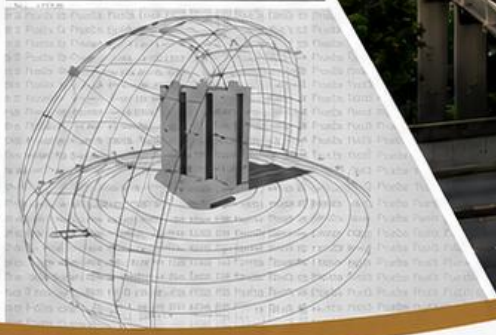
CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE Y BIOCLIMÁTICO

EN EL CONJUNTO RESIDENCIAL TORRES BLANCAS



AUTORES

Francisco Javier Lagos Bayona

Alain Fitzgerard Castro Alfaro

Jairo Jamith Palacios Rozo

EDITORIAL
MUNDO INTERDISCIPLINARIO

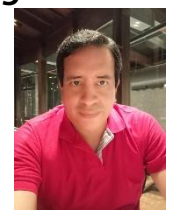
ISBN 978-628-97712-1-3

Autores Principales

Francisco Javier Lagos Bayona

Arquitecto Magíster en Construcción y Magíster en Diseño Sostenible.
Líder del grupo de investigación CYGA del programa Construcción y Gestión en Arquitectura. Investigador, ponente nacional e internacional y director de proyectos de grado de pregrado.
flagos@universidamayor.edu.co
https://orcid.org/ 0000-0001-8764-1510

Alain Fitzgerard Castro Alfaro



Doctorante en Educación
Doctorante en Socioformación y Sociedad del Conocimiento
Magíster en Dirección de la Alta Dirección.
Sociólogo.
Director General del Centro de Investigaciones y Capacitaciones Interdisciplinares
Docente e Investigador Universitario
director@centrodeinvestigacionescic.com.co
https://orcid.org/0000-0003-1727-7770

Jairo Jamith Palacios Rozo

Magister en Administración de Negocios
Especialista en Administración de Empresas
Docente de Planta de la Universidad
Colegio Mayor de Cundinamarca
Investigador y Ponente en eventos
nacionales e internacionales,
director de tesis de pregrado y postgrado
jjpalacios@universidadmayor.edu.co
https://orcid.org/0000-0002-1437-9838

EDITORIAL
MUNDO INTERDISCIPLINARIO

Editor: Editorial Mundo Interdisciplinario

Título
Construcción sostenible y bioclimática en el conjunto habitacional Torres Blancas

Autores
Francisco Javier Lagos Bayona, Jairo Jamith Palacios Rozo, Alain Fitzgerard Castro Alfaro

ISBN Versión Digital:
978-628-97712-1-3

Sello Editorial:
Editorial Mundo Interdisciplinario

Editor de Publicaciones y Coordinador editorial: Nora González – Cartagena –Colombia

Diagramación:
LFSE Soluciones Empresariales

Portada:
Linda Luz Castro González

Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin la autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons – Atribución – No comercial – Compartir igual 4.0 internacional / CC BY-NC-SA 4.0
https://co.creativecommons.net/tipos-de-licencias/

Cartagena –Colombia, Junio 2026

CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE Y BIOCLIMÁTICA EN EL CONJUNTO HABITACIONAL TORRES BLANCAS

FRANCISCO JAVIER LAGOS BAYONA

JAIRO JAMITH PALACIOS ROZO

ALAIN FITZGERARD CASTRO ALFARO

Colombia

Latinoamérica

2026

TABLA DE CONTENIDO

1. ESTRATEGIAS PASIVAS Y ACTIVAS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE EN PROYECTOS HABITADOS. 15

2. LA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE EN EDIFICACIONES YA CONSTRUIDAS. 20

La arquitectura bioclimática 29

Sostenibilidad y bioclimática en edificaciones en altura 31

Ayuntamiento de vitoria-gasteiz. Remodelación del palacio europa. Fase ii. 32

Ayuntamiento de amorebieta-etxano. Biskaia 34

Caf-beasain. Gipuzkoa. 34

3. DATOS BIOCLIMATICOS DEL IDEAM DE TRES ESTACIONES METEOROLÓGICAS. 37

4. DESCRIPCIÓN DE LOS RESULTADOS Y ANÁLISIS DEL MODELADO EN DESING BUILDER 72

Radiación solar anual de acuerdo con la posicion de las torres 73

Cuadro psicométrico para tecnicas de diseño 73

Vientos predominantes 75

Promedios mensuales, días mas calurosos 76

5. MODELADO Y DIAGRAMA SOLAR EN DESING BUILDER DEL CONJUNTO HABITACIONAL TORRES BLANCAS. 80

Diagrama solar del conjunto habitacional torres blancas 80

Análisis térmico de cada una de las torres. 80

La amenaza del moho negro en la arquitectura y sus habitantes 100

Microclima y confort térmico urbano 103

La irradiación germicida ultravioleta (uvgi) 108

Arquitectura bioclimática en edificios en altura. 112

Metodología de un diseño bioclimático 112

Normatividad en el control de humedad 114

6. PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN PARA EL CÁLCULO EN SOFTWARE 121

Bibliografía 125

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Valores totales mensuales de brillo solar de 1968 a 2017 37
Tabla 2 Valores mensuales de evaporación de 1970 a 2017 38
Tabla 3 Valores medios mensuales de humedad relativa de 1966 a 2017 39
Tabla 4 Valores medios mensuales de nubosidad de 1971 a 2017 41
Tabla 5 Valores medios mensuales de punto de rocío de 1966 a 2017 43
Tabla 6 Valores totales mensuales de precipitación desde 1966 a 2017 44
Tabla 7 Valores totales mensuales de precipitación de 1965 a 2017 45
Tabla 8 Valores máximos mensuales de precipitación de 1965 a 2017 46
Tabla 9 Valores medios mensuales de temperatura de 1966 a 2017 48
Tabla 10 Valores máximos mensuales de temperatura de 1966 a 2017 48
Tabla 11 Valores mínimos mensuales de temperatura entre 1966 y 2017 49
Tabla 12 Valores medios mensuales de tensión de vapor entre 1966 y 2017 51
Tabla 13 Valores totales mensuales de brillo solar entre 1972 y 2016 53
Tabla 14 Valores totales mensuales de evaporación entre 1972 a 2001 54
Tabla 15 Valores medios mensuales de humedad relativa entre 1972 y 2016 56
Tabla 16 Valores medios mensuales de nubosidad entre 1972 y 2016 57
Tabla 17 Valores medios mensuales de punto de rocío entre 1972 y 2016 58
Tabla 18 Valores mensuales de precipitación entre 1972 y 2016 60
Tabla 19 Valores de número de días mensuales de precipitación entre 1972 y 2016 60
Tabla 20 Valores máximos mensuales de precipitación entre 1972 y 2016 61
Tabla 21 Valores medios mensuales de temperatura entre 1972 y 2016 62
Tabla 22 Valores máximos mensuales de temperatura entre 1972 y 2016 63
Tabla 23 Valores mínimos mensuales de temperatura entre 1971 y 2016 64
Tabla 24 Valores medios mensuales de tensión de vapor entre 1972 y 2016 65
Tabla 25 Valores medios mensuales de velocidad del viento entre 1977 y 2012 66

Tabla 26 Valores totales mensuales de precipitación entre 1986 y 2015 68
Tabla 27 Valores número de días mensuales de precipitación entre 1986 y 2015 68
Tabla 28 Valores máximos mensuales de precipitación en 24 horas entre 1986 y 2015.....69
Tabla 29. Estaciones utilizadas para las mediciones meteorológicas. Fuente IDEAM 71
Tabla 30. Definición y fórmula de Conductividad térmica. 121
Tabla 31. Definición y fórmula de Resistencia térmica del material..... 121
Tabla 32. Definición y fórmula de Transmisión calorífica. 121
Tabla 33. Definición y fórmula de Inercia térmica.....122
Tabla 34. Definición del espesor del material.....122
Tabla 35. Definición y fórmula de Masa o Densidad del material 122
Tabla 36. Definición y fórmula de Difusividad térmica del material.....122
Tabla 37. Definición y fórmula de Efusividad del material 123
Tabla 38. Definición y fórmula de Calor especifico del material 123
Tabla 39. Definición y fórmula del Coeficiente K de transmisión térmica del material 124
Tabla 40. Definición y unidad de medición de la temperatura de los materiales 124
Tabla 41. Definición y unidades del bajo contenido energético de los materiales. 124
Tabla 42. Definición y unidades del alto contenido energético de los materiales.....124
Tabla 43 Zonas climáticas actuales. AMS. 2012. 104
Tabla 44 Zonas climáticas en Colombia. IDEAM. 2011.....106
Tabla 45. Aplicación de la UVGI a lo largo del tiempo. Fuente: (ASHRAE, 2008).....109
Tabla 46. Tipo de Aplicación según manual. Fuente: (ASHRAE, 2008)..... 110
Tabla 47. condición de las soluciones de muro. 115
Tabla 48. Definiciones, diseño propio. 116
Tabla 49. Condiciones de las soluciones en fachada. 117
Tabla 50. Definiciones de soluciones establecidas. Diseño propio. 117

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Valores totales mensuales de brillo solar de 1968 a 2017 37
Figura 2. Valores mensuales de evaporación de 1970 a 2017 39
Figura 3. Valores medios mensuales de humedad relativa de 1966 a 2017 40
Figura 4. Valores medios mensuales de nubosidad de 1971 a 2017 41
Figura 5. Valores medios mensuales de punto de rocío de 1966 a 2017 43
Figura 6. Valores totales mensuales de precipitación desde 1966 a 2017 45
Figura 7. Valores totales mensuales de precipitación de 1965 a 2017 45
Figura 8. Valores máximos mensuales de precipitación de 1965 a 2017 46
Figura 9. Valores medios mensuales de temperatura de 1966 a 2017 48
Figura 10. Valores máximos mensuales de temperatura de 1966 a 2017 49
Figura 11. Valores mínimos mensuales de temperatura entre 1966 y 2017 49
Figura 12. Valores medios mensuales de tensión de vapor entre 1966 y 2017 51
Figura 13. Valores totales mensuales de brillo solar entre 1972 y 2016 53
Figura 14. Valores totales mensuales de evaporación entre 1972 a 2001 55
Figura 15. Valores medios mensuales de humedad relativa entre 1972 y 2016 56
Figura 16. Valores medios mensuales de nubosidad entre 1972 y 2016 57
Figura 17 Valores medios mensuales de punto de rocío entre 1972 y 2016 59
Figura 18. Valores mensuales de precipitación entre 1972 y 2016 60
Figura 19.Valores de número de días mensuales de precipitación entre 1972 y 2016 61
Figura 20. Valores máximos mensuales de precipitación entre 1972 y 2016 61
Figura 21. Valores medios mensuales de temperatura entre 1972 y 2016 63
Figura 22. Valores máximos mensuales de temperatura entre 1972 y 2016 63
Figura 23. Valores mínimos mensuales de temperatura entre 1971 y 2016 64
Figura 24. Valores medios mensuales de tensión de vapor entre 1972 y 2016 65
Figura 25. Valores medios mensuales de velocidad del viento entre 1977 y 2012 67
Figura 26. Valores totales mensuales de precipitación entre 1986 y 2015 68

Figura 27. Valores número de días mensuales de precipitación entre 1986 y 2015 69
Figura 28.Valores máximos mensuales de precipitación en 24 horas entre 1986 y 2015.....69
Figura 29 Radiación solar anual. Fuente Autores. 2020 73
Figura 30 Cuadro Psicométrico. Autores. 2020 74
Figura 31. Vientos predominantes. Autores. 2020.....75
Figura 32 Vientos predominantes. Autores. 2020 76
Figura 33 Promedio mensuales y días más calurosos. Autores. 2020..... 77
Figura 34. Resumen semanal de la temperatura. Autores. 2020 78
Figura 35 Diagrama solar. Autores. 2020 80
Figura 36 Análisis térmico de la torre A piso más bajo. Autores. 2020. 81
Figura 37 Análisis térmico de la torre A piso intermedio. Autores. 2020 81
Figura 38 Análisis térmico torre A piso más alto. Autores. 2020.....82
Figura 39 Análisis térmico de la torre B piso más bajo. Autores. 2020 83
Figura 40 Análisis térmico de la torre B piso intermedio. Autores. 2020.....83
Figura 41 Análisis térmico de la torre B piso más alto. Autores. 2020.....84
Figura 42 Análisis térmico torre C piso más bajo. Autores. 2020. 85
Figura 43 Análisis térmico de la torre C piso intermedio. Autores. 2020. 85
Figura 44 Análisis térmico de la torre C piso más alto. Autores. 2020.....86
Figura 45 Iluminación de la torre A en los pisos inferiores. Autores. 2020. 87
Figura 46 Iluminación natural en la Torre A en los pisos intermedios. Autores. 2020. 87
Figura 47 Iluminación natural en la torre A en los pisos superiores. Autores. 2020 88
Figura 48 Iluminación natural en la torre B en el piso inferior. Autores. 2020. 89
Figura 49 Iluminación natural en la torre B en los pisos intermedios. 89
Figura 50 Iluminación natural en la torre B en los pisos superiores. Autores. 2020. 90
Figura 51 Iluminación natural en la torre C en los pisos inferiores. Autores. 2020. 91
Figura 52 Iluminación natural en la torre C en los pisos intermedios. Autores. 2020.....91
Figura 53 Iluminación natural en la torre C en los pisos superiores. Autores. 2020 92
Figura 54 En la figura muestra que en 3520 horas del año, se tiene una temperatura predominante de 12° en el piso 1 torre A. Autores. 2020 93

Figura 55 La figura muestra que cantidad por horas se tiene determinada temperatura en la torre A en los pisos superiores. Autores. 2020. 94

Figura 56 En la figura muestra que cantidad de horas tiene en determinada temperatura en la torre B en los pisos inferiores. Autores. 2020. 95

Figura 57 En la figura muestra que cantidad de horas tiene en determinada temperatura en la torre B en los pisos intermedios. Autores. 2020 95

Figura 58 En la figura muestra en que cantidad de horas se tiene determinada temperatura en la torre B en los pisos superiores. Autores. 2020. 96

Figura 59 En la figura se muestra que cantidad de horas se tiene determinada temperatura en la torre C en los pisos inferiores. Autores. 2020. 97

Figura 60 En la figura se muestra que cantidad de horas se tiene con determinada temperatura en la torre C en los pisos inferiores. Autores. 2020. 97

Figura 61 En la figura se muestra la cantidad de horas que se tiene con determinada temperatura en la torre C en los pisos superiores. Autores. 2020. 98

Figura 62 Ganancia solar externa durante el año. Autores. 2020. 99

Figura 63 Moho negro en ventana. (Souza, 2020) 100

Figura 64 Moho Negro en interior de vivienda. (Souza, 2020) 102

Figura 65 Esquema de la isla de calor en la ciudad. Theran Nieto. Rodriguez Potes, Mounthn Celedon & Manjarres de León. 2019 107

PRÓLOGO

A las edificaciones nuevas hoy en día se les debe implementar las estrategias de diseño y construcción sostenible con el propósito de ahorrar o disminuir el consumo de agua y energía aplicando la Resolución 194 de 2025 que sustituyo la 0549 de 2015. Aunque en las edificaciones ya construidas no es una obligación si pueden presentar fallas o ausencias en el confort para los usuarios.

Se toma un estudio de Caso Conjunto Residencial Torres Blancas, tres edificios construidos de 25 pisos cada uno, 4 apartamentos por piso para un total de 300 inmuebles localizados en la ciudad de Bogotá calle 24 con carrera 4, el cual presenta ausencias de confort principalmente por las bajas temperaturas al interior de este. la aparición de hongos y humedad permanente al interior de los espacios habitables. que con estrategias de diseño pueden ser mitigables.

El problema de investigación consiste en evaluar y analizar para diagnosticar la edificación lo que sucede durante un año tipo, mediante la simulación en el software Design Builder, el análisis bioclimático, los parámetros de diseño y construcción sostenibles aplicados desde el año de creación que fue en 1970 y como se pueden ajustar hoy en día para mejorar el confort de los espacios interiores.

Evaluar, analizar y diagnosticar para generar estrategias de aplicación para el confort de los usuarios de un inmueble de vivienda de propiedad horizontal ya construido en la ciudad de Bogotá, mediante el cálculo bioclimático, la medición de los materiales y la simulación con el

software Design Builder. Mediante el estudio de caso en el Conjunto Residencial Torres Blancas conformado por 3 edificios de 100 apartamentos cada uno.

Definición de arquitectura bioclimática, características de los materiales, contexto de la simulación y estrategias de sostenibilidad pasivas y activas que se pueden aplicar. Seleccionar un caso de estudio, identificar los datos bioclimáticos, de emplazamiento, identificar las características de uso, las propiedades de los materiales utilizados en su construcción, las estrategias de diseños aplicados y ausentes, la medición en el sitio hasta diagnosticar el grado de confort para los usuarios.

Se obtiene un documento de investigación, con conclusiones que llevan a propuestas y nuevos conocimientos de los que surgen nuevos problemas de investigación. Así mismo se logra generar la publicación de resultados en revistas de publicación nacional, en páginas web de interés académico y en los órganos de comunicación y divulgación gubernamentales. Se logra socializar el proyecto de investigación en el Comité de Currículo del programa, en el Comité de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, en eventos realizados por la oficina de Investigaciones de la Universidad, y en eventos o en espacios académicos fuera de la universidad donde el tema sea pertinente de carácter local nacional o internacional.

Arq. Mg. Francisco J. Lagos B.

Líder del grupo de investigación CYGA

INTRODUCCIÓN

Se identifica como problema a investigar edificios de vivienda en altura, construidos en la ciudad de Bogotá para lo cual como estudio de caso se selecciona el Conjunto Habitacional Torres Blancas, localizado en el centro de Bogotá, y por presentar una seria de patológicas originadas por ausencia de un adecuado diseño bioclimático.

El proyecto se vincula mediante el diseño de caja de zapato en el software design builder, se vincula la información permitente sobre su volumetría, materiales, usos, etc., para posteriormente analizarla con los datos bioclimáticos que ha tenido el Conjunto en su vida útil.

El Conjunto conformado por tres torres de 25 pisos presenta humedad al interior de cada uno de los apartamentos, muchos de los cuales presentan el origen para la formación de hongos al interior de los muros de este, al punto de presentar olor a humedad en el aire que respiran sus ocupantes y eventualmente la contaminación o impregnación de este olor en los objetos que se tienen al interior de los apartamentos.

El vincular los datos bioclimáticos obtenidos y analizar las imágenes resultantes se puede llegar a conclusiones sobre las estrategias de diseño y construcción que se pueden aplicar para mejorar las condiciones de confort en cada uno de los apartamentos.

Arq. Mg. Francisco J. Lagos B.

Líder del grupo de investigación CYGA

Capítulo I

CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE Y BIOCLIMÁTICA

Francisco Javier Lagos Bayona

Jairo Jamith Palacios Rozo

Alain Fitzgerard Castro Alfaro

CICI | CENTRO DE INVESTIGACIONES Y CAPACITACIONES INTERDISCIPLINARES

1. ESTRATEGIAS PASIVAS Y ACTIVAS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE EN PROYECTOS HABITADOS.

En el planteamiento del problema de ¿Cómo aplicar las estrategias pasivas y activas de diseño y construcción sostenible en proyectos ya habitados, para mejorar las condiciones de confort basados en el Software Desing Builder, los materiales de construcción utilizados y las condiciones bioclimáticas existentes? Mediante la delimitación del objeto o caso de estudio conformado por 300 inmuebles de vivienda en altura o propiedad horizontal ya construidos y habitados en la ciudad de Bogotá con ausencia de confort, para desarrollar en dos semestres académicos, con los recursos humanos y técnicos dispuestos por la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, en la Facultad de Ingeniería y Arquitectura y los programas Construcción y Gestión en Arquitectura, Administración y Ejecución de Construcciones y Trabajo Social.

El objetivo general de esta investigación logra evaluar, analizar y generar estrategias de aplicación de diseño y construcción sostenible para el confort de los usuarios en las tres torres del conjunto de vivienda multifamiliar de propiedad horizontal construido en la ciudad de Bogotá, mediante el cálculo

bioclimático, la medición de los materiales y la simulación en el software Design Builder. Y cuyos objetivos específicos son 1) Conocer y recopilar información bioclimática en el sitio sobre los inmuebles de vivienda de propiedad horizontal, sobre su diseño y construcción para realizar los cálculos de confort bioclimáticos. 2) Identificar las propiedades físicas y características de los materiales utilizados en la construcción de los inmuebles para vincular dicha información en el software Design Builder. Y 3) Compilar los datos bioclimáticos de la ciudad donde está construido el proyecto para vincular dicha información al software design builder, con el propósito de obtener la simulación anual del confort y los datos de ausencia de dicho confort y posteriormente plantear las estrategias pasivas y activas aplicables al inmueble para lograr el máximo de confort al año.

Para el desarrollo de la metodología inicia al seleccionar el inmueble de vivienda de propiedad horizontal junto a los cerros orientales en la ciudad de Bogotá, se continua al describir cómo está construida la envolvente de cubierta y fachadas, se pasa a identificar las características o propiedades físicas de los materiales con los que está construido, la Conductividad, Calor específico, Capacidad térmica, Efusividad, Difusividad, Transmisión calorífica, resistencia térmica, inercia y densidad. Con el propósito de realizar junto con los datos bioclimáticos de la ciudad, y del lugar, el cálculo correspondiente y las acciones necesarias a nivel constructivo, tecnológico y pasivo para

mantener el inmueble siempre entre la franja de confort durante todo el año al interior del inmueble. Como Plantear el proceso de análisis del inmueble para evaluar su confort para los usuarios mediante el cálculo de las características sostenibles de los materiales y la simulación bioclimática mediante el software Design Builder; posteriormente concluir las acciones a realizar mediante el diseño activo o pasivo, la construcción y/o la implementación de equipos tecnológicos.

La Justificación social del proyecto se origina como parte del proceso de implementación de las políticas de sostenibilidad en la arquitectura y el urbanismo, las cuales se espera llevar a las edificaciones ya construidas, buscando elevar los niveles de ahorro de agua y energía promoviendo una cultura de la sostenibilidad relacionada con la aplicación de la Resolución 0194 de 2025 que reemplazo la Resolución 0549 de 2015 del Ministerio de vivienda ciudad y territorio, que aunque está destinada a las construcciones nuevas bien puede aplicarse a las existentes.

Frente a la justificación productiva y de acuerdo con los procesos de evolución de la construcción en las agremiaciones profesionales y empresariales, el tema del proceso de sostenibilidad en edificaciones nuevas y/o ya construidas es relativamente reciente, y se ha vuelto indispensable en cualquier proceso de diseño, construcción y gestión de inmuebles, de igual

manera se implementan los procesos de valoración del confort en las edificaciones ya construidas para la formación del profesional acorde a la dinámica sostenible.

En lo referente a la justificación técnico científico se plantea ser más eficientes disminuyendo el consumo energético y el consumo de agua en la etapa de uso de la edificación, al plantear la implementación de energías alternativas, la reutilización de las aguas jabonosas, grasas y lluvias, la purificación del agua sanitaria por procesos fito depuradores son apartes de la implementación de las medidas de diseño y construcción sostenible en edificaciones ya construidas y habitadas.

Capítulo II

LA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE EN EDIFICACIONES YA CONSTRUIDAS

Francisco Javier Lagos Bayona

Jairo Jamith Palacios Rozo

Alain Fitzgerard Castro Alfaro

CICI | CENTRO DE INVESTIGACIONES Y CAPACITACIONES INTERDISCIPLINARES

2. LA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE EN EDIFICACIONES YA CONSTRUIDAS.

La Construcción sostenible a nivel de la ciudad, en Bogotá existe un programa desarrollado por la Secretaría del Medio Ambiente denominado "Bogotá Construcción Sostenible" para promover prácticas de construcción sostenible y eco urbanismo (Secretaría Distrital de Ambiente, 2017). Continuando con las dinámicas sostenibles, a nivel nacional se encuentra el Ministerio de Vivienda que expide los Lineamientos y Guía de Construcción Sostenible, ésta trata en su primer anexo la eficiencia energética y la eficiencia del uso de agua en las edificaciones, contiene los lineamientos para edificaciones nuevas a nivel nacional, en su segundo anexo presenta la zonificación climática del país, basada en la temperatura y la humedad relativa, de los municipios, en su tercer anexo plantea los mecanismos de seguimiento y control, la sugerencia es para inmuebles nuevos, aunque pensamos que se desea plantear en esta publicación estrategias para implementar esta política en los inmuebles ya construidos; también hay una entidad que vela por promover las prácticas sostenibles en el campo de la construcción, este es el Consejo Colombiano de Construcción Sostenible, una organización privada que promueve la sostenibilidad en la construcción en edificaciones nuevas y en existentes (Consejo Colombiano de Construcción Sostenible, 2017).

Surge entonces la denominada Construcción Sostenible, “es aquella que está en sincronía con el sitio, hace uso de la energía, agua y materiales de un modo eficiente y provee confort y salud a sus usuarios” (Ministerio de Vivienda, 2017). La construcción ambientalmente sostenible inicia con un proceso de diseño consciente del clima y del entorno en el que se ubica la edificación, aspectos en los que se centra la arquitectura bioclimática.

La construcción ambientalmente sostenible inicia con un proceso de diseño consciente del clima y del entorno en el que se ubica la edificación, aspectos en los que se centra la arquitectura bioclimática. Son las dos energías alternativas que hemos utilizado para la iluminación, calefacción y refrigeración, son nuestra fuente natural de luz, calor y aire, con las políticas del cambio climático, la arquitectura de energía cero y carbono neutro vuelve para reinventarse.

Esta arquitectura no solo implica la suma de estrategias pasivas, sistemas tecnológicos de bajo consumo e ingeniería ecológica, implica un cambio mental de los profesionales del diseño para utilizar los recursos de manera renovable, cambio en los valores sociales, ecológicos y de la percepción de la estética, emplea los recursos de una manera mucho más sensible y propende reducir o eliminar la utilización de los recursos no renovables como el carbón.

Una arquitectura con carbono neutro promueve la salud y el bienestar, disminuye el consumo de energía y recursos, nos conecta más con la naturaleza y con la estética de la ecología, una arquitectura con energía cero permite la evolución de los procesos de diseño, sus estrategias y normativas y por lo tanto nuevos sistemas o herramientas de evaluación del diseño y de la construcción.

Sellos de construcción sostenible

Para procurar construir edificaciones más amables con el ambiente, se han creado sellos internacionales en los que se mide la sostenibilidad de las edificaciones, por medio de la evaluación del nivel de innovación y diseño, del nivel de eficiencia frente a parámetros de emplazamiento, eficiencia en el uso energético, del agua, de los materiales y la calidad ambiental (Monroy, 2014, pp. 20, 21). Varios países han creado sus propios sellos de acuerdo con sus requerimientos particulares.

El sello BREEAM creado por el Building Reseach Establishment o grupo de poder es el primer sello desarrollado por el Reino Unido después del protocolo de Kioto en 1990 (Monroy, 2014, p. 22). Además de tener en cuenta edificaciones, también certifica proyectos de planeación e infraestructura. La certificación califica en los niveles: aceptable, bien, muy bien, excelente y excepcional en la categoría de: energía, salud y bienestar, innovación, uso de suelo, materiales, gerencia, polución, transporte,

desperdicios y agua (BRE, 2017). Australia cuenta con un sello creado en el año 2003, basado en BREEAM Building Research Establishment Environmental Assesment Methodology, y en el sello LEED Leadership in Energy y Environmental Design, mencionado más adelante. Dicho sello hace una evaluación del diseño ambiental y de la construcción, además busca establecer un lenguaje común y medida estándar en las edificaciones nuevas y eventualmente en las ya construidas (Monroy, 2014, p. 23). Se profundiza en el sello LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) ya que es el sello más conocido en el medio colombiano y el que se ha adoptado como referencia de sostenibilidad en las construcciones del país. El sello LEED fue creado en 1993 por Estados Unidos, específicamente por United States Green Building Council. LEED se enfoca en el desempeño del edificio y tiene versiones para construcciones nuevas, edificios existentes, operación y mantenimiento, interiores comerciales, envolvente y núcleo (Monroy, 2014, p. 23). LEED da puntajes por el cumplimiento de estándares y de acuerdo con el puntaje del proyecto puede ser certificado, plata, oro o platino (U.S Green Buiding Council, 2017). Alrededor del mundo se han certificado más de 424 millones de metros cuadrados, más de 200.500 profesionales acreditados en 155 países alrededor del mundo, por lo que es considerada la certificación más importante a nivel mundial. Según cifras de diciembre de 2016, en Colombia existen 337 proyectos registrados en el listado oficial de LEED, los cuales suman 6.2 millones de metros cuadrados, en 44 ciudades y 22 departamentos. En cuanto a certificaciones se cuenta con 8 proyectos

Platino, 47 proyectos Oro, 24 proyectos Plata y 14 proyectos certificados (Consejo Colombiano de Construcción Sostenible, 2017).

La arquitectura bioclimática en el concepto de arquitectura bioclimática se ha implementado desde que el hombre buscó cobijo (Tabernero, 2010), y se dio hasta la revolución industrial, sin embargo, se retomó en la década del setenta cuando comenzó a tratarse el calentamiento global. La arquitectura bioclimática da soluciones valiéndose de estrategias que aprovechan los elementos del clima; la radiación solar, temperatura del aire, humedad del aire, precipitaciones y el viento para proporcionar confort a la edificación (Haslauden, 2012, p. 14).

Fue en la década del setenta cuando los hermanos Olgyay buscaron un vínculo entre la vida, el clima y el diseño. La arquitectura bioclimática "designa un estilo arquitectónico que busca el aprovechamiento de los recursos del medio ambiente" (Revista ARQHYS.com, 2017). Con la crisis energética en 1973 se concientizó de no depender únicamente de combustibles fósiles, de este modo se desarrolla la arquitectura bioclimática respondiendo a la necesidad de ahorro de energía como una importante forma de contribuir con el ambiente y el bienestar humano. La bioclimática está directamente relacionada con el ahorro energético que puede tener la

edificación debido a la minimización de sistemas de ventilación mecánica (aire acondicionado y calefacción) y el aprovechamiento de la luz natural.

Elementos de la arquitectura bioclimática

La radiación solar: Es una determinante importante de diseño ya que la intensidad de la radiación solar que recibe el edificio proporciona suficiente iluminación al interior, permitiendo mayor visibilidad, pero a la vez genera mayor calor. Se debe tener en cuenta el ángulo del sol en relación con la fachada de la edificación (Haslauden, 2012, p. 14).

La temperatura: Depende de los materiales y sus propiedades térmicas, un ejemplo es el concreto que guarda el frío de la noche y lo libera durante el día, refrescando la temperatura interior del inmueble. En otros casos, el concreto guarda la temperatura cálida del día y la libera en la noche, calentando la edificación. Esto recibe el nombre de sistema pasivo de temperatura. También puede controlarse de acuerdo con la composición del suelo donde se emplaza el edificio. La temperatura anual promedio se encuentra entre los 10 y los 15 metros de profundidad, dicha temperatura puede ser utilizada ya sea para enfriar o calentar (Haslauden, 2012, p. 14).

Humedad del aire: Se mide de dos formas relativa y absoluta. La humedad relativa varía de acuerdo con la temperatura y la humedad absoluta es la cantidad total de vapor en el aire, ésta cambia muy poco durante el día y depende de la proximidad al mar o de los niveles de precipitaciones (Haslauden, 2012, p. 16).

El viento: Tiene en cuenta la forma de la edificación y su alrededor. Pueden presentarse microclimas que pueden cambiar la velocidad del viento dependiendo de las presiones (Haslauden, 2012, p. 16). De otro lado se encuentran los factores del clima, los que producen, mantienen o alteran el clima. Estos son la latitud, el viento local y regional, la altitud y la incidencia de la radiación solar. De acuerdo con Haslauden (2012) La latitud de Bogotá es 4°630-74°080. La altura sobre el nivel del mar es 2560 m. La temperatura promedio 13,3° grados, la temperatura máxima 23,6° grados centígrados y la mínima 2° grados centígrados. La variación máxima en el día son 20° grados centígrados. La humedad relativa promedio es de 10.1 g/kg. (gramos por kilo de aire seco) La humedad relativa mínima es 5,4 g/kg. La radiación promedio 179,4 w/m2.

Arquitectura Cero: El sol y el viento han inspirado todos los aspectos del diseño arquitectónico, desde la construcción hasta la planta, la sección, los materiales y los detalles. (Guzowski 2010), son dos recursos naturales que

hemos utilizado para la iluminación, calefacción y ventilación, la fuente natural de luz, calor y aire. Es una arquitectura que pretende permanecer el máximo de tiempo al año, entre el rango de confort térmico, que promueve la salud, el bienestar y una conexión con el lugar y los ecosistemas, que impacta el aspecto económico de los habitantes de una ciudad, una arquitectura que busca unir los aspectos sociales que nos competen a todos como el consumo eficiente de agua y energía a cada uno de los habitantes de una ciudad. Una arquitectura que responde a las necesidades acústicas de un proyecto, donde esta estudiada la intensidad lumínica adecuada para las actividades que se programan realizar en sus espacios, se estudia y proyecta el ciclo de vida de sus materiales utilizados, una arquitectura y urbanismo que tiene programados los tiempos de retorno de estos, esto se puede considerar como una solución sostenible no convencional. (Lagos 2017).

Diseño Eficiente: Realizar los diseños arquitectónicos con características de carácter pasivo está en una época de renacimiento con la arquitectura sostenible, la masificación y la industrialización de la arquitectura desvaloran el diseño pasivo a nivel urbano y arquitectónico porque lo de suplen con acciones tecnológicas o de adaptación al lugar que hoy se sabe no han sido benéficas para el ambiente. La estética de la arquitectura solar, llego a considerarse sinónimo de diseño deficiente o vernácula, arquitectura pobre o limitada, expresión arquitectónica del pasado; hoy en día con el renacer de

la arquitectura de carácter sostenible es necesario diseñar con la naturaleza, para mejorar la relación con el entorno, lo expresa Ralph Knowles. (2010). Una arquitectura con ““carbono neutro”” promueve la salud y el bienestar, disminuye el consumo de energía y recursos, nos conecta más con la naturaleza y con la estética de la ecología, una arquitectura con energía cero permite la evolución de los procesos de diseño, sus estrategias y normativas y por lo tanto nuevos sistemas o herramientas de evaluación del diseño y de la construcción para su aplicabilidad; seguimiento; verificación; y finalmente su correcta implementación.

Materiales sensibles para los cerramientos: Las fachadas y las cubiertas son una piel dinámica y flexible, con estructura inteligente que se adapta a las condiciones meteorológicas del clima y a las necesidades variables de los ocupantes. Lo expresan Michel Wiggington, y Jude Harris. (2010) Esto implica varias capas cada una con una función específica, olvidándonos del cerramiento decorativo.

La metáfora de la piel del edificio en fachadas, cubiertas, placa de contra piso y culatas como entidades biológicas, es eficaz frente a la sensibilidad al medioambiente, en lugar de controlar el ambiente mediante la tecnología., existen dos caminos adaptarnos al ambiente con cerramientos de mínima tecnología o cerramientos con alta tecnología, aplicando en ambos las

consideraciones ambientales, los programas, la tecnología y la estética. Lo mejor para esta piel es que sea permeable, nuestros proyectos no deben ser estrictamente locales o regionales, ni disfrutar el lugar o un lugar para el alma, deben ser para salvar al mundo. (Garrido 2015).

Economía Circular: "La Economía circular consiste en un ciclo continuo de desarrollo positivo que conserva y mejora el capital natural, optimizando el uso de los recursos y minimiza los riesgos del sistema al gestionar una cantidad finita de existencias y flujos renovables." (Fundación Ellen MacArthur 2019).

LA ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA

La industria de la construcción tiene gran responsabilidad en el estado actual del deterioro del planeta debido a la utilización indiscriminada de los recursos la generación de desechos. La construcción consume el 40% de las materias primas en el mundo y cerca del 17% del agua potable, además utiliza del 40 al 50 % de la energía mundial y es responsable en gran parte de la contaminación (Pérez, 2014). La construcción que ignora el daño que ocasiona al medio ambiente tuvo su origen en la revolución industrial, cuando las edificaciones adoptaron sistemas que mejoraban la habitabilidad

interior utilizando mecanismos que consumían energía. Luego la construcción adoptó materiales que no eran tomados del lugar, sino que recorrían grandes distancias hasta su destino (De Santiago, 2007) contribuyendo a la degradación del planeta y convirtiendo la construcción en una de las actividades con mayor impacto ambiental (Acevedo, 2012). De acuerdo con el Ministerio de Vivienda (2017) a nivel mundial la construcción demanda más de la mitad de los recursos que se consumen.

Frente a este fenómeno la industria de la construcción ha reaccionado y ha tomado un papel activo desde la selección de los materiales, hasta determinantes en el diseño. Surge entonces la denominada Construcción Sostenible, "es aquella que está en sincronía con el sitio, hace uso de la energía, agua y materiales de un modo eficiente y provee confort y salud a sus usuarios" (Ministerio de Vivienda, 2017). La construcción ambientalmente sostenible inicia con un proceso de diseño consciente del clima y del entorno en el que se ubica la edificación; aspectos climáticos y aspectos propios del lugar son las bases de la arquitectura bioclimática, por tanto, el documento no obliga a las edificaciones construidas antes de la norma, que esta sea aplicada.

La arquitectura bioclimática "es aquella arquitectura que tiene en cuenta el clima y las condiciones del entorno para ayudar a conseguir el confort

higrotérmico interior y exterior. Involucra y juega- exclusivamente-con el diseño y los elementos arquitectónicos, sin utilizar sistemas mecánicos (los que son considerados sólo como sistemas de apoyo)" (Garzón 2007, 15). La arquitectura bioclimática consiste en diseñar una edificación o adecuar una existente, que busca el confort mediante el aprovechamiento del clima y sus elementos reguladores junto con las condiciones del entorno (Haslauden, 2012, p. 14), para proporcionar el máximo confort con el mínimo gasto energético (ISMD Ingeniería Sostenible, 2017). Las soluciones dadas se sustentan en elementos del clima como la radiación solar, la temperatura del aire, la humedad del aire, precipitaciones y el viento (Haslauden, 2012, p. 14).

SOSTENIBILIDAD Y BIOCLIMÁTICA EN EDIFICACIONES EN ALTURA

En el país se realizan intervenciones de mantenimiento sobre edificios en altura como es el caso de Torres Blancas. La iniciativa surge a partir de que las constructoras consideraron su supervivencia y su competitividad en épocas de crisis, y teniendo en cuenta que la construcción es una de las actividades con mayor impacto ambiental se reflexionó acerca de la aplicación racional de criterios de eco diseño que sean ambientalmente sostenibles. (Blancas, 2020) La metodología de la guía de la Edificación, Rehabilitación y Urbanización Ambientalmente Sostenible implementada en

el país vasco ha sido aplicada en edificios patrimoniales, a continuación, se documentan tres ejemplos.

AYUNTAMIENTO DE VITORIA-GASTEIZ. REMODELACIÓN DEL PALACIO EUROPA. FASE II.

El tratamiento sostenible de esta edificación es una rehabilitación en la que se contó con la colaboración de Ihobe y el Ayuntamiento de Vitoria Gasteiz para determinar estrategias y acciones en la rehabilitación para reducir posibles impactos ambientales y lograr la sostenibilidad de la edificación. (Ihobe, Sociedad pública de Desarrollo Ambiental, p. 31). La edificación fue construida en 1989, el edificio se encuentra en buen estado, alberga unos 700 usuarios y la ampliación que se está realizando tendrá cupo para 2.500 personas en 16 espacios nuevos. La intervención se realiza en dos edificios existentes y se va a construir un tercer edificio nuevo (Ihobe, Sociedad pública de Desarrollo Ambiental, p. 32). Los criterios generales fueron la mejora de las condiciones de confort y la eficiencia energética.

Antes de la rehabilitación se desarrolló un estudio de consumos de energía y de agua, con lo anterior se evaluaron las necesidades de refrigeración pensando en los nuevos espacios con sus nuevas dimensiones y usos y con diferentes requerimientos de confort. Se determina como medida para

reducir el gasto energético la implementación de la ventilación natural. Sobre la cubierta se instalarán paneles fotovoltaicos para el aprovechamiento de su energía en las instalaciones, la ubicación de los paneles favorece la refrigeración del edificio mediante la protección solar de la cara sur de una serie de lucernarios (Ihobe, Sociedad pública de Desarrollo Ambiental, p. 32). La zona de exposiciones tiene iluminación cenital y ha favorecido la entrada de iluminación natural. La iluminación actual se sustituye por tecnología LED que es más eficiente. Tiene un sistema de climatización que optimiza la relación entre confort y consumo energético integrando la temperatura, la humedad y la calidad del aire de acuerdo con los requisitos de uso y ocupación. En el exterior se implementan fachadas verdes que contribuirán al microclima del entorno, así como al mejoramiento térmico y acústico de la edificación. "Las medidas de mejora del edificio adoptadas en la rehabilitación, contribuyen a una reforma considerable del comportamiento ambiental del mismo. Mediante esta actuación se demuestra que una rehabilitación sostenible es viable y que tiene efectos sociales, ambientales y económicos positivos en nuestros barrios y ciudades mejorando su habitabilidad, reduciendo su impacto ambiental y mejorando la integración social" (Ihobe, Sociedad pública de Desarrollo Ambiental, p. 33).

AYUNTAMIENTO DE AMOREBIETA-ETXANO. BISKAIA

El edificio fue construido después de la guerra civil (1936-1939). Se requirió una intervención integral del edificio ya que los requerimientos de espacio, accesibilidad y eficiencia energética se encontraban obsoletos. La intervención debía ser respetuosa con el contexto en el que se encuentra inmersa la edificación. Debido a la necesidad espacial se adicionó una nueva planta. "Se planteó una bomba de calor reversible alimentada por geotermia que da servicio a una instalación de calefacción por suelo radiante y un sistema de refrigeración por aire impulsado desde difusores en el techo falso" (Ihobe, Sociedad pública de Desarrollo Ambiental, p. 38). Se implementaron medidas pasivas y activas de sostenibilidad; con el desmonte de elementos en piedra de la fachada se utilizaron para darle mayor espesor con lo que mejoró el aislamiento, la carpintería se hizo en madera y los vidrios utilizados eran aislantes, estos aislantes disminuyeron las pérdidas térmicas del 46% al 21% en vanos. Mediante una bomba de calor geotérmica alimentada con pozos de 125 metros de profundidad se produjo energía térmica.

CAF-BEASAIN. GIPUZKOA.

El edificio de Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles S.A. fue rehabilitado ya que se encontraba en desuso, se revalorizó su valor histórico y

arquitectónico y la búsqueda de la excelencia energética y ambiental. El edificio se construyó en 1917 y se cambia su uso haciendo una redistribución espacial. Del antiguo edificio se utiliza la cimentación y los muros perimetrales. Se realiza un diseño bioclimático del edificio, el elemento principal es el patio central ya que mejora la iluminación a través de un lucernario de 82 m2 de superficie, la ventilación y la climatización (Ihobe, Sociedad pública de Desarrollo Ambiental, p. 41) "se beneficia de aportes energéticos externos, tanto caloríficos como frigoríficos y dispone de dos extractores de gran caudal para posibilitar la evacuación del aire en caso de resultar necesario para el equilibrio térmico interior". (Ihobe, Sociedad pública de Desarrollo Ambiental, p. 42). La reutilización de un edificio ya existente ahorra materiales y energía, además de otros recursos. Sus muros de mampostería cumplen con la función de aislantes térmicos, se ha aplicado diseño bioclimático que permite aprovechar aportes externos de calor y frío a través del patio, además cuenta con sistemas de ahorro de agua y una instalación de iluminación de alta eficiencia que se regula en función del aporte de luz natural (Ihobe, Sociedad pública de Desarrollo Ambiental, p. 42).

Capítulo III

DATOS BIOCLIMÁTICOS DEL IDEAM DE TRES ESTACIONES METEOROLÓGICAS

Francisco Javier Lagos Bayona

Jairo Jamith Palacios Rozo

Alain Fitzgerard Castro Alfaro

CICI | CENTRO DE INVESTIGACIONES Y CAPACITACIONES INTERDISCIPLINARES

3. DATOS BIOCLIMATICOS DEL IDEAM DE TRES ESTACIONES METEOROLÓGICAS.

Los datos bioclimáticos fueron solicitados al IDEAM, el cual envió la información correspondiente entre los años 1968 a 2017 de las tres estaciones meteorológicas indicadas. Dichos datos se pasaron a una tabla de Excel para tomar los promedios mínimos, medios y máximos de cada año, posteriormente se realiza un promedio d.

IDEAM INSTITUTO DE HIDROLOGIA METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES
SISTEMA DE INFORMACIÓN NACIONAL AMBIENTAL
ESTACIÓN VENADO ORO VIVERO

ESTACION:	21205580
LOCALIZACIÓN:	BOGOTA D.C.
FECHA DE INSTALACIÓN:	AGOSTO DE 1965
FECHA DE PROCESO:	16 DE AGOSTO DE 2018

IDEAM INSTITUTO DE HIDROLOGIA METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES
SISTEMA DE INFORMACIÓN NACIONAL AMBIENTAL
ESTACIÓN VENADO ORO VIVERO. LATITUD 4°35" N, LONGITUD 74° 3" W, ELEVACIÓN 2725 MSNM

VALORES TOTALES MENSUALES DE BRILLO SOLAR (Horas) 1968 a 2017													
AÑO	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	PROM/MES
MEDIOS	110,1	94,5	84,8	68,1	77	85,8	101	100,9	92	78,4	74,3	95,9	88,57
MAXIMO	165,1	151,5	154,9	102,1	114,2	122	132,3	132	142,6	132,4	100,6	160,3	134,17
MINIMO	29,3	45,5	17	14,3	32,9	40,9	67,5	66,3	40,9	38	19	39,6	37,60

Tabla 1 Valores totales mensuales de brillo solar de 1968 a 2017

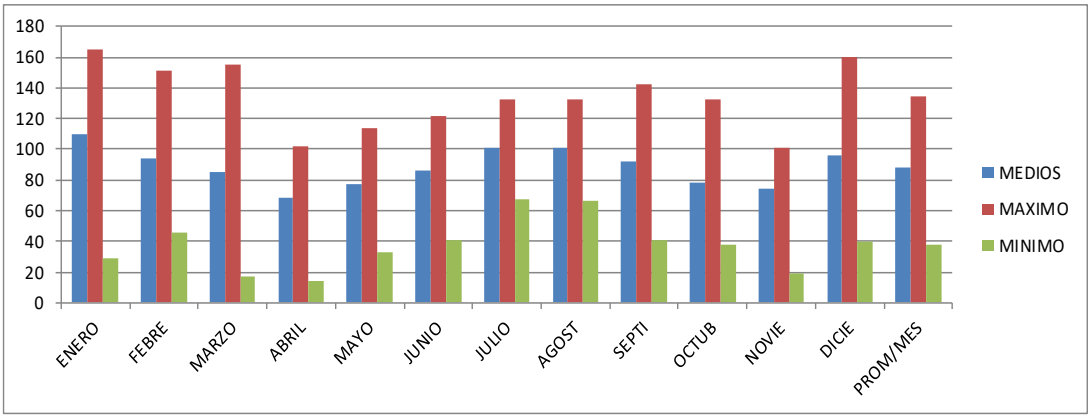


Figura 1 Valores totales mensuales de brillo solar de 1968 a 2017

En la tabla 1 se observan las diferentes variables aplicadas para estudiar el brillo solar donde se identifica el promedio mínimo, medio y máximo en cada uno de los meses de 49 años. Se identifica de donde fueron tomados los datos la estación Venado Oro Vivero localizado en la ciudad de Bogotá, del IDEAM o Instituto de Hidrología meteorología y estudios ambientales del sistema de información nacional ambiental, organismo colombiano; Las unidades están dadas en horas de sol al mes. El periodo o tiempo registrado corresponde entre los años 1968 a 2017, es decir 49 años de recolección de datos. El valor máximo se presenta promediado con 165,1 horas en los diferentes meses de enero de estos 49 años que se tomaron datos. El valor mínimo se presenta con 14,3 horas de sol en el mes de abril. Se realizaron los promedios anuales del mínimo, medio y máximo. Para comparar posteriormente con la temperatura, la nubosidad y la precipitación.

En la figura 1 se visualiza que los meses con mayor brillo solar esta primero el mes de enero, seguido de diciembre, luego marzo y febrero, concluyendo como los 4 meses con mayor brillo solar. Los meses con menos brillo solar son abril, marzo, noviembre y enero.

IDEAM INSTITUTO DE HIDROLOGIA METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES
SISTEMA DE INFORMACIÓN NACIONAL AMBIENTAL
ESTACIÓN VENADO ORO VIVERO. LATITUD 4°35" N, LONGITUD 74° 3" W, ELEVACIÓN 2725 MSNM

VALORES MENSUALES DE EVAPORACIÓN (mms) 1970 a 2017													
AÑO	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	PROM/MES
MEDIOS	70	61,9	65,5	59,9	62,7	60,4	65,4	66,2	68,6	60,4	57,3	59,2	63,1
MAXIMO	108,8	107,1	95,1	87,9	81,3	85,3	91,6	86	94	92,2	92,5	89,1	92,6
MINIMO	34,6	35,9	40,4	38,2	46,6	36	41,2	43,2	43,3	37,7	35,6	34,5	36,1

Tabla 2 Valores mensuales de evaporación de 1970 a 2017

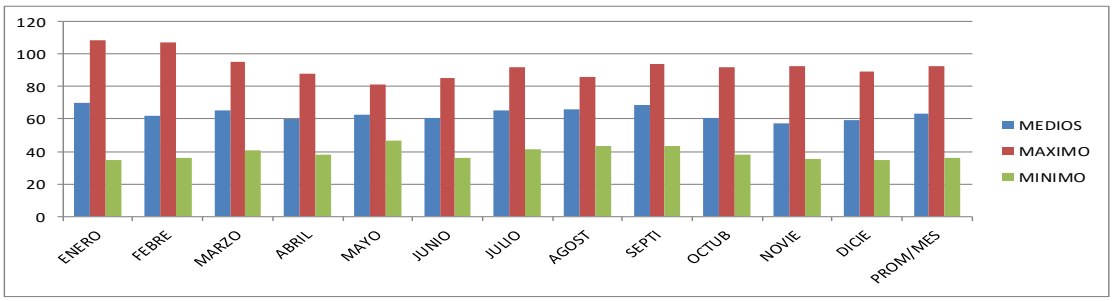


Figura 2. Valores mensuales de evaporación de 1970 a 2017

En la tabla 2 se observan los datos de evaporación de la estación Venado Oro Vivero localizada en Bogotá y con registro de datos de 47 años, tomados por el IDEAM, se realizaron los promedios mensuales en milímetros, donde se identifica el mes de enero como el de mayor promedio de evaporación 108,8 mm y el menor es el mes de diciembre con 34,5 mm, esta evaporación se compara con la temperatura del aire, humedad relativa del aire, velocidad del viento y se identifica la radiación solar que proporciona la energía necesaria para la evaporación.

En la figura 2 se identifican los meses con mayor evaporación enero y febrero y los meses con menos evaporación corresponden a enero y diciembre.

IDEAM INSTITUTO DE HIDROLOGIA METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES
SISTEMA DE INFORMACIÓN NACIONAL AMBIENTAL
ESTACIÓN VENADO ORO VIVERO. LATITUD 4°35" N, LONGITUD 74° 3" W, ELEVACIÓN 2725 MSNM

VALORES MEDIOS MENSUALES DE HUMEDAD RELATIVA (%) 1966 A 2017													
AÑO	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	PROM/MES
MEDIOS	79	79	80	81	82	82	81	80	80	81	83	81	81
MAXIMO	89	89	89	91	89	92	89	90	93	88	88	88	90
MINIMO	73	67	73	75	74	72	72	72	73	74	77	73	73

Tabla 3 Valores medios mensuales de humedad relativa de 1966 a 2017

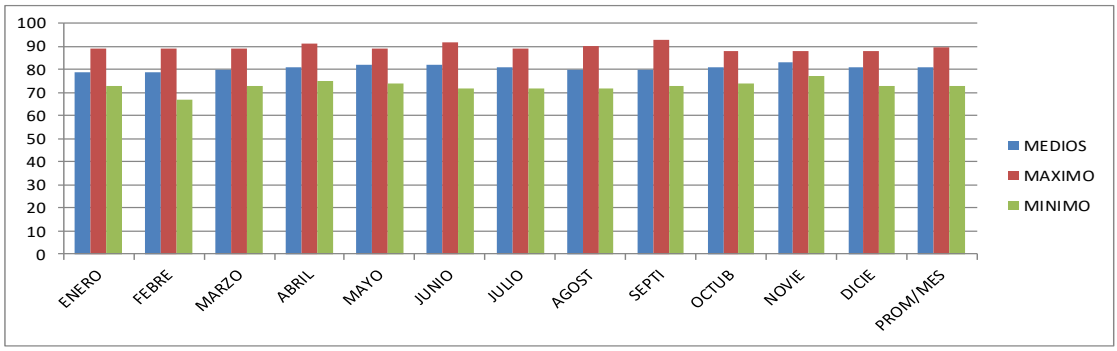


Figura 3. Valores medios mensuales de humedad relativa de 1966 a 2017

En la tabla 3 se observan las diferentes variables aplicadas para estudiar la humedad relativa donde se identifica el promedio mínimo, medio y máximo en cada uno de los meses de 51 años. Se identifica de donde fueron tomados los datos de la estación Venado Oro Vivero localizado en la ciudad de Bogotá, del IDEAM o Instituto de Hidrología meteorología y estudios ambientales del sistema de información nacional ambiental, organismo colombiano; Las unidades están dadas en porcentaje de humedad relativa por m3 de aire. El periodo o tiempo registrado corresponde entre los años 1966 a 2017, es decir 51 años de recolección de datos. El valor máximo se presenta promediado con 93% en el mes de septiembre identificándose como el más crítico de estos 51 años que se tomaron datos. El valor mínimo se presenta con 67 % de humedad relativa en el mes de febrero, se realizaron los promedios anuales del mínimo, medio y máximo. Para determinar la comodidad humana o percepción de bienestar humano, se identifica el estrés hídrico pues influye en la transpiración del ser humano, las plantas y los animales, identifica también la eventual propagación de plagas y enfermedades.

En la figura 3 se identifican los promedios por cada mes de los 51 años que se tomaron datos en la estación Venado de Oro del IDEAM en Bogotá

IDEAM INSTITUTO DE HIDROLOGIA METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES
SISTEMA DE INFORMACIÓN NACIONAL AMBIENTAL
ESTACIÓN VENADO ORO VIVERO. LATITUD 4°35" N, LONGITUD 74° 3" W, ELEVACIÓN 2725 MSNM

VALORES MEDIOS MENSUALES DE NUBOSIDAD (Octas) 1971 A 2017													
AÑO	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	PROM/MES
MEDIOS	5	5	6	6	7	6	6	6	6	6	6	5	5,8
MAXIMO	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8,0
MINIMO	3	3	5	4	5	5	5	4	4	4	4	3	4,1

Tabla 4 Valores medios mensuales de nubosidad de 1971 a 2017

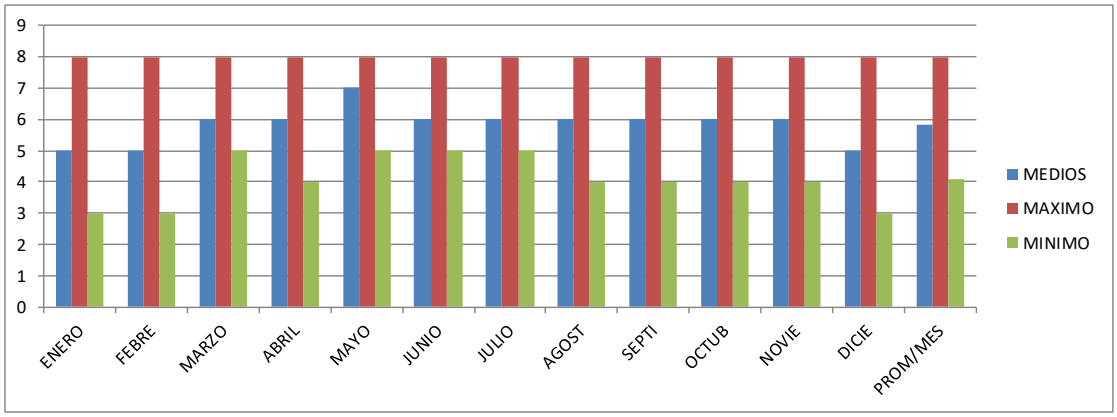


Figura 4. Valores medios mensuales de nubosidad de 1971 a 2017

En la tabla 4 se observan las diferentes variables aplicadas para estudiar la nubosidad donde se identifica el promedio mínimo, medio y máximo en cada uno de los meses de 46 años. Se identifica de donde fueron tomados los datos la estación Venado Oro Vivero localizado en la ciudad de Bogotá, del IDEAM o Instituto de Hidrología meteorología y estudios ambientales del sistema de información nacional ambiental, organismo colombiano; Las unidades están dadas en número

de octas u octavos de la bóveda celeste. El periodo o tiempo registrado corresponde entre los años 1971 a 2017, es decir 46 años de recolección de datos. El valor máximo se presenta de 8 octas en todos los meses del año de estos 46 años que se tomaron datos. El valor mínimo se presenta con 3 octas de nubosidad en los meses de enero, febrero y diciembre. Se realizaron los promedios anuales del mínimo, medio y máximo. Para comparar posteriormente con la temperatura y la precipitación.

En la figura 4 se visualiza que los meses con mayor nubosidad está en todos los meses del año, como promedios máximos seguido de mayo, concluyendo con los 3 meses con menor nubosidad enero, febrero y diciembre. El ver el cielo cubierto de nubes nos ayuda a entender el impacto en el clima y los ecosistemas, si hay nubes regulan la temperatura, se puede enfriar el planeta, reflejan la radiación solar pues reducen la cantidad de energía que llega a la superficie. Las nubes nos indican la eventual presencia de lluvia beneficioso para la agricultura y la recarga de los acuíferos y los ecosistemas, las nubes permiten además protegernos de los rayos ultra violeta cuando son excesivos beneficiando a todos los seres vivos. El exceso de nubosidad puede afectar la fotosíntesis y la producción de energía solar, por lo tanto las plantas pueden verse perjudicadas, implica reducción de la visibilidad lo cual afecta la navegación aérea y marítima, hace parte de las estaciones y por lo tanto implican una frecuencia para las mismas, siempre se relaciona con la temperatura, la humedad y la precipitación, nos informa sobre las eventuales heladas que afectan los cultivos, el aumento o disminución de la energía solar y eólica.

IDEAM INSTITUTO DE HIDROLOGIA METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES
SISTEMA DE INFORMACIÓN NACIONAL AMBIENTAL
ESTACIÓN VENADO ORO VIVERO. LATITUD 4°35" N, LONGITUD 74° 3" W, ELEVACIÓN 2725 MSNM

VALORES MEDIOS MENSUALES DE PUNTO DE ROCIO (°C) 1966 A 2017													
AÑO	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	PROM/MES
MEDIOS	9,1	9,2	9,6	10,1	10,1	9,8	9,3	9,1	9,1	9,6	9,8	9,3	9,5
MAXIMO	12	12,1	12,2	11,8	11,6	11,9	11,6	11,9	11,7	11,5	12,3	12,3	11,9
MINIMO	7	6,3	7,9	8,2	8	7,6	7	6,4	7,2	7,9	8,4	7	7,4

Tabla 5 Valores medios mensuales de punto de rocío de 1966 a 2017

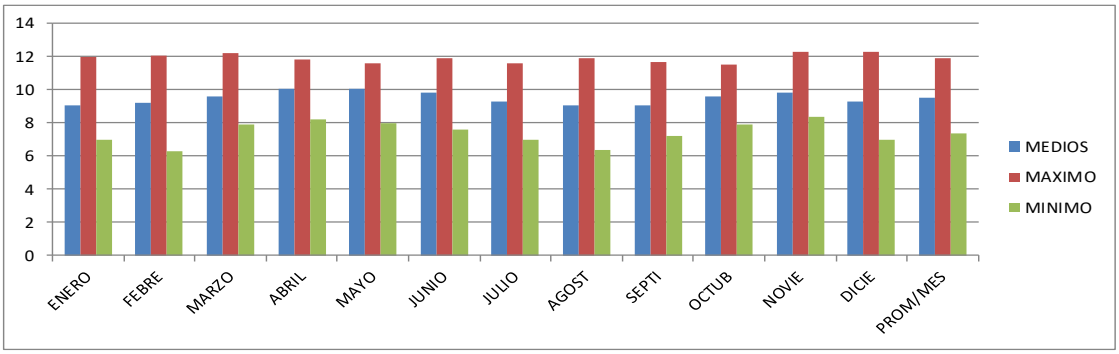


Figura 5. Valores medios mensuales de punto de rocío de 1966 a 2017

En la tabla 5 se observan las diferentes variables aplicadas para estudiar el punto de rocío donde se identifica el promedio mínimo, medio y máximo en cada uno de los meses de 51 años. Se identifica de donde fueron tomados los datos la estación Venado Oro Vivero localizado en la ciudad de Bogotá, del IDEAM o Instituto de Hidrología meteorología y estudios ambientales del sistema de información nacional ambiental, organismo colombiano; Las unidades están dadas en grados centígrados. El periodo o tiempo registrado corresponde entre los años 1966 a 2017, es decir 51 años de recolección de datos. El valor máximo se presenta promediado con 12,3 °C en los meses de noviembre y diciembre de estos 51 años que se tomaron datos. El valor mínimo se presenta con 6,3 °C en el mes de febrero.

Se realizaron los promedios anuales del mínimo, medio y máximo. Para comparar posteriormente con la temperatura, la nubosidad y la precipitación.

En la figura 5 se visualiza que los meses con mayor punto de rocío esta primero el mes de noviembre, seguido de diciembre. El mes con menos punto de rocío es febrero. Estos parámetros interesan en la meteorología y la bioclimatología al relacionarlos con la humedad y la condensación del agua en la atmosfera. El punto de rocío determina el nivel de humedad en el aire y esto impacta en la comodidad y salud humana, implica también predecir el riesgo de condensación en las superficies y estructuras, nos indica también la predicción de heladas y su impacto en los cultivos, para eventualmente realizar los riegos en los cultivos y así optimizar el uso del agua, se utiliza también para evaluar el estrés por calor y el impacto en los humanos y los animales, pues además puede generar enfermedades respiratorias con la humedad y la condensación, permite analizar tendencias del clima y su impacto en los ecosistemas y la variabilidad estacional.

IDEAM INSTITUTO DE HIDROLOGIA METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES
SISTEMA DE INFORMACIÓN NACIONAL AMBIENTAL
ESTACIÓN VENADO ORO VIVERO. LATITUD 4°35" N, LONGITUD 74° 3" W, ELEVACIÓN 2725 MSNM

VALORES TOTALES MENSUALES DE PRECIPITACIÓN (mms) 1965 A 2017													
AÑO	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	PROM/MES
MEDIOS	60,4	81,1	109,3	129,5	116,3	74,6	68,8	63	62,9	126,7	151,9	93,6	95
MAXIMO	396	217,5	277,3	285,7	288,3	152,5	144,9	122,5	136,4	266,5	256,3	244,2	232
MINIMO	0	5,5	5,1	33	34,3	20,7	33,3	16,5	4,6	31,9	61,3	2,2	21

Tabla 6 Valores máximos mensuales de precipitación desde 1965 a 2017

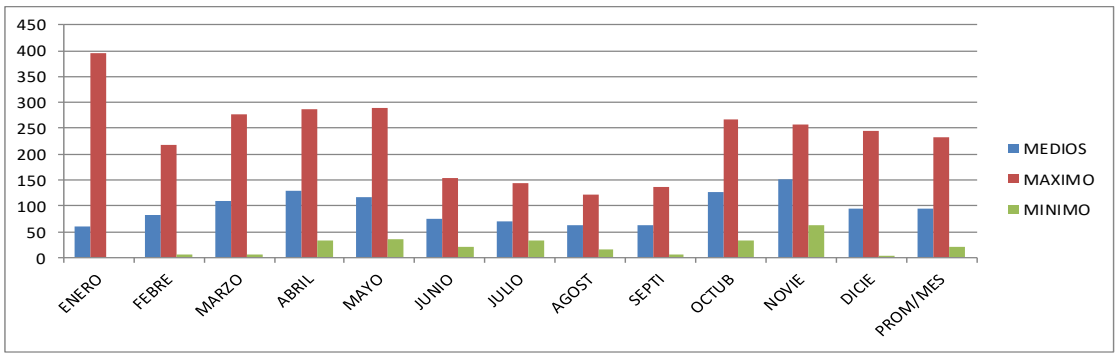


Figura 6. Valores máximos mensuales de precipitación desde 1965 a 2017

IDEAM INSTITUTO DE HIDROLOGIA METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES
SISTEMA DE INFORMACIÓN NACIONAL AMBIENTAL
ESTACIÓN VENADO ORO VIVERO. LATITUD 4°35" N, LONGITUD 74° 3" W, ELEVACIÓN 2725 MSNM

VALORES TOTALES MENSUALES DE PRECIPITACIÓN (mms) 1965 A 2017													
AÑO	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	PROM/MES
MEDIOS	60,4	81,1	109,3	129,5	116,3	74,6	68,8	63	62,9	126,7	151,9	93,6	95
MAXIMO	396	217,5	277,3	285,7	288,3	152,5	144,9	122,5	136,4	266,5	256,3	244,2	232
MINIMO	0	5,5	5,1	33	34,3	20,7	33,3	16,5	4,6	31,9	61,3	2,2	21

Tabla 7 Valores medios mensuales de precipitación de 1965 a 2017

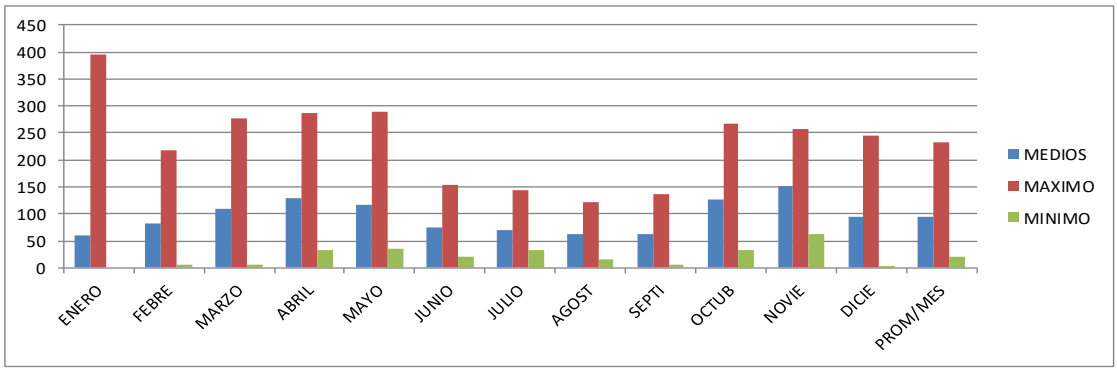


Figura 7. Valores medios mensuales de precipitación de 1965 a 2017

IDEAM INSTITUTO DE HIDROLOGIA METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES
SISTEMA DE INFORMACIÓN NACIONAL AMBIENTAL
ESTACIÓN VENADO ORO VIVERO. LATITUD 4°35" N, LONGITUD 74° 3" W, ELEVACIÓN 2725 MSNM

VALORES MÁXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN (mms) 1965 A 2017													
AÑO	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	PROM/MES
MEDIOS	20,2	27,1	29,6	33,2	29,6	17,9	14,8	14,2	20,6	30,7	33,3	24,9	25
MAXIMO	61,8	59	72	68,7	64,5	44,5	51,2	34,4	54,2	97	61,7	61,1	61
MINIMO	0	3,8	2	9,1	7,8	6	7,2	3,7	1,9	8,6	10,9	1	5

Tabla 8 Valores mínimos mensuales de precipitación de 1965 a 2017

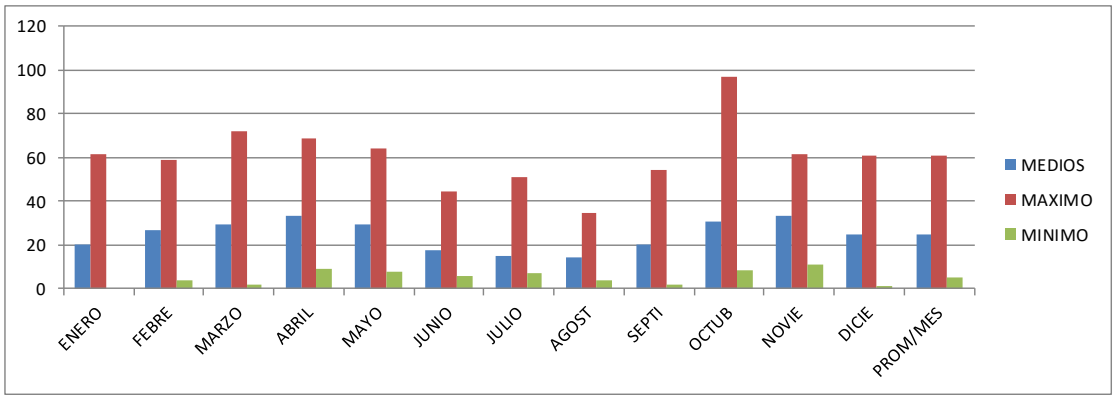


Figura 8. Valores mínimos mensuales de precipitación de 1965 a 2017

En la tabla 6, 7 y 8 se observan las diferentes variables aplicadas para estudiar la precipitación donde se identifica el promedio de promedios mínimo, medio y máximo en cada uno de los meses de 52 años. Se identifica de donde fueron tomados los datos la estación Venado Oro Vivero localizado en la ciudad de Bogotá, del IDEAM o Instituto de Hidrología meteorología y estudios ambientales del sistema de información nacional ambiental, organismo colombiano; Las unidades están dadas en milímetros de precipitación al mes. El periodo o tiempo registrado corresponde entre los años 1965 a 2017, es decir 52 años de recolección de datos. El valor máximo se presenta promediado con 396 mm en el mes de enero de estos 52 años que se tomaron datos. El valor mínimo se presenta con 0 mm en el mes de

enero también. Se realizaron los promedios anuales del mínimo, medio y máximo. Para comparar posteriormente con la temperatura, la nubosidad y el punto de rocío.

En la figura 6, 7 y 8 se visualiza que el mes con mayor precipitación es el mes de enero, seguido de marzo, luego abril y mayo, concluyendo como los 4 meses con mayor precipitación. Los meses con menos precipitación son junio, julio, agosto y septiembre. Este análisis de las precipitaciones permite abastecernos de agua son la principal fuente de agua dulce para los ecosistemas y para la humanidad, sostienen la vida en la tierra tanto para plantas, animales y los seres humanos, regulan el clima al regular la temperatura, la humedad atmosférica permitiendo la estabilidad del mismo, recarga los acuíferos subterráneos esenciales para el suministro de agua. Generan también inundaciones perjudicando los ecosistemas y la vida humana, erosionan el suelo disminuyendo la productividad y la fertilidad del mismo, los deslizamientos del suelo o de la infraestructura, las precipitaciones intensas pueden contaminar el agua potable y aumentar los riesgos de enfermedades trasmitidas por el agua. Estos análisis permiten entender la variabilidad climática, sus tendencias y la eventual disponibilidad del agua en los ecosistemas, nos permite planificar los cultivos, gestionar el agua como recurso hídrico.

IDEAM INSTITUTO DE HIDROLOGIA METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES
SISTEMA DE INFORMACIÓN NACIONAL AMBIENTAL
ESTACIÓN VENADO ORO VIVERO. LATITUD 4°35" N, LONGITUD 74° 3" W, ELEVACIÓN 2725 MSNM

VALORES MEDIOS MENSUALES DE TEMPERATURA (°C) 1966 A 2017													
AÑO	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	PROM/MES
MEDIOS	12,7	13	13,2	13,2	13,1	12,8	12,4	12,5	12,6	12,8	12,7	12,6	12,8
MAXIMO	14,9	14,9	14,9	15	15	14,4	14,2	14,3	14,6	14,6	14,7	14,4	14,7
MINIMO	11,2	11,4	11,6	12,2	11,7	11,5	11	11,1	11,3	11,3	11,6	11	11,4

Tabla 9 Valores medios mensuales de temperatura de 1966 a 2017

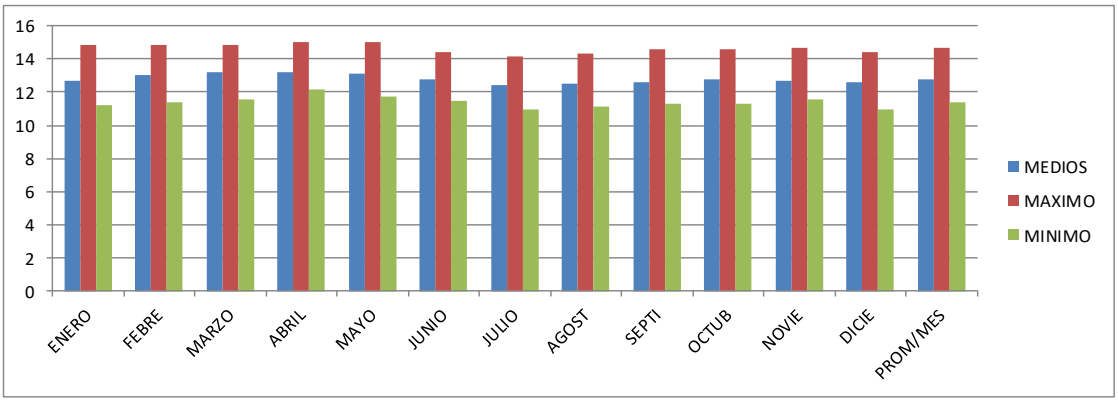


Figura 9. Valores medios mensuales de temperatura de 1966 a 2017

IDEAM INSTITUTO DE HIDROLOGIA METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES
SISTEMA DE INFORMACIÓN NACIONAL AMBIENTAL
ESTACIÓN VENADO ORO VIVERO. LATITUD 4°35" N, LONGITUD 74° 3" W, ELEVACIÓN 2725 MSNM

VALORES MAXIMOS MENSUALES DE TEMPERATURA (°C) 1966 A 2017													
AÑO	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	PROM/MES
MEDIOS	21,4	21,7	21,5	21,4	21,1	20,7	19,7	20,3	20,9	21,2	20,9	20,7	21,0
MAXIMO	25,4	25,4	25	23,6	23,6	25	25	23	23	24,6	24,4	23,5	24,3
MINIMO	18	19	19	20	18,6	18	17,8	18,2	18,6	18	19	18	18,5

Tabla 10 Valores máximos mensuales de temperatura de 1966 a 2017

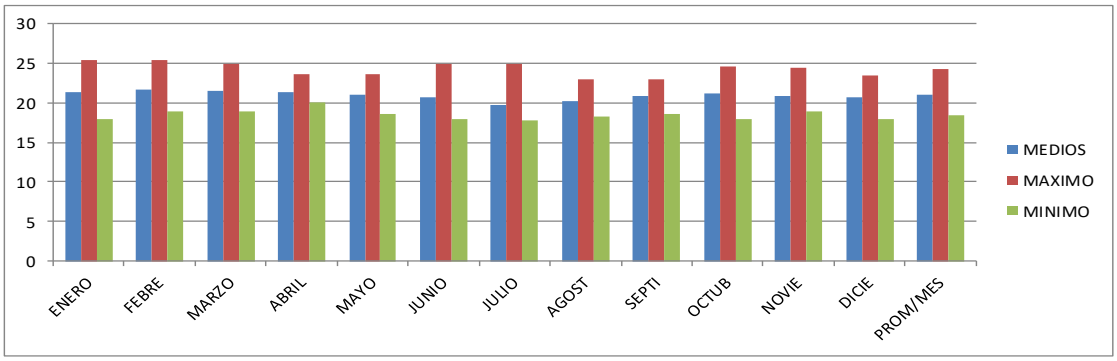


Figura 10. Valores máximos mensuales de temperatura de 1966 a 2017

IDEAM INSTITUTO DE HIDROLOGIA METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES
SISTEMA DE INFORMACIÓN NACIONAL AMBIENTAL
ESTACIÓN VENADO ORO VIVERO. LATITUD 4°35" N, LONGITUD 74° 3" W, ELEVACIÓN 2725 MSNM

VALORES MINIMOS MENSUALES DE TEMPERATURA (°C) 1966 A 2017													
AÑO	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	PROM/MES
MEDIOS	5,2	5,6	6,5	7,3	7,4	7,2	6,8	6,3	6,4	6,6	6,6	5,7	6,5
MAXIMO	8	8	10,4	9,2	10	9,4	10	8,6	8	8,6	9	8,4	9,0
MINIMO	3	3,2	3,2	3,4	2	5,6	3,4	3	4,8	4,6	4,6	3	3,7

Tabla 11 Valores mínimos mensuales de temperatura entre 1966 y 2017

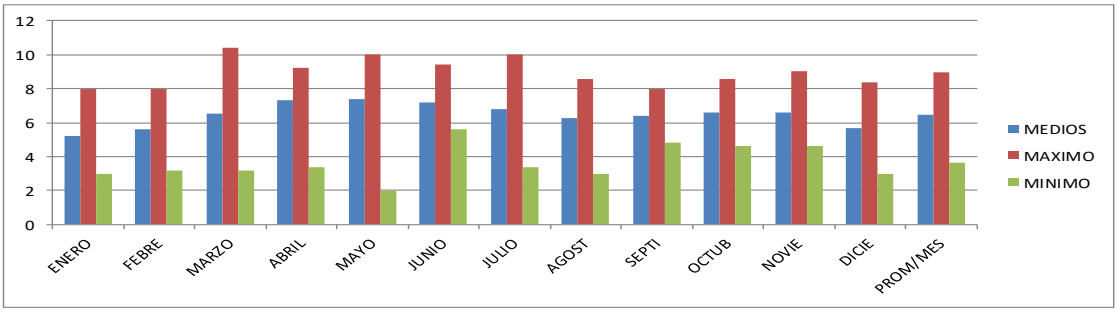


Figura 11. Valores mínimos mensuales de temperatura entre 1966 y 2017

En la tabla 9,10 y 11 se observan las diferentes variables aplicadas para estudiar la temperatura en grados centígrados donde se identifica el promedio de promedios

mínimo, medio y máximo en cada uno de los meses de 51 años. Se identifica de donde fueron tomados los datos la estación Venado Oro Vivero localizado en la ciudad de Bogotá, del IDEAM o Instituto de Hidrología meteorología y estudios ambientales del sistema de información nacional ambiental, organismo colombiano; Las unidades están dadas en grados centígrados. El periodo o tiempo registrado corresponde entre los años 1966 a 2017, es decir 51 años de recolección de datos. Los valores máximos se presentan promediados con 24,3 °C, 21°C y 18,5 °C en los diferentes meses de estos 51 años que se tomaron datos. Los valores mínimos se presentan con 9 °C, 6,5°C y 3,7°C en los diferentes meses de esos 51 años que se tomaron datos. Se realizaron los promedios anuales del mínimo, medio y máximo. Para comparar posteriormente con, la nubosidad y la precipitación.

En las figuras 9,10 y 11 se visualizan los promedios por mes con los datos medio, máximo y mínimo tomados de estos 51 años. Destacándose mayo como el mes más frio con 2°C y enero y febrero como los meses más calientes con 25,4 °C. La variable de conocer la temperatura permite la distribución y abundancia de las especies, al igual que la productividad de los ecosistemas, sirven para conocer tendencias a escala local y global, identificar patrones en diferentes contextos, es importante su precisión, por lo tanto, es necesario contar con la calibración adecuada de los equipos meteorológicos y satelitales, interpolar los datos en áreas sin cobertura puede implicar incertidumbre en los análisis, de ahí la necesidad que estos sean precisos libres de errores y de sesgos, finalmente es importante siempre relacionarlos con otros datos como precipitación y radiación solar.

IDEAM INSTITUTO DE HIDROLOGIA METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES
SISTEMA DE INFORMACIÓN NACIONAL AMBIENTAL
ESTACIÓN VENADO ORO VIVERO. LATITUD 4°35" N, LONGITUD 74° 3" W, ELEVACIÓN 2725 MSNM

VALORES MEDIOS MENSUIALES DE TENSION DE VAPOR (Mb) 1966 A 2017													
AÑO	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	PROM/MES
MEDIOS	11,7	11,8	12,1	12,4	12,5	12,2	11,8	11,7	11,7	12	12,2	11,8	12,0
MAXIMO	14,4	14,3	14,4	13,9	13,7	14	13,7	14	14	13,6	14,4	14,5	14,1
MINIMO	10,1	9,8	10,7	10,7	10,8	10,5	10,1	9,6	10,3	10,7	11	10,1	10,4

Tabla 12 Valores medios mensuales de tensión de vapor entre 1966 y 2017

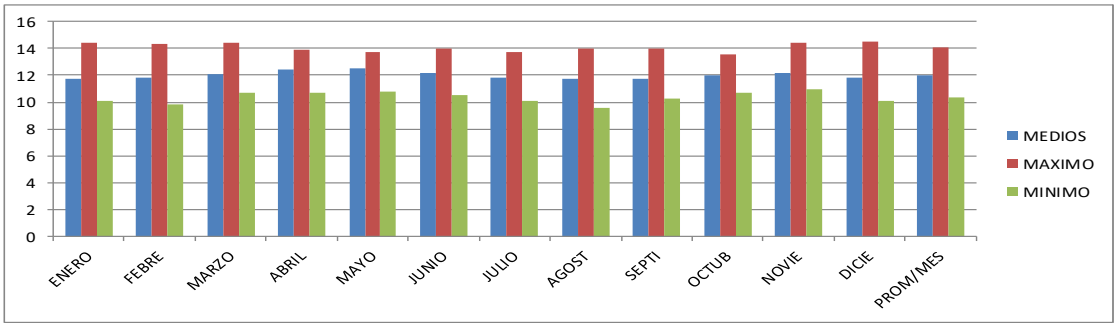


Figura 12. Valores medios mensuales de tensión de vapor entre 1966 y 2017

En la tabla 12 se observan las diferentes variables aplicadas para estudiar la tensión de vapor lo cual significa cuando el agua pasa de estado líquido a estado gaseoso donde se identifica el promedio mínimo, medio y máximo en cada uno de los meses de 51 años. Se identifica de donde fueron tomados los datos la estación Venado Oro Vivero localizado en la ciudad de Bogotá, del IDEAM o Instituto de Hidrología meteorología y estudios ambientales del sistema de información nacional ambiental, organismo colombiano; Las unidades están dadas en Mb se conoce como presión de vapor de saturación, implica tener en cuenta la presión atmosférica y la temperatura del agua, es la máxima presión que ejerce el vapor de agua sobre el aire a una temperatura dada. El periodo o tiempo registrado

corresponde entre los años 1966 a 2017, es decir 51 años de recolección de datos. El valor máximo se presenta promediado con 14,5 Mb o Tensión de Vapor en los diferentes meses de diciembre de estos 51 años que se tomaron datos. El valor mínimo se presenta con 9,6 Mb o tensión de vapor en el mes de agosto. Se realizaron los promedios anuales del mínimo, medio y máximo. Para comparar posteriormente con la temperatura, la nubosidad y la precipitación.

En la figura 12 se visualiza que los meses con mayor tensión de vapor esta primero el mes de diciembre, seguido de noviembre, luego enero y marzo, concluyendo como los 4 meses con mayor tensión de vapor. Los meses con menos tensión de vapor son agosto y febrero. Esta variable de tensión de vapor es un indicador director de la cantidad de vapor de agua en el aire, lo cual es importante para entender la humedad y el impacto en los ecosistemas, en otras palabras, es medir la evapotranspiración que implica la perdida de agua a la atmosfera de las plantas, el suelo y los seres vivos. En los seres humanos impacta en la comodidad y la salud por el exceso de humedad o sequedad en el ambiente, tiene relación directa con la productividad de los cultivos o la necesidad de riego. Su medición implica contar con equipos calibrados, además las mediciones para que sean representativas deben estar relacionadas con la escala, el tiempo y el espacio, se relacionan estrechamente con la temperatura, la humedad y las precipitaciones.

IDEAM INSTITUTO DE HIDROLOGIA METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES
SISTEMA DE INFORMACIÓN NACIONAL AMBIENTAL
ESTACIÓN AEROPUERTO EL DORADO. LATITUD 4°42" N, LONGITUD 74° 9" W, ELEVACIÓN 2547 MSNM

ESTACION: 21205790
LOCALIZACIÓN: BOGOTA D.C.
FECHA DE INSTALACIÓN: FEBRERO DE 1972
FECHA DE PROCESO: 16 DE AGOSTO DE 2018

IDEAM INSTITUTO DE HIDROLOGIA METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES
SISTEMA DE INFORMACIÓN NACIONAL AMBIENTAL
ESTACIÓN AEROPUERTO EL DORADO. LATITUD 4°42" N, LONGITUD 74° 9" W, ELEVACIÓN 2547 MSNM

VALORES TOTALES MENSUALES DE BRILLO SOLAR (Horas) 1972 A 2016													
AÑO	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	PROM/MES
MEDIOS	186,1	148,7	135,3	105,5	106,4	113,9	133,9	134,5	122,4	118,7	126,1	158,1	132,5
MAXIMO	243,4	236,6	186,7	146	146,6	150,9	177,3	163,2	163,1	157,9	175,9	227,4	181,3
MINIMO	112,7	83,5	87,1	69,8	73,2	59,1	95	100,3	72,5	93,7	87,2	86,8	85,1

Tabla 13 Valores totales mensuales de brillo solar entre 1972 y 2016

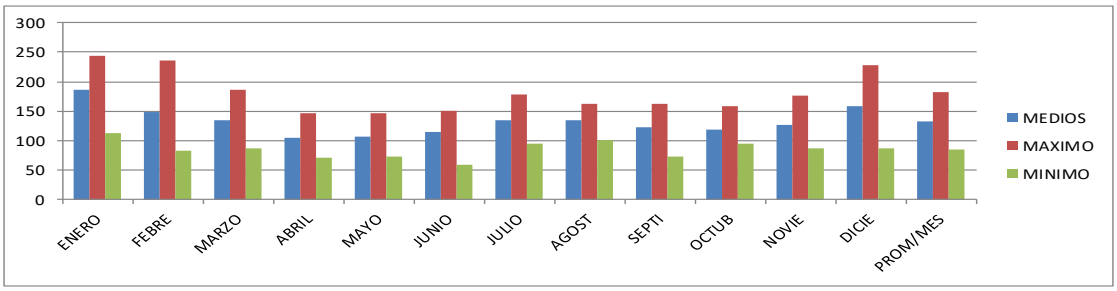


Figura 13. Valores totales mensuales de brillo solar entre 1972 y 2016

Desde aquí comenzamos con las mediciones bioclimáticas con otra estación correspondiente al aeropuerto el Dorado, con el fin de establecer una triangulación alrededor de las torres blancas.

En la tabla 13 se observan las diferentes variables aplicadas para estudiar el brillo solar donde se identifica el promedio mínimo, medio y máximo en cada uno de los meses de 44 años. Se identifica de donde fueron tomados los datos la estación Aeropuerto el Dorado localizado en la ciudad de Bogotá, del IDEAM o Instituto de

Hidrología meteorología y estudios ambientales del sistema de información nacional ambiental, organismo colombiano; Las unidades están dadas en horas de sol al mes. El periodo o tiempo registrado corresponde entre los años 1972 a 2016, es decir 44 años de recolección de datos. El valor máximo se presenta promediado con 243,4 horas en los diferentes meses de enero de estos 44 años que se tomaron datos. El valor mínimo se presenta con 59,1 horas de sol en el mes de junio. Se realizaron los promedios anuales del mínimo, medio y máximo. Para comparar posteriormente con la temperatura, la nubosidad y la precipitación.

En la figura 13 se visualiza que los meses con mayor brillo solar esta primero el mes de enero, seguido de febrero, luego diciembre y marzo, concluyendo como los 4 meses con mayor brillo solar. Los meses con menos brillo solar son abril, mayo, junio y septiembre.

IDEAM INSTITUTO DE HIDROLOGIA METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES
SISTEMA DE INFORMACIÓN NACIONAL AMBIENTAL
ESTACIÓN AEROPUERTO EL DORADO. LATITUD 4°42" N, LONGITUD 74° 9" W, ELEVACIÓN 2547 MSNM

VALORES TOTALES MENSUALES DE EVAPORACIÓN (mms) 1972 A 2001													
AÑO	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	PROM/MES
MEDIOS	102,1	91,5	94,1	79,3	84,7	81,7	93,3	90,3	90,4	93,3	83,3	79,6	88,6
MAXIMO	114,4	115,5	114	95,7	103,2	92,9	113,9	111	111	119	108,7	92,2	107,6
MINIMO	85,3	70,2	50,2	61,6	70,6	55,2	66	70,7	76,4	70,6	70,4	55,2	66,9

Tabla 14 Valores totales mensuales de evaporación entre 1972 a 2001

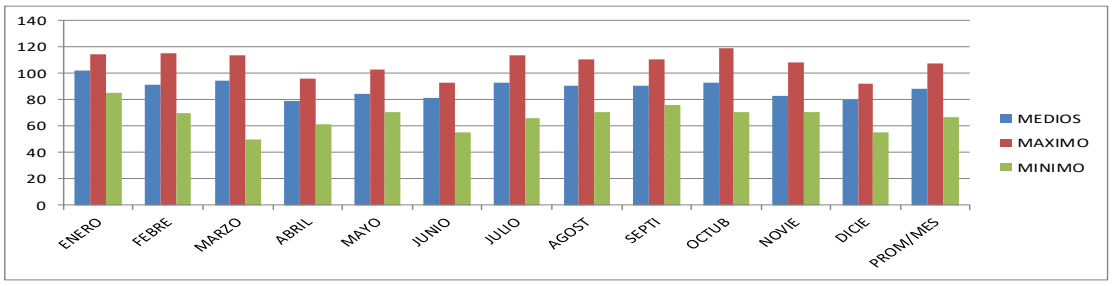


Figura 14. Valores totales mensuales de evaporación entre 1972 a 2001

En la tabla 14 se observan las diferentes variables aplicadas para estudiar la evaporación donde se identifica el promedio mínimo, medio y máximo en cada uno de los meses de 29 años. Se identifica de donde fueron tomados los datos la estación Aeropuerto el Dorado localizado en la ciudad de Bogotá, del IDEAM o Instituto de Hidrología meteorología y estudios ambientales del sistema de información nacional ambiental, organismo colombiano; Las unidades están dadas en milímetros por mes. El periodo o tiempo registrado corresponde entre los años 1972 a 2001, es decir 29 años de recolección de datos. El valor máximo se presenta promediado con 119 horas en los diferentes meses de octubre de estos 29 años que se tomaron datos. El valor mínimo se presenta con 55,2 horas de sol en los meses de junio y diciembre. Se realizaron los promedios anuales del mínimo, medio y máximo. Para comparar posteriormente con la temperatura, la nubosidad y la precipitación.

En la figura 14 se visualiza que los meses con mayor evaporación esta primero el mes de octubre, seguido de febrero, luego julio y enero, concluyendo como los 4 meses con evaporación. Los meses con menos evaporación son diciembre y septiembre.

IDEAM INSTITUTO DE HIDROLOGIA METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES
SISTEMA DE INFORMACIÓN NACIONAL AMBIENTAL
ESTACIÓN AEROPUERTO EL DORADO. LATITUD 4°42" N, LONGITUD 74° 9" W, ELEVACIÓN 2547 MSNM

VALORES MEDIOS MENSUALES DE HUMEDAD RELATIVA (%) 1972 A 2016													
AÑO	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	PROM/MES
MEDIOS	78	79	80	82	81	79	77	77	78	82	83	80	79,7
MAXIMO	84	84	88	87	88	85	85	87	84	88	89	88	86,4
MINIMO	71	71	74	74	72	72	72	70	68	71	76	67	71,5

Tabla 15 Valores medios mensuales de humedad relativa entre 1972 y 2016

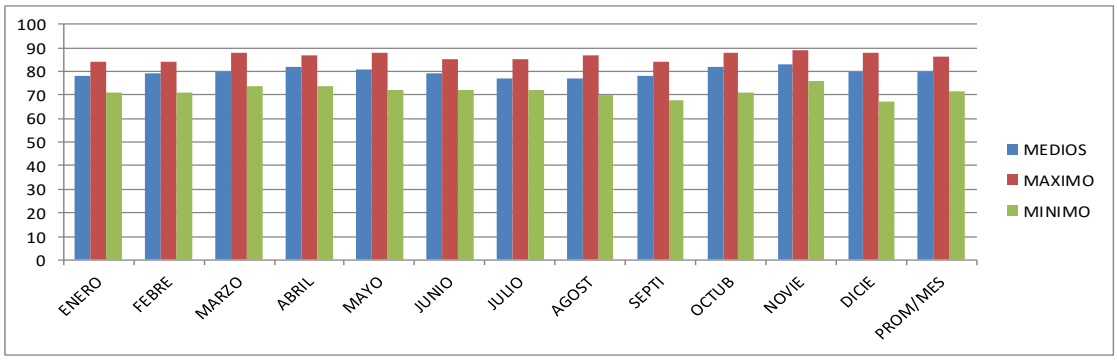


Figura 15. Valores medios mensuales de humedad relativa entre 1972 y 2016

En la tabla 15 se observan las diferentes variables aplicadas para estudiar la humedad relativa donde se identifica el promedio mínimo, medio y máximo en cada uno de los meses de 44 años. Se identifica de donde fueron tomados los datos la estación Aeropuerto el Dorado localizado en la ciudad de Bogotá, del IDEAM o Instituto de Hidrología meteorología y estudios ambientales del sistema de información nacional ambiental, organismo colombiano; Las unidades están dadas en porcentaje. El periodo o tiempo registrado corresponde entre los años 1972 a 2016, es decir 44 años de recolección de datos. El valor máximo se presenta promediado con 89 % en los diferentes meses de noviembre de estos 44 años que se tomaron datos. El valor mínimo se presenta con 67% en el mes de diciembre. Se

realizaron los promedios anuales del mínimo, medio y máximo. Para comparar posteriormente con la temperatura, la nubosidad y la precipitación.

En la figura 15 se visualiza que los meses con mayor humedad relativa esta primero el mes de noviembre, seguido de, luego marzo, mayo, octubre y diciembre, concluyendo como los 5 meses con mayor humedad relativa. Los meses con menos humedad relativa son septiembre y diciembre.

IDEAM INSTITUTO DE HIDROLOGIA METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES
SISTEMA DE INFORMACIÓN NACIONAL AMBIENTAL
ESTACIÓN AEROPUERTO EL DORADO. LATITUD 4°42" N, LONGITUD 74° 9" W, ELEVACIÓN 2547 MSNM

VALORES MEDIOS MENSUALES DE NUBOSIDAD (Octas) 1972 A 2016													
AÑO	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	PROM/MES
MEDIOS	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
MAXIMO	6	7	7	7	8	7	7	7	7	7	7	7	7
MINIMO	4	4	4	5	5	6	5	5	5	4	5	4	5

Tabla 16 Valores medios mensuales de nubosidad entre 1972 y 2016

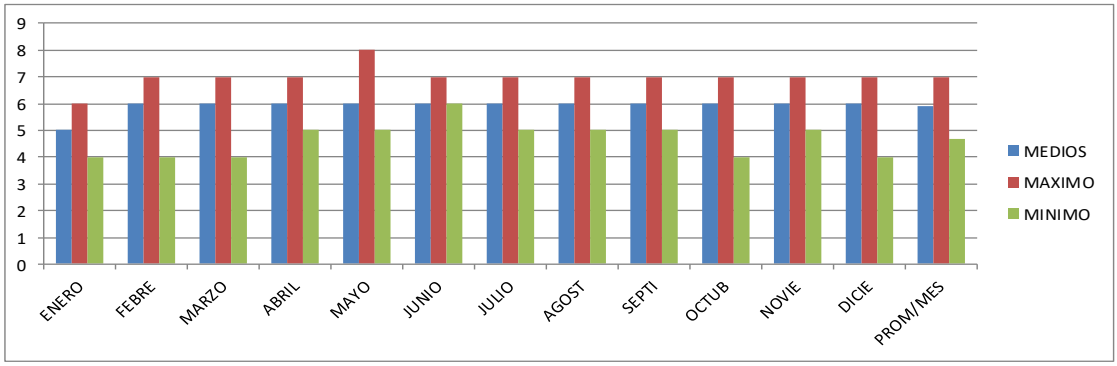


Figura 16. Valores medios mensuales de nubosidad entre 1972 y 2016

En la tabla 16 se observan las diferentes variables aplicadas para estudiar la nubosidad donde se identifica el promedio mínimo, medio y máximo en cada uno

de los meses de 44 años. Se identifica de donde fueron tomados los datos la estación Aeropuerto el Dorado localizado en la ciudad de Bogotá, del IDEAM o Instituto de Hidrología meteorología y estudios ambientales del sistema de información nacional ambiental, organismo colombiano; Las unidades están dadas en octas. El periodo o tiempo registrado corresponde entre los años 1972 a 2016, es decir 44 años de recolección de datos. El valor máximo se presenta promediado con 8 octas en los diferentes meses de mayo de estos 44 años que se tomaron datos. El valor mínimo se presenta con 4 octas en los meses de enero, febrero, marzo, octubre y diciembre. Se realizaron los promedios anuales del mínimo, medio y máximo. Para comparar posteriormente con la temperatura, la nubosidad y la precipitación.

En la figura 16 se visualiza que los meses con mayor nubosidad esta primero el mes de mayo, seguido del resto de los meses del año exceptuando enero, concluyendo con un promedio anual de 7 octas. Los meses con menos nubosidad son enero, febrero, marzo, octubre y diciembre.

IDEAM INSTITUTO DE HIDROLOGIA METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES
SISTEMA DE INFORMACIÓN NACIONAL AMBIENTAL
ESTACIÓN AEROPUERTO EL DORADO. LATITUD 4°42" N, LONGITUD 74° 9" W, ELEVACIÓN 2547 MSNM

VALORES MEDIOS MENSUALES DE PUNTO DE ROCIO (°c) 1972 A 2016													
AÑO	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	PROM/MES
MEDIOS	9	9,5	10,3	10,8	10,8	10	9,3	9,2	9,5	10,3	10,6	9,7	9,9
MAXIMO	10,5	11	11,5	12,2	12,3	11,2	11	10,8	10,8	11,3	11,7	11,3	11,3
MINIMO	7	6,6	8,3	9,6	9,4	9	8,2	7,7	8,3	9,3	9,1	8,1	8,4

Tabla 17 Valores medios mensuales de punto de rocío entre 1972 y 2016

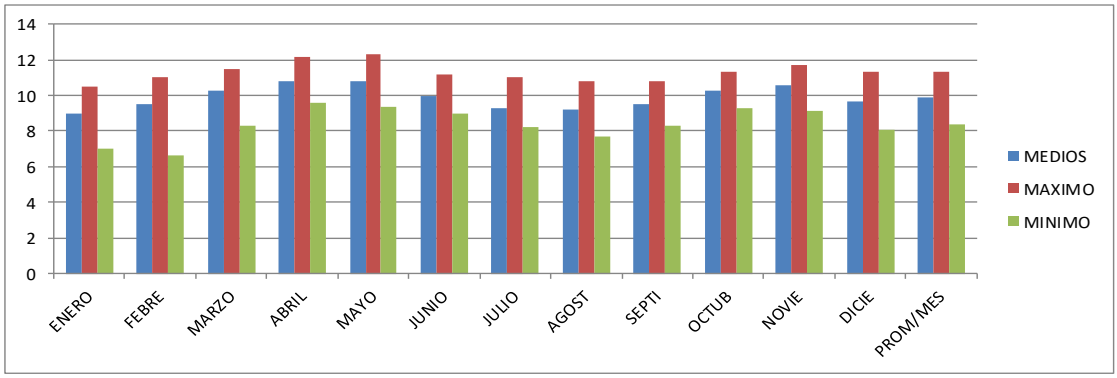


Figura 17 Valores medios mensuales de punto de rocío entre 1972 y 2016

En la tabla 17 se observan las diferentes variables aplicadas para estudiar el punto de rocío donde se identifica el promedio mínimo, medio y máximo en cada uno de los meses de 44 años. Se identifica de donde fueron tomados los datos la estación Aeropuerto el Dorado localizado en la ciudad de Bogotá, del IDEAM o Instituto de Hidrología meteorología y estudios ambientales del sistema de información nacional ambiental, organismo colombiano; Las unidades están dadas en grados centígrados. El periodo o tiempo registrado corresponde entre los años 1972 a 2017, es decir 44 años de recolección de datos. El valor máximo se presenta promediado con 12,3 °C en los diferentes meses de mayo de estos 44 años que se tomaron datos. El valor mínimo se presenta con 6,6 °C en el mes de febrero. Se realizaron los promedios anuales del mínimo, medio y máximo. Para comparar posteriormente con la temperatura, la nubosidad y la precipitación.

En la figura 17 se visualiza que los meses con mayor punto de rocío esta primero el mes de mayo, seguido de abril, luego marzo, concluyendo como los 3 meses con

mayor punto de rocío. Los meses con menor punto de rocío son abril, marzo, febrero y enero.

IDEAM INSTITUTO DE HIDROLOGIA METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES
SISTEMA DE INFORMACIÓN NACIONAL AMBIENTAL
ESTACIÓN AEROPUERTO EL DORADO. LATITUD 4°42" N, LONGITUD 74° 9" W, ELEVACIÓN 2547 MSNM

VALORES MENSUALES DE PRECIPITACIÓN (mms) 1972 A 2016													
AÑO	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	PROM/MES
MEDIOS	30,5	46,9	75,1	113,6	101	57,8	44,5	46	65,4	110,2	97,2	58,4	70,6
MAXIMO	99,6	129	214,9	242,8	225,6	119,5	136,7	113,5	157,9	217,5	239,8	134,6	169,3
MINIMO	1,9	3,8	12,2	19,4	15,7	8,8	10,6	12,9	14,2	25,4	12,6	2,2	11,6

Tabla 18 Valores mensuales de precipitación entre 1972 y 2016

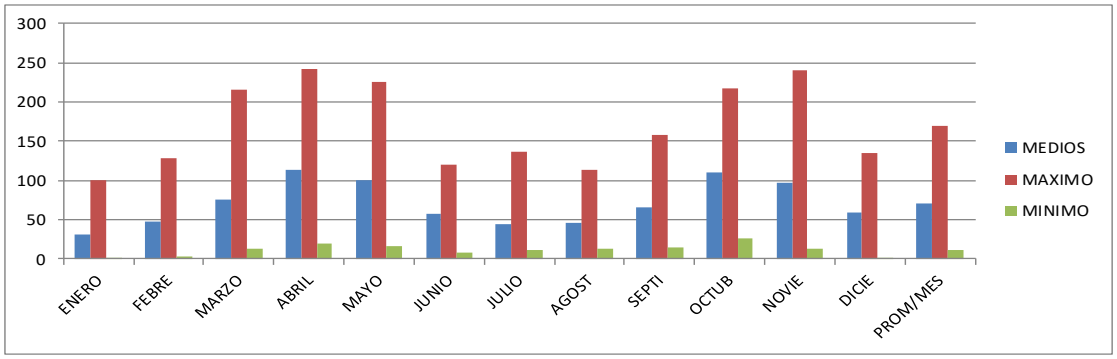


Figura 18. Valores mensuales de precipitación entre 1972 y 2016

IDEAM INSTITUTO DE HIDROLOGIA METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES
SISTEMA DE INFORMACIÓN NACIONAL AMBIENTAL
ESTACIÓN AEROPUERTO EL DORADO. LATITUD 4°42" N, LONGITUD 74° 9" W, ELEVACIÓN 2547 MSNM

VALORES NÚMERO DE DIAS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN 1972 A 2016													
AÑO	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	PROM/MES
MEDIOS	8	11	15	19	20	19	18	17	16	19	17	12	16
MAXIMO	15	21	25	27	27	27	26	25	23	27	30	25	25
MINIMO	1	4	6	8	11	11	8	8	8	6	7	3	7

Tabla 19 Valores de número de días mensuales de precipitación entre 1972 y 2016

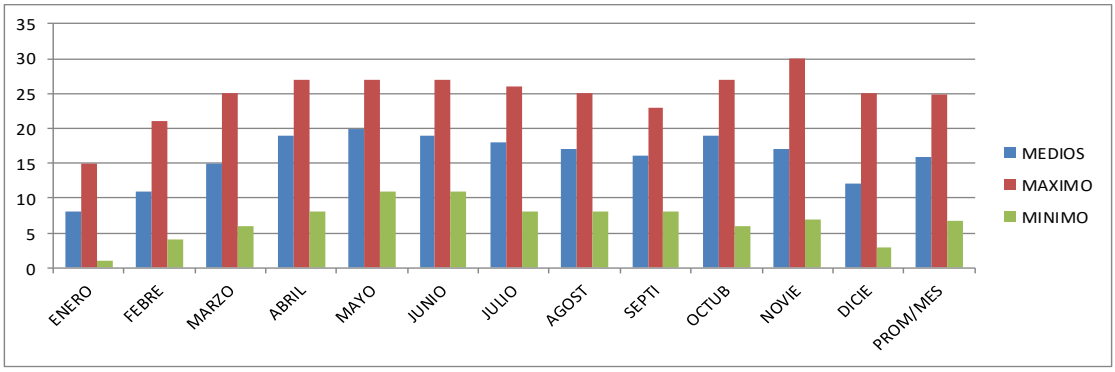


Figura 19.Valores de número de días mensuales de precipitación entre 1972 y 2016

IDEAM INSTITUTO DE HIDROLOGIA METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES
SISTEMA DE INFORMACIÓN NACIONAL AMBIENTAL
ESTACIÓN AEROPUERTO EL DORADO. LATITUD 4°42" N, LONGITUD 74° 9" W, ELEVACIÓN 2547 MSNM

VALORES MAXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN en 24 HORAS (mms) 1972 A 2016													
AÑO	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	PROM/MES
MEDIOS	13,4	14,7	19,4	27,7	23,2	13,9	12,9	12,8	17,4	25,8	23,7	19,1	19
MAXIMO	42,7	44,1	44,7	63,8	65,5	35,2	39,3	35,2	35,5	78,5	56,5	46	49
MINIMO	1	2,2	5,7	5,5	5,6	1,7	2,1	2,3	3,9	8,6	6,2	1,5	4

Tabla 20 Valores máximos mensuales de precipitación entre 1972 y 2016

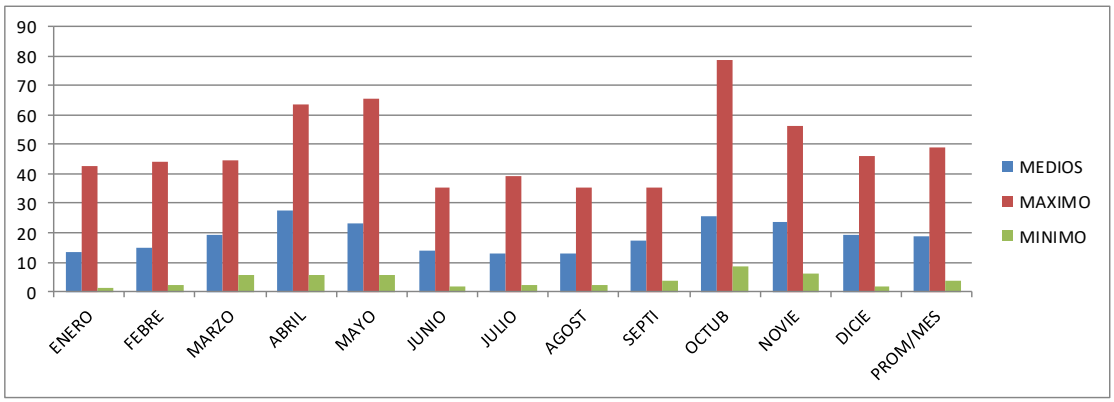


Figura 20. Valores máximos mensuales de precipitación entre 1972 y 2016

En las tablas 18,19 y 20 se observan las diferentes variables aplicadas para estudiarla precipitación donde se identifica el promedio de promedios mínimo, medio y máximo en cada uno de los meses de 44 años. Se identifica de donde fueron tomados los datos la estación Aeropuerto el Dorado localizado en la ciudad de Bogotá, del IDEAM o Instituto de Hidrología meteorología y estudios ambientales del sistema de información nacional ambiental, organismo colombiano; Las unidades están dadas en milímetros de lluvia al mes y el número de días de precipitación al mes. El periodo o tiempo registrado corresponde entre los años 1972 a 2016, es decir 44 años de recolección de datos. El valor máximo se presenta promediado con 242,8 mm en el mes de abril y en 30 días el mes de noviembre de estos 44 años que se tomaron datos. El valor mínimo se presenta con 1,9 mm en el mes de enero. Se realizaron los promedios anuales del mínimo, medio y máximo. Para comparar posteriormente con la temperatura, la nubosidad y la precipitación.

En las figuras 18,19 y 20 se visualiza que los meses con mayor precipitación esta primero el mes de abril, seguido de marzo, luego mayo, noviembre y octubre, concluyendo como los 5 meses con precipitación. Los meses con menos precipitación son diciembre y enero.

IDEAM INSTITUTO DE HIDROLOGIA METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES
SISTEMA DE INFORMACIÓN NACIONAL AMBIENTAL
ESTACIÓN AEROPUERTO EL DORADO. LATITUD 4°42" N, LONGITUD 74° 9" W, ELEVACIÓN 2547 MSNM

VALORES MEDIOS MENSUALES DE TEMPERATURA (|C) 1972 A 2016													
AÑO	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	PROM/MES
MEDIOS	13,3	13,7	13,9	14,1	14,1	13,9	13,5	13,5	13,5	13,6	13,6	13,4	13,7
MAXIMO	15	15,9	16,1	15,6	15,1	15,1	14,5	14,8	14,7	14,8	15	14,9	15,1
MINIMO	11,5	12,3	12,6	13	13	12,8	12,4	12,4	12,4	12,4	12,7	12	12,5

Tabla 21 Valores medios mensuales de temperatura entre 1972 y 2016

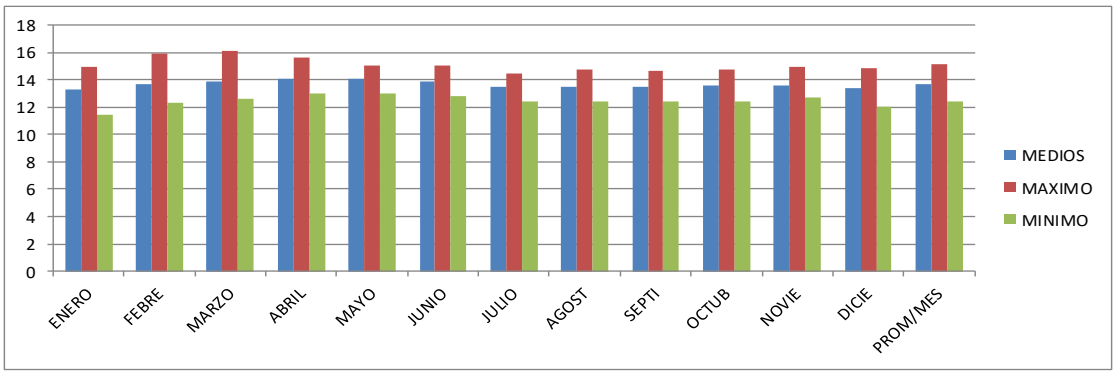


Figura 21. Valores medios mensuales de temperatura entre 1972 y 2016

IDEAM INSTITUTO DE HIDROLOGIA METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES
SISTEMA DE INFORMACIÓN NACIONAL AMBIENTAL
ESTACIÓN AEROPUERTO EL DORADO. LATITUD 4°42" N, LONGITUD 74° 9" W, ELEVACIÓN 2547 MSNM

VALORES MAXIMOS MENSUALES DE TEMPERATURA (°C) 1972 A 2016													
AÑO	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	PROM/MES
MEDIOS	22	22,4	22,2	21,9	21,6	20,9	20,4	21,1	21,4	21,5	21,4	21,5	21,5
MAXIMO	24,9	24,8	24,9	23,2	23,8	23,1	22,4	23,6	23,3	23,6	24	23,8	23,8
MINIMO	19,8	19,6	19,8	20,4	19,4	19,1	19,1	19,3	19,2	19,8	20,2	19,2	19,6

Tabla 22 Valores máximos mensuales de temperatura entre 1972 y 2016

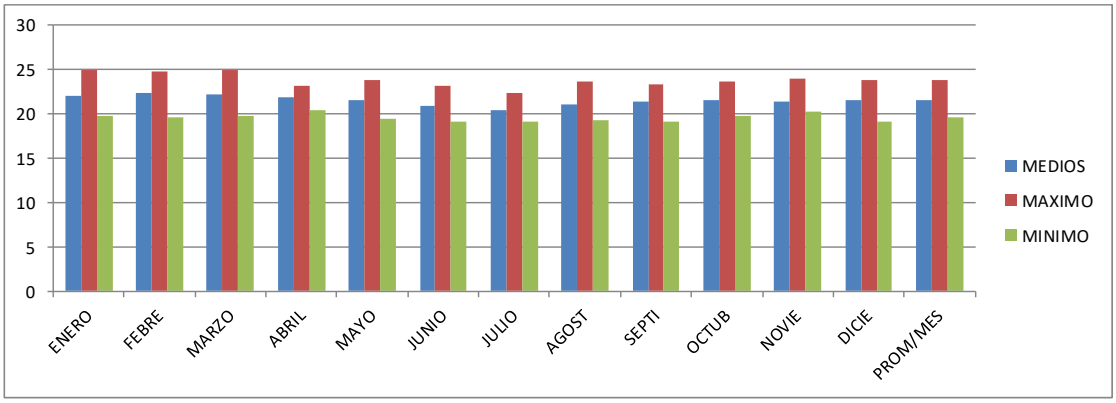


Figura 22. Valores máximos mensuales de temperatura entre 1972 y 2016

IDEAM INSTITUTO DE HIDROLOGIA METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES
SISTEMA DE INFORMACIÓN NACIONAL AMBIENTAL
ESTACIÓN AEROPUERTO EL DORADO. LATITUD 4°42" N, LONGITUD 74° 9" W, ELEVACIÓN 2547 MSNM

VALORES MINIMOS MENSUALES DE TEMPERATURA (°C) 1971 A 2016													
AÑO	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	PROM/MES
MEDIOS	0,5	1,1	2,6	4,3	4,6	4,4	4	3	2,3	2,9	3,1	1,4	2,9
MAXIMO	4,1	5,5	6,5	8,5	9,3	8,4	8,1	6,6	6,8	7	7,8	7,4	7,2
MINIMO	-3	-6,4	-3,2	0,2	0,7	1	0,4	-1,5	-0,2	0,5	-3	-6	-1,7

Tabla 23 Valores mínimos mensuales de temperatura entre 1971 y 2016

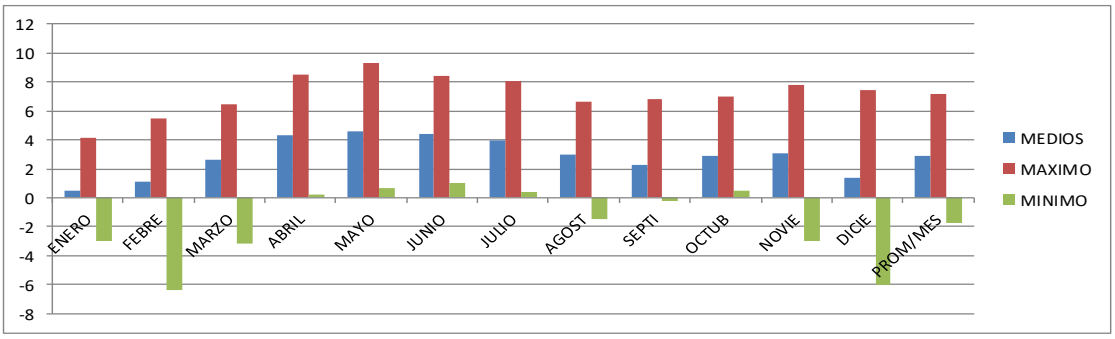


Figura 23. Valores mínimos mensuales de temperatura entre 1971 y 2016

En las tablas 21,22 y 23 se observan las diferentes variables aplicadas para estudiar la temperatura donde se identifica el promedio de promedios mínimo, medio y máximo en cada uno de los meses de 44 años. Se identifica de donde fueron tomados los datos la estación Aeropuerto el Dorado localizado en la ciudad de Bogotá, del IDEAM o Instituto de Hidrología meteorología y estudios ambientales del sistema de información nacional ambiental, organismo colombiano; Las unidades están dadas en grados centígrados. El periodo o tiempo registrado corresponde entre los años 1972 a 2016, es decir 44 años de recolección de datos. El valor máximo se presenta promediado con 24,9 °C en los diferentes meses de enero y marzo de estos 44 años que se tomaron datos. El valor mínimo se presenta con -6,4 °C en el mes de febrero. Se realizaron los promedios anuales del mínimo,

medio y máximo. Para comparar posteriormente con el punto de rocío, la nubosidad y la precipitación.

En la figura 21, 22 y 23 se visualiza que los meses con mayor temperatura esta primero el mes de enero, seguido de marzo, luego febrero y noviembre, concluyendo como los 4 meses con mayor temperatura. Los meses con menor temperatura son febrero, marzo, noviembre, diciembre y enero.

IDEAM INSTITUTO DE HIDROLOGIA METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES
SISTEMA DE INFORMACIÓN NACIONAL AMBIENTAL
ESTACIÓN AEROPUERTO EL DORADO. LATITUD 4°42" N, LONGITUD 74° 9" W, ELEVACIÓN 2547 MSNM

VALORES MEDIOS MENSUALES DE TENSION DE VAPOR (Mb) 1972 A 2016													
AÑO	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	PROM/MES
MEDIOS	11,7	12	12,6	13	13	12,3	11,8	11,7	11,9	12,6	12,9	12,2	12,3
MAXIMO	12,9	13,2	13,6	14,3	14,3	13,3	13,2	13	13	13,5	13,8	13,4	13,5
MINIMO	10,4	10	11,1	12	11,8	11,5	10,9	10,6	11	11,7	11,6	11	11,1

Tabla 24 Valores medios mensuales de tensión de vapor entre 1972 y 2016

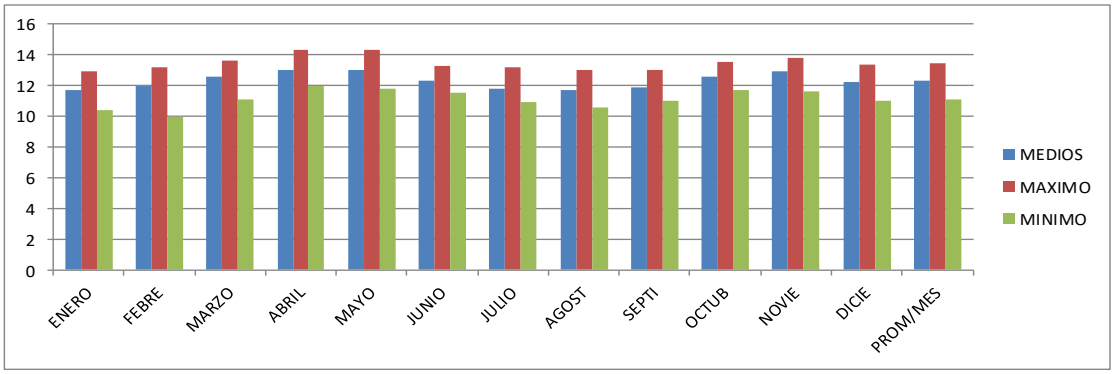


Figura 24. Valores medios mensuales de tensión de vapor entre 1972 y 2016

En la tabla 24 se observan las diferentes variables aplicadas para estudiar la tensión de vapor donde se identifica el promedio mínimo, medio y máximo en cada uno de los meses de 44 años. Se identifica de donde fueron tomados los datos la estación Aeropuerto el Dorado localizado en la ciudad de Bogotá, del IDEAM o Instituto de Hidrología meteorología y estudios ambientales del sistema de información nacional ambiental, organismo colombiano; Las unidades están dadas en Mb. El periodo o tiempo registrado corresponde entre los años 1972 a 2016, es decir 44 años de recolección de datos. El valor máximo se presenta promediado con 14,3 Mb en los diferentes meses de abril y mayo de estos 44 años que se tomaron datos. El valor mínimo se presenta con 10 Mb en el mes de febrero. Se realizaron los promedios anuales del mínimo, medio y máximo. Para comparar posteriormente con la temperatura, la nubosidad y la precipitación.

En la figura 24 se visualiza que los meses con mayor tensión de vapor esta primero el mes de abril, seguido de mayo, concluyendo como los 2 meses con tensión de vapor. Los meses con menos tensión de vapor son febrero y agosto.

IDEAM INSTITUTO DE HIDROLOGIA METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES
SISTEMA DE INFORMACIÓN NACIONAL AMBIENTAL
ESTACIÓN AEROPUERTO EL DORADO. LATITUD 4°42" N, LONGITUD 74° 9" W, ELEVACIÓN 2547 MSNM

VALORES MEDIOS MENSUALES DE VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s) 1977 A 2012													
AÑO	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	PROM/MES
MEDIOS	2,2	2,3	2,4	2,1	2,3	2,6	2,7	2,7	2,3	2,1	2,1	2,2	2,3
MAXIMO	3,1	3,3	3,2	2,7	3	3,4	4	4,3	3,9	3,2	3,2	3	3,4
MINIMO	1,4	1,7	1,7	1,4	1,6	1,7	1,9	1,8	1,4	1,3	1,4	1,4	1,6

Tabla 25 Valores medios mensuales de velocidad del viento entre 1977 y 2012

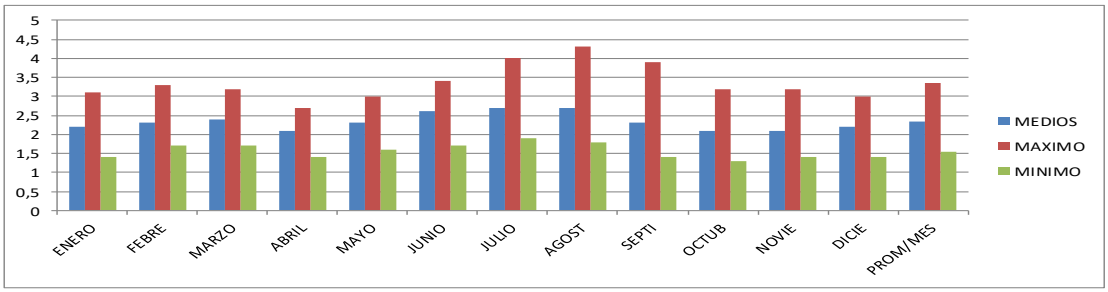


Figura 25. Valores medios mensuales de velocidad del viento entre 1977 y 2012

En la tabla 25 se observan las diferentes variables aplicadas para estudiar la velocidad del viento donde se identifica el promedio mínimo, medio y máximo en cada uno de los meses de 35 años. Se identifica de donde fueron tomados los datos la estación Aeropuerto el Dorado localizado en la ciudad de Bogotá, del IDEAM o Instituto de Hidrología meteorología y estudios ambientales del sistema de información nacional ambiental, organismo colombiano; Las unidades están dadas en promedio de metros por segundo durante el mes. El periodo o tiempo registrado corresponde entre los años 1977 a 2012, es decir 35 años de recolección de datos. El valor máximo se presenta promediado con 4,3 m/s en los diferentes meses de agosto de estos 35 años que se tomaron datos. El valor mínimo se presenta con 1,3 m/s en el mes de octubre. Se realizaron los promedios anuales del mínimo, medio y máximo. Para comparar posteriormente con la temperatura, la nubosidad y la precipitación.

En la figura 25 se visualiza que los meses con mayor velocidad del viento esta primero el mes de agosto, seguido de julio, concluyendo como los 2 meses con

mayor velocidad del viento. Los meses con menos velocidad del viento son enero, abril, septiembre, noviembre y diciembre.

IDEAM INSTITUTO DE HIDROLOGIA METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES
SISTEMA DE INFORMACIÓN NACIONAL AMBIENTAL
ESTACION IDEAM CARRERA 10

ESTACION:	21201600
LOCALIZACIÓN:	BOGOTA D.C.
FECHA DE INSTALACIÓN:	SEPTIEMBRE DE 1986
FECHA DE PROCESO:	16 DE AGOSTO DE 2018

IDEAM INSTITUTO DE HIDROLOGIA METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES
SISTEMA DE INFORMACIÓN NACIONAL AMBIENTAL
ESTACIÓN IDEAM CARRERA 10. LATITUD 4°36" N, LONGITUD 74° 4" W, ELEVACIÓN 2685 MSNM

VALORES TOTALES MENSUALES DE PRECIPITACION (mms) 1986 A 2015													
AÑO	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	PROM/MES
MEDIOS	67,9	85,5	110,9	122,9	117,7	58,3	54,8	47,9	53,1	139,1	155	97,6	93
MAXIMO	267	227,4	262,7	305,8	274,8	126,6	153,4	103,6	137,2	370,5	330,2	206,5	230
MINIMO	5,9	11,3	29,6	49,2	22	17,8	24	18,9	6,2	26,1	41,6	3,1	21

Tabla 26 Valores totales mensuales de precipitación entre 1986 y 2015

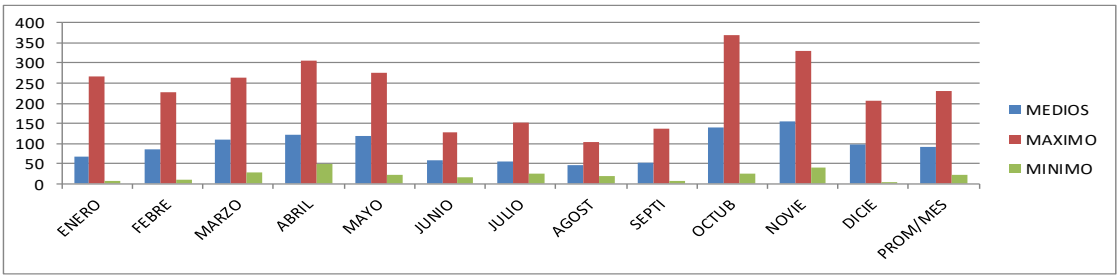


Figura 26. Valores totales mensuales de precipitación entre 1986 y 2015

IDEAM INSTITUTO DE HIDROLOGIA METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES
SISTEMA DE INFORMACIÓN NACIONAL AMBIENTAL
ESTACIÓN IDEAM CARRERA 10. LATITUD 4°36" N, LONGITUD 74° 4" W, ELEVACIÓN 2685 MSNM

VALORES NÚMERO DE DIAS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN 1986 A 2015													
AÑO	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	PROM/MES
MEDIOS	9	11	16	19	20	19	21	19	14	18	18	13	16
MAXIMO	26	20	23	25	29	26	27	26	23	28	27	20	25
MINIMO	1	5	8	11	10	10	12	13	7	7	11	4	8

Tabla 27 Valores número de días mensuales de precipitación entre 1986 y 2015

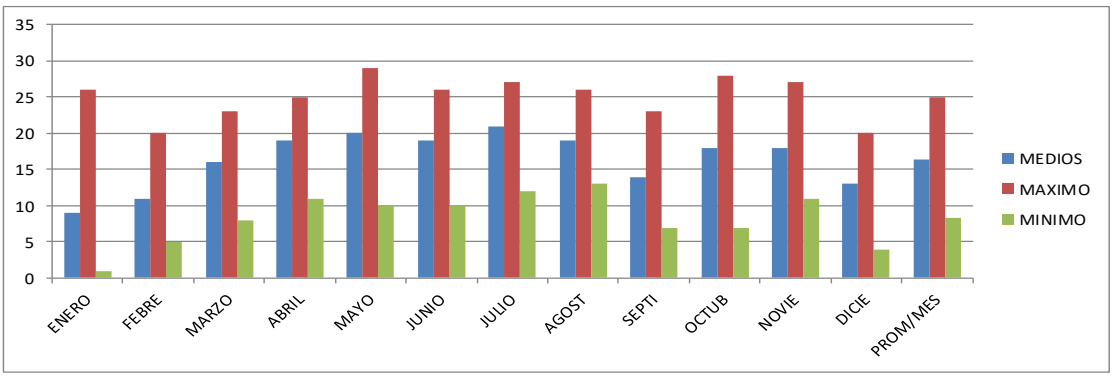


Figura 27. Valores número de días mensuales de precipitación entre 1986 y 2015

IDEAM INSTITUTO DE HIDROLOGIA METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES
SISTEMA DE INFORMACIÓN NACIONAL AMBIENTAL
ESTACIÓN IDEAM CARRERA 10. LATITUD 4°36" N, LONGITUD 74° 4" W, ELEVACIÓN 2685 MSNM

VALORES MAXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN en 24 HORAS (mms) 1986 A 2015													
AÑO	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	PROM/MES
MEDIOS	23	26,3	30,7	31,2	32	17	14,2	13,5	20,6	34,5	36,2	27,2	25,5
MAXIMO	53,4	57,2	66,1	64	80	40,9	37,8	44,8	74,5	83,1	94,5	56,2	62,7
MINIMO	3,1	3,3	12,7	9,8	9,2	4,8	5,6	3,2	1,4	13,7	7,8	1,9	6,4

Tabla 28 Valores máximos mensuales de precipitación en 24 horas entre 1986 y 2015

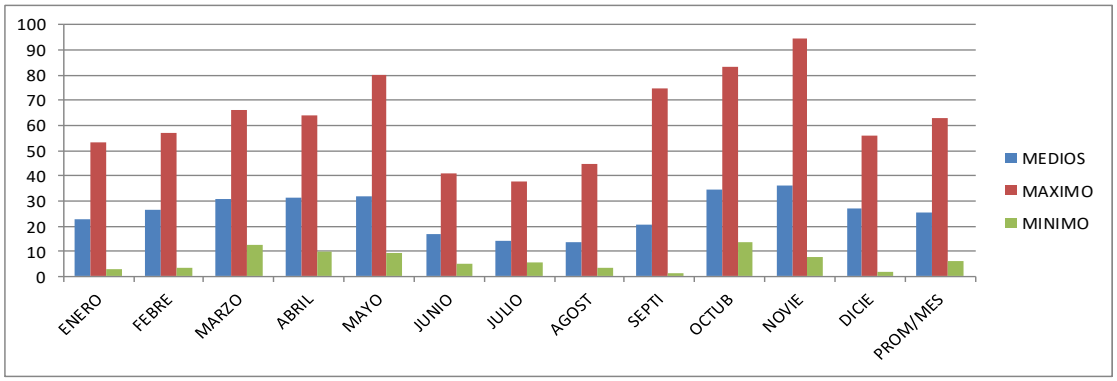


Figura 28.Valores máximos mensuales de precipitación en 24 horas entre 1986 y 2015

En la tabla 26,27 y 28 se observan las diferentes variables aplicadas para estudiar la precipitación donde se identifica el promedio mínimo, medio y máximo en cada uno de los meses de 29 años. Se identifica de donde fueron tomados los datos la estación Carrera 10 localizado en la ciudad de Bogotá, del IDEAM o Instituto de Hidrología meteorología y estudios ambientales del sistema de información nacional ambiental, organismo colombiano; Las unidades están dadas en milímetros al mes. El periodo o tiempo registrado corresponde entre los años 1986 a 2015, es decir 29 años de recolección de datos. El valor máximo se presenta promediado con 370,5 milímetros en el mes de octubre de estos 29 años que se tomaron datos. El valor mínimo se presenta con 3,1 milímetros en el mes de diciembre. Se realizaron los promedios anuales del mínimo, medio y máximo. Para comparar posteriormente con la temperatura, la nubosidad y la velocidad del viento.

En la figura 26,27 y 28 se visualiza que los meses con mayor precipitación esta primero el mes de octubre, seguido de abril, concluyendo como los 2 meses con mayor precipitación. Los meses con menos precipitación son enero, septiembre y diciembre.

ESTACIONES UTILIZADAS PARA LAS MEDICIONES METEREOLOGICAS

ESTACIÓN	ALTITUD	UNIDAD	DIFERENCIA
Estación Venado	2725	MSNM	+81
Estación Carrera 10	2705	MSNM	+61
Conjunto Habitacional Torres Blancas	2644	MSNM	0
Estación Aeropuerto	2547	MSNM	-97

Tabla 29. Estaciones utilizadas para las mediciones meteorológicas. Fuente IDEAM

El Conjunto habitacional Torres Blancas está localizado por encima de la estación aeropuerto a 97 mts, y por debajo de la estación carrera 10 en 61 mts y de la estación Venado por debajo con 81 mts. El ideal siempre será instalar una estación meteorológica en el lugar de estudio, por razones de presupuesto esto no se realizó, por lo cual se obtuvieron datos promediando la información de las tres estaciones señaladas entre los años 1.968 a 2017.

La variación de los periodos de recolección de datos corresponde a la disponibilidad que en su momento tenía cada estación, no siempre se contaba con el funcionamiento de los equipos por eso la razón de la variación en la cantidad de años.

Capítulo IV

Francisco Javier Lagos Bayona

Jairo Jamith Palacios Rozo

Alain Fitzgerard Castro Alfaro

4. DESCRIPCIÓN DE LOS RESULTADOS Y ANÁLISIS DEL MODELADO EN DESING BUILDER

CICI | CENTRO DE INVESTIGACIONES Y CAPACITACIONES INTERDISCIPLINARES

RADIACIÓN SOLAR ANUAL DE ACUERDO CON LA POSICION DE LAS TORRES

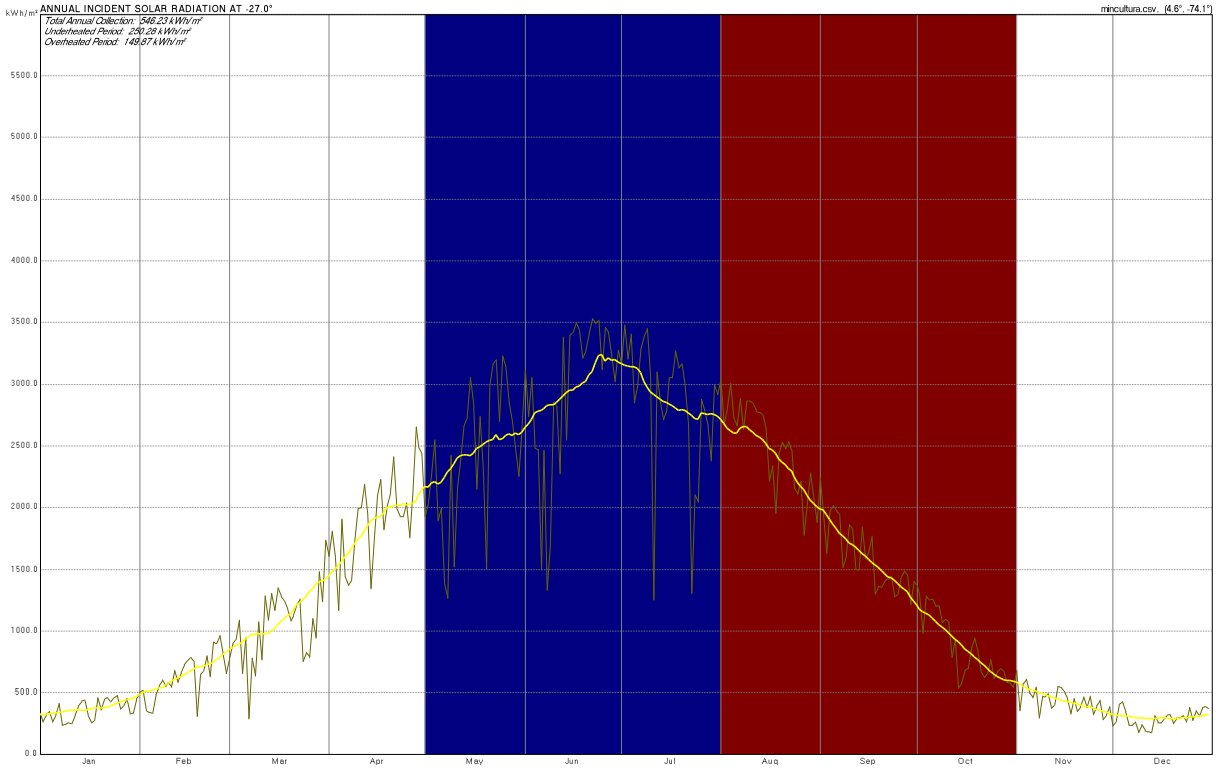


Figura 29 Radiación solar anual. Fuente Autores. 2020

En la Figura 29 se observa en el eje x esta localizados los 12 meses del año, y en el eje y está localizada la escala de kwh/m2 de 250 kwh/m2 a 3250kwh/m2.

Cuando el sol está en el norte se representa con el color azul, al sur con el color rojo. Durante los meses de mayo a agosto es donde se podrían captar radiación solar por encima de los 2000 kWh/m2. En los meses de octubre, noviembre, diciembre, enero, febrero y parte de marzo, se capta radiación solar por debajo de los 1000 kwh/m2. Época cuando el sol se encuentra en el hemisferio sur, por lo cual la intensidad se ve reducida.

CUADRO PSICOMÉTRICO PARA TECNICAS DE DISEÑO

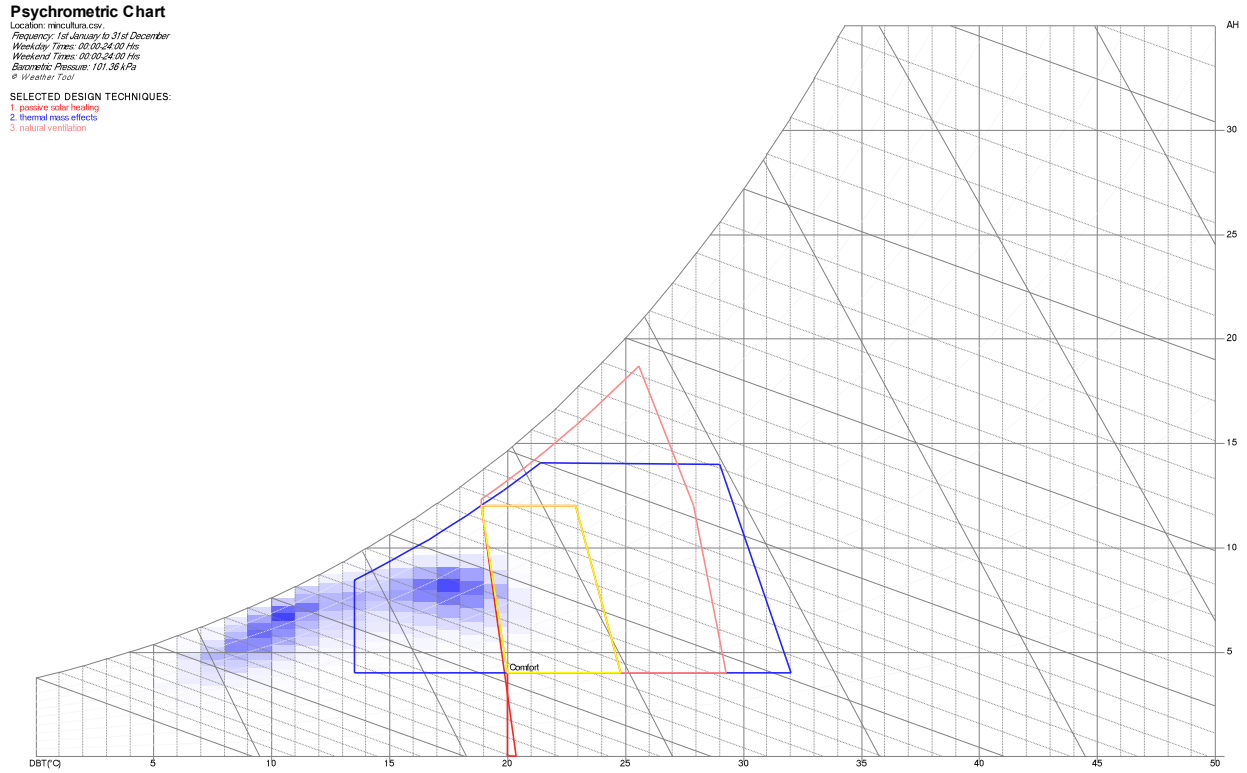


Figura 30 Cuadro Psicométrico. Autores. 2020

En la figura 30 se observa mediante el cuadro psicométrico La zona de confort que se puede establecer para el habitante de la ciudad de Bogotá, y según sus hábitos culturales y vestimenta esta entre 20° y 25° C, cuando se analiza el edificio, los cuadros de color azul, nos muestra que en esa franja está en menos de 20°, y en algunas temporadas estará entre 5° y 10° C, las estrategias para llevar a un buen nivel de confort, seria aumentar la masa de los muros para que haya absorción de calor, y que no haya perdidas de temperatura interna. La parte de color rojo nos muestra que el sol no va a calentar mucho por la altura a la cual se encuentran las torres y no será una estrategia que beneficie mucho al proyecto en este punto de la ciudad. Se puede concluir que el 95% del año la temperatura al interior de las Torres Blancas esta fuera del rango de confort.

VIENTOS PREDOMINANTES

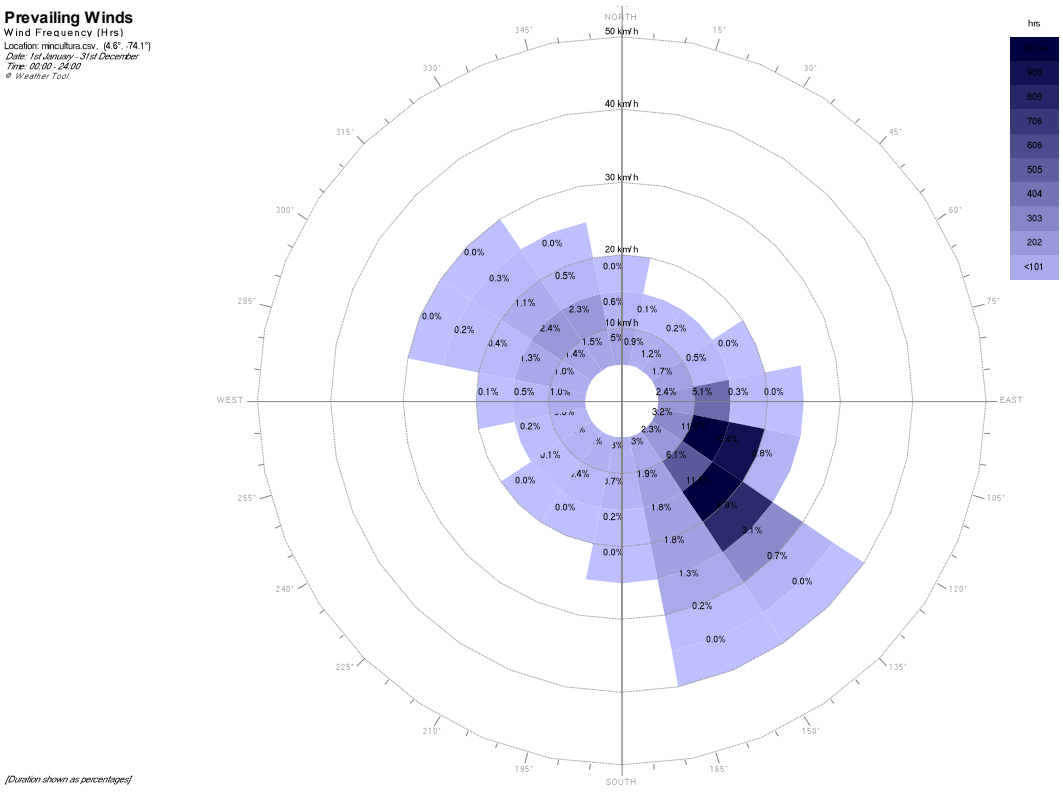


Figura 31. Vientos predominantes. Autores. 2020

En la figura 31 se observa la "La Rosa de los Vientos", nos indica que desde la parte sur oriental son los vientos predominantes en color azul oscuro y llegan a unas velocidades entre 20 y 30 km/h, corresponde a los vientos que bajan de los cerros orientales con su respectiva humedad la cual es agregada a la temperatura de frio que ya se tiene al interior de los apartamentos de las Torres Blancas.

Se identifican en la figura la dirección y la frecuencia en tiempos determinados, no se puede indicar si se tuvieron en cuenta los vientos para la implantación de los edificios en el terreno, con

el propósito de minimizar los vientos fuertes, o si la estructura se logro minimizar por estos, eventualmente para implementar la energía eólica en el lugar situación que no se ha realizado

VIENTOS PREDOMINANTES

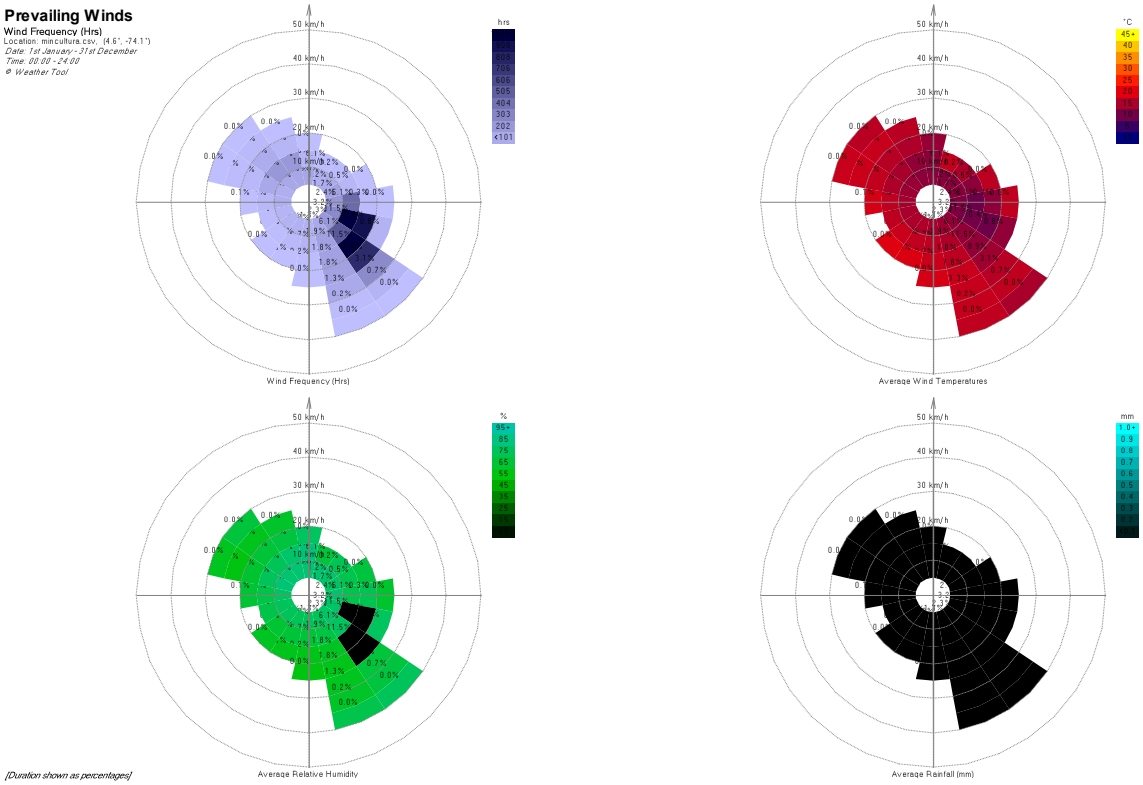


Figura 32 Vientos predominantes. Autores. 2020

En la figura 32 se observa que en las otras épocas del año los vientos que prevalecen siempre son de dirección sur oriental, es decir de los cerros orientales, varía su velocidad, la frecuencia, la temperatura y su humedad. Estos impactan en toda la época del año principalmente a las edificaciones en altura que se encuentran construidas de manera paralela a los cerros orientales de la ciudad de Bogotá. Se identifica la variabilidad de la dirección del viento y la predominante,

PROMEDIOS MENSUALES, DÍAS MAS CALUROSOS

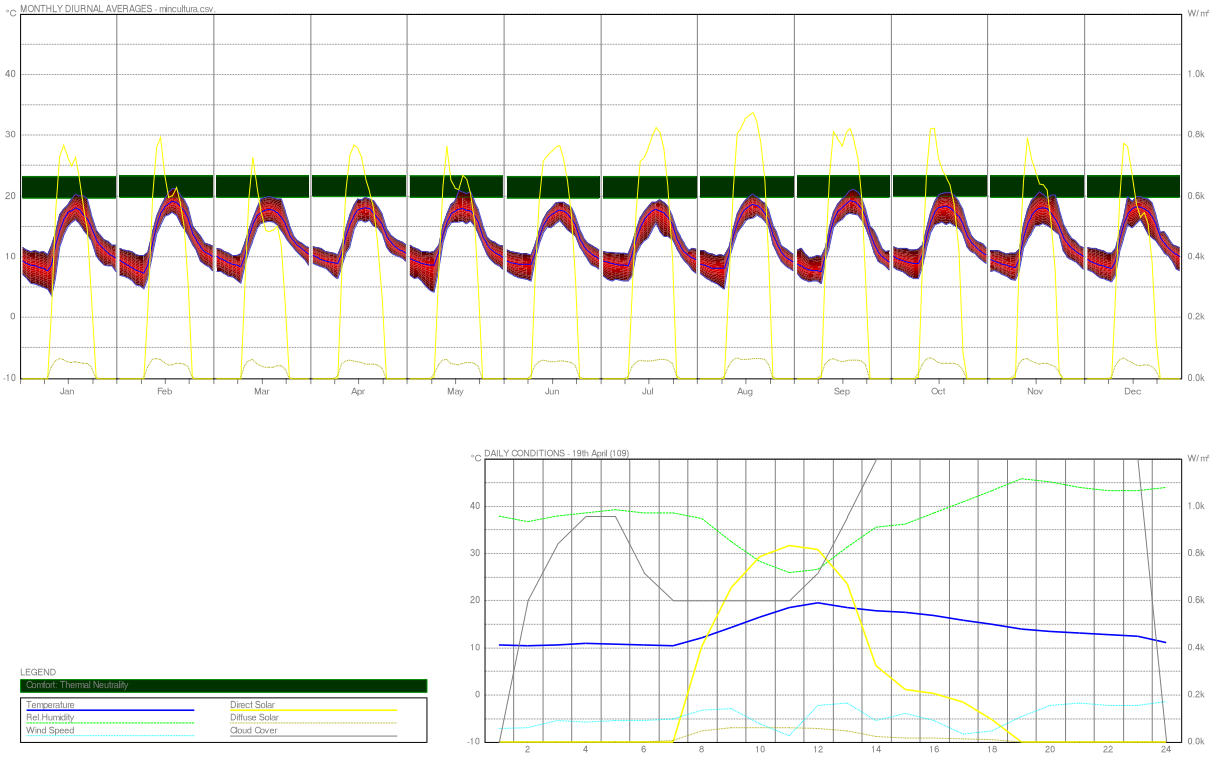


Figura 33 Promedio mensuales y días más calurosos. Autores. 2020.

El día 19 de abril es el día más caluroso del año, la gráfica nos muestra las variaciones anuales de temperatura que oscila entre 5 y 20° de temperatura, lo ideal es la franja verde, y se nota la variación en la medición a través del software. En muy pocas ocasiones se alcanza la temperatura de confort 20°C, y esto sucede alrededor del mediodía, cuando el sol se encuentra en su punto más alto.

RESUMEN SEMANAL

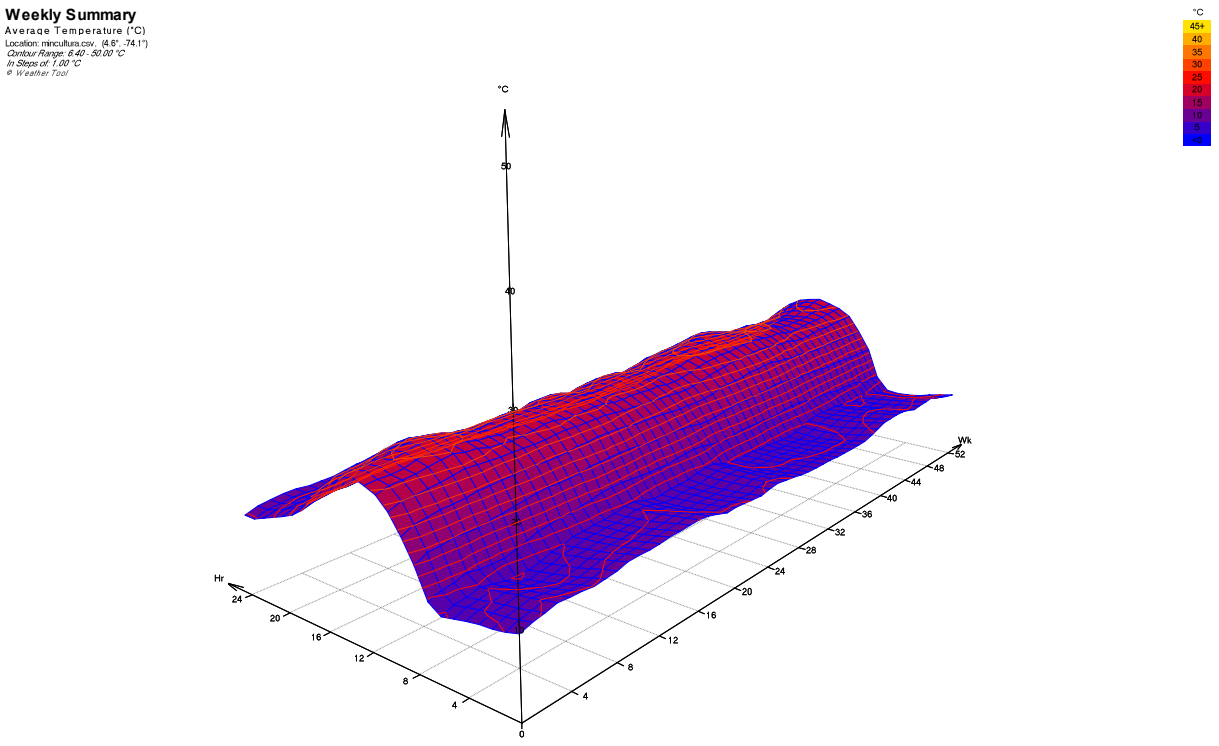


Figura 34. Resumen semanal de la temperatura. Autores. 2020

En la figura 34 se muestra que la hora en la cual hay mayor temperatura y radiación solar está dada entre las 12 m y las 2 pm, y aun así no se llega a la zona de confort.

Capítulo V

MODELADO Y DIAGRAMA SOLAR EN DESING BUILDER DEL CONJUNTO HABITACIONAL TORRES BLANCAS

Francisco Javier Lagos Bayona

Juan Andrés Barbosa Ruiz

Jairo Jamith Palacios Rozo

CICI | CENTRO DE INVESTIGACIONES Y CAPACITACIONES INTERDISCIPLINARES

5. MODELADO Y DIAGRAMA SOLAR EN DESING BUILDER DEL CONJUNTO HABITACIONAL TORRES BLANCAS.

DIAGRAMA SOLAR DEL CONJUNTO HABITACIONAL TORRES BLANCAS

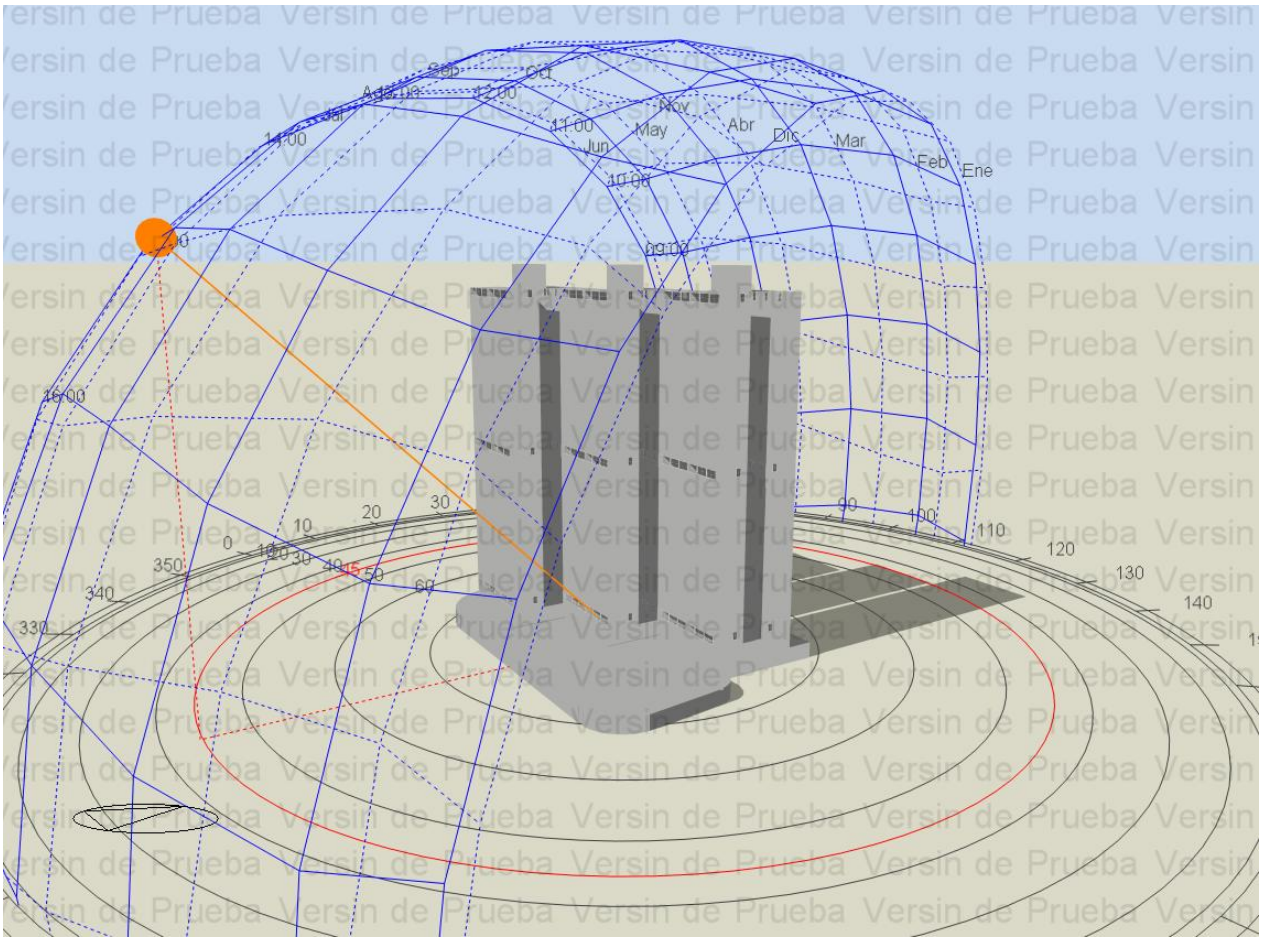


Figura 35 Diagrama solar. Autores. 2020

En la figura 35 se ve la representación del diagrama solar nos muestra la posición del sol en horas de la tarde, vemos la posición del sol (occidente) con respecto a las torres, la hora aproximada es las 3;00 pm, y representa la posición solar durante el año, así mismo nos indica que la posición de las torres favorece la asolación e iluminación de los espacios internos de los apartamentos.

ANÁLISIS TÉRMICO DE CADA UNA DE LAS TORRES.

ANÁLISIS TÉRMICO TORRE A PISO 1 DÍA MAS FRÍO 20 DE ENERO

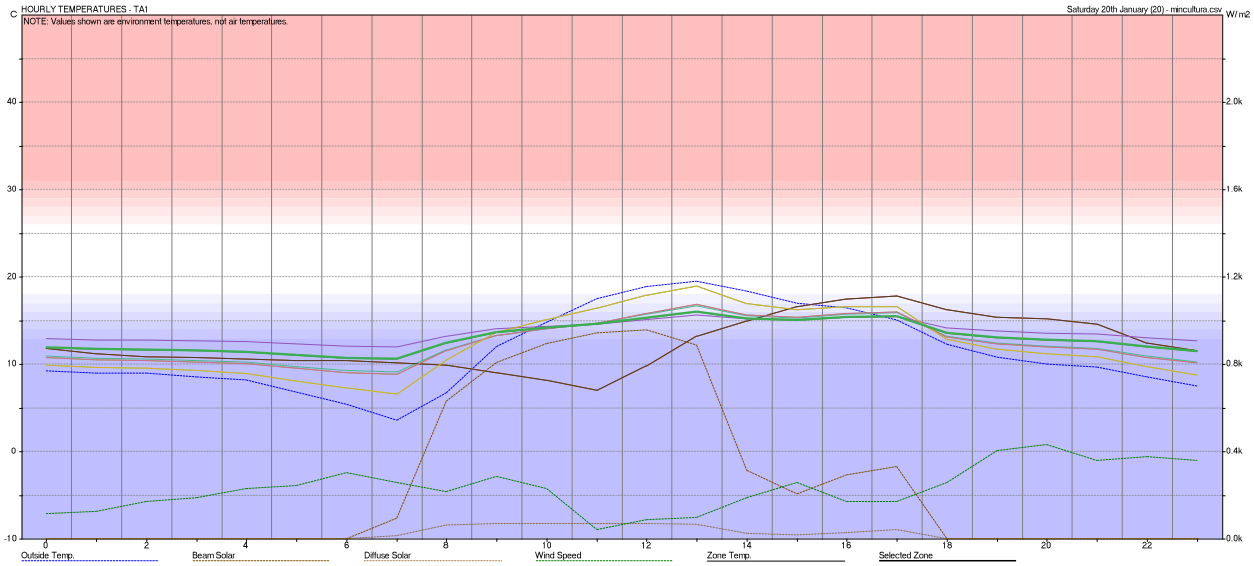


Figura 36 Análisis térmico de la torre A piso más bajo. Autores. 2020.

ANÁLISIS TÉRMICO TORRE A PISO 13 DÍA MÁS FRÍO 20 DE ENERO

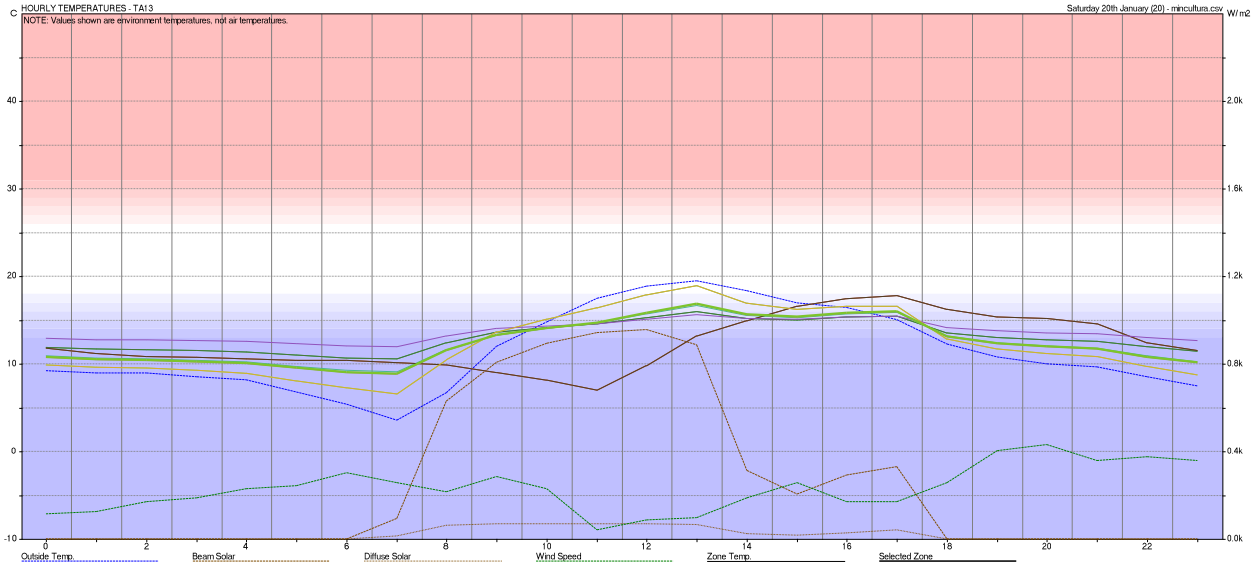


Figura 37 Análisis térmico de la torre A piso intermedio. Autores. 2020

ANÁLISIS TÉRMICO TORRE A PISO 25 DÍA MAS FRÍO 20 DE ENERO

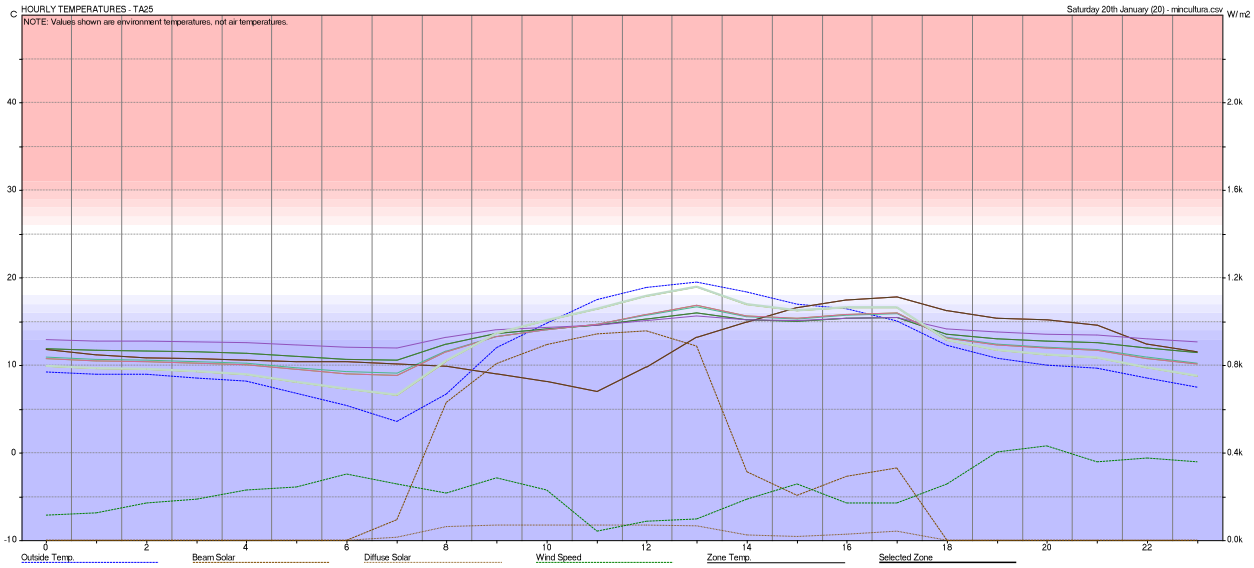


Figura 38 Análisis térmico torre A piso más alto. Autores. 2020

En las figuras 36, 37 y 38 observamos el resultado gráfico luego de vincular al design builder los datos obtenidos de temperatura, energía solar, difusión solar, velocidad el viento, y la zona seleccionado. Vemos que la temperatura ideal debería estar en la franja blanca (18° a 25°) o zona de confort, la cual solo se afecta entre las 10 a.m. y las 4 p.m. la franja de color rosa corresponde a datos por encima de los 25°C que para este caso no hay ningún dato, y en la franja morada corresponde a temperatura menores a 18°C que para este caso hay datos bioclimáticos que se dan en esta franja. Cada figura en su orden corresponde al piso 1, al piso 13 y al piso 25, en el eje x están las 24 horas día, en el eje "y izquierdo" está la temperatura en grados centígrados y en el eje "y derecho" esta la energía solar en W/m2, la línea segmentada de color azul representa la temperatura exterior y marca como mínimas en 5°C a las 7:00 am y la temperatura máxima este día a la 1:00 pm está a 20°C. considerado el día más frio y para el piso superior o 25. La línea verde indica la temperatura torre A Piso 1 durante el 20 de enero que se encuentra a la 1:00 pm y no se eleva a más de 18°C. Como se observa en las tres gráficas el primer piso permanece con una temperatura menor entre 2°C y 3°C con respecto a los pisos superiores, esto se debe a que los pisos superiores cuentan, con una mayor exposición solar, y en el caso particular del último piso cuenta con la cubierta que sirve para la transferencia de calor.

ANÁLISIS TÉRMICO TORRE B PISO 1 DÍA MÁS FRÍO 20 DE ENERO

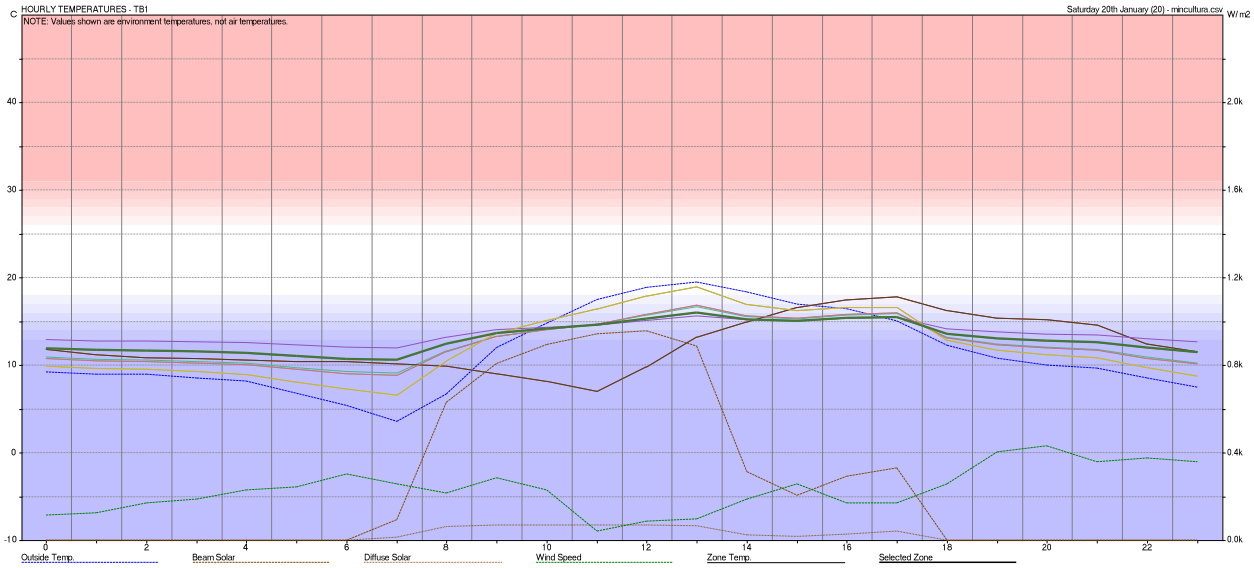


Figura 39 Análisis térmico de la torre B piso más bajo. Autores. 2020

ANÁLISIS TÉRMICO TORRE B PISO 13 DÍA MÁS FRÍO 20 DE ENERO

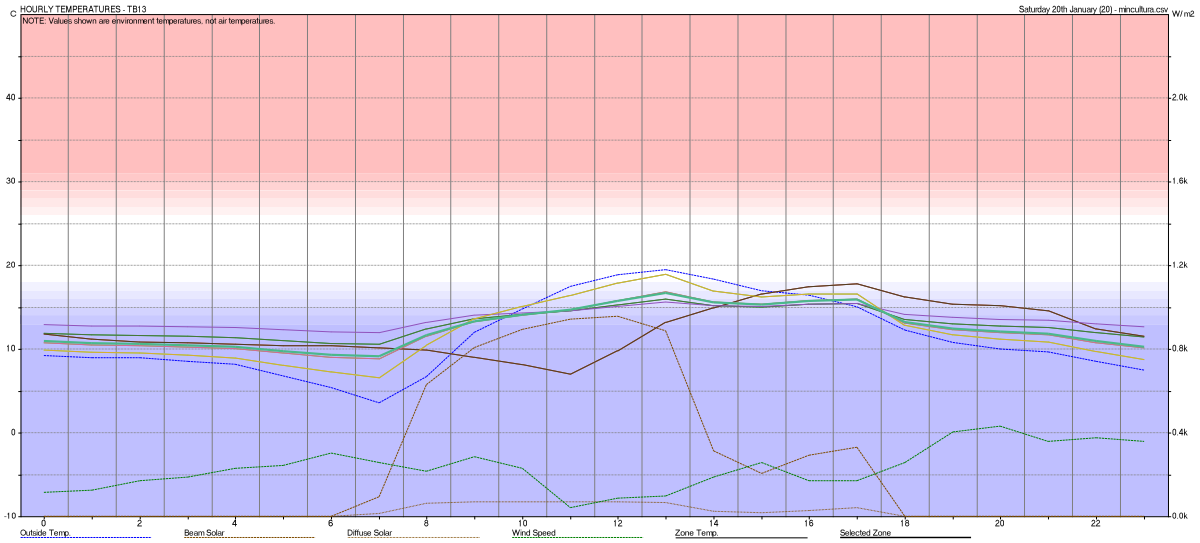


Figura 40 Análisis térmico de la torre B piso intermedio. Autores. 2020.

ANALISIS TÉRMICO TORRE B PISO 25 DÍA MÁS FRÍO 20 DE ENERO

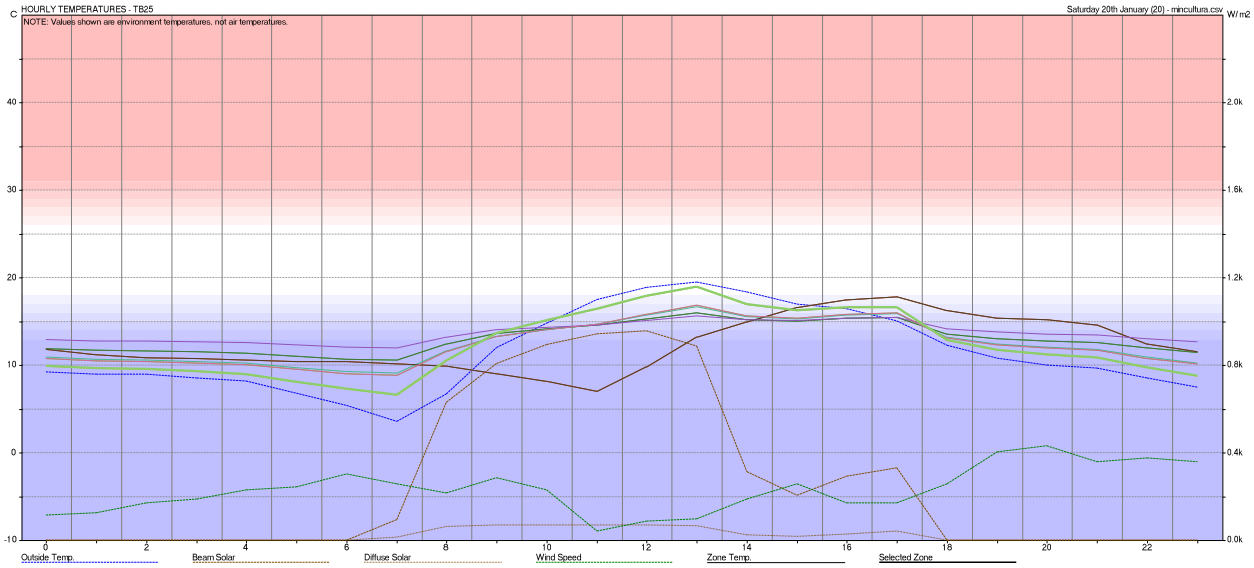


Figura 41 Análisis térmico de la torre B piso más alto. Autores. 2020

Al igual que en la torre A en la Torre B representado en las Figuras 39, 40 y 41 se evidencia que el comportamiento de la temperatura en los diferentes niveles va aumentando de acuerdo con el nivel que se encuentre, sin embargo, la torre B tiene una sombra generada por la torre A o la C en diferentes épocas del año. Las figuras 36 y 39 corresponden al piso 1 de las torres A y B respectivamente, las gráficas son muy similares en sus resultados y posible análisis, las figuras 37 y 40 correspondientes al piso 13 de las torres A y B sucede exactamente los mismo las gráficas son muy similares y finalmente al comparar las Figuras 38 y 41 correspondientes al piso 25 las gráficas también son similares. Existe de todas maneras una pequeña variación donde se observa más fría la torres B en consecuencias de la sombra que le produce la Torre A y la Torre C.

El análisis es similar en la zona rosa no llega ningún dato, en la zona blanca solo se observa una franja muy pequeña de confort donde aparecen los datos y en la zona morada están la mayoría de los datos resultantes corroborando el frio intenso que se siente en estos edificios.

El análisis también se realiza en el día más frio del año correspondiente al 20 de enero, considerando que cualquier otro día siempre va a ser mejor que este respecto al confort.

ANALISIS TÉRMICO TORRE C PISO 1 DÍA MÁS FRÍO 20 DE ENERO

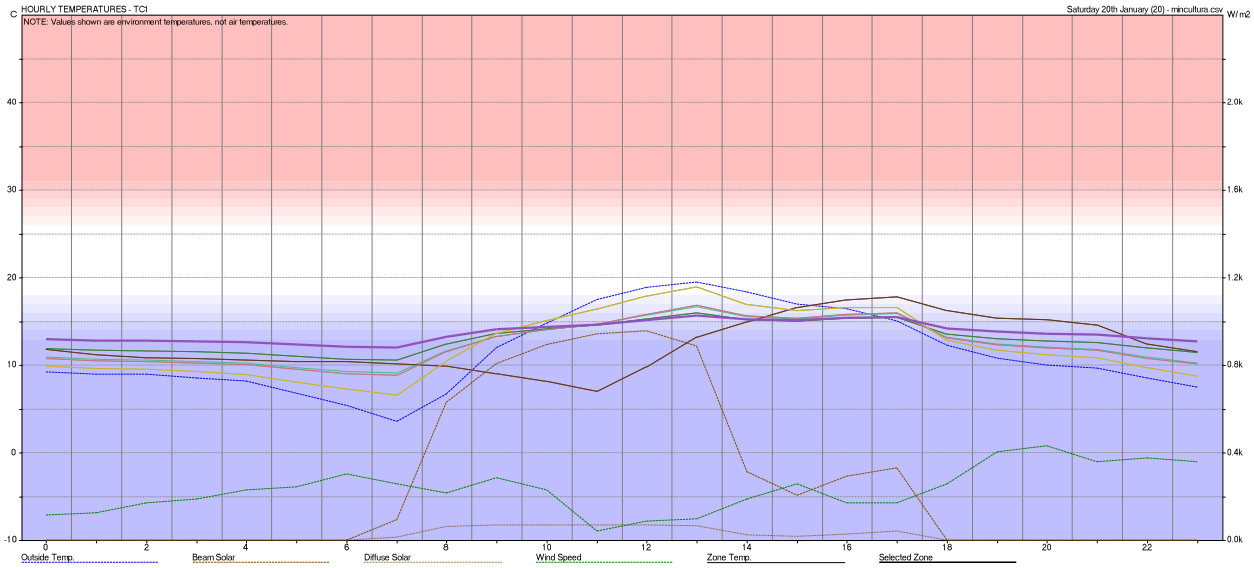


Figura 42 Análisis térmico torre C piso más bajo. Autores. 2020.

ANÁLISIS TÉRMICO TORRE C PISO 13 DÍA MÁS FRÍO 20 DE ENERO

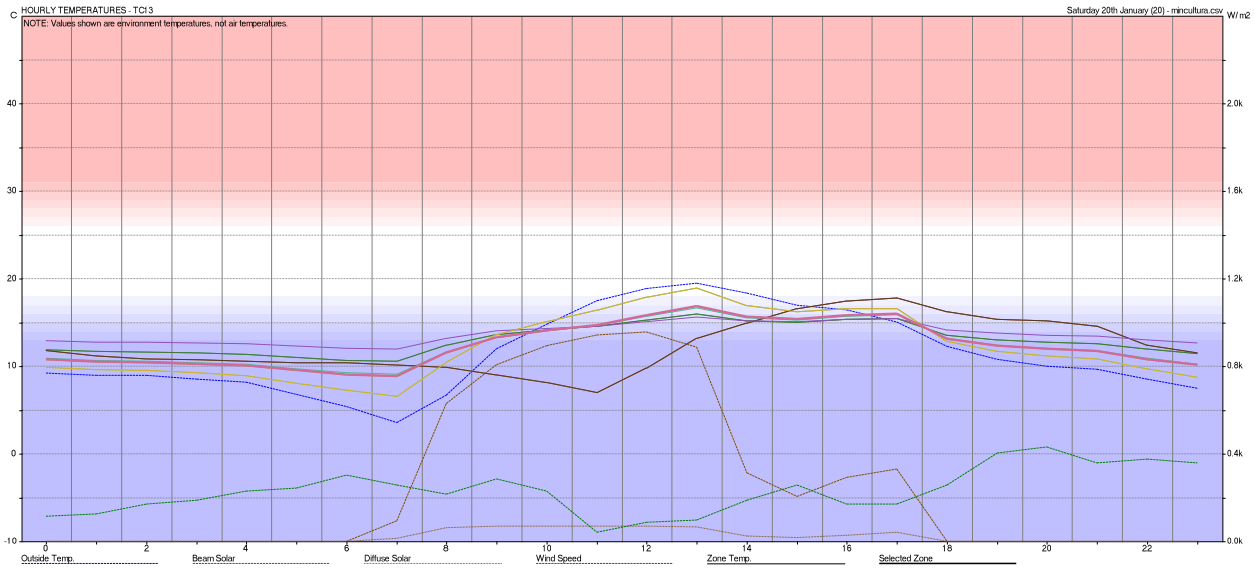


Figura 43 Análisis térmico de la torre C piso intermedio. Autores. 2020.

ANÁLISIS TÉRMICO TORRE C PISO 25 DÍA MÁS FRÍO 20 DE ENERO

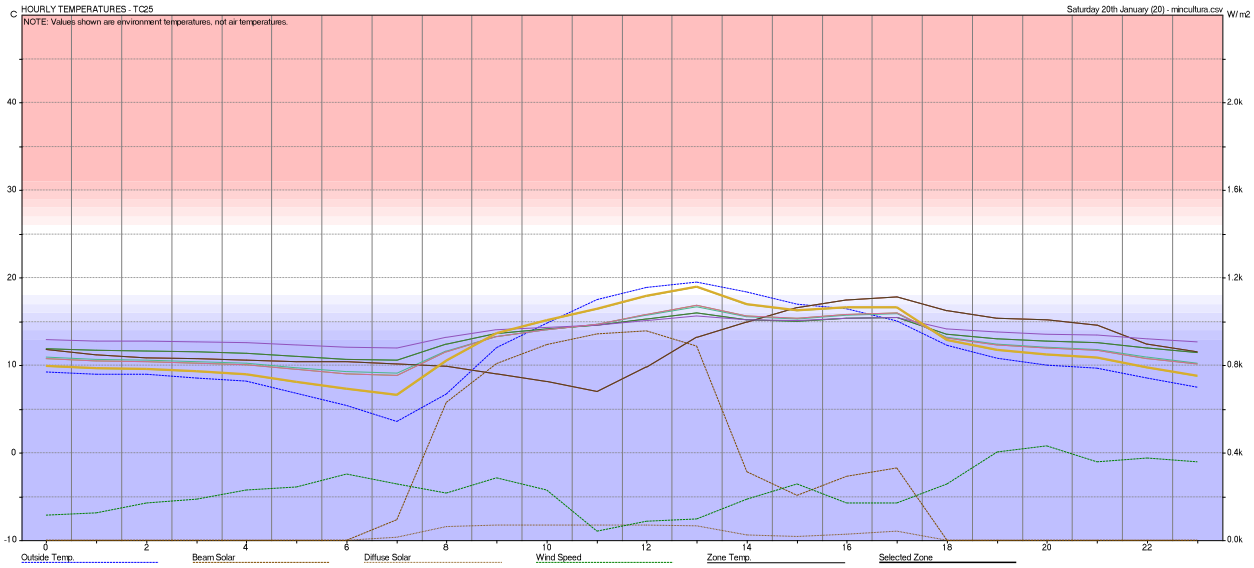


Figura 44 Análisis térmico de la torre C piso más alto. Autores. 2020

Al igual que las torres A y B en la torre C representadas en las figuras 42,43 y 44 hay una variación de temperatura de acuerdo al nivel de los pisos, adicionalmente esta torre al ubicarse más al sur, recibe mayor asolación y por la tanto la temperatura es mayor entre 1°C y 0.5°C, con respecto a las anteriores torres. Aquí también podemos comparar las figuras 36, 39 y 42 que corresponden a los pisos 1 de las torres A, B y C respectivamente, las figuras 37,40 y 43 corresponden al piso 13 de las torres A, B y C respectivamente, y finalmente las figuras 38,41 y 44 corresponden al piso 25 de las torres A, B y C respectivamente. Donde sus resultados según del Design Builder son muy similares, no iguales pues existen sus pequeñas diferencias. Considerando la torre más beneficiosa la torre C por estar en el costado sur, luego la torre A, por estar al costado norte y finalmente la torre B por estar en medio de las otras torres que le dan sombra permanente. Las variaciones de confort son evidentes, se debe trabajar en diseño bioclimático para mejorar las condiciones de cada uno de los apartamentos y esforzarse con estrategias pasivas y activas para subir los resultados a la franja blanca, pues en su mayoría están en la franja morada que corresponden a excesivo frio, considerado fuera de los rangos de confort.

ILUMINACION TORRE A PISO 1

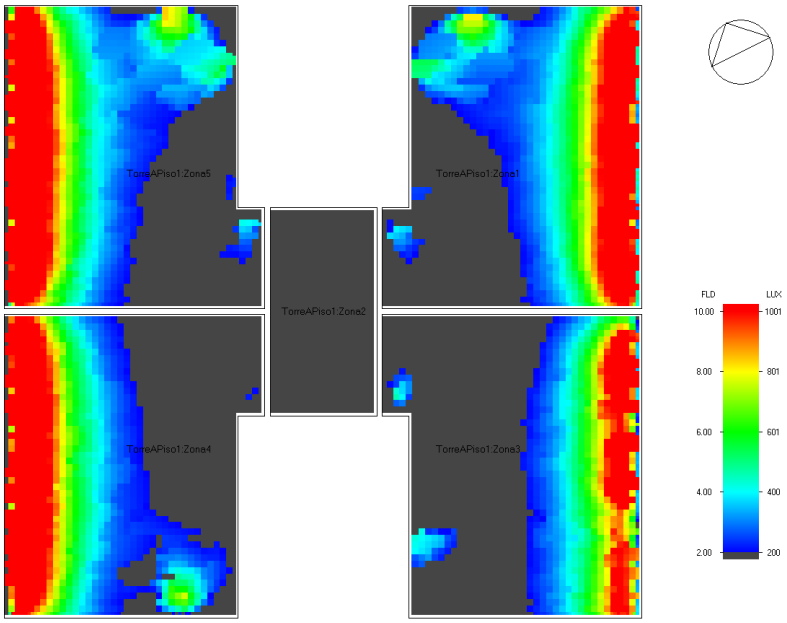


Figura 45 Iluminación de la torre A en los pisos inferiores. Autores. 2020.

ILUMINACION TORRE A PISO 13

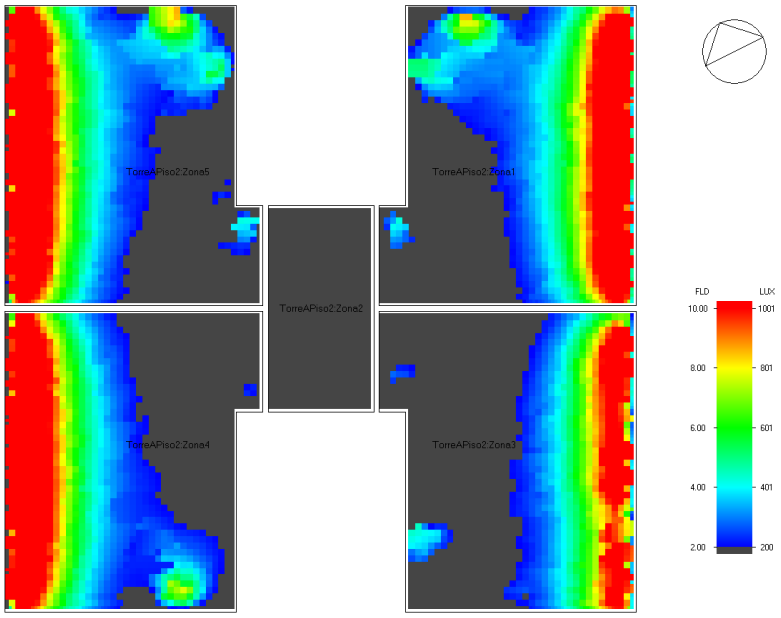


Figura 46 Iluminación natural en la Torre A en los pisos intermedios. Autores. 2020.

ILUMINACION TORRE A PISO 25

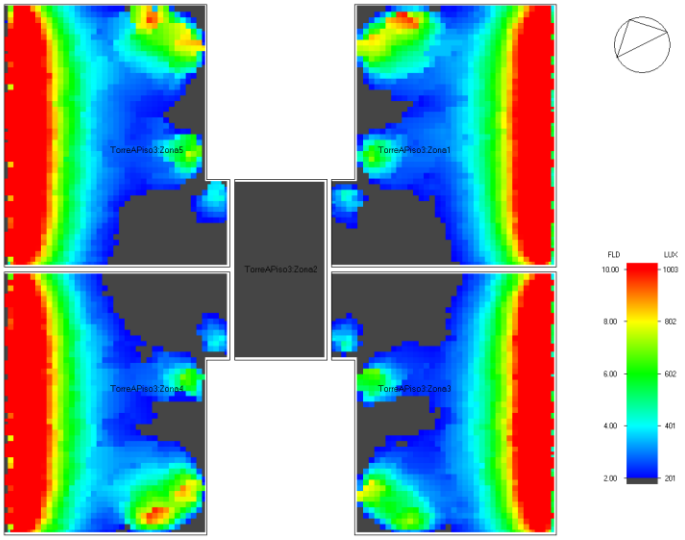


Figura 47 Iluminación natural en la torre A en los pisos superiores. Autores. 2020

En las figuras 45, 46 y 47 se representa el ingreso de la intensidad de la iluminación natural en los pisos, 1 , 13 y 25 de la Torre A, se detecta que es alta dicha iluminación por el color rojo correspondientes a las fachadas oriental y occidental la cantidad de iluminación asciende a 1000 lux, que es donde se encuentran las ventanas y no es variable, pues desde el piso 1, hasta el piso 25 se considera el mismo ingreso de luxes, aunque este piso es el que recibe menos iluminación y por ende es el piso más frio, con respecto a los demás pisos. A medida que se sube en altura se aumenta la cantidad de iluminación recibida por los apartamentos de las torres. Sin embargo, en las fachadas sur y norte no hay un ingreso de luz directa lo que propicia espacios oscuros aquí los podemos identificar con el color negro en los niveles inferiores, así como también la aparición de moho debido a la humedad y la poca o nula exposición de rayos solares en estas zonas. Los colores amarillo, verde y azul representan una menor intensidad de iluminación por lo tanto de lux. Hasta confrontar las áreas de color negro que en definitiva no le llega la iluminación natural siendo propicio para generar el hongo, aunque interviene la circulación de viento en estos espacios o áreas que permitirán la renovación o no del aire interior la cual se convierte en una estrategia pasiva para evitar la generación de hongos al interior del apartamento, si existe una buena ventilación esto podrá mitigar la generación de hongos a pesar del no ingreso de la iluminación natural.

ILUMINACIÓN TORRE B PISO 1

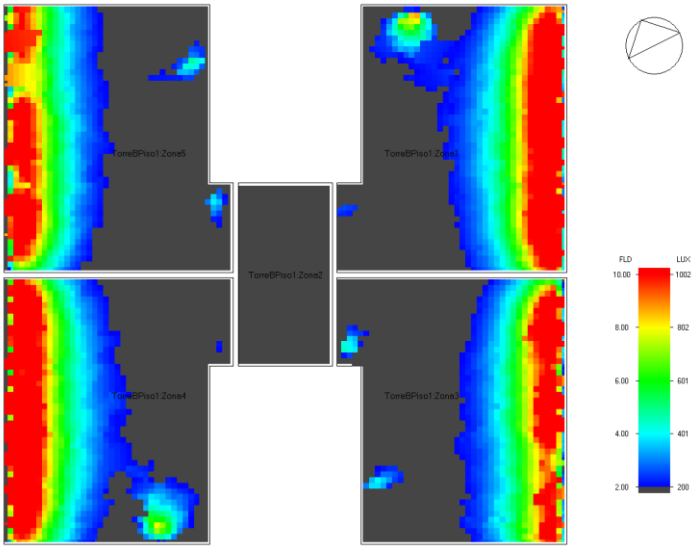


Figura 48 Iluminación natural en la torre B en el piso inferior. Autores. 2020.

ILUMINACIÓN TORRE B PISO 13

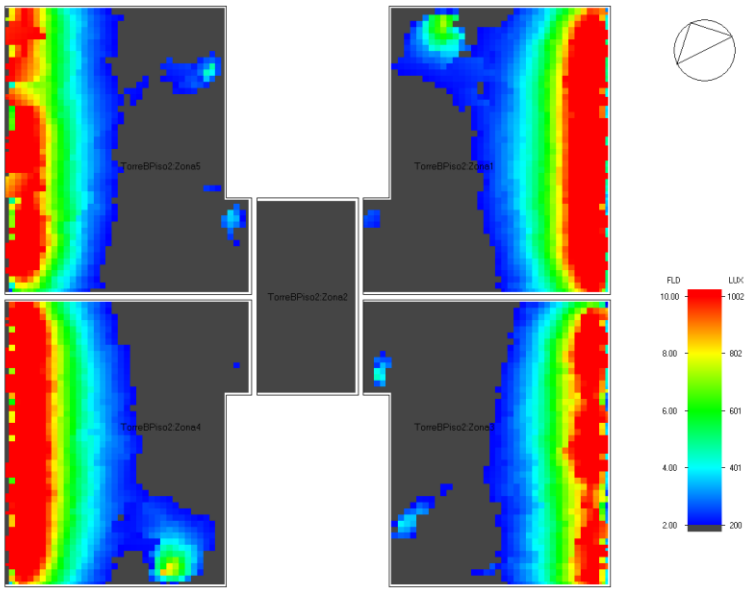


Figura 49 Iluminación natural en la torre B en los pisos intermedios.

ILUMINACIÓN TORRE B PISO 25

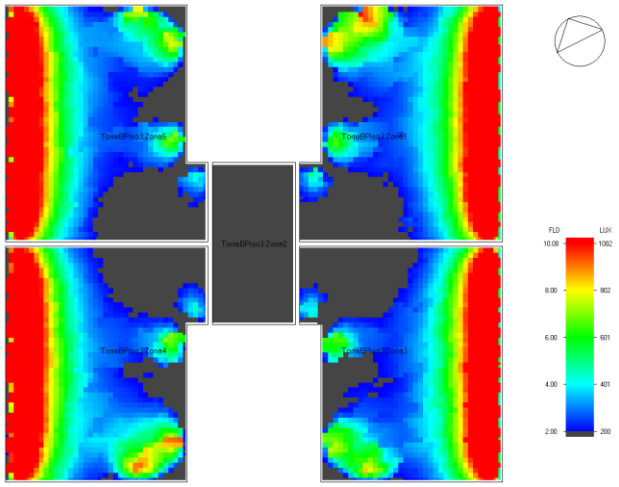


Figura 50 Iluminación natural en la torre B en los pisos superiores. Autores. 2020.

En las figuras 48,49 y 50 se representa la iluminación directa de los pisos 1, 13 y 25 respectivamente de la Torre B, y las figuras 45,46 y 47 son similares y no iguales a los pisos correspondientes de la Torre A, a medida que se sube de piso o niveles en la torre B, es importante resaltar que esta torre al ser la central sufre más en el piso inferior en las fachadas norte y sur por los efectos de la humedad y falta de exposición a la luz solar directa, propiciando la formación de organismos en los nichos de estas fachadas. Se visualiza en color rojo la cantidad de hasta 1000 lux de iluminación y en la medida que se interna en el apartamento aparece la franja de color amarillo que cuenta con 800 lux, luego viene la franja de color verde hasta 600 lux, posteriormente la franja azul clara hasta 400 lux, sigue la franja de azul oscuro hasta 200 lux

Finalizando en el área oscura considerada sin lux de iluminación. Aparecen unas manchas de color verde o azul oscuro o claro entre las zonas negras y corresponden a la cercanía de ventanas de servicio por la cual ingresa iluminación natural.

ILUMINACIÓN TORRE C PISO 1

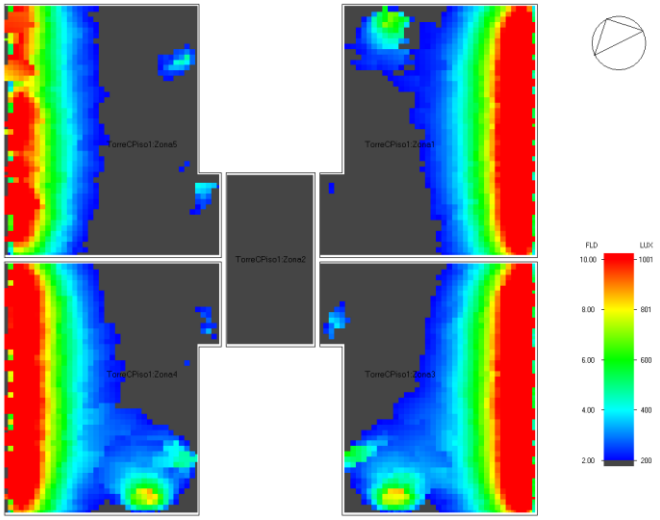


Figura 51 Iluminación natural en la torre C en los pisos inferiores. Autores. 2020.

ILUMINACIÓN TORRE C PISO 13

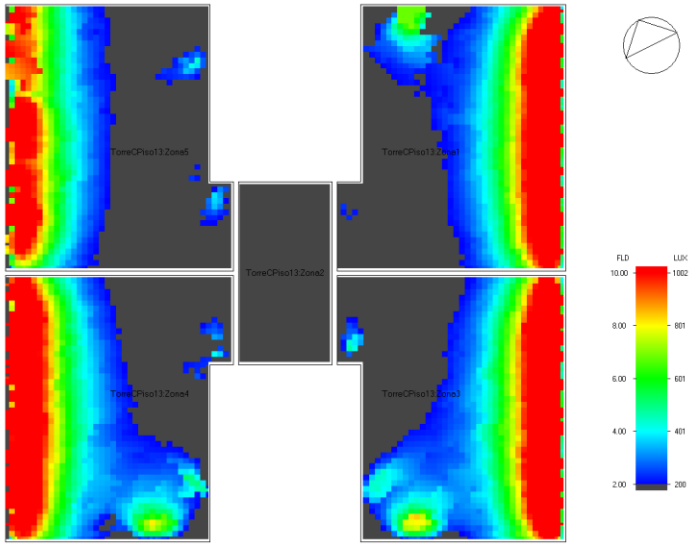


Figura 52 Iluminación natural en la torre C en los pisos intermedios. Autores. 2020.

ILUMINACIÓN TORRE C PISO 25

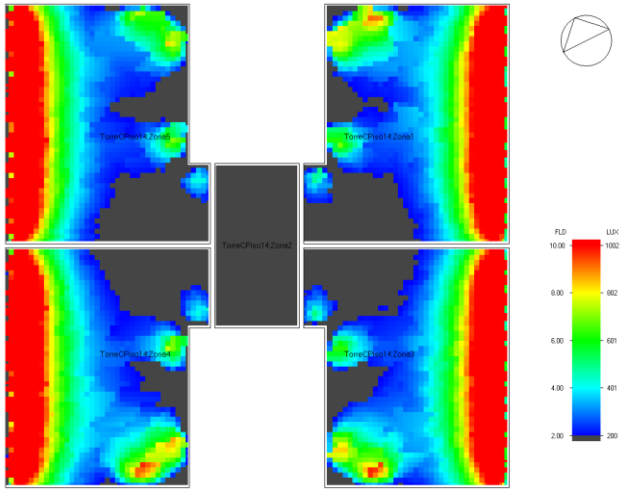


Figura 53 Iluminación natural en la torre C en los pisos superiores. Autores. 2020

En las figuras 51, 52 y 53 se muestran los pisos 1,13 y 25 respectivamente de la torre C al igual que en la torre A y B sus figuras son similares y no iguales para el piso uno las figuras 45,48 y 51 de las torres A, B y C, para las figuras 46,49 y 52 para los pisos 13 de las torres A, B y C y las figuras 47,50 y 53 de los pisos 25 de las torres A, B y C se presenta el mismo evento en cada torre en la medida que se sube de nivel hay mayor iluminación, sin embargo, la torre C al encontrarse en el costado sur del conjunto residencial tiene mayor iluminación por la fachada sur con respecto a las otras torres, y así mismo evitando el problema de acumulación de humedad en el nicho de esta fachada. Las escalas de lux son iguales y las manchas flotantes de color verde, azul, amarillo o rojo corresponden a la cercanía a las ventanas de servicio.

En el centro de las figuras están los pasillos de áreas comunes, los ascensores, las escaleras, el ducto de arrojo de residuos y área de contadores de agua, visualizando que el ingreso de iluminación es casi nulo, exceptuado por las escaleras.

DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURA POR HORAS TORRE A PISO 1

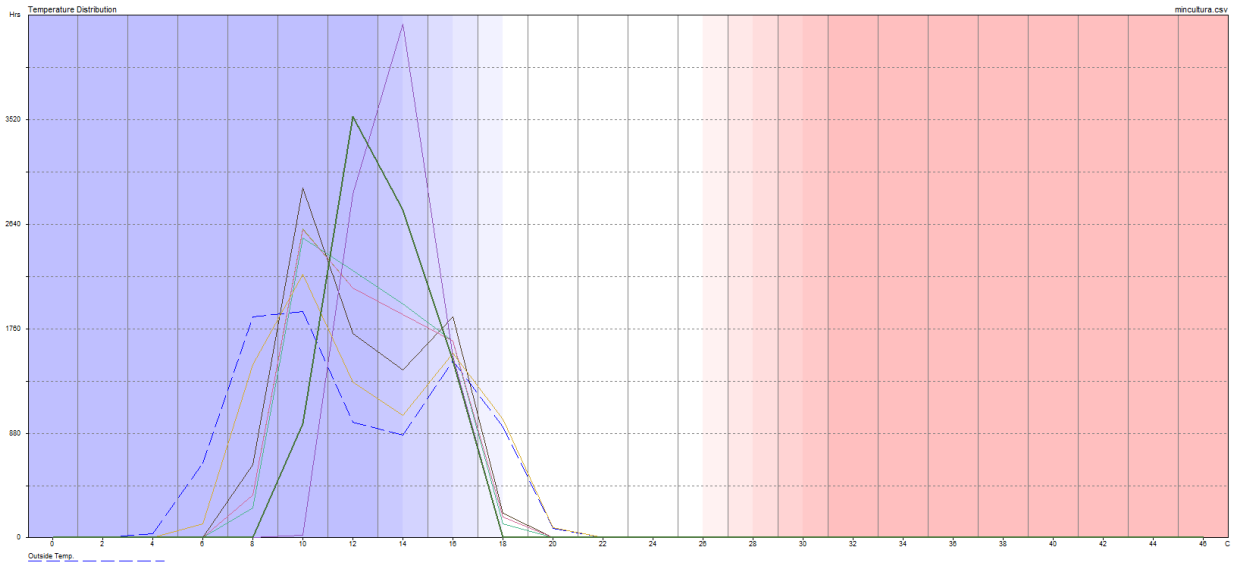


Figura 54 A se muestra la distribución de la temperatura en el piso 1 de la Torre A.

DISTRIBUCIÓN TEMPERATURA POR HORAS TORRE A PISO 13

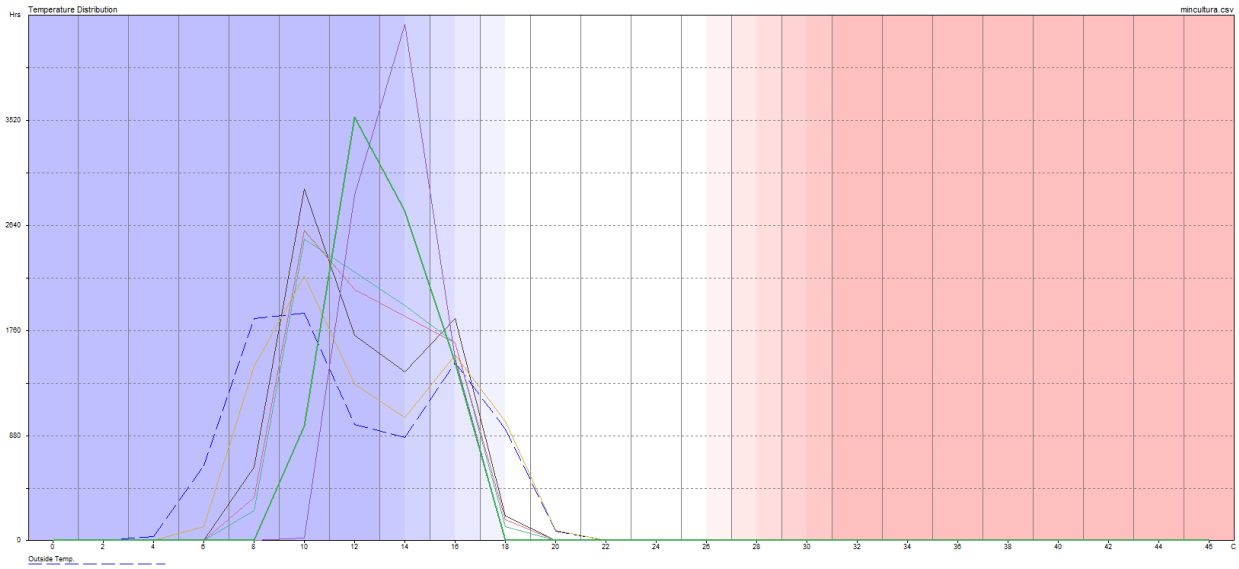


Figura 54 B En la figura muestra que, en 3520 horas del año, se tiene una temperatura predominante de 12° en el piso 1 torre A. Autores. 2020

DISTRIBUCIÓN TEMPERATURA POR HORAS TORRE A PISO 25

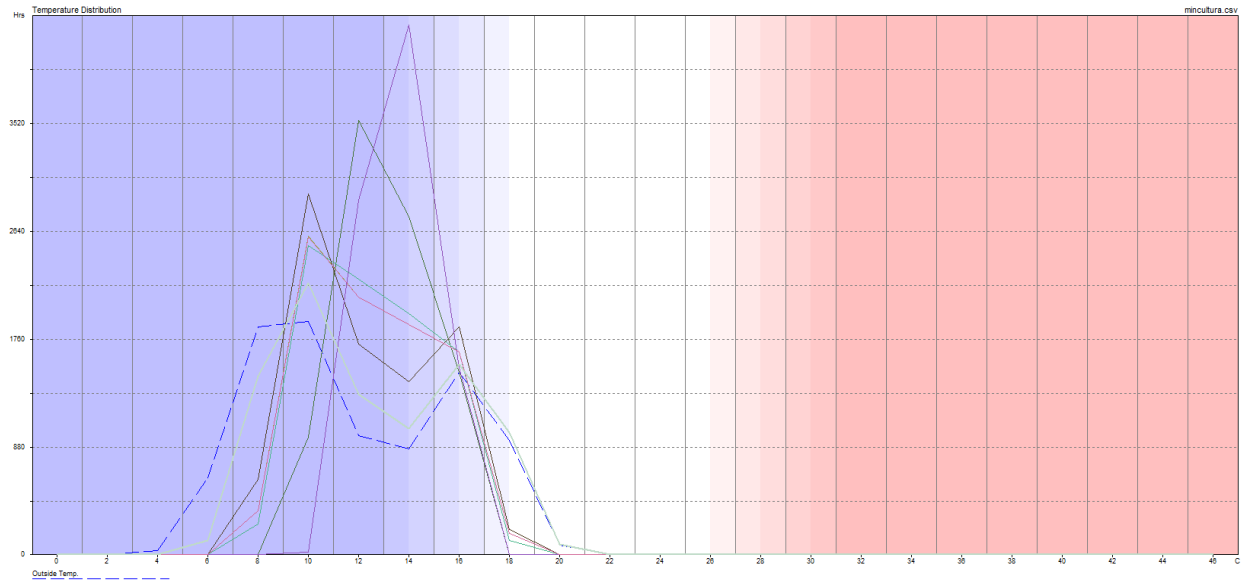


Figura 55 La figura muestra que cantidad por horas se tiene determinada temperatura en la torre A en los pisos superiores. Autores. 2020.

En las figuras 54 A , 54 B y 55 se representa la cantidad de horas de temperatura de los pisos 1, 13 y 25 respectivamente de la Torre A, en el eje x esta la escala de temperatura en grados centígrados, visibilizando la zona de confort como el área de franja blanca, la cual abarca desde los 18°C hasta los 26°C donde se observa que ingresan muy pocas líneas que arman las gráficas. Se analiza también la cantidad de horas al año que están en 14°C, al igual en 12°C y 10°C, todas localizadas en la franja morada considerada en temperaturas bajas, en la franja rosada no se observa ningún dato durante el año.

DISTRIBUCIÓN TEMPERATURA POR HORAS TORRE B PISO 1

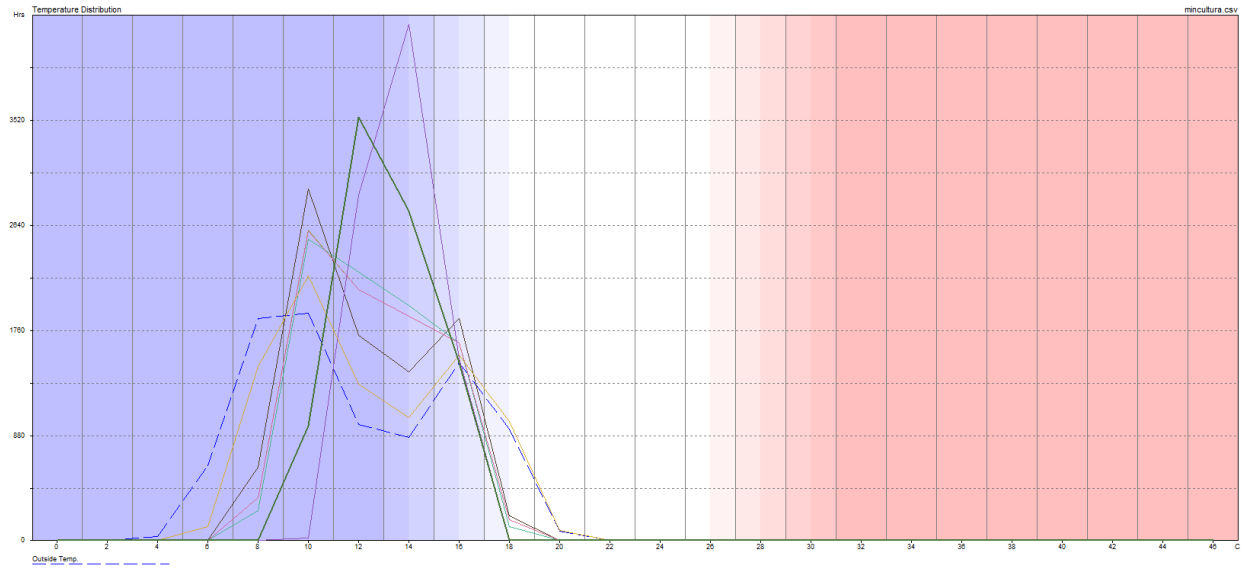


Figura 56 En la figura muestra que cantidad de horas tiene en determinada temperatura en la torre B en los pisos inferiores. Autores. 2020.

DISTRIBUCIÓN TEMPERATURA POR HORAS TORRE B PISO 13

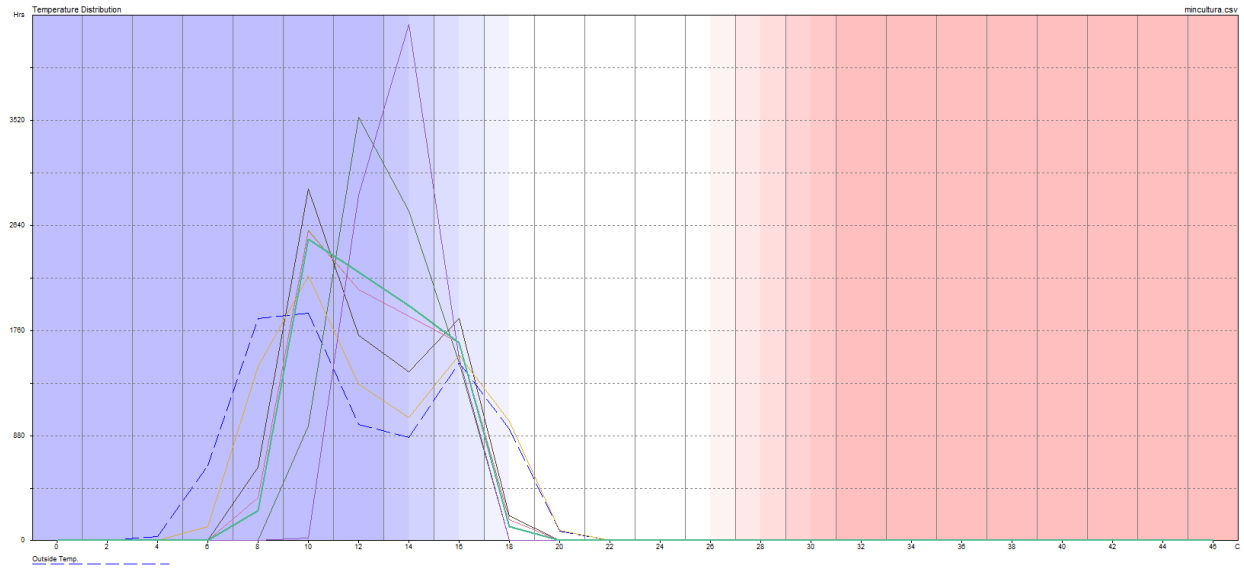


Figura 57 En la figura muestra que cantidad de horas tiene en determinada temperatura en la torre B en los pisos intermedios. Autores. 2020

DISTRIBUCIÓN TEMPERATURA POR HORAS TORRE B PISO 25

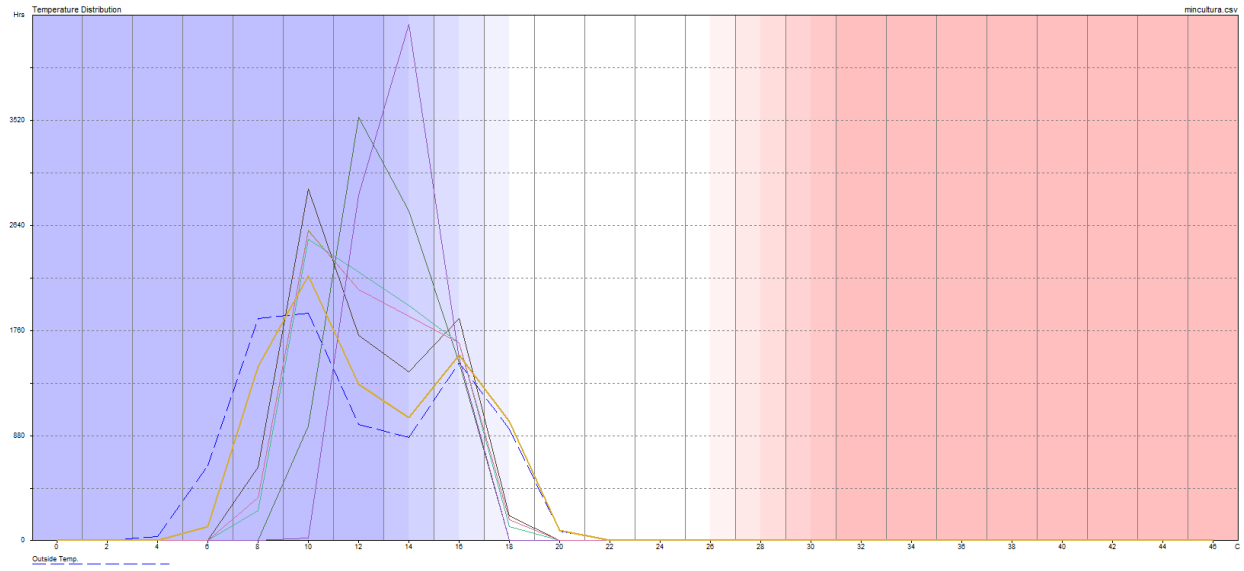


Figura 58 En la figura muestra en que cantidad de horas se tiene determinada temperatura en la torre B en los pisos superiores. Autores. 2020.

En las figuras 56, 57 y 58 se representa la cantidad de horas con una temperatura determinada en los pisos 1, 13 y 25 respectivamente de la Torre B. las cuales son muy similares a lo ocurrido en la torre A, la temperatura a 9°C esta por encima de las 1760 horas al año, entre los 10°C y los 11°C se tienen entre 2200 y 2940 horas al año, con 12°C se logran 3520 horas y los 14°C se logran las 4300 horas al año. Siempre en la franja morada correspondiente al frio y poco confort, en la franja blanca se visualizan muy pocas horas, y ninguna en la franja rosada.

DISTRIBUCIÓN TEMPERATURA POR HORAS TORRE C PISO 1

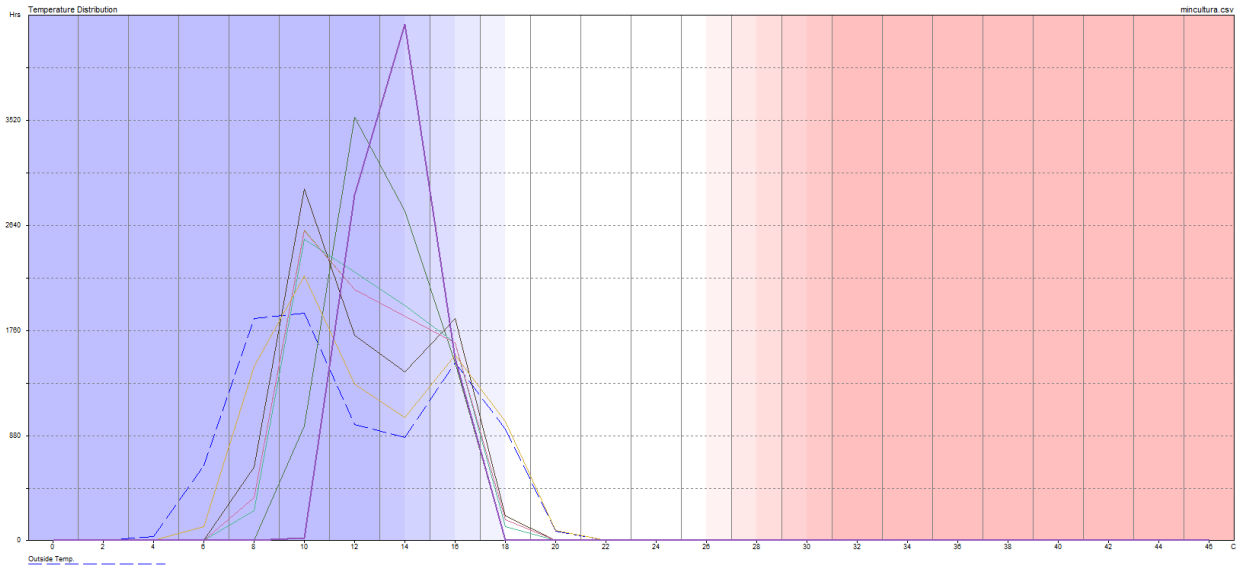


Figura 59 En la figura se muestra que cantidad de horas se tiene determinada temperatura en la torre C en los pisos inferiores. Autores. 2020.

DISTRIBUCIÓN TEMPERATURA POR HORAS TORRE C PISO 13

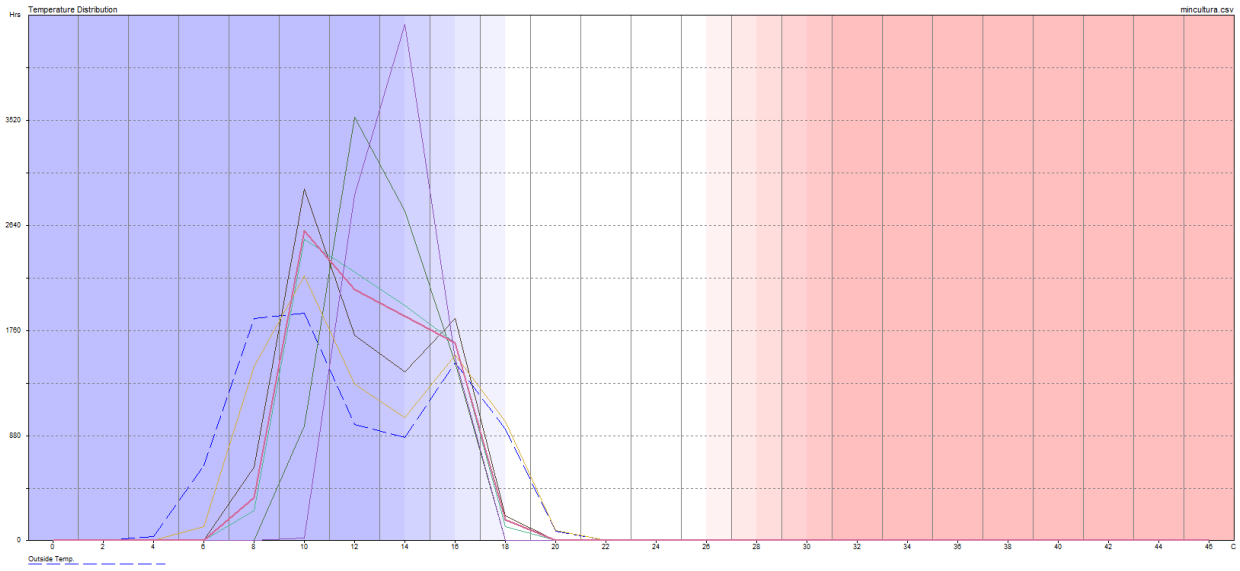


Figura 60 En la figura se muestra que cantidad de horas se tiene con determinada temperatura en la torre C en los pisos inferiores. Autores. 2020.

DISTRIBUCIÓN TEMPERATURA POR HORAS TORRE C PISO 25

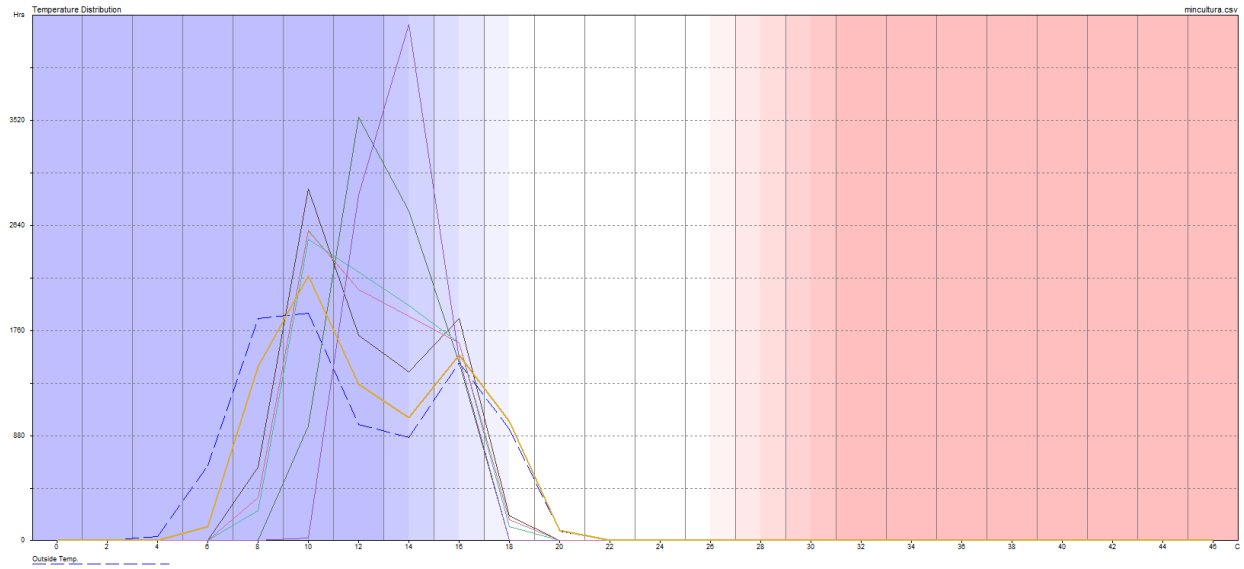
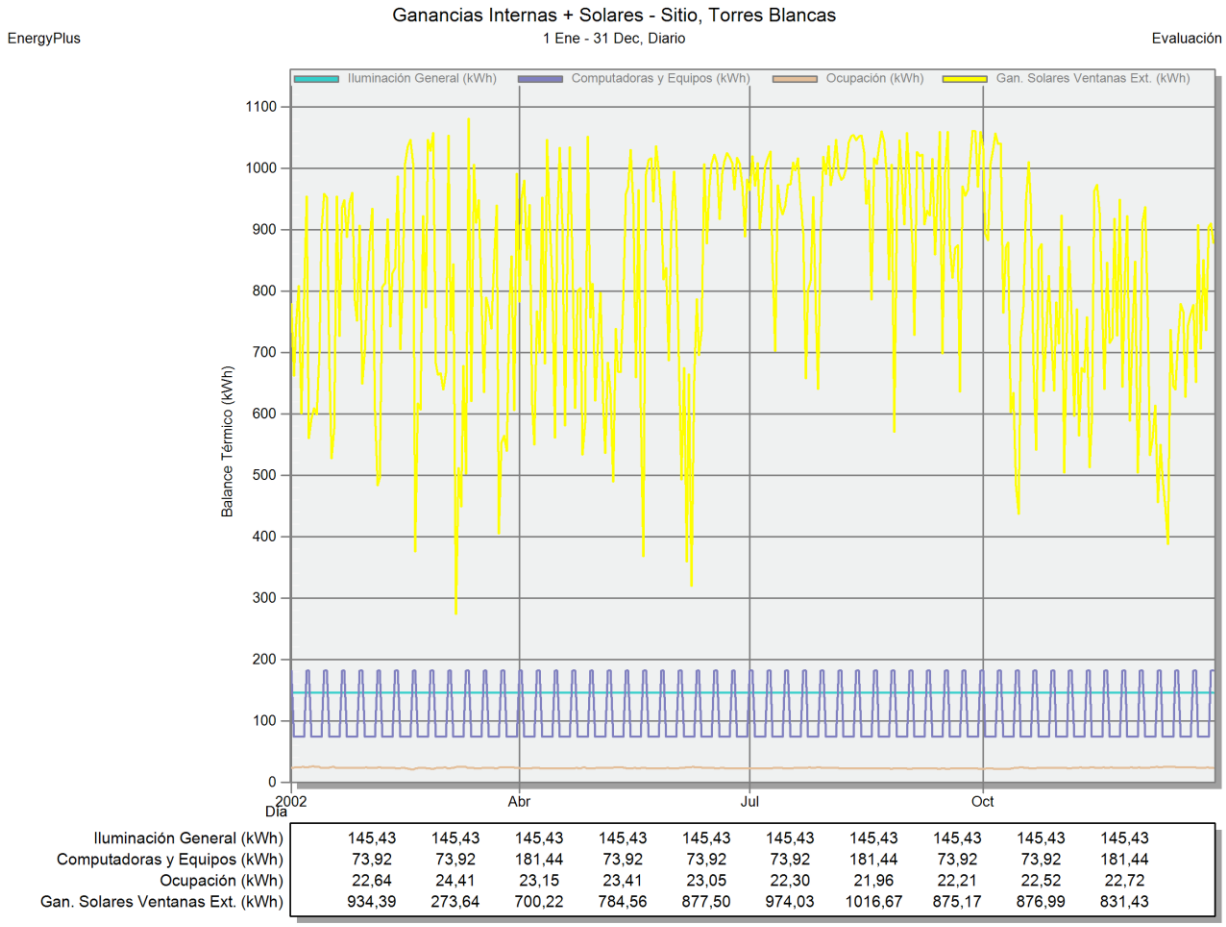


Figura 61 En la figura se muestra la cantidad de horas que se tiene con determinada temperatura en la torre C en los pisos superiores. Autores. 2020.

En las figuras 59,60 y 61 se representa la cantidad de horas en los pisos 1, 13 y 25 de la Torre C. siendo muy similares y no iguales los resultados de las torres A y B. En la cantidad de horas de temperatura entre 9°C y 14°C especificadas para un año. En la franja blanca correspondiente al área de confort se contabilizan muy pocas, y ninguna en franja rosada considerada exceso de calor o fuera de confort.

GANANCIAS INTERNAS + SOLARES



Iluminación General (kWh)	145,43	145,43	145,43	145,43	145,43	145,43	145,43	145,43	145,43	145,43
Computadoras y Equipos (kWh)	73,92	73,92	181,44	73,92	73,92	73,92	181,44	73,92	73,92	181,44
Ocupación (kWh)	22,64	24,41	23,15	23,41	23,05	22,30	21,96	22,21	22,52	22,72
Gan. Solares Ventanas Ext. (kWh)	934,39	273,64	700,22	784,56	877,50	974,03	1016,67	875,17	876,99	831,43

Figura 62 Ganancia solar externa durante el año. Autores. 2020.

En la Figura 62 se observa La ganancia solar externa durante el año se mantiene entre 500 y 1000 KW/H, graficado en el eje Y, en el eje x se encuentra la escala por cada cuatro meses del año, el edificio gana temperatura es por la radiación solar, es muy poco lo que se gana por equipos, por ocupación y por iluminación general.

LA AMENAZA DEL MOHO NEGRO EN LA ARQUITECTURA Y SUS HABITANTES

En las diferentes viviendas y edificaciones es común encontrar esas molestas marcas de humedad, que posteriormente, si se intensifica la afectación, aparecen puntos y manchas negras verdosas, estos son conocidos como moho negro; “El moho es un tipo de hongo y está presente en casi todos los lugares, incluido el aire... Cuando se usa el término "moho negro", generalmente se está hablando del llamado Stachybotrys chartarum” (Souza, 2020).

El moho pertenece a la familia de los hongos, la cantidad de especies de hongos es desconocida, pero se calcula que puede haber desde decenas de miles de estas. Los tipos de moho más comunes son: Cladosporium, Penicillium, Alternaria y Aspergillus. (National Center for Environmental Health, 2019)

Figura 63 Moho negro en ventana. (Souza, 2020)

La aparición de estos se presenta comúnmente en lugares oscuros y húmedos, adicionalmente la propagación es de gran rapidez por lo que afecta grandes superficies y contamina otros tipos de materiales húmedos y ricos en celulosa, como las fibras, las maderas o los paneles de yeso. (Souza, 2020)

La celulosa está compuesta por moléculas de glucosa y su estructura es el principal componente de materiales como maderas, fibras, cañas, pastos y pelos de semillas, esos son utilizados en la construcción para aislamientos de exteriores e interiores, paredes, pisos y entre estructuras. (Chavarria)

La presencia de moho negro genera liberación de micotoxinas que pueden provocar grandes afectaciones de salud, dependiendo de la concentración de estas y de las condiciones fisiológicas de cada persona, puede incurrir en problemas respiratorios, alergias y casos extremos que podrían provocar hasta la muerte por intoxicación. (Souza, 2020)

Las micotoxinas son moléculas relativamente pequeñas con una estructura química y una actividad biológica muy diversa. Son sustancias toxicas producidas por diferentes tipos de hongos pertenecientes a géneros distintos. La micotoxina que más afectan a hombre y animales son: las aflatoxinas, las ocratoxinas y las fumonisinas. (Arbaca, Bragulat, Castella, Accensi, & Cabañes , 2000)

Como en cualquier circunstancia el cuerpo humano no reacciona de la misma forma en todos los individuos, por lo que las afectaciones puedan variar dependiendo del organismo, igualmente depende de la cantidad de micotoxinas que se encuentren en el área donde la persona se encuentre afectada. El impacto principal hacia los seres humanos recae en el sistema respiratorio, en condiciones severas puede presentar fiebre y dificultades respiratorias, esto sin contar que la persona afectada se encuentre sana, caso contrario donde ya se presente una afectación respiratoria, en la que está que pueda empeorar. (National Center for Environmental Health, 2019)

Figura 64 Moho Negro en interior de vivienda. (Souza, 2020)

Es de gran importancia garantizar desde las condiciones interiores y exteriores de una edificación la prevención y disminución de la humedad en los diferentes espacios:

Primero: especificar productos adecuados según las condiciones medioambientales.

Segundo: impermeabilizar techos y paredes.

Tercero: asegurar la buena ventilación y el ingreso de luz solar.

Cuarto: realizar revisiones periódicas de los espacios de la vivienda

Quinto: en casos extremos consultar con un profesional. (Souza, 2020)

MICROCLIMA Y CONFORT TÉRMICO URBANO

En el desarrollo de una ciudad la planificación urbana es de vital importancia, generalmente se involucran componentes técnicos, prácticos y normativos, y por otro lado se integra el factor social y ambiental. Pero generalmente y como ocurre en Colombia, el diseño urbano de ciudades y municipios se definen por las regulaciones normativas establecidas desde el estado, planes y esquemas de ordenamiento territorial, regulación de los diseños de espacios arquitectónicos y definición de las zonas naturales y urbanas. (Theran Nieto, Rodríguez Potes, Mouthon Celedón, & Manjarrés De León, 2019)

La mecánica del diseño urbanístico y arquitectónico involucra otros aspectos importantes, como la relación con las personas, se generan lugares que garanticen el esparcimiento, confort y la cotidianidad de estas, teniendo en cuenta un equilibrio del paisaje natural y urbano, la sostenibilidad, el clima local y las regulaciones urbanas. (Theran Nieto, Rodríguez Potes, Mouthon Celedón, & Manjarrés De León, 2019).

ZONAS CLIMÁTICAS LOCALES (LCZ)		EDIFICIOS						
CÓDIGO		ALTURA	DENSIDAD	NIVELES/PISOS	ARBORIZACIÓN	PERMEABILIDAD DEL SUELO	CUBIERTA	MATERIALES DE CONSTRUCCION
LCZ-1	Compacto de gran altura	gran altura	alta densidad	10 o mas	Poco o ninguno		Cubierta plana en concreto	Hormigon Acero Piedra Vidrio
LCZ-2	Compacto de media altura	baja altura	alta densidad	3 a 9	Poco o ninguno		Cubierta plana en concreto	Hormigon Ladrillo Piedra Teja
LCZ-3	Compacto de bajo nivel	baja altura	alta densidad	1 a 3	Poco o ninguno		Cubierta plana en concreto	Hormigon Ladrillo
LCZ-4	Abierto de alto nivel	gran altura	baja densidad	10 o mas		Suelo con superficie permeable abundante		Hormigon Acero Piedra Vidrio
LCZ-5	Abierto de medio nivel	mediana altura	baja densidad	3 a 9		Suelo con superficie permeable abundante		Hormigon Acero Piedra Vidrio
LCZ-6	Abierto de bajo nivel	baja altura	baja densidad	1 a 3		Suelo con superficie permeable abundante		Madera Hormigon Piedra Baldosas

Oke, T. R., & Stewart, I. D. (2012). *Local Climate Zones for Urban Temperature Studies.* Vancouver, Canada: American Meteorological Society.

Tabla 30 Zonas climáticas actuales. AMS. 2012.

La ciudad se entiende ahora como un ecosistema, que a su vez según su disposición genera condiciones y características específicas en su entorno, son entonces los siguientes factores que la conforman: climáticos, como la temperatura y la humedad, físicos como geomorfología territorial, lumínicos, equilibrio ambiental como ruidos y vibraciones, paisajísticos, sociales y psicológicos. (Theran Nieto, Rodríguez Potes, Mouthon Celedón, & Manjarrés De León, 2019)

ZONAS CLIMÁTICAS LOCALES (LCZ)		EDIFICIOS								
CÓDIGO		ALTURA	DENSIDAD	NIVELES/PISOS	ARBORIZACIÓN	PERMEABILIDAD DEL SUELO	CUBIERTA	MATERIALES DE CONSTRUCCION		
1	Cálido desértico									
2	Cálido árido									
3	Cálido semiárido									
4	Cálido semihúmedo									
5	Cálido húmedo									
6	Cálido super húmedo									
7	Templado árido									
8	Templado semiárido									
9	Templado Semihúmedo									
10	Templado húmedo									
11	Templado super húmedo									
12	Frio árido									
13	Frio semiárido									
14	Frio semihúmedo									
15	Frio húmedo									

16	Frio super húmedo
17	Muy frio semiárido
18	Muy frio semihúmedo
19	Muy frio húmedo
20	Extremadamente frio semiárido
21	Extremadamente frio semihúmedo
22	Extremadamente frio húmedo
23	Extremadamente frio super húmedo
24	Nival semiárido
25	Nival semihúmedo
26	Nival húmedo
27	Nival super húmedo

Clasificación climática de Caldas Lang. IDEAM. 2011

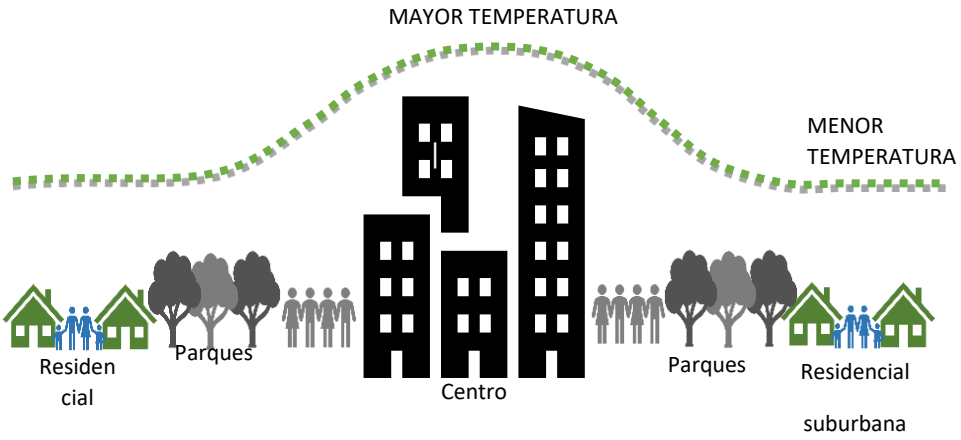
Tabla 31 Zonas climáticas en Colombia. IDEAM. 2011

El cambio climático y la afectación al medio ambiente, ha generado la necesidad de aplicar estrategias de diseño que garanticen un mejor aprovechamiento de los recursos naturales, disminuyendo la afectación ambiental y generando primordial atención al urbanismo

bioclimático, esto mediante la correcta aplicación del diseño urbanístico, orientaciones de las vías, altura de edificaciones, materiales de construcción, arborización, entre otros. (Theran Nieto, Rodriguez Potes, Mouthon Celedon, & Manjarres De León, 2019). Dentro de un ecosistema cada individuo y elemento afectan directa e indirectamente al medio, la morfología urbana y las superficies de una ciudad son captores de energía, por lo que se puede establecer que las ciudades son más calientes que las zonas periféricas, es por esto que cada elemento incorporado a este ecosistema debe crear un balance entre las condiciones medioambientales y el confort necesario para un ambiente saludable. (Theran Nieto, Rodriguez Potes, Mouthon Celedon, & Manjarres De León, 2019)

Isla de calor

La isla de calor es un efecto que se ha generado por el calentamiento global y los cambios climáticos, este ocurre por la acumulación de calor en los centros urbanos, debido a elementos



Isla de Calor Urbana. Ilustración propia. Fuente *(Theran Nieto, Rodriguez Potes, Mouthon Celedon, & Manjarres De León, 2019)*

Figura 65 Esquema de la isla de calor en la ciudad. Theran Nieto. Rodriguez Potes, Mounthn Celedon & Manjarrés de León. 2019

que contribuyen a esta conservación de temperatura, las edificaciones, los sistemas de transporte, la falta de vegetación, los tipos de materiales, la ventilación natural entre otros. (Theran Nieto, Rodriguez Potes, Mouthon Celedon, & Manjarres De León, 2019). Es importante la inclusión de todos estos elementos en los diferentes criterios a la hora de realizar una correcta planificación urbanística, estos factores contemplado por profesionales que ayuden a mitigar las afectaciones que se generan y a implementar no solamente una edificación sino una relación entorno – hombre. (Theran Nieto, Rodriguez Potes, Mouthon Celedon, & Manjarres De León, 2019). Otro de los factores importantes es lo que se conoce como morfología urbana, es aquella relación que existe entre la altura de las edificaciones y el espacio que existe una de la otra, o a través de una vía que las interseca, de esta relación depende el tráfico de aire que pueda transitar por la zona, así mismo la orientación de las vías, esto podría incrementar o no la temperatura del aire, así mismo si en la zona se presenta vegetación o arborización. (Theran Nieto, Rodriguez Potes, Mouthon Celedon, & Manjarres De León, 2019). Los factores naturales son parte importante para la disminución del gasto energético y el aprovechamiento de estos recursos en pro de una estructura urbana amigable con el ser humano y sus necesidades, existen tres principales factores a la hora de establecer una estructura urbana bioclimática:

Primera: las vías se ubican con relación a las condiciones del sol y viento.

Segunda: la adaptación o no a la topografía según los diferentes cambios de nivel.

Tercera: las condiciones geométricas garantizan el paso del aire y ventilación.

(Theran Nieto, Rodriguez Potes, Mouthon Celedon, & Manjarres De León, 2019)

LA IRRADIACIÓN GERMICIDA ULTRAVIOLETA (UVGI)

A partir del uso de la energía o luz ultravioleta (UV) esta se ha venido aplicando a una nueva tecnología para la esterilización en diferentes elementos o espacios, esta luz provoca la

destrucción de microorganismos, tales como "especies virales, bacterianas y fúngicas." (ASHRAE, 2008). La luz ultravioleta es aquella en la que su longitud de onda es mucho menor que la de una luz visible por eso no se puede percibir desde el ojo humano, el espectro UV se divide generalmente en tres tipos, UVA con longitud de onda de 400 a 315nm, los UVB de 315 nm a 280nm y los UVC 280 a 200 nm, la longitud de onda más corta es la que provoca más daño al organismo. (Scientific Committees, s.f.). El tipo de luz ultravioleta en este caso, más efectivo para el efecto germicida es el UVC, ya que se identifica la longitud 265 nm como la óptima para el proceso. (ASHRAE, 2008). Es común relacionar la UVC con la UVGI por las propiedades germicidas que este tiene y desde tiempo atrás se ha venido utilizando esta luz ultravioleta para diferentes aplicaciones:

Tabla 32. Aplicación de la UVGI a lo largo del tiempo. Fuente: (ASHRAE, 2008)

APLICACIÓN DE LA UVGI	
AÑO	APLICACIÓN
1877	Desinfección del agua
1903	Tratamiento de diferentes enfermedades por el medico Neils Finsen, incluyendo entre ellas la viruela y el lupus. Nobel de medicina y fisiología
1930-1940	Controlar propagación de enfermedades contagiosas.
1936	Desinfección del aire en sala de cirugía de un hospital para disminuir infección de heridas.
1941-1942	Estudio durante epidemia de sarampión, reducción de la infección en niños.
1950	Eliminar bacilos viables de TB en aire de escape en sala de hospital.

Desde la parte gubernamental el acompañamiento y la aprobación del uso del UVGI se ha regularizado y actualmente desde la Administración de Servicios Generales de EE. UU., se exige la aplicación de UVC en unidades de tratamientos de aire, para mejoramiento de este. (ASHRAE,

2008). A inicios de 1900 y a la actualidad el desarrollo investigativo ha crecido considerablemente, la información es más amplia y el conocimiento frente a la actuación de la UVGI frente a los macroorganismos es aún mayor, pero el principal problema que se tiene actualmente es el diseño de sistema UVGI, aunque los usos del mismo si ha avanzado no se tiene actualmente establecido unos parámetros, reglamentación o elementos definidos para la realización y composición del sistema, por lo que tampoco se cuenta con parámetros de calificación de los elementos, no se puede evaluar la efectividad del mismo. (ASHRAE, 2008). Desde ASHRAE, se establece un manual de sistemas y equipos de climatización, aplicado a un sistema de ventilación mecánica para la desinfección de superficies y mejoramiento del aire y de la calidad ambiental interior, algunas de las principales prácticas son:

Tabla 33. Tipo de Aplicación según manual. Fuente: (ASHRAE, 2008)

SISTEMAS UVGI	
TIPO DE APLICACIÓN	DESCRIPCIÓN
Conducto (interno)	Se instala dentro del ducto de ventilación.
	Desinfección de superficies y aire para reducir y eliminar el crecimiento microbiano.
	Se ubican lámparas UVC en bobinas de enfriamiento y bandejas de drenaje, se puede apoyar con reflectores.
	La ubicación de las lámparas UVC depende del diseño, generalmente se utiliza a 90cm de las bobinas.
	Las lampara UVC funcionan las veinticuatro horas del día y los siete días de la semana.
	Se ubican filtros para microbios grandes y rayos UV para organismos más pequeños como bacterias.

	Se garantiza un acabado reflectivo interior para reflejar la energía a lo largo del mismo y mejorar su efectividad, distribuyendo la energía UV en todas las direcciones.
	Se debe evaluar la longitud de los ductos para analizar la velocidad del aire y determinar la cantidad de lámparas y potencia necesaria.
	El sistema puede trabajar de forma continua o discontinua, depende del tipo de edificación y su uso, en edificaciones de ocupación continuas como hospitales debe funcionar continuamente, en casas u oficinas no es necesario.
Aire superior	lámparas W suspendidas de techos o paredes
	lámparas W ubicadas para crear una zona intensa de rayos UV en la parte superior de la habitación.
	Accesorio de 30w por cada 200 pies de espacio en el piso a irradiar.
	Las lámparas W irradian la misma energía UVC.

Los tipos de aplicación mencionadas anteriormente depende de la edificación a la que se aplicara el sistema y a un estudio de humedad realizado, el sistema por aire superior se aplica a lugares con poca humedad, cuando la humedad relativa se mantiene por debajo del 60%, mientras que los conductos son aplicados a los lugares con mayores índices de humedad, es decir, mayor al 60%. (ASHRAE, 2008). Para la aplicación del sistema se debe tener dentro de la zona a aplicar, los materiales que se encuentran en contacto, pues estos pueden verse afectados por los rayos UV y degradarse rápidamente, materiales como el metal y el vidrio no representan afectación, pero otros con propiedades más orgánicas, como plásticos, maderas, caucho y demás, deben protegerse contra rayos UV para prevenir su afectación. (ASHRAE, 2008)

ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA en edificios en altura.

La arquitectura bioclimática según el autor se puede visualizar desde dos aspectos, etimológicamente se describe como "el arte de proyectar y construir edificios teniendo en cuenta el clima, la vida y el entorno donde se levanta el edificio." (Gomez Perez, 2003) y desde el aspecto físico en el que se relaciona el edificio con agentes externos e internos, siendo este un sistema termodinámico, con capacidad de intercambiar masa y energía, es decir el edificio se encuentra en constante cambio según la búsqueda del confort, este se define como el estado en el cuerpo humano requiere de energía mínima para adaptarse al ambiente. (Gomez Perez, 2003). La arquitectura bioclimática busca implementar el mejor confort termino en los diferentes espacios, esto a raíz de aplicaciones de diferentes mecanismos y metodologías con el fin de disminuir el gasto energético de la misma, planeando diferentes sistemas, materiales fáciles de adquirir y especialmente de la zona, adicional de adecuar el edificio o el espacio según el entorno. (Gomez Perez, 2003).

METODOLOGÍA de un diseño bioclimático

Ubicación y entorno

Descripción detallada de la situación del edificio, observación y análisis de la luz solar y el viento, del terreno del lugar, cuerpos de agua, vegetación, especies, urbanismo y demás pertinentes. (Gomez Perez, 2003)

Clima

Se estudia la relación de la temperatura y la humedad, con tal de proporcionar e identificar una mejor zona de confort para el espacio, entre estos también se estudia la velocidad del aire y la radiación solar. Algunos de los estudios a realizar es la irradiación solar, un amplio análisis atmosférico del lugar, la presión, temperatura, vapor de agua, entre otros. (Gomez Perez, 2003)

Programa de necesidades

Usos del edificio, si es residencial, comercial u otro, y definir horarios si es que este los maneja, esto con el fin de realizar un estudio del uso de la calefacción o refrigeración, depende del caso. (Gomez Perez, 2003)

Materiales Autóctonos

Adicional a un factor de aspecto físico, el implementar materiales del lugar hace que los procesos sean menores, representen bajos costos y disminución del gasto energético, si esto no es posible en el lugar, identificar aquellos materiales que no representa alto consumo energético, ni que presenten sustancias peligrosas que puedan impedir su reutilización o reciclaje al completar su vida útil. (Gomez Perez, 2003)

Evaluación de necesidades y consumos

Un análisis previo de los diferentes gastos energéticos del lugar u edificación ayuda a determinar cuál es el promedio de este, con lo que se determina el sistema a utilizar, se aconseja normalmente presentar un sistema mixto donde sea primordial el uso de energía alternativa, pero presentar también el sistema convencional por si la primera falla. (Gomez Perez, 2003)

Evaluación de impacto ambiental

La afectación del territorio externo a la edificación es comúnmente una gran generación de residuos, un gasto energético considerable y el movimiento de tierras no presenta una directriz, un procedo bioclimático buscaría contrarrestar la afectación, afectar lo menos posible al entorno y disminuir gastos y cantidades de residuos desde la aplicación de metodologías. (Gomez Perez, 2003)

Diseño

Tomando a consideración los puntos anteriores el diseño transforma esa información en la creación de un modelo en el que integra los diferentes aspectos bioclimáticos, desde el estudio de los materiales, a la disposición de los espacios en relación al aprovechamiento máximo de la luz solar, las corrientes de aire, los sistemas de transformación de energía, o también las diferentes estrategias para contrarrestar condiciones ambientales, climáticas o atmosféricas para establecer un confort térmico. (Gomez Perez, 2003)

Es importante trabajar principalmente desde las medidas que se puedan realizar desde los medios naturales, implementar la luz solar, aprovechar el uso del viento para enfriar espacios o bloquearlo con elementos externos como árboles, igualmente el uso de fuentes hídricas para la refrigeración del lugar, entre otros. (Gomez Perez, 2003)

NORMATIVIDAD EN EL CONTROL DE HUMEDAD

Desde el Ministerio de Fomento se desarrolla un Código técnico de la Edificación, en la que desarrolla reglas y procedimientos que permiten cumplir las exigencias básicas por parte del gobierno, existen diferentes documentos básicos dentro del mismo, con diferentes campos de

aplicación, en este caso se involucra las exigencias básicas de salubridad (HS). La aplicación de las diferentes medidas estipuladas con relación a humedad dentro de los espacios va relacionada a muros y suelos que se encuentran en contacto con el espacio exterior (fachadas y cubiertas) y con el terreno, es decir, humedades producidas por filtración y condensación. (La Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo , 2019). Para la prevención de presencia de humedad en los espacios es importante implementar desde el diseño unas soluciones constructivas para la disminución de los mismos, es importante aclarar que las medidas son opciones aceptadas, pero no obligatorias, para su aplicación.

Muros: Para identificar el grado de impermeabilidad de los muros se debe evaluar la presencia de agua, en el que el código identifica 3 niveles, bajo, medio y alto, en el primero la cara inferior del suelo se encuentra por encima del nivel freático, el medio cuando se encuentra a la misma profundidad o a menos de dos metros por debajo y el nivel alto cuando se encuentra posterior a los 2 metros por debajo del nivel freático.

Tabla 34. condición de las soluciones de muro.

		Muro de gravedad			***Muro flexorresistente***			***Muro pantalla***		
		Imp. interior	**Imp. exterior**	***Parcialmente estanco***	**Imp. interior**	**Imp. exterior**	***Parcialmente estanco***	**Imp. interior**	**Imp. exterior**	***Parcialmente estanco***
Grado de impermeabilidad	**≤1**	I2+D1+D5	I2+I3+D1+D5	V1	C1+I2+D1+D5	I2+I3+D1+D5	V1	C2+I2+D1+D5	C2+I2+D1+D5	
	≤2	C3+I1+D1+D3 (3)	I1+I3+D1+D3	D4+V1	C1+C3+I1+D1+D3	I1+I3+D1+D3	D4+V1	C1+C2+I1	C2+I1	D4+V1
	≤3	C3+I1+D1+D3 (3)	I1+I3+D1+D3	D4+V1	C1+C3+I1+D1+D3 (2)	I1+I3+D1+D3	D4+V1	C1+C2+I1	C2+I1	D4+V1
	≤4		I1+I3+D1+D3	D4+V1		I1+I3+D1+D3	D4+V1	C1+C2+I1	C2+I1	D4+V1
	≤5		I1+I3+D1+D2+D3	D4+V1 (1)		I1+I3+D1+D2+D3	D4+V1	C1+C2+I1	C2+I1	D4+V1

a. (1) Solución no aceptable para más de un sótano.
b. (2) Solución no aceptable para más de dos sótanos.
c. (3) Solución no aceptable para más de tres sótanos.

Fuente (La Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo , 2019)

Para la interpretación de la tabla anterior, se deben conocer los siguientes puntos.

Tabla 35. Definiciones, diseño propio.

Constitucion del muro	
C1	Se construye el muro in situ con hormigon hidrofugo.
C2	Se construye el muro in situ con hormigon de consistencia fluida.
C3	Bloques o ladrillos hidrofugados y mortero hidrofugo.
impermeabilizacion	
I1	Capa de impermeabilizante durante la construccion del mismo. La lamina debe ser adherida.
I2	Impermeabilizacion mediante lodos o aplicación de pintura
I3	Aplica cuando los muros vienen de fabrica, igual se debe colocar lamina o pintura impermeabilizante.
drenaje y evacuacion	
D1	Capa de drenaje y capa fitrante entre el muro y el terreno. Si esxiste capa de impermeabilizacion, despues de esta.
D2	Debe disponerse en la proximidad del muro un pozo drenante cada 50 m como máximo. El pozo debe tener un diámetro interior igual o mayor que 0,7 m y debe disponer de una capa filtrante.
D3	Debe colocarse en el arranque del muro un tubo drenante conectado a la red de saneamiento
D4	Deben construirse canaletas de recogida de agua en la cámara del muro conectadas a la red de saneamiento o a cualquier sistema de recogida para su reutilización posterior
D5	Debe disponerse una red de evacuación del agua de lluvia en las partes de la cubierta y del terreno que puedan afectar al muro

Fuente (La Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo , 2019)

En las diferentes uniones que se puedan presentar entre los muros y fachadas, cubiertas y otros elementos o materiales, se debe dar continuidad a la impermeabilización que se esté realizando.

Para las juntas verticales que se puedan presentar en los muros, se tendrán diferentes opciones de sellado, cuando sea una junta estructural, Cordón de relleno comprensible y compatible, otras opciones, masilla elástica, pintura de imprimación o una banda de refuerzo del mismo material impermeabilizante. En cuanto a juntas horizontales, se debe aplicar un mortero hidrofugo o un sellante a base de poliuretano. (La Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo , 2019)

Fachadas

Tabla 36. Condiciones de las soluciones en fachada.

		Con *revestimiento exterior*				**Sin *revestimiento exterior***			
Grado de impermeabilidad	**≤1**	R1+C1[1]				C1[1]+J1+N1			
	≤2					B1+C1+J1 +N1	C2+H1+J1+ N1	C2+J2+N2	C1[1]+H1+J 2+N2
	≤3	R1+B1+C1		R1+C2		B2+C1+ J1+N1	B1+C2+H1 +J1+N1	B1+C2+J2+N2	B1+C1+ H1+J2+N2
	≤4	R1+B2+C1	R1+B1+C2	R2+C1[1]		B2+C2+H1+J1+ N1	B2+C2+J2+N2		B2+C1+H1+J2 +N2
	≤5	R3+C1	B3+C1	R1+B2+C2	R2+B1+C1	B3+C1			

d. [1] Cuando la fachada sea de una sóla hoja, debe utilizarse C2.

Fuente (La Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo , 2019)

Tabla 37. Definiciones de soluciones establecidas. Diseño propio.

Revestimiento exterior	
R1	El revestimiento continuo debe ser resistencia media. Espesor comprendido entre 10 y 15 mm. permeabilidad al vapor suficiente para evitar el deterioro. Revestimiento discontinuo rígidos, piezas menores de 300mm de lado, fijación con soporte y adaptación a movimientos.
R2	El revestimiento exterior debe tener resistencia alta a la filtración. Proporcional a revestimientos discontinuos de R1.
R3	Revestimiento exterior, resistencia muy alta a la filtración. Continuos, Estanquidad al agua, adherencia al soporte, permeabilidad al vapor, adaptación a movimientos, estabilidad frente a ataques físicos, químicos y biológicos. Discontinuos, fijados mecánicamente, mismas propiedades establecida para R1.
Resistencia a la filtración	
B1	Barreras de resistencia media. Cámara de aire sin ventilar Aislante no hidrófilo colocado en cara interior.
B2	Barreras de resistencia alta a la filtración. Cámara de aire sin ventilar y aislante no hidrófilo colocado en cara interior.
B3	Barreras de resistencia muy alta. Cámara de aire ventilada y aislante no hidrófilo, cámara por el lado exterior, espesor de 3 a 10 cm, aberturas de ventilación con 120 cm2 de área mínima de cobertura. Revestimiento continuo intermedio, similar a características establecidas en R3.
Composición de hoja principal	
C1	Hoja principal espesor medio, Cuando no exista revestimiento exterior o que sea discontinuo, 1/2 pies de ladrillo cerámico perforado o macizo.
C2	Hoja principal espesor alto,, 1 pie de ladrillo cerámico perforado o macizo.
Higroscopicidad de material componente hoja principal	
H1	Ladrillo cerámico de succión, ladrillos o bloques de hormigos con coeficiente de absorción de agua por capilaridad. Según UNE EN 772-11:2011. Piedra natural de absorción según UNE EN 13755:2008
Resistencia a la filtración de la juntas	
J1	Deben ser de resistencia media a la filtración. Juntas de mortero sin interrupción, excepto en bloques de hormigón.
J2	Resistencia alta a la filtración. Juntas de mortero con adición de producto hidrofugo, sin interrupción excepto en bloques de hormigón, juntas horizontales llagueadas o pico de flauta.
Resistencia a la filtración revestimiento intermedio	
N1	Revestimiento con resistencia media, enfoscado de mortero con espesor de 10mm.
N2	Resistencia alta a la filtración. Enfoscado de mortero con aditivos hidrofugantes, con espesor mínimo de 15 mm o un material adherido, continuo sin junta e impermeable al agua.

Fuente (La Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo , 2019)

Dentro del código técnico se encuentra gran variedad de información detallada de la diversidad de posibilidades que se puedan presentar y así mismo presenta unas soluciones acordes a las libertades de diseños. Es claro que se debe adoptar estas sugerencias técnicas a nivel internacional adecuándolas a las necesidades y condiciones medio ambientales.

Capítulo VI

PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Francisco Javier Lagos Bayona

Juan Andrés Barbosa Ruiz

Jairo Jamith Palacios Rozo

CICI | CENTRO DE INVESTIGACIONES Y CAPACITACIONES INTERDISCIPLINARES

6. PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN PARA EL CÁLCULO EN SOFTWARE

Las siguientes propiedades físicas de los materiales son indispensables conocer para vincular en el software Design Builder, para el desarrollo de la simulación bioclimática.

Tabla 38. Definición y fórmula de Conductividad térmica.

Conductividad térmica=λ	
Definición	Fórmula y unidades
Propiedad natural de los cuerpos que permiten el paso a través de sí del calor o la electricidad	λ= (W/m °C)

Tabla 39. Definición y fórmula de Resistencia térmica del material

Resistencia térmica del material=R	
Definición	Fórmula y unidades
Consiste en la capacidad el material de oponerse al flujo de calor	$R = e / \lambda$ (m^2 °C/W)

Tabla 40. Definición y fórmula de Transmisión calorífica.

Transmisión calorífica = U = $1/R_t$ (Resistencia total)	
Definición	Fórmula y unidades
Es la medida de calor que fluye por unidad de tiempo y superficie. R_{si}= coeficiente K R_{se}=coeficiente k Por radiación: pasa de material a material. Por convección: Pasa del material al aire y luego al material. Por Conducción: Pasa por el material Por evaporación y transpiración. Por transpiración aire con humedad y calor.	$U = \lambda / e$ (W/m^2 °C) Resistencia Total = $R_t = R_{si} + R_1 + R_{se}$

Tabla 41. Definición y fórmula de Inercia térmica

Inercia térmica = a	
Definición	Fórmula y unidades
Propiedad que indica la cantidad de calor que puede conservar un cuerpo y la velocidad con que lo cede o absorbe. Depende de la masa térmica, del Calor especifico y el coeficiente de conductividad térmica	$a = \rho.c.e^2 / \lambda$ (s)

Tabla 42. Definición del espesor del material

Espesor= e	
Definición	Fórmula y unidades
El espesor de los materiales esta dado en metros. Cuando solo se puede acceder a un lado del material, los medidores por ultrasonido permiten medir el espesor.	E (m)

Tabla 43. Definición y fórmula de Masa o Densidad del material

Masa o Densidad del material =p	
Definición	Fórmula y unidades
Relación entre la masa del material por la unidad del volumen del mismo material	P= Peso/Volumen P=(kg/m^3)

Tabla 44. Definición y fórmula de Difusividad térmica del material

Difusividad= λ/p.c	
Definición	Fórmula y unidades
La difusividad térmica caracteriza la rapidez con la que varía la temperatura del material ante una solicitud térmica, por ejemplo, ante una variación brusca de temperatura en la superficie. Es el valor de la conductividad térmica del material divida entre el producto de su densidad y la capacidad calorífica del mismo.	Diff = λ / ρ. c (^{m2}/s)

Tabla 45. Definición y fórmula de Efusividad del material

Efusividad= Ef	
Definición	Fórmula y unidades
Raíz cuadrada del producto de la conductividad, densidad y calor específico. La efusividad se conoce también como "coeficiente de contacto". La efusividad juega un papel importante cuando los cuerpos, en este caso las reglas de metal y madera entran en contacto con la piel humana, es posible considerar un escenario en el que se tienen dos cuerpos con temperaturas T1 y T2 (T1 > T2) en un contacto ideal, la interfaz de contacto adquiere una temperatura de contacto. Entonces, es por eso por lo que cuando tocamos cuerpos con la misma temperatura, pero con diferentes efusividades, no percibimos la realidad. En el ejemplo citado anteriormente se tiene materiales de metal, madera y piel. La efusividad del metal es mucho mayor que la efusividad de la piel y la efusividad de la madera; pero la efusividad de la madera es menor que la efusividad de la piel y por tanto se deduce que cuando un cuerpo con una efusividad mayor entra en contacto con un cuerpo con efusividad menor se siente frío y cuando un cuerpo con efusividad menor entra en contacto con otro de efusividad mayor se siente templado	$Ef = \sqrt{(\rho.c.\lambda)}$ $(kJ/\sqrt{s}.m^2.\ °C)$

Tabla 46. Definición y fórmula de Calor especifico del material

Calor especifico= c	
Definición	Fórmula y unidades
Es la cantidad de calor que necesita por unidad de masa para elevar la temperatura un grado Celsius. La relación entre calor y cambio de temperatura se expresa normalmente en la fórmula que se expresa abajo, donde c es calor especifico.	c (J/kg. °C)

Esta fórmula no se aplica si se produce un cambio de fase, porque el calor añadido o sustraído durante el cambio de fase no cambia la temperatura. Es el calor necesario para subir 1°C un material de 1 m^3	

Tabla 47. Definición y fórmula del Coeficiente K de transmisión térmica del material

Coeficiente K de transmisión térmica	
Definición	Fórmula y unidades
Coeficiente de transmisión de calor de un elemento. Flujo de calor que pasa, por unidad de tiempo, a través de la unidad de superficie del material, en extensión infinita, caras plano-paralelas y espesor unidad, cuando entres sus caras se establece una diferencia de temperaturas igual a la unidad.	
Propiedad de los materiales dado en grados centígrados o Celsius.	°C

Tabla 48. Definición y unidad de medición de la temperatura de los materiales

Temperatura de los materiales	
Definición	Fórmula y unidades

Tabla 49. Definición y unidades del bajo contenido energético de los materiales.

Materiales de bajo contenido energético	
Definición	Fórmula y unidades
Son los materiales de bajo impacto ambiental en el territorio y durante todo su respectivo ciclo de vida.	Emisión contaminante. Kg CO^2Eq.

Tabla 50. Definición y unidades del alto contenido energético de los materiales.

Materiales de alto contenido energético.	
Definición	Fórmula y unidades
Son los materiales de alto impacto ambiental en el territorio y durante todo su respectivo ciclo de vida.	Emisión contaminante Kg CO^2Eq.

Bibliografía

Acevedo Agudelo, H., Vásquez Hernandéz, A., & Ramirez Cardona, D. (2012). *Sostenibilidad: actualidad y necesidad en el sector de la construccion en Colombia.* Bogotá, Colombia: Gestión y Ambiente.

Arquitectura, A. (23 de 11 de 2014). *Eco cemento*. Obtenido de http://www.arqhys.com/articulos/eco-cemento.html

Arenas Miñan, M. (17 de 11 de 2014). *Materiales Sostenibles en la Edificación*. Obtenido de https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/17708/TESIMateriales%20sostenibles%20en%20la%20edificaci %C3%B3n.%20Residuos%20de%20C.pdf?sequence=1>

Arbaca, L., Bragulat, R., Castella, G., Accensi, F., & Cabañes , J. (2000). *Hongos productores de micotoxinas.* Barcelona, España: Universitat Autònoma de Barcelona.

ASHRAE. (2008). *Ultraviolet Germicidal Irradiation.* Atlanta: ASHRAE Journal.

Blender, A. (14 de Abril de 2015). *ARQUITECTURA Y ENERGIA*. Obtenido de http://www.arquitecturayenergia.cl/home/isla-de-calor-urbana/

BRE. (11 de Febrero de 2017). *BREAM*. Obtenido de http://www.breeam.com/

Chavarria, K. (s.f.). *StuDocu.* Obtenido de https://www.studocu.com/es/document/universidad-tecnologica-de-panama/materiales-de-construccion/resumenes/resumen-celulosa/5515232/view

Cerdá, I., & Fomento, M. (1999). *"Guía de la Edificación Sostenible: calidad energética y medioambiental en la edificación".* Madrid, España: IDAE.

Cerdá, I., & Fomento, M. (1999). *Guía de la Edificación Sostenible: calidad energética y medioambiental en la edificación.* Madrid: IDAE.

Conarquitectura. (Octubre de 2004). Arquitectura Ecológica. (E. S. L., Ed.) *Conarquitectura, 12*.

Congreso de la República, C. (09 de Septiembre de 2014). *Construcción Sostenible Para Volver al Camino*. Obtenido de Ley 388 de 1997: http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=339#FichaDocumento

Consejo Colombiano de Construcción Sostenible. (11 de Febrero de 2017). *Consejo Colombiano de Construcción Sostenible*. Obtenido de https://www.cccs.org.co/wp/acerca-del-cccs/

Consejo Colombiano, C. (23 de Noviembre de 2011). *Elemento clave para la nueva economía verde y responsable*. Obtenido de www.andi.com.co/Archivos/file/GERENCIA%20RSE/Encuentro2011/Cristina%20Gamboa.pdf

Council, U. G. (11 de Febrero de 2017). *LEED green building certification*. Obtenido de http://www.usgbc.org/leed

CSCAE. (2007). *"Un Vitrubio ecológico, Principios y Prácticas del proyecto Arquitectónico Sostenible".* Barcelona: GG.

Fairs, M. (2009). *Green Desing creative sustainable desings for the twenty-first century.* Berkley, California, Estados Unidos: Nord Atlantic Books.

Fundación de la energía , d. (08 de 12 de 2015). *Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid*. Obtenido de http://www.renoveventanaspvc.com/pages/informacion-plan-renove-ventanas-pvc.html

Fundación Ellen MacArthur. (2019) Economía Circular. Julio 16 de 2019 https://www.ellenmacarthurfoundation.org/es/economia-circular/concepto

Garrido, Luis de. (2015) Green Container Architecture 3. Monsa Editores. Amazon. 1ra Red Internacional de Arquitectos Sostenibles.

Gauzín, M. (2002). *Arquitectura ecológica: 29 ejemplos europeos.* Barccelona: Gustavo Gili.

Guevara, G. (2010). *Iluminación y Eficiencia Energética.* Montevideo, Uruguay.

Guzowski, M. (2010). *Arquitectura contemporánea: Energía cero: Estética y tecnología con estrategias y dispositivos de ahorro y generación de energía alternativos.* Barcelona: Blume.

Haslauden, G. L. (2012). *Buiding to siut the climate.* Germany: Birkhauser.

Higueras, E. (2013). *Urbanismo Bioclimático.* Barcelona: Gustavo Gili.

Hough, M. (2004). *Naturaleza y Ciudad.* Barcelona: Gustavo Gili.

IDEAM. (2005). *ATLAS CLIMATOLÓGICO DE COLOMBIA.* Bogotá: Imprenta Nacional de Colombia.

IDEAM. (2005). *ESTUDIO DE LA CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA DE BOGOTÁ Y CUENCA ALTA DEL RÍO TUNJUELO*. Recuperado el 2 de FEBRERO de 2017, de http://intranet.ideam.gov.co:8080/openbiblio/Bvirtual/020702/CARACTERIZACIONCLIMATICACORRECCIONFOPAECDpublicacionMA.pdf

Gomez Perez, M. (2003). *Arcimis.* Obtenido de http://hdl.handle.net/20.500.11765/2111

Instituto para la Diversificación, A. (2011). *«Guía técnica de eficiencia energética en iluminación - oficinas».* Madrid: IDAE.

Instituto valenciano, d. (2012). *Como ahorrar energía a través del aislamiento térmico de las fachadas de los edificios.* Madrid: IVE.

Knowles, R. (16 de Julio de 2019). *USC Architecture Professor Emeritus, ACSA Distinguished Professor*. (N. C. B. Arch, Editor) Obtenido de https://arch.usc.edu/people/ralph-knowles

Lagos Bayona, F. J. (2017). *Repositorio Universidad Católica de Colombia. Evaluación de la resolución 0549 del 10 de julio de 2015. Maestria en Diseño Sostenible.* Obtenido de https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15092/1/Evaluaci%C3%B3n-resoluci%C3%B3n-0549-del-10-de-julio-de-2015.pdf

La Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo . (20 de 12 de 2019). *Codigo Tecnico de la Edificación.* Obtenido de https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/salubridad/DccHS.pdf

Livingston, R. (2006). *Arquitectos de familia: EL Método.* Buenos Aires: Nobuko.

López De Asiain, J. (1996). *Vivienda social bioclimática. nuevo barrio en Osuna.* Sevilla: E.T.S. de Arquitectura de Sevilla.

Ministerio , I. (2008). *Ahorro y eficiencia energética en climatización - Guía técnica de procedimientos y aspectos de la simulación en instalaciones térmicas en edificos.* Madrid, Gobierno de España: Instituto para la diversificación y ahorro de la energía.

Ministerio de Vivienda. (21 de Marzo de 2017). *Minvivienda*. Obtenido de http://www.minvivienda.gov.co/cambio-climatico/mitigacion/construccion-sostenible

Molina Martínez, M., Martínez Álvarez, V., Baille , A., & González-Real, M. (2006). *Estimación de la evaporación en embalses de riego mediante un modelo de balance de energía* (nº3 ed., Vol. Vol. 13). Valencia, España: IWA Publishing.

Morillón g., D. (1993). *Bioclimática, sistemas pasivos de climatización.* México: Universidad de Guadalajara.

Monroy, J. M. (2014). Construcción sostenible, una alternativa para la edificación de viviendas de interés social y prioritario. Bogotá, Colombia.

Mostaedi, A. (2003). Building Conversion & Renovation. En C. Broto I. Barcelona: Comerma.

Nail, S. (2016). Cambio climático: Lecciones de y para ciudades de América Latina. Bogotá: Universidad Externado de Colombia.

National Center for Environmental Health. (12 de Noviembre de 2019). *Los mohos (hongos) en el medio ambiente.* Obtenido de https://www.cdc.gov/mold/es/faqs.htm

Olgyay, V. (1998). *Arquitectura y clima.* barcelona: Gustavo Gili.

Ortíz Flores, E. (2007). *Integración de un sistema de instrumentos de apoyo a la producción social de vivienda.* México: coalición internacional para el hábitat.

Pelli, V. (2006). *habitar, participar, pertenecer.* Buenos Aires: Nobuko.

Planeación Ambientall. (11 de Febrero de 2017). Obtenido de http://ambientebogota.gov.co/web/sda/planeacion-ambiental

Portal de Arquitectura y Construcción. (16 de Febrero de 2017). Obtenido de https://www.arqhys.com/

Revista ARQHYS.com. (16 de Febrero de 2017). *Revista ARQHYS.com*. Obtenido de http://www.arqhys.com/construcciones/historia-arquitectura-bioclimatica.html

Schjetnan, M. (2008). Principios de diseño urbano/ambiental. México: Arbol Editorial.

Secretaría Distrital de Ambiente. (11 de Febrero de 2017). *Secretaría Distrital de Ambiente*. Obtenido de http://ambientebogota.gov.co/construccion-sostenible

Scientific Committees. (s.f.). *Scientific Committees*. Obtenido de https://ec.europa.eu/health/scientific_committees/opinions_layman/artificial-light/es/glosario/pqrs/radiacion-ultravioleta.htm

Sociedad Pública , G. (2010). *"Guías sectoriales de Ecodiseño. Materiales de construcción".* País Vasco: IDAE.

Souza, E. (11 de Enero de 2020). *Archdaily.* Obtenido de https://www.archdaily.co/co/932477/la-amenaza-del-moho-negro-en-la-arquitectura-y-sus-habitantes

Theran Nieto, K., Rodriguez Potes, L., Mouthon Celedon, S., & Manjarres De León, J. (2019). *Microclima y Confort Térmico Urbano.* Barranquilla, Colombia: MODULO ARQUITECTURA CUC. doi:http://doi.org/10.17981/mod.arq.cuc.23.1.2019.04

Tabernero, F. (19 de Abril de 2010). Real Instituto Elcano. *La arquitectura bioclimática y em cambio climático*. Real Instituto Elcano.

The world's leading sustainability assessment method for masterplanning projects, infrastructure and buildings. (Febrero de 2017). Obtenido de http://www.breeam.com/

U.S Green Buiding Council. (11 de Febrero de 2017). *LEED*. Obtenido de http://www.usgbc.org/leed

Viqueira, M., Castrejón, A., & Freixanet, V. (2013). *Introducción a la Arquitectura Bioclimática.* México: Limusa.

Wigginton, M., & Harris, J. (2002). *disegnodiezunibe.files.wordpress.com Intelligent skins.* Obtenido de https://disegnodiezunibe.files.wordpress.com/2011/05/intelligentskins.pdf

Yeang, K. (2004). *Proyectar con la Naturaleza: Bases Ecológicas para el Proyecto Arquitectónico.* Barcelona: Gustavo Gili.

EDITORIAL
MUNDO INTERDISCIPLINARIO

CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE Y BIOCLIMÁTICO

EN EL CONJUNTO RESIDENCIAL TORRES BLANCAS

AUTORES

Francisco Javier Lagos Bayona
Alain Fitzgerard Castro Alfaro
Jairo Jamith Palacios Rozo

Esta obra analiza el diseño y desempeño bioclimático del Conjunto Residencial Torres Blancas, destacando estrategias de construcción sostenible que responden al contexto ambiental y urbano. Un aporte académico para la arquitectura del presente y del futuro.

ISBN 978-628-97712-1-3