Teórico	48



6.4.	Estado del Arte	56
6.4.1.	Edificio de Oficinas TORRE PROKSOL	56
6.4.2.	Edificio Ecológico y de Energías Eficientes – Mario Cucinella.....	59
6.4.3	Easyhome Huanggang Vertical Forest City – Stefano Boeri.....	63
7.	Diseño Del Método	65
7.1.	Fase 1. Método Descriptivo.....	65
7.2.	Fase 2. Método Analítico.....	65
7.3.	Fase 3. Método Confirmativo.....	66
7.4.	Fase 4. Método Propositivo.....	66
8.	Resultados Esperados.....	67
8.1.	Aportes del trabajo.....	67
8.2.	Agradecimientos	68
9.	Desarrollo.....	69
9.1.	Fase 1.....	69
9.1.1.	Variables climáticas	69
9.1.2.	Análisis línea base	71
9.1.3.	Simulaciones línea base	78
9.2.	Fase 2.....	94
9.3.	Fase 3.....	98
9.3.1.	Requerimientos de diseño	98
8.3.2.	Planimetría general.....	100



8.3.3. Estrategias aplicadas a la línea mejorada	101
9.4. Fase 4.....	108
9.4.1. Análisis línea mejorada en Design Builder	108
9.4.2. Análisis línea mejorada en Edge	132
9.5. Conclusiones	135
10. Línea Futura de Investigación.....	139
11. Anexos	140
12. Referencias Bibliográficas	141



Figura 1: Escenario variación de la temperatura y precipitación.....	17
Figura 2: Tabla variación de la temperatura y precipitación por periodo.....	18
Figura 3: Localización de Neiva, Huila	26
Figura 4: Rangos de temperatura	27
Figura 5: Rangos de temperatura por hora.....	28
Figura 6: Rangos de velocidad del viento.....	28
Figura 7: Rangos de dirección del viento	29
Figura 8: Rangos de humedad.....	29
Figura 9: Porcentaje de humedad.....	30
Figura 10: Rangos de radiación solar.....	30
Figura 11: Rangos de iluminación	31
Figura 12: Salida y puesta de sol	32
Figura 13: Promedio mensual de agua lluvia.....	32
Figura 14: Usos del suelo.....	34
Figura 15: Jerarquía vial	35
Figura 16: Morfología urbana.....	36
Figura 17: Espacios públicos	36
Figura 18: Invasión espacio público	37
Figura 19: Zonas críticas en el centro	38
Figura 20: Línea base de consumo de energía, de acuerdo al uso y al clima	42
Figura 21: Porcentaje de ahorro por año.....	44
Figura 22: Escala de sensación térmica de 7 niveles	47
Figura 23: Rangos de confort.....	48
Figura 24: Estrategias de eficiencia energética, de agua y de materiales	52



Figura 25: Categorías de evaluación.....	54
Figura 26: Categorías de evaluación.....	54
Figura 27: Categorías de evaluación.....	55
Figura 28: Tipos de proyectos.....	56
Figura 29: Localización proyecto	57
Figura 30: Esquemas de ventilación e iluminación natural del proyecto	57
Figura 31: Imágenes del proyecto.....	58
Figura 32 : Corte esquemático de ventilación e iluminación natural del proyecto.....	58
Figura 33: Corte esquemático de ventilación e iluminación natural del proyecto.....	60
Figura 34: Corte Bioclimático en verano.....	60
Figura 35 : Fachadas ventiladas desarrolladas en el proyecto	61
Figura 36: Corte fachada.....	62
Figura 37: Torres de vivienda	63
Figura 38: Cuadro resumen de la metodología	66
Figura 39: Gráficos climáticos Neiva	69
Figura 40: Vías próximas al proyecto	71
Figura 41: Vegetación próxima al proyecto.....	71
Figura 42: Usos de la línea base	72
Figura 43: Alturas de la línea base.....	72
Figura 44: Materiales de la línea base.....	73
Figura 45: Plantas Arquitectónicas línea base	73
Figura 46: Cortes arquitectónicos línea base	74
Figura 47: Alzados arquitectónicos línea base.....	75
Figura 48: Levantamiento fotográfico del estado actual.....	76
Figura 49 : Datos del proyecto en Edge.....	77



Figura 50 : Cifras de consumo de la línea base	77
Figura 51: Modelo de la línea base	78
Figura 52: Horario de ocupación según el uso.....	79
Figura 53 : Materiales de la línea base.....	79
Figura 54 : Incidencia radiación solar exterior	80
Figura 55 : Incidencia temperatura al interior.....	80
Figura 56: Velocidad del viento en planta con edificios vecinos	82
Figura 57: Velocidad del viento sobre la fachada oeste	82
Figura 58 : División de zonas para las simulaciones	83
Figura 59: Rangos de iluminación natural	84
Figura 60 : Velocidad y temperatura del viento.....	85
Figura 61: Condiciones de confort.....	86
Figura 62: Ganancias térmicas por superficies	86
Figura 63: Rangos de iluminación natural	87
Figura 64: Velocidad y temperatura del viento.....	88
Figura 65: Condiciones de confort.....	89
Figura 66: Ganancias térmicas por superficies	89
Figura 67: Rangos de iluminación natural	90
Figura 68: Velocidad y temperatura del viento.....	91
Figura 69: Condiciones de confort.....	91
Figura 70: Ganancias térmicas por superficies	92
Figura 71: Corte bioclimático línea base	92
Figura 72: Simulaciones confort línea base para el año 2100	94
Figura 73: Zonas requerimiento de diseño.....	100
Figura 74: Plantas arquitectónicas	100



Figura 75: Alzados arquitectónicos	101
Figura 76: Representación relación ventana – pared	102
Figura 77: Representación elementos de protección solar.....	103
Figura 78: Representación ventilación natural	104
Figura 79: Representación iluminación natural	105
Figura 80: Modelo de la línea mejorada	109
Figura 81: División de zonas para las simulaciones	109
Figura 82: Tipos de ventanas	110
Figura 83: Tipos de Cortasoles	111
Figura 84: Cambios propuestos para la fachada oeste de las oficinas	111
Figura 85: Simulaciones de iluminación natural	112
Figura 86: Rangos de iluminación natural adecuada	112
Figura 87: Condiciones de confort.....	114
Figura 88: Velocidad y temperatura del viento.....	114
Figura 89: Cambios propuestos para la fachada sur de las oficinas	115
Figura 90: Simulaciones de iluminación natural	116
Figura 91: Rangos de iluminación natural adecuada	116
Figura 92: Condiciones de confort.....	117
Figura 93: Velocidad y temperatura del viento.....	118
Figura 94: Cambios propuestos para la fachada norte de las oficinas	118
Figura 95: Simulaciones de iluminación natural	119
Figura 96: Rangos de iluminación natural adecuada	119
Figura 97: Condiciones de confort.....	120
Figura 98 : Velocidad y temperatura del viento.....	121
Figura 99: Cambios propuestos para la fachada oeste de los apartaestudios.....	121



Figura 100: Simulaciones de iluminación natural	122
Figura 101: Rangos de iluminación natural adecuada	123
Figura 102: Condiciones de confort.....	124
Figura 103: Velocidad y temperatura del viento.....	125
Figura 104: Cambios propuestos para la fachada sur de los apartaestudios	125
Figura 105: Simulaciones de iluminación natural	126
Figura 106: Rangos de iluminación natural adecuada	126
Figura 107: Condiciones de confort.....	127
Figura 108: Velocidad y temperatura del viento.....	128
Figura 109: Cambios propuestos para la fachada norte de los apartaestudios.....	128
Figura 110: Simulaciones de iluminación natural	129
Figura 111: Rangos de iluminación natural adecuada	129
Figura 112: Condiciones de confort.....	130
Figura 113: Velocidad y temperatura del viento.....	131
Figura 114: Simulaciones confort línea mejorada para el año 2100.....	132
Figura 115: Porcentajes de ahorro en materiales, en energía y agua con estrategias pasivas.....	133
Figura 116: Porcentajes de ahorro de energía y agua con estrategias pasivas y activas	134
Figura 117: Consumo línea mejorada	135
Figura 118: Corte bioclimático línea mejorada	135



Título

Estrategias de diseño sostenible para una edificación de uso mixto en clima cálido seco. Caso de estudio: Neiva – Huila.

Resumen

El cambio climático es una situación que inquieta y afecta a todos, y representa un potencial riesgo para las edificaciones y la habitabilidad de las mismas. Una de las industrias que genera mayor impacto a nivel ambiental es el sector de la construcción, debido a los niveles de residuos que genera y al gasto de recursos y energía que utiliza.

Por lo anterior, la construcción y el diseño arquitectónico deben buscar la forma de mitigar los efectos producto del cambio climático, y por lo que es necesario que las edificaciones recuperen la relación con el contexto climático y cultural en el que se encuentran.

Debido a esto surge la pregunta de investigación, ¿Cuáles son las estrategias sostenibles más adecuadas para que una edificación responda a los cambios de temperatura y de precipitación producto del cambio climático, generando a su vez bienestar en los usuarios, en las condiciones de clima cálido seco de la ciudad de Neiva?

Este proyecto de investigación, busca proponer unas estrategias de diseño sostenibles pasivas y activas para una edificación de uso mixto, que responda a las características climáticas actuales y al aumento tanto de la temperatura como de las precipitaciones que sucederá a causa del cambio climático en la ciudad de Neiva, con el fin de que la edificación garantice el confort térmico en los espacios interiores.



La definición de dichas estrategias se realizó a partir de una metodología que consiste en 4 etapas: Identificar las condiciones actuales, definir las estrategias, validar dichas estrategias y proponer las recomendaciones.

De acuerdo a los resultados obtenidos en las diferentes etapas de desarrollo, en primera instancia se demuestra que el diseño actual de la línea base no genera las condiciones necesarias para desarrollar las actividades dentro del espacio; esto se da en las tres zonas establecidas para realizar los análisis, las cuales fueron seleccionadas debido a que son las de mayores afectaciones climáticas (Zona sur, Oeste y Norte); puesto que con las simulaciones se comprueba que son espacios en donde no se da una iluminación natural uniforme, que el diseño tanto de las oficinas como de los aparta estudios no permite una ventilación cruzada, es decir, no se da una circulación adecuada del aire en el interior, y que la temperatura interna de los espacios supera los rangos que la OMS recomienda, puesto que las diferentes zonas tienen temperaturas operativas internas de 33°C y 37°C.

Por lo anterior, se generan unas estrategias de diseño a partir de las cuales se modifica el diseño interior de la edificación de la línea base, así como las fachadas en cuanto a la dimensiones de las ventanas, balcones y elementos de protección para las superficies como los cortasoles y aleros. Los resultados de las respectivas simulaciones, permiten mejorar las condiciones de confort térmico, la eficiencia energética y de agua de la edificación, lográndose una iluminación más uniforme en los espacios y las temperaturas operativas de los mismos van desde los 26°C hasta los 32°C.

Para finalizar, se concluye que las estrategias pasivas implementadas en la edificación permiten disminuir la temperatura operativa entre 2°C y 3°C, en cada una de



las zonas analizadas (Norte, sur y oeste). Sin embargo, para lograr que exista una mayor eficiencia energética y de ahorro de agua, también es necesaria la implementación de estrategias activas como los sistemas de captación de energía solar y aparatos ahorradores, puesto que así se alcanzan porcentajes de ahorro energético y de agua de 40.85% y de 36.27% respectivamente.

Palabras claves: Diseño sostenible, Confort térmico, Estrategias sostenibles, Clima cálido seco.



1. Introducción

La ciudad de Neiva se caracteriza por tener altas temperaturas atmosféricas, pertenece al piso térmico de clima cálido seco, tiene una temperatura media de 27.5°C, y dos épocas diferentes de clima, una de lluvia y otra de sequía, siendo esta última la más extensa, y se da en los meses entre enero y marzo y junio y septiembre.

A partir de la salida de campo, la caracterización y el análisis de las tipologías edificatorias en el centro de la ciudad de Neiva tomada como la zona de estudio, en relación con el clima, se observa que no hay unos criterios claros de diseño según el contexto o factores climáticos como la humedad relativa, la temperatura tanto en el día como en la noche, la incidencia de la radiación solar, los vientos, entre otros, sino que se desarrollan construcciones estándar al resto de ciudades del país.

La situación anterior puede causar no solo el aumento del consumo energético sino problemas de salud y de productividad en los usuarios de las edificaciones. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), existen edificios que pertenecen al concepto del edificio del síndrome enfermo, en los que la mala calidad del aire y las temperaturas presentes en los espacios interiores generan síntomas en los usuarios asociados a los mareos, náuseas, irritación tanto en los ojos como en la nariz, malestar en la garganta y en la cabeza, entre otros. Lo anterior se vuelve más significativo a partir de la actual crisis sanitaria del Covid19, haciéndose necesario replantear la forma en la que diseñamos los edificios, sus zonas semipúblicas y privadas.

Neiva, ha desarrollado acciones dentro de su Plan de Desarrollo 2020-2023, relacionadas con el Plan de Desarrollo Nacional 2018-2022 “Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad” y con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la agenda 2030, específicamente para la lucha contra el cambio climático, buscando disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), mejorar la calidad del agua de las fuentes hídricas y la calidad del aire, y



optimizar el manejo de los escombros y residuos, entre otros. Sin embargo, aún falta un arduo trabajo en el desarrollo de normatividad relacionada con la sostenibilidad de las edificaciones y los procesos constructivos de las mismas, que permita implementar estrategias pasivas y activas que generen confort térmico y bienestar en las personas que las habitan.

Con la presente investigación se pretende establecer unas estrategias de diseño sostenible tanto pasivas como activas, para el clima cálido seco de la ciudad de Neiva, que sirvan para el desarrollo a futuro de unos lineamientos que puedan ser implementados en las políticas públicas municipales, y que se rijan tanto los diseños de las nuevas edificaciones de uso mixto, en donde se incluyen oficinas y/o servicios, y vivienda, y las propuestas de renovación de las ya existentes, permitiendo tanto a los diseñadores y a los constructores como a otros profesionales y/o usuarios, disponer de una información específica en relación al mejoramiento del confort, ahorro energético y calidad del aire de dichas edificaciones.

Esta investigación se estructura de la siguiente manera: la primera parte consiste en establecer un marco de antecedentes, describir y justificar el problema, formular una hipótesis y establecer una pregunta de investigación que responda a unos objetivos generales y específicos.

La segunda parte corresponde al marco referencial, a partir del desarrollo del marco geográfico, que permite establecer los parámetros climáticos del clima cálido seco de la ciudad de Neiva, el marco teórico y estado del arte a partir de los cuales se van a establecer las estrategias sostenibles que mejor se adecuan al clima cálido seco para el objeto de investigación.

La tercera parte, corresponde a la metodología implementada para lograr probar que, mediante este trabajo de grado, de tipo exploratorio, se le da solución al problema de investigación.



Para este trabajo se tienen en consideración diferentes fuentes de información: fuentes primarias basadas en los análisis climáticos que se plasman a partir de cifras del Ideam y del archivo EPW de la ciudad de Neiva, a partir de los cuales se van a cruzar diferentes variables para analizar. Las fuentes secundarias, consistentes en la información recopilada de diversos artículos, textos y referentes que permiten desarrollar y sustentar la investigación.

Así mismo, se hace uso de herramientas de diseño y análisis de información como los softwares Revit, Design Builder, y la aplicación de EDGE, para comprobar que las estrategias desarrolladas garantizan el confort térmico al interior de las edificaciones de uso mixto.

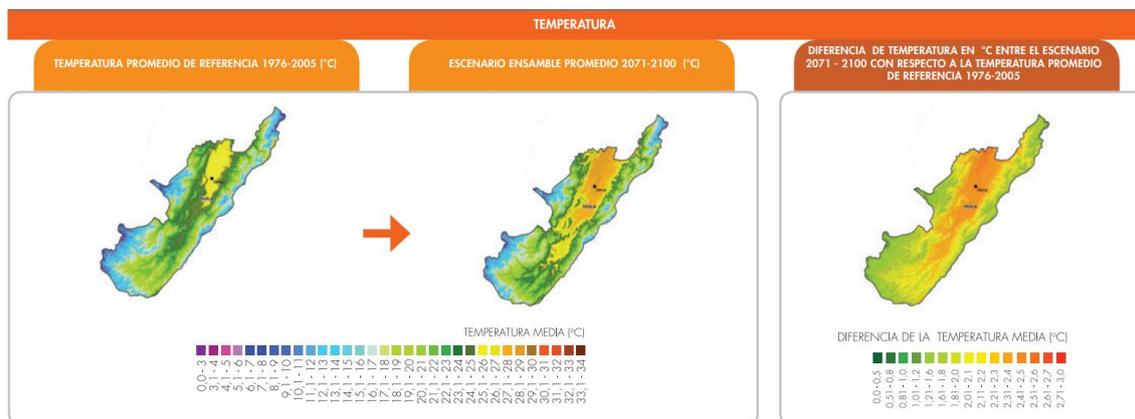
2. Formulación del Problema

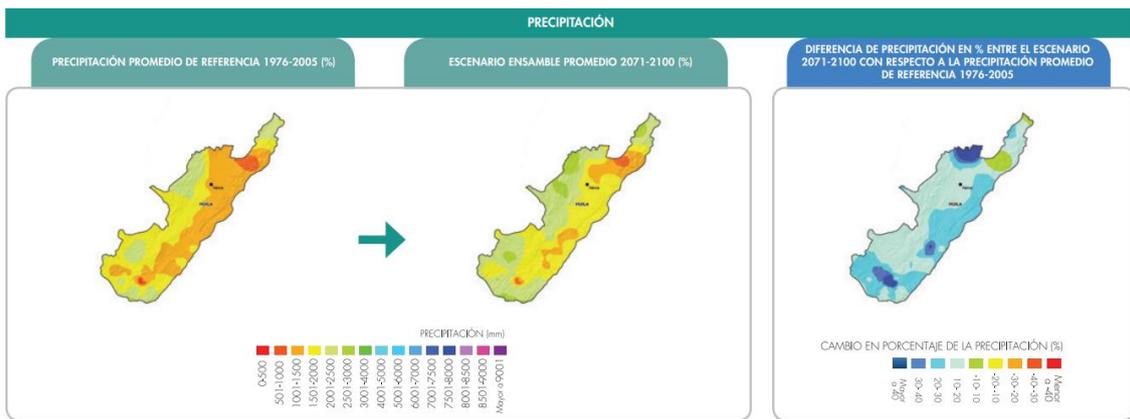
El cambio climático representa un riesgo creciente para todas las ciudades del mundo, debido a que este afecta los elementos básicos para la vida de los seres vivos. La industria de la construcción y el diseño, “*los edificios consumen el 21% del agua, el 42% de la energía eléctrica, produce el 2% de las emisiones de CO2 a la atmosfera y el 65% de los residuos y desechos del mundo*” (Cesano et al., 2013).

En el documento del IDEAM “Nuevos escenarios de cambio climático para Colombia 2011-2100”, en donde se identifica la proyección por departamento de los impactos que va a tener el cambio climático, en relación a la temperatura y a las precipitaciones. En dicho documento, se puede observar que, para las diferentes ciudades del departamento del Huila, incluyendo a Neiva, en cuanto a temperatura va a ver un aumento de 2,4°C, pasando de 27°C a 29°C aproximadamente de temperatura media durante el año. La precipitación, aumentará del 10 al 20%, pasando de un promedio de 1500 mm a 2000 mm, tal como se muestra en la figura 1:

Figura 1

Escenario variación de la temperatura y precipitación





Nota. Foto tomada de Nuevos escenarios de cambio climático para Colombia 2011-2100 (p. 39) por IDEAM, 2015.

Figura 2

Tabla variación de la temperatura y precipitación por periodo

Tabla convención Temperatura		TABLA POR PERIODOS / ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO 2011-2100						Tabla convención Precipitación	
Cambio	Rango de Valores Temperatura	2011-2040		2041-2070		2071-2100		Cambio	%
		Cambio de Temperatura media °C	Cambio de Precipitación (%)	Cambio de Temperatura media °C	Cambio de Precipitación (%)	Cambio de Temperatura media °C	Cambio de Precipitación (%)		
Alto	2,1 - 3,9	0,8	16,52	1,4	17,74	2,1	17,24	Deficit Severo	<-40%
Medio Alto	1,5 - 2							Deficit	-39% y 11%
Medio	1,1 - 1,5							Normal	-10% y 10%
Bajo Medio	0,51 - 1							Exceso	11% y 39%
Bajo	0 - 0,5							Exceso Severo	>40%

Nota. Foto tomada de Nuevos escenarios de cambio climático para Colombia 2011-2100 (p. 39) por IDEAM, 2015.

En la gráfica anterior se evidencia que el cambio de la temperatura media está dentro del rango alto, y el aumento del porcentaje de precipitaciones dentro del rango de exceso, por lo cual, es importante desarrollar edificaciones que aporten a la disminución del cambio climático, y que, se adapten a las nuevas condiciones de temperatura y precipitación que tendrá la ciudad de estudio, en beneficio de generar confort al interior de los espacios.

Por otro lado, la crisis sanitaria Covid19 ha modificado la forma en la que habitamos los espacios, especialmente la vivienda, que ha pasado de ser el lugar de descanso a ser el espacio donde también se realizan actividades laborales, de estudio, e incluso físicas; y las oficinas, debido a las restricciones por el distanciamiento social, que busca disminuir la densidad de personas dentro de un mismo espacio cerrado.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), actualmente las personas pasan entre un 80% y un 90% del tiempo al interior de los espacios, por lo que es de suma importancia construir edificaciones que estén acorde con las condiciones geográficas,



climáticas y culturales del lugar de implantación, para permitir generar un confort térmico al interior de los espacios, por lo que es importante que se exista un control sobre la temperatura interna de los espacios, de la calidad de aire que los usuarios respiran.

Así lo menciona Shelly Miller, profesora de Ingeniería Medioambiental de la universidad de Colorado – EE. UU “En el siglo XXI necesitamos establecer los cimientos para asegurar que el aire en nuestros edificios esté limpio con un recuento de patógenos significativamente reducido, para contribuir a la salud de los ocupantes del edificio, tal como esperamos para el agua que sale de nuestros grifos” (de Castro, 2021)

Por ello, es de suma importancia diseñar y/o renovar las edificaciones de manera que estas contribuyan a la mitigación de los gases de efecto invernadero, y se adapten al cambio climático, permitiendo a su vez, espacios internos confortables, habitables y que fomenten el bienestar de las personas que los habitan, “Otro factor que cuya importancia es necesaria resaltar son las sensaciones que debe transmitir la vivienda. Para esto se deben crear espacios amplios y claros a la vista de los usuarios que le proporcionen tranquilidad y agrado”. (Garzón, 2014).

En este contexto, se desarrollan dos preguntas de investigación ¿Cuáles son las estrategias sostenibles más adecuadas para diseñar y construir una edificación que responda a los cambios en la temperatura y las precipitaciones producto del cambio climático que van a suceder en la ciudad de Neiva? y ¿Cuáles son las estrategias sostenibles que podrían volver eficiente el diseño de las edificaciones de uso mixto en relación al confort y calidad del aire interior, en cuanto a las características del clima cálido seco?



3. Justificación del Problema

En el contexto actual, cada vez más hay conciencia de los efectos y problemas que trae consigo el cambio climático, y de acuerdo al arquitecto Miguel Ángel Díaz Camacho uno de los sectores que más contribuye a esta realidad es la construcción, puesto que ella produce el 40% de las emisiones de gases de efecto invernadero. Por lo anterior, es necesario no solo construir e implementar materiales sostenibles, sino diseñar de forma que se relacione la arquitectura con el territorio, las condiciones climáticas y culturales del mismo, es decir, “Se busca la rehabilitación, la renovación o la conversión de construcciones existentes en otras nuevas más sostenibles, más ecológicas, en definitiva, más amigables con el medio ambiente” (Minguet, 2010, p. 7).

Según La Tercera Comunicación Nacional de Colombia: A la convención marco de Las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, a causa del Cambio climático el departamento del Huila y el municipio de Neiva, va a sufrir para el año 2070 un aumento de 1.7°C la temperatura promedio, lo cual podría ocasionar una mayor incidencia de olas de calor en las zonas urbanas con mayor densidad edificatoria. Y en relación a las precipitaciones habrá un aumento del 17.74% para el año 2070.

En el Plan de Ordenamiento Territorial (POT), la alcaldía de Neiva especifica unas zonas a las que se le debe realizar trabajos de renovación urbana, y una de dichas zonas es el Centro Tradicional, en el cual se tiene como objetivo el mejoramiento integral del sector en estudio “De esta manera el plan parcial de renovación urbana contiene en su formulación, la estrategia de aportar soluciones a las necesidades locales, de recreación y de identidad cultural de la región opita.” (DOCUMENTO DE DIAGNÓSTICO PLAN PARCIAL DE RENOVACIÓN URBANA DEL CENTRO TRADICIONAL DE NEIVA, 2012).



Sin embargo, en dicho plan de renovación, no se encuentra una definición clara de la tipología y estrategias que se implementarían en las nuevas edificaciones que se desarrollarían en el centro de la ciudad. Y tal y como se menciona en La Tercera Comunicación Nacional de Colombia: A la convención marco de Las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, “todavía faltan mayores esfuerzos para su adopción y aplicación efectiva por los distintos sectores económicos” y también falta que exista una mayor participación de los diferentes actores interesados, sobre todo las entidades privadas. Es decir, a pesar de que el Huila se encuentre ubicado en el 5 y en el 4 lugar del ranking Nacional de los departamentos con mayor cantidad de acciones que buscan la mitigación y adaptación al cambio climático respectivamente, aún falta un arduo trabajo en el sector del diseño arquitectónico y la construcción.

Con este trabajo de investigación se busca proponer unas estrategias de diseño sostenibles pasivas y activas pensadas para el clima cálido seco, a partir de la validación de las mismas con el desarrollo de un modelo de edificación de uso mixto, que permitan mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero, además de mejorar las condiciones de confort y bienestar de los usuarios al interior de los espacios, en donde a su vez, se generen unos requerimientos espaciales que estén acordes con los cambios en cómo se habitan dichos espacios que trajo consigo la crisis sanitaria del COVID 19.

Así mismo, este trabajo de grado beneficia a la comunidad de la ciudad de Neiva, y a los profesionales de la misma, al poder acceder a información respecto a las estrategias de diseño sostenible que responden a las condiciones climáticas y culturales del lugar.

3.1. Campo de Interés:

Esta investigación pretende generar un planteamiento de unas estrategias mixtas sostenibles que respondan a las características climáticas y culturales que tiene la ciudad de Neiva, inclusive que estas permitan que la edificación se adapte al aumento tanto de la



temperatura como de las precipitaciones que se van a dar en la ciudad a causa del cambio climático. El objetivo a su vez, es mejorar las condiciones de confort térmico, el bienestar y la productividad de los usuarios de las edificaciones de uso mixto.



4. Pregunta de Investigación

¿Cuáles son las estrategias sostenibles más adecuadas para que una edificación responda a los cambios de temperatura y de precipitación producto del cambio climático, generando a su vez bienestar en los usuarios, en las condiciones de clima cálido seco de la ciudad de Neiva?

4.1. Hipótesis

Se pueden diseñar, renovar y construir edificios en clima cálidos seco, en donde se garanticen condiciones de bienestar en los usuarios, y se logre tener eficiencia energética y de agua a partir únicamente de estrategias pasivas.



5. Objetivos de la Investigación

5.1. Objetivo General

Evaluar unas estrategias de diseño sostenibles pasivas y activas para una edificación de uso mixto, que responda a las condiciones climáticas de la ciudad de Neiva, en donde se logre una eficiencia energética y de agua, y se garantice el bienestar de los usuarios.

5.2. Objetivos Específicos

- Identificar mediante simulaciones las condiciones de confort térmico al interior de la edificación objeto de estudio del centro de la ciudad de Neiva.

Hipótesis del primer objetivo:

Al hacer un mapeo y análisis de las principales edificaciones con usos de vivienda y oficina, existentes del centro tradicional de la ciudad, se identifica los elementos arquitectónicos que hacen que varíen las condiciones de confort térmico en los diferentes espacios interiores.

- Definir estrategias climáticas pasivas y activas para el clima cálido seco en la ciudad de Neiva.

Hipótesis del segundo objetivo:

Si se definen estrategias climáticas mixtas que correspondan a la características climáticas y culturales de Neiva, entonces es posible diseñar edificaciones que respondan a la realidad de la ciudad.

- Validar las estrategias climáticas pasivas y activas adecuadas para el clima cálido seco en la ciudad de Neiva



Hipótesis del tercer objetivo:

Si se realiza un método de análisis climático y se simulan las estrategias mixtas en un modelo edificatorio, entonces es posible validar y clasificar las estrategias que mejor respondan a las características climáticas de Neiva.

- Presentar recomendaciones de estrategias de diseño sostenible que permitan garantizar condiciones de bienestar en los usuarios y logren tener una eficiencia energética y de agua para edificaciones de uso mixto nuevas y/o existentes en la ciudad de Neiva.

Hipótesis del cuarto objetivo:

Si se presentan recomendaciones de estrategias sostenibles tanto pasivas como activas para edificaciones de uso mixto en Neiva, entonces es posible que, a partir de estas, tanto las edificaciones ya existentes como las nuevas, desarrollen edificios eficientes en cuanto a energía y agua, y en donde garanticen el bienestar de los usuarios.

6. Marco de Referencia

6.1. Marco Contextual

El departamento del Huila se encuentra ubicado al sur de Colombia, a unos 291 km de Bogotá D.C, en las coordenadas 2.92504, -75.2897, 2°55'30" Norte y 75° 17' 23" Oeste. Su capital es el municipio de Neiva con una altitud de 442 m sobre el nivel del mar, 2.97° latitud Norte y una temperatura promedio de 27,7°C.

Esta ciudad se encuentra sobre el borde del río Magdalena, en medio de la cordillera oriental y la central; cuenta con una población de 364.408¹ y tiene una extensión territorial de 1.557 km² de los cuales 4.59 has pertenecen al área urbana y 150.70 has corresponden a zona rural. La división política y administrativa del área urbana está estructurada por 10 comunas, con 117 barrios, y el área rural está conformada por 8 corregimientos que a su vez tienen 61 veredas.

Figura 3

Localización de Neiva, Huila



Nota. Foto tomada de https://esacademic.com/pictures/eswiki/72/Huila_Wiki.png

¹ Dato tomado del Sistema de información regional (SIR), del departamento de planeación de la Gobernación del Huila, 2020.

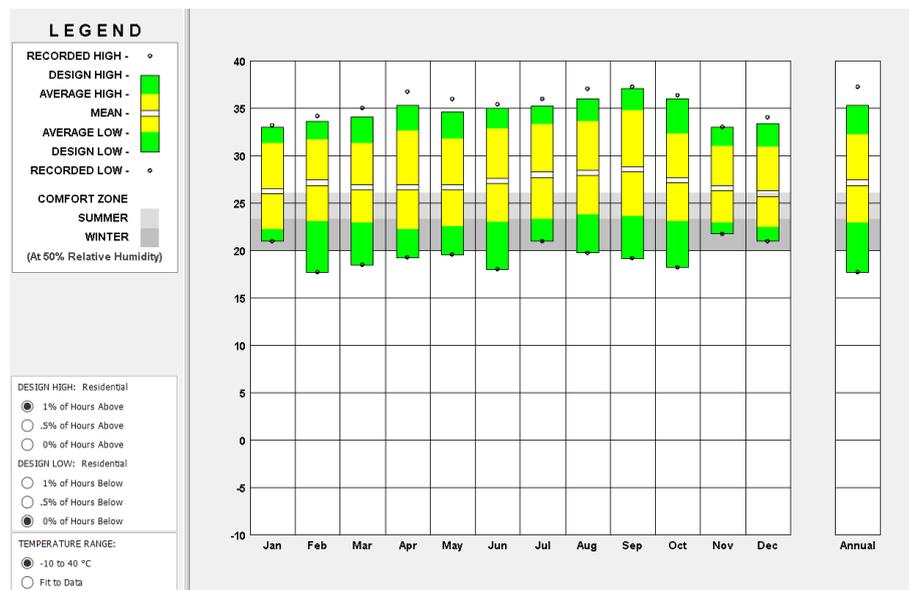
6.1.1. Características Básicas del Clima

Neiva cuenta con una estación meteorológica ubicada en el aeropuerto Benito Salas, de la cual se obtuvo el archivo EPW, para visualizar y analizar la información relacionada con la humedad relativa, rangos de temperatura, dirección y velocidad del viento, radiación solar y precipitaciones, por medio de la aplicación Climate Consultant 6.0 y concluyéndose lo siguiente:

6.1.1.1. Temperatura.

De acuerdo a la figura 4, la temperatura durante todo el año varía entre los 18°C y los 37°C, lo que da una temperatura media promedio de 27,7°C. Los meses más cálidos son agosto, septiembre y octubre que superan los 35°C; los meses más frescos son noviembre, diciembre y enero; y los que tienen las temperaturas mínimas son febrero, marzo y abril, en donde la temperatura es inferior a los 20°C.

Figura 4
Rangos de temperatura



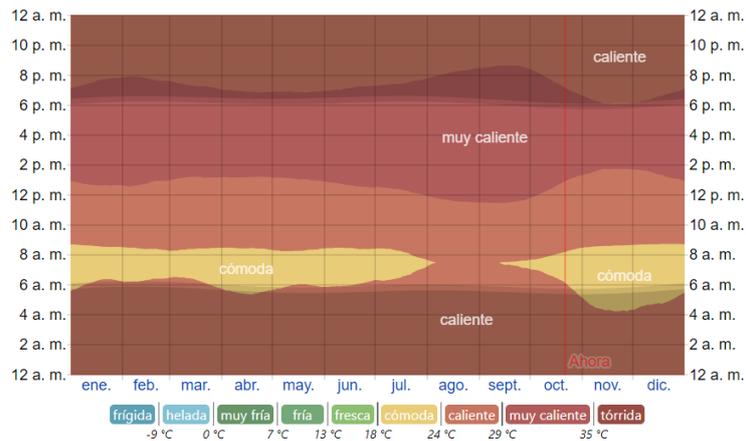
Nota. Foto tomada de Climate Consultant 6.0

Como se observa en la figura 5, durante la mayoría de las horas del día de cada mes se presentan temperaturas calientes. Únicamente en los meses de enero hasta julio y de octubre a

diciembre en el rango horario de 6 a.m a 8 a.m la temperatura es inferior a los 24°C. Las horas de mayor temperatura en promedio son en la tarde desde la 1:00 p.m hasta las 7:00 p.m.

Figura 5

Rangos de temperatura por hora

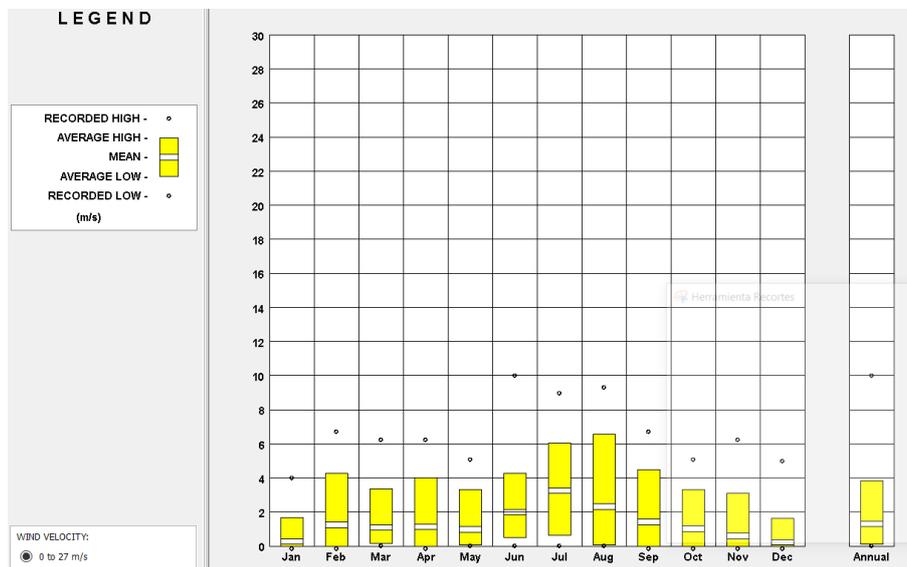


Nota. Foto tomada de <https://es.weatherspark.com/y/22385/Clima-promedio-en-Neiva-Colombia-durante-todo-el-a%C3%B1o>

6.1.1.2. Dirección y Velocidad del Viento.

Figura 6

Rangos de velocidad del viento



Nota. Foto tomada de Climate Consultant 6.0

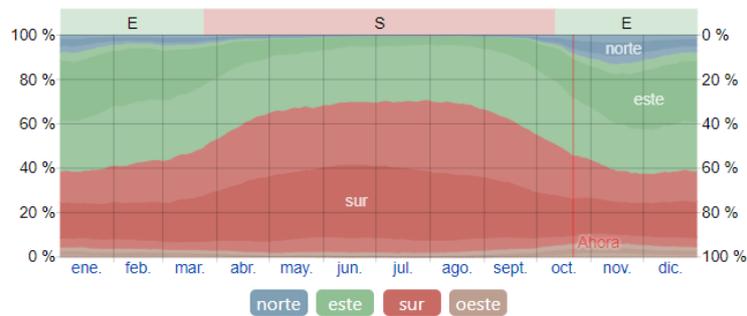
En la ciudad se encuentra una velocidad media del viento de 5.4 Km/h, mínima de 0 Km/h y máxima de 36 Km/h. Se puede concluir de la imagen que Neiva en la mayor parte del año tiene poco viento, siendo esto en los meses de octubre hasta abril con una velocidad

media menor a los 2 m/s, siendo noviembre el mes con menor velocidad del viento. Los meses con mayor viento son de mayo a septiembre, de los cuales julio es el mes con mayor velocidad del viento, con 2.5 m/s, seguido del mes de agosto con 2.2 m/s.

De acuerdo con la figura 7, el viento tiene dos direcciones principalmente, el sur y el este, sentidos desde donde viene el viento todo el año. Sin embargo, existen meses en donde prima la dirección sur como sucede en el periodo de marzo hasta octubre, y por el contrario, en el periodo de noviembre hasta marzo el viento viene en mayor medida del este.

Figura 7

Rangos de dirección del viento

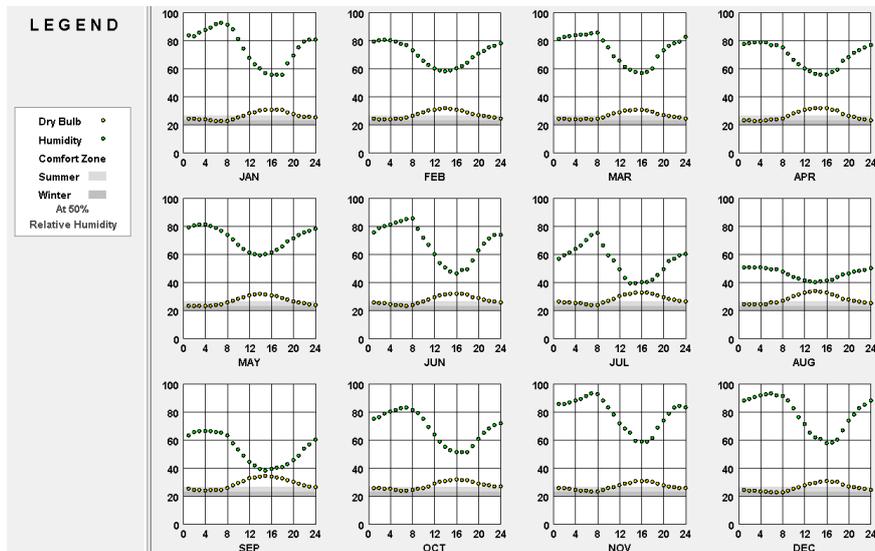


Nota. Foto tomada de <https://es.weatherspark.com/y/22385/Clima-promedio-en-Neiva-Colombia-durante-todo-el-a%C3%B1o>

6.1.1.3. Humedad.

Figura 8

Rangos de humedad



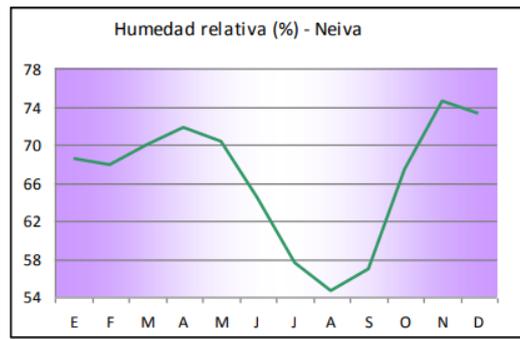
Nota. Foto tomada de Climate Consultant 6.0

En Neiva la humedad percibida varía fuertemente, puesto que Neiva tiene 2 periodos con relación a la humedad. El de mayor humedad que dura 9 meses, va desde octubre a junio, y el menos húmedo va desde en julio, agosto y septiembre.

A partir de la figura 9, se concluye que la humedad relativa del aire se encuentra entre el 55% y el 75%, siendo agosto el mes con menor porcentaje y noviembre el que mayor humedad presenta.

Figura 9

Porcentaje de humedad

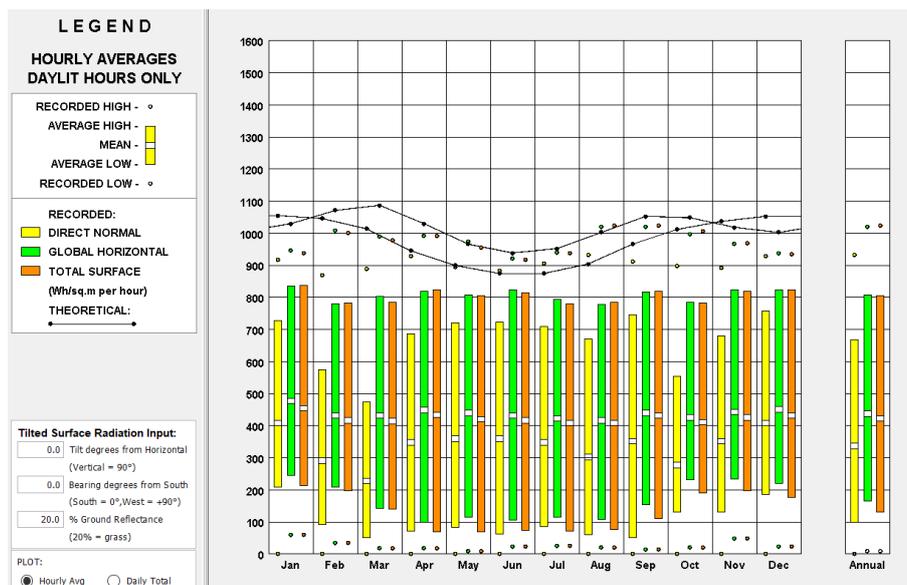


Nota. Foto tomada de características climatológicas de ciudades principales y municipios turísticos, Ideam.

6.1.1.4. Radiación Solar.

Figura 10

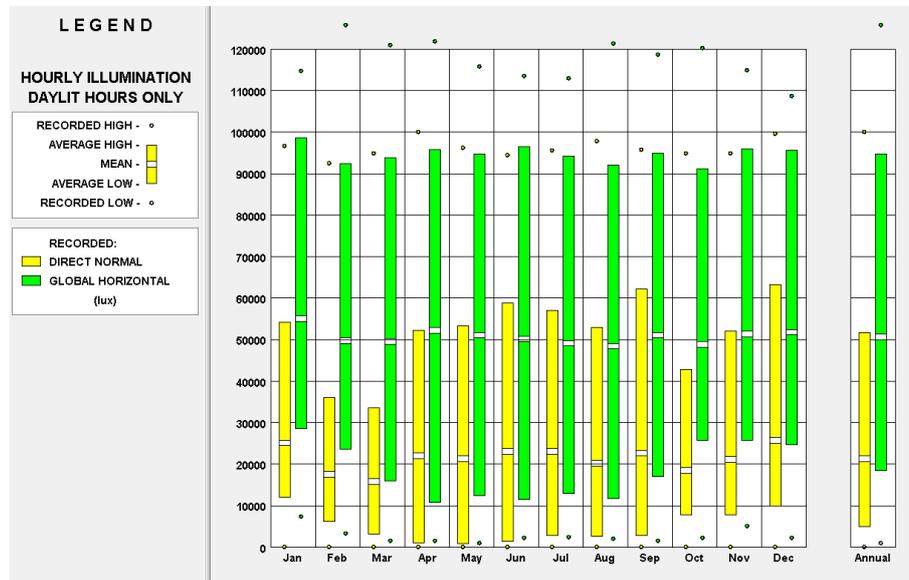
Rangos de radiación solar



Nota. Foto tomada de Climate Consultant 6.0

Figura 11

Rangos de iluminación



Nota. Foto tomada de Climate Consultant 6.0

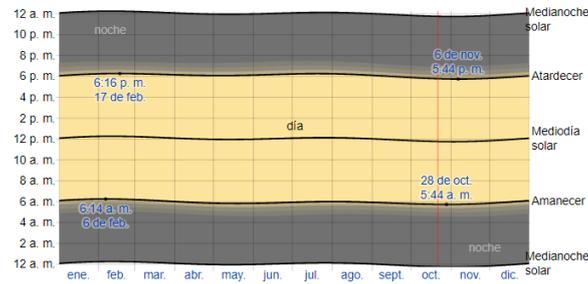
En cuanto a la iluminación, Neiva presenta una incidencia de luz solar directa normal media entre los 1500 y 2500 luxes durante los diferentes meses del año. Los meses con mayor iluminación son diciembre y enero, y los meses con menor iluminación son febrero y marzo.

Neiva tiene la misma cantidad de horas de día que de noche, es decir, la duración del día tiene 12 horas en todo el año, con una pequeña diferencia de 17 minutos, lo que genera que el día con menos luz natural sea el 21 de diciembre y el día que tiene más luz sea el 20 de junio.

De acuerdo con la figura 12, en el mes de febrero Neiva tiene el día que más tarde sale el sol y el día de la puesta de sol más tardía, el 6 de febrero donde el sol sale a las 6:14 a.m. y en febrero 17 donde el sol se oculta a las las 6:16 p.m. Por el contrario, el día que más temprano sale el sol es el 28 de octubre, el sol sale a las 5:44 a.m., y el día donde más temprano sucede la puesta de sol es el 6 de noviembre, a las 5:44 p.m.

Figura 12

Salida y puesta de sol

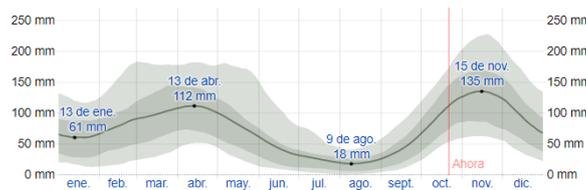


Nota. Foto tomada de <https://es.weatherspark.com/y/22385/Clima-promedio-en-Neiva-Colombia-durante-todo-el-a%C3%B1o>

6.1.1.5. Precipitaciones.

Figura 13

Promedio mensual de agua lluvia



Nota. Foto tomada de <https://es.weatherspark.com/y/22385/Clima-promedio-en-Neiva-Colombia-durante-todo-el-a%C3%B1o>

En cuanto a las lluvias, la ciudad tiene unas variaciones extremas, y unos picos de diferencia entre los diferentes meses. Esto provoca que existan unos periodos secos y unos periodos lluviosos, siendo de octubre a diciembre los meses con mayor precipitación, de los cuales noviembre es el que mayor cantidad de lluvia presenta con 135 milímetros. Los meses más secos son junio, julio y agosto, de los cuales este último es en el que menos lluvia se da con 18 milímetros.

Para concluir, cada una de las características climáticas que tiene la ciudad, se deben tener en cuenta al momento diseñar y construir un proyecto arquitectónico, puesto que el clima, junto a las características geográficas y culturales van a determinar la forma, elementos arquitectónicos y estrategias de diseño que se deben abordar para generar confort térmico, calidad del aire, y minimizar la emisión de CO₂ tanto al interior como al exterior de las edificaciones.



6.1.2. Análisis Centro Tradicional

El edificio de la línea base está ubicado en el centro tradicional, localizado en la comuna cuatro con una extensión de 130,77 has. Este sector tiene unas características importantes, porque se encuentra delimitado por los afluentes de la quebrada la Toma, el río del Oro y el río Magdalena que hacen parte del sistema ecológico principal.

Así mismo, es el primer sector que surge con la fundación de la ciudad, y en el cual se encuentran los barrios más antiguos. Sin embargo, con el paso del tiempo esta zona ha sufrido unas transformaciones en relación a los usos del suelo, puesto que la vivienda se ha desplazado hacia la periferia a causa de las actividades comerciales y de servicio, lo que convierte el sector en la principal centralidad comercial de la ciudad.

Dichas transformaciones y deterioro que ha sufrido el centro, generaron el planteamiento del Plan parcial de Renovación Urbana, con el que se busca consolidar los usos, devolver la vivienda al centro y un tratamiento de las fachadas de las edificaciones existentes. Este trabajo de grado va a desarrollar unas recomendaciones de estrategias de diseño sostenible para las edificaciones tanto nuevas como existentes del sector, que surgen a partir del análisis de la línea base “Edificio Centro Comercial Las Américas”

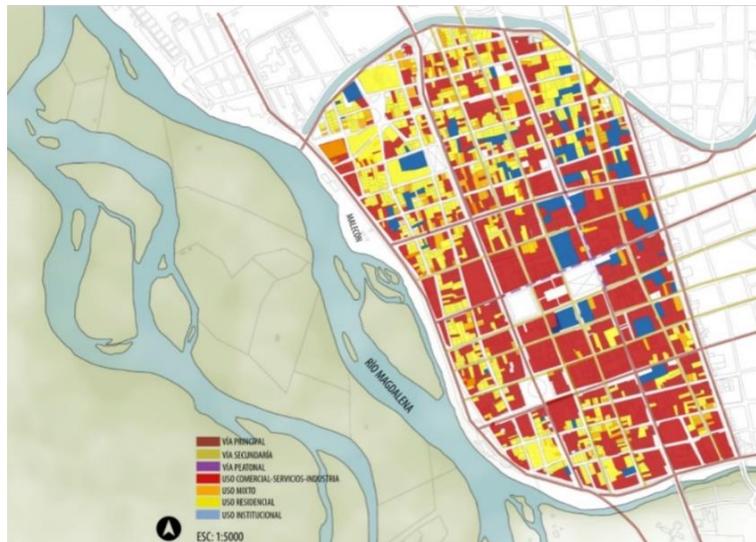
6.1.2.1. Usos.

En el centro tradicional existen 3.494 predios, que según el decreto 155 de 2001 corresponden a: 1.860 predios Comerciales, 210 Industriales, 101 Institucionales, culturales y Recreativos y 1.158 Residenciales en donde predomina la vivienda unifamiliar sobre la multifamiliar.², tal y como se puede evidenciar en la siguiente imagen:

² Alcaldía municipal de Neiva. 2012. Documento formulación – Plan Parcial de Renovación Urbana del Centro Tradicional de Neiva. P.110

Figura 14

Usos del suelo



Nota. Elaboración propia a partir de: Plan parcial de renovación urbana del centro tradicional de Neiva. Planeación municipal (2012)

6.1.2.2. Análisis Sistema de Movilidad.

En el centro de la ciudad existen vías principales de doble sentido que conectan la ciudad de norte a sur, y también hay calles secundarias y de apoyo de un solo sentido que atraviesan el sector de occidente a oriente.

Como se evidencia en la figura 15, sobre las vías principales y secundarias se localizan principalmente las actividades de comercio y de servicio, lo que genera que se desarrollen ejes comerciales, los cuales van a atraer mayor población flotante.

Figura 15

Jerarquía vial



Nota. Elaboración propia a partir de: Plan parcial de renovación urbana del centro tradicional de Neiva. Planeación municipal (2012)

6.1.2.3. Análisis de la Morfología y Alturas.

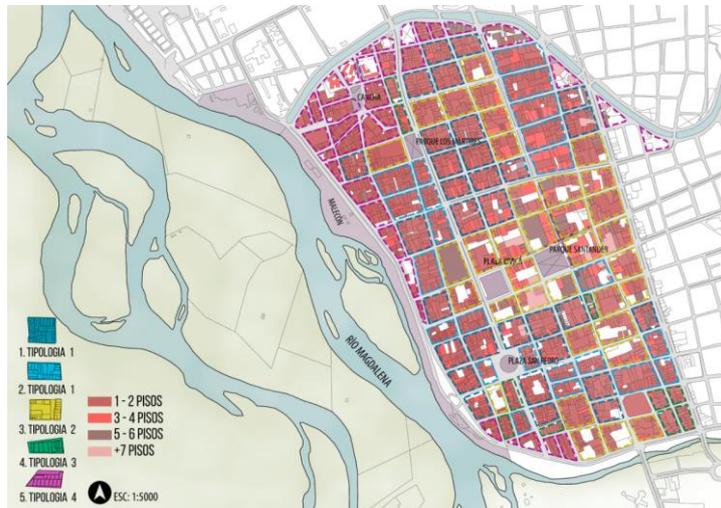
La morfología que se da en el centro de la ciudad es en forma de una cuadrícula ortogonal, lo cual se conoce como damero, sin embargo, hacia los bordes externos del sector está cuadrícula se modifica debido a los elementos hídricos que se encuentran en el sector.

Así mismo, existen diferentes tipos de morfologías de predios puestos que estos están condicionados a las dimensiones y formas de las vías, lo que provoca que existan predios cuadrados y/o rectangulares de diferentes tamaños que, al conformarse en una manzana, en la mayoría de los casos generan un centro de manzana, el cual se implementa como patio de dichos predios o se utiliza como zona de parqueadero.

De acuerdo a la figura 16, el centro se caracteriza por tener en su mayoría edificaciones de 1 y 2 pisos de altura. Únicamente hacia la zona de la Plaza Cívica, del Parque Santander y hacia la carrera 7, se encuentran edificaciones mayores de 5 pisos.

Figura 16

Morfología urbana



Nota. Elaboración propia a partir de: Plan parcial de renovación urbana del centro tradicional de Neiva. Planeación municipal (2012).

6.1.2.4. Análisis de Espacio Público.

Dentro de la estructura del espacio público del centro de la ciudad se encuentran las plazas, los parques, las vías peatonales, los andenes y las zonas verdes que están localizadas sobre los espacios antes mencionados y sobre los separadores viales.

Figura 17

Espacios públicos

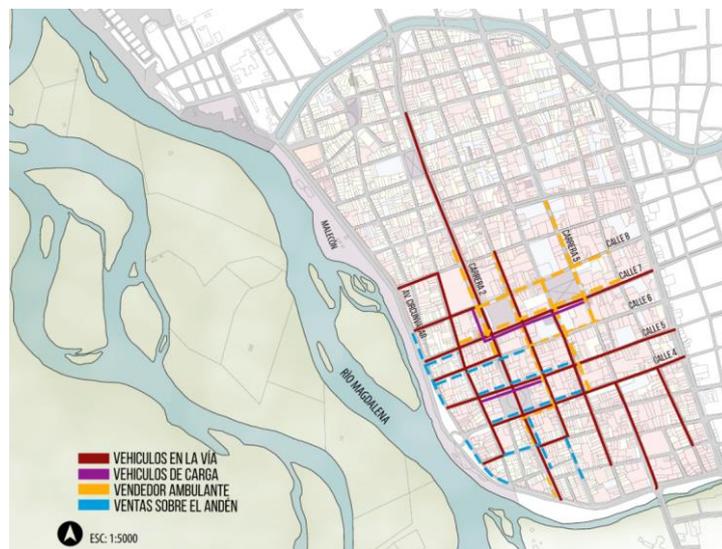


Nota. Elaboración propia a partir de Plan maestro de movilidad del municipio de Neiva. Sistema Estratégico de Transporte Público. (2016)

Este sistema de espacio público presenta problemáticas relacionadas principalmente con la falta de continuidad, causada por: a) El inadecuado estado de los andenes y las dimensiones del mismo, lo que genera que no exista una conexión peatonal que facilite el desarrollo de la vida urbana y del peatón, b) La invasión de andenes, vías y plazas por parte vendedores informales y formales, y la presencia de basura en las diferentes zonas verdes. En la siguiente imagen se puede observar las problemáticas que se encuentran en las diferentes vías y zonas del centro:

Figura 18

Invasión espacio público



Nota. Elaboración propia a partir de: Plan parcial de renovación urbana del centro tradicional de Neiva. Planeación municipal (2012)

6.1.2.5. Análisis Social.

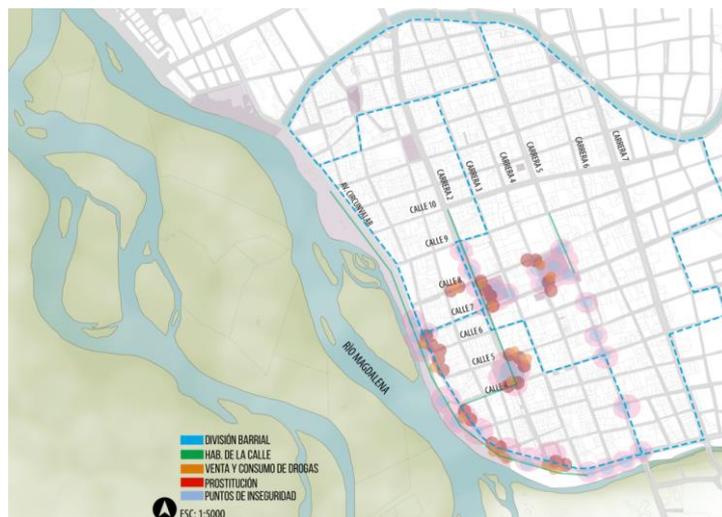
El centro de Neiva tiene algunos problemas que generan una imagen negativa del lugar no solo por las personas que lo habitan sino por la población flotante.

Al tener principalmente actividades comerciales, lo convierten en un sector desolado y de bajo movimiento al finalizar las dinámicas laborales y comerciales del día, aumentando la inseguridad, de la presencia de habitantes de la calle y en ciertas zonas del centro se conforman unos puntos de conflicto en donde hay prostitución y venta de drogas.

Como se evidencia en la figura 19, existen unos nodos claros en el centro en donde se acumulan varios de los conflictos sociales que suceden en el sector, principalmente sobre un eje principal del centro como es la Av. Circunvalar y dos puntos focales como lo son la Plaza Cívica y el Parque Santander.

Figura 19

Zonas críticas en el centro



Nota. Elaboración propia a partir de: Plan parcial de renovación urbana del centro tradicional de Neiva. Planeación municipal (2012)

6.2. Marco Normativo

6.2.1. Marco Normativo Municipal

6.2.1.1. Plan de Desarrollo: Mandato Ciudadano, Territorio de Vida y Paz 2020-2023.

El plan de desarrollo municipal fue elaborado por la Alcaldía de Neiva, articulando cada línea estratégica con los objetivos del Plan de Desarrollo Nacional 2018-2022 “Pacto por Colombia, pacto por la Equidad”, así como con el Plan de Desarrollo departamental “Huila Crece” y con los objetivos de Desarrollo Sostenible de la agenda 2030.

Dentro de este documento encontramos unas líneas estratégicas relacionadas con el cambio climático, puesto que la ciudad de Neiva esta propensa a sufrir riesgos de inundación y derrumbes, debido a que este municipio cuenta con varios afluentes que con el aumento de



las precipitaciones pueden desbordarse, afectando principalmente a los asentamientos que están en sus orillas.

- PROGRAMA 18. GESTIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO PARA UN DESARROLLO BAJO EN CARBONO Y RESILIENTE AL CLIMA.

El objetivo de este programa es generar una sustentabilidad y una sostenibilidad en el municipio permitiendo así mitigar el cambio climático, por lo que se creó el Consejo Municipal de Cambio Climático de Neiva (CMCCN) mediante el decreto municipal 255 de 2019, para generar una articulación entre diferentes entidades como la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM), la Alcaldía, la red universitaria, centros de investigación y algunos sectores productivos, permitiendo así hacer un seguimiento a las iniciativas que se desarrollen en el municipio de adaptación y mitigación del cambio climático.

Se han desarrollado algunas acciones como: a) La implementación del acuerdo 013 de 2015 que establece el día de la bicicleta, así como la conformación de jornadas de día sin carro, las cuales se llevan a cabo cada año desde el 2017, que buscan concientizar a las personas y realizar campañas para reducir el CO₂ que se emite al ambiente; b) El cambio del alumbrado público tradicional por uno LED en diferentes zonas de la ciudad.

Otras acciones estuvieron más encaminadas hacia la educación y la integración de la población, tales como los operativos en conjunto con la policía para el tema de manejo de escombros y residuos, las jornadas informativas y capacitaciones de diferentes grupos poblacionales en temas ambientales, las jornadas de limpieza promovidas por la comunidad, entre otros.

6.2.1.2. Plan de Ordenamiento Territorial.

Artículo 417°: Subrogase el artículo 117 del Acuerdo 016 del 2000, por el siguiente texto: Artículo 117°. Tratamiento de Renovación Urbana (RU). En este artículo se definen los



sectores de la ciudad a los que se les realiza el tratamiento de renovación, los cuales son las centralidades o espacios conexos al centro tradicional de la ciudad. “Por su localización tienen una importancia estratégica para la productividad urbana, y el tratamiento busca fomentar al máximo su aprovechamiento promoviendo la reconstrucción de sus sistemas estructurantes de servicios públicos y equipamientos, la redefinición total o parcial de su malla vial y de espacio público en general, y el total reemplazo de sus edificaciones con nuevos patrones de uso y aprovechamiento del suelo”

Artículo 418°: En este artículo se establecen las normas que van a permitir el desarrollo de la renovación urbana tales como las alturas y usos permitidos en las edificaciones, así como las intervenciones sobre el espacio público en las que se busca incentivar su uso.

Artículo 419°: Define las directrices de la Renovación Urbana que se realizará en el centro de la ciudad, tales como el reconocimiento del estado físico actual de las edificaciones y del espacio público, identificar los nodos de conflicto, el aprovechamiento del uso del suelo que promueva la intervención del sector privado y público.

Artículo 420°: Establece los objetivos que se buscan al realizar el proyecto de Renovación Urbana del Centro de la ciudad.

Artículo 503°: Define el objetivo de la reglamentación de las edificaciones, con la cual se busca proteger la salud física y emocional de los ocupantes, desarrollando edificaciones que sean habitables y confortables, y en donde se tengan en cuenta temas de aireación y luz natural.

6.2.1.3. Plan Parcial de Renovación Urbana Centro Tradicional.

El centro de Neiva es una centralidad comercial de la ciudad, clasificada como un área de actividad múltiple por el POT. Actualmente se encuentran establecimientos



comerciales, equipamientos, edificios públicos, viviendas unifamiliares, edificios residenciales y edificios de uso mixtos (comercio y vivienda).

Los barrios más antiguos de la ciudad se encuentran en el centro tradicional, los cuales, con el crecimiento demográfico y la expansión hacia las periferias, han sufrido el desplazamiento de los habitantes a esas nuevas zonas conformadas en la ciudad, generando el cambio de uso residencial al comercial, por lo que a su vez se busca con este plan de renovación devolver el uso residencial a esta zona.

El objetivo de este plan parcial es la reorganización en cuanto a usos y al espacio público, para lograr así el mejoramiento integral del sector, buscando principalmente definir la forma de ocupación de las manzanas, incluyendo la delimitación predial y los límites de paramento, la intensidad de ocupación, los usos específicos, la definición de las tipologías edificatorias junto a las alturas de las mismas, y la distribución espacial interior de acuerdo al uso.

6.2.2. Marco Normativo Nacional

Colombia ha desarrollado una amplia normativa en materia de cambio climático, a partir de los compromisos asumidos en la COP21, que se buscan mitigar las emisiones de los gases de efecto invernadero como el CO₂, y los cuales son claves para el desarrollo de la presente investigación.

6.2.2.1. Resolución 549 de 2015: Guía de Construcción Sostenible Para El Ahorro de Agua y Energía En Edificaciones.

Es un modelo normativo, en donde se encuentran los porcentajes que se deben ahorrar en cuanto al agua y energía en las edificaciones nuevas, implementando estrategias de diseño sostenible, que deben estar relacionadas al uso y al clima en la que se encuentre dicha edificación.

De acuerdo a la figura 20, las edificaciones del caso de estudio en el centro de Neiva, tienen un uso de oficinas y vivienda, por lo cual tienen un consumo de energía promedio de 318.2 kWh/m² por año y 36.9 kWh/m² respectivamente, y un consumo de agua 52.0 lt/pers/día en las oficinas y 189.8 lt/pers/día en las viviendas.

Figura 20

Línea base de consumo de energía, de acuerdo al uso y al clima

kWh/m ² -año	Frío	Templado	Cálido seco	Cálido húmedo
Hoteles	96,1	151,3	132,5	217,8
Hospitales	249,6	108,3	344,1	344,1
Oficinas	81,2	132,3	318,2	211,3
Centros comerciales	403,8	187,8	187,8	231,5
Educativos	40,0	44,0	72,0	29,8
Vivienda no VIS	46,5	48,3	36,9	50,2
Vivienda VIS	44,6	44,0	34,6	49,3
Vivienda VIP	48,1	53,3	44,9	50,6

Nota. Adaptado de Resolución 549 de 2015 (p.5) por Ministerio de vivienda, ciudad y territorio, 2015.

Para lograr una disminución de esos valores, la resolución recomienda las siguientes estrategias de energía pasivas, con las que se busca que el edificio disipe el calor y aproveche o genere sombra:

1. Relación ventana pared:

La proporción entre estos elementos no debe exceder el 40%, si este valor es superior se deben tener en cuenta otras medidas que favorezcan el sombreado de dichas ventanas. Lo anterior debido a que, en el vidrio y el marco de las mismas, el calor fluye 10 veces más rápido que en un muro.

2. Elementos de protección solar:

Lo que se busca con esta estrategia es que en los espacios interiores no entre de manera directa la radiación solar, puesto que esto evita que se exceda la temperatura interna y así se pierda el confort, y la herramienta más efectiva son los cortasoles implementados como sombreado exterior.



3. Recolección de agua lluvia:

Lo que se busca es reducir el uso de agua potable para algunas actividades de la edificación como descargar el inodoro y la irrigación de los jardines.

4. Ventilación natural:

En el clima cálido seco esta estrategia se implementa principalmente cuando la temperatura del aire exterior es inferior a la del interior. Para definir si se debe implementar o no, o la mejor forma de hacerlo, se debe analizar el flujo y dirección de los vientos, con la temperatura y la humedad relativa.

Ahora bien, en cuanto a estrategias activas se recomiendan las siguientes:

1. Iluminación de energía eficiente:

Es la mayor densidad de potencia de la luz, es decir, entre más baja sea dicha potencia más eficiente es la edificación, puesto que el uso de lámparas de energía eficiente reduce el consumo de energía entre un 5% y un 25%. Algunas de las lámparas que trabajan con energía eficiente son las compactas fluorescentes (CFL), las T5, las T8, y las LED.

2. Coeficiente de desempeño (COP):

Lo que se busca es implementar un equipo de enfriamiento eficiente, puesto que al implementar aires acondicionados estos equivalen a más del 50% de los gastos de electricidad de la edificación.

3. Accesorios de conservación de agua:

Lo que se busca es disminuir el consumo de agua entre un 10% y un 42%, implementando accesorios de eficiencia de agua. Entre los elementos que funcionan para la edificación del caso de estudio, oficinas y vivienda, son las llaves con control de flujo para los lavamanos y duchas y el uso de inodoros con sistema de descarga dual con 6/4.5 LPF.

Así mismo, dentro de la resolución se encuentra la Tabla No. 1 que hace referencia a los porcentajes que durante el primer año de vigencia de la norma se deben cumplir, por lo cual, las edificaciones que se desarrollen posterior a dicho año, deben cumplir los porcentajes de ahorro previstos en la Tabla No 2.

Figura 21

Porcentaje de ahorro por año

TABLA No. 1				
Energía	Año 1			
	Frío	Templado	Cálido seco	Cálido húmedo
Con respecto a la línea base				
Hoteles	15	15	15	15
Hospitales	15	15	15	15
Oficinas	15	15	15	15
Centros comerciales	15	15	15	15
Educativos	15	15	15	15
Vivienda NO VIS	10	10	10	10
Vivienda VIS	10	10	10	10
Vivienda VIP	10	10	10	10
Agua	Año 1			
Con respecto a la línea base				
Hoteles	15	10	15	15
Hospitales	10	15	10	15
Oficinas	15	15	15	15
Centros comerciales	15	15	15	15
Educativos	15	15	15	15
Vivienda NO VIS	10	10	10	10
Vivienda VIS	10	10	10	10
Vivienda VIP	10	10	10	10

TABLA No. 2				
Energía	Año 2			
Con respecto a la línea base	Frío	Templado	Cálido seco	Cálido húmedo
Hoteles	20	35	25	45
Hospitales	35	25	35	30
Oficinas	30	30	40	30
Centros comerciales	25	40	35	30
Educativos	45	40	40	35
Vivienda NO VIS	25	25	25	45
Vivienda VIS	20	15	20	20
Vivienda VIP	15	15	20	15
Agua	Año 2			
Con respecto a la línea base	Frío	Templado	Cálido seco	Cálido húmedo
Hoteles	25	10	35	45
Hospitales	10	40	10	40
Oficinas	30	35	45	20
Centros comerciales	25	15	45	20
Educativos	45	40	40	40
Vivienda NO VIS	25	25	20	20
Vivienda VIS	10	15	10	15
Vivienda VIP	10	15	10	15

Nota. Adaptado de Resolución 549 de 2015 (p.5) por Ministerio de vivienda, ciudad y territorio, 2015.

6.2.2.2. *NTC 5183: Ventilación Para Una Calidad Aceptable Del Aire En Espacios Interiores.*

Esta norma está relacionada directamente con la normativa internacional de ASHRAE 62, la cual especifica la calidad del aire de los espacios interiores. Ambas normas lo que buscan es especificar cuáles son los niveles aceptables de ventilación natural y de calidad del aire, buscando que no se vea afectada la salud y la productividad de los usuarios.

Punto 5.1. En este apartado se menciona que está permitido manejar una ventilación combinada, es decir, implementar sistemas de ventilación naturales junto a unos sistemas mecánicos, lo importante es que esos sistemas ayuden a que el aire ingrese por todo el espacio.

Punto 5.1.1. En este punto se menciona el área operativa mínima que debe tener una ventana, la cual es del 4%. Esta área operativa se debe obtener a partir del área que no se encuentra obstruida por ningún elemento que impida o modifique la circulación del aire.



6.2.2.3. RETILAP: Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público.

Resolución No. 180540 De Marzo 30 De 2010.

En esta resolución se hace énfasis en la importancia de disminuir el consumo de energías eléctricas, e implementar la energía del sol para iluminar los espacios a partir de esa iluminación natural. El Ministerio de Minas y Energía, propone en este documento 7 criterios que van a permitir aprovechar la luz natural:

- Tener ventanas que no solo permitan la ventilación del espacio, sino que exista una relación visual con el exterior, contribuyendo al bienestar de los usuarios.
- Las dimensiones, ubicación y tipo de las ventanas se deben pensar desde el momento en que se diseña la edificación con el fin de mejorar la iluminación natural de la misma.
- Al ubicar las ventanas se debe pensar en evitar que la luz solar entre de manera directa sobre planos de trabajo y buscar que la luz entre de manera difusa hacia todo el interior del espacio.
- Como el fin es aprovechar la luz natural, se debe conocer la disponibilidad de luz exterior del lugar en donde se va a implantar el proyecto, es decir, se deben conocer los periodos y la duración de los días con cielo nublado y despejados.
- Es importante que desde el diseño del proyecto se oriente la edificación de manera que se aproveche la luz natural, así como en la etapa de construcción revisar cuáles son los elementos arquitectónicos que ayudan a captar y distribuir de mejor manera dicha luz.

6.2.3. Marco Normativo Internacional

6.2.3.1. Norma UNE-EN ISO 7730.

Es una norma europea, en la que se especifican unos métodos para medir los ambientes térmicos a los que están expuestos los seres humanos, que se da a partir del

análisis de índices de PMV y PPD, que determinan el nivel en que se encuentra la sensación térmica de la persona.

Figura 22

Escala de sensación térmica de 7 niveles

+ 3	Muy caluroso
+ 2	Caluroso
+ 1	Ligeramente caluroso
0	Neutro
- 1	Ligeramente fresco
- 2	Fresco
- 3	Frio

Nota. Adaptado de UNE-EN ISO 7730(p.9), 2006.

Tanto los PMV como los PPD expresan la inconformidad ya sea por calor o por frío que siente el cuerpo de las personas, esa insatisfacción térmica puede darse de manera local, cuando se da en una determinada zona del cuerpo, la cual es causada frecuentemente por corrientes de aire, por una diferencia de temperatura entre la cabeza y los tobillos, la temperatura del piso se encuentra muy frío o muy caliente y la asimetría de la temperatura radiando, es decir que los techos estén calientes o las paredes y/o ventanas estén frías.

6.2.3.2. ASHRAE 55. *Standard 55 Thermal Environmental Conditions For Human Occupancy.*

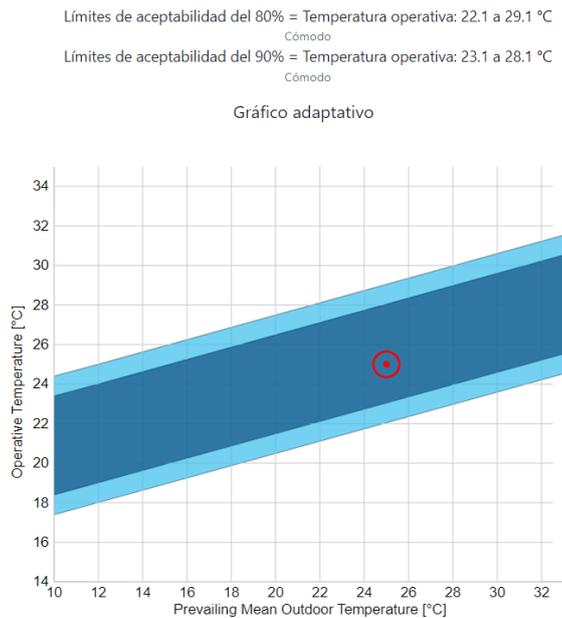
Lo que busca este estándar es tener unos indicadores para la valoración de las condiciones térmicas que hacen confortable a un espacio. Para esto, se deben tener en cuenta temas como los rangos de temperatura al interior, los cuales están relacionados con la velocidad del viento y la radiación térmica que ingrese en los espacios interiores. Así mismo, se deben considerar factores físicos y propios de los usuarios de dichos espacios como las actividades que desarrollan y la vestimenta.

Actualmente existen unas herramientas digitales que permiten calcular los indicadores de confort, como lo es la herramienta CBE Thermal Comfort Tool, la cual permite evaluar dos métodos, el PMV y el adaptativo. En ambos se debe establecer los datos solicitados y la

misma aplicación calcula la sensación térmica a la que se encuentra el espacio interior y si cumple con los estándares de confort o no.

Como se evidencia en la figura 23, el método adaptativo relaciona por un lado la temperatura operativa y la temperatura media exterior para definir la zona de confort. Así mismo, presenta a su vez dos rangos de aceptabilidad, uno del 80% en donde la temperatura operativa está entre los 22.1 a 29.1°C y otro del 90% con 23.1 a 28.1°C. Estos rangos son aplicados a los espacios que están ventilados naturalmente, es decir, puede existir un sistema mecánico instalado, pero se le da prioridad a la ventilación controlada por los ocupantes, mediante la apertura de las rejillas y ventanas controlando la entrada de aire al interior.

Figura 23
Rangos de confort



6.3. Marco Teórico

6.3.1. La Agenda 2030: Objetivos de Desarrollo Sostenible

La agenda 2030 es una guía aprobada por la Asamblea General de las Naciones Unidas, en donde se tratan temas relacionados con la sostenibilidad económica, social y



ambiental. Dichas dimensiones se integran y generan 17 objetivos y 169 metas en pro del Desarrollo Sostenible.

Los objetivos que se relación con la presente investigación, y el caso de estudio son los siguientes:

- Objetivo 3: Salud y Bienestar.



Lo que se busca es promover el bienestar y la vida sana de las personas, desarrollando iniciativas que permitan hacer frente a las diferentes cuestiones relacionadas con la salud, principalmente las enfermedades transmisibles.

- Objetivo 7: Energía asequible y no contaminante.



Para las diferentes actividades y procesos que se llevan a cabo día a día en el mundo, se hace necesario el uso de la energía, por lo cual, la implementación de energía sostenible es una forma de transformar la forma de vida, de trabajo, de producción, inclusive la economía del mundo.

- Objetivo 8: Trabajo decente y crecimiento económico.



Lo que se busca con este objetivo es promover el crecimiento económico sostenible, lo que permite que se generen las condiciones adecuadas para acceder a empleos decentes y que los espacios donde se desarrollen las diferentes actividades sean de calidad, es decir, que no exista un riesgo para los trabajadores sin importar género y edad.



- Objetivo 11: Ciudades y comunidades sostenibles.



Este objetivo tiene como finalidad que la ciudad siga creciendo, permitiendo así más oportunidades para la población mediante el acceso a servicios básicos y a vivienda, mejoras en el transporte, y que al mismo tiempo se aprovechen los recursos reduciendo la contaminación y los desechos generados, y la pobreza. Se busca reducir el impacto de la ciudad en el medio ambiente, a partir del mejoramiento de la calidad del aire de las mismas.

6.3.2. Plataforma Paleta 2030

La paleta 2030 es una plataforma que busca establecer unas acciones que permitan crear entornos y edificaciones que se adapten al contexto y a las características climáticas en las que estén ubicados, asegurando así que dichas edificaciones y ciudades consuman cero combustibles fósiles, se conserven los ecosistemas, y se adapten al cambio climático.

Las estrategias de la dimensión relacionada con la edificación que se aplicarían al caso de estudio de esta investigación son:

1. La forma del edificio: Se debe diseñar una edificación en donde se aprovechen las condiciones climáticas del lugar donde se va a localizar, por ejemplo, colocar los vanos de manera que permita la entrada constante de los flujos del aire natural que enfríe los espacios interiores mejorando el confort al interior, buscar la forma de generar sombra sobre los muros y las fachadas con mayor incidencia solar y hacer un manejo de patios interiores y vegetación que disminuya la temperatura del aire antes de que éste ingrese al proyecto.
2. Controles de luz en la fachada o elementos de sombreado: Lo que busca es bloquear la entrada directa del sol al interior de los espacios, y la exposición de las paredes y las



áreas acristaladas del edificio, evitando así un deslumbramiento en las diferentes superficies y disminuyendo la cantidad de calor que entra a dicho espacio.

3. Iluminación natural en el techo: Tener tragaluces o claraboyas en el techo ayudan a distribuir la luz de toda la bóveda celeste de manera uniforme a los espacios interiores sin acceso a fachadas.
4. Torres de enfriamiento evaporativo: Estas ayudan a reducir la temperatura del aire exterior antes de ingresar a los espacios interiores. Dicho aire fresco se produce a partir de la evaporación de agua en la parte superior de la torre, generando una corriente de aire fresco que se distribuye de manera uniforme a los espacios interiores.
5. Ventilación inducida: Para generar un tipo de efecto chimenea implementando aberturas situadas en la parte baja como en la parte alta de un espacio en los lados opuestos del mismo. Lo que se busca es que el aire del interior salga por las aberturas altas, y que el aire del exterior entre por las aberturas bajas.

Estas aberturas deben localizarse a 3 metros de distancia entre ellas si son para un espacio residencial, unos 4.6 metros si es para espacios comerciales. Se sugiere que las aberturas bajas se localicen entre 0.76 m y 1.37 m sobre el nivel del piso de acabado.

6.3.3. Certificación Edge

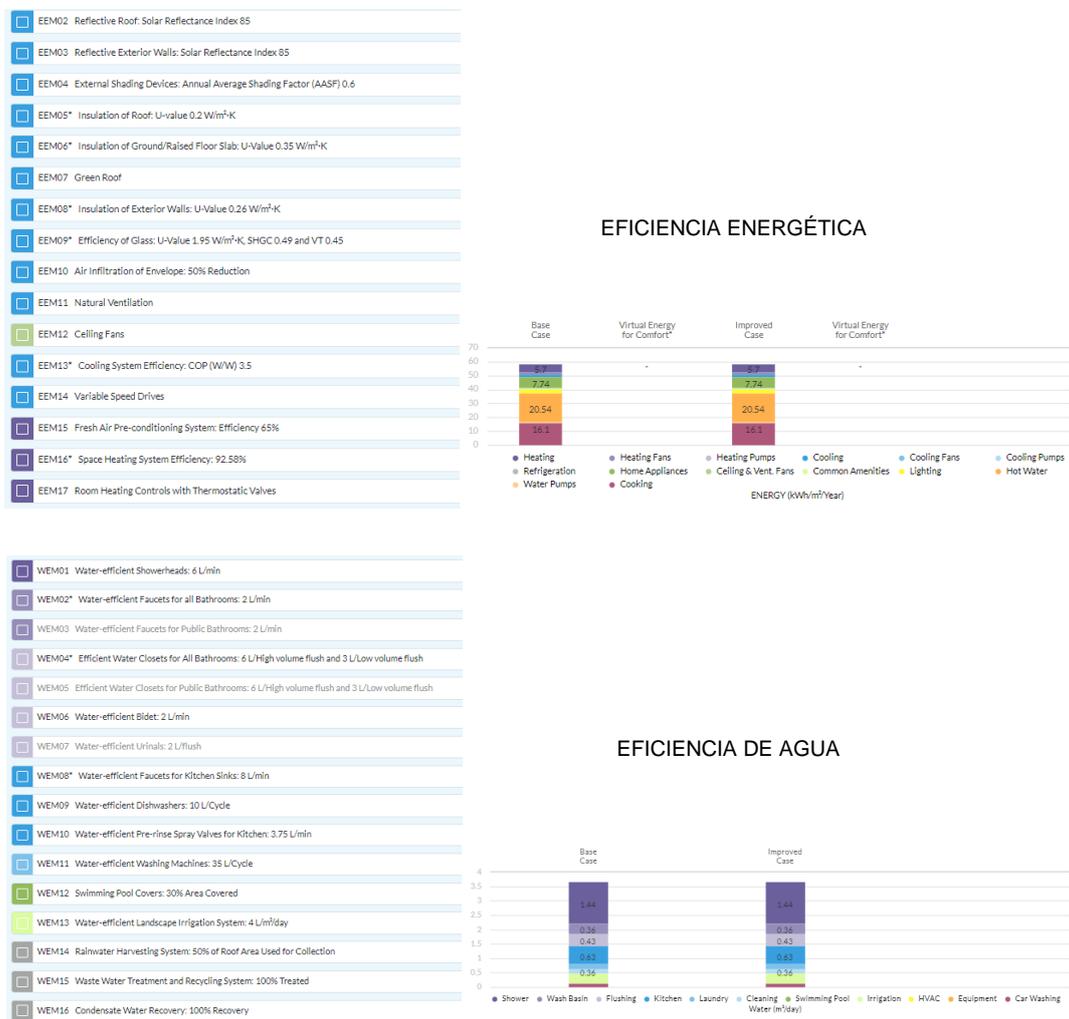
EDGE es una certificación para edificios ecológicos promovida por Camacol en Colombia, con el fin de promover el crecimiento de la construcción sostenible, la cual empieza a tener mayor importancia a causa del aumento poblacional que han sufrido las ciudades. Es únicamente para los proyectos que logren llegar a unos niveles mínimos de reducción de energía, de agua y de energía incorporada en los materiales.

Esta certificación está diseñada para cualquier persona, puesto que tiene una plataforma, una aplicación de software y un documento guía que facilita el entendimiento en relación a las diferentes soluciones técnicas que se deben tener en cuenta desde la fase de

factibilidad y de diseño en la edificación con el fin de reducir los costos de funcionamiento y mantenimiento, así como el impacto ambiental que tiene el edificio. El usuario o la persona interesada en adquirir la certificación presenta unos datos base del proyecto, en relación a las dimensiones, materiales, ocupación y equipos implementados en el mismo, para así conocer las estrategias que permiten disminuir el consumo de agua y de energía, y la energía implementada en los materiales, tal y como se muestra en las siguientes imágenes.

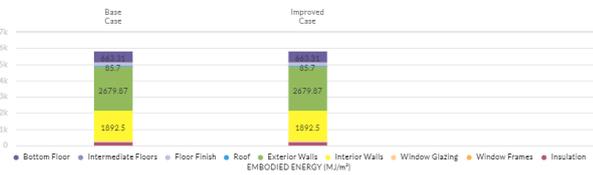
Figura 24

Estrategias de eficiencia energética



The screenshot shows a software interface for selecting construction materials. It is divided into four sections, each with a 'MEMO' label and a 'Default Base Case Material' dropdown menu. The sections are: 'Bottom Floor Construction', 'Intermediate Floor Construction', 'Floor Finish', and 'Roof Construction'. Each section has a 'Type' dropdown and a 'Default Base Case Material' dropdown. The 'Bottom Floor Construction' section shows a value of 300 and 0.85. The 'Intermediate Floor Construction' section shows a value of 300. The 'Floor Finish' section shows a value of 300. The 'Roof Construction' section shows a value of 300 and 0.30.

EFICIENCIA DE MATERIALES



Nota. Adaptado de <https://app.edgebuildings.com/project/allBuildings>

Es de aclarar que, en cada una de estas áreas, se presentan estrategias tanto pasivas como activas, dándole la posibilidad al usuario de decidir qué tipo de ellas va a implementar, puesto que estas influyen directamente en el costo total que tiene el proyecto y en el tiempo de retorno de la inversión del mismo.

6.3.4. Certificación Casa Colombia

El Consejo Colombiano de Construcción Sostenible desarrolló una certificación llamada Casa Colombia, de acuerdo al contexto colombiano, con la que se busca promover el concepto de sostenibilidad integral, para consolidar proyectos que aseguren un entorno prospero, sostenible, inclusivo y saludable para todas las personas.

Esta certificación permite la verificación de indicadores de las estrategias sostenibles que se implementan en el proyecto, y a partir de lo cual se puede acceder a ciertos beneficios e incentivos que están contemplados en la resolución 463 de 2018.

Figura 25

Categorías de evaluación



Nota. Adaptado de Certificación Casa Colombia (Pág. 6), por CCCS, marzo 2020, Bogotá D.C.

Como se puede ver en la imagen, dentro de esta certificación existen 7 categorías de evaluación, relacionadas con la sostenibilidad de la obra y el entorno, con la eficiencia en temas del agua, energía y de los materiales, así como temas sociales y de bienestar en los usuarios.

Dentro de cada una de las categorías, existen diferentes estrategias que se pueden implementar en el proyecto, con unos lineamientos que son obligatorios y otros que son opcionales, con estos últimos se obtienen puntajes, permitiendo clasificar el proyecto según las diferentes categorías de evaluación que existan, tal y como se evidencia en la siguiente imagen:

Figura 26

Categorías de evaluación

Excepcional	★★★★★	+ 80 Puntos
Excelente	★★★★	[60 – 79] Puntos
Sobresaliente	★★★	[40 – 59] Puntos
Muy Bueno	★★	[20 – 39] Puntos
Bueno	★	Lineamientos Obligatorios

Nota. Adaptado de Certificación Casa Colombia (Pág. 7), por CCCS, marzo 2020, Bogotá D.C

Como se mencionó anteriormente, cada categoría cuenta con diferentes lineamientos que pueden ser implementados en el proyecto, y cada uno de ellos tienen unos

requerimientos, una forma de implementación y una documentación requerida para poder validar y aplicar a la certificación.

6.3.5. *The Well Building Standard*

El Estándar de Construcción WELL (WELL) es un certificado que puede ser implementado en proyectos nuevos o existentes, y que no se enfoca únicamente en el desarrollo de construcciones que sean respetuosas con el medio ambiente, sino que está enfocada en las personas y en desarrollar estrategias que mejoren la salud y el bienestar de ellos mismos, es decir, que dichas estrategias van a fomentar un estilo de vida saludable, física y mentalmente.

Figura 27

Categorías de evaluación



Nota. Adaptado de Certificación Well Building Standard (Pág. 18), por International WELL Building Institute, 2020.

Esta certificación se divide en 7 categorías: Aire, Agua, Nutrición, Luz, Fitness, Confort y Mente, las cuales a su vez están divididas en características que van a dictar los parámetros de aplicación para mejorar aspectos de dichas categorías. Sin embargo, se debe tener en cuenta que existen características y parámetros que no son aplicables en todos los proyectos, sino que están relacionados con la etapa en la que se encuentre.

Figura 28

Tipos de proyectos

PROJECT TYPES	PRECONDITIONS	OPTIMIZATIONS	TOTAL
New and Existing Buildings	41	59	100
New and Existing Interiors	36	62	98
Core and Shell	26	28	54

Nota. Adaptado de Certificación Well Building Standard (Pág. 12), por International WELL Building Institute, 2020.

Como se puede ver en la imagen anterior, para WELL existen 3 tipos de proyectos:

- Core y Shell, en donde se manejan estrategias relacionadas con la estructura del edificio, las proporciones de los espacios, la ubicación de las ventanas y la calidad del agua. Favorece los proyectos en donde existen zonas comunes que son accesibles para todos los usuarios.
- Interiores nuevos y existentes, en donde se van a manejar estrategias que permitan renovar el espacio o una parte del mismo, sin significar un cambio importante o que afecte la estructura y la conformación misma del espacio.
- Edificio nuevo y existente, las estrategias que se implementan en este tipo de proyecto están enfocadas desde el área del diseño y de construcción del mismo, para poder solucionar temas relacionados con el mantenimiento y la operación que en él se vaya a llevar a cabo.

6.4.Estado del Arte

6.4.1. Edificio de Oficinas TORRE PROKSOL

El proyecto fue diseñado por el Arquitecto Mauricio Rojas Vera en el 2009 y fue construido en el 2010. Es un proyecto en el que se busca el mayor aprovechamiento de m², la mejor distribución espacial y el confort climático al interior.

Figura 29

Localización proyecto



Nota. Adaptado de <https://www.mrv-arquitectos.com/ed-oficinas-torre-proksol>

El proyecto está ubicado en la ciudad de Bogotá D.C entre la Autopista Norte y la calle 97, sobre un terreno plano y rectangular, en el cual se construyó un edificio de 10 pisos de oficinas y 3 pisos de sótanos. El volumen del proyecto se divide en dos, una parte conformada por las oficinas y los locales y la otra por el punto fijo el cual se localiza hacia la fachada oriente, buscando mejorar la ventilación y la entrada de luz en la edificación.

Figura 30

Esquemas de ventilación e iluminación natural del proyecto



Nota. Adaptado de <https://www.mrv-arquitectos.com/ed-oficinas-torre-proksol>

Este proyecto implementa las siguientes estrategias de diseño sostenible, que se adaptan a las condiciones climáticas de la ciudad de Neiva:

Figura 31

Imágenes del proyecto



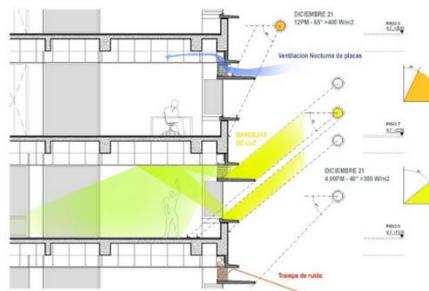
Nota. Adaptado de <https://www.mrv-arquitectos.com/ed-oficinas-torre-proksol>

- Protección solar:

Lo que busca es reducir la radiación solar que entra al interior de los espacios, sin afectar la iluminación natural del mismo.

Figura 32

Corte esquemático de ventilación e iluminación natural del proyecto



Nota. Adaptado de <https://www.mrv-arquitectos.com/ed-oficinas-torre-proksol>

Como se observa en la imagen anterior, el proyecto implementa elementos como los aleros y las alfajías en las fachadas norte y sur, que generan sombra en la edificación e impiden la entrada de la radiación directa a través de los vanos. Estos elementos a su vez, permiten que la luz entre al interior por medio del cielo raso en el momento que dicha luz refleja sobre ellos.

- Termosifón:

Hacia la fachada oriente, se implementa un elemento conocido como el **termosifón** que ayuda a proteger dicha fachada, no solo por la radiación solar, sino por temas de ruido y contaminación del aire.



Este elemento funciona como una doble pared de vidrio que tiene aberturas en la parte superior e inferior, por lo que trabaja como una chimenea solar, provocando así diferencias de presiones y de temperatura permitiendo sacar el exceso de calor acumulado en las oficinas.

- Ventilación cruzada:

Lo que se busca con la ventilación cruzada es perder calor del interior de los espacios por convección durante el día, así como reducir la concentración de CO₂ emitido por los usuarios mediante un manejo adecuado de la renovación del aire en los espacios internos. A su vez, las placas de entrepiso que son las que acumulan el calor, en las noches se ventilan con aire fresco haciendo que por convección pierdan dicho calor y se produzca un equilibrio térmico al interior.

- Cubierta verde y transitable:

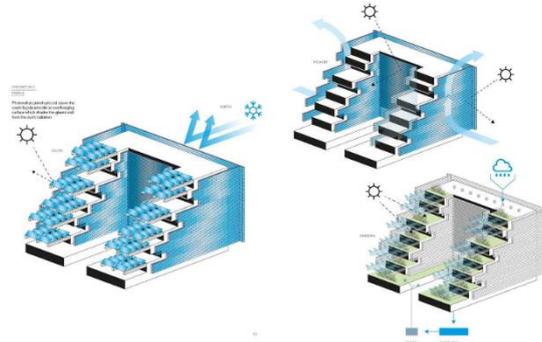
Lo que se busca con este elemento es proteger de la radiación solar el último piso de la edificación, siendo la cubierta la superficie que más radiación recibe durante el día. Por lo que se diseña una cubierta transitable, en la cual se encuentra no solo jardines, sino que el aislamiento del piso de la placa impide que la radiación solar llegue directo a la misma.

6.4.2. Edificio Ecológico y de Energías Eficientes – Mario Cucinella

Dentro del campus de la Universidad de Tsinghua, se desarrolló un centro de educación y de investigación relacionado con la protección del medio ambiente y la conservación de la energía, en este edificio de 20.00 m² se integran las estrategias tanto pasivas como activas, permitiendo así reducir las emisiones de CO₂, optimizar el confort térmico al interior de los diferentes espacios, y a su vez aumentar la eficiencia energética a partir de maximizar el aprovechamiento de la luz natural y minimizar el uso de energía artificial para el sistema de climatización del edificio, y cubrir con energías renovables la demanda de energía del edificio.

Figura 33

Corte esquemático de ventilación e iluminación natural del proyecto



Nota. Adaptado de <https://www.archdaily.co/co/881715/edificio-ecologico-y-energetico-sino-italiano-mario-cucinella-architects>

Cada una de las estrategias de diseño y tecnología implementadas están pensadas en relación al lugar de implantación, al contexto y a los parámetros climáticos que ahí se presentan, dándole una identidad y carácter propio al edificio, y con las que se buscaba que en invierno se tuvieran mayores ganancias solares que en el verano.

Para lograrlo, se realizaron varias modificaciones al diseño inicial a partir de los resultados y el análisis de las simulaciones de comportamiento térmico, de emisiones de CO₂, que se hicieron a los diferentes espacios que conforman el proyecto, y con lo que se buscaba disminuir el consumo de energía al año de la edificación, tanto para la calefacción, el uso de equipos y la iluminación del mismo, la cual proponía lograr hasta 30%, 20% y 23% de ahorro respectivamente.

Figura 34

Corte Bioclimático en verano

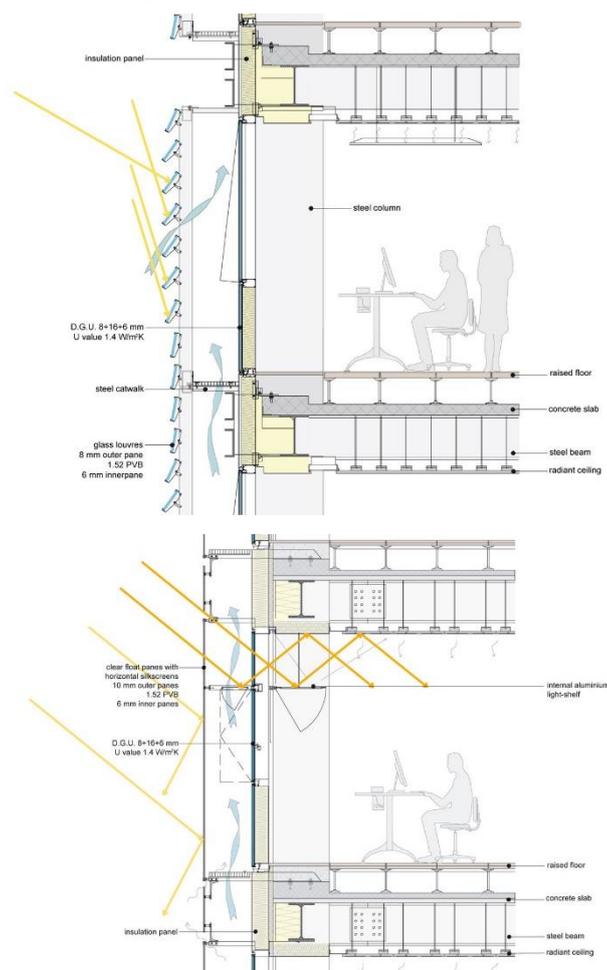


Nota. Adaptado de <https://www.archdaily.co/co/881715/edificio-ecologico-y-energetico-sino-italiano-mario-cucinella-architects>

Como se evidencia en la imagen anterior, la estrategia más importante con la cual logran optimizar el rendimiento energético es con **la envolvente del edificio**, puesto que cada una de las fachadas tiene unas características y un diseño diferente a la otra, para lograr responder a las condiciones climáticas del lugar. El lado norte está cerrado y protegido a los vientos del invierno, mientras que el lado sur es más abierto al exterior permitiendo la entrada de luz y del sol al interior, mediante la implementación de sistema de vidrios semireflectantes que lo que hacen es desviar los rayos del sol para que estos entraran de manera indirecta al edificio.

Figura 35

Fachadas ventiladas desarrolladas en el proyecto



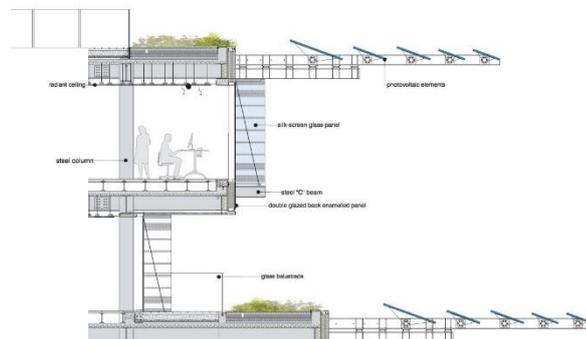
Nota. Adaptado de <https://divisare.com/projects/153709-mario-cucinella-architects-daniele-domenicali-sieeb-sino-italian-ecological-and-energy-efficient-building>

Las dos imágenes anteriores hacen referencia a las fachadas oeste y este, apreciándose que se implementa como envolvente de fachada una "doble piel" de un muro cortina con diseño de módulos transparentes, así como el uso de una estructura de parasol, la cual está hecha de láminas de vidrio reflectante que se inclinan en diferentes ángulos permitiendo controlar la entrada de la luz solar al interior. En estas fachadas también se implementa un difusor de luz, que lleva la luz solar hacia el techo radiante y el cielorraso reflectante. Estos elementos igualmente permiten que el aire se distribuya al edificio generando un sistema de ventilación de desplazamiento, para tener temperaturas bajas en verano y temperaturas altas en invierno, reduciendo el consumo de energía eléctrica al no implementar únicamente elementos HVAC sino tener una energía combinada.³

Ahora bien, en relación a estrategias activas el proyecto utiliza un sistema de cogeneración, el cual, a partir de la combustión de gas natural, va a producir calor mediante el calor residual del motor de la planta que va a permitir suplir la demanda de enfriamiento por medio de la absorción de los enfriadores en verano y calefacción en invierno de los espacios interiores.

Figura 36

Corte fachada



Nota. Adaptado de <https://divisare.com/projects/153709-mario-cucinella-architects-daniele-domenicali-sieeb-sino-italian-ecological-and-energy-efficient-building>

³ Cuando se habla de energía combinada, se hace mención a la relación y el trabajo conjunto que debe existir entre las estrategias pasivas y activas para que el edificio sea eficiente.

Otra estrategia activa que se implementa son los paneles solares, los cuales se colocan sobre unos voladizos estructurales que se extienden sobre el costado sur, lo que permite generar sombra sobre las oficinas que se encuentran en los pisos superiores del edificio y a partir del sol producir energía eléctrica.

La edificación se ilumina artificialmente con bombillos de alta eficiencia que van a nivelar su potencia a partir de las necesidades de iluminación del espacio, y que cuentan con un sensor de movimiento que prende y apaga las luces, evitando el consumo innecesario de energía.

6.4.3 Easyhome Huanggang Vertical Forest City – Stefano Boeri

En la ciudad de Huanggang en la provincia de Hubei, Stefano Boeri diseñó el proyecto Easyhome Huanggang Vertical Forest City, el cual tiene un área de 4,54 hectáreas, está conformado por 5 torres para diferentes usos tales como comercio, oficinas, hotel y vivienda.

Figura 37

Torres de vivienda



Nota. Adaptado de <https://www.stefano-boeri-architetti.net/project/easyhome-huanggang-vertical-forest-city-complex/>

Las imágenes anteriores hacen referencia a las torres residenciales de 80 metros de altura del proyecto, en donde lo más importante es el manejo de las fachadas, conformadas

por voladizos y balcones abiertos y cerrados, que crean cierto movimiento, y en donde se colocan elementos de vegetación como árboles, arbusto y especies de flores, que ayudan a absorber aproximadamente 22 ton/año de CO₂. Lo anterior genera una experiencia sensorial no solo en los ocupantes sino en la población flotante, al integrar la vegetación con el diseño arquitectónico. Así mismo, dicha vegetación mejora el bienestar emocional y experiencias que tienen los habitantes con la misma edificación, al relacionar su espacio privado con el espacio exterior.



7. Diseño Del Método

La metodología que se implementa en este trabajo de investigación se fundamenta principalmente en una simulación digital, la cual se ha dividido en las siguientes fases de desarrollo para alcanzar los 4 objetivos específicos planteados:

7.1. Fase 1. Método Descriptivo

En esta fase, se lleva a cabo el reconocimiento de los datos climáticos del lugar, a partir de lo cual, se puede establecer unas condiciones básicas en el diseño arquitectónicos que pueden ser condicionadas como estrategias pasivas. Así mismo, se realiza el análisis de la edificación seleccionada como línea base; la cual se escoge de acuerdo a los siguientes criterios: ubicación sobre vías peatonales, uso de comercio, oficinas y de vivienda, edificación de 5 o más pisos; en donde se pretende conocer las alturas, los materiales, la ocupación y demás que permita a partir de la realización de una simulaciones en el software Design Builder entender el comportamiento actual en cuanto a confort térmico, velocidad y temperatura del viento e iluminación natural. A lo cual, se le suma el reporte actual del consumo de agua y de energía según la certificación Edge.

7.2. Fase 2. Método Analítico

En esta fase, se hace la revisión de la normativa y de las certificaciones nacionales e internacionales que trabajan temas relacionados con la sostenibilidad como la ventilación e iluminación natural, y el confort térmico. Así mismo, se analizan referentes, que permiten entender de manera más clara la implementación de estrategias de diseño sostenible.

Esta revisión literaria se va a hacer a partir de herramientas como la base de datos de Scopus. Así mismo, lo que se busca con cada uno de estos elementos es revisarlos desde el método DOFA, a partir del cual se clasifican las oportunidades y debilidades del estándar,

artículo o del referente, para poder tomar la decisión de las estrategias que se van a implementar en el diseño, y la forma correcta de hacerlo.

7.3. Fase 3. Método Confirmativo

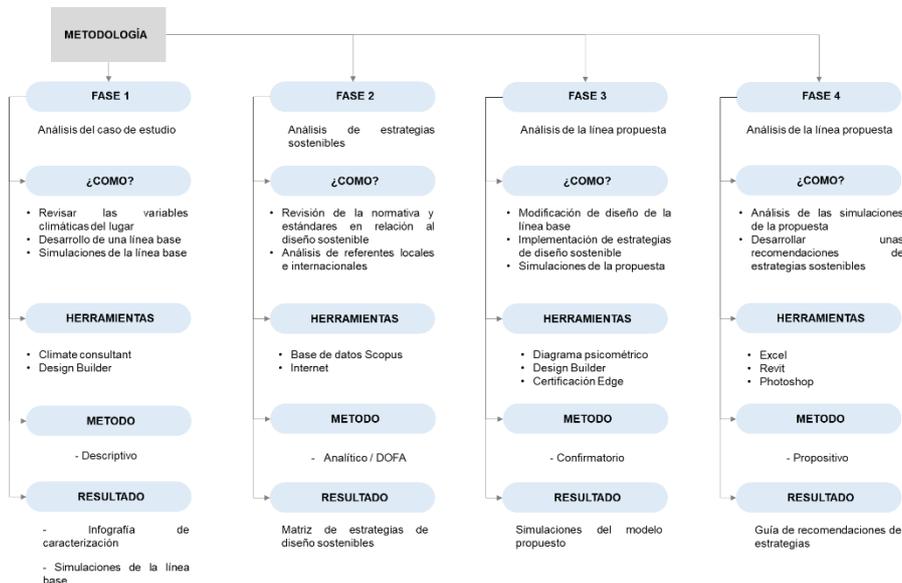
A partir de entender las deficiencias y las oportunidades de la línea base, sumado a los resultados obtenidos en las simulaciones de la misma en el software de Design Builder, se determina los requerimientos de diseño de acuerdo al uso, y las estrategias sostenibles que serán implementadas en la propuesta de la línea mejorada.

7.4. Fase 4. Método Propositivo

En esta fase, se realiza el análisis de las simulaciones de la línea base, para entender las mejoras que se dieron en el espacio interior arquitectónico en relación al estado actual de la línea base. Esto permite realizar un comparativo no solo de los cambios en el diseño que se hicieron entre las dos edificaciones, sino del comportamiento en cuanto a confort térmico, velocidad y temperatura del viento e iluminación natural de los diferentes espacios, y a su vez evidenciar mejoras en la eficiencia de energía y de agua de acuerdo al comparativo entre el reporte de la certificación Edge de la línea base y el de la línea mejorada.

Figura 38

Cuadro resumen de la metodología



Nota. Elaboración propia.



8. Resultados Esperados

Se proponen unas recomendaciones de estrategias sostenibles aplicables a edificaciones de uso mixto, que permitan que las edificaciones tanto existentes como nuevas sean eficientes en energía y en agua, adaptándose a las modificaciones del clima producto del cambio climático, y garantizando el bienestar de los diferentes usuarios de las edificaciones.

Así mismo, lo que se busca con este trabajo de grado, es tener una base para posteriores trabajos de investigación, que permitan principalmente el desarrollo de un documento guía para aplicar estrategias de diseño sostenible para edificios de uso mixto, residenciales o institucionales, tanto existentes como nuevos, puesto que es de suma importancia entender la necesidad no solo de desarrollar nuevos proyectos, sino rehabilitar los que ya se encuentran construidos para así lograr tener un ambiente urbano sostenible, a partir de generar una arquitectura que responda a las condiciones climáticas y culturales propias del lugar.

Es de aclarar la pertinencia de que en futuros trabajos de investigación, se estudie la estimación de costos de cada una de las estrategias planteadas, tanto pasivas como activas, en diferentes escalas, es decir, se analice los costos para el desarrollo de un proyecto nuevo, para la renovación de una edificación o de un espacio, esto permitirá que los interesados en ejecutar edificaciones sostenibles, tengan claro la diferencia presupuestal entre hacer un proyecto convencional o sostenible, y el retorno de la inversión del mismo.

8.1. Aportes del trabajo

El mayor aporte que de este trabajo de grado, es que las recomendaciones de diseño sostenible que se proponen, permiten enriquecer las propuestas de rehabilitación de las edificaciones definidas en el Plan de Renovación del Centro Tradicional de Neiva.



8.2. Agradecimientos

El presente trabajo de investigación es dedicado a todas las personas que han contribuido en la realización del mismo, como es el caso del señor Carlos Perdomo administrador del edificio Las Américas, seleccionado como línea base, y quien nos permitió el acceso a la edificación para el respectivo trabajo de campo, en el cual se tomaron fotografías y medidas para el levantamiento de dicho edificio.

Así mismo, agradezco a mis padres, Mariela Serrato y Alberto Vargas, quienes en primera instancia me ayudaron con fotografías e información de primera mano respecto a las diferentes edificaciones del centro de la ciudad, a partir de lo cual surgió la selección de la línea base para posteriormente ser analizada.

9. Desarrollo

9.1. Fase 1

9.1.1. Variables Climáticas

Tabla 1

Cuadro general de elementos climáticos

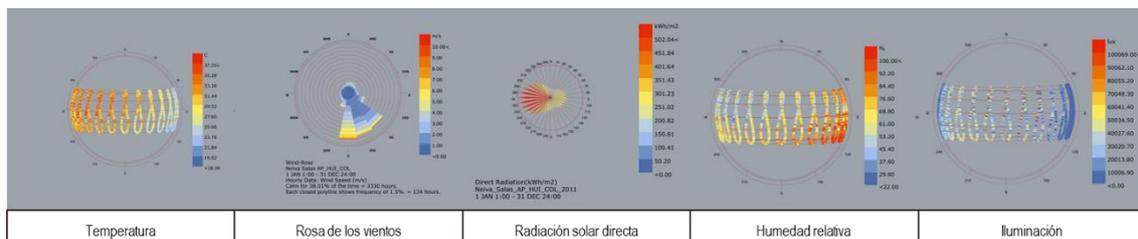
Item	Datos		Meses		Otros		
	1	Temperatura	Min	18°C	Más calidos	Agosto, Septiembre y Octubre	Horas mayor temperatura
Max			37°C	Más frescos	Marzo y abril	Horas menor temperatura	6:00 a.m a 8:00 a.m
Media			27,7°C				
2	Humedad Relativa	Min	55%	Mayor humedad	Noviembre, diciembre y enero	N/A	
		Max	75%	Menor Humedad	Julio, agosto y septiembre		
3	Precipitación	Min	19 mm	Mayor precipitación	Octubre, noviembre y diciembre	Mes con más días lluvia	Octubre y noviembre
		Max	135 mm	Menor precipitación	Junio, julio y agosto	Mes con menos días lluvia	Agosto y Julio
4	Vientos	Min	0 m/s	Menor velocidad de viento	Octubre hasta abril	Mes con menos vientos	Noviembre
		Max	2.5 m/s	Mayor velocidad de viento	Mayo a septiembre	Mes con mas viento	Agosto
		Media	1.5 m/s				
5	Radiación Solar	Min	1.0 Kwh/m2	Mayor radiación	Diciembre y enero	Fachada mayor radiación	Oeste y este
		Max	6.8 Kwh/m2	Menor radiación	febrero, marzo y octubre	Fachada menor radiación	Norte y sur
		Media	4.5 Kwh/m2				
6	Iluminación	Min	600 luxes	Mayor iluminación	diciembre	Brillo solar	5 - 6 horas al día
		Max	5000 luxes	Menor iluminación	junio	Dias sin brillo solar	1 - 2 dias al mes
		Media	2100 luxes				

Nota. Elaboración propia.

La tabla anterior es un resumen de los datos climáticos más significativos de la ciudad de Neiva, que permiten entender los valores mínimos, medios y máximos, relacionados a su vez con los meses y las horas en que esos datos se dan.

Figura 39

Gráficos climáticos Neiva



Nota. Elaboración propia utilizando el software Rhinoceros.

A partir del análisis de los principales elementos climáticos desarrollados en capítulos anteriores, como los que se aparecen en la figura 39 y de los cuales se puede entender que la temperatura promedio es mayor a los 27°C, que el viento predominante está en el costado sur y sur este, que la velocidad media del mismo es de 3 m/s, que la radiación solar es mayor en



la fachada oeste que en la este, y que la humedad varía entre los 55% y los 65%. Todos estos datos climáticos permiten establecer unas condicionantes que debe tener el diseño arquitectónico del proyecto, y que se catalogan como estrategias pasivas, tales como:

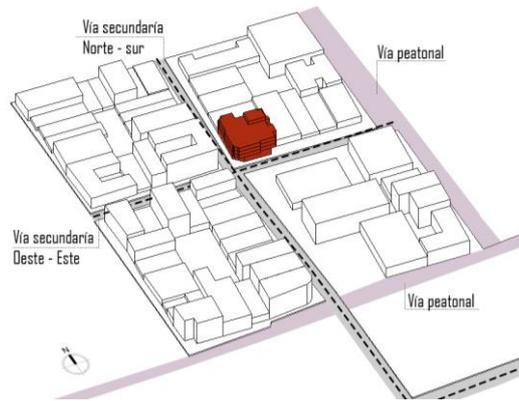
- Las construcciones en la ciudad de Neiva deben localizar la fachada más larga sobre el costado norte y sur, debido a que sobre estas es donde menor incidencia solar directa tienen.
- La abertura de los vanos debe localizarse principalmente sobre las fachadas sur, norte y este, puesto que son el sentido predominante del viento, y así favorece la ventilación natural de los espacios.
- El acristalamiento y aberturas que se localicen sobre la fachada este y oeste deben contar con algún tipo de protección ante la radiación solar, como lo son aleros, cortasoles y retrocesos en fachada.
- Debido al gran valor de radiación solar que se da en la ciudad, es factible la implementación de sistema fotovoltaico en las edificaciones.
- Así mismo, por los altos valores de temperatura media y de radiación solar se debe implementar materiales en cubierta y en las fachadas con alta reflectancia solar e inercia térmica.
- Implementar vegetación sobre las zonas duras que se encuentran en la fachada oeste, permite generar sombra y disminuir la temperatura sobre los espacios.
- Implementar vegetación sobre fachada norte y sur, permite no solo purificar el aire, sino disminuir la temperatura del mismo antes de entrar a los diferentes espacios.

9.1.2. Análisis Línea Base

El edificio seleccionado es el Edificio Centro Comercial Las Américas, debido a que es uno de los únicos edificios de uso mixto que cuenta con comercio, oficinas y vivienda dentro del centro tradicional de la ciudad y a su vez es una edificación mayor de cinco pisos.

Figura 40

Vías próximas al proyecto

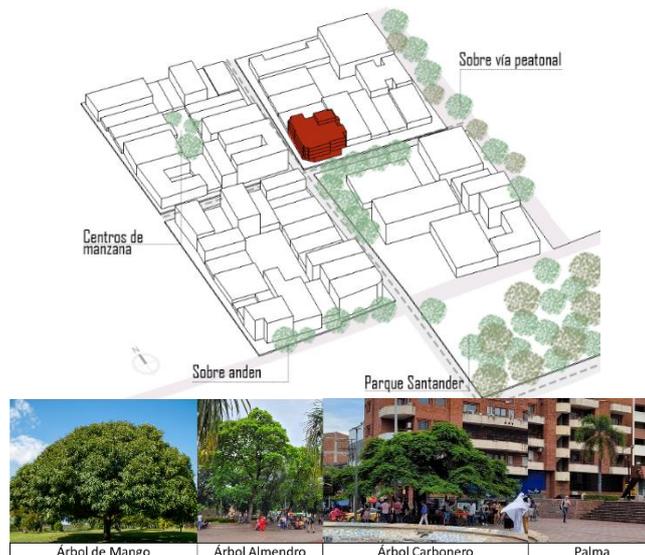


Nota. Elaboración propia.

La línea base se encuentra ubicada en la intersección de dos vías secundarias, pero de gran importancia en la ciudad, la calle 9 y la carrera 4, las cuales van en un solo sentido vial, y que a su vez permiten que el edificio tenga una buena accesibilidad por la cercanía a las vías principales que conectan el lugar con el resto de la ciudad.

Figura 41

Vegetación próxima al proyecto



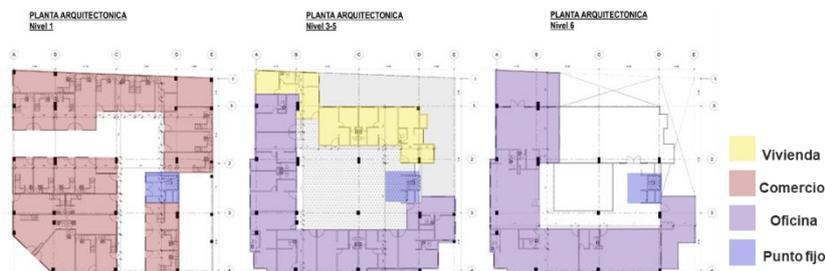
Nota. Elaboración propia.

El proyecto se localiza cerca al parque principal del centro de la ciudad, en el cual se maneja un buen sistema arbóreo, que se extiende sobre las vías peatonales de la carrera 5 y la calle 8. Los árboles de mayor presencia en la zona son el Carbonero, Almendro, Mango, los cuales son altos y frondosos generando sombra y favoreciendo la sensación térmica alrededor de estos. Así mismo, dentro del parque Santander, se encuentran árboles como la Palma, el Roble y la Ceiba.

En cuanto a la línea base, como se mencionó anteriormente en esta se llevan a cabo tres usos distintos, se encuentra en la primera planta comercio, donde se encuentran locales comerciales con mezzanine y zonas comunes de doble altura. En los pisos tres, cuarto y quinto hay usos de oficinas y aparta estudios, y en el sexto piso se encuentran únicamente oficinas con dimensiones mayores.

Figura 42

Usos de la línea base

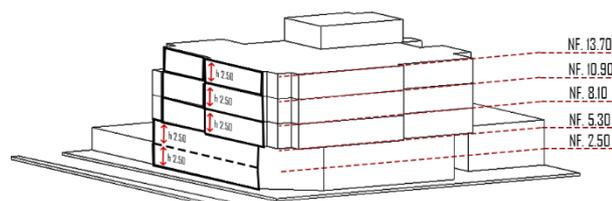


Nota. Elaboración propia.

La altura arquitectónica promedio que se tiene en los diferentes pisos es de 2.50m a excepción del primer piso, donde se maneja doble altura por lo que la altura libre es de 5.00m.

Figura 43

Alturas de la línea base

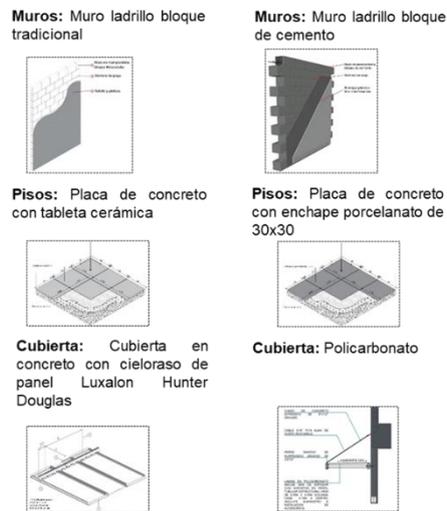


Nota. Elaboración propia.

Los materiales que se manejan en la edificación, son los mismos en los diferentes pisos y uso, no hay una diferenciación ni en forma ni en acabados.

Figura 44

Materiales de la línea base



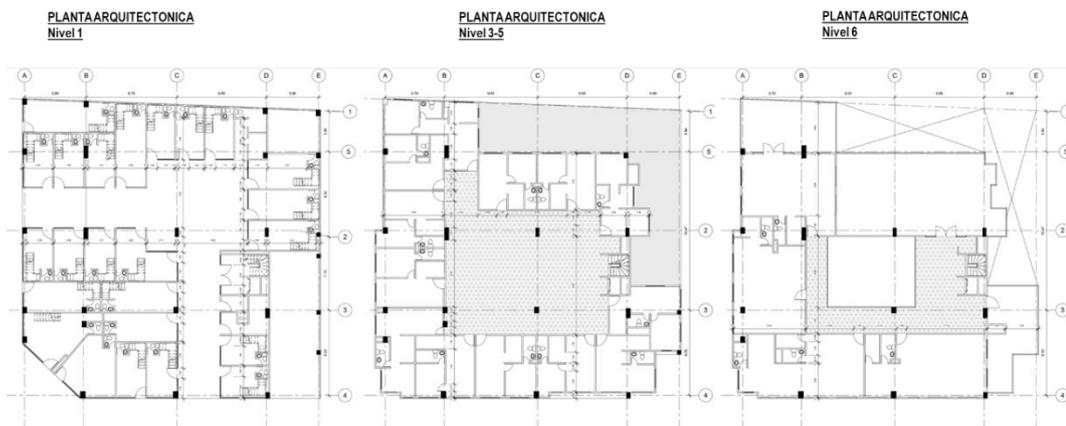
Nota. Elaboración propia.

- Planimetría general

A partir de la salida de campo, se hace el levantamiento arquitectónico de la línea base, y a su vez, se hace un análisis de los factores negativos y de los factores a potencializar de la edificación.

Figura 45

Plantas Arquitectónicas línea base



Nota. Elaboración propia.

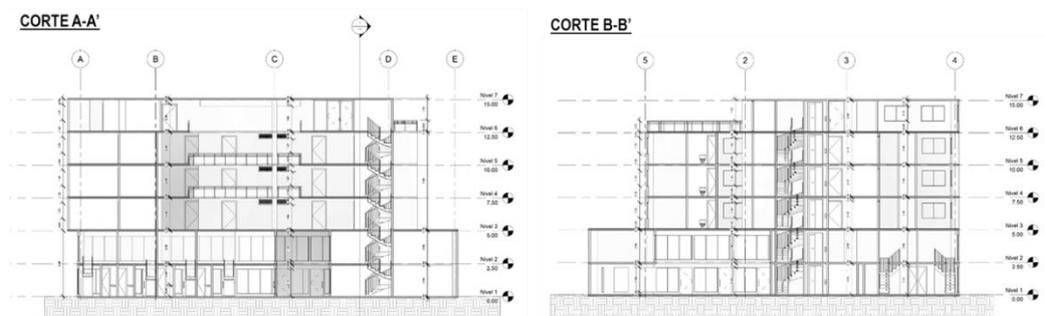
Si se analiza la primera planta de uso comercial, se evidencia que los locales cuentan con fachadas permeables, es decir, la fachada en su mayoría es acristalamiento, pero a pesar de eso no cuenta con aberturas que permitan la entrada y salida de aire del espacio.

Tampoco hay ventilación ni iluminación natural en los espacios comunes y circulaciones que se conforman al interior de la primera planta, esto debido a que en este piso no se cuenta con ningún vacío en la placa que permita iluminar el espacio interior, y los vacíos que se conforman por los dos accesos que se tiene a la edificación, debido a la morfología y a las dimensiones del predio, no son suficientes para iluminar los costados norte y este de dicho nivel, costados que además colindan con predios vecinos.

En cuanto a los niveles superiores, del tercer al sexto nivel, durante la visita de campo se evidencia que la fachada interior es completamente cerrada, únicamente se encuentran las puertas de acceso a cada una de las oficinas o apartaestudios y rejillas de ventilación localizadas sobre los baños que se ubican sobre esa fachada. Es decir, que tanto las oficinas como los apartaestudios cuentan con una ventilación unilateral, a partir de la ventana localizada sobre la fachada exterior, haciendo que tanto los baños como los demás espacios internos no cuenten con una renovación de aire adecuada.

Figura 46

Cortes arquitectónicos línea base



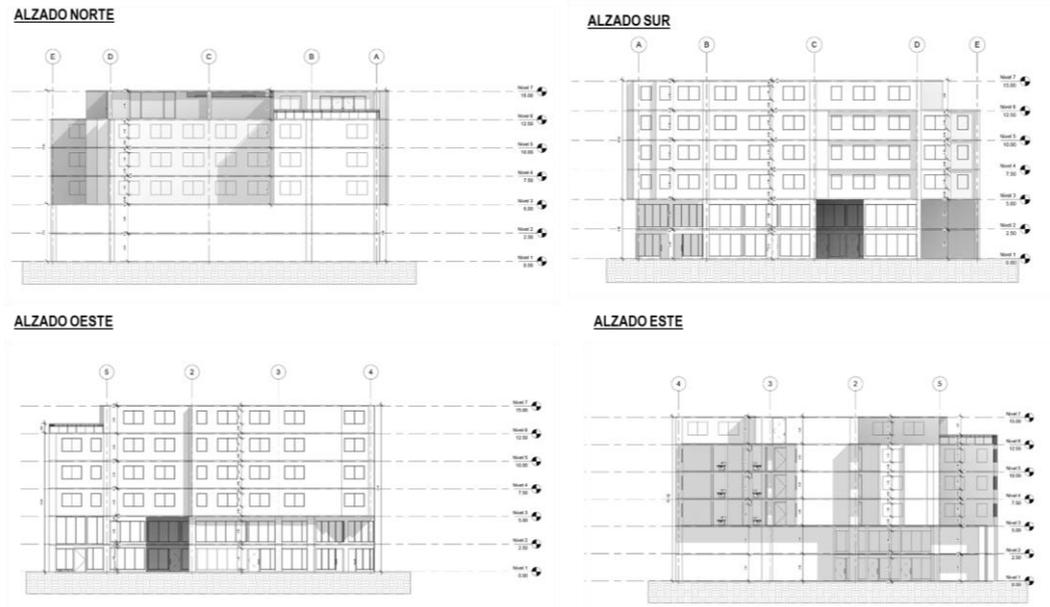
Nota. Elaboración propia.

Así mismo, en estos niveles se encuentra un vacío que está cubierto por un elemento en policarbonato que permite iluminar las circulaciones de los diferentes niveles, pero este

elemento no cuenta con aberturas amplias que permitan la correcta ventilación de los diferentes pisos.

Figura 47

Alzados arquitectónicos línea base



Nota. Elaboración propia.

Tal y como se evidencia en las fachadas, la este no presenta acristalamiento debido a que es la de mayor incidencia solar, por lo que en este costado se encuentra el punto fijo del ascensor y de las escaleras, aprovechando que son elementos de poco uso y permiten conformar una barrera que impide la entrada directa de la radiación solar en los espacios interiores de la edificación.

La fachada norte, debido a que cuenta con predios vecinos, genera retrocesos en fachada que permiten colocar vanos en dicha fachada, y a su vez generar terrazas privadas principalmente en los apartaestudios.

En cambio, la fachada oeste presenta las mismas características que la fachada sur, a pesar de que estas tienen condicionantes climáticas diferentes, es decir, en la fachada sur deben estar la mayoría de acristalamiento y de aberturas del proyecto, puesto que sobre este costado es donde predominan los vientos, y sobre la fachada oeste, si existe algún tipo de

acristalamiento, este debería tener elementos que lo protejan de la radiación solar tales como aleros o cortasoles, sin embargo, esto en el edificio actual no se evidencia.

Figura 48

Levantamiento fotográfico del estado actual



Nota. Elaboración propia.

- Estado actual edificación – Reporte Edge Building.

Figura 49

Datos del proyecto en Edge

Edge | **IFC** | **Mixed Use**
 Evaluación de EDGE: v3.0.0
 Fecha y hora de la descarga: 2022-04-17 17:23
 0.10% | 3.03% | 0.00%

Detalles del Proyecto

Nombre del Proyecto	Edificio Mixto Las Américas	Dirección línea1	Calle 9 #4-19
Cantidad de edificios distintos	1	Dirección línea2	
Cantidad de subproyectos EDGE asociados	1	Ciudad	Neiva
Superficie total del proyecto (m²)	4,284	Estado/Provincia	Huila
Nombre del titular del Proyecto	Valentina Vargas	Código postal	410010
Email del titular del Proyecto	wvargas13@ucatolica.edu.co	País	Colombia
Teléfono del titular del Proyecto	Móvil 57 - 3144094123	Número del Proyecto	1000993525
¿Compartir con inversor(s) o banco(s)?	No	¿Desea certificar?	Sí
¿Este proyecto se creó con fines de capacitación?	No		

Subproyecto(s) asociado(s)
 Total de subproyectos asociados: 1
 La lista completa de subproyectos asociados está disponible en la última sección de este documento.

Detalles del subproyecto

Nombre del subproyecto	Edificio centro comercial Las Américas	Dirección línea1	Calle 9 #4-19
Nombre del edificio	Edificio Las Americas	Dirección línea2	
Multiplicador del subproyecto para el proyecto	1	Ciudad	Neiva
Etapas de certificación	Preliminar	Estado/Provincia	Huila
Estado	Self-Review	Código postal	410010
Auditoría		País	Colombia
Certificador		Tipo de subproyecto	Edificio nuevo
Número de archivo	22041710134697		

Nota. Elaboración propia.

En la plataforma para la certificación Edge, se llenaron los datos básicos del proyecto en cuanto a usos, áreas generales y por espacio, equipos implementados dentro de la edificación y materiales con el fin de conocer los consumos actuales que tiene la edificación, los cuales son los siguientes:

- Agua: 877 m3/mes
- Energía: 36.093 kwh/mes
- Emisiones de CO2: 8.23 tCO2/mes

Figura 50

Cifras de consumo de la línea base

Mixed Use
 Edificio centro comercial Las Américas

PANEL | POST-CONSTRUCTION | VERSIÓN 3.0.0 | ARCHIVO | GUARDAR

Auto-Calculator: On	Consumo final de energía	Consumo final de agua	Emisiones de CO ₂ operacionales finales	Energía final incorporada en los material...	Costo final de los servicios públicos
Resulta ara latest	36,093 kWh/mes	877.00 m³/mes	8.23 tCO ₂ /Month	1,951 Mj/m²	9,957,075 COP/Month

OCULTAR RESULTADOS

Nota. Elaboración propia.

Por lo tanto, las estrategias que se implementen en la línea mejorada, deben lograr disminuir estos valores de consumo, es decir, las estrategias corresponden y están enfocadas a temas de eficiencia energética y eficiencia de agua, las cuales van a estar relacionadas a la vez, con lograr adaptarse a los cambios en las precipitaciones y la temperatura de la ciudad, a causa del cambio climático.

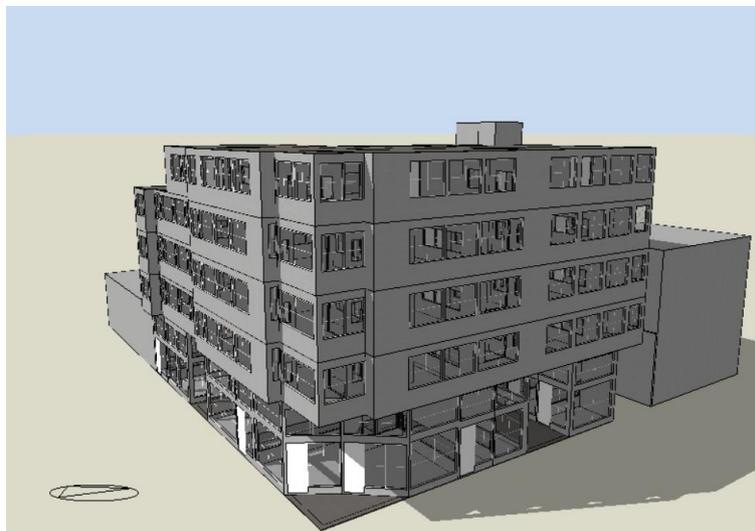
9.1.3. Simulaciones Línea Base

Con el fin de simular la línea base con variables climáticas reales, se utilizó el software Design Builder, en el cual se modeló la línea base y se simuló las condiciones de confort térmico, ganancias térmicas por superficie, incidencia de la radiación solar, flujos de ventilación y niveles de iluminación natural, teniendo en cuenta el día más caluroso.

- Render de la línea base en Design Builder

Figura 51

Modelo de la línea base



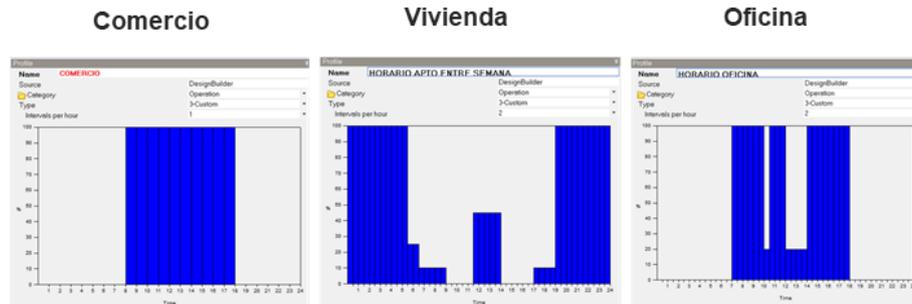
Nota. Elaboración propia a partir del software Design Builder.

Una vez modelada la línea base, se generaron diferentes configuraciones en relación al cronograma y a las actividades que se desarrollan en los diferentes espacios internos del edificio, es decir, a cada una de las zonas generadas se le colocó una actividad, bien sea comercial, de oficinas y de viviendas, en donde las dos primeras manejan un horario de inicio

de 8:00 a.m y de cierre de 6:00 p.m, y la viviendas manejan una ocupación en horas de las noches y la madrugada y una ocupación menor en el horario de las 7:00 a.m y las 5:00 p.m.

Figura 52

Horario de ocupación según el uso

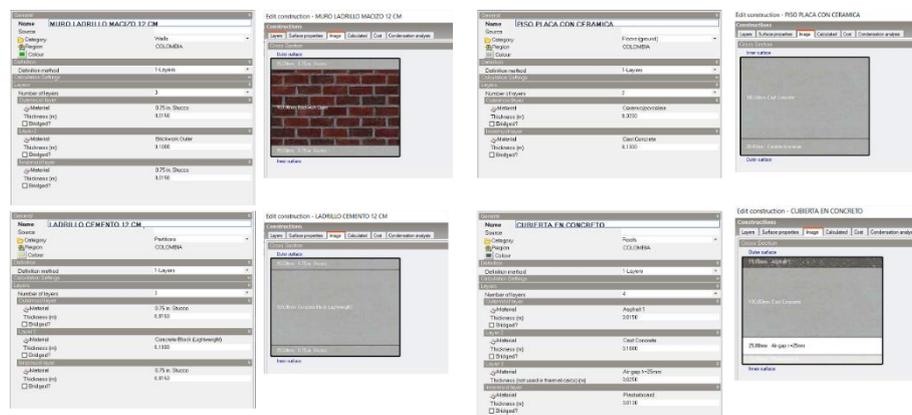


Nota. Elaboración propia a partir del software Design Builder.

Otra de las configuraciones fue agregar los materiales de los diferentes elementos como los muros, los pisos, la cubierta, cielorrasos, marcos de las ventanas y tipos de vidrio, tal y como se evidencia en la siguiente imagen:

Figura 53

Materiales de la línea base



Nota. Elaboración propia a partir del software Design Builder.

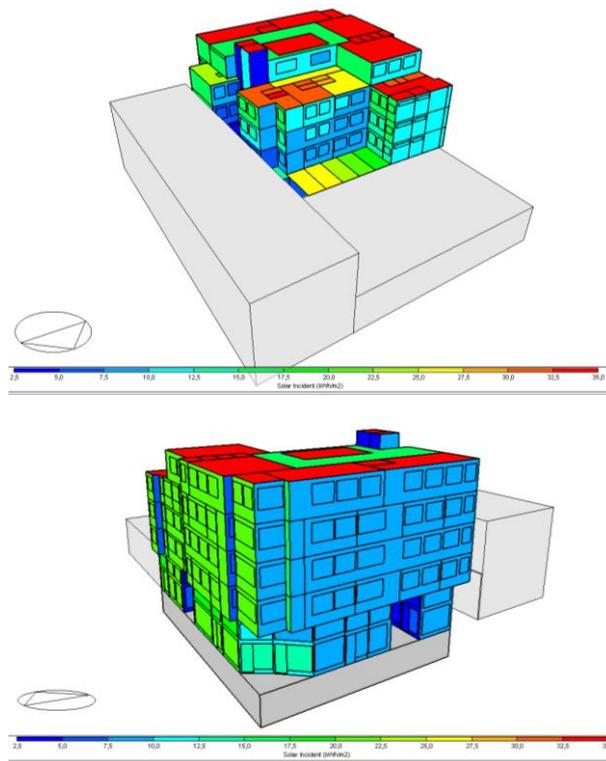
- Radiación solar

Según la figura 54, las fachadas con mayor incidencia solar son la oeste y la este, en donde se alcanzan los 20 Kwh/m², afectando el confort térmico de las oficinas y demás espacios que se desarrollan en ese costado. La superficie que mayor incidencia solar tiene es

la cubierta, en donde se sobrepasan los 32 Kwh/m², y por lo cual se deben buscar estrategias que permitan reducir esos valores.

Figura 54

Incidencia radiación solar exterior



Nota. Elaboración propia a partir del software Design Builder.

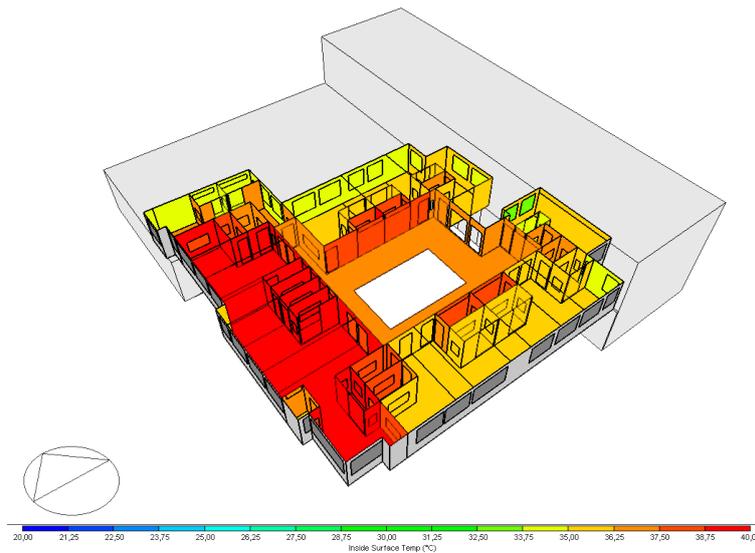
Al interior de la edificación se evidencia un comportamiento muy similar al de la figura 54, puesto que tal y como se puede observar en la figura 55, el costado occidental es el que mayores temperaturas internas tiene, superando los 38°C. Esto se da, debido que a pesar de ser la fachada con mayor radiación solar no cuenta con elementos que protejan tanto los muros como el acristalamiento que ahí se encuentra, y a lo cual se le suma que la ventilación natural del espacio es unidireccional, por lo cual no se distribuye uniformemente el viento a todos los espacios.

Posterior a la fachada oeste, se encuentran las zonas de las circulaciones internas junto al vacío central con temperaturas superiores a los 37°C esto debido a que el material de policarbonato con el que se cubre el vacío central no es el apropiado para impedir que la

radiación solar entre en los espacios internos ni para disminuir las temperaturas internas. Así mismo, los espacios del costado este, tienen temperaturas hasta los 37°C, y las fachadas sur y norte, siendo esta la de zona más fresca, cuentan con temperaturas máximas de 35°C.

Figura 55

Incidencia temperatura al interior



Nota. Elaboración propia a partir del software Design Builder.

A partir de lo anterior, se puede concluir principalmente que las temperaturas internas son superiores a la temperatura ambiente promedio la cual es de 27.7°C, y además, dichas temperaturas internas están muy por encima de los rangos recomendados por la OMS, quienes mencionan que para zonas de clima cálido se deben tener temperaturas internas entre los 18°C y los 32°C durante el día, y en la noche una temperatura máxima de 24°C. Los diferentes espacios internos de la línea se encuentran fuera de los rangos de confort recomendados, por las altas temperaturas que manejan y por lo cual usan de elementos mecánicos como los aires acondicionados para nivelar las temperaturas, lo que a su vez puede generar problemas de salud en los usuarios.

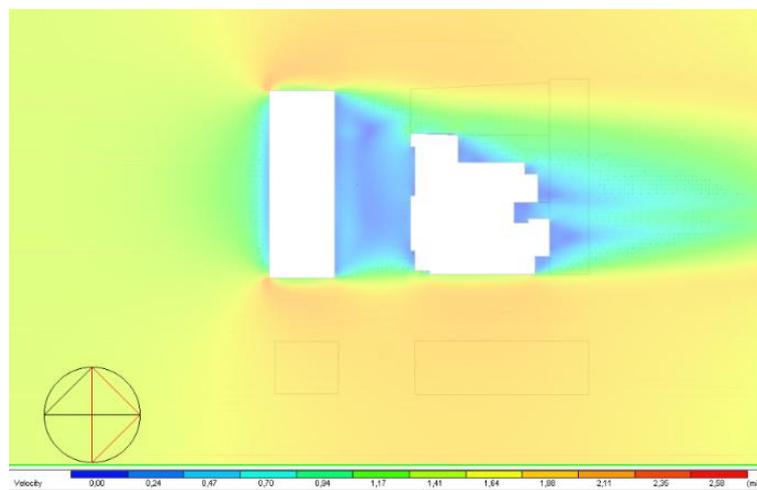
- Flujos de ventilación

De acuerdo a la figura 56, la mayor velocidad del viento se da sobre los costados sur y norte, alcanzando entre los 2.30 m/s y los 2.50 m/s, esto está relacionado a que son las

fachadas de la dirección predominante del viento, y que los predios vecinos son edificaciones de menores alturas. Caso contrario sucede con los costados oeste y este, en donde se encuentran edificaciones entre los 4 y 6 pisos, por lo que se convierten en barreras del flujo del viento, haciendo que las velocidades del mismo en estos costados este entre los 0.0 m/s y los 0.70 m/s.

Figura 56

Velocidad del viento en planta con edificios vecinos

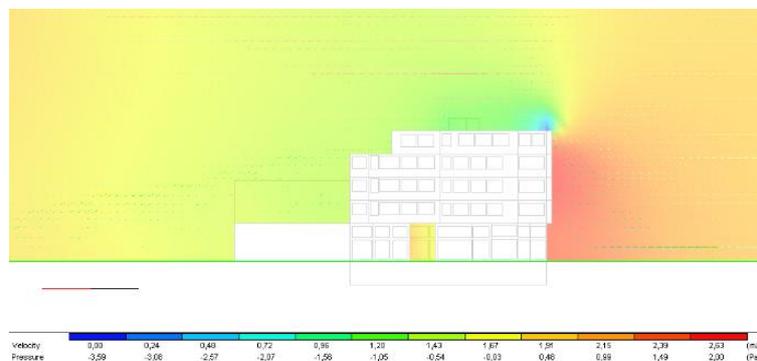


Nota. Elaboración propia a partir del software Design Builder.

Ahora bien, si se analiza la fachada oeste del proyecto, y de acuerdo a la figura 57, se ratifica que la mayor velocidad del viento y la presión del mismo se da sobre el costado sur, sin embargo, a mayor altura dicha velocidad disminuye.

Figura 57

Velocidad del viento sobre la fachada oeste



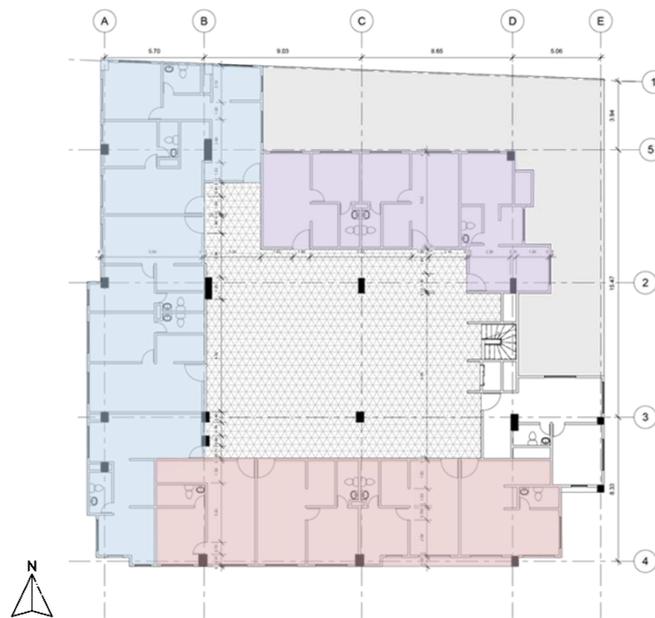
Nota. Elaboración propia a partir del software Design Builder.

- Simulaciones interiores

Para poder analizar el interior de la edificación se dividió el espacio en 3 zonas, una correspondiente al costado oeste, otro del costado norte y otro del costado sur.

Figura 58

División de zonas para las simulaciones



Nota. Elaboración propia a partir del software Design Builder.

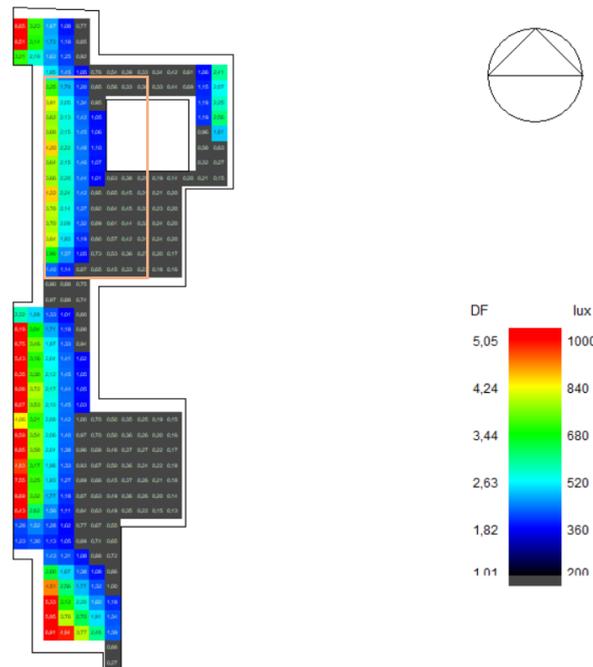
- Simulaciones Zona oeste

Se analiza esta zona debido a que es el costado con mayor incidencia solar y mayores temperaturas al interior.

- Iluminación natural

Figura 59

Rangos de iluminación natural



Nota. Elaboración propia a partir del software Design Builder.

En esta zona no se presenta una iluminación uniforme en todo el espacio, se encuentran espacios con deslumbramiento como donde están ubicadas las ventanas, puesto que la iluminación es superior a los 1000 luxes, y a medida que se va alejando de dichas ventanas esos niveles de iluminación van disminuyendo hasta tener áreas oscuras con menos de 250 luxes.

La zona que se encuentra inscrita en el rectángulo naranja, a pesar de estar junto a una ventana, presenta mejores niveles de iluminación, puesto que cuenta con niveles de iluminación inferiores a los 840 luxes, y se deduce que esto se da a razón de que esta zona tiene un retroceso en la fachada y la placa superior funciona como un alero, protegiendo de la entrada directa de la luz solar.

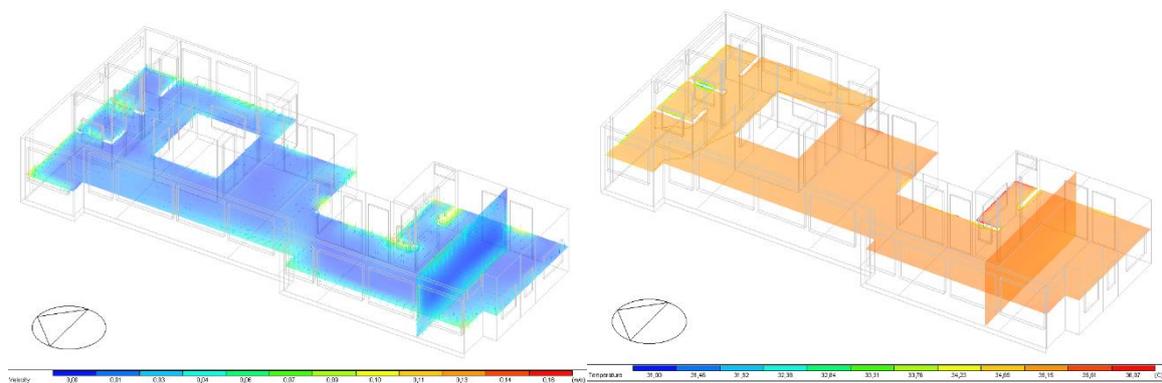
- Flujo ventilación

De la figura 60 se puede entender que la velocidad del viento es de 0.07 m/s al momento de entrar por las ventanas, pero dicha velocidad disminuye hasta el punto de ser de

0.0 m/s, es decir, que al interior del espacio no existe un flujo del viento. Lo anterior condiciona la temperatura del interior, la cual a pesar de ser uniforme en todo el espacio se encuentra superior a los 35°C. Estas características del viento están relacionadas con la ventilación unidireccional del espacio, que no permite la correcta circulación y renovación del aire.

Figura 60

Velocidad y temperatura del viento

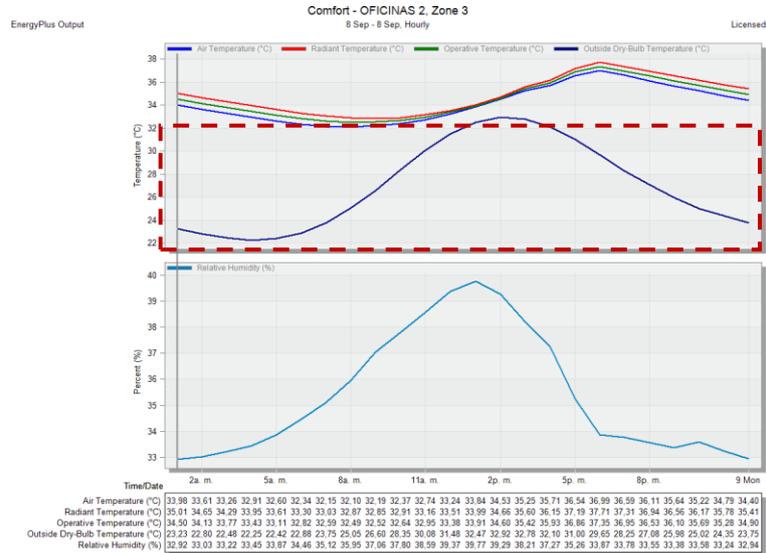


Nota. Elaboración propia a partir del software Design Builder.

- Confort térmico

Si se analiza la figura 61, la cual muestra las condiciones de confort en la que se encuentra la zona de estudio, se puede concluir que dicha zona no se encuentra dentro de los rangos de confort que recomienda la OMS, los cuales deben ir desde los 18°C hasta los 32°C durante el día y hasta los 24°C durante la noche. La zona oeste al ser de usos de oficina y tener un horario fijo desde las 8:00 a.m hasta las 6:00 p.m, se identifica que, en ningún momento de dicho horario, se logra tener confort en el espacio, puesto que la temperatura operativa durante la mañana se encuentra entre los 32°C hasta los 34°C y a partir de la 1:00 p.m aproximadamente dicha temperatura empieza a aumentar hasta alcanzar los 36°C.

Figura 61
Condiciones de confort

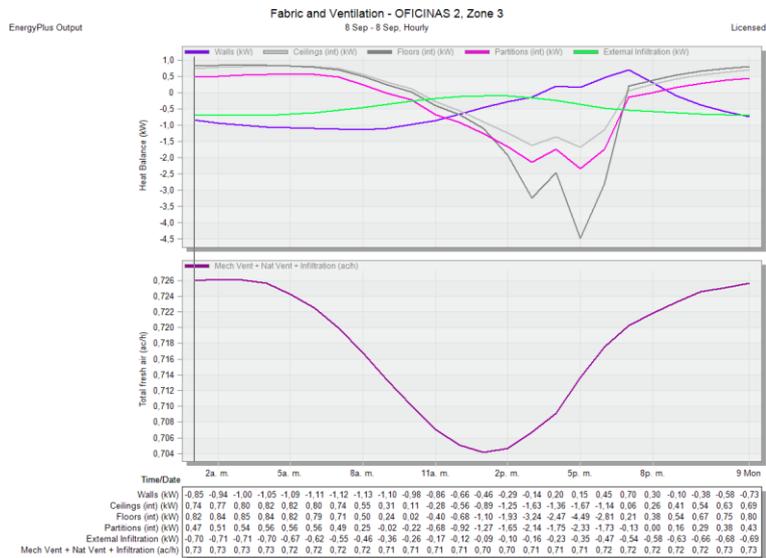


Nota. Elaboración propia a partir del software Design Builder.

- Ganancias térmicas por superficies

De la figura 62, se concluye que durante las horas de la mañana los elementos como los muros divisorios, los pisos y los cielorrasos son los que mayor ganancia térmica tienen y van a distribuir en el espacio en horas de la tarde. Por otro lado, los muros exteriores, al estar localizados sobre la fachada oeste, ganan calor en las horas de la tarde y la distribuye en el espacio en la mañana.

Figura 62
Ganancias térmicas por superficies



Nota. Elaboración propia a partir del software Design Builder.

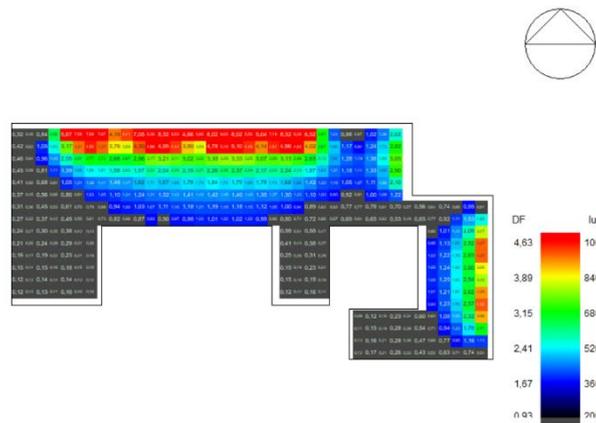
- Simulaciones Zona norte

Se analiza esta zona debido a que es el costado con menor incidencia solar, y una de las fachadas con dirección del viento predominante.

- Iluminación natural

Figura 63

Rangos de iluminación natural



Nota. Elaboración propia a partir del software Design Builder.

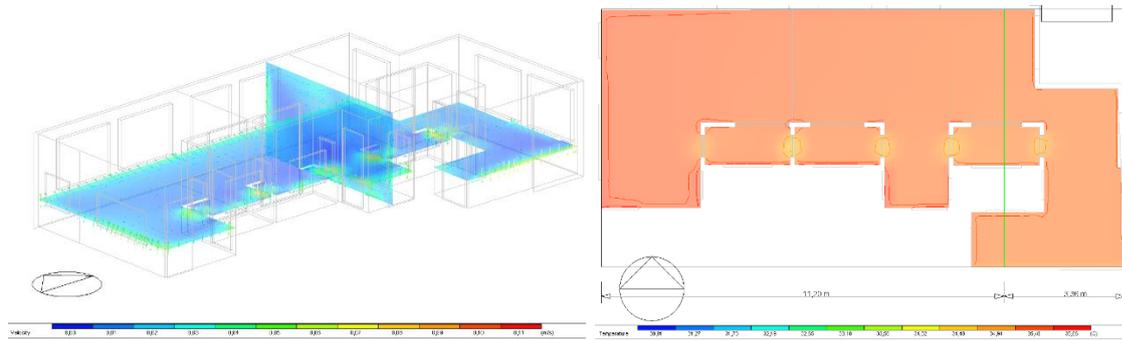
En esta zona tampoco se presenta una iluminación uniforme en todo el espacio, sino que se encuentran espacios con deslumbramiento, los que hacen referencia a la zona roja con niveles de iluminación superiores a los 1000 luxes, y espacios en color negro, más lejanos al acristalamiento de las fachadas, que tienen niveles menores de 250 luxes y por consiguiente son áreas oscuras.

- Flujo ventilación

En la figura 64 se relaciona la velocidad y la temperatura del viento de la zona norte, la cual tiene las mismas características de la oeste, en donde al interior del espacio no existe un correcto flujo de viento, puesto que tiene velocidades inferiores a los 0.07 m/s, y por consiguiente las temperaturas también son elevadas, con un valor constante de 33°C.

Figura 64

Velocidad y temperatura del viento



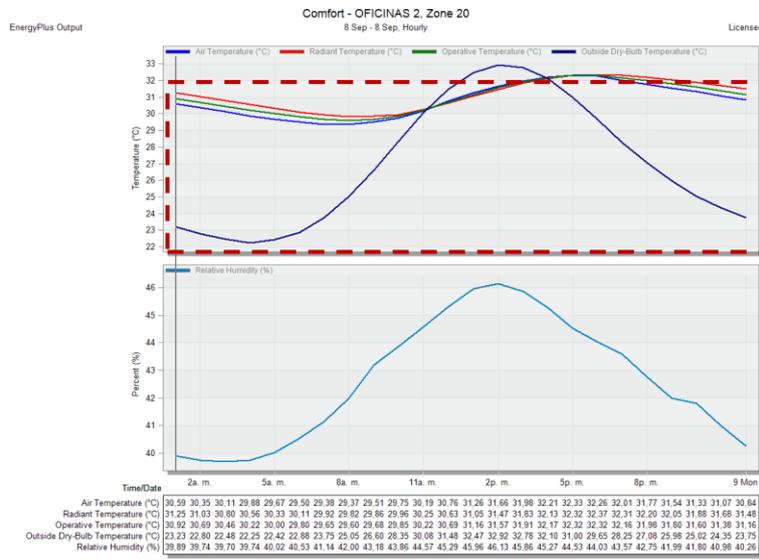
Nota. Elaboración propia a partir del software Design Builder.

- Confort térmico

Es de aclarar que esta zona es donde se encuentran los apartaestudios, por consiguiente, el análisis se debe realizar con un horario de ocupación continuo durante todo el día y la noche, aunque se dé el caso de disminución de dicha ocupación en el horario laboral de 8:00 a.m. hasta las 5:00 p.m, hora en la que volvería a estar el 100% de la ocupación.

A partir de lo anterior, y del rectángulo rojo dentro de la figura 65, se entiende que los apartaestudios se encuentran en confort desde las 6:00 a.m hasta las 3:00 p.m, hora en la que la temperatura aumenta menos de 1°C. En horas de la noche desde las 6:00 p.m hasta las 5:00 a.m la temperatura empieza a disminuir, pero de acuerdo a las recomendaciones de la OMS el espacio debe tener una temperatura maxim de 24°C, por lo cual los apataestudios durante la noche no se encuentren en confort térmico.

Figura 65
Condiciones de confort

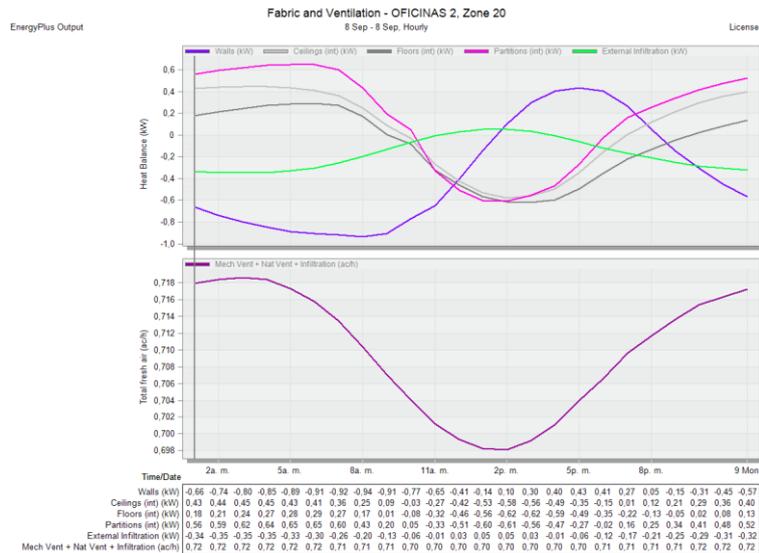


Nota. Elaboración propia a partir del software Design Builder.

- Ganancias térmicas por superficies

Como se muestra en la figura 66, en la zona norte sucede lo mismo que en la oeste, los muros internos, el piso y el cielorraso son los que adquieren todas las ganancias térmicas durante el día y en la tarde la distribuyen en el espacio.

Figura 66
Ganancias térmicas por superficies



Nota. Elaboración propia a partir del software Design Builder.

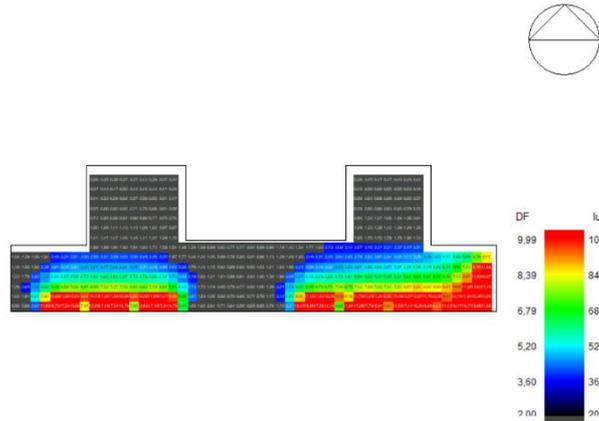
- Simulaciones Zona sur

Se analiza esta zona debido a que es el costado con la dirección de los vientos predominantes.

- Iluminación natural

Figura 67

Rangos de iluminación natural



Nota. Elaboración propia a partir del software Design Builder.

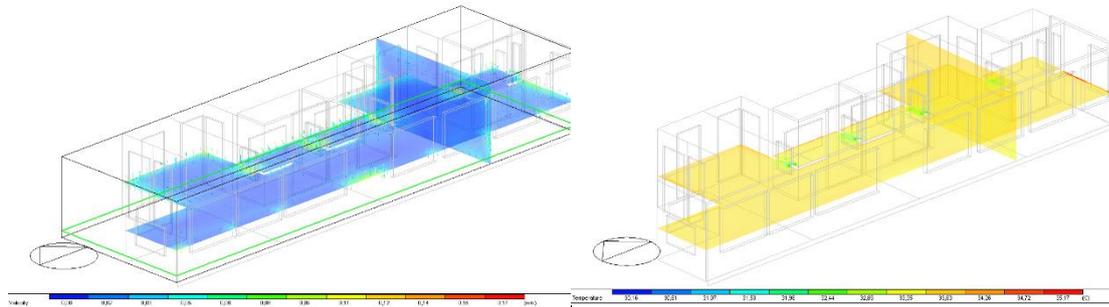
En la zona sur tampoco se presenta una iluminación uniforme, sino que existen zonas con alto deslumbramiento como lo son las áreas de rojo en la figura 67, que tienen una iluminación mayor a los 1000 luxes y zonas más alejadas o que no cuentan con acristalamiento en la fachada y por lo cual son oscuras al tener menos de 250 luxes de iluminación, y en la figura son las áreas de color negro.

- Flujo ventilación

En la zona sur, a partir de lo que se muestra en la figura 68, dentro del espacios no existe un flujo continuo del viento, sino que este presenta velocidades inferiores a los 0.07 m/s, siendo esta la velocidad que se presenta en el área continua a las ventanas. Por lo anterior, al igual que en las otras dos zonas, la temperatura a pesar de ser homogénea en todo el espacio, es un valor alto siendo este de 33°C, lo que quiere decir que la temperatura interna es mayor que la del ambiente exterior.

Figura 68

Velocidad y temperatura del viento



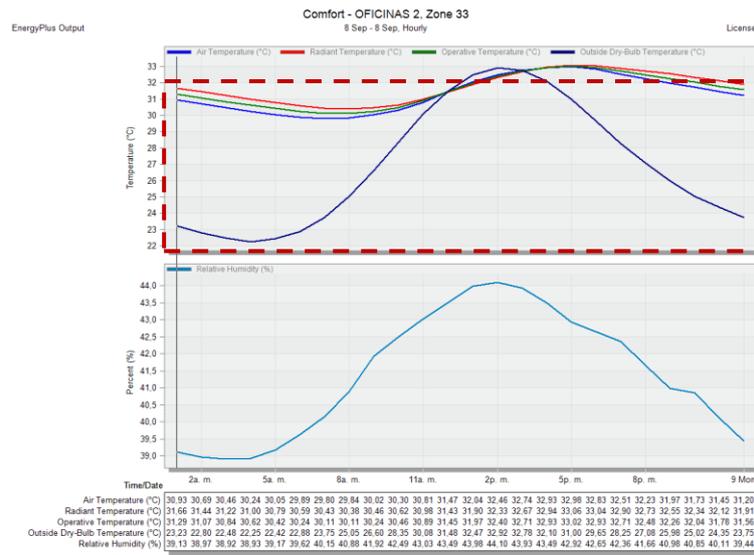
Nota. Elaboración propia a partir del software Design Builder.

- Confort térmico

La zona sur, es exclusivo de usos de oficina, por lo cual el análisis del confort se realiza al igual que en la zona oeste con el horario de 8:00 a.m hasta las 6:00 p.m. De acuerdo a la figura 69, en el horario de la mañana este espacio se encuentra en confort, puesto que tiene temperaturas inferiores a los 32°C. Sin embargo, aproximadamente a la 1:00 p.m la temperatura empieza a aumentar, haciendo que el espacio este fuera de los rangos de temperatura recomendados por la OMS en horas de la tarde.

Figura 69

Condiciones de confort



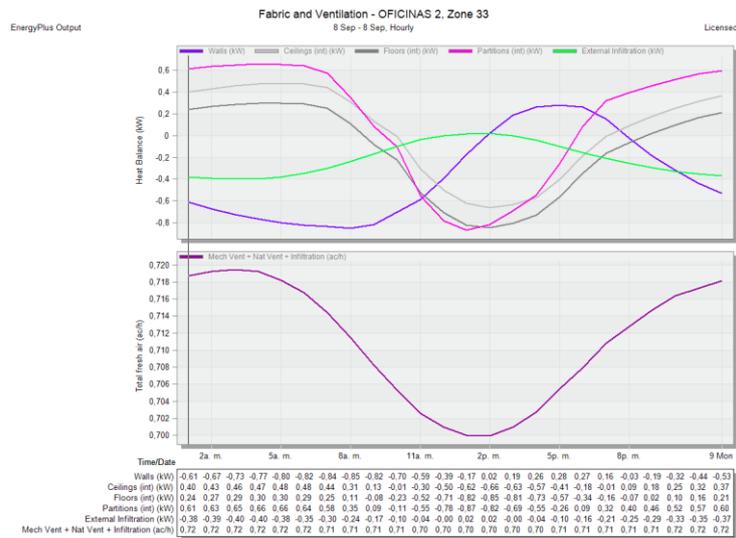
Nota. Elaboración propia a partir del software Design Builder.

- Ganancias térmicas por superficies

En la figura 70, se observa que los muros internos, los pisos y los cielorrasos son los que ganan calor durante la mañana y en horas de la tarde desprenden ese calor a todo el espacio.

Figura 70

Ganancias térmicas por superficies

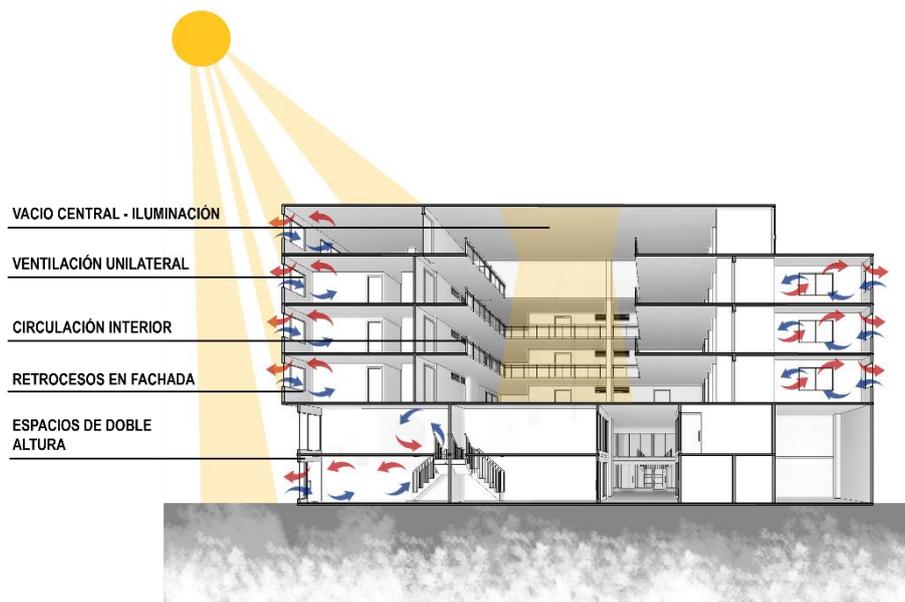


Nota. Elaboración propia a partir del software Design Builder.

- Conclusiones

Figura 71

Corte bioclimático línea base



Nota. Elaboración propia.



A partir de todo el análisis que se realiza a la línea base, se entiende que la edificación a pesar de tener ciertas estrategias de diseño importantes, no las aprovecha de la manera correcta, así como hay otras que deberían mejorarse. En la figura 71, aparecen las estrategias de diseño que maneja la edificación de la línea base, en donde el vacío central, la circulación interior y los retrocesos en fachada, son parámetros que deben ser aprovechados de una mejor manera, permitiendo que aporten al bienestar de los usuarios.

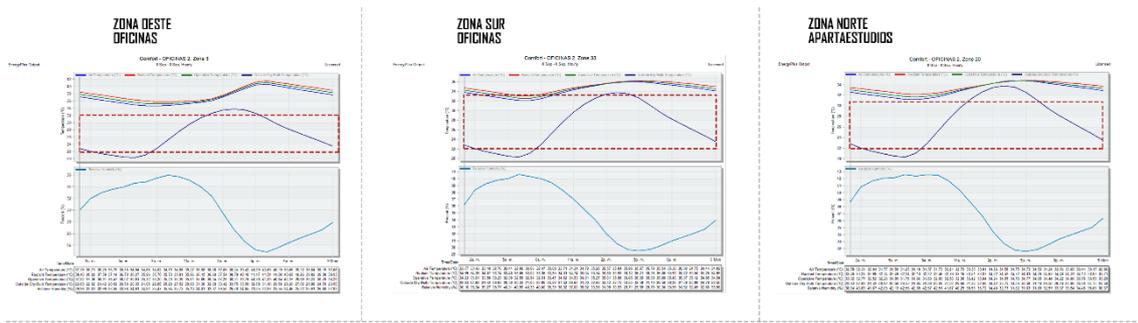
Otros temas que se deben revisar son la falta de aberturas en las ventanas de la zona comercial, desaprovechando la doble altura que se maneja en estos espacios y generando que el aire entre y salga únicamente con la apertura de la puerta, así como el desarrollo de una ventilación unilateral en los espacios de oficina y de apartaestudios, los cuales cuentan con ventana únicamente hacia la fachada exterior, la cual no alcanza a ventilar todo el espacio interior y no tienen un flujo de aire constante, y a su vez, el vacío central no presenta aberturas que permitan que el aire entre y salga de las circulaciones internas de la edificación.

Se concluye que la línea base no cuenta con unos parámetros de diseño que estén relacionados con el clima en el que se encuentra, y por tal razón las fachadas norte y este son similares, así como las fachadas oeste y sur. Esto genera que el comportamiento de todos los espacios sea similar, debido que a partir de las simulaciones se puede comprobar que en ninguna de las zonas se cuenta con una correcta iluminación natural, los vientos no fluyen al interior del espacio, y la temperatura operativa se encuentra en la mayoría de las horas de ocupación fuera de los rangos recomendados por la OMS, los cuales van desde los 18°C hasta los 32°C y así mismo están en un disconfort térmico al tener temperaturas operativas internas de 33°C y 37°C, por encima del rango establecido por el ASHRAE 55 en donde para una aceptabilidad del 90% propone temperaturas entre los 23.1 y los 28.1°C, y por ende no se proporciona bienestar a los usuarios.

Ahora bien, si se analiza el comportamiento del edificio de la línea base para el año 2100, en donde se dan los efectos del cambio climático, y de acuerdo a la figura 72 se evidencia las altas temperaturas operativas que se tendrán para las diferentes zonas del edificio, puesto que en ningún momento del día y de la noche se encuentran los espacios internos dentro de los rangos de confort recomendados por la OMS, es decir, que no se proporciona confort térmico a los usuarios, quienes tendrán que habitar espacios que mantienen temperaturas entre los 32°C hasta los 34,77°C en el costado norte, desde 32,50°C hasta 35,98°C en el costado sur y entre 35,20°C hasta los 40,78°C en el costado oeste, siendo esta la zona más crítica por ser el lado con mayor radiación solar. Esas altas temperaturas van a afectar principalmente el confort y el bienestar de las personas.

Figura 72

Simulaciones confort línea base para el año 2100



Nota. Elaboración propia a partir del software Design Builder.

9.2. Fase 2

Como se mencionó en la parte de la metodología, esta fase corresponde al método analítico en donde se van a definir las estrategias pasivas y activas que se pueden implementar en el proyecto de la línea mejorada. Dichas estrategias se van a dividir en dos categorías: las relacionadas con generación de confort térmico, lograr una eficiencia energética y una eficiencia en el uso del agua, y las que están relacionadas en el bienestar y la salud de los ocupantes, buscando resolver la problemática encontrada en las edificaciones de la ciudad de Neiva, las cuales no responden a una normativa clara en cuanto a diseño



sostenible ni en parámetros para lograr adaptar las edificaciones al aumento, tanto de la temperatura como de las precipitaciones, que la ciudad va a sufrir por el cambio climático.

Las estrategias que se van a proponer buscaran cumplir 3 objetivos de desarrollo sostenible: Salud y bienestar, Energía asequible y no contaminante y trabajo decente y crecimiento económico, dichos objetivos fueron mencionados anteriormente en el capítulo 6.3.1 del marco teórico.

En esta fase se revisa la Resolución 0549 de 2015, y las certificaciones Casa Colombia y Edge, para la selección de las estrategias de confort, eficiencia energética y de agua. Y en relación a las de bienestar se revisan las certificaciones de Well Building Standard y Living Building Challenge.

Y de cada una de las anteriores, se toma las estrategias más significativas y se realiza una breve descripción de lo que se busca con estas estrategias, y como se podría implementar en el proyecto de la línea mejorada.

Para esta fase del trabajo de grado, se desarrolla una matriz para las estrategias pasivas, activas y de bienestar, en donde se evidencia cada una de las estrategias a implementar, tal y como se evidencia en las tablas a continuación:

Tabla 2

Matriz de estrategias pasivas



MARCO DE REFERENCIA																															
ITEM	ESTRATEGIAS A IMPLEMENTAR	DESCRIPCIÓN	MODO DE IMPLEMENTACIÓN	INDICADORES																											
1	Orientación	Orientación de la fachada más larga del proyecto.	El proyecto debe localizar las fachadas más largas sobre el costado norte y sur, las cuales son las que menos incidencia solar directa tienen.	<p>Fachada a más larga</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>DESCRIPCIÓN</th> <th>RANGO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Norte - Sur</td> <td>0° - 180°</td> </tr> <tr> <td>Norte - Sur (rotación ligera)</td> <td>20°</td> </tr> <tr> <td>Oriente - Occidente (rotación media)</td> <td>20° - 75°</td> </tr> <tr> <td>Oriente - Occidente (rotación alta)</td> <td>75°</td> </tr> <tr> <td>Oriente - Occidente</td> <td>90° - 90°</td> </tr> </tbody> </table>	DESCRIPCIÓN	RANGO	Norte - Sur	0° - 180°	Norte - Sur (rotación ligera)	20°	Oriente - Occidente (rotación media)	20° - 75°	Oriente - Occidente (rotación alta)	75°	Oriente - Occidente	90° - 90°															
DESCRIPCIÓN	RANGO																														
Norte - Sur	0° - 180°																														
Norte - Sur (rotación ligera)	20°																														
Oriente - Occidente (rotación media)	20° - 75°																														
Oriente - Occidente (rotación alta)	75°																														
Oriente - Occidente	90° - 90°																														
2	Relación ventana pared	La proporción entre estos elementos no debe exceder el 40%	Ubicar las ventanas en las fachadas norte y sur evitando así la luz del sol directa sobre ellas.	<p>Porcentaje de acristalamiento del proyecto</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>DESCRIPCIÓN</th> <th>RANGO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Acristalamiento bajo</td> <td>< 30%</td> </tr> <tr> <td>Acristalamiento equilibrado</td> <td>30% - 40%</td> </tr> <tr> <td>Acristalamiento medio-alto</td> <td>41% - 50%</td> </tr> <tr> <td>Acristalamiento alto</td> <td>>50%</td> </tr> </tbody> </table>	DESCRIPCIÓN	RANGO	Acristalamiento bajo	< 30%	Acristalamiento equilibrado	30% - 40%	Acristalamiento medio-alto	41% - 50%	Acristalamiento alto	>50%																	
DESCRIPCIÓN	RANGO																														
Acristalamiento bajo	< 30%																														
Acristalamiento equilibrado	30% - 40%																														
Acristalamiento medio-alto	41% - 50%																														
Acristalamiento alto	>50%																														
3	Elementos de protección solar	Evitar la entrada de la radiación solar al interior de los espacios, evitando que se exceda la temperatura interna y así se pierda el confort.	Se implementan elementos como los aleros, rebocosos en fachada, implementación de elementos como el brise soleil tanto horizontal como vertical.	<p>Fachada donde hay protección</p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>Ninguna</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Fachada Norte</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Fachada Sur</td> <td>N/A</td> </tr> <tr> <td>Fachada Oriente</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Fachada Occidente</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Tipo de protección</p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>Horizontal</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Vertical</td> <td>N/A</td> </tr> <tr> <td>Combinado</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Ninguna		Fachada Norte		Fachada Sur	N/A	Fachada Oriente		Fachada Occidente		Horizontal		Vertical	N/A	Combinado												
Ninguna																															
Fachada Norte																															
Fachada Sur	N/A																														
Fachada Oriente																															
Fachada Occidente																															
Horizontal																															
Vertical	N/A																														
Combinado																															
4	Ventilación natural y calidad del aire	Reducir la exposición de los usuarios a contaminantes del aire al interior de la vivienda y promover el uso de sistemas de ventilación y/o extracción que permitan eliminar la humedad y la exposición de los ocupantes a dichos contaminantes, permitiendo a su vez, mejorar el confort al interior y la renovación del aire de los mismos.	Implementar ventilación cruzada y ventilación inducida a través del efecto chimenea, promoviendo la recirculación constante del aire, y evitando así la acumulación de contaminantes.	<p>Porcentaje de ventilación natural</p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>Bajo</td> <td><30%</td> </tr> <tr> <td>Medio</td> <td>30% - 60%</td> </tr> <tr> <td>Medio - Alto</td> <td>61% - 80%</td> </tr> <tr> <td>Alto</td> <td>> 80%</td> </tr> </tbody> </table>	Bajo	<30%	Medio	30% - 60%	Medio - Alto	61% - 80%	Alto	> 80%																			
Bajo	<30%																														
Medio	30% - 60%																														
Medio - Alto	61% - 80%																														
Alto	> 80%																														
5	Iluminación natural	Lograr reducir el uso de energía artificial para iluminar los espacios interiores.	Implementar claraboyas para la iluminación natural en circulaciones																												
6	Materiales de bajo impacto ambiental	Lo que se busca es reducir la huella de carbono de los materiales implementados para el proyecto.		<p>Radio (km) de procedencia de los materiales</p>																											
7	Reducción del efecto isla de calor	Se busca minimizar los impactos en temperatura sobre los microclimas y la vida silvestre generados por la urbanización	Colocar vegetación para generar sombra sobre las zonas duras del proyecto, sombras que se generen por estructuras arquitectónicas, implementar materiales con un Índice de Reflectancia Solar de al menos 29.	<p>Índice de reflectancia de los materiales</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Valor de reflectancia solar (SRI)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>< 54</td> </tr> <tr> <td>< 34</td> </tr> <tr> <td>< 29</td> </tr> </tbody> </table> <p>Número de vegetación al exterior</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>FORMA DE VIDA</th> <th colspan="4">NÚMERO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ARBOL</td> <td>> 0</td> <td>> 3</td> <td>> 5</td> <td>> 10</td> </tr> <tr> <td>ARBUSTO</td> <td>> 0</td> <td>> 4</td> <td>> 6</td> <td>> 12</td> </tr> <tr> <td>HELLECHO</td> <td>> 0</td> <td>> 2</td> <td>> 4</td> <td>> 6</td> </tr> </tbody> </table> <p>Porcentaje de disminución de radiación solar</p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>ENTRE 30% Y 49%</td> </tr> <tr> <td>ENTRE 50% Y 69%</td> </tr> <tr> <td>Y MAYOR A 70%</td> </tr> </tbody> </table>	Valor de reflectancia solar (SRI)	< 54	< 34	< 29	FORMA DE VIDA	NÚMERO				ARBOL	> 0	> 3	> 5	> 10	ARBUSTO	> 0	> 4	> 6	> 12	HELLECHO	> 0	> 2	> 4	> 6	ENTRE 30% Y 49%	ENTRE 50% Y 69%	Y MAYOR A 70%
Valor de reflectancia solar (SRI)																															
< 54																															
< 34																															
< 29																															
FORMA DE VIDA	NÚMERO																														
ARBOL	> 0	> 3	> 5	> 10																											
ARBUSTO	> 0	> 4	> 6	> 12																											
HELLECHO	> 0	> 2	> 4	> 6																											
ENTRE 30% Y 49%																															
ENTRE 50% Y 69%																															
Y MAYOR A 70%																															
	Acceso a espacio abierto	Proporcionar espacios al aire libre en los que se fomente la interacción social	Implementar espacios en donde se relacione el exterior y el interior, generando interacción social y con el exterior, ayudando al bienestar de las personas, como los balcones.																												

Nota. Elaboración propia.

Tabla 3

Matriz de estrategias activas

MARCO DE REFERENCIA										
ITEM	ESTRATEGIAS A IMPLEMENTAR	DESCRIPCIÓN	MODO DE IMPLEMENTACIÓN	INDICADORES						
8	Energía eficiente	Lo que se busca es disminuir el consumo de energía en el edificio	Implementar bombillos LED que tienen menor consumo, sensores de presencia en las zonas comunes, Implementar equipos de alta eficiencia energética y paneles solares.	Tipo de iluminación a implementar						
				<table border="1"> <tr> <td>Fluorescente compacta</td> <td>40 Lm/W - 60 Lm/W</td> </tr> <tr> <td>LED</td> <td>60 Lm/W- 100 Lm/W</td> </tr> </table>	Fluorescente compacta	40 Lm/W - 60 Lm/W	LED	60 Lm/W- 100 Lm/W		
				Fluorescente compacta	40 Lm/W - 60 Lm/W					
LED	60 Lm/W- 100 Lm/W									
Tipo de panel solar										
9	Agua eficiente	Lo que se busca es disminuir el consumo de agua potable sin afectar el funcionamiento del mismo, y que resulten en un 10% de ahorro.	Implementar grifos de cierre automático e instalar sanitarios de doble descarga.	Tipo de sanitario						
				<table border="1"> <tr> <td>Sanitario una descarga</td> <td>6L < Descarga</td> </tr> <tr> <td>Sanitario de doble descarga</td> <td>4,2L < Descarga < 6L</td> </tr> <tr> <td>Super Ahorrador</td> <td>Descarga < 4,2L</td> </tr> </table>	Sanitario una descarga	6L < Descarga	Sanitario de doble descarga	4,2L < Descarga < 6L	Super Ahorrador	Descarga < 4,2L
				Sanitario una descarga	6L < Descarga					
Sanitario de doble descarga	4,2L < Descarga < 6L									
Super Ahorrador	Descarga < 4,2L									
Tipo de grifería										
10	Captación de agua lluvia	Lo que se busca es disminuir el consumo de agua potable en zonas comunes, exteriores y en actividades como el riego del jardín, y en la descarga de sanitarios, a partir del uso de agua lluvia en esas actividades.		Aparatos que se van a conectar al sistema de recolección de agua lluvia						
				<table border="1"> <tr> <td>Sanitarios Y Orinal</td> <td>< 35%</td> </tr> <tr> <td>Sanitarios, Orinal, Lavatraperos</td> <td>35% - 50%</td> </tr> <tr> <td>Todos Los Aparatos Sanitarios</td> <td>> 50%</td> </tr> </table>	Sanitarios Y Orinal	< 35%	Sanitarios, Orinal, Lavatraperos	35% - 50%	Todos Los Aparatos Sanitarios	> 50%
				Sanitarios Y Orinal	< 35%					
Sanitarios, Orinal, Lavatraperos	35% - 50%									
Todos Los Aparatos Sanitarios	> 50%									

Nota. Elaboración propia.

Tabla 4

Matriz de estrategias bienestar

MARCO DE REFERENCIA							
ITEM	ESTRATEGIAS A IMPLEMENTAR	DESCRIPCIÓN	MODO DE IMPLEMENTACIÓN	INDICADORES			
1	Accesibilidad	Se busca generar espacio que se adapte a las diferentes necesidades tanto para el trabajo individual, grupal y horas de descanso o distracción.	Se busca generar espacio que se adapte a las diferentes necesidades tanto para el trabajo individual, grupal y horas de descanso o distracción.	Elementos que se ajustan de acuerdo a las necesidades del usuario			
2	Adaptabilidad	Se busca diseñar espacios que sean flexibles y en donde se puedan desarrollar diversas funciones, sin afectar el espacio como tal.	Se busca diseñar espacios que sean flexibles y en donde se puedan desarrollar diversas funciones, sin afectar el espacio como tal.	Normas de diseño accesible que se tienen en cuenta			
3	Biofilia	Lo que se busca es implementar elementos de biofilia como la vegetación y materiales que invoquen la naturaleza permite generar calma y felicidad en las personas.	Lo que se busca es implementar elementos de biofilia como la vegetación y materiales que invoquen la naturaleza permite generar calma y felicidad en las personas.	Elementos que permiten transformar el espacio			
				<table border="1"> <tr> <td>Zonas verdes generadas</td> </tr> <tr> <td>Aumento de la zona verde</td> </tr> <tr> <td>entre el 5% - 20%</td> </tr> <tr> <td>entre el 20% - 40%</td> </tr> <tr> <td>entre el 40% - 60%</td> </tr> <tr> <td>entre el 60% - 80%</td> </tr> <tr> <td>entre el 80% - 100%</td> </tr> </table>	Zonas verdes generadas	Aumento de la zona verde	entre el 5% - 20%
Zonas verdes generadas							
Aumento de la zona verde							
entre el 5% - 20%							
entre el 20% - 40%							
entre el 40% - 60%							
entre el 60% - 80%							
entre el 80% - 100%							
4	Confort visual	Se busca aprovechar el contexto inmediato del proyecto para generar las visuales hacia el mismo, y también tener un espacio iluminado uniformemente	Se busca aprovechar el contexto inmediato del proyecto para generar las visuales hacia el mismo, y también tener un espacio iluminado uniformemente	Numero de espacios iluminados uniformemente			

Nota. Elaboración propia.

Por lo anterior, en el presente trabajo se busca proponer estrategias que permitan mejorar la calidad del aire y el confort térmico dentro de los diferentes espacios del caso de estudio, esto con el fin de proponer espacios que permitan tener mejores condiciones de salud física, en donde se disminuya la transmisibilidad de virus como el COVID 19, y de salud emocional.



Es por ello que la presente investigación tiene como objetivo implementar estrategias que permitan mejorar la calidad del aire y las condiciones de confort dentro de la edificación de estudio.

Algunos de los elementos implementados para esta estrategia son las persianas o aleros tanto horizontales como verticales, las celosías, los voladizos o retrocesos en fachada, y los balcones generando así una protección ante la luz del sol. Dichos aleros y persianas, de acuerdo con la información suministrada para climas cálidos, se sugiere manejar dichos elementos, no solo de manera que cubran la fachada de mayor incidencia solar, sino los espacios al aire libre adyacente, por lo que en este tipo de climas es necesario la conformación de pórticos o balcones que permitan crear dichos espacios al aire libre confortables.

9.3. Fase 3

Esta fase del trabajo de grado consiste en aplicar las estrategias de la fase anterior para poder desarrollar un diseño mejorado de la línea base analizada.

9.3.1. *Requerimientos de Diseño*

Al tener 3 usos definidos dentro del edificio, no solo se deben dividir claramente por niveles, es decir, el comercio ubicarse en la primera planta, las oficinas en los pisos superiores y las viviendas en los últimos niveles, sino que se deben generar una diferenciación en las fachadas de las mismas.

Lo anterior se debe a que cada actividad se realiza con un fin, por ejemplo, la fachada comercial es mucho más permeable que la de las oficinas y la de las viviendas, por lo cual se generan los siguientes requerimientos básicos para el diseño de la línea mejorada:

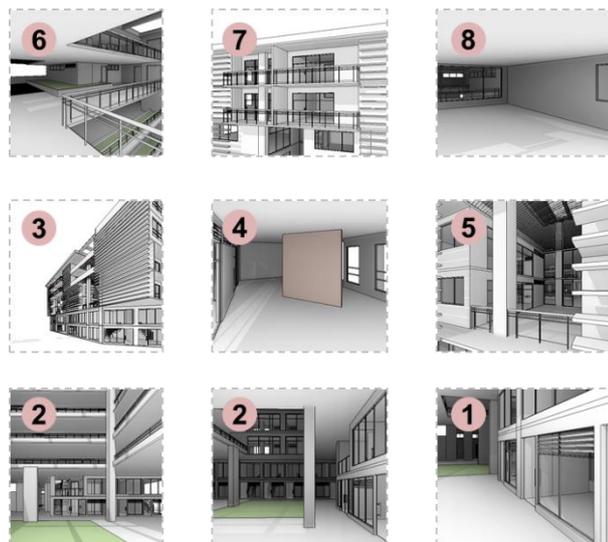


1. Para la zona comercial, lo más importante es la permeabilidad de las fachadas, por lo que el 90% del muro será acristalamiento, el cual permitirá una mayor visibilidad de la mercancía a la población flotante del sector.
2. Para la zona comercial, también será necesario implementar zonas verdes y zonas duras abiertas que permitan esa interacción entre los diferentes comercios, y a su vez, sirvan como vacíos internos que permitan iluminar y ventilar naturalmente los diferentes locales comerciales.
3. Para la zona de las oficinas, se debe proteger las áreas de trabajo del deslumbramiento y de la incidencia directa de la radiación solar, por lo cual se deben implementar elementos como cortasoles móviles, que se ajusten de acuerdo a la posición del sol permitiendo la entrada de manera indirecta de la luz solar.
4. Para la zona de las oficinas, también se deben implementar espacios flexibles y adaptables, por lo cual se deben diseñar espacios de planta libre, en donde sea el mobiliario el que define y configura el espacio interno, y también existan muros móviles que permitan configurar los espacios en unos más amplios o pequeños, esto para lograr satisfacer las necesidades de los usuarios. Esto lo que va a lograr es tener multiplicidad de actividades en un mismo espacio, es decir, un área de trabajo se puede convertir en una sala de juntas, una zona de coworking, entre otras.
5. Para la zona de las oficinas, las fachadas internas de las mismas deben ser más permeable, es decir, se debe contar con unas ventanas que permitan iluminar de manera uniforme el espacio y, así mismo, permitir la correcta renovación del aire.
6. Para la zona de las viviendas, sucede lo contrario al punto anterior, en donde las fachadas internas, que dan hacia las circulaciones comunes, deben mantener la privacidad de la vivienda, sin perder la oportunidad de generar una ventilación cruzada que permitirá renovar adecuadamente el aire del interior.

7. Para la zona de las viviendas, también se deben diseñar espacios que permitan esa relación entre el adentro y el afuera, como lo es los balcones, que no solo permitirán diferenciar las fachadas de oficinas con las de la vivienda, sino que son espacios que van a permitir una integración social dentro de la misma vivienda.
8. Para la zona de la vivienda, y con el fin de disminuir un poco la monotonía de las actividades que actualmente existen en la línea base, se plantea que se diseñen espacios de servicios como gimnasios o zonas de estar comunitarias que le permitan a los usuarios salir de la rutina y generen la integración social.

Figura 73

Zonas requerimiento de diseño

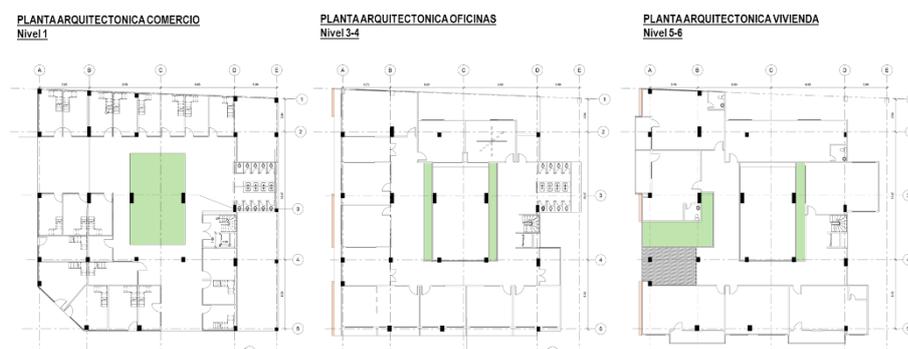


Nota. Elaboración propia.

8.3.2. Planimetría general

Figura 74

Plantas arquitectónicas



Nota. Elaboración propia.

Figura 75

Alzados arquitectónicos



Nota. Elaboración propia.

8.3.3. Estrategias Aplicadas a La Línea Mejorada

En el diseño de la línea mejorada, se desarrollan estrategias que permitan mejorar el confort térmico al interior de los espacios y el bienestar de los usuarios que los habitan. A su vez, se busca que la edificación se adapte a los efectos del cambio climático para la ciudad, como lo son el aumento de las precipitaciones y el de la temperatura. Es decir, se pretende que a pesar de que surjan dichos aumentos, la edificación continúe funcionando adecuadamente, sin deteriorar las condiciones de la infraestructura y alterar los estilos de vida de los ocupantes.

- **Estrategias pasivas**
 - **Relación ventana – pared**

Lo primero que se tiene en cuenta al desarrollar esta estrategia es localizar las ventanas de mayor dimensión sobre las fachadas sur y norte, puesto que son las que menos radiación solar directa tienen, es decir que estas fachadas van a contar con un acristalamiento medio – alto, en donde la ventana representa entre el 50% y el 60% del muro. Caso contrario sucede en la fachada oeste y este, en donde el acristalamiento que se plantea está equilibrado en relación con el muro, representando el 30% al 49% de este.

Así mismo, la localización del punto de apertura y el porcentaje del mismo influye en el comportamiento del flujo de ventilación que se da al interior del espacio, por lo cual en las fachadas exteriores se propone manejar aperturas en la parte inferior con porcentajes de 30%

y 50% de apertura y en el costado izquierdo con los mismos niveles de apertura, y así a partir de las simulaciones en Design Builder, poder entender cuáles son las que mejor funcionan para el espacio.

Figura 76

Representación relación ventana – pared



Nota. Elaboración propia. En esta figura se evidencia de manera representativa la diferencia existente entre los porcentajes de relación entre las ventanas y el muro del costado oeste y el del costado sur, siendo las de esta última de mayor área.

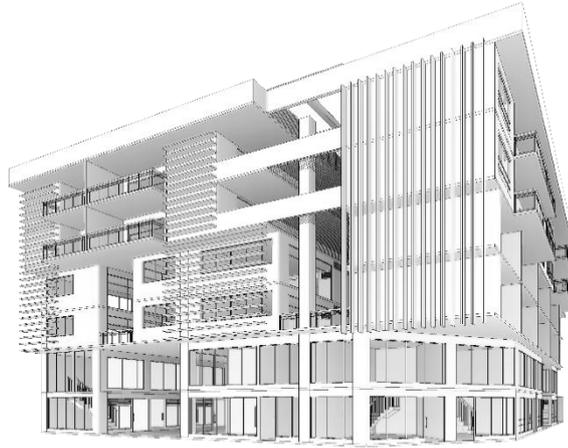
- **Elementos de protección solar**

Lo que se busca con esta estrategia es proteger el acristalamiento y las superficies en general de la radiación solar directa, de esa forma se puede reducir la ganancia térmica en los espacios interiores. Por lo que, en la fachada occidental de la línea mejorada, se proponen elementos como los cortasoles, los cuales serán móviles de manera que permitan ajustarse de acuerdo al ángulo que se encuentre el sol y a las necesidades internas del espacio. Dichos cortasoles pueden ser horizontales o verticales, y a partir de las simulaciones realizadas en Design Builder, definir las que mejor beneficio traen al proyecto.

Así mismo, se implementan los balcones en los pisos destinados al uso de vivienda, los cuales funcionan como aleros generando sombra y protegiendo de la radiación solar directa a las superficies que se encuentran bajo ellos.

Figura 77

Representación elementos de protección solar



Nota. Elaboración propia. En esta figura se evidencia de manera representativa los tipos de cortasoles que se analizan para el proyecto, y demás elementos implementados como los aleros y los balcones generados en los pisos de las viviendas.

- **Ventilación natural**

Esta estrategia permite reducir la temperatura térmica de los espacios interiores, mejorando el confort y la correcta renovación del aire que se da en dichos espacios.

Para lograr lo anterior, principalmente, se localizan las aberturas de mayor tamaño sobre las fachadas norte y sur, esto debido a que sobre estos costados es donde predomina la dirección del viento. Sin embargo, en todas las fachadas se colocan ventanas que permitan ya sea de manera directa o indirecta la entrada del viento al interior de los espacios.

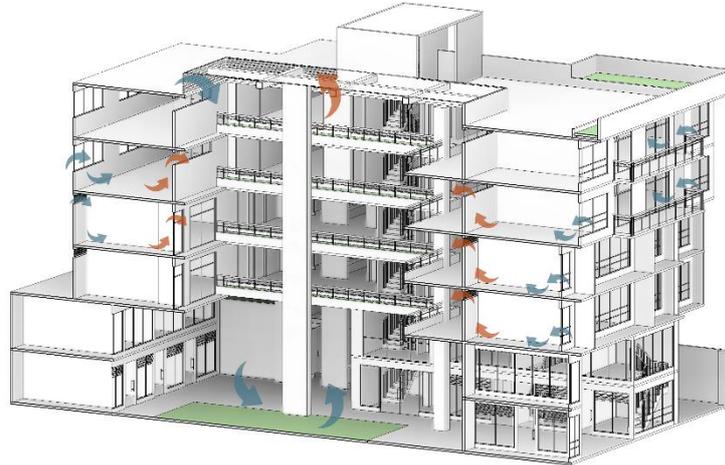
Así mismo, se propone implementar tanto en los locales comerciales, en las oficinas como en las viviendas ventilación cruzada, la cual consiste en colocar aberturas en dos lados opuestos del espacio, permitiendo que por un costado entre el aire fresco y por el otro salga el aire caliente.

Para los espacios interiores comunes, como las circulaciones, se aprovecha el vacío central generado en todos los niveles, y se propone generar una ventilación vertical a partir de la localización de rejillas en la parte de la cubierta superior del mismo, haciendo que este

funcione como una torre de efecto chimenea permitiendo la entrada y salida del aire, generada por la diferencia de presión del mismo aire.

Figura 78

Representación ventilación natural



Nota. Elaboración propia. En esta figura se evidencia de manera representativa los espacios generados facilitando la ventilación natural al interior de los mismos.

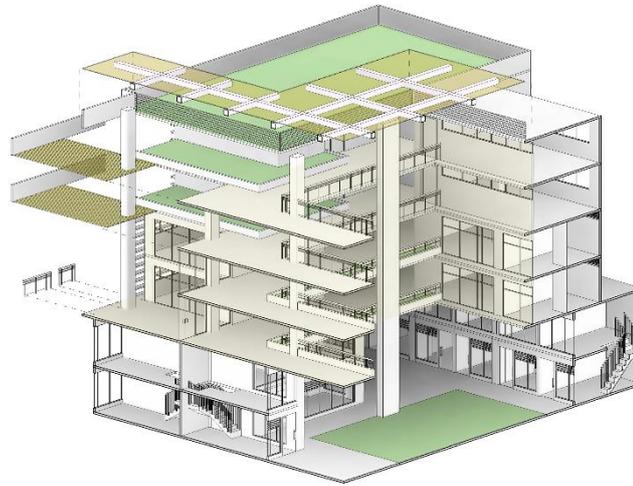
- **Iluminación natural**

Esta estrategia reduce el uso de energía artificial para iluminar los espacios interiores, a partir del vacío central, el cual está cubierto por una lámina de vidrio que permite la entrada de la luz logrando iluminar el área de la circulación de los diferentes pisos.

Así mismo, se generan terrazas internas en los pisos de las oficinas y de las viviendas que están cubiertas por diferentes materiales translucidos como lo es una malla expandida metálica, que por los orificios permite el paso de la luz a los otros pisos, funcionando como tragaluces.

Figura 79

Representación iluminación natural



Nota. Elaboración propia. En esta figura se evidencia de manera representativa los espacios generados facilitando la iluminación natural al interior de los mismos.

- **Materiales**

Para lograr disminuir el efecto de la isla de calor que se da en el centro tradicional, puesto que es una zona que actualmente cuenta con un espacio de separación entre edificaciones angosto, por lo cual es de suma importancia implementar materiales que permitan la reflectancia en la superficie, y a su vez disminuya la ganancia solar de dichos materiales y disminuir las temperaturas al interior de los espacios.

- Muros exteriores e interiores: Para estos se proponen muros sencillos de boques de ladrillo de arcilla cocida que presenta unos porcentajes de reflectividad solar entre los 17 – 56%, por lo que es necesario implementar acabados como el yeso blanco que tiene un 90% y la pintura acrílica blanca con un 70%.
- Placas de entepiso: Se propone una losa aligerada de concreto, para así lograr disminuir el volumen de concreto necesario para cada una, y así también implementar cielorraso descolgados.
- Cubierta: en relación a la propuesta de las cubiertas, se proponen 3 diferentes cubiertas, siendo una de ellas la cubierta termo acústica tipo sándwich que permite



tener una buena resistencia estructural, pero de bajo peso, debido a que implementa una capa en medio en fibra de vidrio que funciona como aislamiento térmico, esto debido a que este material tiene una conductividad térmica que se encuentra entre los 0,030-0,061 W/mK. Así mismo, el acabado que está cubierta maneja, es un revestimiento en pintura blanca, el cual tiene un porcentaje de reflectividad solar del 85%, impidiendo así que se gane calor al interior de los espacios.

La otra cubierta que se va a implementar es una cubierta verde, la cual no solo va a ayudar con todo el tema de la recolección del agua lluvia, sino que a su vez por las diferentes capas que la conforman ayudan a reducir la incidencia de las ganancias térmicas al interior del espacio. Y, por último, está la cubierta en lámina de vidrio para cubrir los vacíos generados al interior.

- Acristalamiento: Para las ventanearías se proponen vidrios de 6mm, 4mm, 6mm, es decir que tiene dos láminas de vidrio con un espesor de 6mm y en medio de estos existe una cámara de aire de 4mm, en donde a su vez se coloca un revestimiento de baja emisividad sobre la superficie interior del vidrio que da hacia el exterior del espacio, permitiendo que la luz solar se refleje antes de entrar a la cámara de aire.
- **Estrategias activas**
 - Eficiencia energética: El objetivo es implementar paneles solares policristalinos, con una capacidad mayor a los 300W sobre la cubierta, para reducir el consumo de energía eléctrica en la edificación. Dichos elementos se colocan sobre la cubierta, puesto que de acuerdo a los resultados obtenidos mediante las simulaciones de radiación realizadas a la línea base, es la superficie con mayor incidencia solar, por lo cual es útil el aprovechamiento de la luz del sol para obtener energía que pueda ser utilizada por la edificación.



Así mismo, en las oficinas y viviendas utilizar bombillos LED de 60 lm/W, que generan menor consumo energético, y en las diferentes zonas comunes, tanto del comercio, como las circulaciones y terrazas de los diferentes niveles del edificio utilizar sensores de movimiento, para que estos se activen únicamente cuando haya presencia de personas.

- Recolección de agua lluvia: Esta estrategia se tiene en cuenta principalmente porque debido al cambio climático la ciudad va a tener un aumento del 20% de las precipitaciones, razón por la cual es necesario que la infraestructura de la edificación esté preparada para dicho aumento y así evitar problemas posteriores.

Por esta razón, se proponen cubiertas verdes que permiten disminuir la velocidad en la que el agua lluvia baja por la tubería, y a su vez, cuenta con un sistema de filtro que permite direccionar el agua hacia un tanque donde se almacenara toda el agua recolectada para posteriormente ser implementada en actividades como el riego de los jardines internos y de la vegetación en las terrazas, también en la descarga de los sanitarios de las baterías de baño comunes que existen en los niveles de comercio y de oficinas.

- Eficiencia de agua: Para poder disminuir el consumo de agua potable sin afectar las actividades básicas de los usuarios de la edificación, se proponen estrategias puntuales que van a permitir el ahorro del agua. Además de la implementación del agua lluvia en los sanitarios y en el riego de los jardines, se plantea utilizar sanitarios ahorradores en las viviendas, grifos de cierre automático en los lavamanos de todas las baterías de baño del edificio y grifos ahorradores de agua también en las cocinas de las viviendas.



- **Estrategias de bienestar**

- Espacios adaptables: Lo que se busca con esta estrategia es diseñar espacios que sean flexibles, por lo que se proponen espacios de planta libre, para que así, en este mismo espacio se puedan desarrollar diversas actividades y que sea el mobiliario el cual condicione la separación visual de las actividades, o si las necesidades de los usuarios lo requieren, se proponen muros móviles que permitan disminuir o aumentar las dimensiones de los espacios, de acuerdo a la ocupación que se requiere del mismo. Así mismo, lo que se busca con estos espacios de planta libre es que se puedan desarrollar usos como zona de juego, de coworking, de dispersión que permitan esa relación entre los diferentes trabajadores del edificio y ese equilibrio que debe existir entre el trabajo y el descanso.
- Biofilia: Implementar la vegetación como parte importante del proyecto, puesto que la naturaleza permite generar calma, tranquilidad y felicidad en las personas, y esto junto a la implementación de la luz natural sobre estas zonas verdes y de vegetación provocan emociones en los ocupantes, logrando mejorar el estado de ánimo de los mismos.
- Confort visual: Se busca que la mayoría de las oficinas y viviendas tengan relación tanto con el contexto inmediato encontrándose el parque Santander justo al frente del proyecto, y a su vez exista una relación visual con las zonas verdes y vegetales propuestas al interior del proyecto.

9.4. Fase 4

9.4.1. Análisis Línea Mejorada en Design Builder

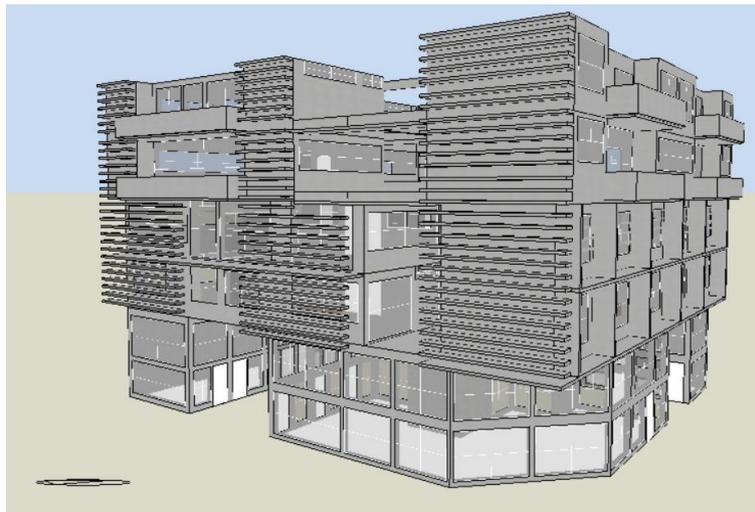
Con el fin de simular la línea mejorada con variables climáticas reales, se implementó el software Design Builder, en el cual se modeló la línea mejorada y se simuló al igual que en

el capítulo anterior con la línea mejorada, las condiciones de confort térmico, ganancias térmicas por superficie, incidencia de la radiación solar, flujos de ventilación y niveles de iluminación natural, todo lo anterior se realizó teniendo en cuenta el día más caluroso.

- Render de la línea mejorada en Design Builder

Figura 80

Modelo de la línea mejorada

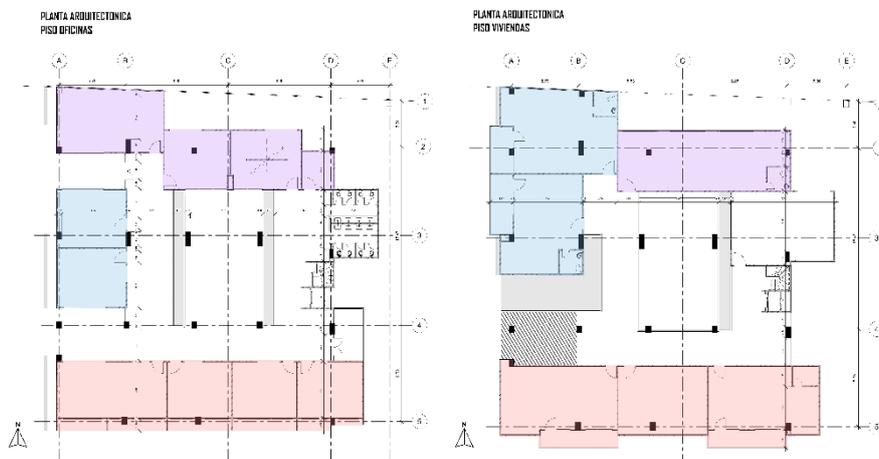


Nota. Elaboración propia a partir del software Design Builder.

Al igual que la línea base, la propuesta se dividió en 3 zonas que corresponden al costado oeste, norte y sur, para 2 pisos distintos, puesto que los requerimientos de diseño para las oficinas son diferentes al de las viviendas.

Figura 81

División de zonas para las simulaciones

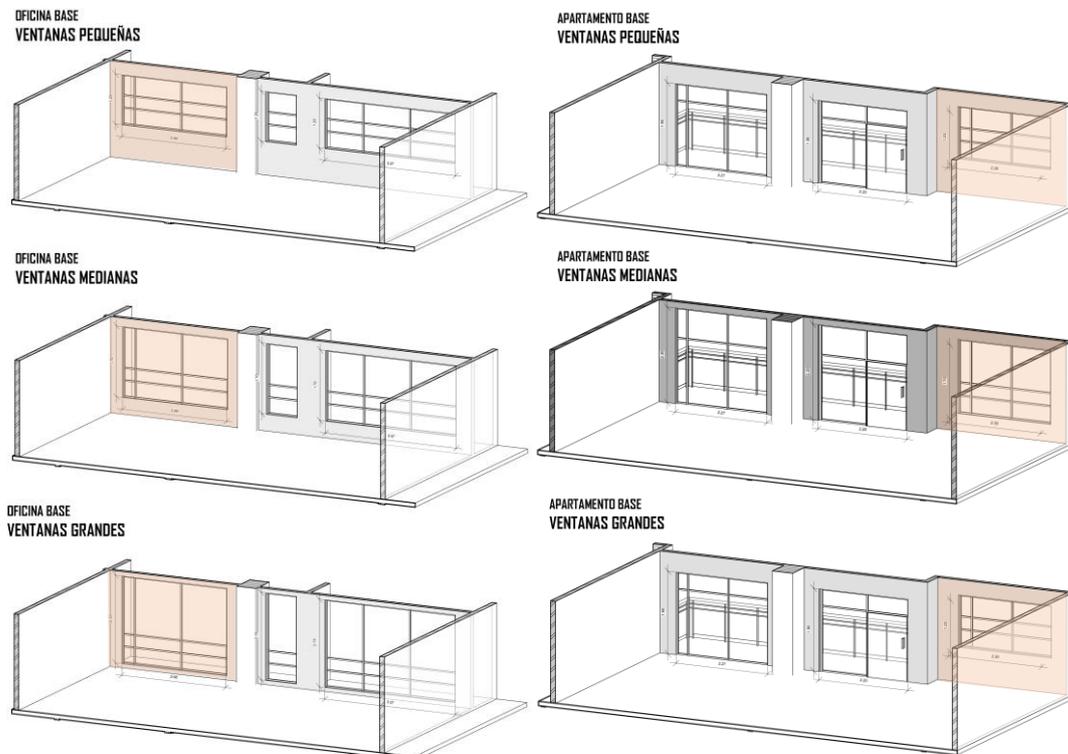


Nota. Elaboración propia a partir del software Revit.

Para realizar las simulaciones se tuvieron en cuenta 3 alternativas para la definición de las ventanas de las diferentes fachadas, en donde se manejaron una relación de ventana y muro del 35%, otra del 50% y otra del 65% tanto en los espacios de la oficina y de los apartaestudios. Cabe aclarar que, en el caso de los apartaestudios, en donde se manejan balcones, se implementan ventanales, los cuales tienen una relación con el muro de 70% y 90%, tal y como se puede evidenciar en la figura a continuación:

Figura 82

Tipos de ventanas

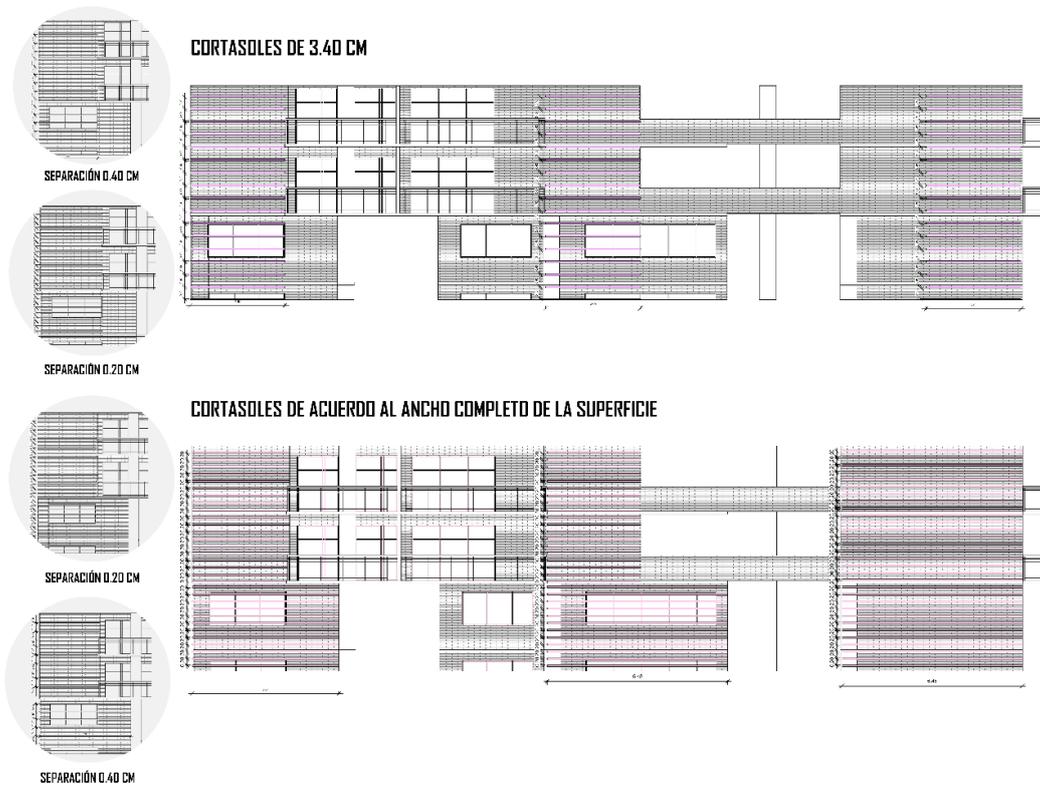


Nota. Elaboración propia a partir del software Revit.

Así mismo, se implementaron dos dimensiones diferentes en los elementos de protección implementados en la fachada oeste. Estos elementos se diferenciaban en el largo del elemento, así como en la separación entre cada uno de ellos, tal y como se muestra en la figura 83.

Figura 83

Tipos de Cortasoles

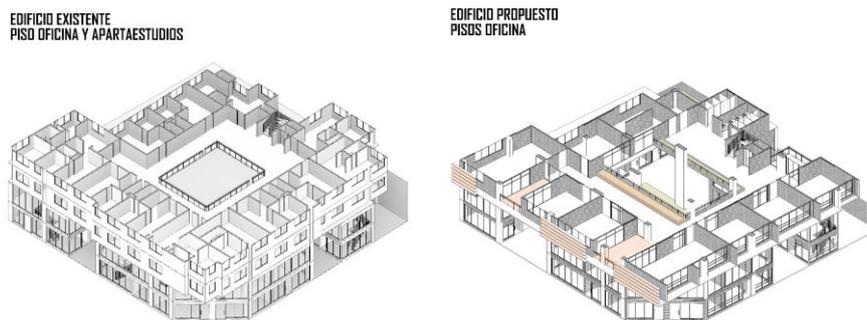


Nota. Elaboración propia a partir del software Revit.

- Simulaciones zona oeste – oficinas

Figura 84

Cambios propuestos para la fachada oeste de las oficinas



Nota. Elaboración propia a partir del software Revit.

Sobre el costado oeste los principales cambios en el diseño que se llevaron a cabo fue generar unos vacíos internos sobre la fachada, permitiendo así no solo tener mayor iluminación al interior de la edificación, sino que se disminuye las superficies sobre la fachada de mayor incidencia solar, siendo en este caso la oeste.

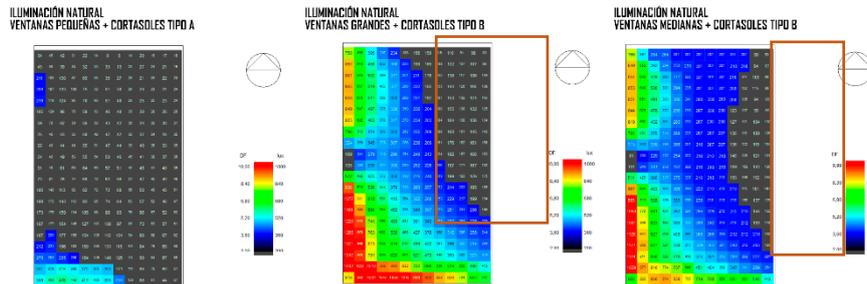
Así mismo, se implementa cortasoles móviles, los cuales son elementos de protección tanto para los muros como para el acristalamiento que se ubican en esta fachada, con el fin de tener un mayor control respecto a la incidencia de la radiación solar al interior del espacio.

- Iluminación natural

Como se evidencia en la figura 85, se simulan 3 diferentes alternativas de fachada en donde se evidencia un comportamiento distinto en cada una de ellas, puesto que la dimensión del acristalamiento y de los elementos de protección solar varían. De acuerdo a la figura anterior, el espacio se logra iluminar de una mejor manera con las ventanas medianas, puesto que se disminuye el área con una iluminación menor a los 200 luxes, la cual está encerrada en el rectángulo naranja.

Figura 85

Simulaciones de iluminación natural

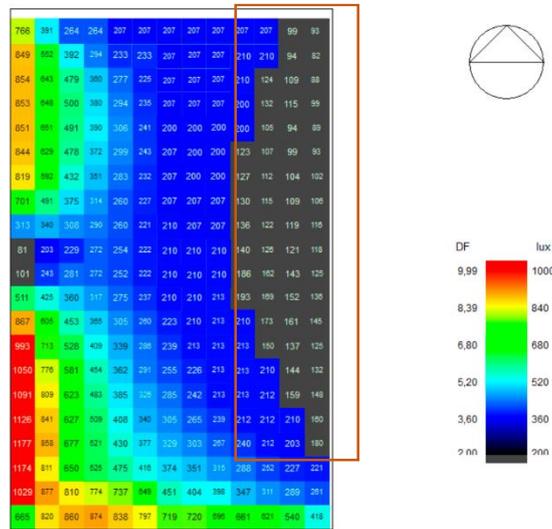


Nota. Elaboración propia a partir del software Design Builder.

La figura 86, hace referencia al comportamiento de la iluminación natural del espacio cuando se tienen ventanas medianas y cortasoles tipo B, en donde se evidencia que no existe una iluminación uniforme del espacio puesto que al igual que en la línea base existen zonas que tienen una iluminación mayor a los 1000 luxes y otras con menos de 200 luxes. Sin embargo, se lograr cubrir mayor área del espacio en comparación con la línea base.

Figura 86

Rangos de iluminación natural adecuada

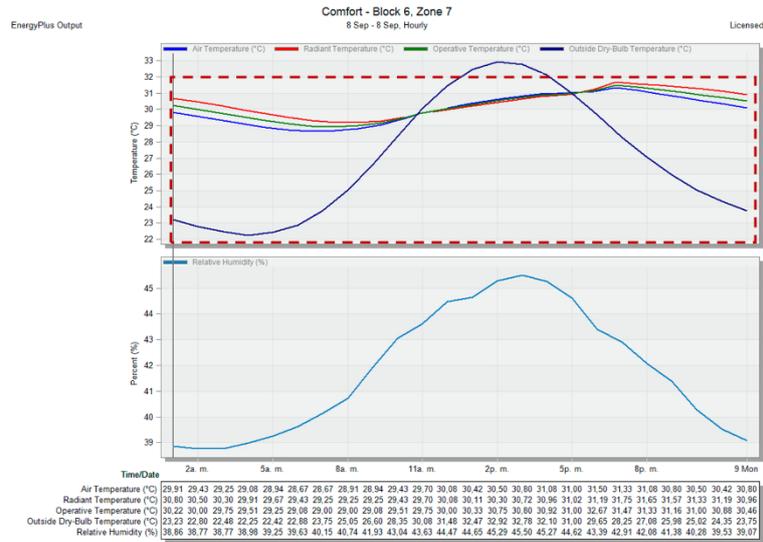


Nota. Elaboración propia a partir del software Design Builder.

- Confort térmico

Si se analiza la figura 87, la cual muestra las condiciones de confort en la que se encuentra la zona oeste, se puede concluir que dicha zona está en confort al encontrarse dentro de los rangos de confort que recomienda la OMS, los cuales van desde los 18°C como temperatura mínima y los 32°C como máxima. Esto debido a que, al ser una oficina, y manejar un horario de ocupación fijo desde las 8:00 a.m hasta las 6:00 p.m, en donde presenta temperaturas desde los 29°C y la cual va aumentando durante el transcurso del día hasta llegar a los 31°C al finalizar la tarde.

Figura 87
Condiciones de confort

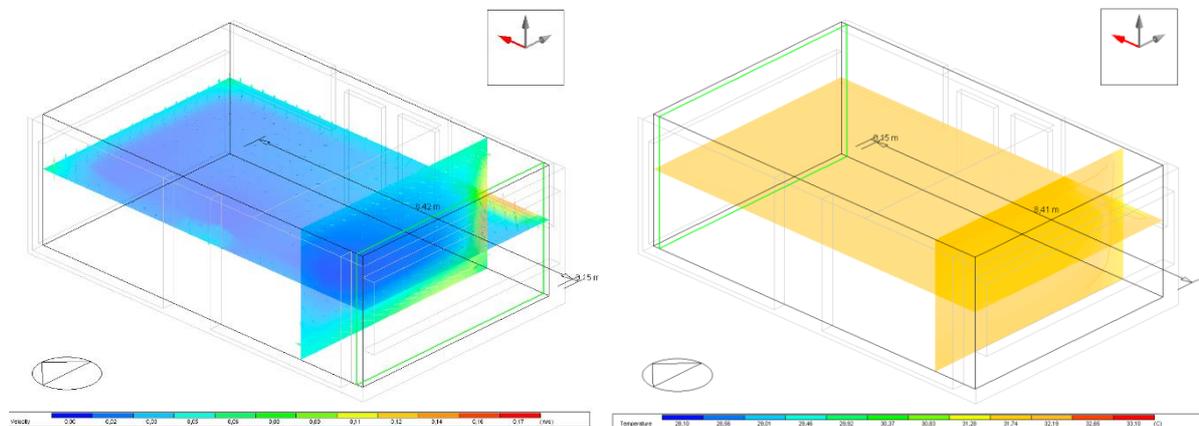


Nota. Elaboración propia a partir del software Design Builder.

- Flujo ventilación

A partir de lo que se muestra en la figura 88, existen zonas dentro del espacios que presentan velocidades de viento entre los 0.08 m/s y los 0.014 m/s. En la zona central del espacio se evidencia una velocidad entre 0.02 m/s y los 0.00 m/s. Sin embargo, al revisar la velocidad de viento en relación a la altura del espacio, existe una circulación del aire puesto que la velocidad del viento promedio es de 0.05 m/s. Así mismo, dentro del espacio se tiene una temperatura promedio de 31°C.

Figura 88
Velocidad y temperatura del viento



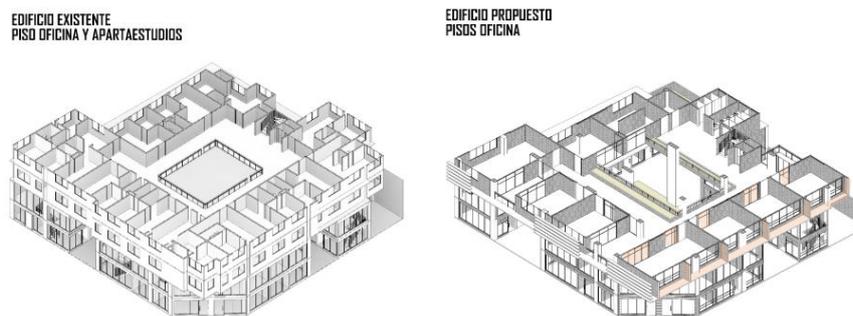
Nota. Elaboración propia a partir del software Design Builder.

Lo anterior indica que, con las estrategias pasivas implementadas en la zona, como lo son la implementación de ventanas que estén en un 50% en relación al muro y el mejoramiento del área de apertura de las mismas, así como la generación de vacíos dentro de la edificación, los cuales permiten que se coloquen ventanas en 3 de las fachadas del espacio, permitiendo que el aire entre de manera indirecta al interior, se logra mejorar las condiciones del espacio, puesto que la temperatura al interior del espacio disminuye en 2 grados en comparación con los resultados obtenidos en la misma zona de la línea base, es decir, se pasa de 33°C a 31°C.

- Simulaciones zona sur – oficinas

Figura 89

Cambios propuestos para la fachada sur de las oficinas



Nota. Elaboración propia a partir del software Revit.

Sobre el costado sur los principales cambios en el diseño que se llevaron a cabo fue implementar ventanas tanto en la fachada exterior como interior, así como generar mayor porcentaje de apertura sobre las mismas, permitiendo una mejor circulación del aire en el espacio.

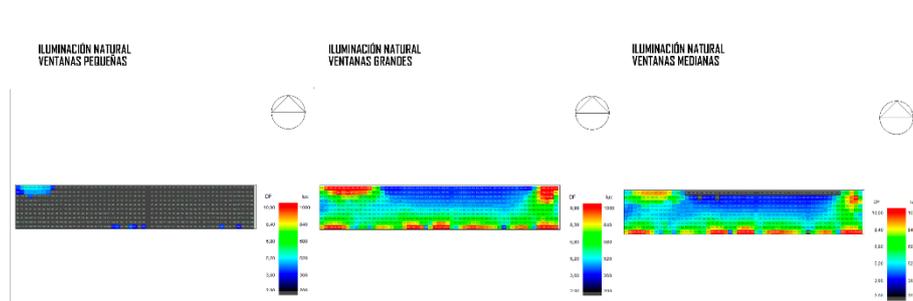
Las ventanas de la fachada exterior, se encuentran encerradas por elementos que funcionan como aleros tanto verticales como horizontales que disminuyen la incidencia de la radiación solar indirecta.

- Iluminación natural

Como se evidencia en la figura 90, la alternativa de la izquierda por la dimensión en la que se encuentra las ventanas no presenta ningún tipo de iluminación en el interior del espacio, sin embargo, la alternativa del medio y de la derecha si se da una iluminación interior y estas presentan grandes similitudes, por lo que se busca al disminuir la dimensión de las ventanas es reducir el deslumbramiento que se da continua a estas.

Figura 90

Simulaciones de iluminación natural

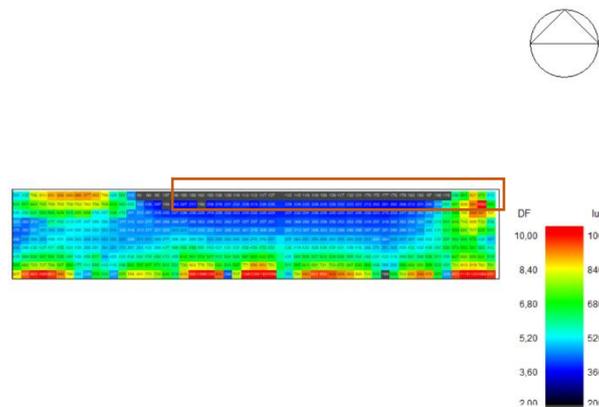


Nota. Elaboración propia a partir del software Design Builder.

La que mejor comportamiento tiene es la alternativa 3, la cual representa en la figura 91 el espacio con las ventanas medianas, en donde no se da una iluminación uniforme, pero se logra iluminar la totalidad del espacio en un rango de 900 luxes hasta los 200 luxes, mejorando significativamente la iluminación de los espacios respecto al de las líneas base.

Figura 91

Rangos de iluminación natural adecuada



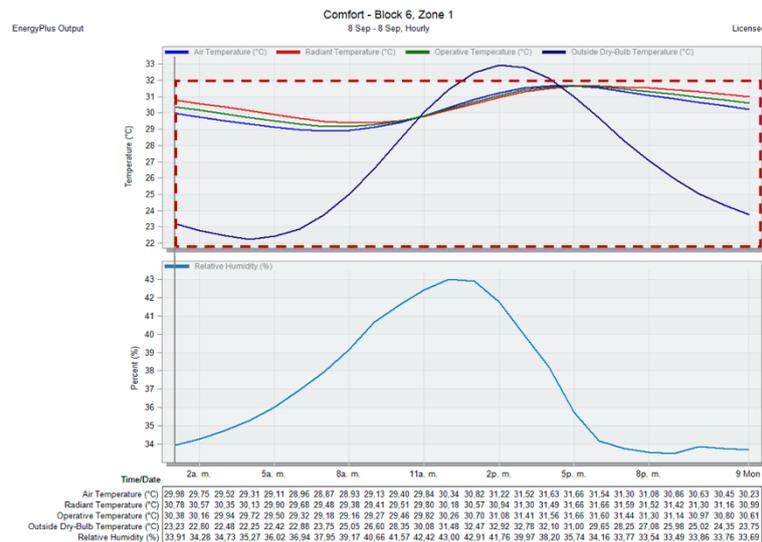
Nota. Elaboración propia a partir del software Design Builder.

- Confort térmico

A partir de la figura 92, se puede entender que el espacio tiene una temperatura desde las 7 a.m hasta las 12 p.m inferior a los 30°C, sin embargo, en el horario de la tarde, dicha temperatura sube paulatinamente hasta alcanzar los 31°C, los cuales se mantienen hasta terminar la jornada laboral. Por lo anterior, los espacios de la zona sur, en el horario de ocupación están dentro de los rangos de confort recomendados por la OMS, al estar inferior a los 32°C.

Figura 92

Condiciones de confort



Nota. Elaboración propia a partir del software Design Builder.

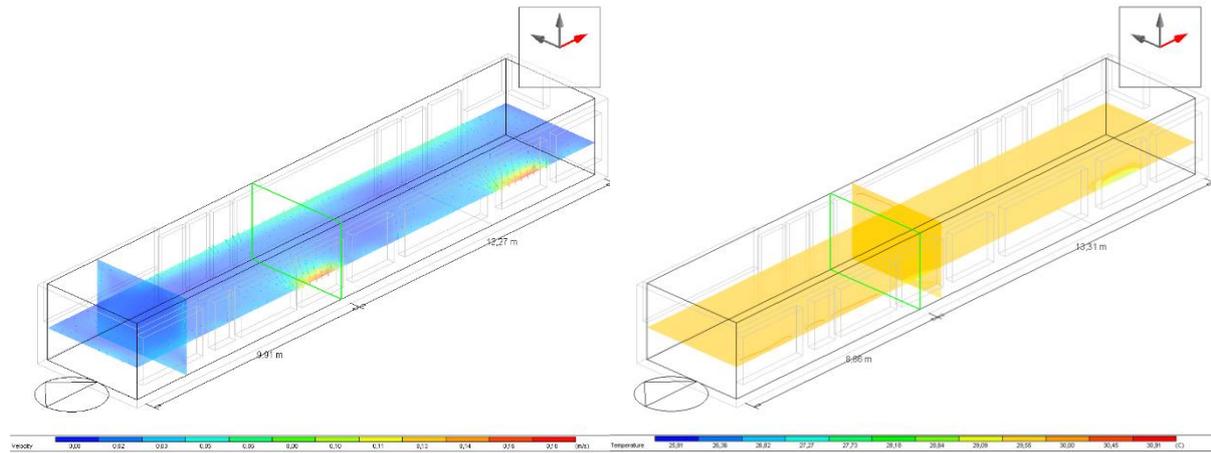
- Flujo ventilación

En la zona sur, a partir de lo que se muestra en la figura 93, dentro del espacios no existe un flujo continuo del viento, sino que este presenta velocidades entre los 0.00 m/s y los 0.13 m/s, sin embargo, las velocidades promedio que se manejan en el espacio son las de 0.00 m/s y 0.05 m/s. Esto genera que, a pesar de tener una temperatura homogénea en todo el espacio, al igual que en la zona oeste, tiene un valor alto siendo este de 29°C, lo que quiere decir que se logra mejorar las condiciones del espacio, puesto que la temperatura al interior

del mismo disminuye en 4 grados en comparación con los resultados obtenidos en la misma zona de la línea base, en donde se pasa de 33°C a 29°C.

Figura 93

Velocidad y temperatura del viento

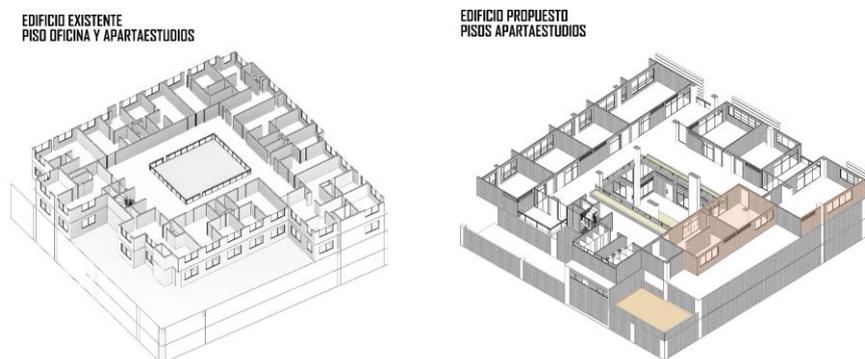


Nota. Elaboración propia a partir del software Design Builder.

- Simulaciones zona norte – oficinas

Figura 94

Cambios propuestos para la fachada norte de las oficinas



Nota. Elaboración propia a partir del software Revit.

En la fachada norte, se colocaron y se ajustaron las dimensiones de las ventanas exteriores, así como colocar ventanas en la fachada interior hacia el vacío central de la edificación, permitiendo que circule el aire en todo el espacio interno.

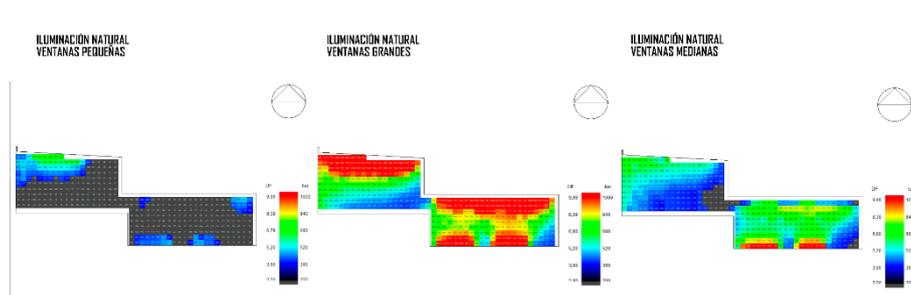
- Iluminación natural

De las 3 diferentes alternativas que se ven en la figura 95, la del costado derecho en la que se implementan ventanas medianas logra una mejor iluminación natural del espacio,

puesto que la del costado izquierdo presenta zonas con menos de 200 luxes por lo que son espacios oscuros, y por el contrario la del medio cuenta con zonas de más de 1000 luxes, que son las que se encuentran cercanas a las ventanas y que generan deslumbramientos.

Figura 95

Simulaciones de iluminación natural

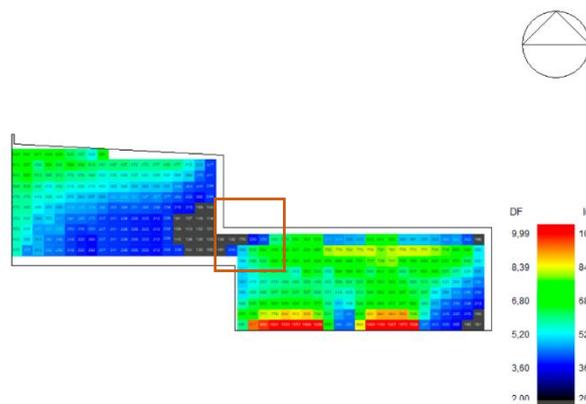


Nota. Elaboración propia a partir del software Design Builder.

En la figura 96 se puede ver la iluminación natural en el espacio al implementar ventanas medianas, con las que se logra tener una iluminación entre los 1000 luxes y los 200 luxes, lo que quiere decir que aún existen espacios con deslumbramientos y otros oscuros en los que se debe trabajar. A pesar de lo anterior, se mejora significativamente la iluminación natural en dicho costado, puesto que en la propuesta se logra tener varios espacios entre 680 luxes y 360 luxes.

Figura 96

Rangos de iluminación natural adecuada



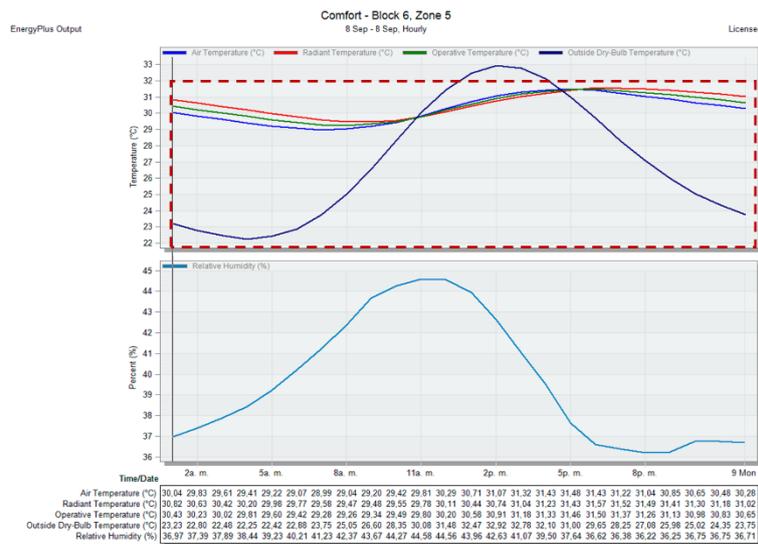
Nota. Elaboración propia a partir del software Design Builder.

- Confort térmico

A partir de la figura 97, se entiende que el espacio en el horario de ocupación está dentro de los rangos de confort recomendados por la OMS, tanto en la mañana como en la tarde está por debajo de los 32°C, manejando rangos de temperatura que van entre los 29,20°C y los 31,50°C.

Figura 97

Condiciones de confort



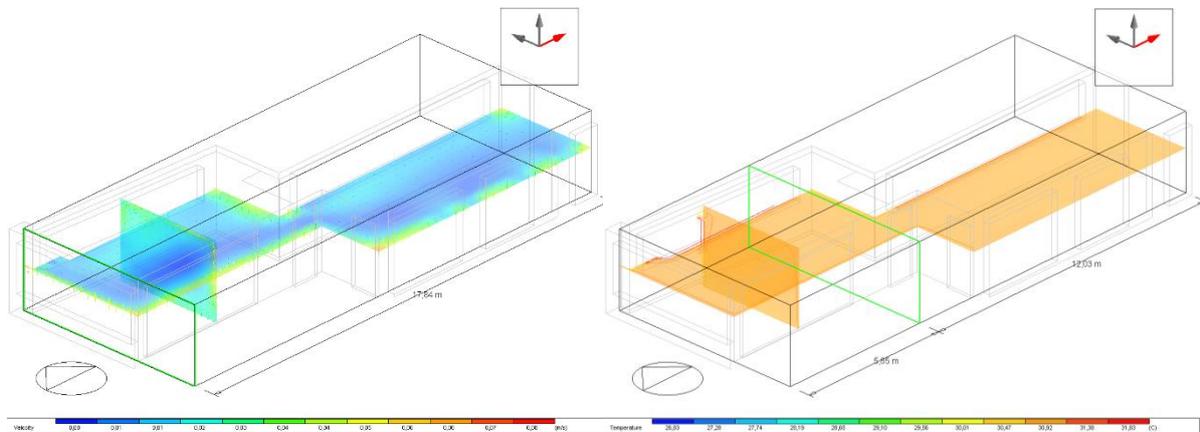
Nota. Elaboración propia a partir del software Design Builder.

- Flujo ventilación

De acuerdo a la figura 98, la zona maneja unas velocidades de viento promedio de 0.02 m/s. Existen zonas donde las velocidades alcanzan los 0.06 m/s y en otras 0.00 m/s, por lo anterior la temperatura interna se mantiene elevada, aunque al igual que en la zona oeste, con el aumento tanto de las dimensiones de las ventanas como del área de apertura de las mismas se disminuye la temperatura interior en 3°C en comparación a los resultados de la zona norte de la línea base, es decir se pasa de 33°C a 30°C.

Figura 98

Velocidad y temperatura del viento

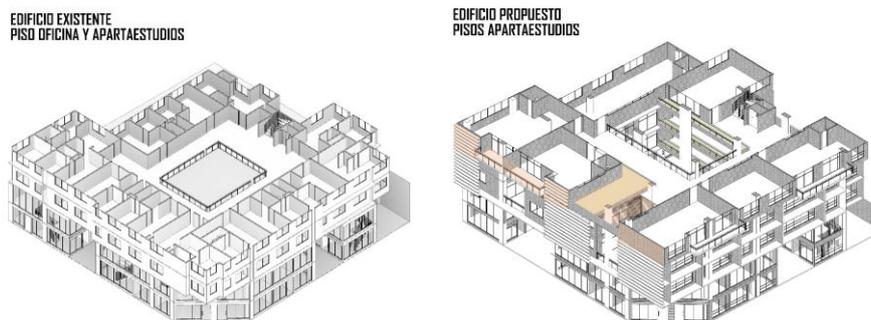


Nota. Elaboración propia a partir del software Design Builder.

- Simulaciones zona oeste – vivienda

Figura 99

Cambios propuestos para la fachada oeste de los apartaestudios



Nota. Elaboración propia a partir del software Revit.

Las viviendas tienen unos criterios de diseño diferentes al de las oficinas, razón por la que en la fachada oeste se generan principalmente unos balcones dentro de cada apartaestudio, así como implementar cortinas que permitan proteger los muros que están en contacto con la radiación solar directa.

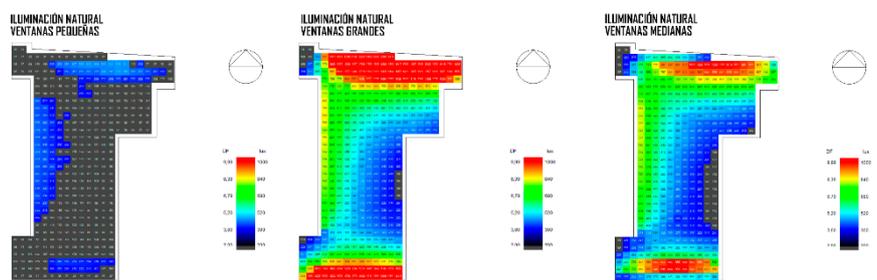
En relación a la radiación solar, al igual que en los pisos de las oficinas, se genera un vacío que permite iluminar el interior de la edificación y a su vez disminuye las superficies que están en contacto con la radiación.

- Iluminación natural

Como se evidencia en la figura 100, se simulan 3 diferentes alternativas de fachadas, puesto que en el caso de las viviendas se maneja acristalamiento en el costado exterior occidental y norte y en el costado interior por el sur, donde se evidencia que la dimensión de las ventanas que permite una mejor iluminación es la de las ventanas medianas.

Figura 100

Simulaciones de iluminación natural

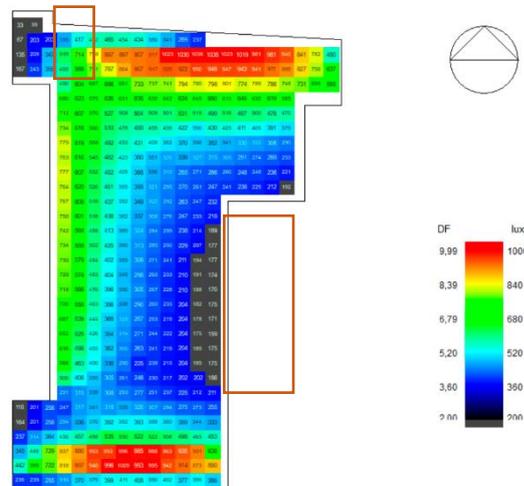


Nota. Elaboración propia a partir del software Design Builder.

La figura 101 hace referencia al comportamiento de la iluminación natural del espacio cuando se tienen ventanas medianas, las cuales se localizan sobre el costado norte y sur del espacio, puesto que, al ser vivienda, sobre el lado occidental se genera un balcón en el cual se implementan ventanales con un 90% de relación con el muro. Dichos ventanales, a pesar de tener un gran porcentaje respecto al muro y estar sobre el costado occidental no generan un deslumbramiento sobre el espacio, esto debido a que el balcón del piso superior funciona como alero, disminuyendo la incidencia de la radiación solar sobre la superficie.

Figura 101

Rangos de iluminación natural adecuada



Nota. Elaboración propia a partir del software Design Builder.

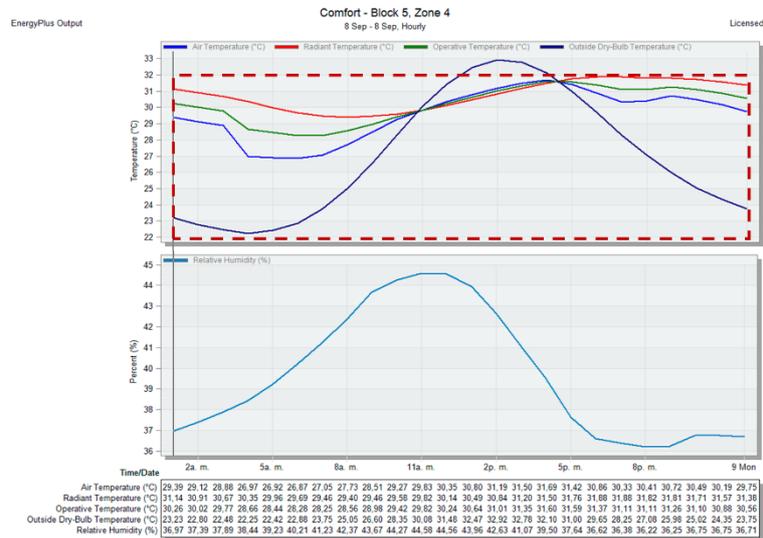
Así mismo, tal y como se evidencia en la figura 101, hacia la fachada este, la cual da sobre la circulación interior de la edificación, va disminuyendo los luxes, es decir, hacia las fachadas norte, oeste y sur existen zonas que tienen una iluminación entre los 1000 luxes y los 360 luxes. Sin embargo, hacia la fachada interior se encuentran espacios con una iluminación menor a las 280 luxes, tal y como se ve en el rectángulo rojo.

- Confort térmico

Si se analiza la figura 102, la cual muestra las condiciones de confort en las que se localizan los apartaestudios del costado oeste, se puede concluir que únicamente en el horario del día se encuentra dentro de los rangos de confort que recomienda la OMS, es decir, que de 5 a.m hasta las 6 p.m la zona está por debajo de los 32°C. Sin embargo, desde las 6 p.m hasta la madrugada, la temperatura operativa varía entre los 28°C y los 32°C, lo que quiere decir que se encuentra por fuera de lo rangos de confort, puesto que de acuerdo a la OMS debería estar en los 24°C.

Figura 102

Condiciones de confort



Nota. Elaboración propia a partir del software Design Builder.

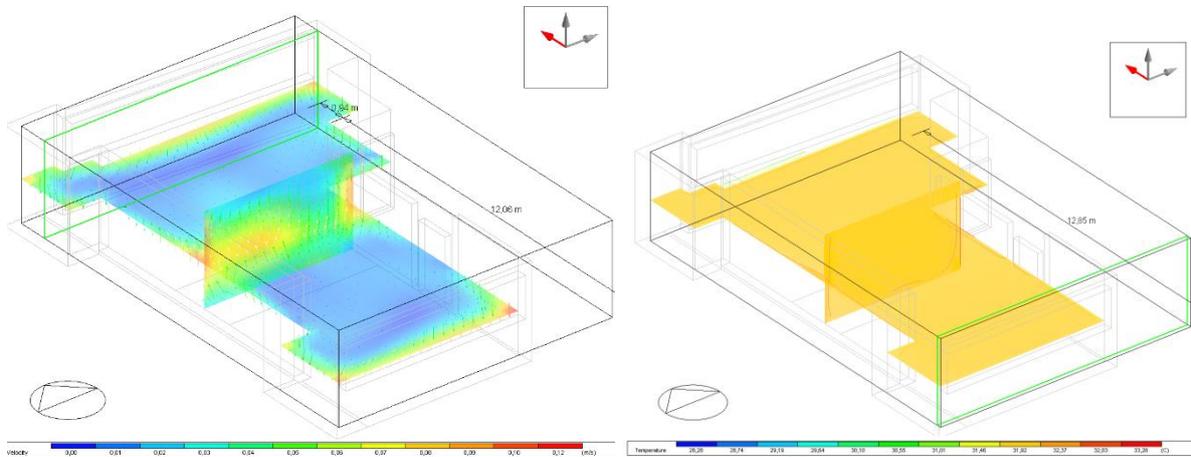
- Flujo ventilación

En la zona oeste, a partir de lo que se muestra en la figura 103, existen zonas dentro del espacios que presentan velocidades de viento entre los 0.02 m/s y los 0.10 m/s, pero en la zona central del espacio se evidencia una velocidad entre 0.02 m/s y los 0.00 m/s. Sin embargo, al revisar la velocidad de viento en relación a la altura del espacio, existe una correcta circulación del aire, puesto que en altura se manejan velocidades del viento que van desde 0.05 m/s hasta 0.10 m/s.

Así mismo, dentro del espacio se tiene una temperatura promedio de 31,8°C, es decir, que se logra mejorar las condiciones del espacio, puesto que la temperatura al interior del espacio disminuye en 3 grados en comparación con los resultados obtenidos en la misma zona de la línea base, es decir, se pasa de 35°C a 32°C.

Figura 103

Velocidad y temperatura del viento

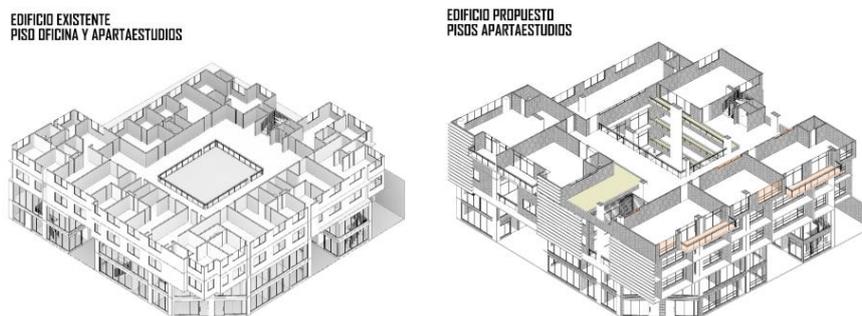


Nota. Elaboración propia a partir del software Design Builder.

- Simulaciones zona sur – vivienda

Figura 104

Cambios propuestos para la fachada sur de los apartaestudios



Nota. Elaboración propia a partir del software Revit.

Sobre el costado sur los principales cambios en el diseño que se hicieron fue aumentar las dimensiones de las ventanas y la apertura sobre las mismas, permitiendo mayor entrada de aire al interior del espacio, y al tener ventanas también en la fachada interior se mejora la renovación del aire al permitir la ventilación cruzada en el espacio.

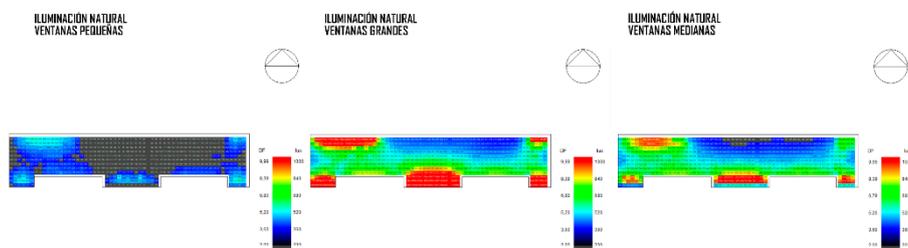
Así mismo, se implementan balcones en los diferentes apartaestudios que permiten que los usuarios tengan mayor relación con el exterior y a partir de la implementación de ventanas con un 70% a 90% de relación con el muro y al uso de la vegetación se generan espacios que favorecen el bienestar de las personas.

- Iluminación natural

Como se evidencia en la figura 105, se realizan 3 simulaciones distintas, de acuerdo a los tipos de ventanas que se implementan en fachada, en donde se evidencia que las ventanas medianas son las que mejor funcionan en el espacio, puesto que en la imagen de la izquierda, no se presenta iluminación en muchas zonas, especialmente las que se encuentra en la fachada interna hacia la circulación, y la imagen central, donde el contrario, la dimensión de las ventanas es tan grande que genera varios puntos de deslumbramiento en el espacio.

Figura 105

Simulaciones de iluminación natural

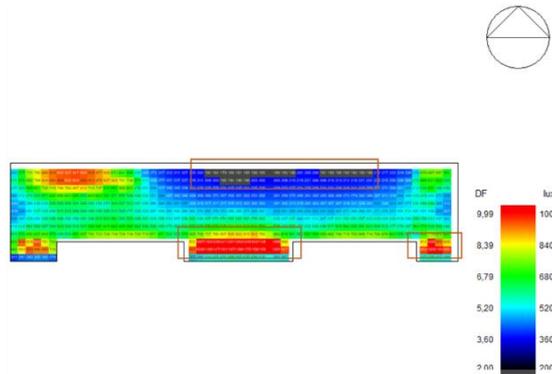


Nota. Elaboración propia a partir del software Design Builder.

Ahora bien, la figura 106 hace referencia al comportamiento de la iluminación natural del espacio cuando se tienen ventanas medianas, en donde a pesar que es el espacio que mejor iluminación presenta, esta no es uniforme puesto que presenta rangos de iluminación menor a los 200 luxes, es decir que no hay iluminación, y zonas con rangos de iluminación mayor a los 1000 luxes generando deslumbramiento. Sin embargo, se logra cubrir mayor área del espacio en comparación con la línea base.

Figura 106

Rangos de iluminación natural adecuada



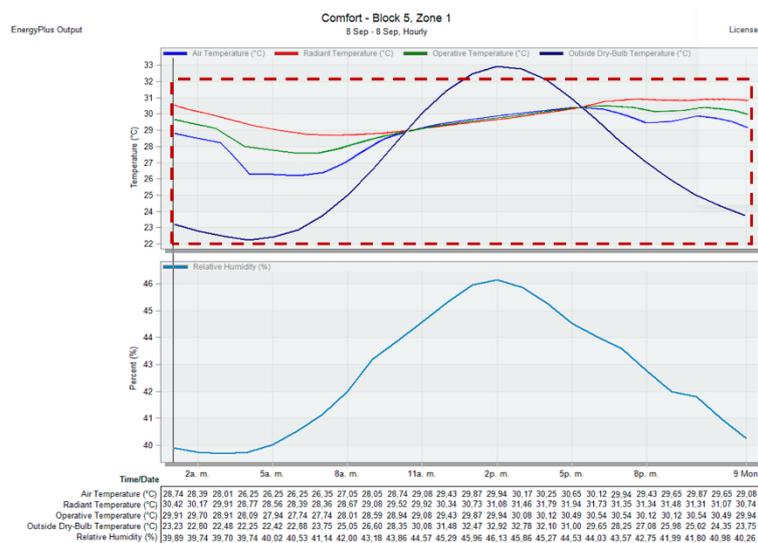
Nota. Elaboración propia a partir del software Design Builder.

- Confort térmico

Para la zona sur, de acuerdo a la figura 107, en el horario de la mañana este espacio se encuentra en confort, puesto que tiene temperaturas entre los 27°C y los 29°C, sin embargo, en el horario de la noche, las temperaturas que maneja el espacio varían entre los 29°C y los 30.5°C, lo que quiere decir que en ese horario no se encuentra en confort según las recomendaciones de la OMS, quien menciona que el espacio debería estar con una temperatura operativa máxima de 24°C.

Figura 107

Condiciones de confort



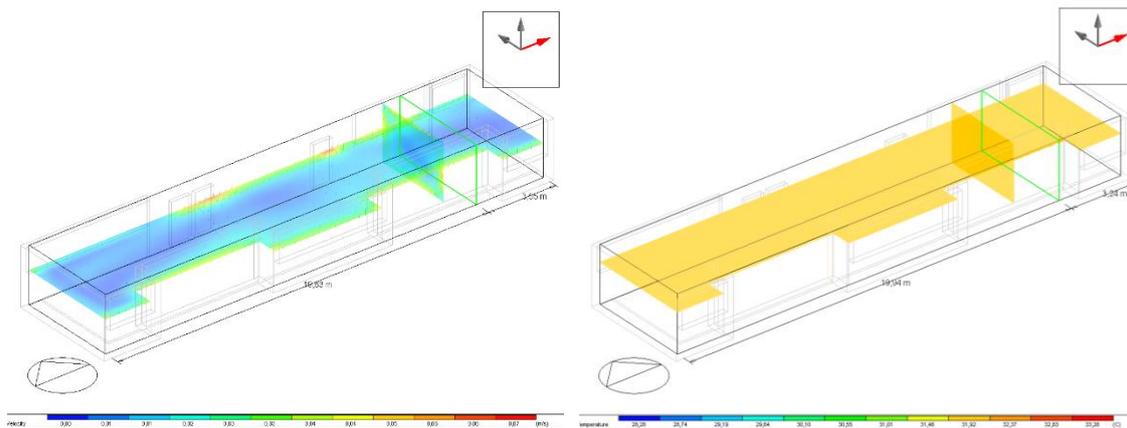
Nota. Elaboración propia a partir del software Design Builder.

- Flujo ventilación

De acuerdo a la figura 108, la zona maneja unas velocidades de viento promedio de 0.02 m/s, pero tiene zonas donde las velocidades alcanzan los 0.07 m/s, siendo esto en las zonas continuas a las ventanas; y en otras 0.00 m/s., principalmente en la zona central del espacio, y en los costados donde no hay presencia de ventanas y/o rejillas. Por lo anterior la temperatura interna se mantiene elevada, pero con el aumento tanto de las dimensiones de las ventanas como del área de apertura de las mismas se disminuye la temperatura interior en 2°C en comparación a los resultados de la zona norte de la línea base, es decir se pasa de 33°C a 31°C.

Figura 108

Velocidad y temperatura del viento

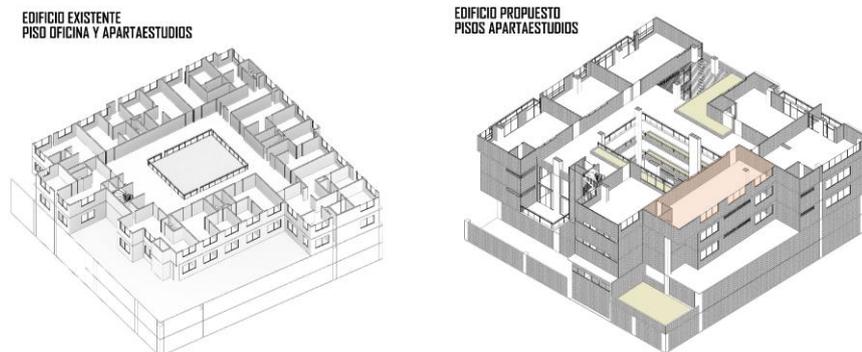


Nota. Elaboración propia a partir del software Design Builder.

- Simulaciones zona norte – vivienda

Figura 109

Cambios propuestos para la fachada norte de los apartaestudios



Nota. Elaboración propia a partir del software Revit.

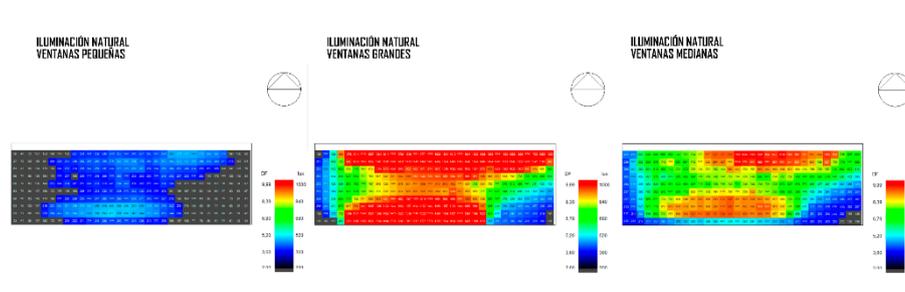
Sobre el costado norte, el principal cambio que se generó fue diseñar un espacio mucho más amplio, en el cual se ampliaron las dimensiones de las ventanas sobre la fachada exterior y se colocaron ventanas, de dimensiones mucho más pequeñas con un porcentaje de 35% en relación al muro para mantener la privacidad sobre la fachada interior continua al vacío de la edificación. Esto permite mejorar no solo la iluminación sino la renovación del aire al generar ventilación cruzada en el espacio.

- Iluminación natural

Como se evidencia en la figura 110, de las 3 diferentes simulaciones que se realizaron, la imagen de la derecha es la que muestra una mejor iluminación en el espacio. Esto pues en la imagen de la izquierda existen zonas en la que no hay iluminación, y por el contrario en la imagen de la mitad, la dimensión de las ventanas genera mucho deslumbramiento.

Figura 110

Simulaciones de iluminación natural

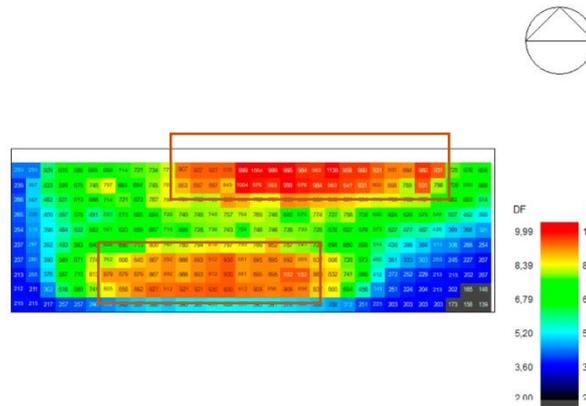


Nota. Elaboración propia a partir del software Design Builder.

La figura 111 hace referencia al comportamiento de la iluminación natural del espacio cuando se tienen ventanas medianas y cortasoles tipo B, en donde se evidencia que no existe una iluminación uniforme del espacio puesto que al igual que en la línea base existen zonas que tienen una iluminación mayor a los 1000 luxes, generando deslumbramientos en dichos espacios, y otras con menos de 250 luxes. Sin embargo, se logró iluminar mayor área del espacio en comparación con la línea base.

Figura 111

Rangos de iluminación natural adecuada



Nota. Elaboración propia a partir del software Design Builder.

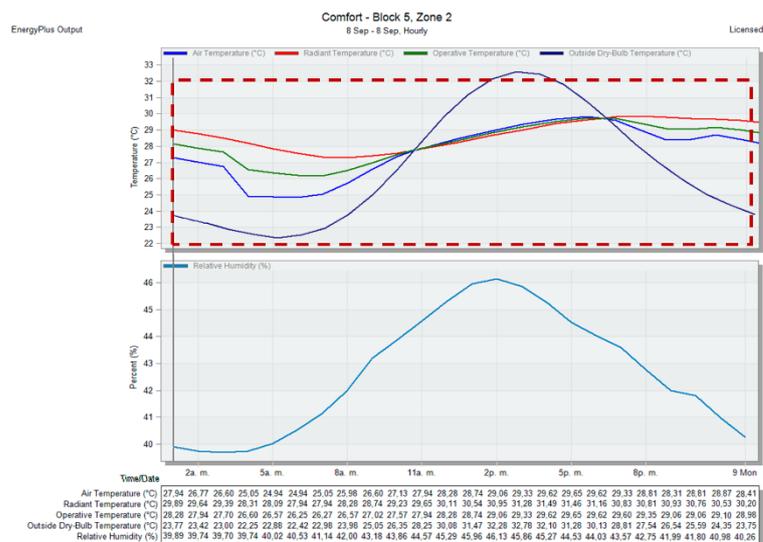
- Confort térmico

Como se evidencia en el rectángulo dentro de la figura 112, el espacio se encuentra en confort en el horario de la mañana, al tener rangos de temperatura entre los 26°C y los 29°C.

Sin embargo, en horas de la noche, la OMS recomienda tener una temperatura máxima de 24°C, por lo que no se cumple las condiciones de confort, puesto que el lugar tiene como temperatura inferior 29°C.

Figura 112

Condiciones de confort



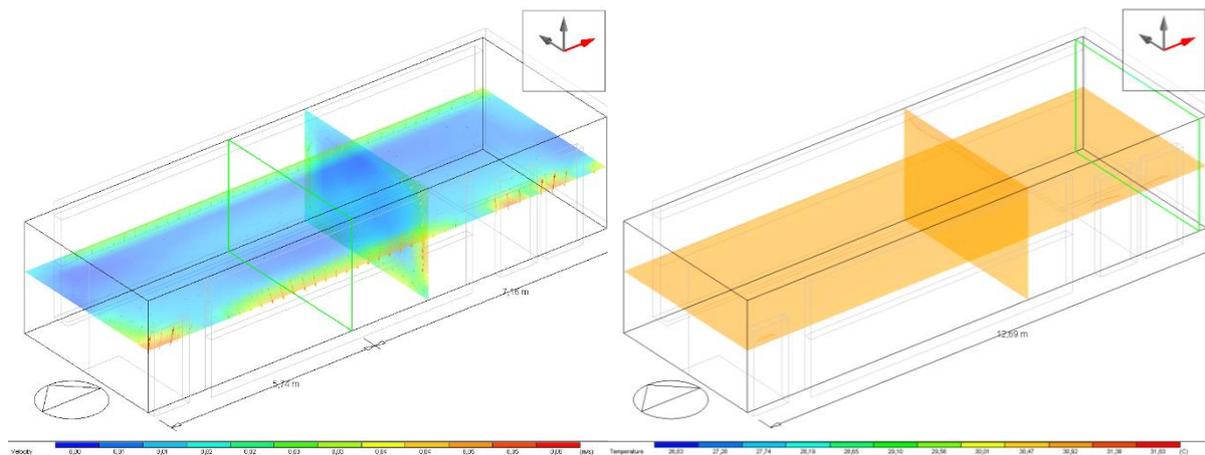
Nota. Elaboración propia a partir del software Design Builder.

- Flujo ventilación

De acuerdo a la figura 113, la zona maneja unas velocidades de viento promedio de 0.01 m/s, sin embargo, existen zonas donde las velocidades alcanzan los 0.075m/s, siendo esto en las zonas continuas a las ventanas; y en otras 0.00 m/s., principalmente en la zona central del espacio. Debido a que el viento no fluye en todo el espacio, la temperatura interna es elevada, puesto que maneja un valor constante de 31°C, con lo que se disminuye la temperatura interior en 2°C en comparación a los resultados de la zona norte de la línea base, es decir se pasa de 33°C a 31°C.

Figura 113

Velocidad y temperatura del viento

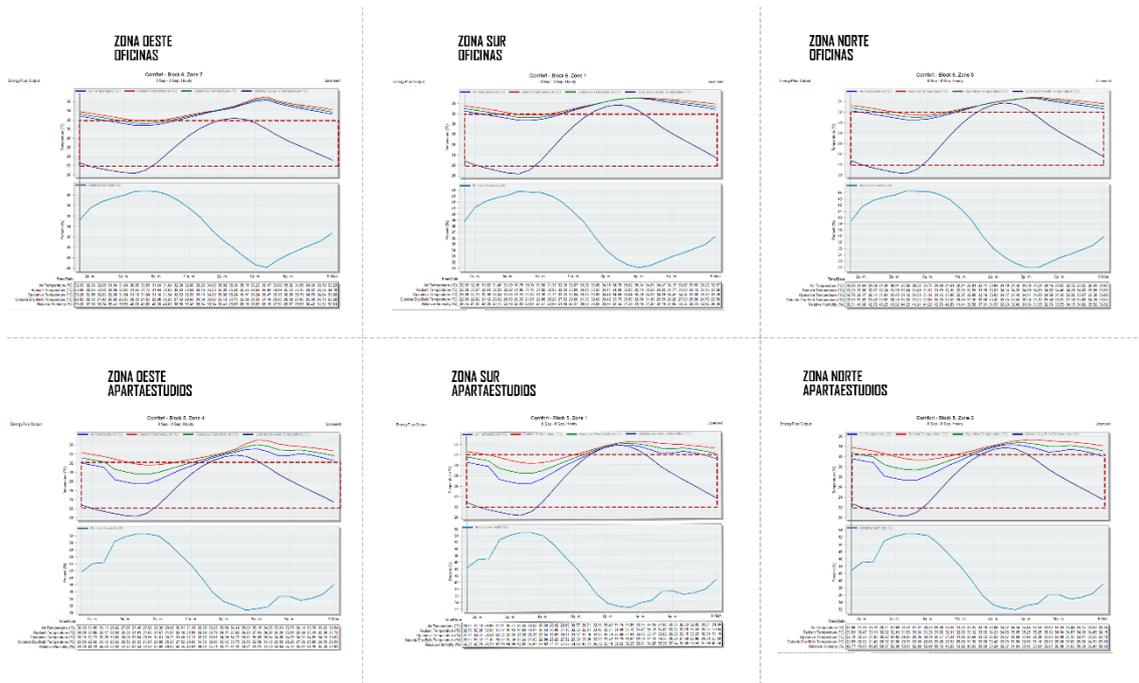


Nota. Elaboración propia a partir del software Design Builder.

Después de finalizada los análisis realizados a las simulaciones de las zonas norte, oeste y sur de las oficinas y apartaestudios de la línea mejorada, y al igual que se realizó con la línea base, se realiza las simulaciones de la proyección del comportamiento de dichos espacios con las características climáticas hacia el año 2100, esto con el fin de conocer la adaptabilidad de la edificación al cambio climático, y los cambios en cuanto a temperatura operativa que tendrían cada uno de los espacios.

Figura 114

Simulaciones confort línea mejorada para el año 2100



Nota. Elaboración propia a partir del software Design Builder.

El comportamiento del edificio de la línea mejorada para el año 2100, en donde se dan los efectos del cambio climático, y de acuerdo a la figura 114 se evidencia que tanto en el caso de los pisos de oficina como de apartaestudios, pero más que todo en las zonas de vivienda, únicamente en las horas de la mañana el espacio se encuentra dentro del rectángulo rojo, el cual indica los rangos de confort recomendados por la OMS.

Lo anterior demuestra que se debe seguir trabajando en las estrategias de diseño sostenible que permita mejorar la adaptación de las edificaciones a los cambios producto del cambio climático, que, para este caso, los usuarios de la línea mejorada para el año 2100 van a habitar espacios que tienen temperaturas máximas de hasta 35°C sobre el costado occidental.

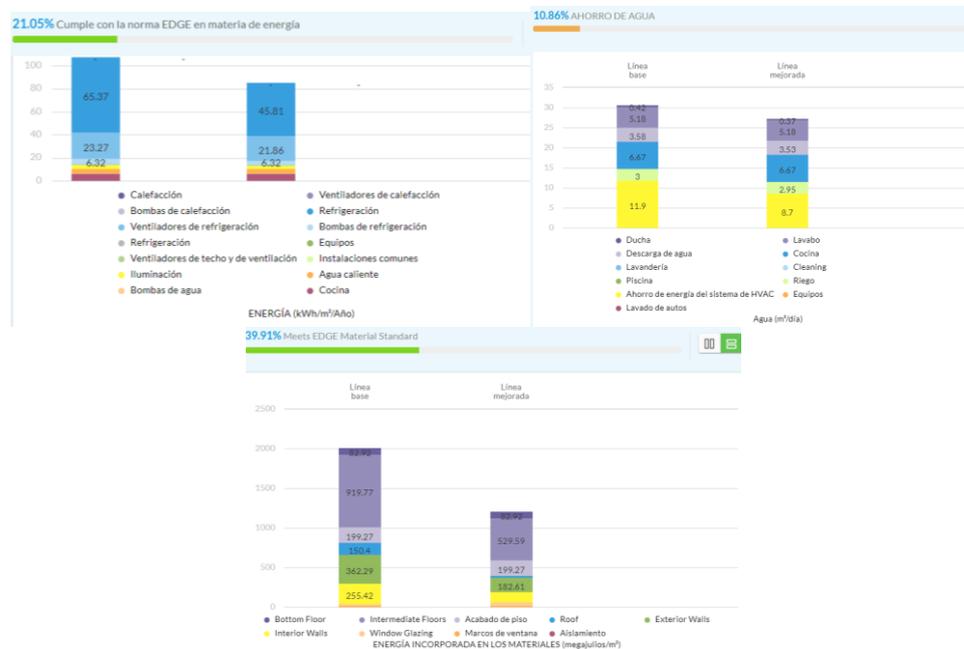
9.4.2. Análisis Línea Mejorada en Edge

De acuerdo a la certificación Edge, si se analiza la implementación de esta únicamente con las estrategias pasivas que anteriormente se mencionaron y que se aplicaron

en el proyecto, se logra los siguientes porcentajes de ahorro en relación a los materiales, la energía y agua.

Como se evidencia en la figura 115, de acuerdo a los niveles mínimos de ahorro que se debe cumplir para Edge, las estrategias pasivas cumplen y son suficientes para generar ahorro en lo relacionado con el consumo de energía, y con la que los materiales tienen incorporada, sin embargo, para la eficiencia del agua llega únicamente a la mitad del porcentaje mínimo requerido.

Figura 115
Porcentajes de ahorro en materiales, en energía y agua con estrategias pasivas



Nota. Elaboración propia.

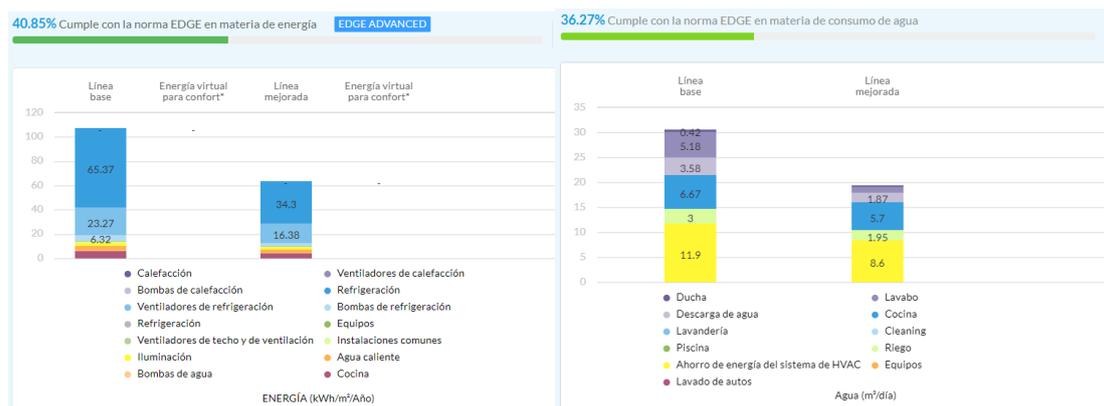
Pero, si esos porcentajes se analizan de acuerdo al requerimiento que tiene la resolución 0549 del 2015, en donde, para temas de energía, las oficinas deben alcanzar un 15% y un 40% para el primer y segundo año del proyecto respectivamente y las viviendas deben llegar a un 10% y un 25% para el segundo año, se concluye que las estrategias pasivas no son suficientes para generar una eficiencia energética a partir del segundo año.

Así mismo, la resolución 0549 del 2015, en temas de ahorro de agua maneja porcentajes del 15% para el primer año y del 45% para el segundo para los usos de oficina, y del 10% y del 20% para el segundo año en las viviendas, lo que quiere decir, que con las estrategias pasivas que se proponen no se logra alcanzar ni los requerimientos mínimos de ahorro para el primer año.

Se realiza el mismo análisis con la certificación Edge, aplicando tanto estrategias pasivas como activas para así lograr un mejor comportamiento en el ahorro de energía y de agua.

Figura 116

Porcentajes de ahorro de energía y agua con estrategias pasivas y activas



Nota. Elaboración propia.

De acuerdo a la figura 116, al implementar estrategias pasivas y activas se cumple los niveles mínimos de ahorro para obtener la certificación Edge, y también en el caso de la energía se están cumpliendo con los porcentajes de ahorro mínimos propuestos por la resolución 0549 del 2015, tanto para el uso de oficinas como el uso de vivienda. Sin embargo, en relación con el ahorro de agua, únicamente se cumple con los porcentajes de ahorro para el uso de la vivienda, puesto que, en el caso de las oficinas, la resolución 0549 del 2015 propone alcanzar uno niveles de ahorro del 45% a partir del segundo año, y el proyecto alcanza únicamente hasta el 36.27% de ahorro de agua.

Figura 117

Consumo línea mejorada

Consumo final de energía	Consumo final de agua	Emisiones de CO ₂ operacionales finales
22,384 kWh/mes	596.00 m ³ /mes	5.11 tCO ₂ /Month

Nota. Elaboración propia.

A pesar de lo anterior, el consumo final de energía que se obtiene en la línea mejorada es de 22.384 kWh/mes, es decir que se disminuye el consumo en un 38% aproximadamente, lo que corresponde a 13.709 kWh/mes menos que en la línea base.

En cuanto al consumo final de agua, en la línea mejorada se tiene 596 m³/mes, disminuyendo un 32% aproximadamente lo que corresponde a 281 m³/mes en relación con la línea base.

9.5. Conclusiones

Figura 118

Corte bioclimático línea mejorada



Nota. Elaboración propia.

A partir de las simulaciones realizadas, en las cuales se implementaron estrategias pasivas aplicadas al diseño arquitectónico de la edificación, en donde se modificó principalmente las fachadas externas e internas de los espacios, modificando las dimensiones de las ventanas, sus porcentajes de aperturas, la relación del acristalamiento con los muros, la implementación de balcones, de cortasoles y aleros que protejan las superficies de la



radiación solar directa, así como la reubicación de los diferentes espacios a partir de la conformación de vacíos internos; se puede concluir que dichas estrategias pasivas permiten disminuir la temperatura operativa entre 3°C y 2°C, y mejorar la iluminación natural en cada una de las zonas analizadas (Norte, sur y oeste), en relación a la línea base analizada.

Teniendo en cuenta las condiciones climáticas y el uso de la edificación, a partir del análisis realizado con la certificación Edge y la Resolución 0549 del 2015, se comprueba que en temas de eficiencia energética y de ahorro de agua, las estrategias pasivas no son suficientes para lograr los ahorros de mínimo en esas materias, puesto que se alcanza únicamente un ahorro de 10.8% en energía y de 21% para el agua. Sin embargo, al implementar estrategias activas como el sistema de captación de energía solar o paneles solares, bombillas ahorradoras, sensores de movimiento, la recolección de agua lluvia y la implementación de aparatos ahorradores, se alcanzan porcentajes de ahorro energético y de agua de 40.85% y de 36.27% respectivamente.

Por lo tanto, y con el fin de responder la hipótesis planteada en este trabajo de investigación, las estrategias pasivas permiten mejorar las características espaciales, el confort térmico y lumínico de los espacios interiores, garantizando así condiciones de confort y bienestar en los usuarios. Sin embargo, debido a las condiciones climáticas del sitio para lograr una mayor eficiencia energética y un ahorro de agua, se deben plantear e implementar estrategias mixtas, es decir, que exista una relación entre las estrategias pasivas y activas que se desarrollen en la edificación, puesto que, en el caso de este trabajo de grado, en relación entre la línea base y la línea mejorada se logra disminuir en un 38% el consumo de energía eléctrica y un 32% el de agua potable.

Tabla 5

Comparativo entre línea base y línea mejorada

ESPACIO		TEMPERATURA OPERATIVA					
		LÍNEA BASE AÑO 2022	CAMBIO CLIMÁTICO AÑO 2070	LÍNEA BASE AÑO 2070	CAMBIO CLIMÁTICO AÑO 2100	LÍNEA BASE AÑO 2100	SIMULACIÓN AÑO 2100
ZONA NORTE	OFICINAS	N/A	1,4°C	N/A	2,4°C	N/A	N/A
ZONA SUR		MIN: 31°C		MIN: 32,4°C		MIN: 33,4°C	MIN: 32,50°C
		MAX: 33°C		MAX: 34,4°C		MAX: 35,4°C	MAX: 36,20°C
ZONA OESTE		MIN: 32°C		MAX: 33,4°C		MAX: 34,4°C	MAX: 35,50°C
		MAX: 37°C	MAX: 38,4°C	MAX: 39,4°C	MAX: 40,80°C		
ZONA NORTE	APARTA ESTUDIOS	MIN: 30°C	1,4°C	MIN: 31,4°C	2,4°C	MIN: 32,4°C	MIN: 31,75°C
ZONA SUR		MAX: 32°C		MAX: 33,4°C		MAX: 34,4°C	MAX: 34,77°C
ZONA OESTE		N/A		N/A		N/A	N/A

ESPACIO		TEMPERATURA OPERATIVA					
		LÍNEA MEJORADA AÑO 2022	CAMBIO CLIMÁTICO AÑO 2070	LÍNEA MEJORADA AÑO 2070	CAMBIO CLIMÁTICO AÑO 2100	LÍNEA MEJORADA AÑO 2100	SIMULACIÓN AÑO 2100
ZONA NORTE	OFICINAS	MIN: 29,28°C	1,4°C	MIN: 30,68°C	2,4°C	MIN: 31,68°C	MIN: 31,10°C
		MAX: 30,50°C		MAX: 31,90°C		MAX: 32,9°C	MAX: 34,50°C
ZONA SUR		MIN: 29,16°C		MIN: 30,56°C		MIN: 31,56°C	MIN: 31,25°C
		MAX: 31,66°C		MAX: 33,06°C		MAX: 34,06°C	MAX: 34,93°C
ZONA OESTE		MIN: 29°C	MIN: 30,4°C	MIN: 31,4°C	MIN: 31,94°C		
		MAX: 32°C	MAX: 33,4°C	MAX: 34,4°C	MAX: 35,97°C		
ZONA NORTE	APARTA ESTUDIOS	MIN: 26,25°C	1,4°C	MIN: 27,65°C	2,4°C	MIN: 28,68°C	MIN: 29,40°C
		MAX: 29,65°C		MAX: 31,05°C		MAX: 32,05°C	MAX: 33,80°C
ZONA SUR		MIN: 27,94°C		MIN: 29,34°C		MIN: 30,34°C	MIN: 29,04°C
		MAX: 30,54°C		MAX: 31,94°C		MAX: 32,94°C	MAX: 34,10°C
ZONA OESTE		MIN: 28,25°C	MIN: 29,65°C	MIN: 30,65°C	MIN: 30,01°C		
		MAX: 31,60°C	MAX: 33,00°C	MAX: 34,00°C	MAX: 35,90°C		

Nota. Elaboración propia.

Si se compara los resultados de las simulaciones en cuanto al confort térmico tanto para la línea base como para la línea mejorada, en relación con el aumento de la temperatura producto del cambio climático, se concluye que la aplicación de las estrategias pasivas y activas ayudan significativamente a disminuir la temperatura operativa actual de los diferentes espacios, y también mejora el comportamiento de la edificación frente al cambio climático.

Como se evidencia en la tabla 5, debido al cambio climático la línea base para el año 2100 va a contar con unas temperaturas mínimas y máximas desde 1 grado hasta 8 grados por encima del valor máximo recomendado por la OMS para la temperatura operativa al interior de los espacios, como sucede en la zona oeste donde dicha temperatura máxima para el año 2100 será de 40,80°C. A pesar de que la línea mejorada tiene zonas que para el año 2100



también aumentan sus temperaturas operativas de manera que se salen de los rangos recomendados por la OMS, estas aumentan máximo en 3.97°C como sucede en la zona oeste de las oficinas donde la temperatura operativa máxima para el año 2100 será de 35.97°C .

Lo anterior demuestra la importancia de la renovación de las edificaciones existentes a partir de estrategias de diseño sostenible que mejoren la eficiencia energética y de agua, y la adaptación al cambio climático de la edificación, debido a que esto garantiza unas condiciones mínimas para la calidad de vida de los usuarios y la convierte en un edificio resiliente (Cubillos, 2014).

En el caso de este trabajo de grado y la comparación entre la línea base y la línea mejorada, se logra que los espacios disminuyan su temperatura, aumenten su vida útil y se adapten a las condiciones del cambio climático. Por lo cual, la zona norte maneja 0.97°C , la zona sur $1,30^{\circ}\text{C}$ y la zona oeste $4,83^{\circ}\text{C}$ menos respecto al diseño actual de la edificación.

Finalmente, las recomendaciones de estrategias de diseño sostenible que se proponen en este trabajo de investigación, aportan al desarrollo y ejecución del Plan de Renovación Urbana del Centro Tradicional de la Ciudad, en donde se busca realizar una renovación de las edificaciones que allí se encuentran, y las cuales cuentan con usos de oficina y de vivienda, permitiendo así implementar las diferentes estrategias aquí desarrolladas para modificar principalmente las fachadas y distribución espacial de las edificaciones para así mejorar las condiciones de confort, eficiencia energética y ahorro de agua de las mismas.



10. Línea Futura de Investigación

Se propone una continuidad de la investigación en materia de la aplicación de estrategias sostenibles tanto pasivas como activas en otras edificaciones existentes y con diferente uso en la ciudad de Neiva, para lograr que estas garanticen condiciones de confort mediante la adaptación de la edificación a los efectos del cambio climático.

Así mismo, es pertinente el análisis de la estimación de costos que tendría la aplicación de cada una de las estrategias pasivas y activas en una edificación existente y el costo en una edificación Nueva, para que los interesados logren conocer y entender el costo – beneficio de cada una de las estrategias a implementar.



11. Anexos

- Resultado de las simulaciones realizadas a la línea base
- Resultados de las simulaciones realizadas a la línea mejorada
- Planimetría de la línea base
- Planimetría de la línea mejorada



12. Referencias Bibliográficas

Attia, S., & Carlucci, S. (2015). Impact of different thermal comfort models on zero energy residential buildings in hot climate. *Energy and Buildings*, 102, 117-128. doi: 10.1016/j.enbuild.2015.05.017

CESANO, D AND RUSSELL, J. (2013) ELLA Policy Brief: Green Building in Latin America. Evidence and Lessons from Latin America (ELLA), Practical Action Consulting, Lima Peru (Acceso Enero 2014) Disponible online desde: http://ella.practicalaction.org/sites/default/files/131106_ENV_TheGreEco_BRIEF1.pdf

Hernández, S. (2008). La sustentabilidad en la enseñanza de la arquitectura en México. México, Revista La Colmena, Universidad Autónoma del Estado de México, 59.

Jara, P. (2014). Thermal comfort and its importance for the architectural design and environmental quality of indoors spaces. *Utopía Teoría Praxis*, no7, 110.

Hornero Pérez, R. (2013). Estudio de la ventilación natural de un edificio y su efecto en el grado de confort de los ocupantes. Trabajo de grado. Máster en Edificación. Barcelona: Universidad Politécnica de Catalunya.

Castro, N. R. (2021, 14 mayo). La ventilación de los edificios nos salvará del Covid y de la próxima pandemia. abc. https://www.abc.es/sociedad/abci-ventilacion-edificios-salvara-covid-y-proxima-pandemia-202105140051_noticia.html

Departamento Administrativo De Planeación Municipal. (2012). Documento de diagnóstico Plan Parcial De Renovación Urbana Del Centro Tradicional De Neiva. Alcaldía de Neiva.

Villar Lozano, Mayerly Rosa , & Trujillo, Johanna , & Rodríguez Álvarez, Claudia Milena , & Cubillos González, Rolando Arturo , & Cortés Cely, Oscar Alfonso (2014). La habitabilidad



como variable de diseño de edificaciones orientadas a la sostenibilidad. *Revista de Arquitectura* (Bogotá).

Meza, C. (2018). La construcción sostenible frente a la mitigación del cambio climático.

MODULO ARQUITECTURA-CUC, vol. 21, no. 1, pp. 9-22. DOI: 10.17981/mod.arq.cuc.18.2.2018.01

Ministerio de vivienda, ciudad y territorio. (2015, julio). RESOLUCIÓN 549 DE 2015: Guía de construcción sostenible para el ahorro de agua y energía en edificaciones. (s. f.).

Sustentable, H. (2013). Ventilación de espacios de trabajo en edificios de oficina y su influencia sobre la eficiencia energética. San Juan: Instituto regional de planeamiento y hábitat.

ED OFICINAS TORRE PROKSOL. (2015). Mrv-Arquitectos. <https://www.mrvarquitectos.com/ed-oficinas-torre-proksol>

IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CAN - CILLERÍA. 2017. Resumen ejecutivo Tercera Comunicación Nacional De Colombia a La Convención Marco De Las Naciones Unidas Sobre Cambio Climático (CMNUCC). Bogotá D.C., Colombia.

Sociedad Americana de Aire Acondicionado, Refrigeración y Calefacción. (2017). 55, A. Thermal environmental conditions for human occupancy. Atlanta: STANDARD ASHRAE.

Sociedad Americana de Aire Acondicionado, Refrigeración y Calefacción. (2016). ANSI/ASHRAE, 6. Ventilation for acceptable indoor air quality. Atlanta: STANDARD ASHRAE.

Stefano Boeri Architetti. (2022, 22 febrero). *Easyhome Huanggang Vertical Forest*. <https://www.stefanoboeriarchitetti.net/project/easyhome-huanggang-vertical-forest-city-complex>

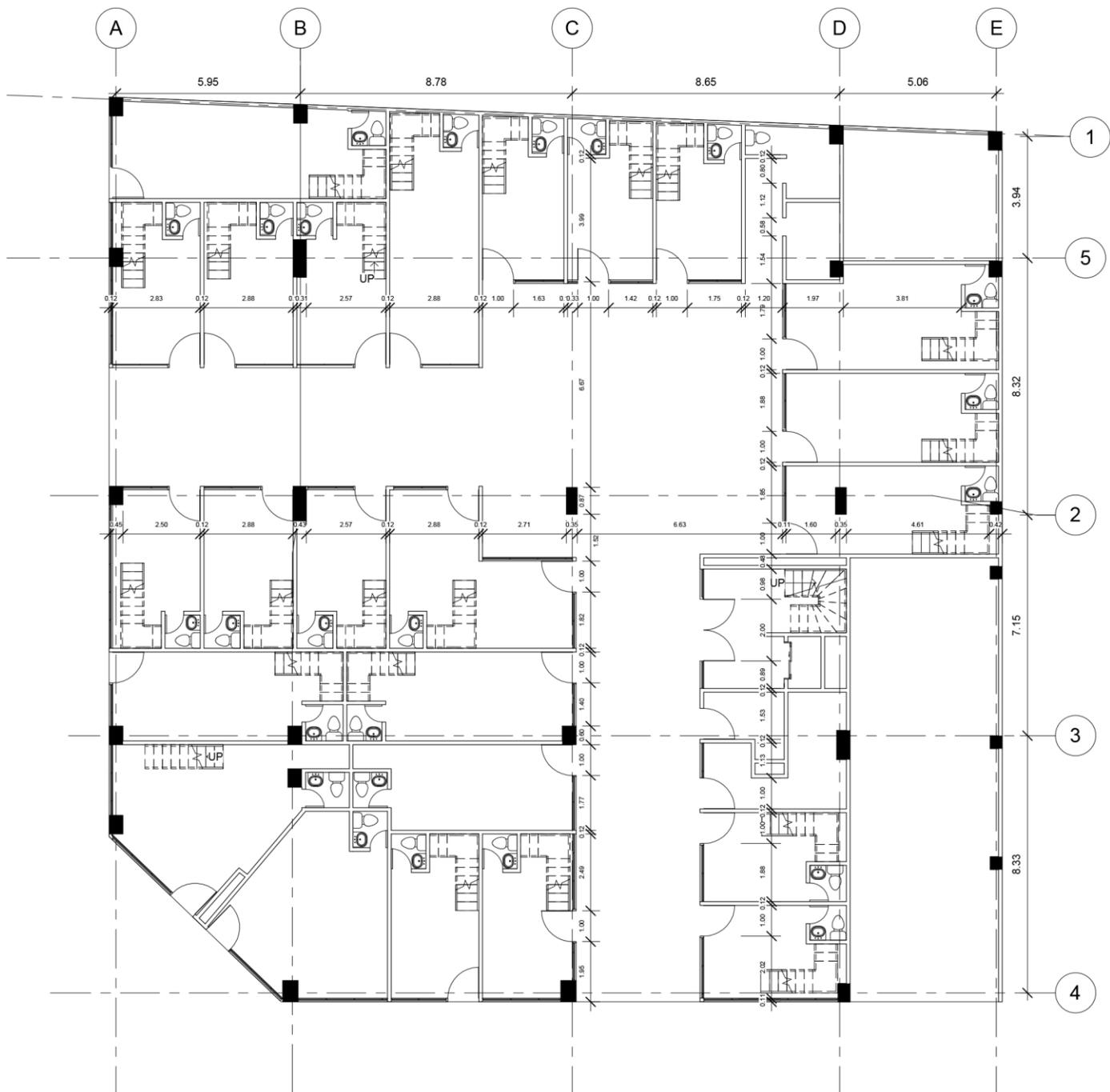
International Well Building Institute. (2020). *The Well building standard*.

Consejo Colombiano de Construcción Sostenible. (2020, marzo). *Casa Colombia*.

Departamento Administrativo De Planeación Municipal. (2009). Plan de Ordenamiento Territorial De Neiva. Alcaldía de Neiva.

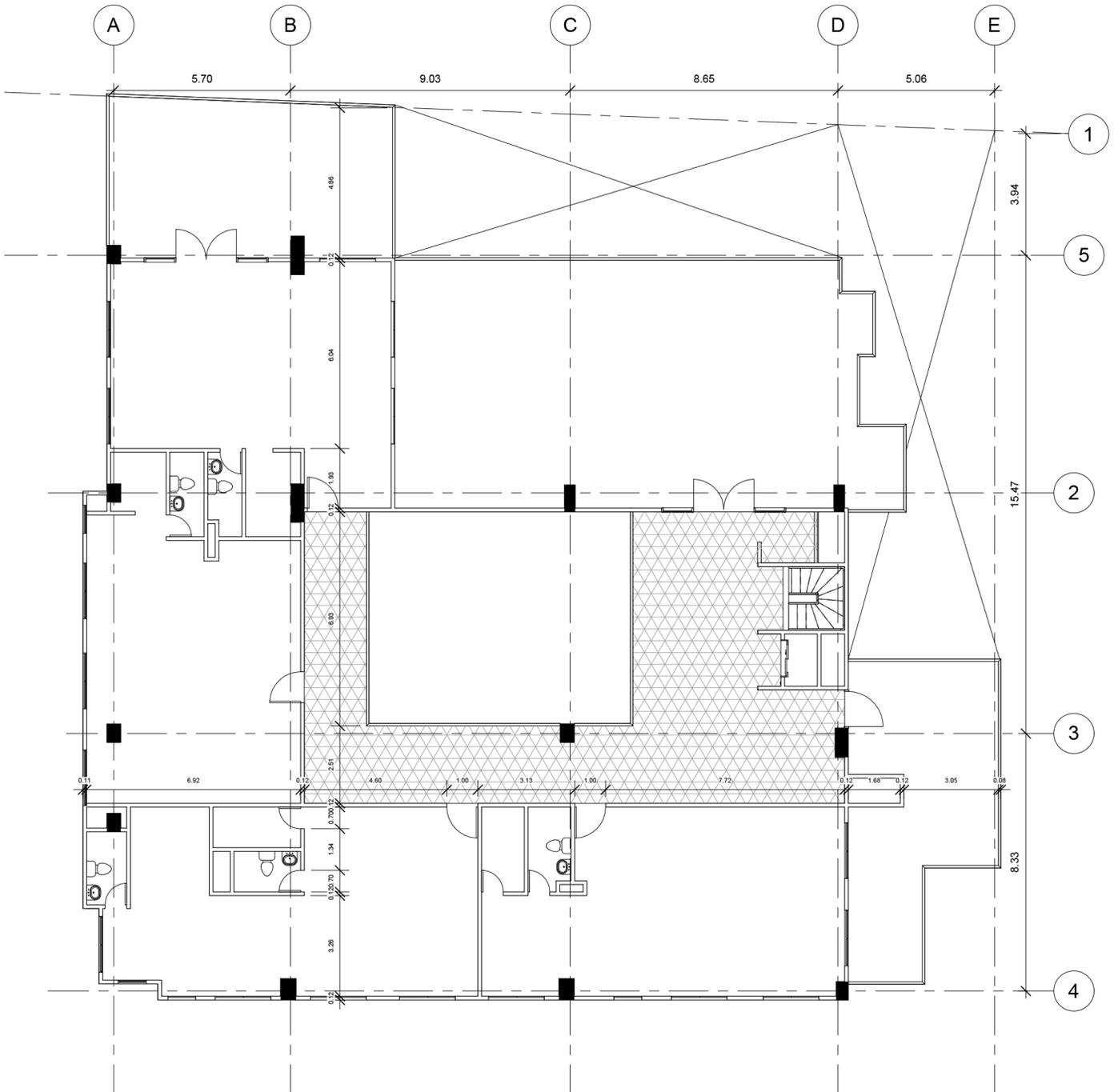
EDGE APP. (2022). Edge Building Certification.

https://app.edgebuildings.com/user/welcome?_ga=2.213934871.1467757719.1661124378-15397712.1648002073



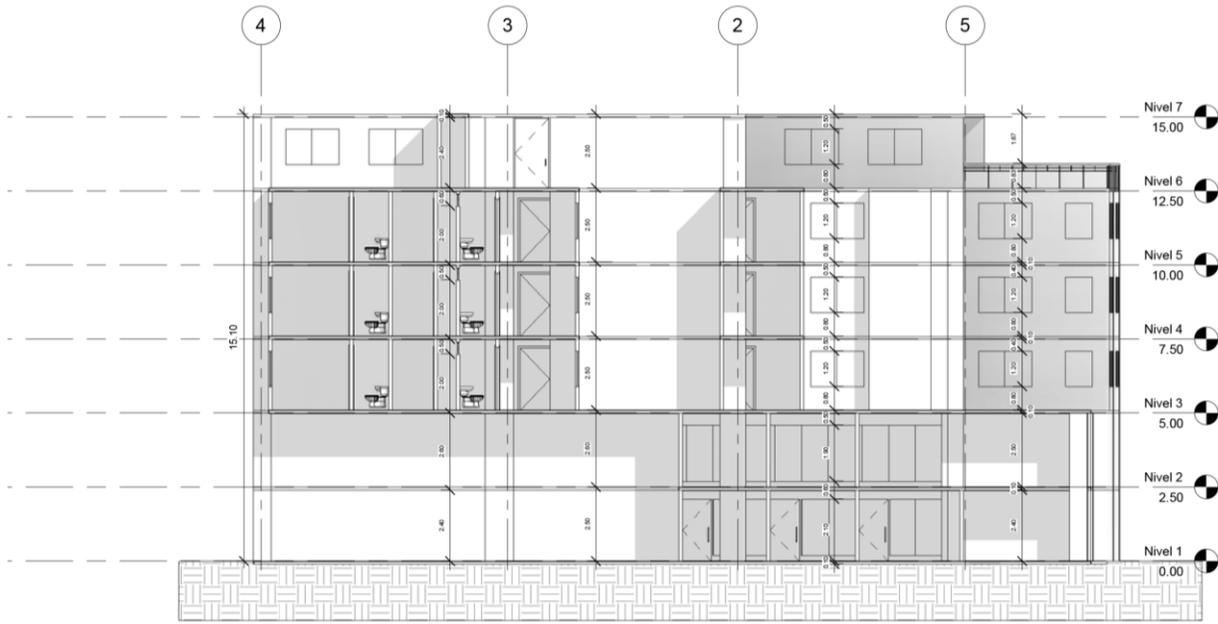
PLANTA PRIMER NIVEL – USO COMERCIAL

LINEA BASE



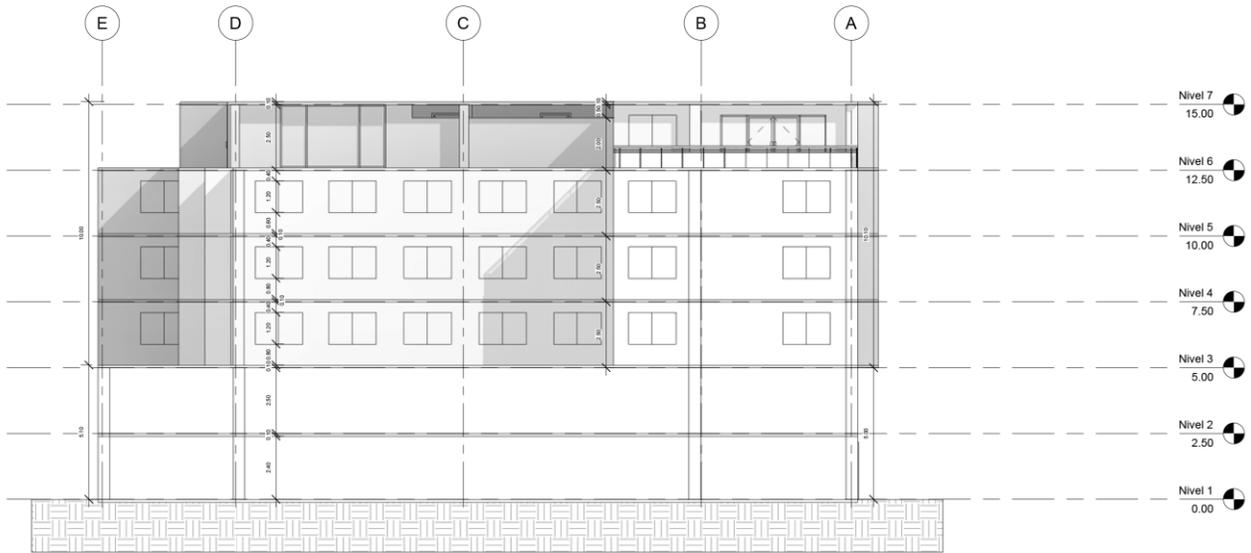
PLANTA SEXTO NIVEL – USO OFICINAS

LINEA BASE



FACHADA ESTE

LINEA BASE



FACHADA NORTE

LINEA BASE



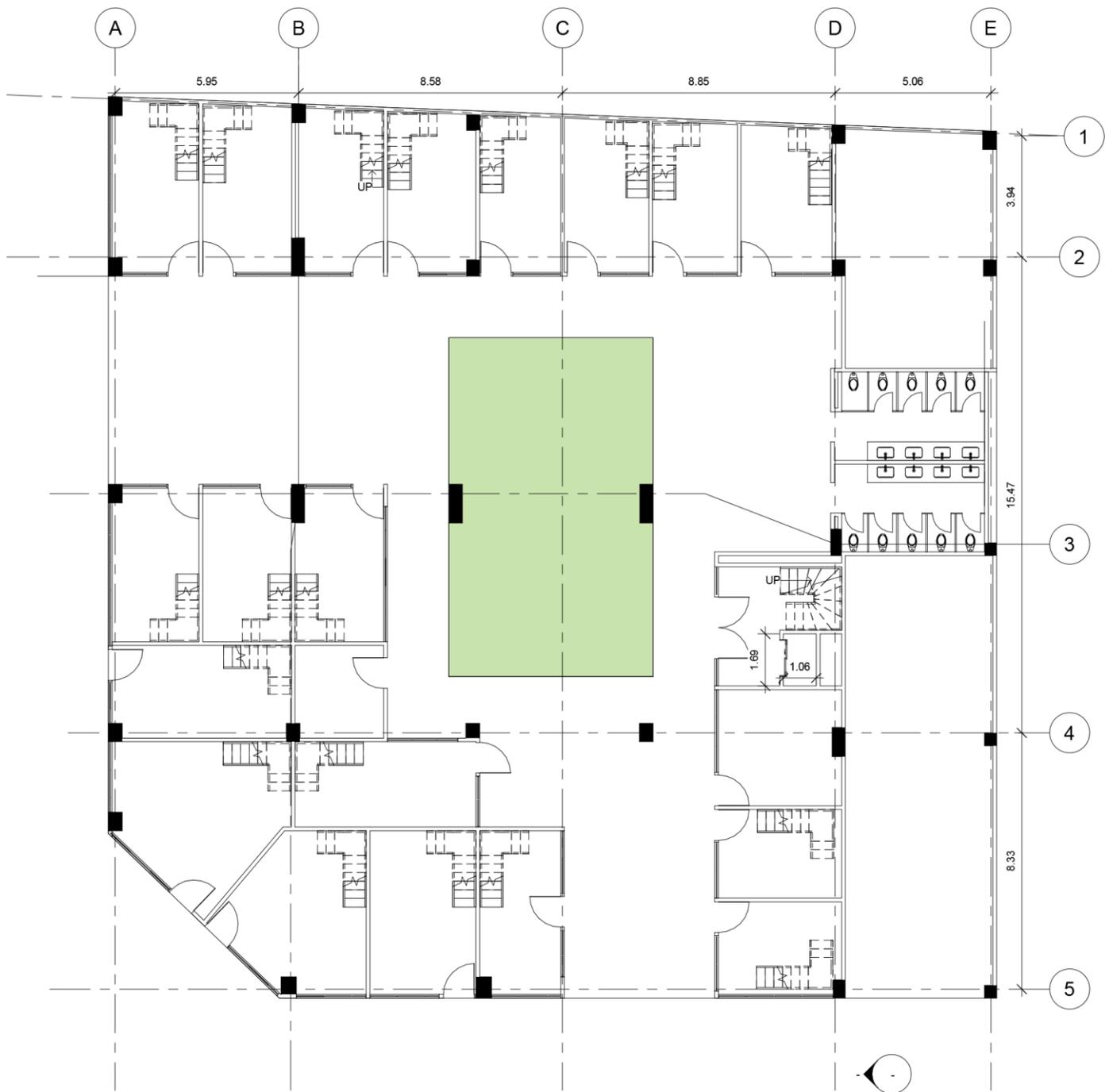
FACHADA OESTE

LINEA BASE



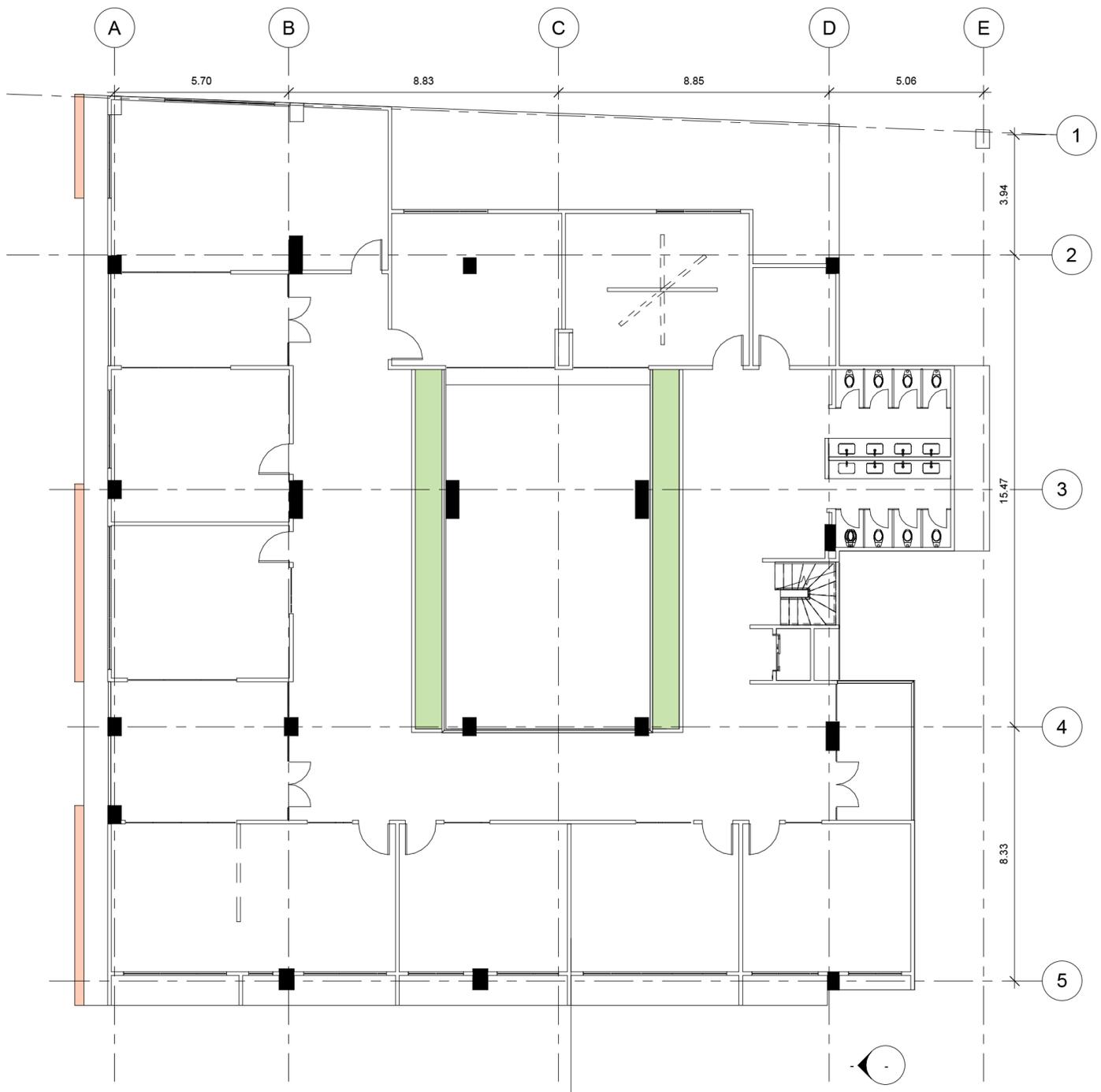
FACHADA SUR

LINEA BASE



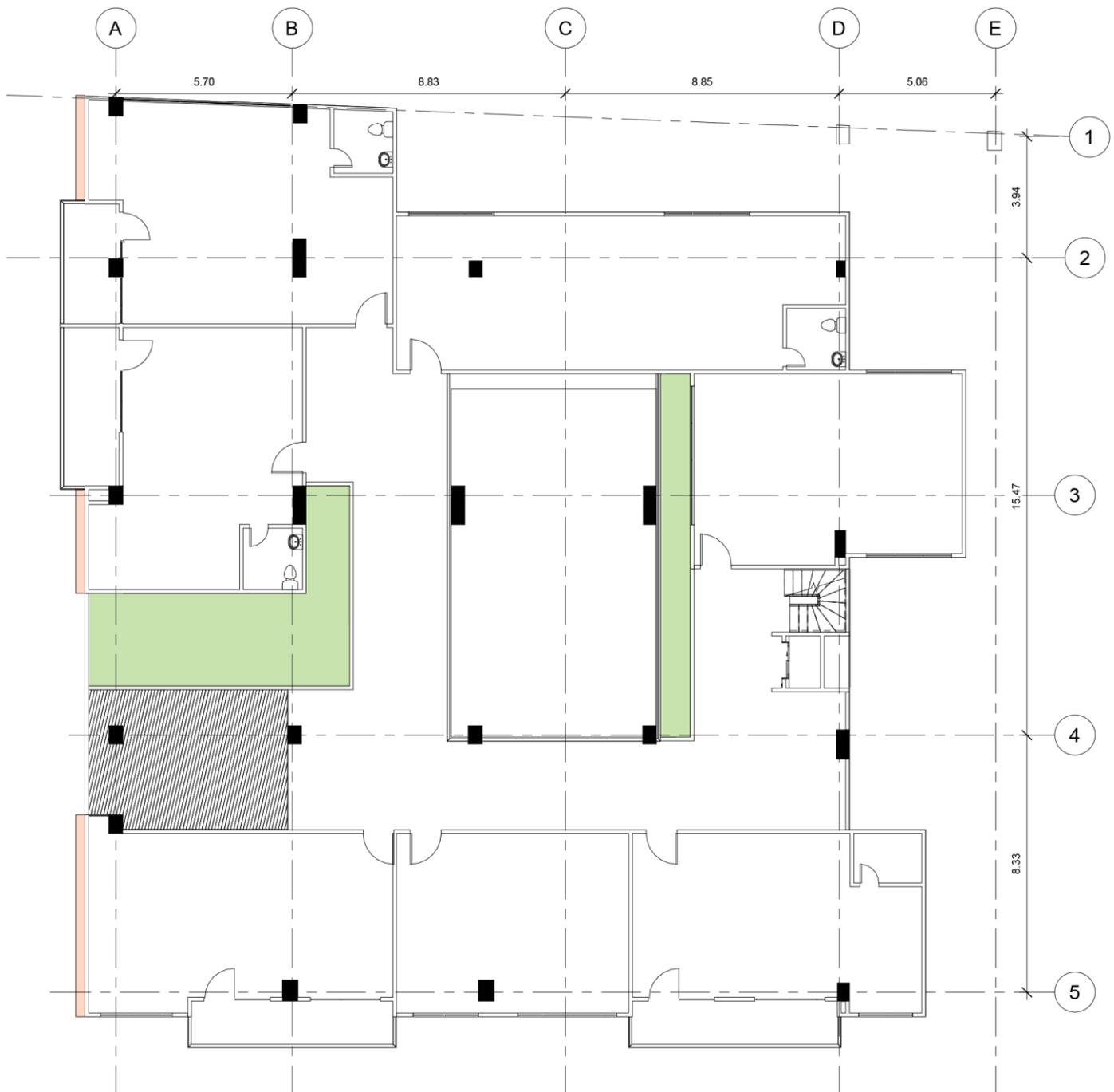
PLANTA PRIMER NIVEL – USO COMERCIAL DOBLE ALTURA

LINEA MEJORADA



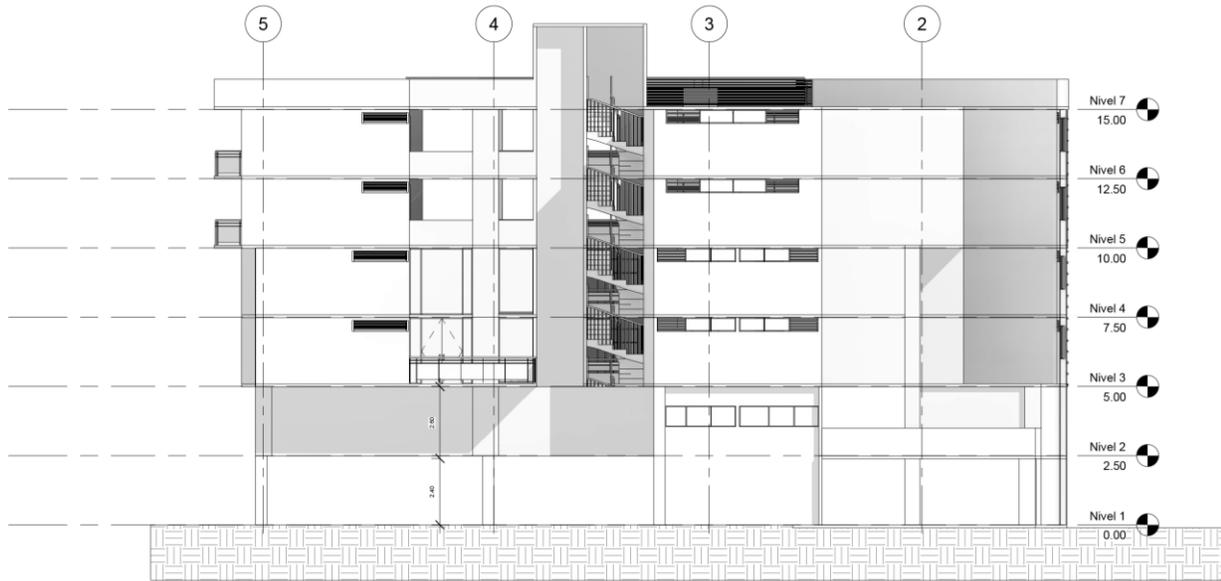
PLANTA TERCER Y CUARTO NIVEL – USO OFICINAS

LINEA MEJORADA



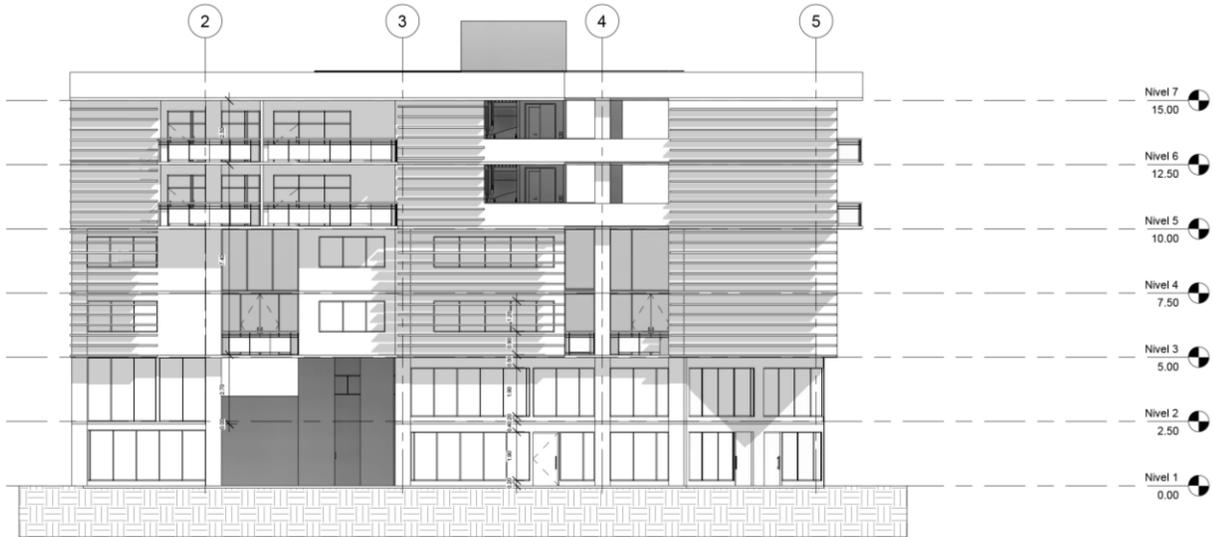
PLANTA QUINTO Y SEXTO NIVEL – USO APARTAESTUDIOS

LINEA MEJORADA



FACHADA ESTE

LINEA MEJORADA



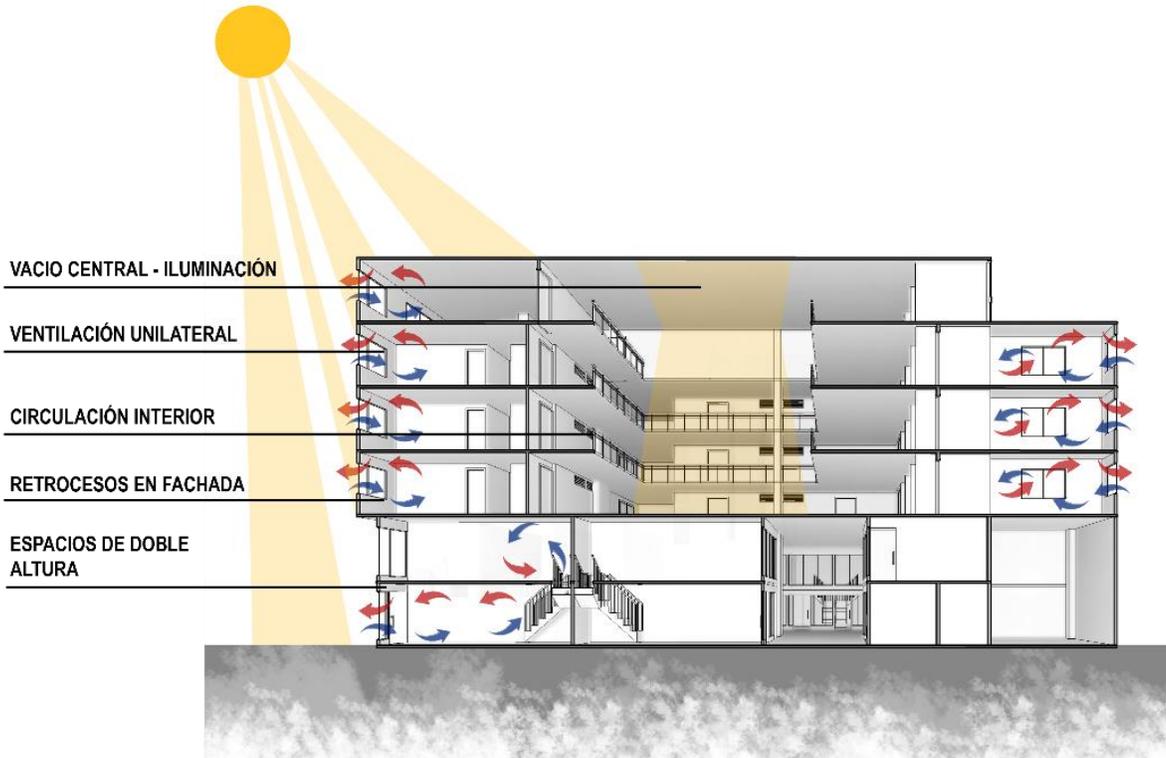
FACHADA OESTE

LINEA MEJORADA



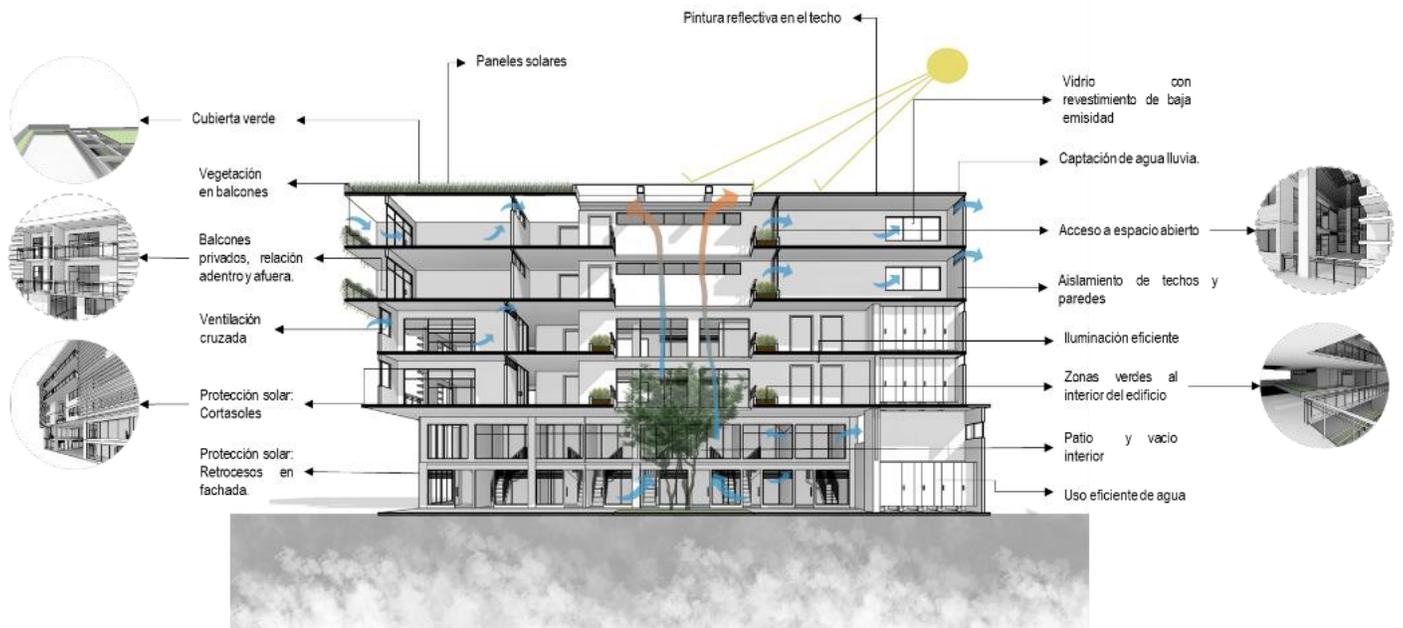
FACHADA SUR

LINEA MEJORADA



CORTE BIOCLIMATICO

LINEA BASE



CORTE BIOCLIMATICO

LINEA MEJORADA