

INFLUENCIA DE LAS ABERTURAS DE FACHADA EN EL CONTROL DE LA HUMEDAD RELATIVA PARA LOGRAR ESPACIOS SANOS

Ángela M. Barbosa Núñez.



Maestría en Hábitat Sustentable

Ángela M. Barbosa N

**INFLUENCIA DE LAS ABERTURAS DE FACHADA EN EL CONTROL DE LA
HUMEDAD RELATIVA PARA LOGRAR ESPACIOS SANOS**

Director

IVAN OSUNA MOTTA

Maestría en Hábitat Sustentable

Facultad de Creación Y Hábitat

Departamento de Arte, Arquitectura Y Diseño

Pontificia Universidad Javeriana, Cali 2025



Pontificia Universidad
JAVERIANA



Facultad de Creación
y hábitat

Agradecimientos

A Dios.

A la Universidad Javeriana por abrirme siempre las puertas al conocimiento y al crecimiento integral de excelencia.

A mi tutor Ivan Osuna Motta, por su paciencia y dedicación para dirigir este trabajo, por transmitirme su conocimiento, por ser impecable, por su apoyo, comprensión e interés presentado durante este tiempo.

A la Decana de la facultad de creación y Hábitat, Maria Claudia Villegas Corey, por brindarme su apoyo desde siempre y ser mi ejemplo.

A mis buenos amigos, por animarme cuando lo necesitaba.

A mis profesores, por expandir mis conocimientos y animarme a ir más allá siempre y por supuesto a amar más y más la maestría y sus enseñanzas.

A mi madre y mis hermanos que me han acompañado en este camino desde siempre en el cual me han brindado su apoyo.

Y a mi Padre, que por ti nunca me voy a rendir.

Esto es para ti.

CONTIENIDO

ÍNDICE

01

Capítulo 1

- Antecedentes
- 1.1 Introducción
- 1.2 Justificación
 - 1.2.1 Marco normativo colombiano
- 1.3 Planteamiento del problema
- 1.4 Pregunta de investigación
 - Observaciones sobre el problema
 - Objetivos específicos
- 1.6 Hipótesis de investigación
- 1.7 Metodología
 - 1.7.1 Mediciones de variables ambientales, registro de datos y encuestas
- 1.1 Revisión de casos
 - Contexto geográfico
 - Clasificación climática Caldas-Lang
 - Análisis de referentes

02

Capítulo 2

- 2.1 Humedad relativa
- 2.2 Incremento de la Humedad
- 2.3 Percepción y adaptación
- 2.4 Conclusiones

03

Capítulo 3

Calidad del aire

- 3.1 Contaminación del aire al interior
- 3.2 Humedad y alérgenos
- 3.3 Ácaros
- 3.4 Enfermedades
- 3.5 Patógenos
- 3.6 Datos
- 3.7 Conclusiones

Síndrome del edificio Enfermo

- 3.9 Definición
- 3.11 Efectos sobre la salud
- Sintomatología del SEE
- 3.12 Síndromes
 - 3.12.1 Enfermedad relacionada con el edificio (BRI)
 - 3.12.2 Sensibilidad química múltiple (MCS)
- 3.13 Factores de riesgo
- 3.14 Conclusiones

04

Capítulo 4

El dormitorio y la humedad relativa

- 4.1 El sueño
- 4.2 Calidad del sueño
- 4.3 Fases del sueño
- 4.4 Parámetros del sueño
- 4.5 Temperatura y humedad en el dormitorio
- 4.6. Calidad del aire en el dormitorio
- 4.7 Enfermedades y trastornos
- 4.8 Ciclos circadianos
- 4.9 Conclusiones

05

Capítulo 5

- 5.1 Selección de caso 1v
- 5.2 Selección de caso 2 - Propuesta
- 5.3 Selección de los espacios
Edificio O'Byrne
- 5.4 Edificio Mola Loft
- 5.5 Rutina y características demográficas de los habitantes
- 5.6 Inventario de Vanos
- 5.8.2 Edificio Mola Loft

06

Capítulo 6

- Enfoque de Renovación
- 6.1 Model Input data / Edificio O'Byrne
- 6.2 Model Input data / Edificio Mola
- 6.3 Rango de confort
- 6.4 Descripción de la Renovación de la Envolverte
- 6.5 Propuesta de la envolvente
- 6.7 Propuesta de renovación de vivienda
- 6.8 Fachada actual del edificio Mola, intervenciones y estrategias
- 6.9 Propuesta de la envolvente
- 6.10 Ventilación natural, aberturas del sistema
- 6.11 Estrategias Activas
- 6.12 Conclusiones de la evaluación de los edificios

07

Capítulo 7

- ANEXOS
- Índice de figuras
- Bibliografía- Referencias

No conozco el futuro, pero creo que en la actualidad tenemos diversos materiales y técnicas que no están siendo utilizadas. Quizás mañana aparezcan nuevos materiales, pero con lo que tenemos ahora podemos construir mejores casas y ciudades. Entonces, el problema no es descubrir la rueda, sino ocuparla correctamente.
(B. Givoni, 2002).

Resumen

Las edificaciones y el entorno construido tienen un impacto directo en el medio ambiente, la salud y el bienestar de los seres vivos. Es por esto que es necesario identificar estrategias propias de la arquitectura sostenible que permitan minimizar el impacto de las edificaciones en los espacios naturales y urbanos de la ciudad y aporten a la calidad de vida de sus habitantes, que tengan en cuenta las variables ambientales y climáticas propias del lugar de implantación: calidad del aire, niveles de radiación solar, temperatura, velocidad y dirección del viento, pluviosidad y humedad relativa.

La ciudad de Cali cuenta con un clima cálido con altos niveles de humedad relativa lo cual crea un ambiente propicio para la aparición patologías propias del síndrome del edificio enfermo; dichas patologías afectan directamente a la salud de las personas que los habitan generando enfermedades, alergias y otras afecciones a la salud. Por esta razón, se considera pertinente realizar un análisis de casos de estudio que identifique los efectos en la salud de las personas que habitan ambientes con altos niveles de humedad relativa.

Debido a que las personas pasan un gran porcentaje de tiempo al interior de sus viviendas, se considera importante para esta investigación analizar casos de estudio de edificaciones residenciales, para de esta manera valorar las condiciones de habitabilidad existentes en dichos espacios, haciendo especial énfasis en el comportamiento de las aberturas en fachada. Para esto, se realizó trabajo de campo que incluyó mediciones de variables climáticas in situ, simulaciones con softwares especializados y encuestas a los habitantes.

Los resultados de las diferentes escalas de análisis y la metodología empleada permitieron evidenciar las condiciones de habitabilidad de los casos de estudio y con esto determinar los niveles de salud y confort que aportan a sus habitantes, así como las posibles patologías que puedan derivar en un edificio enfermo. De igual manera, los resultados obtenidos permiten aportar perspectivas diferentes para abordar los temas calidad ambiental en los espacios habitables.

De acuerdo con lo anterior, esta investigación y los resultados obtenidos tienen por como propósito promover la calidad ambiental y confort higrotérmico al interior de los espacios de la vivienda, mediante el planteamiento de lineamientos de diseño que involucren las aberturas en las fachadas, con soluciones y estrategias que promuevan mejores condiciones de confort reflejadas en el bienestar de las personas.

Palabras clave: Arquitectura sostenible; análisis ambiental y climático; vivienda saludable; confort higro-térmico; clima tropical.

Abstract

A warm climate like Cali, the high levels of relative humidity, favors the appearance of fungi and mites and makes buildings become sick buildings, which is why a review of the health effects caused by relative humidity should be carried out. In indoor environments, which suggests that respiratory disorders and infections and allergies may occur. Buildings and the built environment have a direct impact on the environment, health, well-being and the quality of spaces. This is why it is necessary to identify strategies so that buildings focused on housing contribute to the health of people and to the care and benefit of the natural and urban spaces of the city. When talking about sustainability in terms of habitability, health and these approaches; (Relative Humidity, air quality, acoustic, thermal and light comfort) have taken precedence over human factors, since the training of the academy of architects, engineers and construction professionals has focused only on technical criteria, with little design and the economic factor, leaving these essential housing issues relegated when designing and building.

People spend a large percentage of time inside their homes, one of the main reasons why the issue of health and the development of residential environments should be studied in depth, since if they do not have adequate conditions adequate spaces, housing can play against the health and well-being of its occupants.

For this reason, the ways of life in different spaces will be analyzed to project ways to improve and contribute to the design in order to achieve healthy homes, the models and methodologies will allow evaluating and diagnosing the variables of human comfort within the current home.

The results will make it possible to demonstrate and determine whether or not they comply with the characteristics of a healthy home and allow a different perspective on how to address health issues in the spaces we inhabit.

In this way, this research has the purpose of promoting the interior environmental quality of the spaces in the house, proposing some design guidelines in the openings of facades, which contains solutions and strategies that allow to make architecture focused on the improvement of health and well-being of the people in the dwelling.

Keywords: Sustainable architecture; healthy housing; Thermal comfort; built environment; habitat.



Capítulo 1
Antecedentes

Capítulo 1.

Antecedentes

1.1 Introducción

La vivienda es un derecho humano fundamental para las personas, entendida desde la perspectiva desarrollada por la Conferencia Hábitat I de Vancouver (1976), por el Comité de Derecho Humanos de Naciones Unidas (1991), y posteriormente Un-Hábitat (2020), esto supone una de las principales reivindicaciones sociales, por cuanto su consecución representa un punto crucial en el desarrollo vital de toda persona y de toda comunidad humana. Por otro lado, la Organización Mundial de la Salud (OMS) define la salud como un estado completo de bienestar físico, mental y social. Así, relacionando los conceptos anteriores, es evidente que las edificaciones contribuyen en gran parte a que se de este estado y por lo tanto tienen una estrecha relación y un profundo impacto sobre la salud de las personas que las habitan.

En marzo de 2020, la Organización Mundial de la Salud (OMS), anunció la pandemia de COVID-19, conocida también como pandemia de coronavirus, como una enfermedad altamente transmisible. Esto lo que obligó a los gobiernos a tomar medidas extremas, siendo una de estas que la gran mayoría de las personas pasaran la totalidad del tiempo dentro de sus viviendas; esto significó que las personas se tuvieron que adaptar a unas nuevas formas de vida: aprender a trabajar desde allí, convivir el 100% del tiempo con otros miembros de la familia y hacer otras las actividades antes realizadas en diferentes espacios. Durante ese tiempo de aislamiento, se evidenciaron falencias en la calidad de las viviendas, en temas arquitectónicos, en la calidad de los espacios interiores en términos calidad del aire, confort acústico, térmico, lumínico y carente de unas condiciones adecuadas para el desarrollo del ser humano en lo que se refiere a los temas de salud.

Las falencias detectadas evidenciaron la necesidad de disponer de una vivienda con condiciones espaciales y ambientales para que sus ocupantes gocen de óptimas condiciones de salud, físicas, psíquicas y sociales. Dentro de las anteriores condiciones de confort, la salud constituye un vector emergente dentro del programa de una vivienda y considerarlo como un factor importante en las decisiones espaciales y ambientales del proyecto arquitectónico.

Por otro lado, el compromiso de la arquitectura con la sostenibilidad aborda un nuevo ingrediente, el cual busca equilibrar la eficiencia energética y la salud de las personas, que eventualmente poco se logra y donde hay una búsqueda constante de soluciones integrales entre ambas partes. La salud supone un importante grado de confort, el cual es esencial en la creación de ambientes y espacios saludables; sin embargo, el confort debe considerar las variables climáticas y ambientales del lugar, dando relevancia a las variables higrótérmicas, en climas caracterizados por altas temperaturas y altos niveles de humedad relativa.

A partir de una preocupación permanente por el bienestar de las personas y las nuevas formas que han surgido en el habitar tanto por las nuevas costumbres de ocupar y trabajar, por la constitución de las familias, y por las nuevas dinámicas que introdujo el SARS Covid-19, las edificaciones se enfrentan a cambios y a una readaptación en las formas de habitar los espacios, no solo ante esta emergencia que atravesó el mundo, si no también ante lo que espera y viene en un futuro. De acuerdo con lo anterior, es pertinente hacer una revisión profunda de la vivienda, iniciando con el análisis y el funcionamiento de las aberturas y de los sistemas de fachada, los cuales funcionan como relación visual entre el adentro y el afuera, así como también, de aportan posibilidades de ventilar e iluminar. Estas relaciones con el exterior suponen la integración de otros fenómenos como la humedad, que se filtra al interior de los espacios, la cual es un peligro para la salud y el bienestar si no se mantiene con un control adecuado.

Dado que la salud también posee una dimensión psicológica, los diseñadores tienen la responsabilidad de crear ambientes que favorezcan la salud a su integridad, y que además respondan a sus necesidades. Con base en lo anterior se propone desarrollar una valoración en el sistema de aberturas en dos edificios de vivienda localizados en la ciudad de Cali, para determinar las afectaciones que puede tener la humedad relativa sobre la salud de las personas que los habitan.

Una vez caracterizadas las condiciones de habitabilidad, se plantean alternativas de diseño en las ventanas que permitan conseguir confort climático-espacial y calidad de vida a sus habitantes, enmarcadas en principios de construcción sostenible, con parámetros y soluciones eficientes de diseño para la creación de la vivienda y ambientes saludables, sostenibles en el tiempo y que respondan a las variables climáticas del lugar de implantación.

1.2 Justificación

El lenguaje en la piel y las aberturas de los edificios en el trópico implican consideraciones importantes y especiales en su diseño, sin embargo, se ha visto desde la mirada de lo estético o la aleatoriedad y no desde lo funcional y más importante aún, desde el bienestar de las personas quienes lo habitarán.

En los últimos años la legislación de países latinoamericanos, incluido Colombia, han puesto su atención en las consideraciones que debe tener la industria de la construcción en términos de eficiencia energética, confort y sostenibilidad. A continuación, se describen las normas vigentes que regulan la construcción en Colombia de acuerdo con parámetros ambientales y de sostenibilidad.

1.2.1 Marco normativo colombiano

Instrumentos jurídicos y normativos

Norma Técnica Colombiana NTC 5183 26 de agosto de 2003, Ventilación para una calidad aceptable del aire en espacios interiores.

Instituto Nacional Colombiano de Normas Técnicas ICONTEC

Según lo estipulado por la norma que rige para todos los espacios interiores o cerrados que la gente puede ocupar y habitar, excepto cuando otras normas y requisitos vigentes requieran mayor cantidad de ventilación que esta norma. La liberación de humedad en cocinas y baños residenciales, en gabinetes y piscinas está incluida en el ámbito de esta norma.

La humedad relativa en los espacios habitables se debe mantener preferiblemente entre 30 % y 60 % de humedad relativa, para minimizar el crecimiento de organismos alergénicos o patógenos, Norma Técnica NTC, sin embargo, este rango de humedad debería ser considerado de manera distinta para las ciudades en el territorio, puesto que el clima en el país es muy diverso. Actualmente la norma en la mayoría de las edificaciones no se cumple, pues no se considera una variable importante aún.

Anexo 1 Guía de construcción sostenible para el ahorro de energía y agua en edificaciones

El objetivo *del anexo 1* de la Guía de construcción sostenible es proporcionar una herramienta para la implementación de estrategias de construcción sostenibles para ser aplicadas en los municipios de todo el país, sin embargo, esta guía no contempla los niveles de humedad relativa en espacios interiores dentro de sus apartados, el cual debería estar considerado dentro del apartado de ventilación natural.

Tradicionalmente el tema de las aberturas y de las fachadas son vistos solo desde la estética, es por ello por lo que tiende a carecer de importancia o sencillamente no son tenidos en cuenta debido al poco conocimiento y de todos los efectos adversos que estos pueden ocasionar si no se resuelven de manera acertada el lenguaje de las edificaciones, además de la tendencia a la importancia de la estandarización de la construcción en masa donde prima el factor monetario.

Las respuestas al clima y al confort de los usuarios brindadas desde las aberturas y la relación con el exterior, consideramos que deben abordarse desde las condiciones propias del lugar y sus diferentes variables ambientales, climáticas y naturales: temperatura, radiación, nubosidad, precipitaciones, porcentaje de humedad relativa, régimen de vientos, calidad del aire, vegetación, cuerpos de agua y otras tales como biodiversidad, tradiciones, así como también su organización política, cultural, económica y social. Sobre este punto, queremos resaltar que las respuestas desde la arquitectura y el urbanismo han evolucionado a lo largo de los años de acuerdo con la cultura, actitudes y comportamientos de propios de los habitantes.

En el estudio realizado por Olgay y publicado en su libro "Clima y Arquitectura en Colombia" (1968) a cuatro ciudades de Colombia, incluida Cali, plantea unos objetivos acerca del diseño y espacios interiores, de recomendaciones climáticas de las edificaciones enfocadas en la reducción de producción de calor, reducir la absorción de radiación, promover la pérdida de radiación, evitar la absorción de la humedad e incrementar el movimiento del aire, dando igual valor a todas las variables climáticas.

Por otro lado, Dollfus (1963) en el mismo libro (1998) señala un aspecto significativo con referencia a las aberturas: "la proporción entre macizo y aberturas al exterior depende tanto de la psicología popular como del clima y de los materiales empleados", con lo cual el autor señala que son un conjunto de consideraciones importantes que influyen en el diseño de las aberturas de un edificio, además de la complejidad del diseño arquitectónico, que no solo responde a aspectos técnicos si no también atiende a necesidades del clima, sociales y culturales.

Esta investigación explorará sobre valores de porcentajes de humedad relativa dentro de rangos establecidos para promover la salud y el bienestar de las personas al interior de los espacios y esto se logra cuidando más la manera en que se diseñan las edificaciones en principio en planta, y después pensando en la envolvente, en las aberturas y el sistema de fachadas de las edificaciones.

1.4 Pregunta de investigación

La presente investigación plantea resolver el siguiente interrogante:

¿Cómo afecta la velocidad del aire en los espacios interiores, el confort térmico y mediante la reducción de la humedad relativa, y qué impacto puede tener esto en la salud de los ocupantes? Con el objetivo de resolver la pregunta se implementa una metodología basada en mediciones de variables climáticas in situ, encuestas a los habitantes residenciales y simulaciones con software para verificar el comportamiento actual de los casos de estudio y a partir de dichos resultados, resolver el interrogante mediante la implementación de estrategias propias de la arquitectura sostenible que aporten al bienestar de los habitantes y con el mínimo impacto medioambiental.

Lo anterior genera los siguientes interrogantes que complementan la pregunta inicial de investigación:

- ¿Cuál es la interacción y relación entre las variables climáticas del lugar de implantación y las condiciones de confort que se dan en espacios interiores?
- ¿Es el porcentaje de Humedad Relativa el mayor responsable de las condiciones de confort en espacios en el clima de Cali?
- ¿cómo determinar e implementar estrategias que permitan controlar la humedad en los espacios en las horas críticas?
- ¿Es posible alcanzar niveles de confort en el interior de los espacios de los casos de estudio analizados solo con estrategias pasivas?

La investigación quiere ahondar en la relación clima, estrategias proyectuales y confort y quiere atender problemas propios de la arquitectura al relacionar en un sistema integral aspectos formales, espaciales, compositivos, ambientales y urbanos que intervienen tanto en la definición de los espacios interiores como en las relaciones que el edificio establece con su entorno inmediato y con la ciudad, en general.

Observaciones sobre el problema

En los climas cálidos húmedos uno de los factores que interviene y que resulta determinante para evacuar la humedad es la ventilación adecuada en los espacios. En la ciudad los valores de temperatura y humedad relativa no se controlan fácilmente mediante estrategias pasivas, según la ASHRAE 55, las estrategias principales para Cali son sistemas mecánicos de enfriamiento y deshumidificadores. Sin embargo, esta investigación propone estrategias acordes al clima y al proyecto, como se verá en capítulos posteriores.

1.4 Objetivo General

Identificar las posibles modificaciones en las fachadas que reduzcan la humedad relativa para mejorar el confort higrotérmico.

Objetivos específicos

- Analizar las condiciones climáticas y ambientales del lugar de implantación de los casos de estudios: la ciudad de Cali.
- Determinar la importancia de los valores del porcentaje de humedad relativa y las relaciones que establece con las otras variables climáticas.
- Establecer la pertinencia de implementar estrategias propias de la arquitectura sustentable para mejorar las condiciones de confort y bienestar de las personas.
- Proponer modificaciones en los sistemas de fachadas en los edificios de caso de estudio, para la reducción de humedad relativa especialmente en el dormitorio.

1.6 Hipótesis de investigación

“En el clima de Cali, mejorando la velocidad del aire en los espacios interiores, se logra incrementar el rango de confort por temperatura, aunque esto no necesariamente ocurre de la misma manera por reducción de la humedad relativa. Si se modifican los sistemas de ventilación en las fachadas, se puede aumentar la velocidad del aire y por lo tanto se puede reducir la humedad y en consecuencia una mejoría en el confort y la salud de las personas en los espacios”.

1.7 Metodología

A continuación, se describirá la metodología implementada en el presente proyecto de grado, que integra técnicas, análisis y evaluaciones, relacionada con la hipótesis y que permitirá resolver el problema de investigación y alcanzar los objetivos planteados. El método elegido recoge los aportes de las investigaciones relacionadas con el tema del presente estudio, de autores como Olgyay (1968), Betancourt (2013), Bustamante (2014), Casas (2012), Osuna (2021), Salazar (2002), entre otros.

1. Análisis de documentos y bases de datos sobre las condiciones ambientales y climáticas de la ciudad de Cali

2. Analizar el Estado del Arte con relación a Cali, sus variables climáticas y su relación con las aberturas: Se hizo una revisión de la literatura científica en diferentes aspectos, que aporten a comprobar donde la humedad relativa tiene afectaciones relevantes sobre la salud y el bienestar de las personas en el habitar en los espacios domésticos, en especial en el dormitorio.

3. Elección y análisis los casos de estudio: el evaluar si el funcionamiento de los vanos es el indicado para la ciudad y el trópico en el cual se encuentra ubicado y si finalmente logra proporcionar las condiciones de confort y salud al interior de las viviendas.

4. Implementación de metodología de investigación: la investigación se desarrolló a través de mediciones, simulaciones y encuestas. Se planteó una investigación para el análisis de los edificios, se realizó una comparación para evaluar la influencia de las aberturas. En primer lugar se estudio como funcionan en un edificio emblemático, el edificio O'Byrne del arquitecto Jaime Cárdenas Matallana el cual tiene una condición especial en sus aberturas, las cuales son fijas y no son operables. El segundo edificio es el Mola, el cual ha sido reciclado y remodelado recientemente en el año 2023, el cual cuenta con aberturas y un sistema de fachada convencional, con ventanas operables al 50%.

En primera fase, se realizó una recopilación para el análisis documental en publicaciones en libros y/o revistas, recolección de planimetría, levantamiento de algunas plantas que no fueron encontradas en 2D y modelado 3D.

La anterior metodología permitió validar la hipótesis y los objetivos planteados para evaluar el comportamiento de unidades de vivienda, su relación con las variables climáticas y su influencia en la salud humana, a partir del análisis de las condiciones actuales de los casos de estudio, para determinar la pertinencia de proponer estrategias que garanticen el confort y la salud de las personas en un clima cálido semihúmedo.

1.7.1 Mediciones de variables ambientales, registro de datos y encuestas

Se realizaron mediciones de variables climáticas en espacios de diferente configuración en los casos de estudio, en un periodo de tiempo determinante para la caracterización de las condiciones climáticas interiores de dichos espacios.

También se realizaron encuestas a los habitantes de los casos de estudios para obtener información sobre los impactos de la alta humedad relativa en su vida diaria, aspectos de salud, de rendimiento y sueño.

Estos dos aspectos metodológicos buscan comprender de manera integral el comportamiento de los casos de estudio y la relación con las condiciones de confort, así como también establecer las estrategias pertinentes a implementar, en caso de ser necesario

1.1 Revisión de casos

La recopilación de la información gráfica de los casos será necesaria para revisión con el objetivo de asegurar la veracidad en el estudio sobre el fenómeno de la humedad relativa. Se realizará también una recopilación de los datos climáticos en los edificios y de la ciudad para reconocer el historial de las variaciones mensuales enfocadas en los fenómenos de humedad relativa, temperatura y ventilación. También una revisión bibliográfica que abarco en su mayoría los efectos nocivos de la humedad relativa en la salud y el bienestar en espacios interiores. Para la selección de los edificios se tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

1. El Clima

La ubicación de el edificio O'Byrne está en el barrio san Fernando que cuenta con un clima templado semihúmedo y el edificio mola está en el barrio Granada que tiene un clima cálido semiárido. Si bien las diferencias entre ambas clasificaciones de clima no son tan evidentes, existen aspectos que las distinguen.

2. La arquitectura

La selección arquitectónica de los edificios en principio nace de las experiencias propias en el espacio en cada edificio y de los conocimientos adquiridos en la maestría, comprobar su funcionamiento en la bioclimática.



Foto: Edificio O'Byrne
Elaboración propia

Se seleccionó un edificio el cual tiene unas cualidades arquitectónicas especiales, que corresponde al Edificio O'Byrne del arquitecto Jaime Cárdenas Matallana, con el fin de comprobar la influencia de las aberturas y los fenómenos en los espacios y la afición de ellos en las personas.

La segunda edificación que se escogió para la revisión y evaluación es un edificio reciclado, es decir, remodelado recientemente que es el edificio MOLA. Inicialmente su uso era de oficinas, el cual se adecuo y se transformó para darle un nuevo uso residencial y en primeros pisos se plantea una franja de comercio.

3. El tipo de abertura

El edificio O'Byrne tiene en su diseño tiene un sistema de fachada con un tipo de abertura fijo del 10%, que son las extrucciones que se plantean como solución a la ventilación constante en el edificio, las cuales no se puede graduar ni manipular y es un sistema de fachada y aberturas poco convencional.

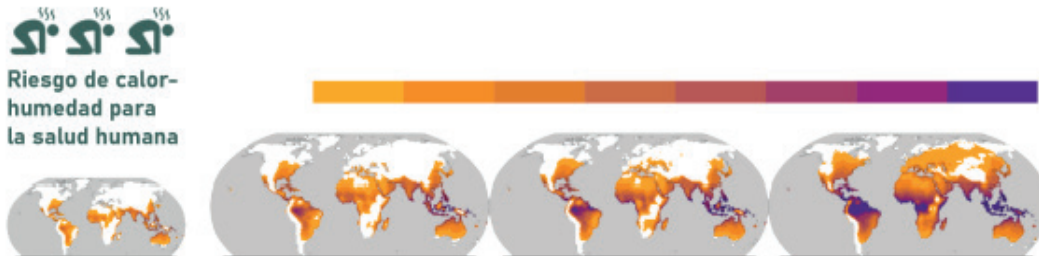
El edificio Mola cuenta con un sistema de fachada en su ventanería de tipo convencional, con apertura de sus ventanas de un 50%, es decir, se puede graduar y manipular las aberturas a gusto y conveniencia del usuario según el espacio.



Foto: Edificio O'Byrne - Edificio MOLA
Elaboración propia

Contexto geográfico

Las ciudades están en un constante y continuo crecimiento tanto poblacional como espacial, y desde el año 2000 el número de personas que vive en las ciudades es superior a los que viven en las zonas rurales, esto ha propiciado una expansión acelerada y desmesurada de los territorios, lo que claramente genera una presión creciente sobre los ecosistemas del planeta. Actualmente nos estamos enfrentando al cambio climático y cada vez más a los desastres ambientales, también al aumento de temperatura que está experimentando el planeta, el agotamiento de los sistemas, de los recursos naturales y de las energías disponibles, como consecuencia de la actividad humana las cuales pueden llegar a ser devastadoras, para el medio ambiente tanto como para las personas.



El Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC), sintetiza en este gráfico clave de 783 casos donde se evidencia que las condiciones del aumento de la temperatura, calor y humedad relativa elevados, causa riesgos altos de mortalidad, sobre todo en climas templados. También con un alto nivel de confianza, señala que la salud de las personas se ha visto notablemente afectada a causa del cambio climático.

Es por ello que como aporte para la mitigación de la crisis ambiental es necesario re pensar la forma en que construimos y de cómo se han venido desarrollando las ciudades, tomando conciencia, saliendo del antiguo modelo consumista, la cual minimice los impactos al medio ambiente y comenzar a enmarcarse más en la construcción sostenible, también es necesario encontrar un balance entre preservar el planeta, la casa común, en edificaciones sostenibles y también pensar en el ser humano y el bienestar, que es el que finalmente habita la arquitectura y el medio construido.

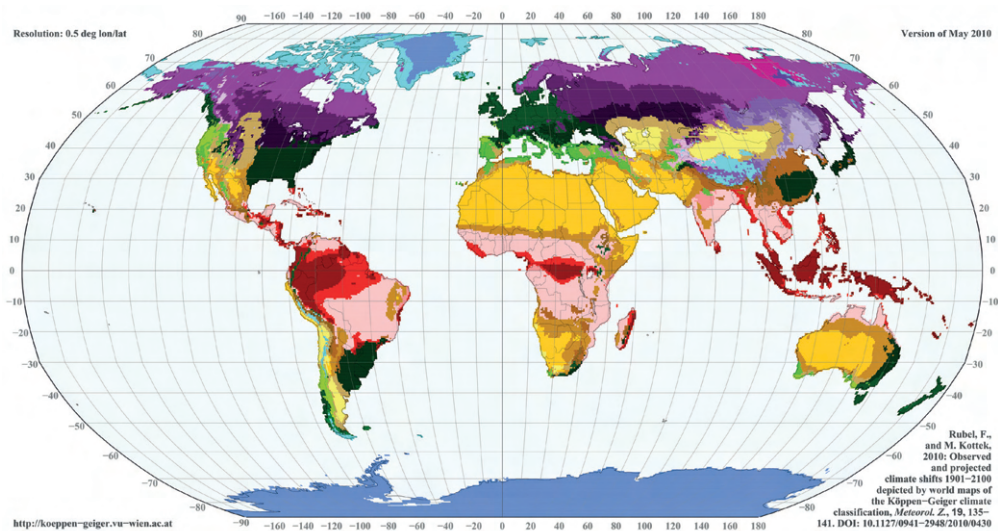
El confort térmico en una vivienda tiene una influencia importante tanto en el bienestar, como en la salud de las personas, de acuerdo con la calidad ambiental proveniente del exterior, esta se filtrará y así mismo será esa calidad interior de los espacios, es por eso, que se deben plantear parámetros de diseño en determinados espacios en los cuales es necesario contener esas filtraciones sobre todo de la humedad HR.

La humedad relativa tiene un efecto significativo en el control de las infecciones transmitidas por el aire. Con una HR del 50%, la tasa de mortalidad de ciertos organismos es más alta y el virus de la influenza pierde gran parte de su virulencia. La tasa de mortalidad de estos organismos disminuye tanto por encima como por debajo de este valor. La alta humedad como sucede en la ciudad de Cali, la cual ha incrementado exponencialmente los últimos 3 años según los archivos climáticos consultados y se encuentra en un rango de 65 y 95% la cual puede ser perjudicial para la comodidad, el confort, el desarrollo cognitivo, la productividad y sobre todo tener efectos graves en la salud además de favorecer y potenciar el crecimiento de organismos patógenos y alérgenos. Se pueden observar efectos similares en otros microorganismos que causan problemas de salud graves. En consecuencia, la humedad relativa en los espacios habitables debe poder mantenerse y controlarse dentro de un rango entre 40 y 60% ya que brinda las mejores condiciones para la ocupación de los espacios y beneficios para la salud de las personas.

Caracterización del clima en Santiago de Cali

La energía, el bienestar y la salud del hombre dependen directamente de las influencias medio ambientales de su entorno, es por ello por lo que el clima es tan importante, porque de ello depende el comportamiento del mismo. El clima sobre la zona tropical se mantiene relativamente estable a lo largo del año, donde hay periodos de intenso sol, altas temperaturas, reducida velocidad de viento y alta humedad en el aire, así que, dada la adaptabilidad del hombre, los días más soleados y con intensa radiación serán los días que más vitalidad y estímulo tiene para realizar sus actividades y a su vez con temperaturas no menos de 10°C en las que la energía disminuye significativamente su productividad.

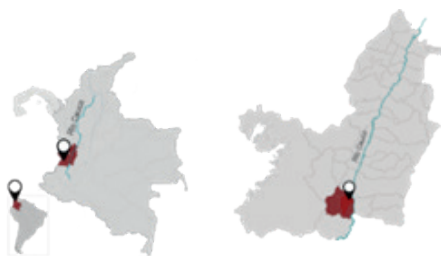
“En las regiones cálidas húmedas la arquitectura no precisa de inercia térmica, aunque debe protegerse de la radiación y procurar la máxima ventilación con objetivo de eliminar en lo posible la humedad”, Serra (1999).



projected using IPCC A1FI Tyndall SC 2.03 temperature and precipitation scenarios, period 2026 to 2050														
Main climates						Precipitation			Temperature					
A: equatorial	W: desert	h: hot arid	F: polar frost											
B: arid	S: steppe	k: cold arid	T: polar tundra											
C: warm temperate	f: fully humid	a: hot summer												
D: snow	s: summer dry	b: warm summer												
E: polar	w: winter dry	c: cool summer												
	m: monsoonal	d: extremely continental												
Af	Am	As	Aw	BWk	BWh	BSk	BSh	Cfa	Cfb	Cfc	Csa	Csb	Cse	Cwa
Cwb	Cwc	Dfa	Dfb	Dfc	Dfd	Dsa	DSb	Dsc	Dsd	Dwa	Dwb	Dwc	Dwd	EF
														ET

Figura 1. Esquema de Clasificación Climática Mundial Köppen - Geiger 2010 Ubicación Colombia, recurso en línea.

Colombia se ubica sobre la zona de convergencia intertropical o tórrida, entre el trópico de cáncer y el trópico de capricornio, su extensión desde aproximadamente 5 grados de latitud norte hasta 5 grados de latitud sur, por esta localización, se caracteriza por ser un cinturón de baja presión, que se constituye por corrientes de aire ascendente, donde convergen grandes masas de aire cálido y húmedo que provienen de las latitudes norte y sur, le proporciona una provisión de vientos y humedad elevada constantes. Su clasificación climática mundial, es tropical ecuatorial, húmedo (Af) según Köppen (Figura 6). El clima de Colombia está determinado por aspectos geográficos y atmosféricos, tales como intensa radiación solar a lo largo del año, los altos niveles de humedad, precipitaciones, los cuales generan diversos climas y microclimas en el país.



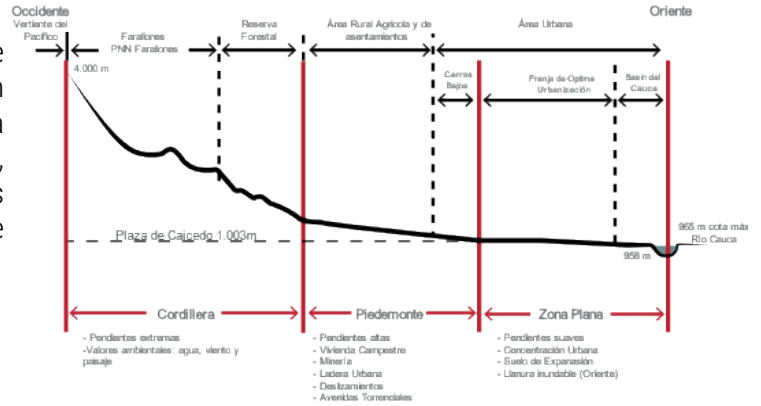
Ubicación	3°26' 24" n 76°31' 11" o
Altitud	1003 msnm
Clima	Cálido Húmedo
Temperatura	25.2°C
Superficie	561.6Km ²
Humedad R	70 – 85%
Precipitación	1.483mm Anuales
Población	2.445.281 Hab
Densidad	4.382.05 Hab/Hm ²



El municipio de Santiago de Cali se ubica en el departamento del valle del cauca (03° 27' 0" N), a 995 m.s.n.m. al sur occidente del país. Cuenta con un área aproximada de 561.6 Km² que comprende altitudes que van desde los 916 msnm en el valle geográfico del río cauca hasta los 4.035 msnm. Comprende una zona urbana con una extensión de 119.7 km², el 21.3% del total del municipio, por 15 corregimientos. Las características de esta zona climática y de la ciudad corresponden a temperaturas altas y homogéneas en su mayoría, donde la media anual varía entre los 24°C en la zona urbana hasta los 15°C en las zonas de mayor altitud, lluvias a lo largo del año las cuales se han incrementado notablemente, altos niveles de humedad, nubosidad, precipitaciones y está acompañada de diversa y abundante vegetación.

Topografía

La ubicación topográfica de Cali es dramática. Se encuentra en las faldas de la cordillera, que con formidable vigor la rodea y con quebrado aspecto la domina. Es un escenario fantástico a partir del cual, sin embargo, provienen efectos benéficos: las brisas refrescantes que bañan a la ciudad en la tarde después de los calores del medio día, Olgay (1968).



Según la clasificación climática Caldas-Lang, la microzonificación del municipio de Santiago de Cali, presenta características de las clases de clima o micro zonas climáticas, clasificándolas en 10 zonas homogéneas que van desde el clima cálido semihúmedo (CsH) al suroccidente del municipio, hasta el clima de páramo alto superhúmedo (PASH) en la zona más alta sobre la Cordillera Occidental. La micro zona climática de mayor predominancia corresponde al clima templado semihúmedo (Tsh), que ocupa el 32.6% del total del municipio, principalmente hacia la zona media y baja del mismo, con alturas que van desde los 1.000 a los 2.000 msnm, y precipitaciones promedio que varían entre los 1.200 y los 2.200 mm al año, Ide, (Estudio para la Microzonificación Climática para el Municipio de Santiago de Cali, 2015).

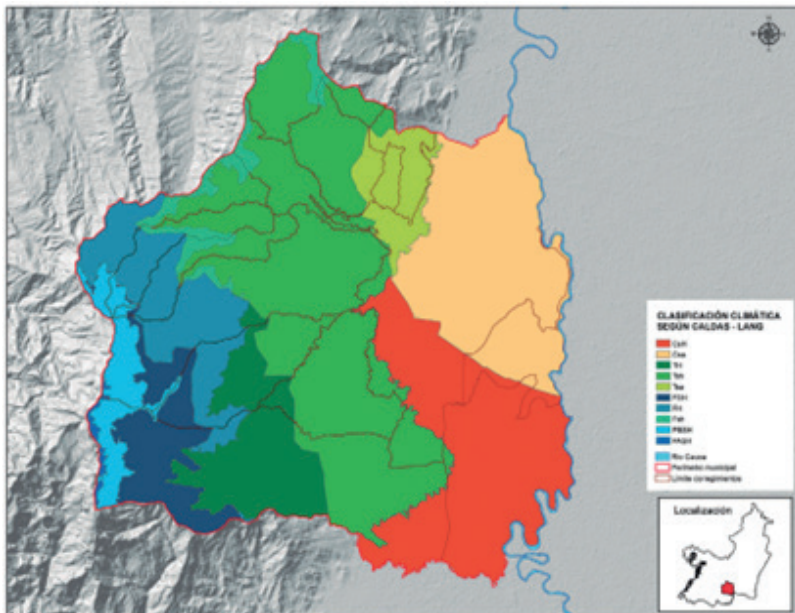
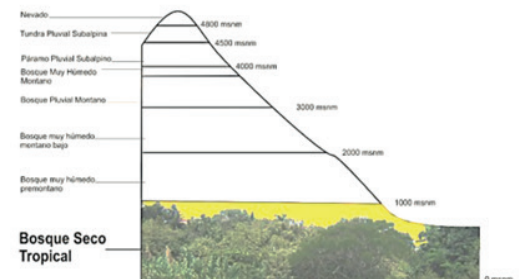


Figura 2. Microzonificación climática del municipio de Santiago de Cali. Fragmento de mapa de Colombia). Fuente: IDEAM, recurso en línea

Ítem	Tipo climático	Símbolo	Altura	Temperatura (°C)	Precipitación (mm)	Área (km ²)	%
1	Cálido Semihúmedo	Csh	0 a 1.000	23.7 a 24.2	1.427 a 2.184	96.6	17.3
2	Cálido Semiárido	Csa	0 a 1.000	23.7 a 24.3	1.134 a 1.447	91.8	16.4
3	Templado Húmedo	Th	1.001 a 2.000	16.5 a 22.7	1.841 a 3.007	45.8	8.2
4	Templado Semihúmedo	Tsh	1.001 a 2.000	17.4 a 23.8	1.164 a 2.319	182.3	32.6
5	Templado Semiárido	Tsa	1.001 a 2.000	20.8 a 23.9	1.170 a 1.421	23.6	4.2

Tabla 1. Clasificación climática Caldas-Lang

Los factores que ejercen una gran influencia en el clima cálido húmedo de la ciudad son diversos. La posición geográfica de la ciudad es relevante, dado que se encuentra cerca del ecuador y a una altitud promedio de 995 metros sobre el nivel del mar, lo cual intensifica aún más las condiciones atmosféricas. La combinación de su ubicación próxima con el valle del río Cauca y su cercanía a la cordillera de los andes crea condiciones propicias para los altos niveles de humedad en la ciudad. La cercanía al río y la topografía del valle atrapan la humedad y dificultan su dispersión al ambiente, lo que contribuye a la persistencia de los niveles elevados de humedad. Otra condición geográfica importante es que la ciudad está rodeada de montañas, lo que limita el flujo de aire y favorece la acumulación de este fenómeno. Estos factores geográficos son fundamentales para comprender la humedad relativa alta en Santiago de Cali. La abundante vegetación en la ciudad también juega un papel importante en la regulación del clima, ya que actúa como un filtro natural, absorbiendo el exceso de humedad y proporcionando sombra y frescura en áreas específicas sobre las superficies. En cuanto a la influencia humana, el crecimiento urbano acelerado y la deforestación han alterado en gran medida el clima de Cali, pues la expansión de la ciudad ha provocado un aumento en la temperatura promedio, debido a la formación de islas de calor provocadas por el asfalto, el concreto y la falta de áreas verdes.



Humedad

En Cali, la humedad es alta durante todo el año, el promedio anual es de 78%, con una humedad media mensual de 84%. La humedad puede variar ligeramente, pero siempre son valores altos y constantes, mostrando sus niveles más altos entre los meses de octubre y noviembre y entre diciembre abril en la época seca disminuye levemente, al igual que entre las primeras semanas de junio y el mes de agosto.

Los niveles más altos de humedad relativa alcanzan entre el 90 y 100% desde las 20h00 hasta las 6h00, por el contrario, en horas del día la humedad disminuye a niveles menores de 75% durante un periodo de casi 12 horas. La curva en la variación de la humedad en Cali es casi igual durante todo el año, en la que la mayoría de las horas la humedad se encuentra por encima del 80%.

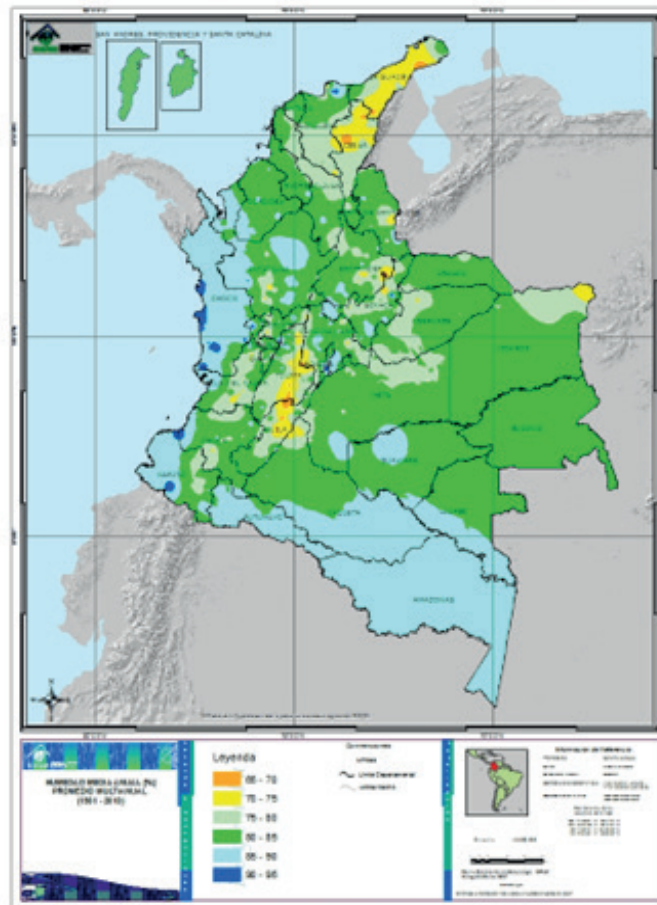


Figura 3. Humedad relativa promedio, 2010. (Mapa de Colombia).
Fuente: IDEAM, recurso en línea.

Temperatura

El clima de la ciudad es tropical y se caracteriza por ser cálido. Según los datos climáticos del IDEAM la temperatura promedio es de 24.2°C. Al medio día la temperatura máxima media oscila entre 31 y 33°C y en la madrugada la temperatura mínima está entre 15.4 y 17°C. Las fluctuaciones diarias alcanzan 10°C.

Radiación solar y nubosidad

Por su ubicación geográfica, Cali cuenta con una importante radiación solar durante casi todo el año debido a que el movimiento del sol es casi simétrico, por lo tanto, la intensidad de radiación que recibe el territorio es 1625 veces mayor.

El factor de nubosidad de Cali es elevado con un cielo mayormente nublado durante gran parte del año de alrededor del 70%, lo que significa que, aunque el día tenga mucho sol y radiación también hay una cantidad significativa de nubes cubriendo el cielo (radiación difusa).

El clima de Cali es el resultado de la interacción compleja entre factores geográficos, oceanográficos, biológicos y humanos, que en conjunto crean un ambiente único y muy cambiante. Para mitigar estos efectos, se requieren adaptaciones y medidas que ayuden a regular la humedad en los espacios interiores y exteriores por medio de la arquitectura, así como estrategias que puedan contribuir a mejorar la calidad del aire en espacios interiores y en general en la ciudad.

Clasificación climática Caldas-Lang

Zonificación climática, la Clasificación del Clima en Colombia según Temperatura y Humedad Relativa elaborada por el IDEAM (s.f.)

1. El edificio de estudio, Edificio O'byrne se encuentra dentro del territorio en el barrio san Fernando en el suroccidente de la ciudad, la cual se encuentra, según la clasificación climática Caldas-Lang para el municipio de Santiago de Cali está ubicado en la microzona climática que corresponde a Templado semihúmedo (Tsh) que ocupa el 32% del territorio, presenta precipitaciones que van desde los 1.164 a los 2.319 mm al año y temperaturas entre los 17.4 y 23.8 °C. El principal ecosistema bajo estas condiciones climáticas es el de arbustales y matorrales medio secos y secos de montaña, piedemonte y bosque medio húmedo de montaña.

2. El segundo Edificio Mola se encuentra clasificado en la microzonificación como cálido semiárido (Csa) el cual se encuentra ubicado en el barrio Granada, que corresponde en el territorio al 16.2%, se caracteriza por presentar precipitaciones promedio de 1.290 mm al año y una temperatura promedio de 24 °C. El ecosistema característico de esta zona climática es el bosque cálido seco en piedemonte y planicie aluvial.

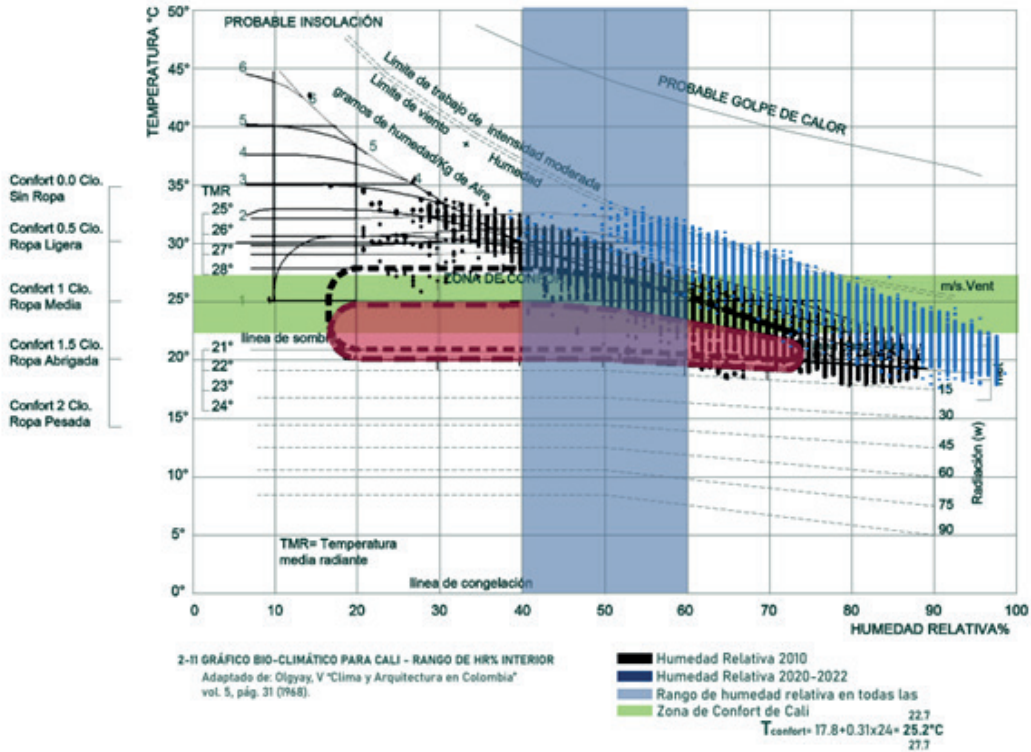


Figura 4. Gráfico bioclimático para Cali. El promedio diario de HR y TEMP se tomó de los datos climáticos del archivo COL_VAC_Cali-Aragon.Intl.AP802590_TMYx.2007-2021, epw.

El gráfico bioclimático para Cali, que incluye la franja de zona de confort para la ciudad, utiliza la variable de Humedad Relativa (HR%) para Interiores, para el no confort y proliferación de los ácaros domésticos y el confort de las personas dentro de los espacios al igual que favorecer la salud y el bienestar, con el cual es importante hacer una modificación en las medidas necesarias para reestablecer la sensación de confort y el parámetro de salud, pues éste rango es más limitado al interior que como lo es en una medida normal en el exterior. Por lo tanto, con este rango reducido, se deberían tomar las correcciones en la medida de las estrategias bioclimáticas, para alcanzar la zona de confort.

Análisis de referentes

Para abordar uno de los objetivos específicos de estudio, se realizó una revisión de algunos hallazgos significativos de la literatura científica publicada y asociada a los altos niveles de humedad relativa en el habitar, en el entorno del sueño, calidad del aire y sobre las afecciones a la salud de las personas. Se identificó que, debido a un diseño inadecuado de los espacios, el dormitorio es el espacio donde se mostraron mayores problemas con respecto a las afecciones en la salud y sus efectos adversos significativos. Esta revisión proporciona una base científica de investigaciones que sustenten de manera clara la información y la evidencia que concluyen consistentemente que la humedad relativa alta ha sido asociada con efectos negativos en la salud, como el aumento de alergias y problemas respiratorios, puede influir también en la aparición y exacerbación de trastornos asociados al sueño, como el insomnio y la apnea del sueño afectando la duración y la eficiencia del mismo, el desarrollo cognitivo de las personas al día siguiente y pueden agravar significativamente los resultados de salud y el bienestar en general.

Se seleccionó una muestra de 3 artículos que son clave y pertinentes para entender los efectos del fenómeno; uno a cerca de los efectos de la exposición al calor húmedo en segmentos de sueño tardíos sobre las etapas del sueño y la temperatura corporal en humanos, una revisión de los parámetros ambientales necesarios para un entorno de sueño óptimo y de calidad del aire, enfocado en la proliferación de ácaros del polvo y alérgenos ocasionados por los niveles elevados de humedad en los espacios interiores.

- Effects of humid heat exposure in later sleep segments on sleep stages and body temperature in humans

- Efectos de la exposición al calor húmedo en segmentos posteriores del sueño sobre las etapas del sueño y la temperatura corporal en humanos. Este estudio buscó investigar los efectos de la exposición al calor húmedo y la humedad relativa en los diferentes segmentos de sueño posteriores sobre las distintas etapas del sueño y la temperatura corporal en las personas. Los experimentos se llevaron a cabo bajo tres conjuntos de variables climáticas: un clima controlado, con valores: [temperatura del aire (T_a)=26°C, humedad relativa (HR)=50%] (C); un clima cálido húmedo: (T_a =32°C, HR=80%) (H); donde demuestran que en temperaturas más elevadas y humedad relativa altas, las etapas 2 y 4 del sueño no llegan a completarse, ocasionando un descanso interrumpido e incompleto, Kazue Okamoto-Mizuno, (2005).

- A review of the environmental parameters necessary for an optimal sleep environment

- Una revisión de los parámetros ambientales necesarios para un ambiente óptimo de sueño. En esta investigación más reciente realizó una búsqueda bibliográfica para identificar trabajos de artículos científicos relevantes los cuales basen su experimentación en hacer una descripción de los resultados del sueño haciendo énfasis en la parte climática y de los parámetros ambientales enfocando el estudio en: temperatura, humedad relativa, ruido, luz y calidad del aire, e identificar el impacto de estos factores ambientales, donde se encuentran y establecen rango termo-neutro para tener una calidad de sueño, todo esto a fin de guiar el diseño arquitectónico adecuado de los espacios, sobre todo el del entorno del descanso, para favorecer la salud y el bienestar, Zachary A. Caddick, (2018).

encontró que la incidencia de ausentismo o infecciones respiratorias es significativamente menor entre personas que trabajan y habitan en ambientes con humedades relativas medias versus humedades bajas o altas. Las poblaciones de ácaros dependen de este fenómeno, se minimizan cuando la humedad relativa es inferior al 50% y alcanzan un tamaño máximo al 80%. La influencia sobre la abundancia de alérgenos, patógenos y sustancias químicas nocivas sugiere que los niveles de humedad deben considerarse como un factor importante de la calidad del aire interior. Por último, los hallazgos hacen énfasis en que la mayoría de los efectos adversos para la salud se minimizaría manteniendo los niveles interiores de humedad entre el 40 y el 60%, Arundel, (1986).



Capítulo 2
Humedad y adaptación

HUMEDAD

Una gran cantidad de estudios y evidencias sustentan que el cambio climático tiene impactos significativos en la salud tanto directos como indirectos. El cambio climático plantea riesgos significativos para la salud y el bienestar de las personas, es una de las principales amenazas inmediatas y esta será afectada cada vez más con los cambios que se presentan con los años, el aumento de la temperatura es cada vez más elevado y más extenso el periodo de calor, una mayor concentración de dióxido de carbono en la atmósfera, los periodos de lluvia cada vez más largos y los altos niveles de humedad incrementan la proliferación de ácaros, hongos, moho y polen. Los indicadores de salud mundial indican que habrá más muertes como resultado del cambio climático donde el aumento drástico de la temperatura y la humedad es causa de daños importantes en el cuerpo y en el organismo, el cual comienza a forzarse por la condición climática, los pulmones y el corazón se someten a un importante sobreesfuerzo para mantener y regular la presión de unos vasos sanguíneos que se dilatan cuando el cuerpo está inmerso en un ambiente con un intenso calor a causa de la temperatura, la tensión arterial también se ve afectada notablemente, cayendo drásticamente, causando mareos y dificultades en el habla, después el colapso del sistema circulatorio puede ocasionar fallas en los órganos vitales, como la vejiga, el corazón o los riñones y finalmente causar la muerte. Según diferentes investigaciones, los porcentajes más altos de mortalidad a causa del calor inducido por el ser humano se han producido en América Central y América del Sur (hasta el 76% en Ecuador y Colombia), lo cual es alarmante.

El clima del planeta está cambiando a un ritmo aún más acelerado de lo esperado. Cuando se habla de cambio climático, las personas comúnmente hacen referencia al cambio en la temperatura y a la sensación que provoca este fenómeno, que se ha venido evidenciando con un cambio significativo con el pasar de los años, si bien, la humedad relativa es una de las variables climáticas más importantes a considerar, el cual depende de los niveles de los demás factores climáticos como: la temperatura, la velocidad del aire, el cual se le ha dado lugar como el segundo pilar del cambio climático y es poco tenido en cuenta en diferentes escenarios, principalmente en la arquitectura. La humedad relativa incrementa la sensación térmica del ambiente, sin embargo, para el caso de la ciudad de Cali, estudios y encuestas sobre la humedad en el ambiente y de la percepción de los sujetos en el territorio, afirman que casi no es perceptible y tampoco sienten incomodidad ante el alto nivel de humedad, cuanto más vapor de agua haya en el aire, más difícil será que el sudor se evapore y se lleve el exceso de calor de la piel, sin embargo, se ha identificado que existe insensibilidad de los sujetos, lo que da como resultado que efectivamente, que las personas han desarrollado una capacidad de adaptación en sus cuerpos, están aclimatadas y acostumbradas al clima y a los niveles de humedad altos y constantes durante el año. Si bien, esto podría ser beneficioso para la sensación térmica y el confort en general, sin embargo, los problemas derivados de la exposición a los altos niveles de humedad en la ciudad, para la salud de las personas en el habitar, puede volverse mortales, causando enfermedades y síndromes en general.

2.1 Humedad relativa

Definiciones

La humedad relativa es la medida de la presencia de vapor de agua retenida en el aire, es la cantidad de vapor de agua presente en el aire expresada como un porcentaje, de la cantidad de humedad atmosférica presente, en relación con la cantidad que estaría presente si estuviera saturado de una temperatura dada. Se define también como la cantidad de partículas de agua en suspensión en el aire. Uno de los efectos más contradictorios del cambio climático es que una atmósfera más cálida contiene más vapor de agua que una más fría, en una gran cantidad a esta proporción: cada grado centígrado de calentamiento añade un 7% más de humedad al aire. En total, el vapor de agua atmosférico aumenta entre 1 y 2% por década. Esa humedad adicional es la razón por la que se presentan aguaceros ya sean cortos o largos, pero de gran magnitud, London School of Hygiene & Tropical Medicine (LSHTM).

En la atmósfera de la Tierra, los principales gases de efecto invernadero (GEI) que surgen naturalmente son el dióxido de carbono (CO₂), el óxido nitroso (N₂O), el metano (CH₄) y el ozono (O₃) entre ellos el vapor de agua (H₂O), todos estos responsables por aproximadamente la mitad del calentamiento del planeta, lo que supone que un mayor calentamiento evapora más agua, más humedad, lo que provoca más aumento de la temperatura: un ciclo de retroalimentación climática. El vapor de agua contenido en el aire no es tangible, no se puede ver ni tocar, no tiene color, olor ni sonido, es por ello por lo que la humedad suele ser uno de los aspectos menos comprendidos en lo que respecta al acondicionamiento del aire y menos considerados en el ámbito de la salud y el bienestar que es una variable emergente de gran importancia, convirtiéndose en un factor del clima clave importante por considerar, pero difícil de controlarse.

La humedad relativa se comporta de manera inversamente proporcional a la temperatura, es decir, la curva fluctúa de manera inversa, cuando los valores de humedad se incrementan, la temperatura baja, que es el caso del comportamiento que tiene en la ciudad, donde los valores de humedad se incrementan en un rango horario de 17h00 a 7h00, con un porcentaje de HR entre 65-90%, con lo cual, sobrepasa el límite de humedad aceptables para espacios interiores, después la temperatura baja, hasta 10°C en la hora más fría de la madrugada que son las 3h00.

El rango del tiempo en el que la curva de la humedad relativa se incrementa o disminuye, es un tiempo considerablemente prolongado, que, para las condiciones de confort y sobre todo de salud, son molestas y son poco beneficiosas. Según el anexo 1 de la guía de construcción sostenible establece que, como norma general, el confort térmico se obtiene a una temperatura entre 21°C y 25°C, con una humedad relativa comprendida entre el 20% y el 75%, sin embargo, ese rango en distintos estudios, investigaciones y teoría establecen que ese rango no es tan amplio y que corresponde al 40% - 70%.

2.2 Incremento de la Humedad

Las personas en sus actividades diarias y en el habitar, podemos contribuir a incrementar los porcentajes de humedad en el interior de los espacios, los cuales se estima que por una vivienda conformada por 3 o 4 personas, los niveles de humedad equivaldrían aproximadamente a 20 litros por día, además si estos espacios tienen dimensiones erróneas o no cuentan con suficientes aberturas en el sistema de fachada, que permita que la humedad por actividades en el interior se disipe fácilmente, puede causar enfermedades importantes en las personas, además de problemas en las materialidades de la edificación.

En la medida en que los espacios cuenten con ventilación y flujo de aire permanente, la humedad causada no afectará tanto, por esto es de vital importancia mantener una tasa de cambio de aire por hora y una tasa de ventilación para la edificación eficiente, de aquí es el porqué de la importancia de la ventilación adecuada, que ayuda a regular la humedad interior y elimina los contaminantes, caso contrario, sería doblemente perjudicial el efecto de la humedad.

- Si el consumo diario de agua o líquido por cada persona es de 1 a 2 litros aproximadamente, la mayor parte de ese consumo de líquido se evapora por el cuerpo, por medio de la piel, por los poros hacia el espacio interior en el que habitemos en forma de transpiración.

- A través de la respiración, durante el intercambio de oxígeno y dióxido de carbono, en la exhalación un porcentaje de humedad de esta proviene de los pulmones en forma de dióxido de carbono, acto mecánico que hacemos al respirar, el cual hacemos de manera inconsciente las 24 horas del día, cada día.

- Una de las actividades que libera más humedad al interior, es ducharse, humedad por condensación, que aparece cuando el vapor de agua fría o caliente, se libera entra en contacto con las superficies frías del baño y el mobiliario, proceso el cual incrementa la humedad en el aire y el resto de los espacios contiguos. La estrategia más empleada para disipar la humedad en este espacio es ventilarlo de manera natural y cruzada, ya que ayuda promover la aparición de colonias hongos, moho y finalmente causar más efectos adversos y enfermedades.

- Cocinar es otra de las actividades que incrementa notablemente el exceso de humedad en el interior de las viviendas, pues se libera gran cantidad de vapor convertido en humedad durante el tiempo en el que se esté realizando esta actividad, que muchas veces no se disipa tan fácilmente por la falta de una ventilación efectiva; las cocinas son el microambiente de los espacios interiores de mayor importancia ya que además de incrementar la humedad, exhibe concentraciones mucho más altas y agudas de CO₂. -

Otro problema derivado de la humedad en los espacios interiores es el proceso

de lavado, ya sea los platos, lavar la ropa, lavar y asear la vivienda y finalmente el proceso más largo que es el del secado de la ropa, actividades que prolongan el tiempo donde se incrementan los valores de humedad y además de adicionar saturación al aire.

2.3 Percepción y adaptación

Todas las personas nos sentimos cómodos con algo distinto, se pueden tener diferentes expectativas y preferencias, las interacciones con lo habitual del ambiente el cuerpo y el organismo lo normaliza, es decir lo adapta, Arango (2021).

El efecto de la humedad depende de los niveles de los demás factores climáticos: temperatura, velocidad del aire, tasa metabólica y propiedades de la ropa, Givoni, et al, (1962). En la vida diaria y en el habitar, los seres humanos interactúan con su entorno inmediato por medio de reacciones termorreguladoras y conductuales. Para el clima la ciudad de Cali, es normal que las personas dentro de la sensación térmica, valoren y tengan en cuenta solo la temperatura, esto hace que no perciban tan fácilmente los altos niveles de humedad, los cuales se han incrementado notablemente los últimos años en la ciudad, sin embargo, estudios y experimentaciones en ambientes de climas cálidos húmedos, han demostraron que las diferencias en relación con la humedad relativa, eran muy pequeñas y casi insignificantes, debido a que el efecto de la humedad sobre la percepción y sensación térmica de las personas, es casi imperceptible, debido a la capacidad de adaptación del cuerpo humano a las diferentes condiciones climáticas para mantener su temperatura interna y garantizar un funcionamiento óptimo.

vDentro de la biología del ser humano se encuentra la adaptación, la cual le ha permitido al hombre protegerse del clima y sus variaciones, dependiendo de donde se encuentre y donde habite, de ahí, el ser humano responde y adapta su forma de vivir, de habitar, adapta el cerebro y su cuerpo al medio y al ambiente que le rodea.

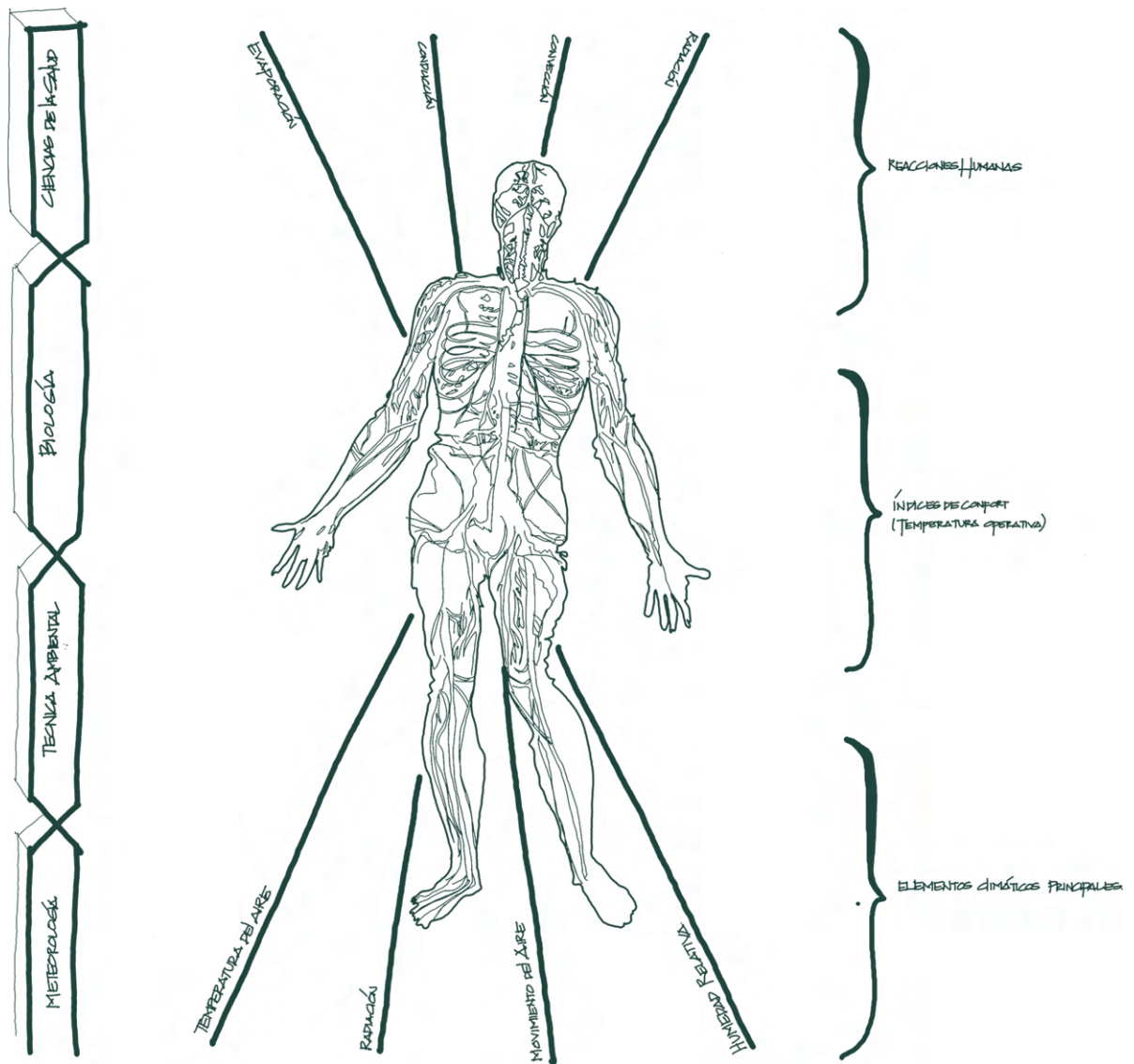


Figura 5. El cuerpo humano y los elementos climáticos Tomado de Clima y arquitectura en Colombia, Víctor Olgyay, 1950, pág. 26.
Dibujo a mano alzada, elaboración propia.

Los seres humanos tenemos la capacidad de corregir las alteraciones del estado térmico corporal por medio de la termorregulación conductual consciente, es decir, la adaptación térmica, el cual es un proceso biológico del cuerpo de los humanos en el cual se genera una mayor cantidad de glóbulos rojos, de esta manera, el cuerpo logra incrementar la circulación de oxígeno en la sangre, para poder establecer una normalidad en el ritmo cardíaco y regular el exceso de hiperventilación, haciendo que el flujo sanguíneo descienda, para que llegue a la piel y de esta forma se disipe más rápido el calor.

En estas variables de adaptación influyen, la edad, el género, la vestimenta, la actividad, la alimentación, los hábitos, el medio o los espacios en los que se habite, también pueden alterar la adaptabilidad y la aceptabilidad a los ambientes térmicos. El cuerpo y sus respuestas dinámicas fisiológicas (la temperatura de la piel y la tasa de evaporación), son la percepción de discomfort térmico, incomodidad o malestar, lo que le da al cuerpo un impulso temprano para la acción consciente para activar un cambio en el microclima del cuerpo.

Cuando se relaciona la humedad con la comodidad, casi siempre se emplea de forma incorrecta el valor de la humedad relativa. Comúnmente se utiliza el comportamiento de la oscilación de la curva de los niveles de humedad relativa más altos, con las bajas temperaturas, que es lo que ocurre en la ciudad en horas de la madrugada, donde la temperatura alcanza su mínimo (10°C) y la humedad su máximo (98%), es allí donde se combinan estas dos variables en relación con el confort y queda cubierto por el de la temperatura y termina percibiéndose en las personas como sensación de frío.

Estudios y experimentos sobre los efectos de los cambios en el nivel de la humedad sobre los votos en el confort térmico de las personas que fueron encuestadas y evaluadas es muy pequeño, lo que sugiere una insensibilidad de los sujetos, lo que supone que están ya aclimatados y acostumbrados a los altos niveles de humedad dentro del ambiente, Givoni et, al (2006).

Givoni et, al (2006), encontró en su experimentación en los diferentes escenarios, en climas cálidos húmedos, que una posible explicación para la ausencia de un efecto aparente y significativo de los cambios en el nivel de humedad que puede ser la aclimatación y la capacidad de adaptación del cuerpo de las personas que habitan en las regiones con una humedad significativamente alta y constante a lo largo del año, además de su experiencia en el habitar y el desarrollo en la vida en ese territorio, a la piel húmeda resultante, lo que quiere decir, en cierta medida que en la ciudad no se logra percibir tan fácilmente la humedad, sin embargo hace que se sienta más alta la temperatura.

2.4 Conclusiones

- En un entorno cálido húmedo el fenómeno ambiental con más dificultades para controlar es la humedad relativa y más cuando la única estrategia es buscar enfriar el aire, mediante estrategias pasivas, lo que lleva que el consumo energético se duplique en sistemas de ventilación y aires acondicionados.
- Los sistemas pasivos no son suficientes en muchos casos y no alcanzan a ser efectivos, debido a diferentes causas, además la temperatura del bulbo húmedo que esta por fuera de la zona de confort.
- En lugares y ciudades con humedad relativa elevada y constante durante el año, el ser humano desarrolla una capacidad de adaptación a ella, con lo cual no logran percibirla con facilidad, sin embargo, esta resulta contraproducente para la salud en general y el bienestar al interior del ambiente doméstico.
- La adaptación al calor es específica al estrés impuesto al cuerpo humano, el cual va desarrollando una notable habilidad para disipar el calor y la humedad con facilidad, sobrecarga menos el corazón y diferentes órganos vitales, sin embargo, no deja de traer problemas de salud, si en ambientes interiores no se controla debidamente.



Capítulo 3
Calidad del Aire
Edificio Enfermo

CAPITULO 3

Estado del Arte

En el diseño de edificaciones en el trópico, el lenguaje arquitectónico y las aberturas desempeñan un papel crucial. Sin embargo, a menudo se abordan desde perspectivas que responden a la estética o desde la aleatoriedad, sin considerar la funcionalidad y más importante aún, que es el contacto entre las personas y el entorno exterior, los cuales deben cuidar del bienestar de los ocupantes. En los últimos años, la legislación en países latinoamericanos, incluido Colombia, ha comenzado a enfocarse en la eficiencia energética, el confort y la sostenibilidad en la construcción, sin embargo, la humedad dentro del apartado de la ventilación natural no ha sido considerado importante.

Revisiones anteriores y aberturas en edificaciones

La revisión de la literatura científica previamente mencionada se utilizó como punto de partida para para investigar cuales son los efectos de la humedad en los seres humanos. Inicialmente esta revisión ayudó a identificar los impactos más importantes de la humedad donde a partir de estos, se decidió profundizar en la investigación para explorar y lograr entender más detalladamente los mecanismos de acción del fenómeno y las consecuencias de este en las personas y en diferentes entornos de la habitabilidad. Este análisis se centró en varios aspectos relevantes de la humedad que abarca desde la calidad y contaminación del aire al interior de los espacios, enfermedades y patógenos, ambientes térmicos, las cargas cognitivas y el síndrome del edificio enfermo. Este enfoque integral dentro de la literatura permitió, comprender de una manera más clara los efectos de la humedad relativa. Los resultados de esta revisión se exponen a continuación en este capítulo, proporcionando una base más sólida para desarrollar en el ejercicio de intervención en los casos de estudio y las estrategias de diseño ayuden a reducir la humedad en los espacios.

Calidad del aire

Los estándares para las condiciones térmicas interiores y para la ventilación en espacios interiores han establecido tradicionalmente límites superiores a la cantidad de humedad dentro del rango permitido, debido a la preocupación por los efectos en la salud, que podrían ocurrir si la humedad fuera demasiado alta. Estos límites han estado contemplados en varias versiones de la ASHRAE (versiones anteriores) investigaciones y estudios sustentan y sugieren que los valores para la humedad relativa (HR%) interior debe mantenerse entre el 40 y 60% donde también se han considerado valores de humedad absoluta, sin embargo, esta medida es poco útil en la práctica ya que en el mismo grado de humedad podría darse un aire muy húmedo, si la temperatura es suficientemente baja, o muy seco si la temperatura es elevada, Casas Figueroa (2003).

Las variables del clima y sus fenómenos, sobre todo la relación de humedad relativa alta con respecto a los problemas de calidad del aire, en relación con el planteamiento de las aperturas y ventanas de los edificios aún no se consideran con suficiente relevancia en lo arquitectónico y no ha dejado de verse como una variable estética a resolver. La salud de las personas no se ve afectada por los altos niveles de humedad, pero si los efectos sobre la salud relacionados con la alta humedad que principalmente son causados por la proliferación de agentes bióticos bajo humedades elevadas, como también agentes no bióticos, que serían los causantes de múltiples efectos adversos. Estos límites no están considerados como una variable de importancia ante los riesgos de la salud frente a los beneficios económicos (ahorro) de la producción de vivienda. La salud se comienza a ver afectada a causa de los altos niveles de humedad en los espacios interiores, principalmente a través de la inhalación por el aire y otros tienen efectos en una menor proporción en la piel. Estos agentes biológicos requieren de ciertas condiciones para su desarrollo y crecimiento, principalmente necesitan de la temperatura y la humedad, para después se liberen al aire y finalmente se transporten al huésped.

3.1 Contaminación del aire al interior

EL AIRE

Es la proporción de diferentes gases, en la que predominan el nitrógeno actuando como un gas neutro para la vida animal y el oxígeno que es esencial para la respiración y cualquier forma de vida en el planeta. La composición del aire comprende las siguientes proporciones:

- Nitrógeno - Argón - Oxígeno - Anhídrido carbónico - Otros

Los gases de baja concentración suelen ser los más peligrosos para la salud de las personas. Es el que contiene una gran cantidad de vapor de agua que es el que nos rodea y provee las condiciones de confort.

Es la unidad comúnmente empleada en la química y la física, también está ligada a la calidad del aire ambiental y del aire interior en las edificaciones.

Las personas pasan el 90% del tiempo en el interior de los espacios y es dentro de los espacios que habitamos a diario donde hay mayor porcentaje de contaminación en el aire, es por ello por lo que es pertinente medir la calidad del aire al interior y reconocer los niveles de humedad, de los espacios que puede llegar a ser 5 veces peor que la del exterior. Es pertinente hacer una revisión de la HR y de la calidad del aire que respiramos y sus efectos sobre la salud de las personas y con ello los efectos climáticos. La humedad relativa que es el porcentaje de agua retenido en el aire en comparación con el nivel de saturación, no se considera un contaminante que pueda afectar la salud al interior de los espacios. Para el confort humano es necesario cierto porcentaje de humedad, sin embargo, niveles elevados de HR puede traer diversos efectos directos e indirectos para la salud, en los procesos fisiológicos y patógenos o químicos respectivamente, los cuales resultan ser más complejos y tienen mayores efectos adversos en la salud.

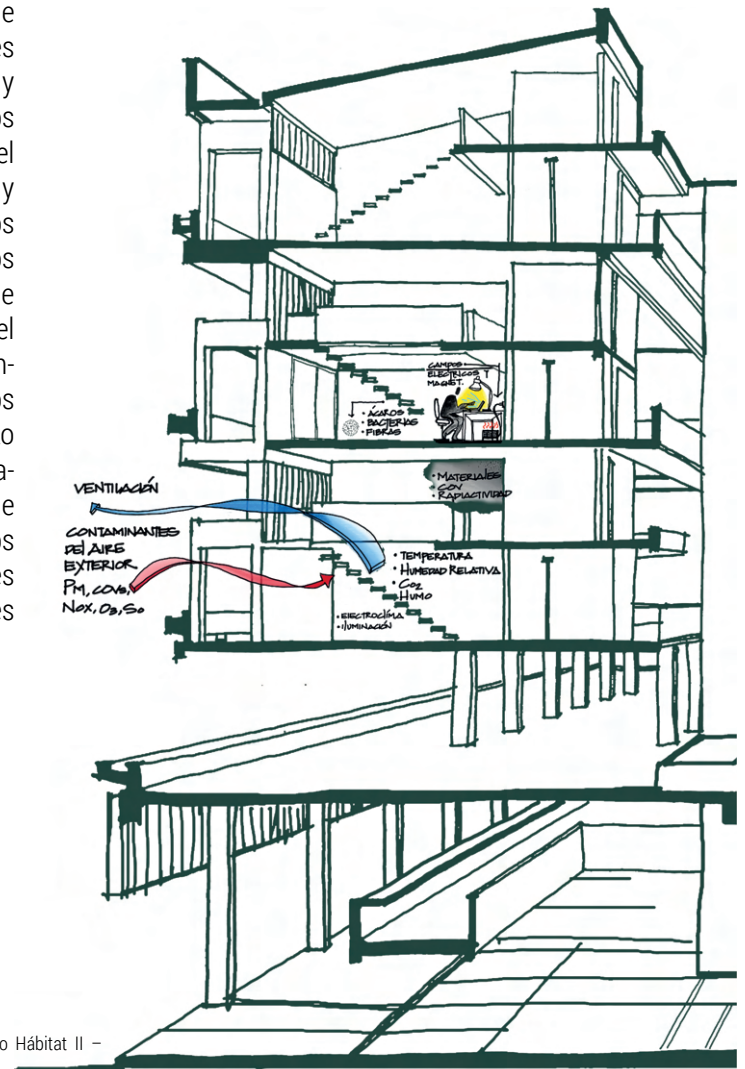


Figura 6. Factores ambientales y contaminantes, Corte perspectiva, Proyecto Hábitat II – Maestría en Hábitat Sustentable Ilustración: Elaboración propia - Dibujo a mano.

Los agentes no biológicos en el aire como el formaldehído y el ozono también pueden verse afectados por la humedad, ya que propicia en estos casos, la liberación de gases y las tasas de reacción de la superficie. Finalmente, la susceptibilidad de las personas a estos agentes podría ser una función de la humedad, sin embargo, es necesario abordar las relaciones de los entornos dentro de las edificaciones, en los espacios interiores en relación con los agentes biológicos y sus enfermedades.

Muchos de los productos y materiales utilizados en la construcción, pueden ser una importante fuente de emisión pasiva en los interiores, Eichler et al. (2020); Xu et al.(2009) asociada con el deterioro de la calidad del aire interior y con ello afectar negativamente la salud, cuando las sustancias químicas nocivas, se alteran, se convierten en gas y se liberan al aire como químicos, sintéticos, pinturas, barnices, disolventes y recubrimientos interiores, por la reacción del vapor de agua con los productos químicos.

La humedad y la calidad del aire en el interior de las viviendas, siempre estará expuesto y contaminado por fuentes que provienen del exterior, los cuales incluyen, dióxido de carbono, monóxido de carbono, compuestos orgánicos volátiles (COV), óxidos de nitrógeno, azufre, humo producto del cigarrillo, radón, esporas de hongos y ácaros de polvo doméstico, cuya exposición resulta en efectos importantes en la salud o sintomatologías.

3.2 Humedad y alérgenos

Las sustancias que causan alergia se llaman alérgenos que son proteínas o glicoproteínas (moléculas compuestas por una proteína e hidratos de carbono). Las personas en el interior de los espacios que habita, mayormente en la vivienda, que es donde pasa el mayor porcentaje de su vida, desde edades tempranas puede hacerse alérgico a su entorno, alérgico a moléculas extrañas que comienzan a habitar en el organismo, estos pueden ser, ácaros, esporas de hongos, polen, animales, sustancias, alimentos y otros que causan alergia, son llamados alérgenos, con lo cual, el sistema inmune intenta defenderse y así creará una respuesta ante este. La respuesta del organismo a un alérgeno es compleja y está influida por múltiples factores, como la susceptibilidad propia de la persona a ser alérgica (la genética), el ambiente que le rodea y las características propias de la sustancia (el alérgeno), Zubeldia et al. (2020).

Las propiedades físicas y químicas de los alérgenos son los únicos factores que influyen en las alergias, el tiempo de exposición es un factor importante, por ejemplo, las horas de permanencia en un espacio donde se trabaje en un periodo de tiempo de 4 a 8 horas, favorece la sensibilización a los alérgenos, debido a su inhalación durante esas horas y además de la concentración de la población que también es un factor relevante. El Building Research Establishment establece que los ácaros del polvo doméstico se categoriza dentro de uno de los niveles más altos de riesgo para la salud de las personas. Es inevitable que el polvo doméstico y las esporas de hongos, se filtren, se transporten y lleguen a los espacios que habitamos, los cuales comienzan a vivir en las superficies interiores, estos son alérgenos responsables de las afecciones de tipo respiratorio, alérgico, de enfermedades tales como el asma, neumonitis y la rinitis, que son enfermedades crónicas más comunes de las vías respiratorias causadas por la exposición a estos alérgenos en el interior de las viviendas. En 1921, se reconoció el ácaro del polvo de doméstico como alérgeno, este fue descrito inicialmente por R. Kern, al observar que muchos de sus pacientes con asma y rinitis tenían reacciones positivas ante la inoculación en la piel de extractos de polvo que se encontraron en el interior de las viviendas de sus pacientes.

3.3 Ácaros

Los ácaros del polvo o ácaros domésticos son componentes de la familia Pyroglyphidae, pertenecen a una subclase de los arácnidos y familiares directos de arañas y garrapatas, es la segunda especie que más habita al rededor del mundo, constituyen uno de los grupos más antiguos de animales y puede adaptarse para vivir en cualquier lugar del planeta, proliferan más rápido en zonas de clima templado a temperaturas altas y humedad relativa elevada, el rango de temperatura para su reproducción es amplio que va desde los 5°C hasta los 30°C, sin embargo la temperatura donde encuentran su propio confort es de 25°C, el nivel óptimo de humedad relativa es del 70%, están constituidos por materias de distinta composición, pelos, plumas, mayoría de textiles, escamas de piel humana y animal, plantas de interior, además de polen, hongos, protozoos, bacterias y virus. Dentro de un estudio por regiones, Arlian et al. (1992) se encontró que la especie de ácaro predominante en para las regiones cálidas húmedas es *Dermatophgoides Pteronyssinus* (ácaro de polvo doméstico) especie más común de los ácaros.



Figura 7. Especie de ácaro, *dermatophgoides pteronyssinus* (Ácaro del polvo doméstico)

Los ácaros del polvo miden aproximadamente de 250 a 350 μm (micrómetros) de longitud, son traslucidos y no son visibles fácilmente al alcance del ojo humano, prosperan y crecen en los ambientes interiores y se alimentan del polvo que se acumula en todos los espacios de las edificaciones. En los interiores huyen de la luz, prefieren espacios cerrados y con altos niveles de humedad, es un ecosistema complejo, se acumulan en mayoría de textiles en general, en la ropa de cama, en almohadas, especialmente en las camas, colchones en su mayoría, el cual constituye un buen micro hábitat y se encuentran unas condiciones favorables para proliferar, hallan la temperatura adecuado, en contacto con el cuerpo cuando encuentran un clima tibio y húmedo, la transpiración de la persona de quien duerme, el contacto y el roce del cuerpo del cual se desprenden escamas de piel, de las cuales el ser humano pierde diariamente alrededor de 1.5 gramos por día y es el alimento principal para alimentar a una colonia de un millón de ácaros.

El tiempo de desarrollo de los ácaros de huevo a adulto dependen de factores como la Humedad relativa (HR) y de la temperatura (T) que influyen de forma directa en su desarrollo y crecimiento. Cada ácaro puede reproducir de 20 a 50 huevos y producir una nueva generación cada 21 días, a temperaturas bajas, de 16°C, y una humedad relativa del 75% se necesitan un promedio estimado de tiempo de alrededor de 123 días para que el acaro se desarrolle de huevo a adulto, con la misma Hr (75-80%) y a temperaturas altas, como ocurren normalmente en la ciudad, que en los meses de Julio y agosto, alcanzan temperaturas hasta de 33°C, tomarían sólo 15 días en desarrollarse, alcanzando su tamaño máximo.

El principal factor de control ambiental para los ácaros del polvo es la Humedad Relativa (HR). Estudios y artículos científicos afirman que esta es la determinante de la abundancia de ácaros, como también afirman que la edad del edificio no está relacionada con la cantidad de ácaros o por la limpieza del mismo, Arlian et al. (1978) Los ácaros viven y se desarrollan más fácilmente en donde existan condiciones de humedad relativa elevada en un rango entre 55 y 85 % para poder cumplir con todas sus funciones vitales, por debajo del 50% de humedad no pueden sobrevivir y de esta manera mueren. Los ácaros pierden humedad por evaporación, producción de huevos, secreciones corporales y defecación. Los ácaros tienen un intestino simple, no tienen estómago, si no divertículos, no tienen sistema respiratorio, por lo que se requiere algún mecanismo activo para reemplazar esta pérdida de humedad. Esto se logra mediante una mezcla higroscópica, que contiene cloruro de sodio y potasio, entre otros componentes, que fluye externamente desde una glándula en la base del primer par de patas hasta la boca. Esto es porque los ácaros no pueden tomar agua en estado líquido para mantenerse, por ello su mecanismo de hidratación es la humedad del entorno absorbiéndola y debe ser suficientemente alta para su supervivencia, es por esto que debe mantenerse el rango de humedad relativa en el interior de las viviendas y debe poder controlarse, un flujo de ventilación nulo junto con la falta de homogeneidad en la temperatura de las superficies puede producir puntos de condensación de agua y microclimas con una disponibilidad de agua más elevada que en el resto del ambiente, lo cual propicia una mayor cantidad de crecimiento biológico, Mahmood y Mari (2013).

La humedad crítica de equilibrio se define como la humedad relativa por debajo en la que los ácaros son incapaces de regular su equilibrio hídrico, debido a la cristalización de la sal, en consecuencia, comienzan a perder agua y finalmente mueren. La humedad crítica depende de la temperatura, a medida que la temperatura aumenta, también lo hace la humedad crítica de equilibrio. Según estudios, se han determinado unos límites en donde se puede especificar los rangos de las condiciones ambientales para el crecimiento y proliferación del acaro del polvo doméstico, los cuales son susceptibles a las bajas humedades, Milián y Díaz (2004), con lo cual sería importante mantener la humedad relativa al interior de las viviendas en un 50%.

vc Para su proliferación y propagación de los ácaros del polvo es suficiente determinadas horas de humedad relativa alta para su supervivencia, en los periodos u horas en la que la humedad relativa baja en el día, no afectaría su permanencia, con 8 horas al 75 % de HR, los ácaros tienen suficiente tiempo humedad para completar su ciclo de vida, donde las exposiciones breves en el día, relacionadas con la actividad normal en la vivienda incrementan los niveles de humedad, resultantes de cocinar o ducharse por ejemplo, ayudan y promueven su supervivencia. El Alérgeno, no es el propio acaro, si no las heces y sus fragmentos de su cuerpo seco suspendido en el aire, cada ácaro produce diariamente aproximadamente unas veinte 20 partículas fecales, que es el que genera la enfermedad en el huésped, se descompone, en el cual centenares de ácaros vivos y muertos terminan siendo polvo en el interior de los espacios, que finalmente es el problema real, incluso después de que muere, al inhalarse termina en las vías respiratorias las cuales se convierten en reacciones y síntomas alérgicos y a formar anticuerpos IgE. Los ácaros cuando son captados por las personas, es cuando se encuentran durante su fase activa, que, para un número determinado de ácaros, los niveles más altos de alérgenos que se encuentran cuando el ambiente corresponde con unas condiciones óptimas de humedad para su acción y propagación. Para el metabolismo de los ácaros el rango de humedad entre 22% y 95% para su alimentación y su producción de heces fue aumentando conforme aumentaba la humedad relativa principalmente entre el 75 y 85% de HR, Arlian (1992).

Estos ácaros están asociados con enfermedades respiratorias, alergias, las cuales se generan a partir de todo el depósito de heces de los ácaros, las cuales se convierten en enfermedades como el asma, dermatitis rinitis y queratoconjuntivitis. Estudios afirman y evidencian que hay una fuerte correlación entre la vivienda, los niveles de humedad y los síntomas respiratorios. La organización mundial de la salud OMS establece unos rangos de clasificación de ácaros de polvo en los espacios como por debajo de 100 gr de polvo como bajo, entre 100 y 500 gr de polvo como intermedio y 500 gr/polvo superior siendo este el más perjudicial para la salud y el bienestar.

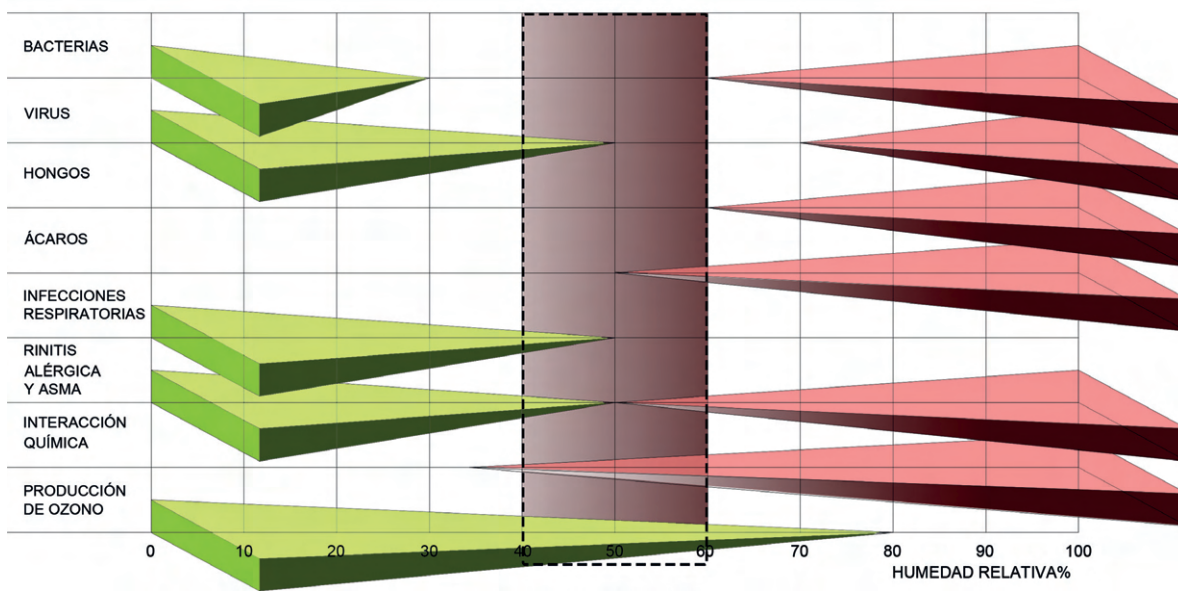


Figura 8. Rango óptimo de humedad relativa para minimizar los efectos adversos para la salud. Adaptado de: Arundel, AV, et al. "Indirect Health Effects of Relative Humidity in Indoor Environments". *Environmental Health Perspectives*. vol. 65, pp. 351-361 (1986).

Delimitación del Rango

Los resultados de los ocho estudios epidemiológicos sobre la incidencia de infecciones respiratorias o ausentismo, el cual nos determina el rango óptimo de la humedad relativa (HR) para espacios interiores y así minimizar el riesgo para la salud de los ocupantes debido a los contaminantes biológicos y las interacciones químicas, lo que sugiere una disminución de los efectos cuando la humedad está entre el 40 y el 60%.

3.4 Enfermedades

La mayoría de las enfermedades de tipo bacterianas, que son transmitidas y transportadas por el aire, aerosoles que se propagan cuando las personas hablan, expulsan gotas de saliva, estornudan o tosen, quedando suspendidas en el aire y se alojan en las superficies duras en los interiores. Estas son producidas por bacterias Gram positivas, las cuales son microorganismos patógenos, de los cuales, las personas guardan grandes reservas, las cuales causan enfermedades que afectan el tracto respiratorio, van luego al torrente sanguíneo y a otros órganos, provocando enfermedades comunes como amigdalitis, faringitis y bronquitis.

La supervivencia de estos patógenos depende de la humedad relativa interior, la cual, a diversas humedades, se propagan con facilidad a mayor porcentaje de humedad y muestran una mayor incidencia en las enfermedades transmitidas por el aire.

Efectos sobre la salud Los resultados de la relación de la calidad del aire interior y la salud de las personas son importantes y existe evidencia de que las características de los ambientes interiores tienen una influencia significativamente alta, influye además en los síntomas del edificio enfermo SEE y sobre la salud en general.

- Alergias
- Efectos en la reproducción
- Efectos sobre el sistema inmune
- Efectos en la piel
- Cáncer
- Efectos sensoriales en el SN
- Efectos en las Membranas mucosas
- Efectos en el sistema CV

ASMA

En el país se estima que una de cada ocho personas vive con afecciones por esta enfermedad crónica y en el mundo padecen 262 millones, según datos recogidos por la farmacéutica británica GSK con información del Ministerio de Salud de Colombia. El control de la humedad relativa es el factor ambiental más importante y efectivo para el control y proliferación de los ácaros, junto con la temperatura y desde el diseño arquitectónico se pueden abordar estrategias para encontrar soluciones en el sistema aberturas en los dispositivos de fachada en las edificaciones, que en espacios específicos se podría contener, para así proyectar espacios de calidad y espacios interiores más saludables que promuevan el bienestar de los ocupantes.

Capítulo	Casos	%
Enfermedades en el sistema nervioso	17373	25,1
Enfermedades de la sangre, órganos hematopoyéticos y trastornos que afectan el mecanismo de la inmunidad	10989	15,9
Malformaciones congénitas, deformidades y anomalías cromosómicas	10372	15,0
Enfermedades endocrinas, nutricionales y metabólicas	7244	10,5
Enfermedades en el sistema osteomuscular y del tejido conectivo	6412	9,3
Enfermedades de la piel y el tejido subcutáneo	4980	7,2
Enfermedades del aparato digestivo	4110	5,9
Ciertas afecciones originadas en el periodo perinatal	2098	3,0
Enfermedades en el sistema circulatorio	1632	2,4
Enfermedades en el sistema respiratorio	1104	1,6
Enfermedades del ojo y sus anexos	623	0,9
Neoplasias	585	0,8
Trastornos mentales y del comportamiento	208	0,3
Traumatismos, envenenamientos y algunas otras consecuencias de causa externa	193	0,3
Enfermedades del aparato genitourinario	147	0,2
Ciertas enfermedades infecciosas y parasitarias	34	0,0
Enfermedades del oído y de la apófisis mastoides	5	0,0
Sin clasificar	1027	1,5
Total	69136	100

Figura 9. Enfermedades y numero de casos en Colombia
Fuente: Sivigila, instituto nacional de salud, Colombia 2016-2022

3.5 Patógenos

Los agentes patógenos se transportan por el ambiente y causan enfermedades, los cuales dependen de factores como: - Producción de aerosoles causados por personas infectadas - Duración de la exposición - Tasa de ventilación - Tasa de sedimentación de aerosoles contaminados - Patógenos adheridos a los aerosoles La humedad relativa es determinante en los efectos de transmisión por infecciones, en pues los altos niveles de humedad propicia dos de los factores, que incrementa la tasa de sedimentación de los aerosoles y su supervivencia en suspensión en el aire.

Los síntomas a causa de los ácaros son de tipo respiratorios, actúan como fuente crónica y acumulativa principalmente en afecciones como asma y rinitis. Con la rinitis, los episodios de alergia suceden en la mañana, cuando los niveles de humedad en el ambiente son altos, recién abandonan la cama cada día, con reacciones tales como picazón en las fosas nasales, múltiples estornudos, goteo y congestión nasal. Éstas empiezan a desaparecer cuando la persona deja su vivienda y renueva su ciclo al anochecer cuando la humedad aumenta y posteriormente al acostarse a descansar.

Estudios realizados asociados al asma, se ha comprobado que, para producir esta afección, los niveles críticos de ácaro de polvo se encuentran entre 100 y 500 ácaros por gramo de polvo. El asma es una enfermedad inflamatoria de las vías respiratorias inferiores, que se acompaña de rinitis generalmente sobre los que padecen esta afección. La organización Mundial de la Salud (OMS) ante el impacto del calentamiento global, con uno de los principales riesgos y preocupaciones de este fenómeno es el aumento de los niveles de la contaminación del aire. La atmosfera es el medio de transporte de gases y contaminantes, pero también de material biogénicos de origen vegetal y animal, entre estos está el bioaerosoles que son diferentes partículas suspendidas en el aire como virus, bacterias y mohos, fibras vegetales y polen con diversos tamaños, desde nanómetros hasta cientos de micrómetros, los cuales están relacionados con las enfermedades alérgicas y respiratorias y en qué medida afectan directa e indirectamente sobre las células epiteliales de las vías respiratorias.

El cambio climático y las variaciones ambientales es uno de los principales factores y causas del incremento en el número de las enfermedades alérgicas. Las enfermedades complejas como las alérgicas, inducidas por los ácaros del polvo doméstico, han ido en un constante aumento con el pasar de los años y estos cambios, podrían ser determinantes en su crecimiento y supervivencia natural, alterado su microambiente, en temperatura y humedad, la contaminación del aire y otras condiciones ambientales.

3.6 Datos, Infección respiratoria aguda en Colombia.

Las infecciones respiratorias agudas, IRA, son consideradas una de las principales causas de morbilidad y mortalidad al rededor del mundo. Los menores de cinco años son el grupo poblacional más sensible y propenso de padecerlo y morir a causa de este, Colombia se ubica como la quinta causa de mortalidad en población. Históricamente el comportamiento de la infección respiratoria aguda se presenta en dos periodos donde se evidencia un incremento notable en las consultas y hospitalizaciones a causa de esta enfermedad; en el primer semestre del año entre los meses de marzo-junio, donde mayo-junio se presentan el mayor número de casos. El segundo es entre los meses de septiembre-diciembre, con una disminución en el número de casos en comparación con el registro sobre la primera parte del año. Hasta la semana epidemiológica 14 de 2022 han sido notificados al sistema de vigilancia 2028 casos de Enfermedad Similar a la Influenza (ESI) e Infección Respiratoria Aguda Grave (IRAG) mediante la estrategia centinela, con un incremento de 212 % en comparación con 2021; los casos son procedentes de 27 entidades territoriales departamentales o distritales y 176 unidades municipales; siendo Norte de Santander, Bogotá, Antioquia, Valle del Cauca, Guaviare y Nariño las entidades que representan el mayor número de casos con el 82,4 % (Figura 6), BES, (2022).

Evento	Observado	Esperado	p
Sarampión	12	72	0,00
EAPV	4	27	0,00
Leptospirosis	25	51	0,00
Rubeóla	1	12	0,00
Tuberculosos farmacoresistente	1	8	0,00
Fiebre tifoidea y paratifoidea	0	5	0,01
Sífilis Congénita	27	38	0,01
Lepra	5	12	0,02
Mortalidad materna	3	8	0,03
Mortalidad por EDA 0-4 años	0	3	0,03
Mortalidad por IRA	16	14	0,09
Leishmaniasis mucosa	0	2	0,11
Mortalidad por dengue	3	2	0,20

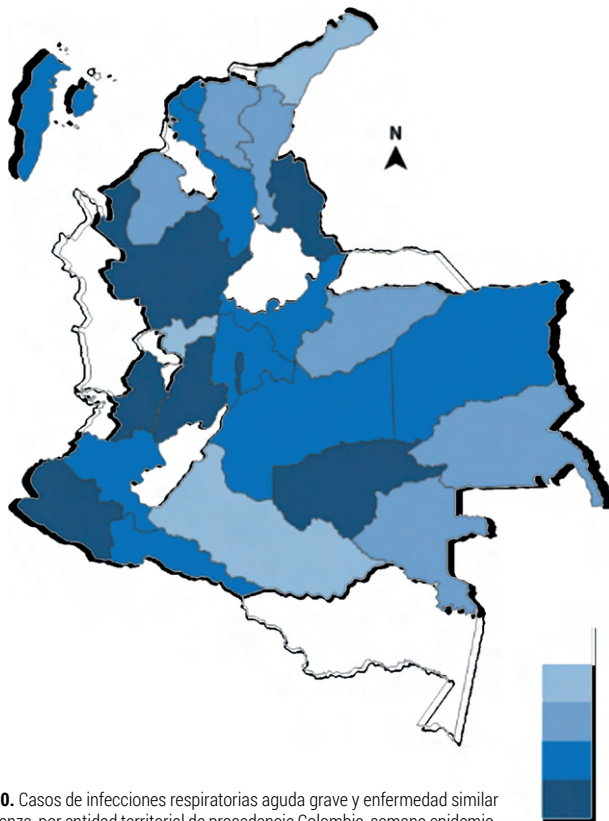


Figura 10. Casos de infecciones respiratorias aguda grave y enfermedad similar a la influenza, por entidad territorial de procedencia Colombia, semana epidemiológica año 2022

En los recientes boletines epidemiológicos semanal, BES, correspondiente al año 2022, publicado por el Instituto nacional de salud, INS, en Colombia hubo un aumento significativo en las consultas a urgencias a causa de Infecciones Respiratorias Agudas, IRA, ya que se reportó un incremento, de 7.671.698, mientras que en el año 2021 se registraron 4.957.884 personas con esta afección.

En las últimas cuatro semanas del año 2022 se notificaron 629.515. La mayor proporción de consultas externas y de urgencias por IRA sobre el total de consultas por todas las causas, se presentó en el grupo de niños menores de un año con el 14,1 %, seguido de los niños de edades entre 2 a 4 años con el 13,0 %, edades donde se tienen características fisiológicas e inmunológicas que los hacen más susceptibles para presentar estas falencias respiratorias.

La IRA constituye un grupo de enfermedades que afectan el aparato respiratorio alto y bajo; pueden ser causadas por diferentes microorganismos como virus y bacterias, entre otros, con evolución una menor a 15 días; que puede causar desde un resfriado común hasta complicaciones más severas como neumonía e incluso ocasionar la muerte. Dentro de este grupo nosológico de IRA se encuentran:

- *Otitis media aguda*
- *Amigdalitis y faringoamigdalitis*
- *Rinosinusitis*
- *Adenoiditis - Sinusitis*

Registros en Cali

Cada vez más personas vienen siendo afectadas por enfermedades sensibles asociadas a los fuertes cambios de clima, sobre todo en Cali, donde en un periodo de 10 años se ha venido evidenciando un fuerte cambio climático y donde el último año (2022), se han encontrado que hay alertas por enfermedades respiratorias y un incremento importante de personas enfermas a causa de este. Durante el año 2022, se ha visto una creciente de casos de enfermedades respiratorias agudas las cuales constituyen la primera causa de consultas médicas y de morbilidad. La ciudad de Cali reportó en el mes diciembre de 2022 un aumento de 3.648 casos de Infecciones Respiratorias Agudas, frente a lo reportado el último mes de 2021, según los datos de la Secretaría de Salud de Cali. Así mismo, a la fecha de 3 de diciembre de 2022, se contabilizaron 254.712 casos de IRA durante todo el año, lo que significa un incremento en un 50 % más de lo registrado en el año 2021.

“Se presentaron un total de 18.240 reportes de infecciones respiratorias al finalizar el 2022, cifra que en comparación al año anterior aumentó 20 % (cuando hubo 14.562 casos). Este incremento responde principalmente al cambio de medidas de autocuidado utilizadas para el Covid-19, las cuales nos protegían de las demás infecciones respiratorias”, Periódico de El País (2023).

Como se tenía previsto según el Instituto Nacional de Salud, INS, se esperaba un aumento de las enfermedades respiratorias en todo el país, debido a las constantes lluvias que se han estado presentando a causa del Fenómeno climático de la Niña. Es por esto que es pertinente establecer una relación entre las variables climáticas, humedad relativa (HR) y Temperatura (T), las cuales no solo son importantes en temas de confort, si no que tienen fuertes afectaciones en la salud de los habitantes de la ciudad.

21 de mayo de 2023.

De los datos de la Secretaría de Salud de Cali, se han registrado en lo que lleva el año hasta el mes de abril, se han registrado alrededor de 190.219 consultas a servicios de urgencias y consultas externas por algún síntoma respiratorio. “Esta cifra se encuentra dentro de lo esperado teniendo en cuenta el histórico de los últimos seis años para la ciudad de Cali. Sin embargo, es notorio que en Cali se ha presentado un aumento significativo de casos, especialmente desde la fecha del 26 de marzo al 9 de abril cuando el incremento fue del 19%, en comparación al año 2022. El grupo de población más afectada son los niños menores de 5 años, con una tasa de 199.3 por cada 10.000 habitantes. Adicional a todas las

enfermedades respiratorias asociadas con el cambio de clima, se han presentado más de 50 casos graves de personas ingresadas a la unidad de cuidados intensivos UCI, donde el grupo que requiere más atención son los menores de 5 años con una tasa de hospitalización del 21.6 por cada 1.000 habitantes en ese rango de edad, en igual proporción, se presentan los casos en adultos mayores de 60 años, que es otra de las poblaciones más vulnerable. Los agentes de virus respiratorios que circulan con mayor ocurrencia en la ciudad son virus sincitial respiratorio, rinovirus, asma, influenza A y B.

A semana epidemiológica 25 de 2023, se han notificado 515 muertes probables en menores de cinco años: 261 por infección respiratoria aguda (IRA)

3.7 Conclusiones

- Los elevados niveles de humedad relativa en el ambiente sugiere que se podrían producir y potenciar los efectos adversos para la salud en general.

- La humedad relativa en niveles elevados afecta directamente a la cantidad de alérgenos y microorganismos presentes en el ambiente, en particular hace que se potencie el crecimiento en las poblaciones de ácaros del polvo y también favorece la aparición de colonias de moho, lo cual tiene consecuencias de tipo alérgicas y respiratorias en las personas. Con lo cual, desde la arquitectura y el diseño la estrategia más acertada para evitar y controlar este tipo de contaminación se deberá poder ventilar de manera adecuada los espacios en parte del día, así contribuir de esta manera a diluir las concentraciones de alérgenos y patógenos.

- Con base en la literatura, es importante mantener los niveles de humedad relativa en los espacios interiores dentro de un rango específico, el cual corresponde a 40% - 60% sobre todo en horas de la noche, para poder mantener los espacios del ambiente domestico para proveer salud y bienestar. Los efectos indirectos en la salud de no procurar mantener este rango, podría potenciar notablemente las enfermedades y padecimientos en general.

- La mayoría de los agentes biológicos comienzan su crecimiento fuera en las superficies de la edificación, su crecimiento esta indirectamente relacionado con la humedad atmosférica del espacio ocupado.

SINDROME DEL EDIFICIO ENFERMO

3.8 Introducción

La mejora de las condiciones de habitabilidad puede salvar vidas, prevenir enfermedades, mejorar la calidad de vida, reducir la pobreza, ayudar a mitigar el cambio climático y contribuir al logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), incluidos los relativos a la salud (ODS 3) y las ciudades sostenibles (ODS 11), Directriz de la OMS sobre vivienda y salud, (2018).

El hombre permanece en espacios cerrados aproximadamente entre el 80% y el 90% de su tiempo dentro de las edificaciones en espacios interiores. Los cambios en los modos de habitar han evolucionado en los últimos años, la ocupación de los edificios que es lugar donde se permanece la mayor parte del tiempo y la vivienda la cual con el sars-cov19 se convirtió en lugar de trabajo permanente, espacios los cuales no están en condiciones para hacer las veces de lugar de trabajo. La principal causa de esto son los distintos focos de contaminación que provienen del interior de las diferentes materialidades que conforman el edificio haciendo que estemos más expuestos a todos estos agentes contaminantes, incluyendo también el mal diseño de la edificación, sin descartar los aspectos asociados con la iluminación, ruido, las condiciones ambientales y de las condiciones de confort.

El síndrome del edificio enfermo, las molestias y sus efectos han sido estrechamente analizados, estudiados y referenciados en los entornos laborales, sobre todo en oficinas, espacio el que supone las personas pasan en promedio 8 horas al día en una jornada laboral, sin embargo en el habitar de la vivienda y el ambiente doméstico donde también hay espacios de larga permanencia diaria que son de vital importancia sobre todo para las personas que laboran desde la vivienda, es por ello que no se debe dejar relegado y donde solo hace poco tiempo, se ha introducido el termino el “síndrome de la casa enferma”, para definir espacios que no son habitables donde se pueden presentar diversas afectaciones en la salud.

La salud depende en última instancia del ambiente en el que se está inmerso esta cantidad de tiempo en que vivimos y habitamos, es por ello que es importante e imperante abordar los temas de la salud y el bienestar de las personas con más relevancia en las edificaciones, considerando la necesidad de proponer y que existan unos parámetros que consideren esto como parte importante del diseño arquitectónico y en las soluciones constructivas que se planteen del mismo, todo encaminado a promover un ambientes saludables y un hábitat sustentable.

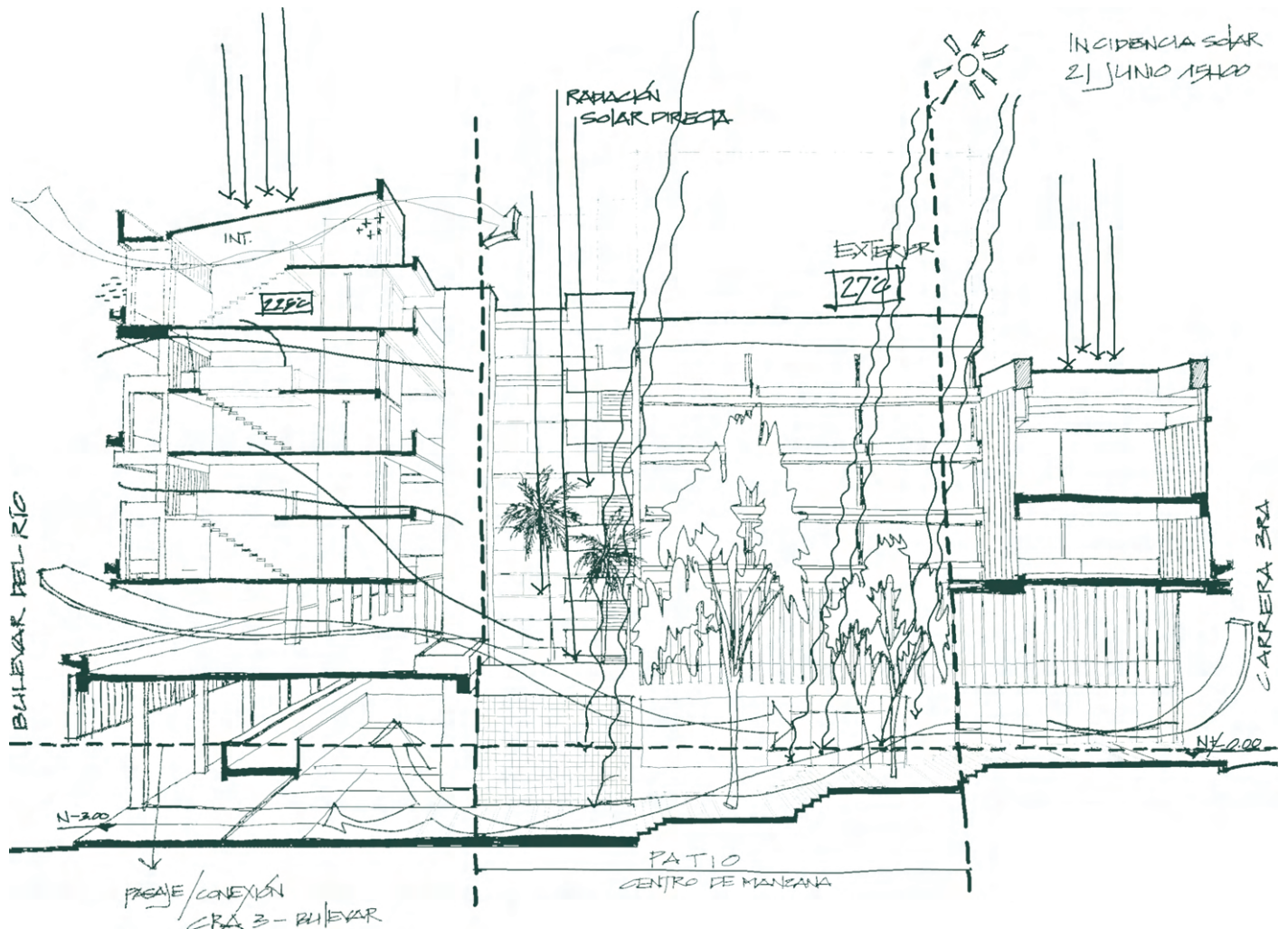


Figura 11. Corte perspectiva, Proyecto Hábitat II - Maestría en Hábitat Sustentable, Semestre 2 Ilustración: Elaboración propia - Dibujo a mano 2022.

3.9 Definición

Los efectos adversos derivados de una mala calidad del aire en ambientes cerrados son el problema principal de que se presente el síndrome del edificio enfermo SEE.

Un edificio que es directamente un peligro para la salud y el bienestar de las personas quienes lo habitan, se denomina "edificio enfermo" del término "síndrome del edificio enfermo". El término síndrome del edificio enfermo (SEE) fue reconocido oficialmente por la Organización Mundial de la Salud OMS en el año 1982 y la primera en llegar a conceptualizarlo y definirlo. Este término se utiliza para describir situaciones de carácter multifactorial en las que los ocupantes del edificio experimentan un conjunto de sintomatologías diversas y algunas afecciones agudas en la salud, incomodidad y disconfort en la que se relacionan el periodo de tiempo de permanencia dentro de los espacios de la edificación, estos derivados de factores ambientales, sin embargo, no están acompañados de lesiones evidentes o algún signo físico, los cuales se diagnostican como excluidos.

Pueden presentarse en partes de los edificios, los cuales presentan problemas, comúnmente estos no tienen sistemas de ventilación, aire acondicionado y también pueden estar ventilados naturalmente, dentro de los cuales, sus habitantes manifiestan síntomas que se asocian a su salud, estos casos de enfermedad y sus síntomas son multifactoriales, en los cuales, muchas veces presenta dificultades en un diagnóstico acertado como edificación con síndrome del edificio enfermo, SEE.

3.10 Características de los edificios enfermos

La organización mundial de la salud OMS enumera algunas características que son las más relevantes que se presentan dentro de estas edificaciones, que son las más comunes entre estos edificios: - En estas edificaciones los sistemas de ventilación son forzados o no existen.

- Carecen de ventilación adecuada, no cruza dentro de los espacios, lo que ocasiona que algunos espacios estén sin ventilación y sin renovación de aire. - Humedad
- Son construcciones con materiales ligeros, de baja calidad y costo - Son edificios que son herméticos, los cuales tienen un sistema de aberturas en la ventanearía fija, que no se puede operar. - Hay exceso de materiales textiles en las superficies interiores como muros y pisos. -Uso de materiales sintéticos
- La ubicación y la orientación del edificio, está expuesta a demasiada contaminación ambiental.

Según estas características, las personas que habiten en estos edificios presentaran afecciones en la salud debido a las malas decisiones tanto constructivas como proyectuales y de diseño.

Diferentes estudios afirman que los habitantes de estas edificaciones son propensos a presentar síntomas más frecuentes en las horas de la tarde, que en la jornada de la mañana y tienen mayor incidencia cuando

La ventilación natural en las edificaciones es de vital importancia para proveer confort en los espacios, pero cobra una mayor relevancia, cuando la ausencia de esta variable causa edificaciones y espacios enfermos, por ende, personas enfermas.

3.11 Efectos sobre la salud

Sintomatología del SEE

La sintomatología causada por el see más frecuente a observar para diagnosticar que una edificación padece el síndrome del edificio enfermo es variada y multifactorial, es la combinación de distintos efectos, sin embargo, estos son los síntomas que más se presentan a las personas quienes habitan estas construcciones:

Nasales y faríngeos: Lagrimeo, obstrucción o secreción nasal, irritación y sequedad en la garganta, irritación, prurito, rinitis con estornudos, rinorrea y sensibilidad a los olores.

Oculares: Irritación, sequedad, picor.

Neuropsicológicos: astenia, cefalea, fatiga mental, dificultades de concentración, mareos, vértigo, ira, ausentismo, cambios de personalidad y bajo rendimiento.

Respiratorios: Opresión torácica, hemorragia nasal, dificultad para respirar, disnea, tos seca, asma y neumonitis.

Cutáneos: Sequedad, picores, erupciones, alergias, manchas y resequedad.

Se desconoce aún la causa de los síntomas y por ello se califica como síndrome.

La Organización mundial de la salud OMS también hace referencia a dos tipos de edificaciones enfermas:

- Edificios nuevos o en remodelación: Estas edificaciones no están exentos del síndrome y podrían encontrarse afectados hasta en un 30% y pueden mostrar signos del SEE. Lo que podría tomar el tiempo de un año y medio en desaparecer en su totalidad desde su ocupación. Se presenta este síndrome temporalmente debido a las emisiones de VOCs generadas por los materiales y recubrimientos en la construcción del edificio.

- Edificios que se encuentran permanentemente enfermos, donde los síntomas de las personas que habitan en él, no desaparecen, demostrándose que, durante un periodo de tiempo largo, aunque se hayan utilizado estrategias y medidas para solucionarlas.

3.12 Síndromes

Un síndrome se define como un conjunto de síntomas característicos de una enfermedad y que caracterizan una situación determinada según la Rae. Además de los efectos adversos en la salud que se han descubiertos en el síndrome del edificio enfermo, también se han descubiertos otros síndromes y se emplea el término de síndrome porque aun cuando se ha reconocido, se desconoce la relación precisa y exacta entre causa y efecto, sin embargo, se han encontrado sensibilidades exhibidas o adquiridas en los ambientes interiores:

3.12.1 Enfermedad relacionada con el edificio (BRI)

Dentro de los efectos adversos de los espacios interiores en la salud, los mecanismos fisiopatológicos que contribuyen a las enfermedades causadas por factores ambientales interiores. El término enfermedad relacionada con la construcción BRI se relaciona con aquellos efectos adversos para la salud para los cuales se evidencia un vínculo definido entre los agentes ambientales en un edificio en específico y los trastornos o síntomas que afectan la salud. Estas enfermedades comúnmente involucren la piel y el tracto respiratorio, esto es debido a que los contaminantes que existen en los interiores han hecho contacto con los tejidos en la piel y en el interior. Los agentes que causan enfermedades que están asociadas con las edificaciones y la construcción generalmente inducen enfermedades por uno de cuatro mecanismos:

- Inmunológico
- Tóxico
- Infeccioso
- Irritante

3.12.2 Sensibilidad química múltiple (MCS)

La Sensibilidad Química Múltiple (SQM) conocida también como la intolerancia ambiental idiopática, es un síndrome crónico de etiología y patogenia desconocidas aun, vinculados a agentes y componentes que se encuentran en el medio ambiente, debido a la contaminación y la exposición a productos químicos y sus mezclas, los cuales han condicionado un aumento de la prevalencia de enfermedades crónicas no sólo explicables por la genética o susceptibilidad individual y la sensibilidad química múltiple (SQM) es un ejemplo de estas afecciones. Las causas exactas que originan el síndrome no son conocidas, por lo que se plantean diferentes hipótesis etiológicas, una de ellas se trata de un trastorno adquirido, crónico y caracterizado por la aparición de síntomas recurrentes como respuesta a la exposición a compuestos químicos en concentraciones que no se consideran tóxicas para la población general, los cuales implican diferentes órganos y sistemas a nivel molecular, bioquímico, fisiológico y estructural, comprometiendo el sistema nervioso central (SNC), el sistema inmunológico y el sistema endo

crino, los cuales intervienen en la respuesta toxicológica observada en el desarrollo de la sensibilidad química múltiple, mediante alteraciones en los mecanismos de interregulación existentes en estos sistemas, sociedad española de medicina, (2022). Sin embargo, la variabilidad de la sintomatología y el desconocimiento de su causa hace que su diagnóstico sea complejo de realizar, debido a que no se ha dispuesto una definición precisa que sea aceptada por la comunidad científica.

Está vinculada a la exposición ocupacional, aunque la diversidad de sustancias que pueden desencadenarla la convierten en impredecible ya que las fuentes de exposición del ambiente pueden ser tanto interiores como exteriores, en interiores se asocia fuertemente a personas que presentan enfermedades alérgicas, su etiología es incierta y multifactorial, su diagnóstico clínico y su abordaje multidisciplinar.

3.13 Factores de riesgo

Los factores de riesgo se consideran diversas variables, ya que estos se originan de distintas fuentes, de factores biológicos, factores químicos y físicos, entre ellos olores, iones, iluminación, ruido, vibraciones, el ambiente térmico, humedad relativa, ventilación, factores ergonómicos y factores psicosociales. Las personas también es una de las principales fuentes de mayor contaminación, ya que, al exhalar, las personas producen naturalmente dióxido de carbono CO_2 , vapor de agua, aerosoles biológicos y miles de partículas. Los materiales de construcción, mobiliario de este y demás elementos pueden contener presencia de partículas de formaldehído, vapores orgánicos, ácaros, polvo y fibras (textiles, asbesto, vidrio) estos últimos también son una fuente de contaminación importante del aire interior. Las partículas de polvo que se encuentran suspendidas en el aire, bioaerosoles que existen en el interior de los espacios se clasifican como fibras que pueden ser orgánicas o inorgánicas. Los contaminantes biológicos también son responsables de enfermedades infecciosas y de alergias, los cuales traen diferentes virus, bacterias, hongos y ácaros y microorganismos en general. La contaminación proveniente del exterior también contribuye a síndrome en las edificaciones, como la contaminación generada por los automóviles, el dióxido de azufre y el radón. La alta humedad relativa del aire puede contribuir a la condensación del agua y al crecimiento microbiano, causando indirectamente el síndrome del edificio enfermo SEE.

3.14 Conclusiones

- En el oficio de la arquitectura puntualmente en el diseño de espacios, no hay conocimiento de estos factores y sin intención se puede estar proyectando un "habitar enfermo" o un "edificio enfermo", por ello es pertinente educar desde la academia, los efectos que se pueden causar al diseñar de manera incorrecta un solo espacio.

- Un edificio puede estar enfermo o partes de él pueden considerarse así, de ser que existan espacios que carezcan de iluminación, ventilación natural, que son las variables más importantes, con un adecuado control favorece significativamente el habitar en los espacios.

- La incorrecta disposición y elección de los elementos constructivos, materiales y demás elementos del edificio a largo plazo también pueden causar enfermedades en las personas, que traen una larga lista de efectos adversos para la salud tales como alergias de tipo cutáneas y reacciones en la piel a alérgenos específicos, así como problemas respiratorios y oculares. Con el tiempo, estas condiciones pueden volverse crónicas y empeorar la salud de los ocupantes.

- No solo son causas mencionadas anteriormente generan enfermedades si no también en la manera en que las personas conformamos los espacios y los elementos que disponemos en ellos, muchas veces el uso excesivo de textiles y combinado con el siempre hecho de no abrir una ventana tiene un grave efecto que es la acumulación de ácaros en el espacio, bacterias, hongos y ácaros y microorganismos en general, lo que causa también enfermedades respiratorias y alergias.

- Estos efectos del edificio enfermo pueden ser por muchos factores, entre ellos se encuentran los factores constructivos, como el uso de materiales inadecuados o tóxicos, espaciales con la incorrecta disposición de los elementos que constituyen el espacio y finalmente los factores humanos, como el comportamiento y hábitos de los ocupantes, esto combinado hace que se vea deteriorada la salud de las personas y hacer que un edificio pueda considerarse "enfermo".

INFLUENCIA DE LAS ABERTURAS DE FACHADA EN EL CONTROL DE LA
HUMEDAD RELATIVA PARA **LOGRAR ESPACIOS SANOS**



Capítulo 4
El dormitorio y la Humedad Relativa
Eficiencia del sueño y la salud

EL DORMITORIO Y LA HUMEDAD RELATIVA

Eficiencia del sueño y la salud

Las personas pasamos en promedio un tercio de vida descansando, durmiendo, reparando y recuperando energías lo que equivale a que una persona normal optaría por dormir 8 h/diarias, 12 – 14 h/d en la etapa de la infancia y de 6-8 h/d durante la adultez. Los espacios del dormitorio se han venido diseñando durante mucho tiempo bajo estándares de espacios que estarían habitados de manera diurna y no propiamente para el descanso, pues este espacio es primordial para cumplir una necesidad básica y de nivel superior como el sueño. El clima, el entorno y la calidad de vida son factores determinantes en los efectos adversos sobre la salud y el bienestar de las personas y no descansar de manera adecuada ni un periodo suficiente puede representar ser malo para la salud en varias formas y el riesgo de padecer enfermedades se incrementa el doble. En el descanso en la noche, el cuerpo entra en un periodo de restauración y el cerebro tiene un periodo de tiempo para recuperarse, todo esto para funcionar de manera adecuada y desempeñar sus funciones básicas, descansar potencia el rendimiento cognitivo y las funciones cerebrales durante el día, con lo cual, el proceso del sueño es esencial y vital para la salud y el bienestar de las personas.

La temperatura, la humedad relativa y la calidad del aire en el ambiente representan ser los factores más importantes en el ambiente higrotérmico del espacio del dormitorio, estos se asocian con alteraciones en la eficiencia, las etapas del sueño y el descanso, por lo que es pertinente tener en cuenta en los parámetros arquitectónicos y en la toma de decisiones de diseño, con consideraciones distintas en ambientes húmedos y en climas con temperaturas elevadas como el de la ciudad. El espacio del dormitorio es de vital importancia en la vivienda, representa una parte de la vida privada de las personas al interior de la vivienda, no solo debe tratarse de unos requisitos espaciales en el que se situó un mobiliario, sino que debe tener unas características de diseño especiales, consideraciones distintas tanto espaciales como en el diseño de las aberturas en el contacto con el exterior, que si bien las filtraciones de los factores ambientales es ineludible, se debería por medio del diseño poder controlarse estas variables de manera óptima, como la temperatura, la humedad y la velocidad del aire en los dormitorios para mejorar la calidad del sueño y la salud. La humedad relativa es importante mantenerla en el rango mencionado en capítulos anteriores, entre el 40%–60% para el bienestar y la salud de las personas, además de que ayuda a la no proliferación de los ácaros, considerando además que el microclima de la ropa de cama tiene mayor relevancia en el confort térmico para las personas con fundas de cama durante el período de sueño en comparación con el ambiente térmico interior.

Las personas pasamos un tercio de nuestras vidas durmiendo, para tener un total de más de 20 años para la mayoría de las personas y la Fundación nacional del Sueño NSF concluye que, lejos de ser improductivo, el tiempo que pasamos durmiendo juega un papel clave en cuán llenos, enérgicos y exitosos son los otros dos tercios de nuestras vidas puede ser.

4.1 El sueño

El descanso es esencial para regular los procesos fisiológicos que están determinados por el sueño y la periodicidad de este. El sueño es una conducta natural, periódica, es un comportamiento neuro-lógicamente dinámico, es un estado fisiológico de vital importancia para la salud de las personas en los cuales experimenta el cerebro y el cuerpo durante cierto periodo de tiempo, que bien pueden ser en el día o en la noche, que es donde normalmente se presenta, en la cual produce una reducción completa de la conciencia, de la actividad física y mental. Durante el sueño, el cerebro sigue funcionando y lleva a cabo diversas actividades importantes y vitales, tales como consolidar la memoria de entrenamiento, regular el estado anímico y reparar el cuerpo. Existen distintas etapas del sueño, que se caracterizan por diferentes patrones según la actividad cerebral y corporal. Durante el sueño, el cuerpo, el cerebro y la mente experimentan primero, la disminución de la conciencia y la reactividad a estímulos externos, sin dejar de mantenerse activos, es un periodo de tiempo donde el cuerpo está inmóvil y todos sus músculos se relajan y se relaciona estrechamente con el ritmo biológico y la periodicidad circadiana. El sueño es importante para un número de funciones en el cerebro, lo quiere decir, es cómo se comunican las células nerviosas entre sí, en la actividad y comunicación al nivel neuronal. El sueño tiene una función de mantenimiento que elimina toxinas del cerebro que se almacenan mientras está despierto. La falta del sueño y el descanso o la carencia con una regularidad de éste desemboca en alteraciones fisiológicas y conductuales.

4.2 Calidad del sueño

Un entorno de descanso adecuado es fundamental y clave para lograr una calidad y cantidad de horas adecuadas de sueño, la cual principalmente depende del espacio. La calidad del sueño se refiere a la cantidad de sueño que obtenemos y a cuan efectivo sea este periodo de tiempo y no solo se refiere a la satisfacción, sino que también incluye que, en las tareas y actividades diurnas, haya un buen funcionamiento y desempeño. Las personas podrían clasificarse según el patrón de sueño, por la calidad del descanso y del dormir, que son patrón de sueño eficiente y de sueño no eficiente. También en patrones por el rango de tiempo en el que se duerme o se descansa: Patrón de sueño corto, patrón de sueño largo, patrón de sueño intermedio y patrón de sueño variable, el cual incluye a las personas que no tienen establecido unos hábitos en el sueño y una inconsistencia de ellos.

Los factores que afectan la calidad del sueño en las personas son principalmente:

- **El ambiente higrotérmico**
- **La durabilidad del sueño**
- **La continuidad del sueño**
- **La profundidad**
- **Hábitos del dormir**

El ambiente y los cambios de temperatura durante un episodio de sueño también pueden influir en la calidad de sueño. Un ambiente de sueño inapropiado puede conducir a un sueño interrumpido y una calidad de sueño notablemente reducida, incluso en ausencia de trastornos del sueño y cuando el sueño está programado para proporcionar una oportunidad óptima para dormir.

4.3 Anatomía del sueño

Para la regulación del sueño intervienen tres subsistemas anatómicos funcionales: - El sistema homeostático, el cual se encarga de regular la duración, la cantidad y la profundidad, en el cual se involucra también el área preóptica del hipotálamo. -El sistema responsable de la alternancia cíclica MOR y no MOR, el cual sucede entre cada uno de los episodios del sueño, en el cual se involucra principalmente el tallo cerebral rostral. -El ciclo circadiano, es el reloj biológico del ser humano, el cual regula el estado de alerta con la producción de serotonina y el momento en que se activa el sueño, en la activación de la melatonina, responde principalmente a la luz a través de los ipRGCs del órgano visual y a la oscuridad, los cuales se controlan desde una pequeña área ubicada en el cerebro en el hipotálamo anterior, en medio del encéfalo. El hipotálamo es responsable de mantener ciertas funciones: Regulación de la temperatura corporal, la frecuencia cardíaca, la sed, el hambre, los ciclos de sueño y la presión arterial (homeostasis). Para mantener un hipotálamo saludable es fundamental dormir lo suficiente, en un horario frecuente y regular, llevar una dieta equilibrada y realizar actividad física.

4.4 Fases del sueño

Cuando dormimos y descansamos durante las diferentes fases del sueño, el comportamiento y la conducta de la persona externamente es muy similar, el cuerpo relajado y en estado de reposo, sin embargo, en la actividad a nivel cerebral, son similares a los que ocurren en el estado de vigilia, más no idénticos, se atraviesa por una serie de cambios, los cuales se experimentan 2 alternancias cíclicas en el sueño, Mor (movimiento ocular rápido) y no Mor. Por lo general se atraviesan de 4 a 6 ciclos por noche y es posible despertarse brevemente entre ciclos sucesivos, con una duración de 80 a 100 minutos. MOR: (movimiento ocular rápido). Aproximadamente tras el inicio del sueño, en 90 minutos surge el sueño Mor, el cual representa aproximadamente un 20-25% de la noche. Durante esta etapa del sueño, los movimientos oculares rápidos son similares al de una persona despierta, el cerebro se encuentra activo, el cual registra una actividad cerebral similar al estado de vigilia y durante esta etapa es donde normalmente las personas tienen más sueños vividos. Disminuye la frecuencia cardíaca y la respiración, el cuerpo está en un estado de relajación lo cual evita que se realicen movimientos repentinos de lo que se sueña.

El control de la temperatura del cuerpo durante estas fases de I a IV, que es homeotermo en vigilia, se hace poiquilotermo en la etapa Mor. El ritmo cardiaco, la presión arterial y la respiración son regulares en las fases I a IV, sin embargo, se hacen irregulares en intensidad y frecuencia en la fase Mor

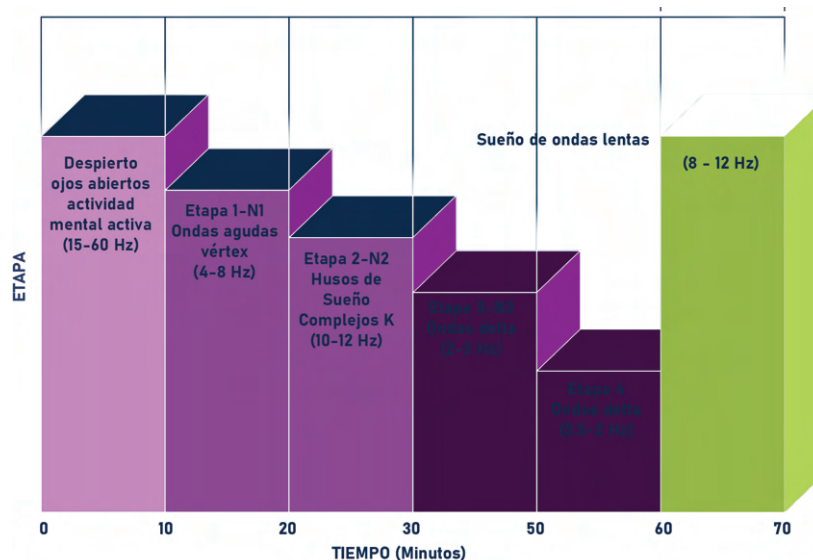


Figura 12. Etapas del sueño Mor y no Mor, en rango de tiempo
Adaptado de fuente, elaboración propia

NO MOR: En estas fases no hay movimientos oculares perceptibles y corresponden con la somnolencia y el inicio del sueño ligero, en las cuales se puede experimentar breves sacudidas, las cuales coinciden con la sensación de caerse, (Mioclonías hípnicas). Se evidencian frecuencias en la actividad cerebral de bajo voltaje y otras agudas del vértex, Etapa 1, N1, donde aún se encuentran movimientos oculares lentos. En la siguiente etapa se evidencia actividad cerebral denominada Huso del sueño y los complejos K; la temperatura, la frecuencia cardiaca y la respiración disminuyen notablemente, Etapa 2, N2. En la última etapa es la del sueño profundo y la actividad cerebral oscila en frecuencias muy lentas, que se suelen designar como sueño delta < 2Hz, Etapa 3, N3 y Etapa 4, MOR, Figura 2. Tiene cuatro etapas las cuales se definen por mediciones de la actividad cerebral en estudios realizados.

4.5 Parámetros del sueño

Las etapas del sueño tienen unos rangos de duración que son los óptimos para que la persona tenga un descanso nocturno efectivo. Las condiciones ambientales afectan el confort de quien duerme y, además, ocasiona que se acorte el tiempo que necesita para ser ideal, las etapas 1, 2, 3 y 4, se verán afectadas significativamente. Diversos hallazgos han demostrado que estas etapas se ven notablemente reducidas sobre todo por humedades altas en el dormitorio (Categoría 1). La frecuencia cardíaca y la tasa de sudoración fueron significativamente más altas en humedades y temperaturas elevadas, lo cual puede ocasionar que el índice de la eficiencia del sueño caiga significativamente.

La vasodilatación de la piel más externa (piel periférica), incrementa el flujo sanguíneo cuando las condiciones de humedad y temperatura son elevadas, lo que da como resultado la difusión del calor de la sangre al medio ambiente, lo cual puede en algunos casos afectar la latencia del sueño, lo cual también depende de la persona, el género, el sexo y la edad.

Estudios e investigaciones consideran que la combinación proponente que mejora la calidad del sueño con relación a las variables del ambiente térmico, temperatura, humedad relativa e iluminación, los cuales establecen en el experimento que para promover la calidad óptima del sueño sería:

20° (T-neutra), 55% Hr (Neutra), 150 lux antes de dormir y descansar.

4.6 Temperatura y humedad en el dormitorio

El confort térmico del sueño es un factor importante para tener un sueño óptimo y de calidad. Hay distintas variables que se deben considerar y que tienen un impacto importante en el espacio del dormitorio y el sueño, la relación de las diferentes temperaturas, como la temperatura del ambiente, la temperatura corporal central endógena, la temperatura de la piel, la humedad relativa, el flujo del aire en el espacio, además de la ropa, el clo y el aislamiento que genera la ropa de cama. Los cambios de temperatura corporal al inicio y a lo largo del sueño. Justo antes del sueño óptimo, la temperatura corporal central disminuye y aumenta la serotonina, llamada la hormona del sueño, la cual tiene efectos hipotérmicos, Strassman et al., (1991), sin embargo, según estudios no se ha evidenciado que ésta afecte directamente el sueño, ya que esta secreción es controlada por el sistema nervioso simpático. Caso contrario en el momento del despertar, que es cuando la temperatura del cuerpo comienza a ascender, donde estos cambios de temperatura en la producción de calor suceden debido a una reducción en la tasa metabólica y la pérdida de calor por inactividad del cuerpo. La temperatura y la humedad relativa están siempre vinculadas, si bien existe un rango y una zona de confort en la temperatura, por ejemplo, para la ciudad que es entre 22.7 y 27.7, la humedad relativa en el dormitorio debería ser el que se ha mencionado anteriormente que es adecuado para los espacios interiores, el cual establece que este rango óptimo debería ser entre el 40 y el 60% HR, pues afecta la calidad del sueño, la tasa de sudoración, la frecuencia cardíaca y

la secreción de la melatonina, dado que la exposición de humedades por encima de este rango, se asocia además con una mala calidad del aire, una concentración elevada de ácaros del polvo, esporas de hongos, bacterias y virus, más los contaminantes del espacio, que es finalmente lo que genera enfermedades. Fuera de este rango, estudios han demostrado que el sueño y su efectividad se ven notablemente afectados. Es por ello que el diseño del espacio del dormitorio y del entorno del sueño debería tener la posibilidad de poder controlarse para mantener los factores ambientales en niveles adecuados para la salud, la salud del sueño y el bienestar de las personas. El registro de las frecuencias cardiacas a 80% de HR fueron significativamente más altas después del inicio del sueño hasta el momento de despertar.

4.7. Calidad del aire en el dormitorio

La Organización Mundial de la Salud (OMS) destacó la importancia de la calidad del aire interior a través de un conjunto de declaraciones el cual se ha titulado “El derecho a un aire interior saludable”, con la cual se han desarrollado unas directrices en las cuales se aborda con gran importancia la calidad del aire interior en las edificaciones.

Las temperaturas en los dormitorios varían ampliamente, en función de las diferentes variables, como el género, la edad, la ropa de dormir, del aislamiento de los elementos en el cerramiento al interior de la habitación, como cortinas, persianas o black out, del aislamiento del colchón, del material, de la persona y sus hábitos dentro de lo que considere cómodo a la hora de dormir y el descanso nocturno. Las personas en las habitaciones en la noche suelen cerrar ventanas y puertas por una cuestión de necesidad de privacidad y también por cuestiones sonoras y de acústica, lo que ocasiona que la tasa de ventilación efectiva en el espacio del dormitorio se vea reducido y sea tan bajo, esté mal ventilado, donde los niveles de dióxido de carbono, CO_2 se incrementan notablemente, el CO_2 es un gas de efecto invernadero natural, no tóxico e incoloro, pero las largas exposiciones a altas concentraciones de CO_2 especialmente durante el proceso mecánico de la exhalación en espacios como el dormitorio impone efectos adversos para la salud de las personas; adicional también se ha demostrado que las personas tienen en las habitaciones un electrodoméstico como un televisor o un computador, con lo cual, ambos electrodomésticos contribuyen considerablemente a la contaminación del aire interior del dormitorio que este sea 16 veces mayor, trayendo efectos negativos en el sueño, por ende, en el rendimiento cognitivo al día siguiente.

El CO_2 es esencial para regular y mantener el equilibrio ácido-base en el torrente sanguíneo, sin embargo, el exceso de éste, puede disminuir el pH de la sangre o aumentar la presión parcial de CO_2 ($p\text{CO}_2$), causando acidosis respiratoria aguda

o crónica. La intensificación aguda de la acidosis respiratoria crónica tiene diferentes efectos como dolor de cabeza, fatiga, somnolencia, náuseas, ansiedad, confusión, afecciones en fosas nasales, garganta y estupor. La acidosis respiratoria es menos nociva, aun cuando puede inducir a la pérdida de la memoria, alteraciones importantes en el ciclo del sueño, somnolencia excesiva durante el día y cambios drásticos en el comportamiento. Estudios afirman y asocian que la exposición prolongada de niveles altos de CO_2 en espacios interiores mayores a 500 ppm, con cambios fisiológicos importantes; y cómo las concentraciones de CO_2 aumentan, pueden potenciar y causar problemas de frecuencia cardíaca y de presión arterial. Se han encontrado que concentraciones de CO_2 mayor a >700 ppm, asociadas a síntomas del síndrome del edificio enfermo (SBS), y mayor a >1000 ppm, a la inhibición de la función cognitiva. Elevada frecuencia respiratoria, estrés metabólico, acidosis respiratoria, estrés oxidativo, flujo sanguíneo cerebral agravado, desmineralización de los huesos, riñón. Se informaron calcificación, disfunción endotelial y aumento de la ventilación por minuto para la exposición a una concentración interior de CO_2 > 10,000 ppm [6]. Para exposición aguda, Jacobson et al. [6] declaró que la retención de CO_2 se encontró en concentraciones interiores de 1000–5000 ppm durante <4 h de exposición. La inflamación y los defectos cognitivos ocurrieron a 2000–4000 ppm (2 h) y 1000–2700 ppm (1–6 h) de exposición, respectivamente. En consecuencia, las concentraciones de CO_2 en interiores de ≤ 1000 , 1000–1500 y >1500 ppm indican una IAQ buena, moderada y mala. respectivamente [9], mientras que la concentración máxima permisible en espacios cerrados puede oscilar entre 800 y 1000 ppm. Las concentraciones de CO_2 en espacios interiores y los riesgos para la salud de las personas han tomado mayor relevancia, debido a los cambios de habitar, esto debido a las restricciones derivadas del Sars-cov2, covid19 al incremento de la cantidad de tiempo que las personas pasan en los espacios interiores.

4.8 Enfermedades y trastornos

La mala calidad del sueño y la duración tan corta en las etapas de este, está fuertemente asociada como un factor promotor de la obesidad y el aumento de peso para personas adultas jóvenes, ya que los niveles de las hormonas de la ghrelina y la leptina, la cual indica el nivel de adiposidad del cuerpo y las adiponectinas que estimulan la utilización de las grasas en momentos de baja energía, las cuales se ven alteradas y se encargan de la sensación de saciedad, produciendo hambre y necesidad de comer, ocasionando aumento de peso, también hormonas como la insulina y los glucocorticoides y la hormona de crecimiento contribuyen a la señalización del balance energético y son monitoreadas por núcleos específicos en el hipotálamo y el tallo cerebral.

La asociación entre el insomnio y los diferentes indicadores de humedad del edificio se presenta más fuerte para la humedad relativa. El insomnio y las apneas de sueño son algunos de los trastornos más común entre las personas ocasionados por la humedad relativa. También es causal de somnolencia durante el día, disminuye el rendimiento psicomotor que incluye la capacidad de razonar, además de la capacidad verbal. Existen diferentes investigaciones que vinculan de manera directa la falta de sueño profundo con inicios de demencia con aparición temprana, además del Alzheimer.

Las variaciones del clima, el entorno y sus efectos son factores determinantes que afectan la calidad del sueño y los efectos de este comienzan a evidenciarse con diferentes trastornos y enfermedades, entre ella se ha relacionado fuertemente con distintos trastornos como las apneas. Estudios y experimentaciones a cerca de la calidad del sueño, donde se han asociado el incremento de la humedad relativa con una disminución notable del índice de ronquidos, pero con un aumento del índice de la apnea de sueño (AOS) o hipopnea y el aumento de la temperatura se ha asociado también con afectar la eficiencia del sueño. Una apnea se define como una pausa en la respiración de un tiempo estimado de 10 segundos o más en el sueño, este es un trastorno que se presenta como la apnea obstructiva del sueño, AOS, fragmentando el sueño, lo cual hace que durante el periodo o de ciertas etapas, se deje de respirar durante varios segundos y puede presentarse en varios momentos por hora, el ciclo se repite en diferentes ocasiones a lo largo de cada noche, que puede ir de leve con un número de veces que se presenta la apnea durante la noche (AHI) leve de 5-14, moderada de 15-29 y severa de 30 o más eventos por hora.

Cada que ocurren estos momentos, cuando se deja de respirar, el organismo, el cerebro, el corazón, los riñones y otros órganos esenciales no reciben una cantidad suficiente de oxígeno y el Co2 empieza a acumularse en el cuerpo. Cuando el cerebro se entera que no hay suficiente oxígeno y demasiado dióxido de carbono en el cuerpo, envía una señal para respirar, el sujeto se despierta para respirar, pero no lo suficiente para recordarlo a la mañana siguiente. La obstrucción es causada por los músculos de la lengua, el paladar blando o partes de la garganta que durante el sueño se relajan y terminan en bloquear las vías respiratorias. Algunos de los síntomas después del sueño son:

- Somnolencia, cansancio y agotamiento durante el día.
- Despertarse en muchas ocasiones durante la noche interrumpiendo las fases del sueño.
- Afectaciones en el rendimiento y la capacidad cognitiva al día siguiente.

La humedad relativa y la temperatura se han asociado con la interrupción y la calidad del sueño, particularmente la humedad se ha asociado notablemente con las alteraciones en las etapas del sueño en los adultos, llevándolos a tener un sueño más ligero con el tiempo, considerando que en la ciudad de Cali, la humedad se encuentra en unos niveles elevados en las horas de descanso y

sueño, en un rango de horas bastante amplio, esta exposición al largo plazo de la humedad resulta afectando significativamente el sueño, la salud y el bienestar en general, con lo cual es necesario, repensar la manera y la forma en que se diseñan estos espacios en la vivienda que son indispensables y vitales para la salud, ya que no se han optimizado para este fin. Dentro de las etapas del sueño, el aumento de la humedad relativa se ha demostrado que afecta las etapas I, N1 del sueño con movimientos oculares no rápidos, no MOR y la etapa III, N3 del sueño en movimientos rápidos, Mor, Wen-te Liu et al. (2022). Los niveles elevados de humedad, se ha asociado con el aumento del índice de excitación y la desaturación arterial del oxígeno en un 95%, SaO₂. Mor, Wen-te Liu et al. (2022) encontró en su estudio que la humedad relativa es un determinante importante en la desaturación del oxígeno, así como la excitación que ocasiona la temperatura.

Un aumento en la humedad relativa se asoció con aumentos en el tiempo durante la noche pasado en una postura supina en el descanso nocturno y de número de ocasiones por hora donde se registró apnea obstructiva del sueño y hipopnea en posición corporal supina tienen una tendencia a ser más sensibles a los cambios y variaciones en la temperatura y la humedad. Una de las razones del empeoramiento de la gravedad de la apnea obstructiva del sueño AOS, está relacionada con la postura supina puede ser el resultado del colapso de la lengua y los tejidos faríngeos blandos impulsado por la gravedad, lo que lleva a la oclusión de las vías respiratorias, Eckert y Malhotra (2008).

4.9 Ciclos circadianos

En los climas cálidos y húmedos como Cali, la humedad alta no solo es una característica propia del clima, sino también un factor que puede alterar significativamente los ritmos biológicos internos, conocidos como ciclos circadianos, que controlan las funciones biológicas en ciclos de 24 horas están controlados por relojes internos moleculares dentro del cerebro y son altamente sensibles a los factores ambientales. Se encarga de regular los procesos vitales como el sueño -vigilia, la alimentación, la temperatura corporal y la liberación de hormonas, son esenciales para mantener nuestra salud y bienestar. Los ciclos circadianos se sincronizan con la rotación de la tierra mediante los ajustes diarios en el tiempo, siguiendo la exposición a estímulos de la hora del día, es decir, a la exposición al ciclo luz-oscuridad y la temperatura son factores clave en la sincronización de estos ritmos, y es aquí donde interviene la humedad relativa.

El ritmo circadiano normal de cada persona inicia al oscurecer, el cuerpo comienza a incrementar la temperatura corporal periférica y segrega la llamada hormona del sueño, conocida como melatonina, la cual se produce en la glándula pineal que está regulado por el núcleo supraquiasmático. A las primeras horas de la mañana, bajan los niveles de melatonina, crece el nivel de alerta e inicia la vigilia.

Diversos estudios sobre el sueño y los ritmos circadianos respaldan la importancia de un horario con regularidad para obtener resultados positivos y óptimos del ciclo del sueño y el descanso. El sustrato anatómico de los ciclos circadianos se encuentra en el núcleo supraquiasmático del hipotálamo y la actividad rítmica que genera, se da intraneuronalmente. El ritmo endógeno puede estar estimulado por diferentes estímulos externos pero el más relevante es la luz natural y la melatonina. El ciclo ambiental de luz-oscuridad es el principal y más importante sincronizador ambiental de los ciclos circadianos para el cuerpo en los seres humanos.

Este desajuste no solo se limita al ámbito del sueño; tiene implicaciones más profundas en la salud general. Las alteraciones persistentes de los ciclos circadianos debido a la HR se han vinculado también al deterioro cognitivo, problemas de concentración y trastornos del estado de ánimo y un incremento notable a sufrir de trastornos cardio metabólicos.

4.10 Humedad

En climas cálidos y húmedos, la humedad relativa emerge como un componente crítico que puede afectar significativamente la calidad del sueño. Este fenómeno climático, medido como la proporción de vapor de agua en el aire con respecto a su capacidad máxima a una temperatura dada, presenta desafíos únicos para el entorno del sueño, el descanso nocturno, con lo cual, la termorregulación del cuerpo se ve directamente afectada por la humedad elevada en estos climas, en especial, de este espacio. La dificultad para la evaporación del sudor, un mecanismo esencial para que el cuerpo se enfríe, puede provocar incomodidad y presentar dificultades para conciliar el sueño durante el tiempo de descanso en la noche. Esta incomodidad térmica puede traducirse en dificultades para conciliar el sueño y, por ende, en noches de descanso fragmentado.

Uno de los factores que aumentan el estrés del cuerpo debido al calor durante el sueño y el descanso es un nivel elevado de humedad. La exposición al calor húmedo aumenta aún más la vigilia y disminuye la etapa del sueño Mor y el sueño de ondas lentas (SWS), el aumento de la humedad no permite que el sudor se evapore, lo que genera que la piel se mantenga húmeda, disminuyendo la respuesta del sudor debido a la hidromiosis que previene la deshidratación. Tanto para el confort y para la salud, es necesario tener en cuenta la humedad en la calidad del sueño.

Además, la conexión entre la humedad elevada y los problemas respiratorios añade otra capa de complejidad. El crecimiento de ácaros y moho, alimentado por la humedad, puede desencadenar alergias y congestión nasal. Estas condiciones dificultan la respiración, lo que puede fragmentar e interrumpir el sueño. Investigaciones sugieren que también está asociada con un sueño más ligero y superficial donde las fases profundas del sueño, esenciales para la regeneración y el bienestar, pueden ser interrumpidas, afectando la calidad general del descanso nocturno.

La humedad relativa en los climas cálidos y húmedos es un factor determinante en la calidad y del sueño óptimo. Comprender esta relación y tomar medidas para adaptarse al entorno puede marcar la diferencia en la búsqueda de un descanso nocturno más reparador y beneficioso para la salud, el cual se puede lograr mediante el diseño adecuado del espacio y el entorno del sueño, entornos los cuales no se han optimizado para este uso específico ya que los espacios se han venido pensando y proyectando para que los ocupantes realicen actividades cuando están despiertos.

4.11 Conclusiones

- Los arquitectos diseñadores deberán centrar atención en el diseño del espacio del dormitorio y la influencia del ambiente térmico sobre la calidad del sueño y el entorno integral del mismo para las personas que podrían habitar futuros proyectos, ya que de este espacio depende gran parte las personas quienes habiten esas futuras edificaciones tengan buena salud y bienestar.
- Para lograr un ambiente y una calidad de sueño adecuado, se deberán tener en cuenta unos rangos neutrales en los espacios del dormitorio en climas cálidos húmedos para favorecer la salud (20° (T-neutra), 55% Humedad (Neutra), 150 lux antes de dormir y descansar). Esta combinación de los parámetros ambientales está basada en la mejora del sueño y la comodidad.
- La temperatura y la humedad relativa son unos de los principales factores que afectan la calidad del sueño, el cuerpo presenta dificultades para termo regularse, provocando incomodidad, irrupciones constantes y repetitivas, conllevando a tener un sueño más ligero alterando el descanso e interrumpiendo todas las etapas del sueño.
- La humedad relativa en el ambiente del dormitorio no debería estar por encima del 40% y no superar el 60% en un promedio de 55% neutra, no superar los 20°C temperatura neutra y tener menos de 150 lux. Estas variables en niveles por encima de los rangos específicos, podría ocasionar y potenciar los problemas de salud.
- Los altos niveles de humedad pueden aumentar notablemente el estado de vigilia y reducir la cantidad del tiempo en que se pasa de una etapa a otra (3 a 4 etapa) ciclo del sueño. Estas etapas son las que más producen salud en general.
- Porcentajes altos de humedad en el dormitorio tiene una fuerte relación con los problemas de recuperación corporal, agrava las afecciones respiratorias como el asma, la función inmunológica, aumenta el riesgo de padecer insomnio frecuente y los trastornos asociados con el sueño.
- La disposición de los elementos que componen el espacio en el diseño son de vital importancia, PRINCIPALMENTE DE LA HABITACION, DONDE EL TIEMPO DE SUEÑO NORMALMENTE ES LARGO. Es por ello que hay que prestar especial atención tanto al diseño en planta como en las aberturas de el espacio, ya que, dependiendo de esto, será bueno o malo la calidad del sueño de la persona quien lo habite y de la misma manera, se comportara su salud en general.



Capítulo 5
EVALUACIÓN DE CASO DE ESTUDIO

EVALUACION DE CASO DE ESTUDIO

5.1 Selección de caso 1 Edificio O'byrne - 1980

Barrio San Fernando, Cali

Para el caso de estudio se tomó el proyecto de vivienda del arquitecto Jaime Cárdenas, el Edificio O'byrne, ubicado en uno de los barrios tradicionales de la ciudad, San Fernando, en la ciudad Santiago de Cali, valle del cauca, Colombia. El edificio se construyó en la década de los ochenta y fue uno de los primeros edificios del arquitecto en experimentar con la materialidad del ladrillo como mampuesto y dejarlo a la vista.

El arquitecto en su obra enfatiza en sobre la reducción en los materiales, con el uso del ladrillo, se hace el ahorro de repellos y enchapes, además de la preocupación por el clima y sus condiciones, hace el reciclaje de algunos elementos para la fachada y la tipología. Según Cárdenas, la economía en la utilización de materiales es lo que hace que el edificio se lea como un solo volumen y no como una estructura compuesta por distintos elementos ensamblados, Cárdenas (2016).

Figura 15. Axonometría del San Fernando, localización del edificio O'Byrne
Modelado Sketchup 2024, Elaboración propia



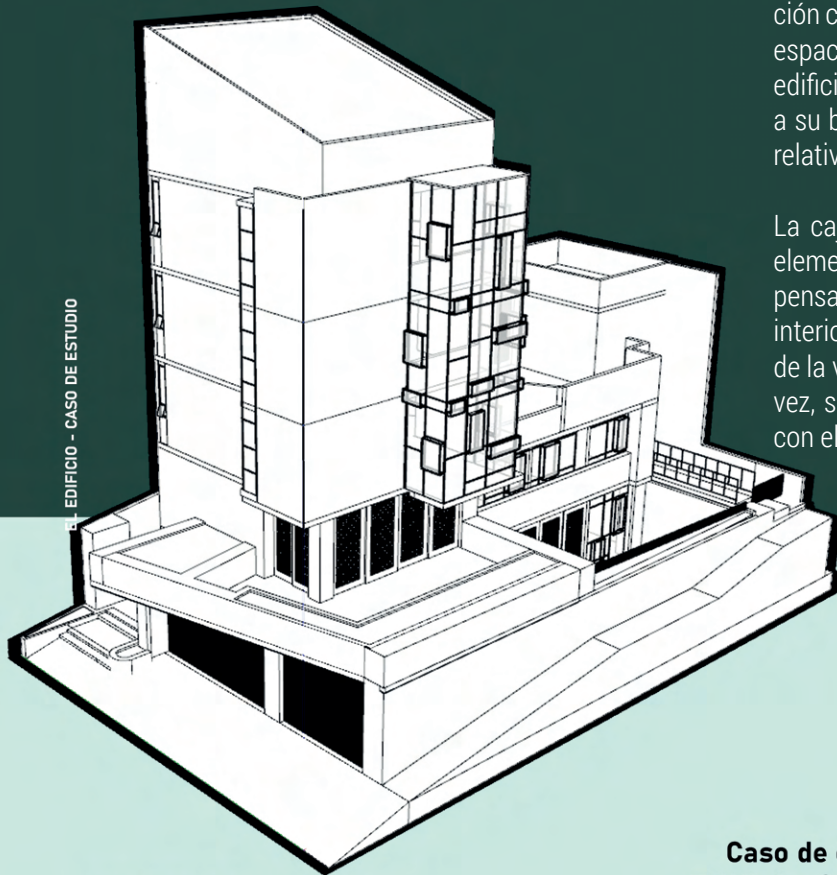


Figura 14. Planta de localización, San Fernando, localización del edificio O'Byrne
Psd 2024, Elaboración propia

El edificio hace parte del movimiento posmoderno y plantea en su tipología una torre plataforma en su diseño. Cuenta con 5 pisos, para un total de 11 aparta estudios, la tipología de cada apartamento varía en cada nivel, ya que, en principio, el diseño fue pensado para que todos los niveles se comunicaran y fuera un edificio familiar y después en un futuro este pudiera subdividirse fácilmente en aparta estudios gracias a la estructura. El arquitecto recicló la ventanera, la cual provenía de una de las obras de Eladio Muñoz la cual se desecharía, de un proyecto de una casa específicamente, ya que el arquitecto había estudiado el sistema de aberturas las cuales respondían de manera favorable al clima de la ciudad y a que la materialidad de esa ventanearía no era común en ese momento, el cual había sido remplazado por aluminio, Cárdenas (2016).

Como criterio de selección, se toma este edificio en particular, en principio por su valor arquitectónico e histórico, ya que el edificio es reconocido en diversos anuarios y nombrado en diferentes revistas de la arquitectura en Colombia (11 anuario de la arquitectura en Colombia, 1982), (Casa Colombiana 1992), está inmerso en el contexto urbano de la ciudad además de poseer una característica poco empleada por diseñadores y arquitectos, cuenta con un sistema de aberturas que no es operable, las cuales están siempre fijas y abiertas, pensadas desde la posibilidad de estar ventilados de forma permanente, está diseñada para que tuviera ventilación cruzada y permitir el paso del flujo de viento en todos los espacios. A pesar de su indiscutible valor arquitectónico, el edificio se puede catalogar como un edificio enfermo debido a su baja calidad del ambiente interior por su alta humedad relativa y su poca ventilación.

La caja de vidrio sobre la fachada principal es uno de los elementos jerárquicos de la obra, la cual es empleada y pensada como estrategia de control climático para darle al interior confort, además de darle un contraste entre el lleno de la volumetría maciza, pesada y el vacío, el vidrio, que, a su vez, se conecta con el exterior brindando vistas de calidad, con el parque de en frente y la vegetación.



EL EDIFICIO - CASO DE ESTUDIO

Caso de estudio Edificio O'byrne

Cali
Valle del Cauca
1980

5.2 Selección de caso 2 - Propuesta Contraste con una edificación reciclada, remodelada recientemente Edificio Mola (1985) Barrio Granada, Cali

Para hacer un contraste con otro edificio de vivienda de apartamentos que tuviera un sistema de aberturas convencional, se eligió un edificio remodelado recientemente, con un tiempo estimado de menos de un año (2023), edificio cuya época de construcción es de los años 1950. Se tomó el proyecto de vivienda Mola Loft el cual se ubica en el barrio Granada, Santiago de Cali, Colombia, también es uno de los barrios tradicionales de la ciudad. El edificio se remodeló, en otras palabras, se recicló, cuya estrategia que abarca la sustentabilidad buscando una mayor eficiencia en cuanto a reducción de residuos y emisiones de Co2, de huella urbana e impacto ambiental y también bajo los principios de la economía circular.

Se hizo una reutilización adaptativa con el edificio, reciclándolo, el cual inicialmente era de uso de oficinas adoptándolo a un nuevo uso, que es el de vivienda conservando algunas de sus cualidades históricas y estéticas, prolongando así la vida útil de esta construcción. Debido al cambio de uso del suelo por comercial, debido a la antigüedad de la edificación, el cual se encontraba en un estado de abandono y con bajo uso (degradado) del cual se comenzaron a apropiar personas sin hogar.

Figura 16. Axonometría del barrio granada, localización del edificio MOLA
Modelado Sketchup 2024, Elaboración propia





Figura 17. Planta localización general, barrio Granada, Edificio Mola
Psd 2024, Elaboración propia

El edificio de vivienda platea en su tipología a porticada como una solución urbana buscando una continuidad en el contacto con la ciudad, sobre el lado de la avenida 8 norte, la cual se encuentran varias edificaciones similares a lo largo de la avenida, este sistema a porticada como bien ha funcionado en la ciudad desde los inicios del movimiento moderno, con respecto al clima, en su planta urbana y su manejo espacial en el contacto con la ciudad y de ese espacio mediador entre ellos, el público y el privado, haciendo un gesto amable, tanto como con el peatón, como con el clima, generando primero en su planta baja una doble altura, dándole a los 2 primeros pisos frescura y sombra es decir confort, los cuales cuentan con un uso comercial y el acceso a la vivienda. Tiene un contexto predominante o de baja altura, cercano de usos comercial en su mayoría adecuados y vivienda en un porcentaje bajo.

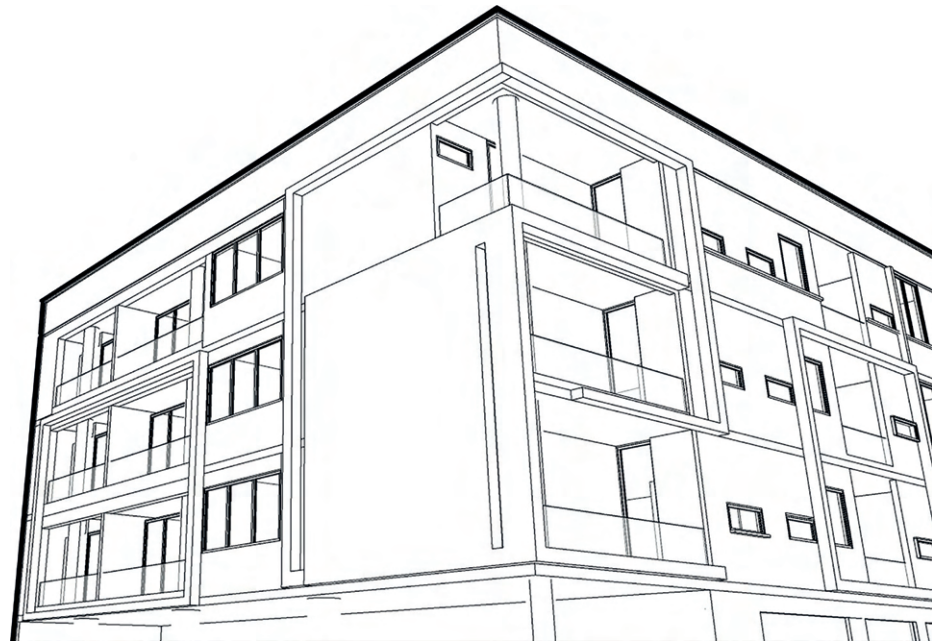
El espacio arborizado en este barrio también tiene un porcentaje bajo, con pocas zonas blandas y poca presencia vegetación, sobre todo en la avenida 8, la cual es una vía principal, donde con el cambio de uso de residencial a comercial se han ido retirando los árboles y la vegetación, que es parte fundamental para proveer confort, controlar y amortiguar el sobrecalentamiento de las superficies debido a la intensa radiación solar sobre el territorio, sin embargo la cercanía a la montaña le provee a la zona y al barrio ciertas horas de confort con el movimiento del viento sobre todo en horas de la tarde.

El edificio cuenta con 5 pisos, con 21 apartamentos con diferentes tipologías de apartamentos en los diferentes niveles. El sistema de abertura del edificio tiene la posibilidad de ventilarse de manera natural con una ventanera tradicional, con marcos metálicos y vidrios transparentes sin película de protección, operables y con un porcentaje de apertura de 50%, algunos espacios que de forma permanente tienen la posibilidad en la mayoría de los espacios y de abrirse o cerrarse, según lo requiera el gusto y confort del usuario.

5.3 Levantamiento arquitectónico

Se realizó un levantamiento arquitectónico de ambas edificaciones, piso por piso para entender de esta manera la espacialidad del edificio y la reciente modificación en la remodelación, se tomaron las dimensiones 2D en planta, sección y cubiertas para construir el modelo tridimensional 3D en digital. Se identificaron los elementos de la antigua edificación y la nueva redistribución espacial y constructivo, lo cual permitió identificar las rutinas de ocupación de los espacios en los que permanecen las personas que conviven y habitan en el mismo.

Figura 18. Isometría del Edificio Mola Loft
Modelado sketchup 2024, Elaboración propia



5.4 Selección de los espacios Edificio O'Byrne

El edificio se encuentra inmerso en uno de los barrios más antiguos y tradicionales en la ciudad San Fernando, es un contexto con uso predominante en vivienda de baja altura, cuenta con un parque en frente de la edificación y abundante vegetación de talla grande en su alrededor, la cual incrementa el porcentaje de humedad relativa. La fachada principal de los apartamentos a valorar, tienen una orientación norte - sur, teniendo una orientación privilegiada, ya que no cuenta con radiación solar directa, especialmente en las horas de la tarde.

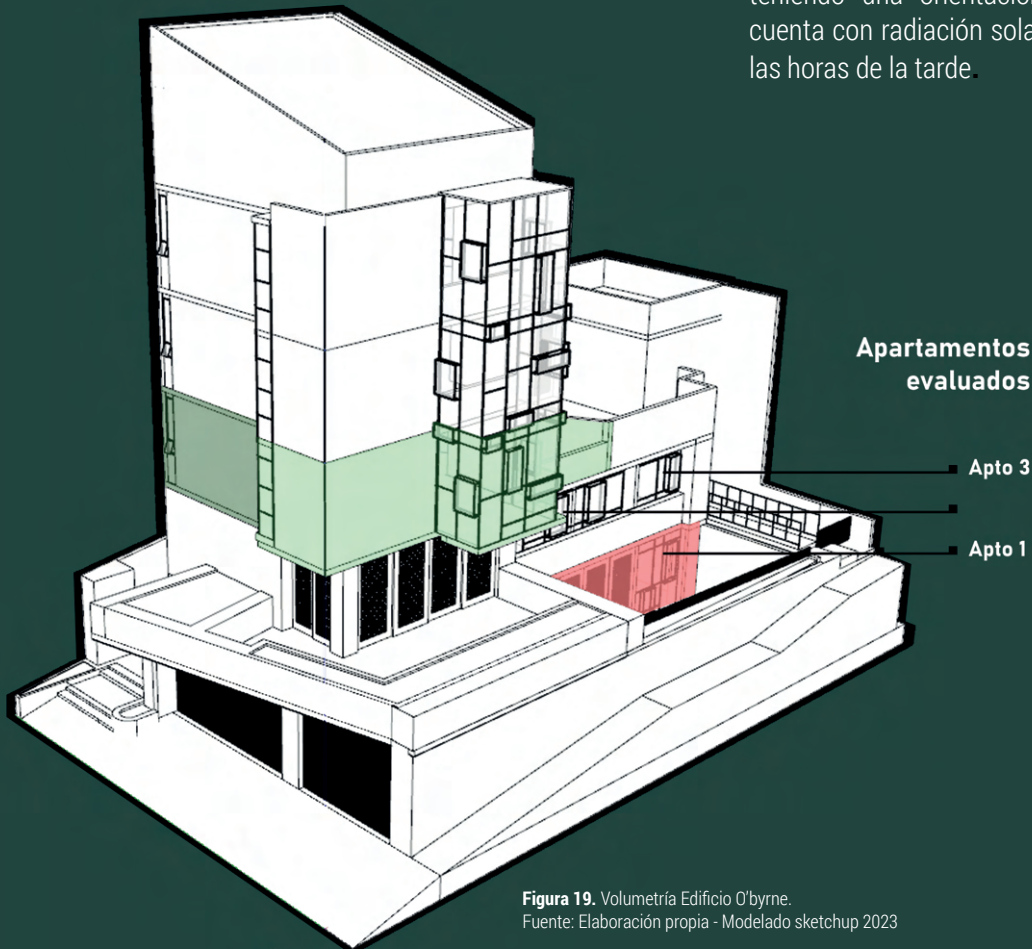


Figura 19. Volumetría Edificio O'byrne.
Fuente: Elaboración propia - Modelado sketchup 2023



Para el estudio de este caso, en ambos edificios O'byrne y mola se eligieron apartamentos ubicados en los 3 primeros pisos, con diferentes tipologías cada uno, con diferentes orientaciones de los espacios, en caso O'byrne con aberturas distintas en el proyecto, lo cual permitirá analizar las variaciones en los niveles de humedad relativa y temperatura en los espacios.

Cada vivienda comprende seis tipos de espacios: HAB: Dormitorio, LIV: Sala-comedor, KTC: Cocina, WC: Baño, CIR: Circulación y LV: Lavandería. De acuerdo con lo encontrado en la literatura, las zonas térmicas analizadas se eligieron por el tiempo de mayor permanencia y las afecciones que pueden causar en las personas, el estar, que corresponde al salón comedor (LIV.001) y el espacio del dormitorio, (HAB.001), en ambos edificios.

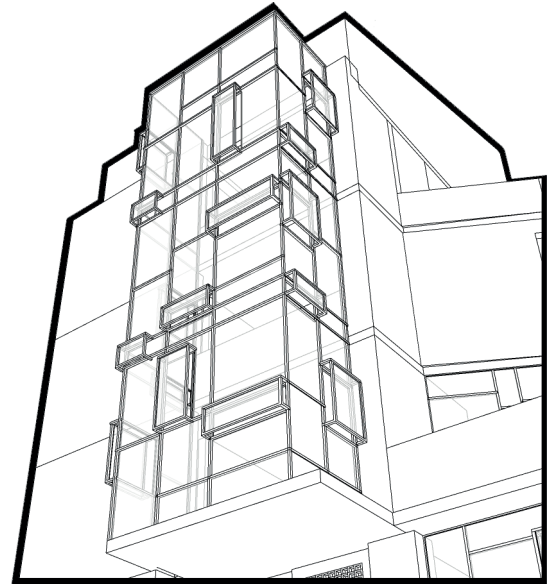
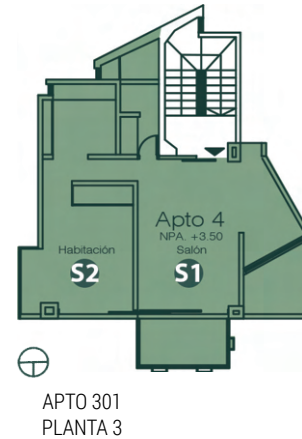
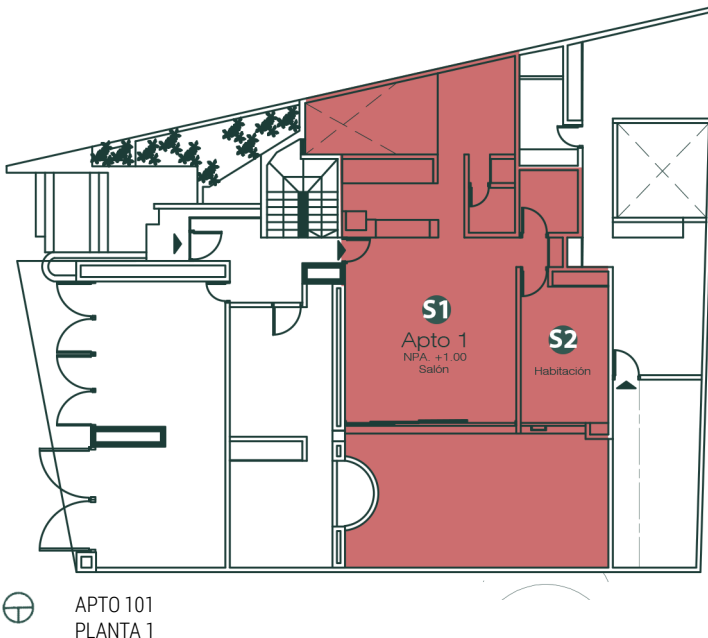


Figura 20. Perspectiva Edificio O'byrne,
Fuente: Elaboración propia - Modelado Sketchup 2023



Tipologías de aparta estudios, ubicación de sensores de monitoreo
Fuente: Elaboración propia – AutoCAD, 2023.



El salón comedor son lugares donde se realizan actividades varias del hogar y donde muchas personas ahora trabajan y laboran largas jornadas y el dormitorio, es uno de los espacios donde se estima que las personas pasan un tercio del día, con el fin de dormir y descansar, que son aproximadamente entre 6 a 8 horas para tener un tiempo de sueño optimo, sin embargo, este puede variar y dependerá de la biología individual de cada persona y de sus necesidades corporales. Los niveles de humedad relativa se incrementan y varían entre 80 y 95% justo en la noche-madrugada durante un periodo casi de 12 horas. Estudios y experimentaciones con relación al sueño, hacen referencia a la humedad como factor importante y vital para completar las etapas del sueño, considerando que los niveles altos de HR deben controlarse en los espacios interiores para proveer salud, puesto que podría traer enfermedades e incidir negativamente en la calidad del sueño, finalmente en la actividad cerebral y en la actividad cognitiva en las personas en la realización de trabajo diarias.

5.4.1 Edificio Mola Loft

El edificio se encuentra ubicado en un lote esquinero, con lo cual las dos fachadas principales de los apartamentos evaluados tienen una orientación poco privilegiada debido a que está orientada 20°este-oeste contando con radiación solar directa tanto en las horas de la mañana especialmente y en las horas de la tarde.

Cuenta con poca o nada vegetación y zonas blandas en su contexto ya que el cambio de uso en el barrio de residencial a netamente comercial, ha debilitado la red de vegetación del mismo. siendo este barrio una gran isla de calor.

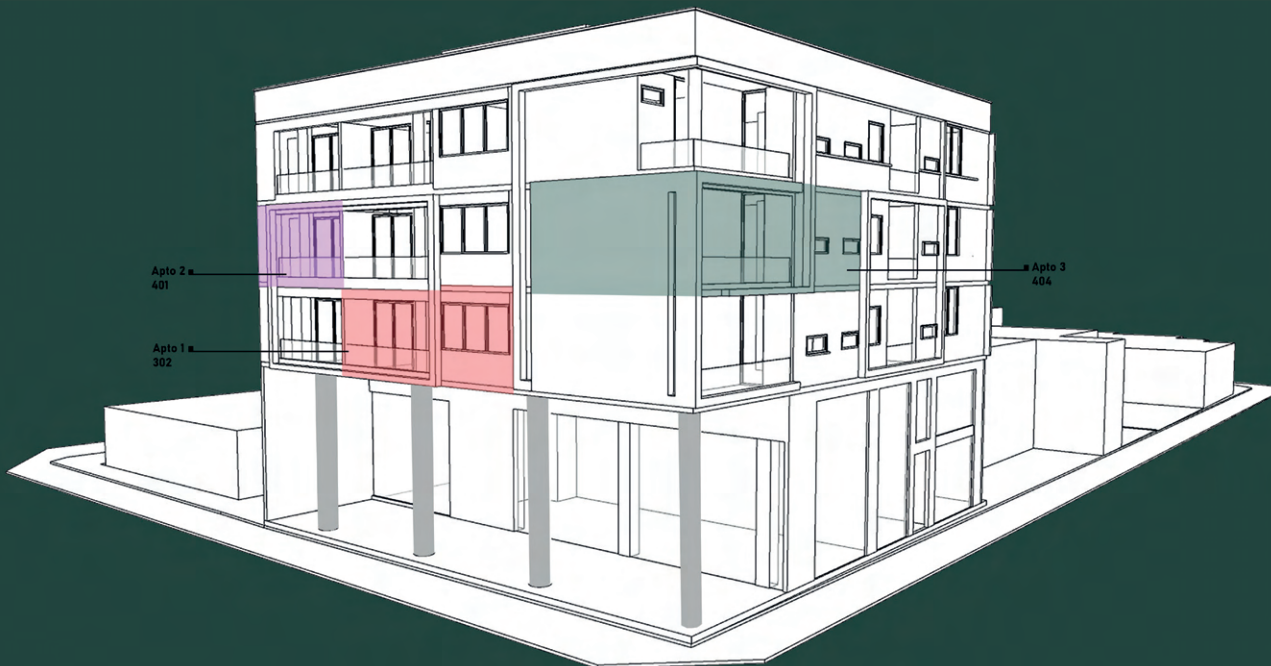




Figura 22. Tipologías de aparta estudios, ubicación de sensores de monitoreo
Fuente: Elaboración propia – AutoCAD, 2023.

Cada vivienda, de igual manera comprende cinco tipos de espacios: HAB: Dormitorio, LIV: Sala-comedor, KTC: Cocina, WC: Baño y LV: Lavandería. Se tomaron como casos de estudio 3 apartamentos, 2 ubicados en el piso 4 (ML-404), (ML-401) nivel 15.00m y 1 en un nivel intermedio (ML-301), algunas tipologías elegidas se replican en diferentes orientaciones, con pequeñas variaciones entre los espacios como balcones, salón comedor y dormitorio. De igual manera, el análisis térmico se realizó en el salón comedor y en el dormitorio con el fin de establecer también un contraste de los espacios medidos para evidenciar las variaciones del comportamiento de la humedad y la temperatura. Para salón comedor (LIV.#) y el espacio del dormitorio, (HAB.#) en consecutivo, en ambos edificios.

5.5 Rutina y características demográficas de los habitantes Edificio O'Byrne

Los ocupantes del proyecto dentro del edificio en el apartamento 1 (EO-101) a valorar es una persona de edad adulta mayor, se ubica en un rango de edad entre 60 – 70 años, la cual permanece mayor cantidad de tiempo en el espacio del salón comedor, en actividades que se realizan en su mayoría sentado en reposo, en los apartamentos 2 (EO-202) y 3 (EO-301), habitan adultos jóvenes, cuyas edades se encuentran entre 25 a 40 años y en el apartamento 4 son personas entre 35 y 45 años. Los adultos jóvenes tienen horarios laborales desde las 7:00 Hrs hasta las 17:00 Hrs regularmente, por lo que el tiempo que suponen de permanencia en los apartamentos es de noche y los fines de semana en casi el 100% del tiempo. En ninguno de los apartamentos valorados se trabaja en jornada laboral continua, solo se considera esa actividad en la noche en algunos apartamentos.

Rutinas de actividad en apartamento EO-101												
Hora	6:00	7:00	8:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	
Ocupacion	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Equipos	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
Iluminacion	50%	50%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	50%
Oper.ventanas Fija	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%

Rutinas de actividad en apartamento EO-101												
Hora	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00
Ocupacion	0%	0%	0%	0%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Equipos	50%	50%	50%	50%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Iluminacion	75%	75%	75%	75%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	50%
Oper.ventanas Fija	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%

Tabla 3. Rutinas en la vivienda, Edificio O'byrne, EO-101.

Rutinas de actividad en apartamento EO-301												
Hora	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00
Ocupacion	100%	100%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Equipos	50%	50%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Iluminacion	50%	50%	50%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	50%
Oper.ventanas Fija	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%

Rutinas de actividad en apartamento EO-301												
Hora	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00
Ocupacion	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Equipos	75%	75%	75%	75%	75%	75%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Iluminacion	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	0%	0%	0%	0%	50%
Oper.ventanas Fija	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%

Tabla 4. Rutinas en la vivienda, Edificio O'byrne, EO-301.

Edificio Mola Loft

Los residentes en esta edificación en su mayoría son adultos jóvenes en edades promedio entre 25 – 40 años. La mayoría de los ocupantes del edificio no permanecen la mayoría del tiempo ya que trabajan por fuera, (ML-404). Dos de ellos permanecen más tiempo en la vivienda, haciendo teletrabajo desde dos de los apartamentos a valorar, en los espacios del salón comedor, en un horario laboral desde las 8h00 Hrs. hasta las 17h00 Hrs, (ML-303).

Rutinas de actividad en apartamento ML-303												
Hora	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00
Ocupacion	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%	0%	0%
Equipos	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%
Iluminacion	50%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Oper.ventanas	0%	0%	0%	50%	50%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	20%

Rutinas de actividad en apartamento ML-303												
Hora	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00
Ocupacion	0%	0%	0%	0%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Equipos	50%	50%	50%	50%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Iluminacion	75%	75%	75%	75%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	50%
Oper.ventanas	100%	75%	20%	20%	20%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Tabla 5. Rutinas en la vivienda, Edificio MOLA, E0-303.

Rutinas de actividad en apartamento ML-404												
Hora	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00
Ocupacion	100%	100%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Equipos	0%	0%	0%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%
Iluminacion	50%	50%	50%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Oper.ventanas	50%	50%	50%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%

Rutinas de actividad en apartamento ML-404												
Hora	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00
Ocupacion	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Equipos	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	0%	0%	0%	0%	0%
Iluminacion	75%	75%	75%	75%	75%	75%	75%	0%	0%	0%	0%	50%
Oper.ventanas	100%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	0%	0%	0%	0%	0%

Tabla 6. Rutinas en la vivienda, Edificio MOLA, E0-404.

De acuerdo a estas rutinas habituales de los ocupantes de ambas edificaciones, se utilizó esta información para la calibración del modelo en la simulación de desempeño térmico.

5.6 Periodo de seguimiento y protocolo de medición

Dado que las personas pasan el 90% de su tiempo en interiores, las condiciones interiores pueden ser una mejor medida de exposición personal que unas mediciones tomadas en el exterior por las estaciones meteorológicas cercanas al lugar, sin embargo, las condiciones del ambiente en los interiores está fuertemente correlacionada con las condiciones ambientales del exterior, es por ello, que se realizarán las mediciones de tipo continuo al interior de los apartamentos durante un tiempo de 20 a 25 días en los meses de enero – febrero, abril – mayo, en los diferentes espacios, ya identificados, según lo regula la ASHRAE (2017), se dispondrán sensores termo higrómetro elitech, identificados en la figura 5, logger reusable recorder a 1,1 m del suelo para ocupantes sentados y de pie, los cuales deberán estar ubicados lejos de fuentes de calor, frío, humedad y sequedad.

Los sensores se dispondrán en los espacios interiores mencionados anteriormente, dormitorios y salón comedor para registrar sobre las condiciones de temperatura (°C) y humedad relativa (%). En cada unidad de vivienda, los sensores se programaron para hacer una recolección de datos continua, en intervalos de 5 minutos, las 24 horas del día. Se ubicaron a una altura de 1.80 m del suelo con el NPA (nivel de piso acabado). Al final de cada periodo evaluado, los registradores fueron retirados de los espacios de las viviendas y sus datos fueron descargados a través de un software especializado llamado Elitech Log Win.

La evaluación del ambiente higrotérmico se plantea a partir de mediciones de temperatura (T) -°C, temperatura del aire, velocidad del viento, humedad relativa (HR) - %, esto, para conocer el cálculo del confort que arroja el espacio evaluado, con el objetivo de medir las condiciones térmicas en las que se encuentra el sujeto y saber los cambios en las variables ambientales, así como el estado de salud de su ocupante.

Los datos registrados se dividieron por tipo de espacio, sala de estar y dormitorio. La temperatura interior y los valores de humedad medidas se analizaron en contraste con el tipo de ventana y su abertura, para identificar la fluctuación de ambas variables a lo largo del día. Se compararon los archivos epw de las estaciones del aeropuerto Alfonso Bonilla Aragón y Universidad del valle con las mediciones interiores, también para establecer un contraste interior - exterior con las variables medidas

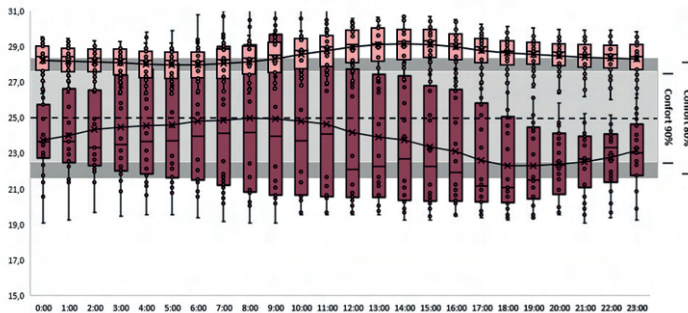


Figura 23. Edificio Mola, Promedio hora, Temperatura LIV interior (ML-404), vs. Temperatura exterior. El promedio diario de T.ex se tomó de los datos climáticos del archivo COL_VAC_Cali-Aragon.Intl.AP802590_TMYx.2007-2021 epw.
Fuente: Elaboración propia, con datos de mediciones interiores.

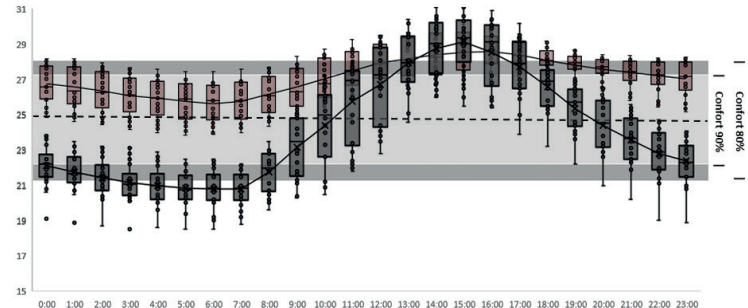


Figura 24. Edificio O'byrne, Promedio hora, Temperatura LIV interior (EO-301), vs. Temperatura exterior. El promedio diario de T. ex se tomó de los datos climáticos del archivo Colombia_Cali_UnivalleEPW epw.
Fuente: Elaboración propia, con datos de mediciones interiores.

Se obtuvieron los valores promedio por hora para analizar su fluctuación a lo largo del día, cuyo valor medio equivale a 27.1°C. La temperatura máxima ocurre entre las 12:00 y las 14:00 con 31.2°C y 30.9°C en el edificio Mola y O'byrne respectivamente y comienza a disminuir a menos de 1°C a las 15:30. La temperatura más baja registrada en EO-301 es de 23.8°C a las 5:00 y para ML-404 de 26.0°C a las 3:00, lo que significa una diferencia de 2.2°C aproximadamente.

Con respecto a la zona de confort en Temperatura en la medición interior del LIV. EO-301, la zona de confort 90% con respecto a la línea media del cuartil, se encuentra el 100% fuera de la zona permisible en que los usuarios que habitan en ese espacio van a sentir satisfacción, en este caso insatisfacción, sin embargo, algunas partes bajas de los cajones y puntos de valores atípicos se encuentran en esta zona. Respecto a la zona de confort 80%, alcanza a estar un 15% sobre el rango permisible en horas de la madrugada.

En el LIV. ML-404, si bien la fluctuación diaria de la temperatura se observa estable hora a hora, el 60% del tiempo de la línea media del cuartil se encuentra por fuera de ambas zonas, confort 90%. Respecto a la zona de confort 80%, la línea media está un 40% por fuera del rango permisible, sin embargo, algunas partes bajas de los cajones y puntos de valores atípicos se encuentran en esta zona, con lo cual, se puede evidenciar que ambos espacios medidos, en ambos edificios se encuentran el 90% de las horas en temperaturas altas, generando disconfort a las personas quienes lo habitan.

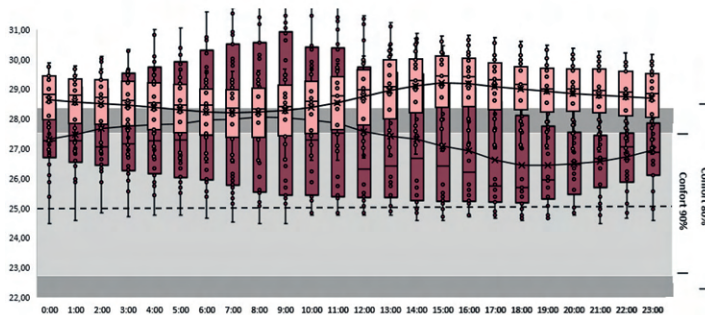


Figura 25. Edificio Mola, Promedio hora, Temperatura HAB interior (ML-404), vs. Temperatura exterior. El promedio diario de T. ex se tomó de los datos climáticos del archivo COL_VAC_Cali-Aragon.Intl.AP802590_TMYx.2007-2021 epw.
Fuente: Elaboración propia, con datos de mediciones interiores.

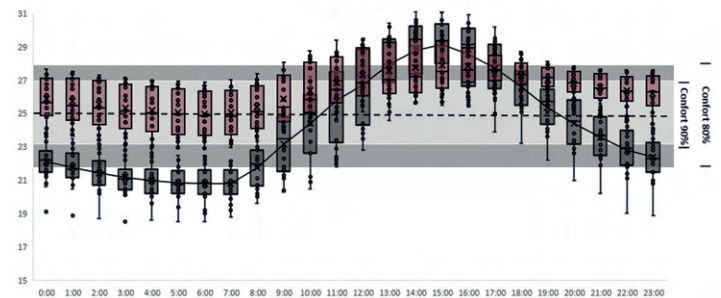


Figura 26. Edificio O'byrne, Promedio hora, Temperatura HAB interior (EO-301), vs. Temperatura exterior. El promedio diario de T. ex se tomó de los datos climáticos del archivo Colombia_Cali_UnivalleEPW epw.

En el análisis del comportamiento de la humedad relativa HR, la fluctuación ocurre cuando la temperatura disminuye o baja, porque se reduce la capacidad para retener agua, caso contrario, cuando la temperatura aumenta, la humedad se reduce debido a la poca capacidad de retención de agua en el aire. En el LIV. EO-301 que tiene ventilación constante al tener una ventanería no operable, los periodos de mayor humedad se presentan comenzando desde las horas de la noche, la madrugada y parte de la mañana alcanzando un máximo de 76.5%.

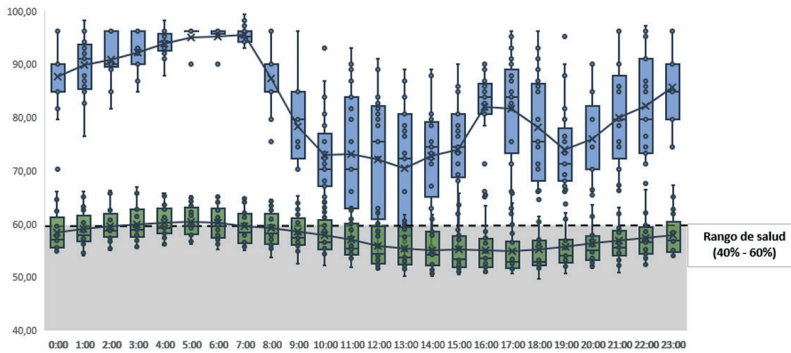


Figura 28. Edificio Mola, Promedio hora, Humedad Relativa HR% LIV interior (ML-404), vs. Humedad exterior. El promedio diario de HR se tomó de los datos climáticos del archivo COL_VAC_Cali-Aragon.Intl.AP802590_TMYx.2007-2021 epw.

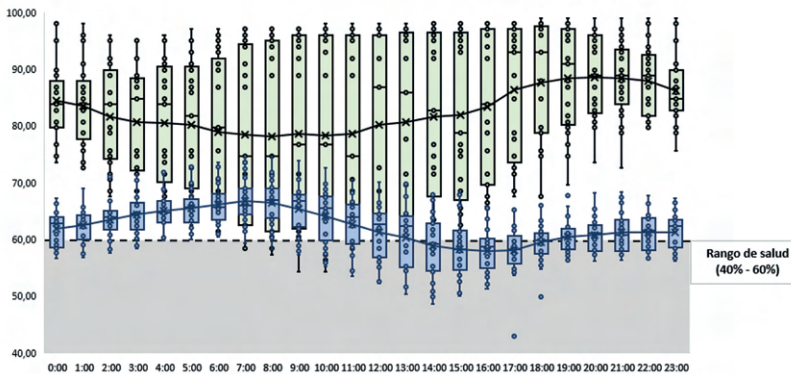


Figura 29. Edificio O'byrne, Promedio hora, Humedad Relativa HR% LIV interior (EO-301), vs. Humedad exterior. El promedio diario de HR se tomó de los datos climáticos del archivo Colombia_Cali_UnivalleEPW, epw

En el ML-404 donde se realizó la medición del estar LIV. con el 50% de apertura, ya que el sistema de fachada cuenta con aberturas que son operables y la fluctuación de la humedad sobre la línea media del cuartil se puede observar estable y se encuentra en el rango de salud permisible, lo cual es beneficioso y conveniente para los ocupantes de los espacios en el edificio.

Este estudio considera con alta relevancia mantener los espacios interiores dentro del rango saludable el cual se ha establecido en la literatura donde varios autores han presentado con gran importancia que esta variable debe estar controlada y también presentada en este estudio, del mismo modo ha sido establecida por el CIBSE (2005) y ANSI/ASHRAE 62.1 (2010); donde se puede evidenciar que en los espacios de estar y sobre todo en los dormitorios de EO-101, EO202 y EO-301 casi las 12 horas del día están por encima del rango que se establece entre el 40% - 60% de humedad relativa permisible para que las personas tengan una salud y bienestar óptimos, descanso y etapas de sueño completo, sin embargo, en el edificio mola el ML-404, ML-302 la media de humedad se mantiene aproximadamente el 90% de las horas dentro de ese rango de salud.

En el dormitorio de ML-404 que cuenta con ventilación natural y ventanas con apertura operable, se puede observar el comportamiento de la HR más estable a lo largo de las horas del día, se muestran valores muy similares a los de el salón comedor LIV. el cual se encuentra contiguo a este espacio. Este espacio de evaluación es el más importante que se mantenga dentro del rango saludable, por lo expuesto en capítulos anteriores a este, donde el objetivo de el diseño de estos espacios debería considerar de vital importancia, que la mayoría del tiempo estuviese dentro de la zona.

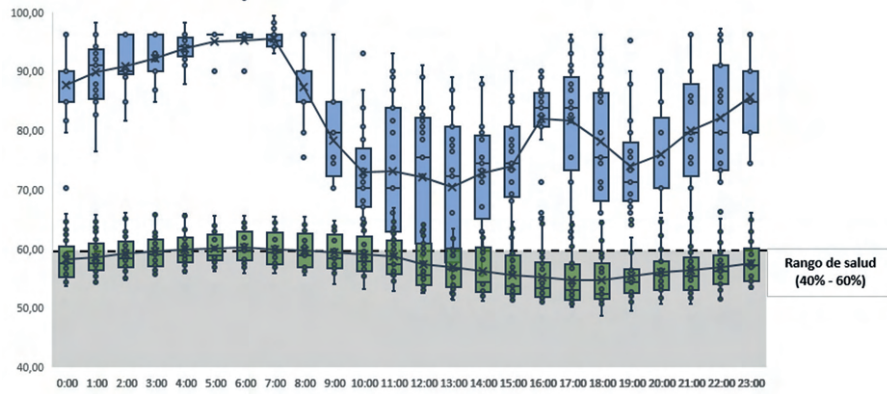


Figura 29. Edificio Mola, Promedio hora, Humedad Relativa HR% HAB interior (ML-404), vs. Humedad exterior. El promedio diario de HR se tomó de los datos climáticos del archivo COL_VAC_Cali-Aragon.Intl.AP.802590_TMYx.2007-2021, epw. Fuente: Elaboración propia, con datos de mediciones interiores.

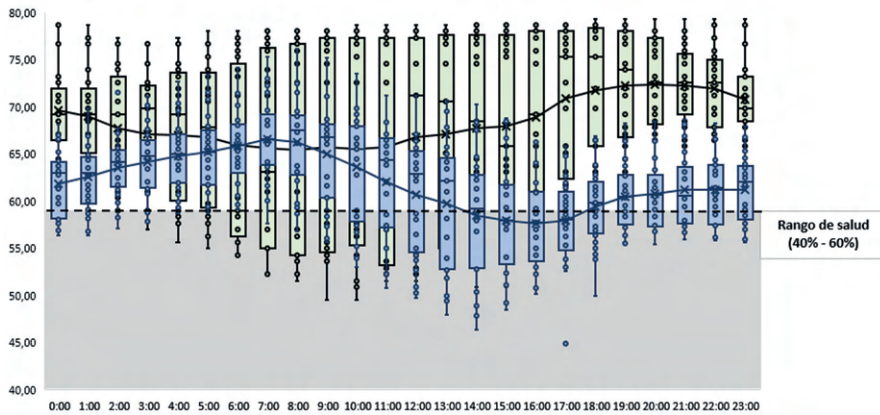


Figura 30. Edificio O'byrne, Promedio hora, Humedad Relativa HR% HAB interior (EO-301), vs. Humedad exterior. El promedio diario de HR se tomó de los datos climáticos del archivo Colombia_Cali_UnivalleEPW, epw

5.7 Régimen de vientos y ventilación natural

Tener edificaciones con buena ventilación natural las áreas urbanas tan consolidadas es un desafío, porque el entorno tiene un impacto significativo en el patrón de viento y la velocidad del aire interior, según su ubicación la contaminación del aire, los altos ruidos hacen que los diseñadores no tengan en cuenta tanto la ventilación natural como principal estrategia. La ventilación natural es un fenómeno espontáneo del ambiente, es una estrategia pasiva empleada en los edificios para ventilar los espacios de manera natural sin hacer uso de medidas activas, o de la necesidad de poner algún mecanismo en marcha para generar confort, lo que garantiza que los espacios tengan una tasa de renovación de aire necesaria para minimizar el riesgo de contaminación interior según la actividad y el tipo de edificación además de proveer confort.

Un tipo de ellas es la ventilación cruzada, cuyo funcionamiento es disponer dos puntos de aberturas para permitir el ingreso y la salida del aire en los espacios interiores de los edificios, sin embargo, la dependencia al fenómeno es impredecible, ya sea porque la fuerza de los vientos no sea suficiente y predomine la calma por largos periodos del tiempo durante el día, los edificios reducen también su fuerza ya que actúan como obstáculos y crean barreras además de que los espacios no tengan las aberturas ubicadas en los lugares que son debidos no la garantiza la ventilación.

Es fundamental garantizar las renovaciones de aire al interior en los diferentes espacios de la vivienda, sobre todo en espacios donde se acumula humedad y en especial en el espacio del dormitorio, con el objetivo de asegurar la calidad del aire, oxigenar los espacios y disminuir los contaminantes generados por la actividad de las personas al interior, la producción de CO_2 que es aproximadamente entre 950 y 1.200gr por día y demás contaminantes ambientales, la materialidad del mobiliario y de la construcción misma.

5.7.1 Régimen de vientos y ventilación natural en el edificio O'Byrne

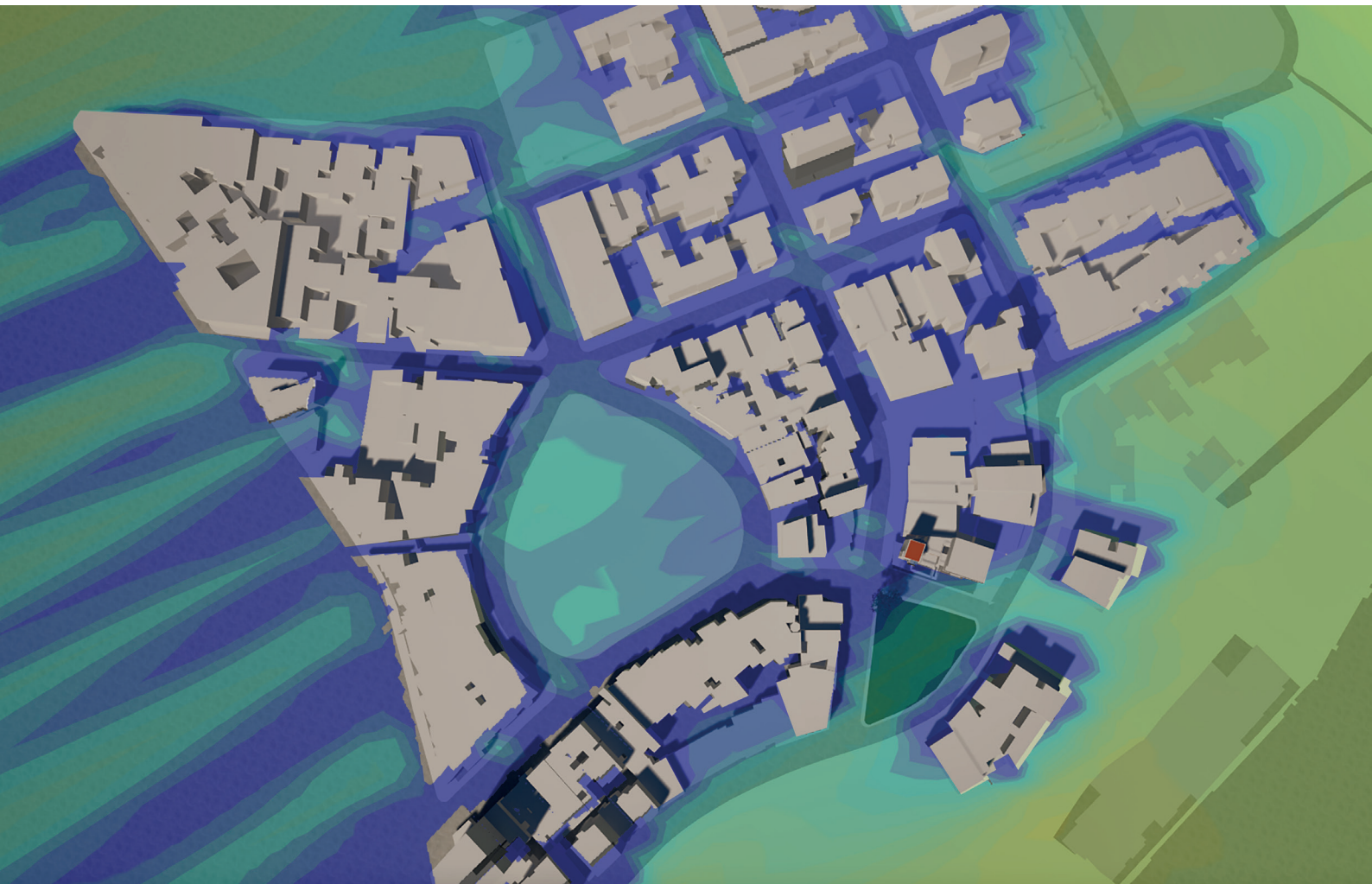


Figura 31. Edificio O'byrne con incidencia de vientos predominante.
Fuente: Elaboración propia a partir de modelo tridimensional, Flow design

La figura 31 simula el comportamiento de la incidencia de la dirección de los vientos predominante: Dirección suroeste, con una velocidad de 2.0 m/seg. Se puede evidenciar que los vientos provienen en dirección opuesta a las aberturas propuestas del edificio, pues la torre actúa como obstáculo y redirige el régimen de vientos desviándolo, de manera que este rodea el edificio, generando turbulencias en la fachada sur y oeste que son las fachadas más herméticas, creando presiones negativas y una gran sombra de viento sobre la fachada norte que es el costado donde se ubica la vidriera y la mayoría de las aberturas de la edificación, por donde ingresaría ventilación sobre las extrucciones de todas las ventanas sobre esa fachada, cuyo objetivo principal es dejar circular y cruzar el viento.

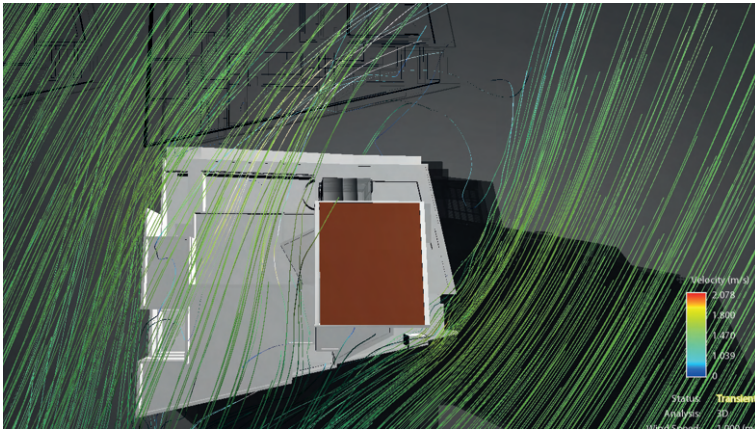


Figura 32. Edificio O'byrne con incidencia de vientos predominante Sureste
Fuente: Elaboración propia a partir de modelo tridimensional, Flow design

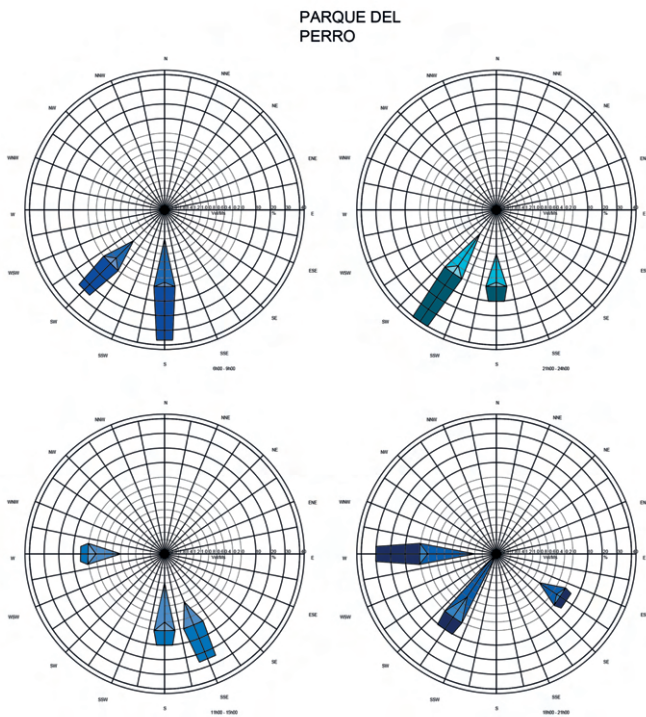


Figura 33. Comportamiento del viento, Dirección/Velocidad en los rangos Horarios
Rosa de los vientos, tomado de estación Parque del perro, Para el barrio san Fernando.
Fuente: Elaboración propia

5.7.2 Régimen de vientos y ventilación natural, Edificio Mola Loft7.



Figura 34. Edificio Mola Loft con incidencia de vientos predominante Sureste
Fuente: Elaboración propia a partir de modelo tridimensional skp.

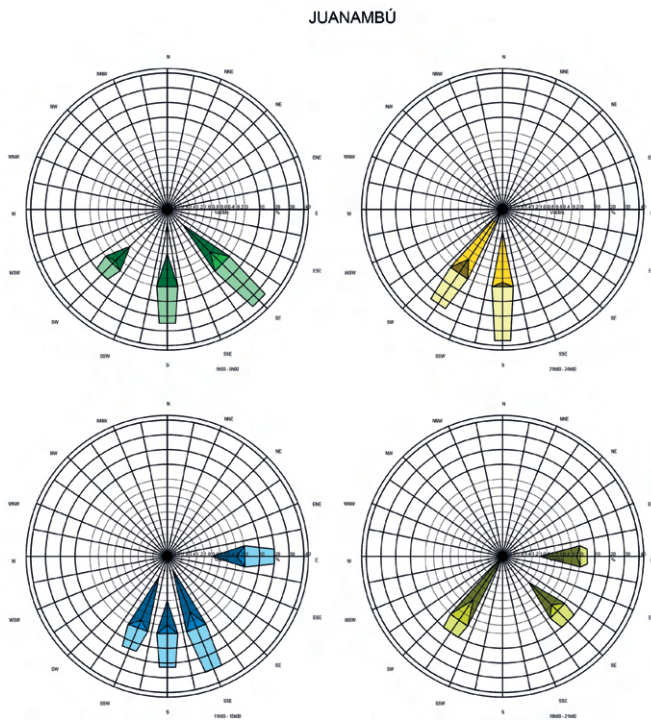


Figura 35. Comportamiento del viento, Dirección/Velocidad en los rangos Horarios, Rosa de los vientos, tomado de estación Juanambú, para el barrio granada.
Fuente: Elaboración propia

La figura 33 simula el comportamiento de los vientos predominantes para el barrio granada sobre la edificación con dirección predominante sursuroeste según la rosa de los vientos, con una velocidad de 1.5 m/seg, sobre la fachada sur. Se puede evidenciar que la la orientación y proporción de la volumetría del edificio actúa como obstáculo, desviando los vientos, sin embargo, se ve favorecida la fachada sur junto con los espacios cercanos, pero no cruzan en los espacios, porque no hay una abertura de salida. Se observa que el aire fluye por entre todas las partes del edificio, pero no con la fuerza necesaria para generar el confort térmico deseado dejando la fachada norte y los espacios al interior sin cruce de vientos y renovaciones de aire.

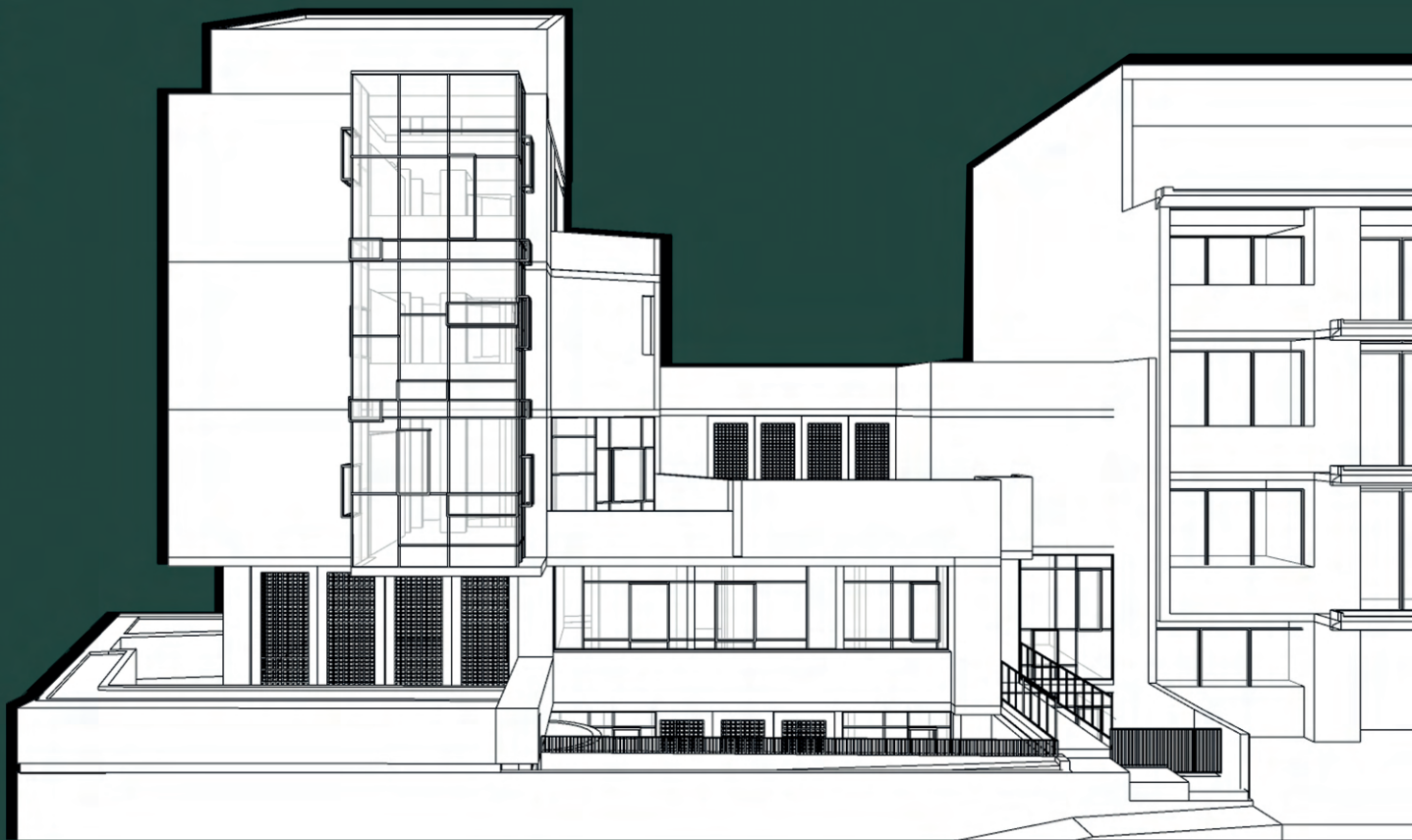
5.8 Inventario de Vanos Edificio O'byrne

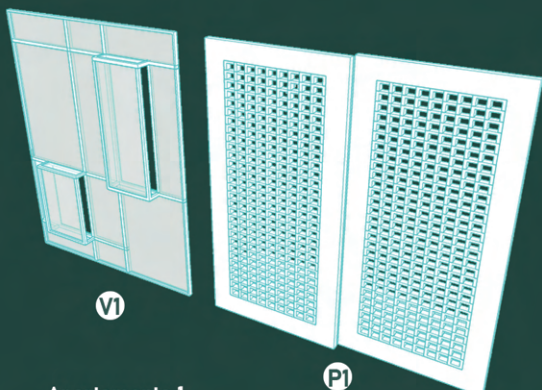
Del edificio de los tres apartamentos seleccionados previamente, se tomaron los vanos que corresponden a dos en especial por cada apartamento, el primero donde se encuentre en relación directa con el comedor y el segundo el más próximo al espacio del dormitorio. El apartamento uno por valorar, posee una condición distinta al resto de los apartamentos, por contar con una carpintería permeable, que son puertas corredizas en madera con perforaciones tipo calados, la cual es una estrategia que permite el paso de los vientos y a su vez mantiene los espacios ventilados constantemente, brinda privacidad y deja entre ver el patio contiguo, que además relacionado directamente con el espacio del salón comedor. El apartamento cuatro a evaluar, tiene una característica distinta al otro, ya que este está en la emblemática caja de vidrio del edificio, la cual tiene marcos metálicos y vidrios fijos, no operables 0% de apertura y coeficiente de descarga 0, la esta reciclada por el arquitecto y plantea una estrategia eficiente y favorable con respecto al clima de la ciudad.

EL EDIFICIO - CASO DE ESTUDIO

Edificio O'byrne
Jaime Cárdenas

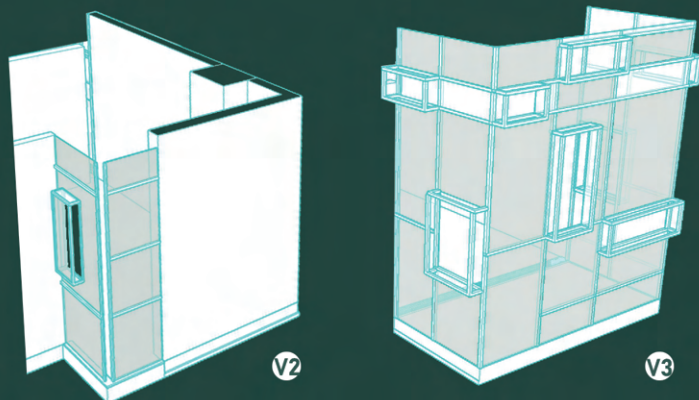
Edificio Lucy Holguín
Borrero, Zamorano y Giovaneli





Apartamento 1

1. Ventana habitación - 2. Puerta corrediza Salón



Apartamento 4

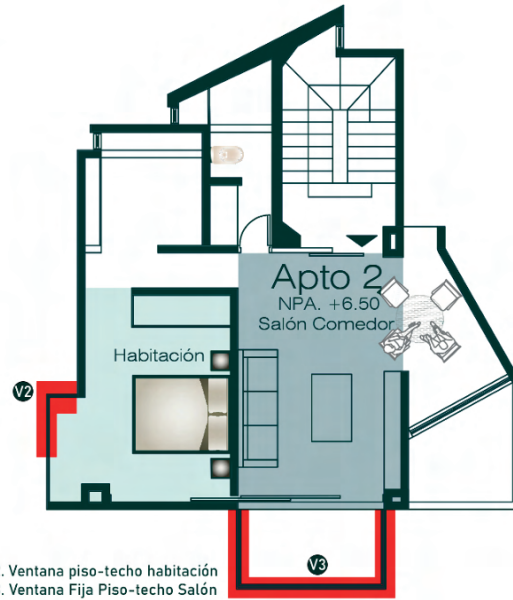
V6. Ventana habitación - V7. Caja de Vidrio Balcon, salón

P1. Esta carpintería de madera, con aberturas en calados, se ubican en el apartamento 1 y en el segundo piso en un apartamento no considerado dentro del estudio. Son puertas corredizas operables perforadas de dos cuerpos, de dimensiones de 2,10m de alto por 1,20m de ancho. Comunican el espacio del salón comedor con el patio. No tiene elementos de protección adicional como cortinas, persianas o black out.

V1. A diferencia de las otras habitaciones, esta tiene un ventanal en la habitación principal el cual tiene dos módulos extruidos para ventilar el espacio por los costados del módulo. Tiene una altura de 2,90m por 2,00m de ancho. Este espacio, adicional tiene una persiana de PVC como protección y brindar privacidad.

V2. Este espacio de la habitación tiene una ventana esquinera piso techo, en la esquina tiene una dilatación y también tiene 1 módulo extruido para garantizar la ventilación del espacio. Cuenta con un elemento de protección adicional, un black out, el cual se utiliza principalmente en la mañana-tarde donde se presentan momentos de deslumbramiento.

V3. El balcón del salón comedor es la caja de cristal, la cual se compone de marcos metálicos y varias extrucciones para ventilar todo el volumen en los 3 pisos y garantizar ventilación cruzada y convectiva permanente en los espacios, esta ventanería está diseñada pensada para el clima tropical-húmedo, según el arquitecto diseñador.



5.8.2 Edificio Mola Loft

La remodelación del edificio en su diseño de aberturas y sistema de fachada plantea unas ventanería convencional de tipo corredera, con un área operable del 50% con coeficiente de descarga de 0.8, con materialidad de marcos metálicos y vidrios de tipo normal claro de 5mm sin película de protección solar. Se eligen los mismos vanos en los espacios, uno próximo al salón comedor y otro en el dormitorio.

P1. Este espacio de la habitación solo tiene esta puerta hacia la fachada principal, la fachada norte, sobre la calle 15, es una puerta de marco metálico de un solo cuerpo fijo no operable, con vidrio claro de 5mm sin película de protección solar, la cual tiene una altura de 2,10m de alto x 0.92m de ancho.

V1. La ventana más próxima al salón comedor es la que se ubica en el espacio de la cocina.

P3. Este espacio de la habitación cuenta con una única puerta ventana, que da hacia la fachada oeste sobre la avenida 8va norte, se compone de dos cuerpos, dos naves de tipo corredera convencional, de piso a techo operable al 50%, con coeficiente de descarga de 0.8, con marco metálico y vidrio claro de 5mm sin película de protección solar. Tiene altura de 2.50m x 4.10 de ancho.



Apartamento 2
P3. Puerta ventana corredera habitación



Apartamento 3
P1. Puerta Batiente habitación
V3. Ventana corredera salón

5.10 Conclusiones

- En el edificio el diseño de la envolvente y el sistema de aberturas debe dar a sus ocupantes la oportunidad de ajustarlas a su gusto y a las condiciones ambientales del entorno. La incomodidad que puede presentar tener una ventanearía fija no operable, puede aumentar si no se proporciona cierto control sobre estas, o si son inapropiados en dimensiones e ineficaces.
- Pensar en tener un sistema de aberturas fijas no operables en la edificación, como el caso del edificio de objeto de estudio (edificio O'byrne) con ciertos planos abiertos sin superficie vidriada, no garantiza una adecuada renovación de aire al interior de los diferentes espacios, ni el ingreso y salida del aire en el proyecto.
- Los edificios que fueron diseñados en esa época, con similares características, deberían ser objeto de estudio y de revisión en su cambio con los años en el ambiente higrotérmico y en las variables climáticas.



A large, dark green number '6' is positioned on the right side of the page, partially overlapping the chapter title. It is a solid, bold font.

Capítulo 6
PROPUESTA DE RENOVACIÓN
Enfoque de renovación

CAPÍTULO 6

PROPUESTA DE RENOVACION

Enfoque de Renovación

Para poner en valor tanto una edificación que ha sido un referente importante en el tiempo e historia y de un edificio remodelado y reciclado, este trabajo de grado pretende plantear unas soluciones y medidas arquitectónicas las cuales se basan en un diseño especulativo, interviniendo ambas edificaciones para proporcionar unas mejores condiciones de habitabilidad todas ellas relacionadas con el confort térmico y que a su vez proporcionen salud y bienestar a sus ocupantes a través de las intervenciones, las cuales son operaciones puntuales relacionadas (1) control de la humedad, (2) reducción de ganancias térmicas y (3) sistema de ventilación, ventilación cruzada.

Se identificaron las estrategias bioclimáticas más eficientes según el clima de la ciudad, cálido húmedo, mediante una matriz de comparación y simulaciones que determina las estrategias finales para la simulación. Esta fase de diseño se realizó a través de simulaciones dinámicas desarrolladas en el software Design Builder soportado por Energy Plus, mediante un modelo simplificado que considera variables de el sistema geométrico, envolvente, ocupación, actividad, funcionamiento y ventilación.

Para realizar el análisis se utilizaron 2 archivos climáticos diferentes debido a la ubicación de la estación climática más cercana al proyecto, el clima y sus variaciones en ellos, para el edificio O'Byrne en el barrio San Fernando: COL_VAC_Cali-Aragon.Intl.AP.802590_TMYx.2007-2021.stat y para el edificio MOLA ubicado en el barrio granada: COL_VAC_Cali-Aragon.Intl.AP.802590_TMYx.2007-2021.stat en formato epw.

Para identificar la respuesta de la optimización de la envolvente a los efectos futuros del cambio climático, se realizó también una simulación considerando los impactos futuros de la temperatura, la humedad y la velocidad del aire en el año 2050 y 2080, para evidenciar si realmente las intervenciones en los edificios tienen perdurabilidad en el tiempo.

6.1 Model Input data Edificio O'Byrne

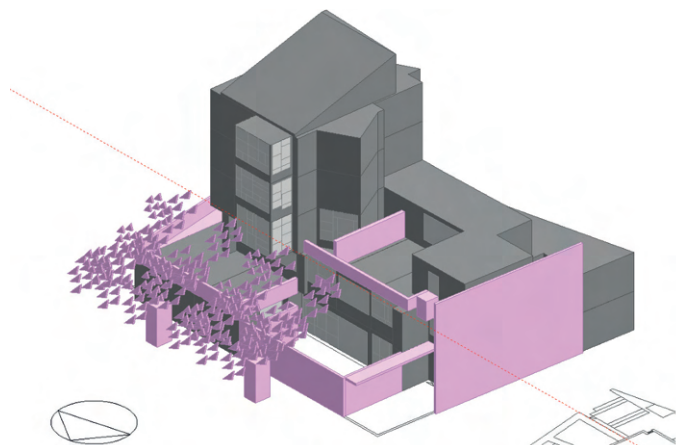


Figura 40. Axonometría de la geometría actual del edificio O'Byrne
Fuente: Elaboración propia, modelado Design Builder

6.2 Model Input data Edificio Mola

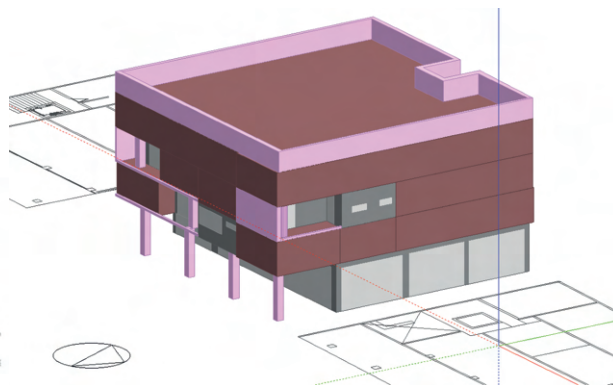


Figura 41. Axonometría de la geometría actual del edificio Mola
Fuente: Elaboración propia, modelado Design Builder

- **Tiempo de ejecución de la situación:** (Edificio O'Byrne) 26 días – 4 enero / 30 enero.
(Edificio Mola) 30 enero / 20 febrero, 2024.

- **Evaluación de zonas térmicas:** Salón comedor, dormitorio.

- **Envoltente:** Propuesta de envoltente para un mejor comportamiento higrotérmico, reflejado en la salud de las personas.

- **Horario:** El horario de las viviendas es variable, según el usuario del apartamento y sus actividades, se consideró una densidad de ocupación de 0.0229 personas/M² ocupando los espacios en la vivienda.

- **Sistema y carga:** Para la simulación, se configura y considera la ventilación natural.

- **Ocupación edificio O'Byrne:** El apartamento EO-101 vive un adulto mayor. En el EO 301 un adulto y dos mascotas.

- **Ocupación edificio Mola:** En el apartamento ML-401 habitan un adulto. En el ML-301, vive un adulto de edad de 50 años.

6.3 Rango de confort Temperatura / Humedad

Con base en la información de ambos archivos climáticos de las dos estaciones, se calculó la zona de confort según el modelo adaptativo según Brageira y Dear en ASHRAE 55, este modelo considera que el cuerpo de las personas se puede adaptar según el entorno que habiten con lo cual desarrollan diferentes niveles de tolerancia al frío o al calor. La zona de confort adaptativo se calcula con la siguiente fórmula donde:

Tc= temperatura de confort

Tm= Temperatura media exterior

La temperatura media de los lugares es de 24,0°C, por tanto, la temperatura de confort será 25,2°C.

Para validar los valores medidos in situ de temperatura y de humedad de cada apartamento versus el software (Desing Builder), el modelo dinámico se calibró y se realizó una primera simulación con los datos climáticos ya mencionados para cada edificio y se configuró según el estado actual.

Fórmula	Confort 90%	Confort 80%
	$Zc=Tc(\pm)2,5^{\circ}C$	$Zc=Tc(\pm)2,5^{\circ}C$
Rango de Temperaturas	$Zc=22,7 - 27,7^{\circ}C$	$Zc= 21,5 - 28,7^{\circ}C$

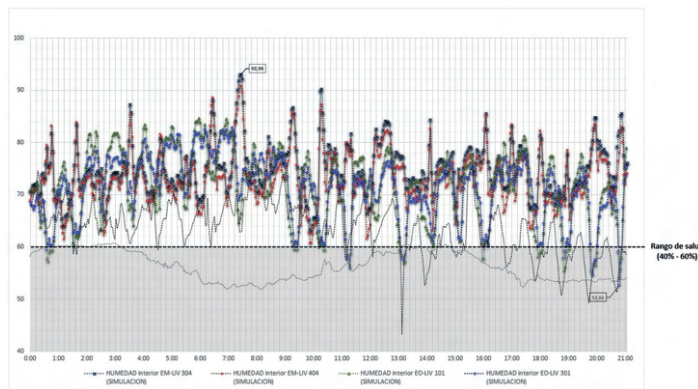


Figura 42. Simulación. Humedad relativa de las salas de estar HR. La HR exterior proviene de los datos climáticos del archivo Colombia_Cali_UnivalleEPW, epw y COL_VAC_Cali-Aragon.Intl.AP802590_TMYx.2007-2021 epw.
Fuente: Elaboración propia.

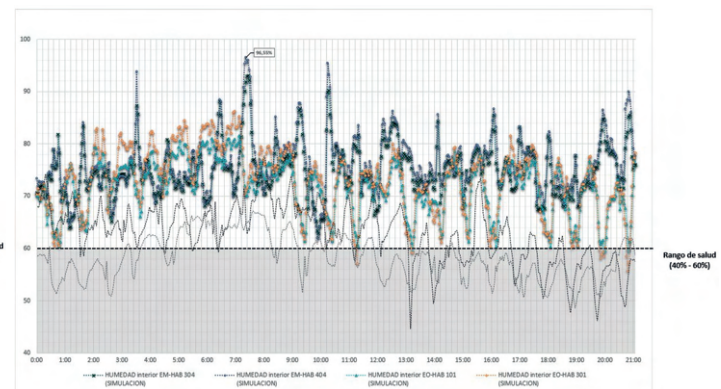


Figura 43. Simulación. Humedad relativa de las habitaciones HR. La HR exterior proviene de los datos climáticos del archivo Colombia_Cali_UnivalleEPW, epw y COL_VAC_Cali-Aragon.Intl.AP802590_TMYx.2007-2021 epw.
Fuente: Elaboración propia.

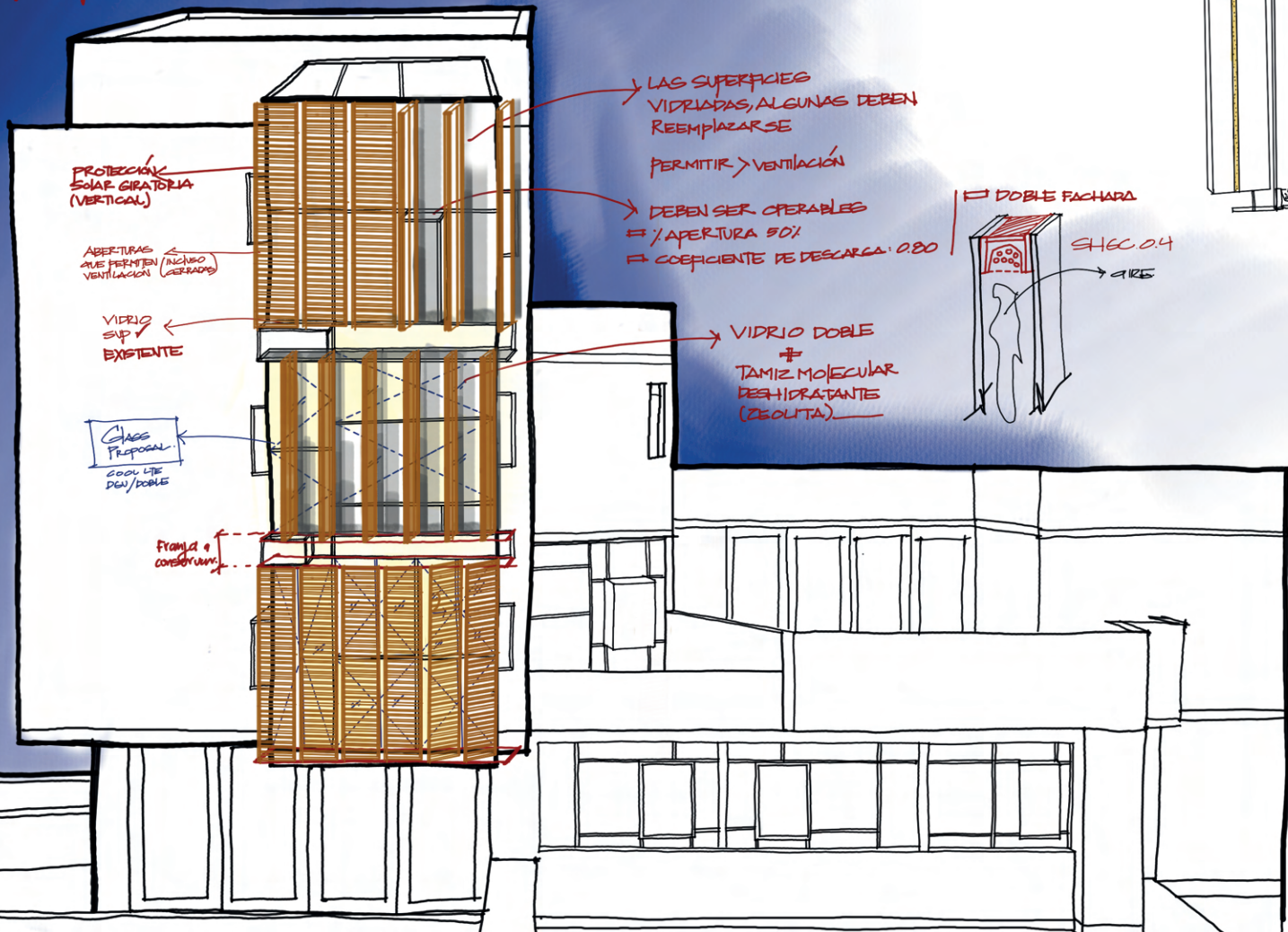
Las primeras simulaciones realizadas con las intervenciones en el sistema de fachada, arrojaron resultados poco favorables con niveles elevados de humedad en los espacios evaluados, salon comedor y dormitorio.

6.4 Descripción de la Renovación de la Envolvente Estrategias bioclimáticas

INFLUENCIA DE LAS ABERTURAS DE FACHADA EN EL CONTROL DE LA HUMEDAD RELATIVA PARA **LOGRAR ESPACIOS SANOS**

El clima de Cali presenta altas temperaturas diurnas y nocturnas y unos niveles altos de humedad. Por lo tanto, es necesario emplear estrategias de enfriamiento pasivo y así mejorar el confort y reducir la demanda energética interna. La renovación del sistema de fachadas de las edificaciones anteriormente descritos se enfoca en mejorar los dispositivos de sombreado en las fachadas, buscando una protección contra la radiación solar directa y difusa bloqueando los rayos solares, porcentaje de abertura y operabilidad de las ventanas para potenciar el flujo de ventilación al interior de los espacios y la adición de una película con un SHGC para reducir las ganancias de calor por radiación.

PROPOSAL 1 MOBILE SHADING ASSEMBLY



6.5 Propuesta de Renovación de Vivienda

La serie de modificaciones que se propone para el Edificio O'Byrne y el Edificio Mola apuntan a tener en cuenta estrategias pasivas, de ventilación natural, iluminación natural, con menor temperatura y menor ruido incorporando en la vivienda vegetación, la cual mitiga y contiene la radiación solar directa.

- Elementos de protección solar

Con esta estrategia es posible controlar el sobrecalentamiento en los espacios, se plantea una segunda piel en edificio, con unos paneles en madera ajustables, que proporciona también una función estética y reduce la insolación en la envoltura transparente de las aberturas que se plantean atrás de estos dispositivos, ya que en los trópicos las ventanas deben estar sombreadas durante todas las horas del día ONU-Hábitat 2018.

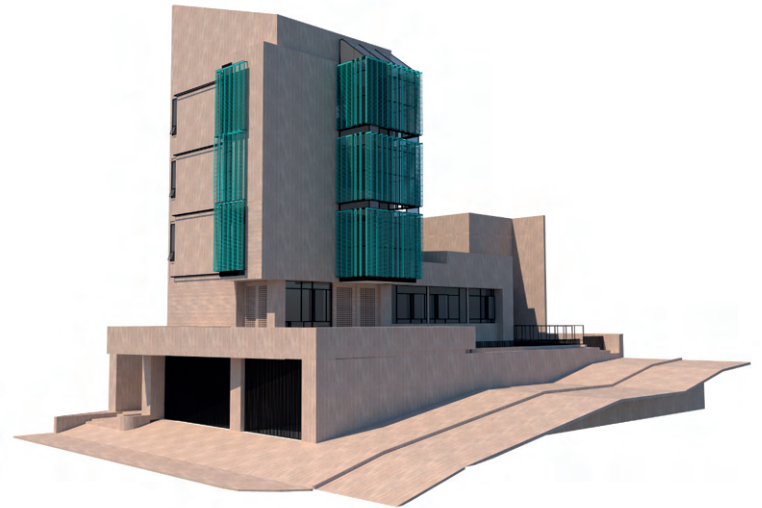
- Muros verdes

Los muros verdes son sistemas de fachada en los que las plantas crecen directamente sobre las superficies verticales de los edificios o en estructuras de soporte sobre los muros. Se elige esta estrategia para mejorar el confort térmico, ya que la vegetación enfría el aire, se genera un proceso de evapotranspiración y disipar la radiación absorbida, sobre todo en los muros que están más expuestos en la mañana, que es donde se propone esta estrategia. La evapotranspiración es la pérdida de agua de una planta durante su proceso de respiración y evaporación, donde el calor se absorbe durante la evaporación del agua de las plantas lo que genera un enfriamiento evaporativo que refresca la temperatura de las fachadas. También contribuye con el confort acústico, el cual actúa como barrera de ruido y genera un clima acústico y sonoro al interior, ya que el edificio cuenta con una cercanía a 2 parques de alto flujo de personas.

6.5.1 Fachada Actual del edificio O'Byrne, intervenciones y estrategias

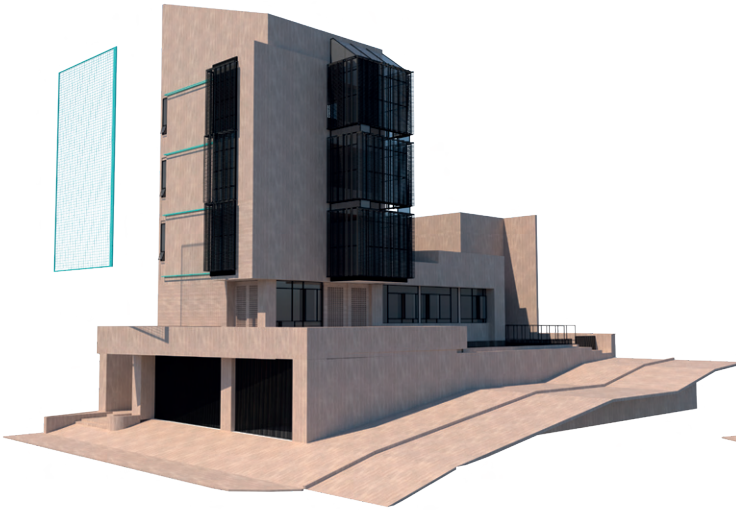


FACHADA INICIAL, ACTUAL



FACHADA ADAPTATIVA

Las fachadas principales de la torre se modifican con paneles móviles, que pueden ser ajustadas o rotadas, para hacer una variación en la necesidad del espacio según lo requiera el usuario, la cual controla la entrada de radiación solar, luz, visuales y privacidad.



SISTEMA TRADICIONAL DE MURO VERDE

La vegetación que se plantea crece directamente en las paredes, sobre una estructura de soporte con un mantenimiento regular. Este tipo de fachada verde puede mejorar la calidad del aire, los altos niveles de ruido y la eficiencia energética debido al aumento del confort térmico. Así mismo, esta estrategia puede capturar dióxido de carbono y proporcionar un hábitat para biodiversidad.



ENVOLVENTE TRANSPARENTE

Se mantuvo la modulación original del edificio, se plantean una ventanería de tipo corredera y se mejoró su rendimiento mediante una película para ventanas con un SHGC de 0,48. De este modo se reduce la ganancia de calor procedente de la radiación solar.

Fachada adaptativa

1. Ventanería Operable + película SHGC 0.48
2. Viga C perimetral adosada a la losa de hormigón
3. Estructura metálica para Vegetación - muro verde
4. Paneles móviles madera

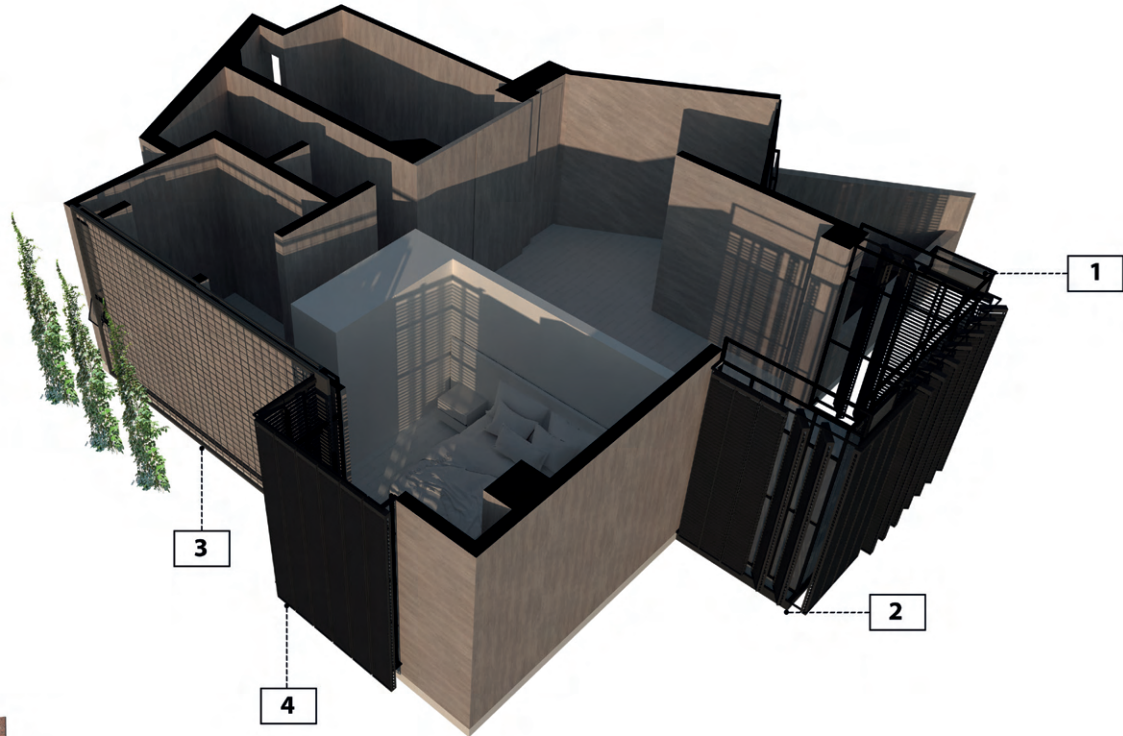


Figura 45. Axonometría con intervención del sistema de fachada – Edificio O'Byrne
Elaboración propia, Sketchup + Psd 2024.

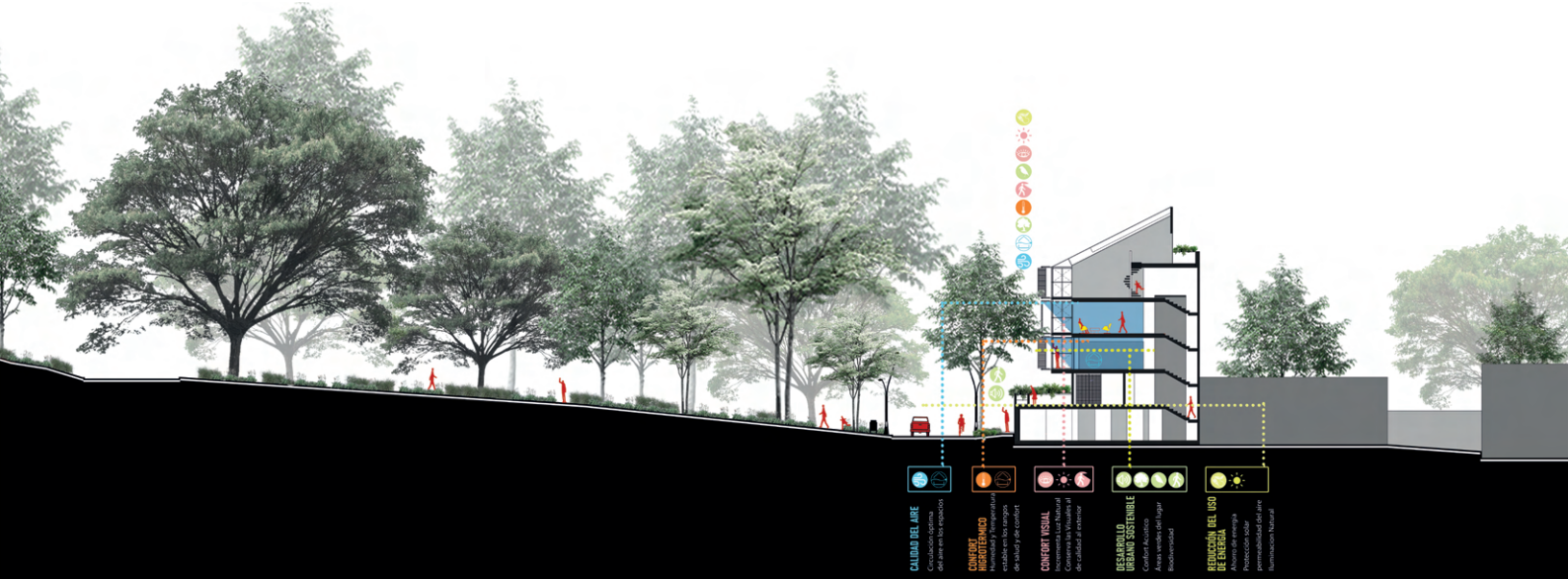


Figura 52. Edificio O'Byrne Corte por fachada con intervención en el sistema de fachada.
Elaboración propia, AutoCAD 2d + Psd, 2024.

INFLUENCIA DE LAS ABERTURAS DE FACHADA EN EL CONTROL DE LA
HUMEDAD RELATIVA PARA **LOGRAR ESPACIOS SANOS**

Las condiciones climaticas del lugar, traducidas en el edificio

La fachada - Como un sistema

La modificación de la fachada principal, sobre la caja de vidrio protegen el interior de los efectos de la radiación solar, la porosidad de las ventanas en conjunto con los elementos horizontales y verticales, garantizan una mejoría en la ventilación natural, así como las renovaciones requeridas en cada uno de los espacios.

Los paneles verticales propuestos en fachada, brinda privacidad al poder rotarse en conjunto con los elementos horizontales, que al cerrarse, deja entrever el exterior

Módulo de ventanas

Las ventanas originales, las cuales son fijas, no operables fueron reemplazadas por ventanas de tipo corredera con un area operable del 50%

Los cerramientos traslucidos de las ventanas se eligieron de acuerdo a la sensación termica de las personas que habitan el edificio, las cuales concuerdan que la zona de estar es calurosa, se fijaron vidrios con baja emisividad, para bloquear el calor solar y se mejoró su rendimiento mediante una película para ventanas con un SHGC de 0,48



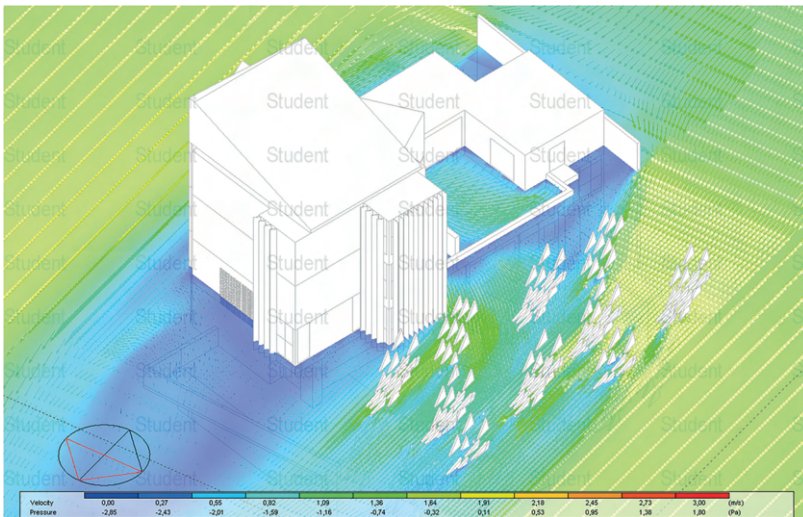
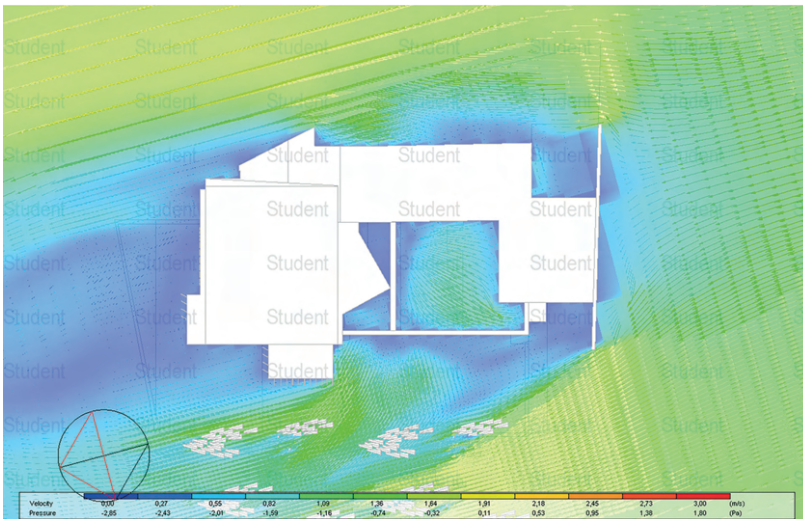


OPTIMIZACION FINAL DE LA ENVOLVENTE

El conjunto de estas operaciones en la envolvente, mejoran notablemente el confort higrotermico de los espacios de la vivienda y por ende, la salud de sus ocupantes.

Figura 46. Imagen, Render Exterior, Propuesta de fachada





6.6 Ventilación Natural, aberturas del sistema de fachada

La intervención que se propone para el Edificio O'Byrne se basa principalmente en las estrategias pasivas de confort climático para el trópico, con especial énfasis en la ventilación natural.

Ventilación natural: Las opciones de diseño de ventilación natural son las estrategias más efectivas para mejorar el confort térmico en los apartamentos. La mejor opción es buscar tener una ventilación de flujo constante lo que en el escenario actual reduce las horas de sobrecalentamiento en la mayoría de los espacios.

Figura 47. Simulación Edificio O'Byrne con incidencia de vientos predominante.
Fuente: Elaboración propia a partir de modelo tridimensional, Desing Builder, CFD

La simulación muestra el comportamiento de la incidencia de la dirección de los vientos predominantes: Dirección suroeste, con una velocidad de 1.64 m/seg. Se puede evidenciar que los vientos provienen en dirección opuesta a las aberturas propuestas inicialmente en el edificio, pues la torre actúa como obstáculo y redirige el régimen de vientos desviándolo, de manera que este rodea el edificio, generando turbulencias en la fachada sur y oeste que son las fachadas más herméticas, creando presiones negativas y una gran sombra de viento sobre la fachada norte que es el costado donde se ubica la vidriera y la mayoría de las aberturas de la edificación por donde ingresaría ventilación sobre las extrucciones de todas las ventanas sobre esa fachada, cuyo objetivo principal es dejar circular y cruzar el viento.

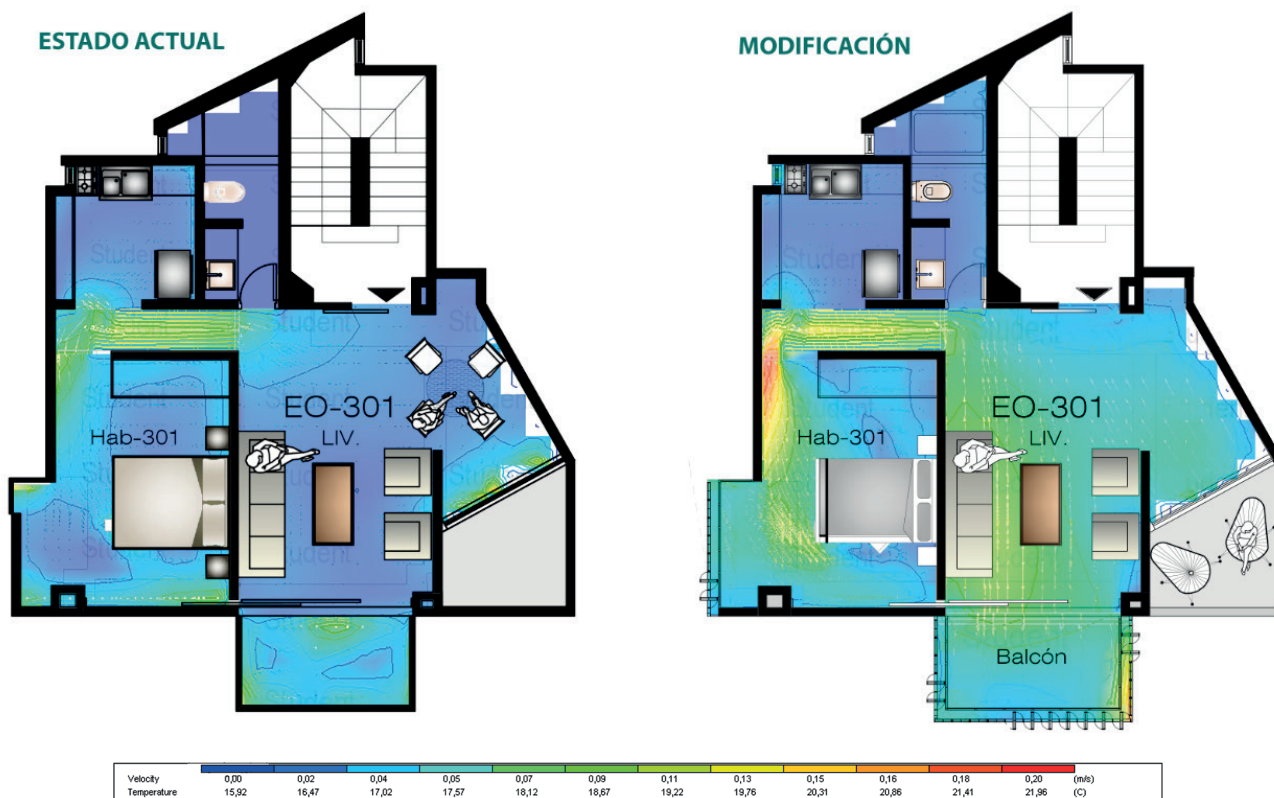


Figura 48. Simulación, Edificio O'Byrne 301, Flujo de vientos inicial – Flujo de vientos modificación de aberturas
Fuente: Elaboración propia a partir de modelo tridimensional, Desing Builder, CFD

6.6.1 Hab301 _Habitación

El diseño de la habitación planteada en el edificio no garantiza la renovación adecuada de aire, ya que el espacio no tiene aberturas opuestas y la abertura efectiva es insuficiente.

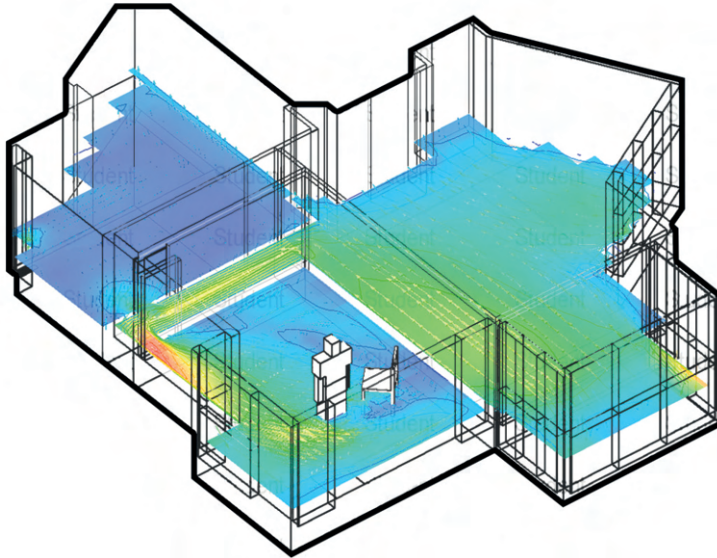


Figura 49. Simulación, Edificio O'Byrne 301, Flujo de vientos inicial – Flujo de vientos modificación de aberturas
Fuente: Elaboración propia a partir de modelo tridimensional, Desing Builder, CFD

La velocidad del viento en el espacio oscila entre 0,00 y 0,02 M/s velocidad la cual no garantiza en número de renovaciones, ni el confort higrotérmico en la habitación. La caja acristalada de el espacio del balcón se evidencia que el movimiento del aire tiene una velocidad muy baja, con lo cual el espacio con el sistema de fachada que cuenta es poco eficiente para proveer confort, y mantener la humedad relativa en el rango de salud. Según la norma DIN de 1946 se indica el número aconsejable de renovaciones de aire por hora en los diferentes tipos de espacios los cuales deben de tenerse en consideración en el momento de disponer las aberturas en el diseño.

HAB-301			
Velocidad	M/s	% Espacio	
	0	10	0
	0,02	5	0,1
	0,04	5	0,2
	0,05	48	2,4
	0,07	13	0,91
	0,09	7	0,63
	0,11	2	0,22
	0,13	2	0,26
	0,15	1	0,15
	0,16	4	0,64
	0,18	2	0,36
	0,2	1	0,2
		100	0,0607

Tabla 7. Velocidades de entrada con modificación en Edificio O'Byrne, Hab 301

TIPO DE LOCAL	R*Hra	Sector
GUARDA ROPA	4>6	Residencial
HABITACIÓN	3>8	
WC	5>7	
DUCHA	15>25	
COCINA	10>15	
SALON COMEDOR	5>8	

Tabla 8. Norma DIN (1946).

Según los estándares establecidos para la calidad de aire interior en los espacios, las renovaciones de aire por hora para el sector residencial son cruciales para mantener los espacios en un ambiente saludable y confortable. Específicamente para una habitación, se estima que el número adecuado de renovaciones de aire por hora deben ser entre 3 y 8, esto asegura que el aire en la habitación este renovado, lo cual controla la humedad, elimina contaminantes del aire y proporciona confort por el suministro de aire que ingresa al espacio. La correcta disposición de las aberturas en las edificaciones que permite que ingrese la ventilación, no solo mejora la calidad del aire, sino que también contribuye al bienestar y salud de sus ocupantes.

Con el antecedente de la pandemia del año 2020, muchas personas tuvieron que adaptarse a trabajar desde sus casas, pasando la mayor parte del tiempo en los espacios, este cambio puso en evidencia muchas de las falencias que tienen los espacios domésticos y la importancia que tiene contar con un entorno ventilado de manera adecuada. Es por esto que es importante que sea una consideración de peso en el momento de proyectar y diseñar espacios residenciales, ya que esto también puede prevenir enfermedades de salud asociados a la calidad del aire como alergias, asma y otras enfermedades de tipo respiratorio, así como también la productividad.

Según la simulación se tomó este valor de las renovaciones de aire por hora y se calculó por espacio si se cumple con este requerimiento.

$$V \cdot E \cdot A / 2 \cdot 3,600S$$

VOL

$$0,06 \cdot 0,35 \cdot 5,8 \cdot 3,600 \quad 211,68 \quad 5,22 \text{ Hab}$$

$$16,23 \cdot 2,50 \quad 40,575$$

$$0,06 \cdot 0,35 \cdot 6,48 \cdot 3600 \quad 263,09 \quad 4,72 \text{ salón}$$

$$22,3 \cdot 2,5 \quad 55,75$$

Según la ecuación con el cálculo de renovaciones para cada espacio en la habitación se requieren 8 renovaciones por hora en el espacio de la habitación y 6 en la cocina. Sin embargo, según los cálculos realizados con la modificación proyectada, estos espacios no cumplen con este requisito.

CAUDAL DE RENOVACIONES			
Espacio	#renovaciones	ÁREA M2	Total
HABITACIÓN	8	16,23	5,2
SALÓN	6	22,3	4,7

Tabla 9. Caudal de renovaciones, edificio O'Byrne apartamento 301

6.6.2 LIV 301_Salón comedor

Según la simulación que se realizó en cfd con la distribución y las aberturas de estos predominan velocidades muy bajas. Estas velocidades no son suficientes y no llegan a cumplir con las renovaciones de aire por hora necesarias en los distintos espacios del apartamento en general.

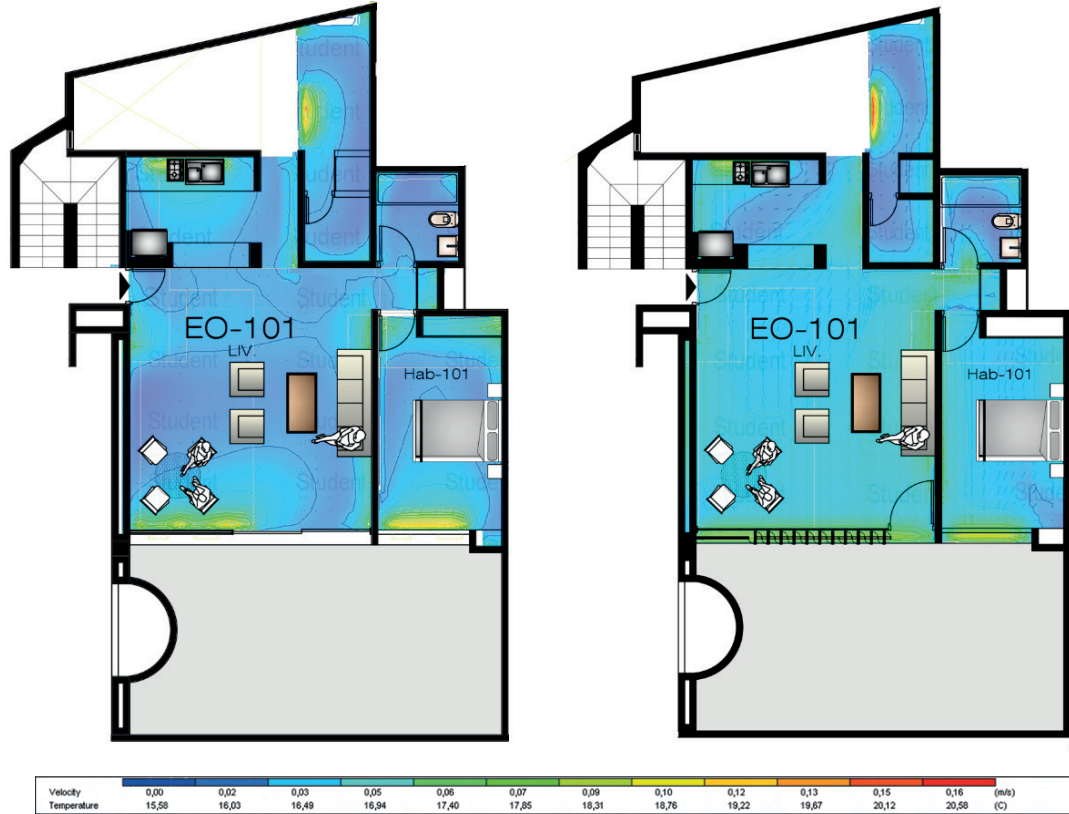
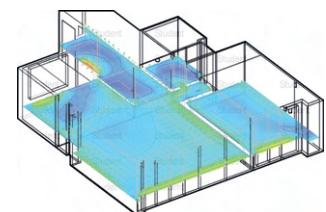


Figura 50. Simulación, Edificio O'Byrne 101, Flujo de vientos inicial – Flujo de vientos modificación de aberturas
Fuente: Elaboración propia a partir de modelo tridimensional, Desing Builder, CFD

6.6.3 Hab 101_Habitación

La habitación de este apartamento al igual que el salón se observa poco movimiento del viento que ingresa por sus aberturas fijas, no son las deseadas y no son eficientes. Después de la modificación de la fachada, las simulaciones indican un incremento significativo en el movimiento del aire en comparación con respecto a el flujo de aire inicial. Sin embargo, continúan sin suplir las necesidades de tasa de ventilación.

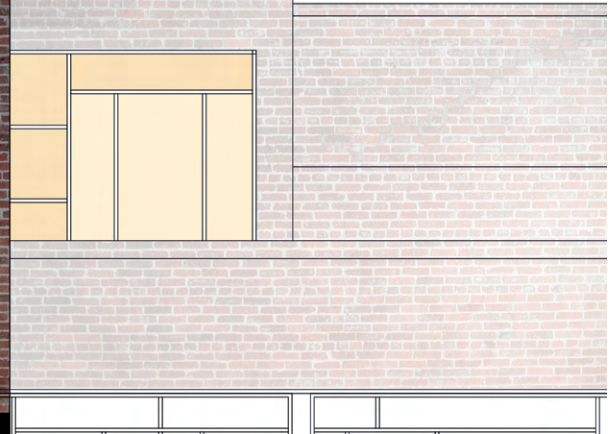




Se conserva la intención inicial en la modulación de la fachada vidriada transparente, interviniendola con nuevas ventanas y elementos de protección solar.

- Paneles - rejillas - fachada de madera
- Aberturas: Ventana corredera con area operable 50%
- Incrementa la tasa de ventilación
- Plegable (enrollado post-flujo)
- Elementos de Protección solar: persiana de listones de madera giratoria vertical
- Visibilidad de calidad hacia el exterior, incluso estando cerrado

Figura 51. Edificio O'Byrne Fachada principal modificada propuesta
Elaboración propia, AutoCAD 2d + Psd, 2024.



6.7 Propuesta de renovación de vivienda, Edificio Mola

INFLUENCIA DE LAS ABERTURAS DE FACHADA EN EL CONTROL DE LA HUMEDAD RELATIVA PARA **LOGRAR ESPACIOS SANOS**

La modificación propuesta en el sistema de fachada que se propone para el Edificio Mola también contempla estrategias pasivas como la ventilación e iluminación naturales, con menor temperatura y menor ruido incorporando en la vivienda vegetación, la cual mitiga y contiene la radiación solar directa en los bordes de las losas de los apartamentos. La propuesta también propone e incorpora dispositivos móviles de protección.

Figura 53. Ilustración del Edificio Mola, proceso de diseño propuesta de Intervención – Sketch mano alzada 2024.

RENOVACIÓN DE LA ENVOLVENTE

- DISPOSITIVOS DE SOMBRADO / OPERABLES MÓVILES
- SUPERFICIES VIDRIADAS / SHECS, PELÍCULAS...
- OPTIMIZACIÓN DE LA ENVOLVENTE OPACA (VERTICAL)
- VEGETACIÓN

Aprovechar los restos de MATERIAS
Ni una materia

REEMPLAZO DE VIDRIOS ANTIGUOS POR KLEA (sin sus paneles)

REVESTIMIENTO RESISTENTE



6.8 Fachada actual del edificio Mola, intervenciones y estrategias



FACHADA INICIAL, ACTUAL



FACHADA ADAPTATIVA

La implementación de paneles sombras móviles en la sala de estar y dormitorios proporcionan luz natural indirecta, ventilación, protección solar y privacidad, a demás del confort acústico, el cual se resuelve con amortiguadores de ondas sonoras en las celosías de los paneles . Estos son los espacio con el área de ventana más significativa.





WINDOW BOX, ABERTURAS

Refuerza la idea principal del diseñador, pero se potencia con la profundidad de las cajas, la cual no cumplen una función específica, para espacio de los balcones en conjunto con la vegetación que protege con sombra



VOLADIZOS FIJOS

Implementación de voladizos horizontales fijos, dando sombra a la ventana que está en contacto con el espacio del balcón, área que recibe más radiación directa, además de la creación de áreas verdes, mejorando la calidad del aire y el confort, ya que el contexto y la zona carecen de este componente.



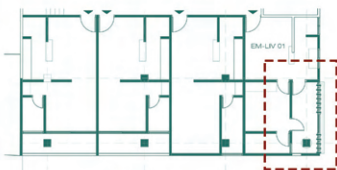
Propuesta

Fachada adaptativa

+

Voladizos fijos - Materas

1. Perfiles huecos cuadrado anclados a la losa estructural de hormigón.
2. Viga C perimetral adosada a la losa de hormigón
3. Vigas de perfil cuadrado hueco
4. Voladizo metálico con materia
5. Paneles móviles madera



Propuesta Fachada Norte
Materas, Vegetación, fachada móvil, voladizos



OPTIMIZACIÓN DE LA ENVOLVENTE

El conjunto de estas operaciones en la envolvente, mejoran notablemente el confort higrotermico de los espacios de la vivienda



Propuesta Fachada Este
Materas, Vegetación, fachada móvil, voladizos.



6.10 Ventilación natural, aberturas del sistema de fachadas

Para mejorar la entrada de flujo de viento en la edificación, se plantea mejorar las aberturas en la fachada principal y en las circulaciones, sin embargo, las unidades de vivienda ya redistribuidas no permiten hacer cambios significativos con respecto a las dimensiones de las aberturas existentes. La orientación del edificio tampoco favorece la entrada de flujo de viento, ya que los vientos predominantes provienen sobre las fachadas opuestas y cerradas que son las fachadas nor-oeste y suroeste. Con las modificaciones en la simulación se evidencia que se incrementa el movimiento del aire, sobre todo en el espacio del salón comedor, estas mejoras no son suficientes para cumplir con la norma de tasa efectiva de ventilación.

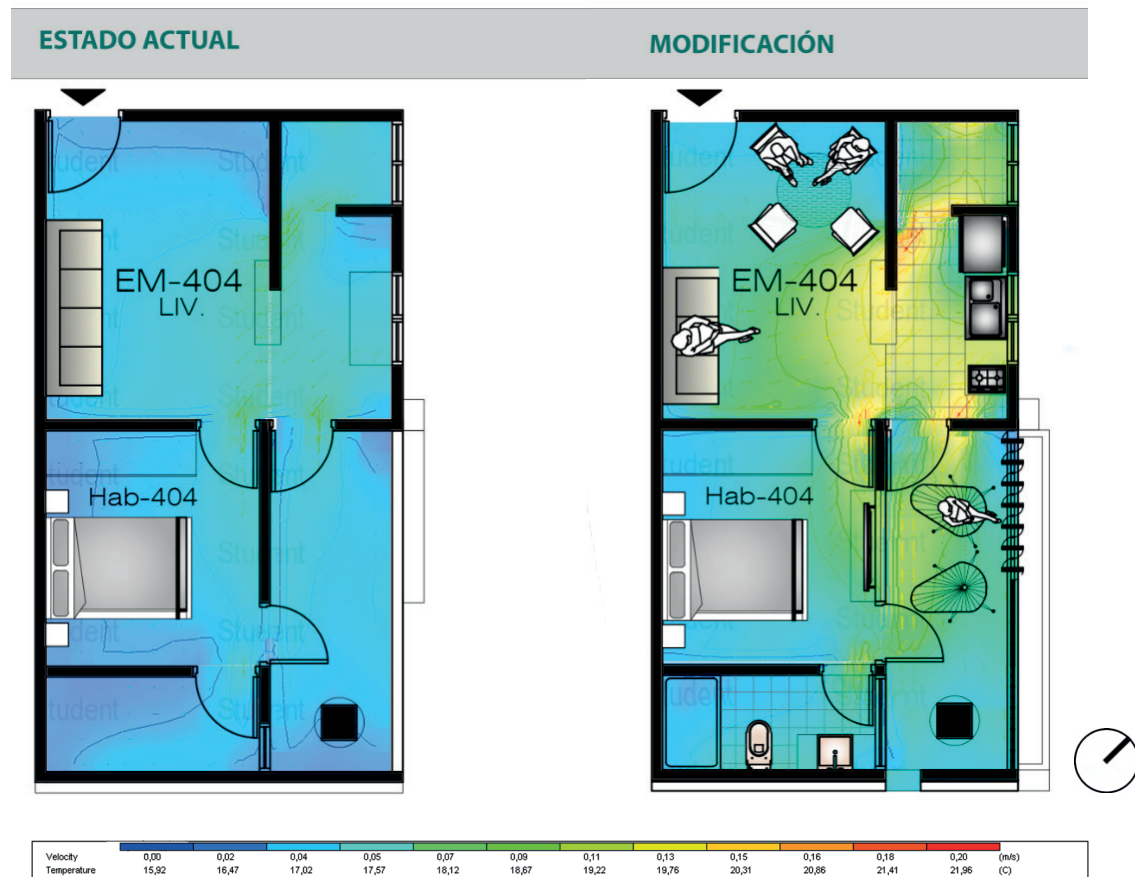


Figura 55. Simulación, Edificio Mola 404, Flujo de vientos inicial – Flujo de vientos modificación de aberturas
Fuente: Elaboración propia a partir de modelo tridimensional, Desing Builder, CFD

6.10.1 LIV 404- Salón comedor

Los espacios de esta tipología de apartamento plantean pocas aberturas, ninguna abertura hacia la circulación y sobre las fachadas principales solamente una sobre el espacio de la cocina, debido a lo cual, no hay una ventilación óptima de la mayoría de los espacios.

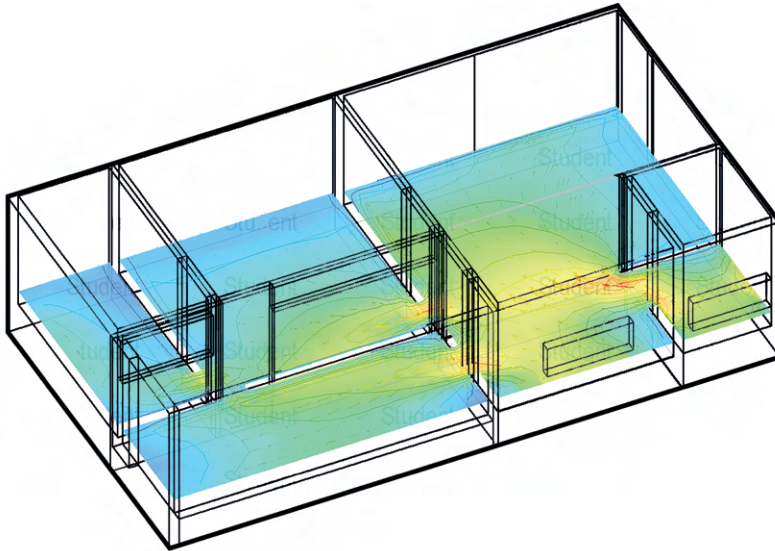


Figura 56. Simulación, Edificio Mola 404, Isometría Flujo de vientos inicial – Flujo de vientos modificación de aberturas Fuente: Elaboración propia a partir de modelo tridimensional, Desing Builder, CFD

Ecuación para calcular renovaciones por hora:

$$V \cdot E \cdot A / 2 \cdot 3,600S$$

VOL

$$0,05 \cdot 0,35 \cdot 5,8 \cdot 3,600 \quad 176,4 \quad 6,91 \text{ Hab}$$

$$10,64 \cdot 2,20 \quad 25,536$$

$$0,05 \cdot 0,35 \cdot 5,8 \cdot 3,600 \quad 176,4 \quad 5,42 \text{ Salon}$$

$$10,64 \cdot 2,20 \quad 32,568$$

Según la ecuación con el cálculo de renovaciones en los espacios de la habitación y del salón en el edificio Mola, donde en la habitación hay 6,9 renovaciones y en el salón alcanza las 5,4 renovaciones. Aun así, no cumplen con los números de renovación.

HAB-404			
Velocidad	M/s	% Espacio	
	0	8	0
	0,02	15	0,3
	0,04	10	0,4
	0,05	42	2,1
	0,07	9	0,63
	0,09	8	0,72
	0,11	2	0,22
	0,13	1	0,13
	0,15	1	0,15
	0,16	1	0,16
	0,18	2	0,36
	0,2	1	0,2
		100	0,0537

Tabla 10. Velocidades de entrada, edificio Mola, Hab 404

CAUDAL DE RENOVACIONES			
Espacio	#renovaciones	ÁREA M2	Total
HABITACIÓN	8	10,64	6,9
SALÓN	6	13,57	5,4

Tabla 11. Caudal de renovaciones, edificio O'Byrne apartamento 404

6.10.2 HAB 404 - Habitación

La habitación como se plantea en la remodelación del edificio ubica pocas aberturas, con lo cual, la ventilación en el espacio tiene velocidades muy bajas y no garantiza una renovación efectiva. En general, en todo el apartamento presenta velocidades de viento muy bajas que ingresan a los espacios, lo cual no favorece el número de las renovaciones requeridas por espacio.

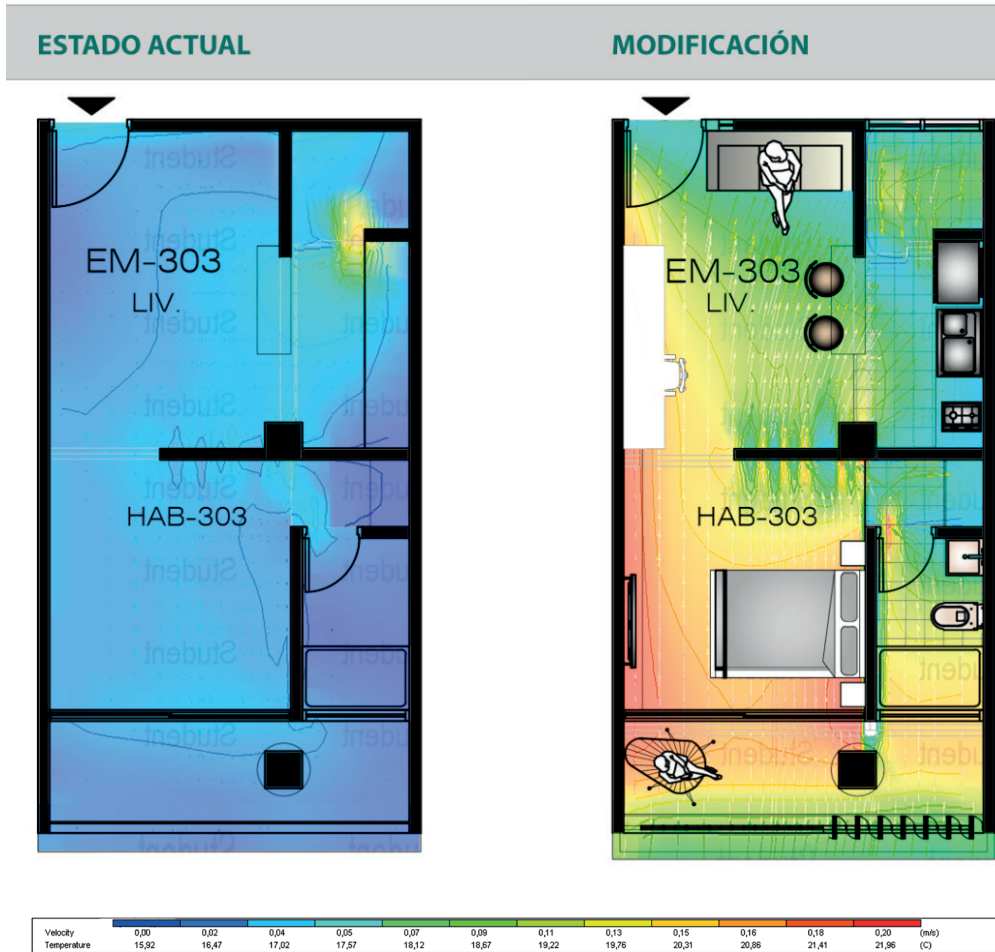


Figura 57. Edificio Mola 303, Flujo de vientos inicial – Flujo de vientos modificación de aberturas
Fuente: Elaboración propia a partir de modelo tridimensional, Desing Builder, CFD

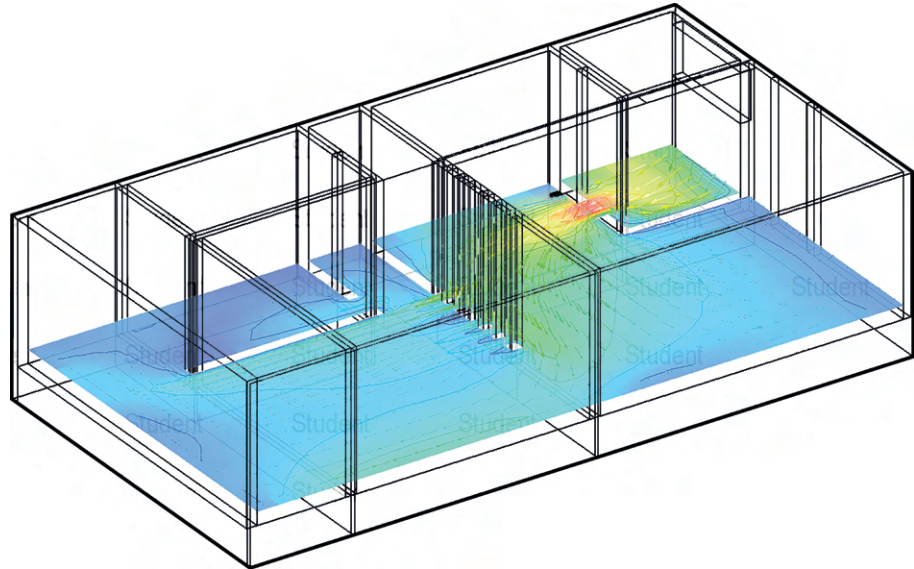


Figura 58. Edificio Mola 303, isometría Flujo de vientos inicial – Flujo de vientos modificación de aberturas Fuente: Elaboración propia a partir de modelo tridimensional, Desing Builder, CFD

6.10.3 LIV 303 - Salón comedor

Este espacio de esta tipología plantea solo dos aberturas hacia la fachada oeste, volviéndose unilateral sobre el salón comedor, pasando el flujo de ventilación desde la habitación hasta el salón ubicado en la parte trasera, por esta razón las velocidades oscilan entre 0.00 y 0,07 M/s valores muy bajos que no cumplen con las necesidades de ventilación en el espacio.

6.10.4 HAB 303 – Habitación

La habitación y el baño tienen las únicas dos aberturas del apartamento por donde ingresaría el flujo de viento. Sin embargo, la orientación poco favorece la volumetría, desviando los vientos sobre la fachada oeste, creando una sombra de viento sobre esta área, como resultado los flujos de vientos en todos los espacios son muy bajos con lo cual tampoco cumple con el número adecuado de renovaciones necesarias del espacio.

6.11 Estrategias Activas

Según las simulaciones realizadas, se determinó que las renovaciones de aire en los espacios no son suficientes. Este análisis muestra que es necesario implementar estrategias activas como parte de la solución, como el uso de sistemas de aire acondicionado que deshumidifique los espacios y reduzca la humedad de manera efectiva. Se establecieron unos rangos horarios específicos para optimizarlo y no tener un gasto energético significativo.

Esto implica tener las ventanas abiertas durante ciertas horas del día, especialmente cuando la actividad dentro de la vivienda es baja y otros momentos cuando la humedad alcance niveles críticos se implementará el uso del sistema de aire acondicionado. Esta combinación de ventilación natural y estrategias activas de deshumidificación garantizará un ambiente interior con un nivel un poco más adecuado de humedad y temperatura, proporcionando un mejor confort y bienestar.

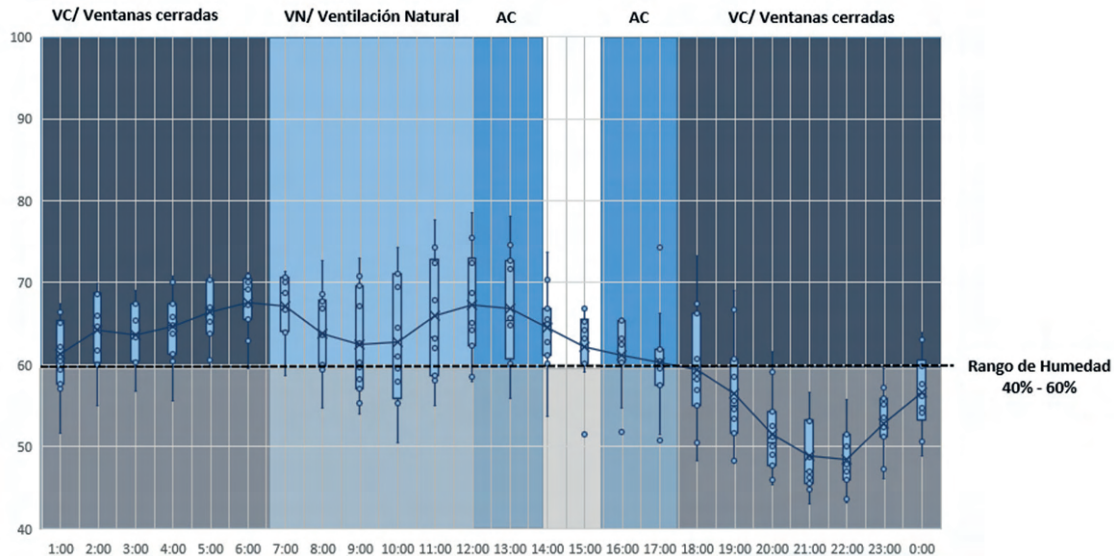


Figura 58. Simulación. Humedad relativa de la sala de estar HR edificio O'Byrne, después de la modificación. La HR exterior proviene de los datos climáticos del archivo Colombia_Cali_UnivalleEPW. Fuente: Elaboración propia, datos de Desing Builder.

El modelo se calibró de acuerdo con la estrategia planteada de operabilidad en las ventanas, mantener las VC ventanas cerradas y VN ventilación natural y AC de aire acondicionado, en estos periodos de tiempo establecidos con las estrategias activas y pasivas, donde en la simulación se evidencio una diferencia en los niveles de humedad logrando que se aproximara al rango de humedad adecuado para los espacios en la sala de estar.

Según la ocupación en ambas edificaciones y considerando el uso de los espacios en la mitad del día, se plantea la implementación del aire acondicionado AC, primero con el fin de deshumidificar los espacios, sin ser estas horas del día donde la humedad no es tan crítica, la simulación muestra efectiva la estrategia activa para alcanzar el rango y segundo, la reducción de la temperatura la cual se incrementa en estas horas, con esta acción, se mantendrían los espacios dentro de los rangos de confort y de salud adecuados asegurando que las personas no experimenten incomodidad.

Con esta estrategia operabilidad en las aberturas que se plantean para el proyecto, sobre las 17h00 la humedad del salón comedor alcanza el rango optimo de humedad durante casi 6 horas. En las siguientes 6 horas, de las 12:00 a las 6:00 no supera el 70% de humedad, considerando que las horas de la madrugada es donde la humedad alcanza sus niveles máximos, lo cual no se aleja tanto del rango y se mantiene baja en comparación con las medidas de las aberturas fijas que iguala la humedad exterior.

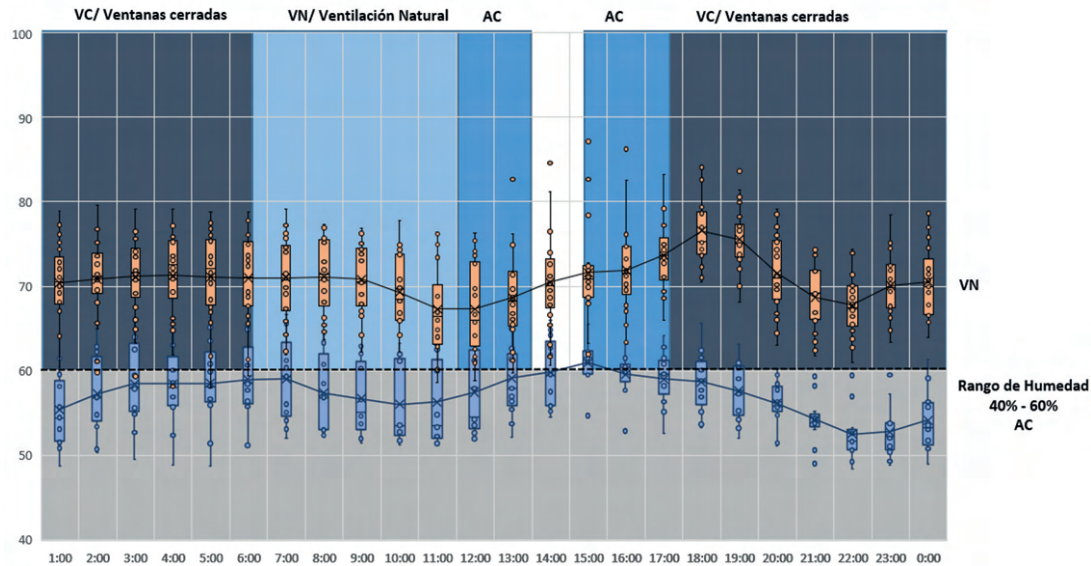


Figura 59. Simulación. Humedad relativa de la sala de estar HR edificio Mola después de la modificación. La HR exterior proviene de los datos COL_VAC_Cali-Aragon.Intl.AP.802590_TMYx.2007-2021 epw. Fuente: Elaboración propia, datos de Desing Builder.

Para establecer una comparación entre el uso de la estrategia pasiva con la modificación de las aberturas y las fachadas y la estrategia activa de deshumidificas con aire acondicionado, se logra ver una diferencia importante entre ambas curvas en la gráfica.

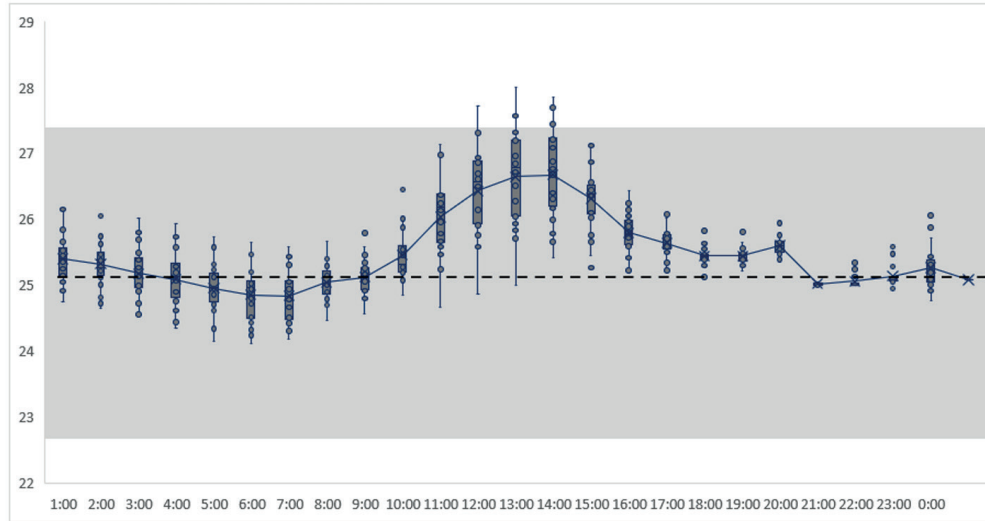


Figura 61. Simulación. Temperatura edificio Mola después de la modificación.
La TEMP exterior proviene de los datos COL_VAC_Cali-Aragon.Intl.AP802590_TMYx.2007-2021 epw.
Fuente: Elaboración propia, datos de Desing Builder.

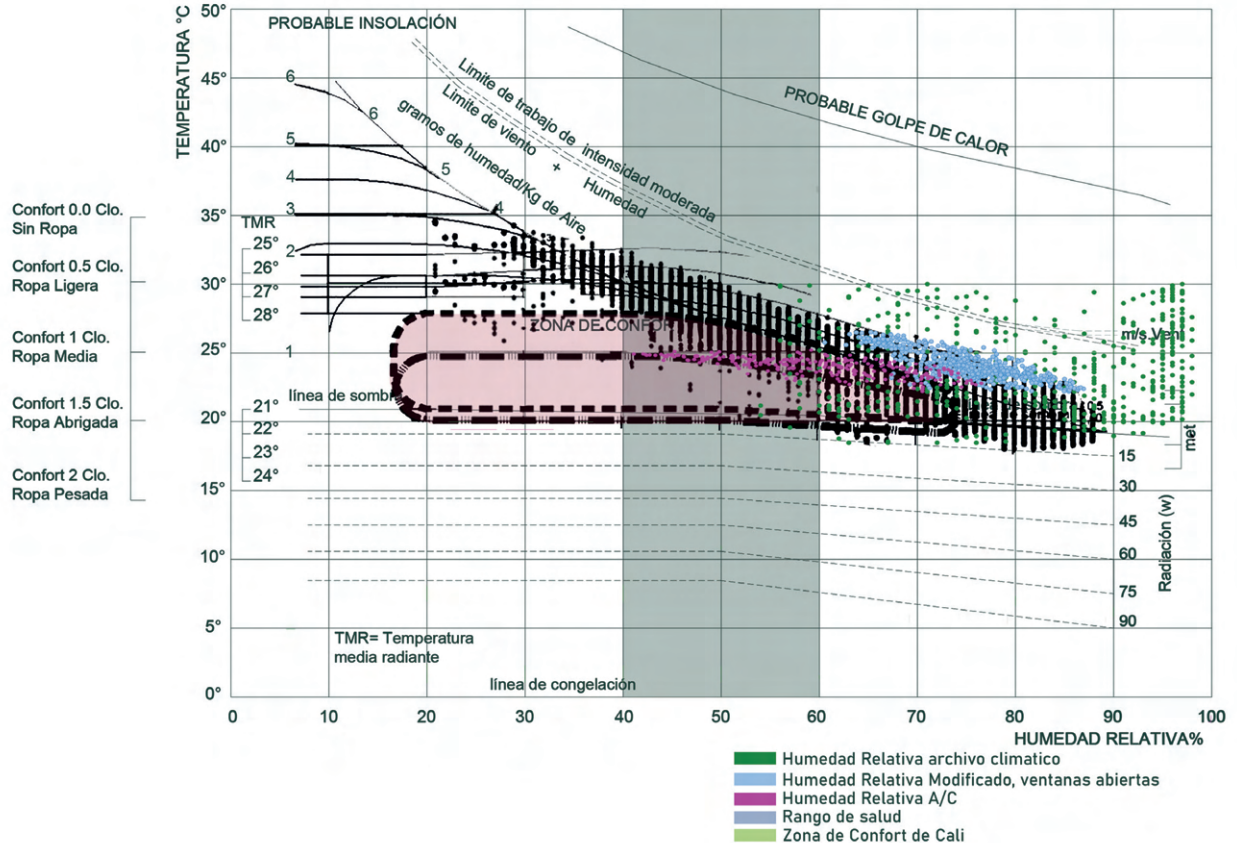


Figura 60. Gráfico bioclimático para Cali. El promedio diario de HR y TEMP se tomó de los datos climáticos del archivo COL_VAC_Cali-Aragon.Intl.AP802590_TMYx.2007-2021, epw

Según las estrategias aplicadas en el edificio O'byrne para el gráfico bioclimático, se muestra en verde la humedad relativa inicial del apartamento, en azul la humedad una vez se ha hecho la modificación de la envolvente del edificio, lo cual ya evidencia una mejora en las condiciones de humedad interiores. Finalmente, en magenta con la última modificación, para situar más tiempo la humedad dentro del rango de salud, incorporando la estrategia activa del uso del aire acondicionado.

Esta última modificación se realizó empleando la estrategia pasiva de deshumidificación mediante el uso de aire acondicionado. La combinación de estrategias pasivas y activas ayudó a reducir la humedad, sino que también mejoró el confort térmico del apartamento, manteniendo la temperatura dentro de la zona de confort.

6.12 Conclusiones de la evaluación de los edificios

Los resultados de las simulaciones indican que las estrategias implementadas en las aberturas y las opciones de diseño en las fachadas evidencian una mejora en el confort de el interior de los espacios, sobre todo en la reducción de la humedad relativa donde se logra disminuir este porcentaje en las horas donde alcanza sus valores máximos que es donde es más perjudicial en términos de salud. Al mejorar estas condiciones formales, modificando las aberturas de los edificios cambiando el sistema de fachadas, mejoran las condiciones higrotérmicas y a su vez, mejorarán las condiciones de habitar, se propiciarán ambientes saludables, lo que contribuirá a la salud y el bienestar de las personas que residen en ellos.

Tras la remodelación del edificio Mola y su adecuación al nuevo uso residencial, las modificaciones en la envolvente funcionaron mejor y demostraron que sin ser suficientes, hacen un buen cambio a como esta en la actualidad. El edificio Mola mostró un mejor resultado con la intervención, aun más que el edificio O'Byrne. Sin ser el resultado ideal y deseado para el edificio Mola, la modificación da muestra de que los espacios mediante cambios y estrategias pasivas en posible mejorarlos y se acercan a los objetivos planteados y a la reducción de la humedad y se comporta mejor. Sin embargo, como resultado de las modificaciones, se evidencio que, con intervenir las aberturas mediante estrategias pasivas no es suficiente para mejorar las condiciones de confort en el espacio ni reducir los niveles de humedad, se hacen necesarias estrategias activas para llegar cerca de los objetivos planteados. El sistema de fachadas debe ser reconsiderado y complementado con otras medidas de diseño para alcanzar resultados "deseados".

Las estrategias del arquitecto en el edificio O'Byrne mediante el uso de carpinterías permeables y su sistema de fachada fijo, según los resultados poco promueven la ventilación cruzada y adecuada en los espacios según como se proyectó en esa época, ya que su orientación y el diseño de la torre tampoco está favorecida con el régimen de vientos predominantes, impidiendo que el flujo de viento pase por los espacios como se describe en el libro donde está completa la obra.

También es importante tener en cuenta que el cambio del clima en 40 años es muy distinto al que actualmente está atravesando el planeta y seguramente funcionaría mejor en otros aspectos. Originalmente la edificación no fue concebida para ser un edificio de apartamentos, sino para ser una sola unidad donde en principio habitó la familia Cárdenas O'Byrne y no compartimentada en distintas tipologías de vivienda como lo es en la actualidad. Bajo este supuesto, puede que la configuración de los espacios tampoco favorezca las variables del clima y en consecuencia las mediciones con evidencias de su comportamiento en el interior.

De manera efectiva, la intervención en ambas edificaciones busca promover que la arquitectura sea consciente y se piense desde el clima, el medio ambiente y que se adapte al mismo, a la naturaleza, ambientalmente responsables que pueda existir un equilibrio siempre entre las partes, buscando también minimizar el impacto negativo en este y a su vez en la salud, el bienestar y la calidad de vida de sus habitantes.



Capítulo 7
Conclusiones

CAPÍTULO 7

7.1 Conclusiones

Conclusiones generales

Basado en la hipótesis que plantea este trabajo de grado la cual considera que:

“En el clima de Cali, mejorando la velocidad del aire en los espacios interiores, se logra incrementar el rango de confort por temperatura, sin embargo, esto no necesariamente ocurre de la misma manera por reducción de la humedad relativa. Si se modifican los sistemas de ventilación en las fachadas, se puede aumentar la velocidad del aire y por lo tanto se puede reducir la humedad y en consecuencia una mejoría en el confort y la salud de las personas en los espacios”.

En el desarrollo del ejercicio con ambas edificaciones, seguida de la metodología planteada en este trabajo de grado y sus resultados poco favorables, se logró comprobar que la hipótesis planteada no es cierta.

Para tener una edificación con unas buenas condiciones de ventilación en los espacios, que garantice que los espacios no excedan los niveles de humedad relativa en un clima como el de la ciudad de Cali, es crucial que las decisiones de diseño no se enfoquen únicamente en el sistema de fachada. Las decisiones sobre la configuración en planta y como se proyecta el edificio en sus diferentes dimensiones, son de vital importancia. Así, no se le atribuye toda la responsabilidad a la envolvente.

Desde el punto de la bioclimática, sería un error considerar que la aplicación de estrategias activas y pasivas se solucionan solamente desde la envolvente de la edificación. Muchos arquitectos tienen conocimientos básicos de las variables ambientales, su comportamiento y aplican estos principios de manera intuitiva y los aplican a los proyectos arquitectónicos sin tener comprobación o evidencia de su funcionamiento real, lo cual es un gran error.

La propuesta de renovación en ambos edificios tenía como objetivo general evaluar el impacto de la modificación de las aberturas en el confort, con las aberturas del diseño del edificio para mejorar el confort a partir de la reducción del porcentaje de humedad relativa donde se identificaron las debilidades puntualmente en los espacios del salón comedor y del dormitorio. Las propuestas dan una solución a estas debilidades de ambas edificaciones en su envolvente mediante modificaciones en sus aberturas, tanto en dimensión como en operabilidad y el uso de estrategias mostrando resultados poco favorables y no suficientes para alcanzar los rangos óptimos, debido solo a la intervención en la envolvente de ambas edificaciones como fue planteada en principio.

Con los altos niveles de humedad, las personas tienden a enfermarse más durante las noches, especialmente cuando el clima se altera, como ocurre en las temporadas lluviosas, donde los niveles de humedad varían y se incrementan notablemente.

Esto favorece la proliferación de ácaros dejando millones eses y huevos suspendidos en el aire en los dormitorios llevando sus procesos a un paso acelerado en estos espacios. La calidad del aire del espacio de los dormitorios muchas veces es escasa o nula y los niveles de Co2 se ven incrementados junto con la humedad, lo que provoca enfermedades tanto respiratorias como alérgicas. Además, estos factores afectan negativamente el sueño y la capacidad cognitiva, repercutiendo en el rendimiento del día siguiente.

1. En términos de diseño arquitectónico, es fundamental no resolver las aberturas de la edificación ni el sistema de fachada de la misma manera en todos los espacios. Las necesidades del salón y la cocina son diferentes a las de las habitaciones y especialmente el dormitorio. En Cali, la humedad alcanza sus niveles más altos durante parte de la noche y en la madrugada, justo cuando las personas están descansando y durmiendo, lo cual compromete su salud. Por tanto, es crucial adaptar el diseño para abordar las condiciones específicas de cada espacio entendiendo que no solo es responsabilidad de la fachada, de esta manera se resuelve y se mejora el confort, como también el bienestar de las personas en el espacio.

2. Para mejorar las condiciones de confort, se requieren de dos condiciones y dos componentes esenciales: el movimiento del aire en los espacios y la disminución de la temperatura de las superficies cercanas. El movimiento del aire ayuda a evacuar los niveles elevados de humedad en gran parte y la reducción de la temperatura propiciará a tener un ambiente en confort.

El uso de estrategias pasivas en los proyectos de arquitectura en clima como el nuestro muchas veces no es suficiente para lograr objetivos que se plantean, como se pudieron evidenciar en este trabajo de grado. Es por ello que es necesario implementar también el uso de estrategias activas, siempre y cuando se sepan emplear con una respectiva comprobación, para evitar un gasto energético alto. La intervención en ambas edificaciones finalmente no solo promueve la adaptabilidad de la arquitectura, sino que también considera de manera integral las variables ambientales del clima y lo que está en el entorno, el exterior. Este enfoque permite que los edificios respondan de manera eficiente a las condiciones cambiantes del clima y a otros factores del entorno, que en estos años está tomando más fuerza a causa del cambio climático. De esta manera, la arquitectura se convierte en una herramienta para mejorar la calidad de vida y promover el equilibrio entre el entorno construido y el planeta, la naturaleza. Este trabajo de grado puede ser un punto de partida para realizar una segunda etapa en donde se puedan realizar simulaciones con prototipos. Esto permitirá evaluar y confirmar si las personas tienen confort o incomodidad.



Capítulo 8
Anexos



8 ANEXOS

Anexo 1 -ENCUESTA

La recopilación de datos a través de la encuesta permitió obtener información directa de los residentes y se realizó a la mayoría de las personas que vive en ambos edificios quienes conocen mejor sus propias experiencias y necesidades en los espacios que habitan, con el fin de conocer sus preferencias, los niveles de incomodidad o de satisfacción en los espacios, así como de las condiciones de salud en general y de calidad sueño.

•Marque su edad y ciclo de vida

Entre 0 - 13

Entre 0 - 17

Entre 17 - 26

Entre 27- 59 años

Entre 60 años o más

Otro:

1. ¿En qué edificio vives?

Edificio O'Byrne, sector sur

Edificio Mola, sector oeste

2. ¿Cuántas fachadas de su edificio dan hacia el exterior?

1. 2.

3. 4.

Otras

3. ¿Qué orientación su apartamento? Si la conoce _____

4. ¿Cuántos metros cuadrados tiene su vivienda aproximadamente? _____

5. ¿Cuántas personas habitan en la vivienda? _____

6. ¿Cómo considera la sensación dentro de su vivienda?

Muy caliente

Caliente

Ligeramente caliente

Ambiente neutro

Ligeramente frio

Frio

Muy frio

7. ¿En qué momento del día es más fresco?

Mañana Medio día
Tarde Noche
Madrugada

8. ¿En qué momento del día es más caluroso?

Mañana Medio día
Tarde Noche
Madrugada

9. ¿En qué lugar específicamente?

Sala Comedor
Cocina Terraza
Habitación Otro

10. ¿En algún momento del día, el sol da directamente a su dormitorio?

Mañana
Medio día
Tarde

11. ¿Cómo percibe la calidad del aire al interior de la vivienda?

Buena Normal
Mala/Caliente Mala/Húmeda
No sé

12. Usted cree que las condiciones climáticas de su apartamento inciden en su salud?

Sí
No
No sabe

13. Ha sufrido usted en un periodo de los últimos 6 meses alguno de estos síntomas?

Problemas de garganta	Ahogo, dificultad para respirar
Alergias / Efectos irritantes en la piel	Efectos irritantes en las mucosas
Cefalea	Sensación de cansancio
Sueño intermitente	Ninguna

14. ¿Cuántas horas duerme diariamente?

2-3
4-5
6-8
Más de 9

15. Durante el último mes, ha tenido usted problemas para dormir a causa de:

- Sentir frío
- Sentir calor
- No poder respirar bien
- Toser o roncar
- Sufrir dolores
- Otra

16. Durante el último mes, ¿Cuántas veces ha despertado mientras duerme y descansa?

- Una o dos
- Tres o mas
- Más de cinco
- Ninguna, duermo de corrido

17. Durante el último mes, ¿Cuántas veces ha sentido somnolencia mientras desarrolla sus actividades diarias?

- Menos de una vez a la semana
- Una o dos veces a la semana
- Tres o más veces a la semana
- Ninguna vez en el último mes

18. ¿Cuándo duerme, en una noche calurosa, usted como controla el calor en el dormitorio?

- Abro la ventana
- Abro la ventana y la puerta
- Con ventilador
- Con aire acondicionado
- Tolero el calor en la noche
- Otra

Anexo 2 - Equipos y materiales

Para las mediciones en los edificios se utilizaron dos dispositivos data logger reusable recorder Elitech modelo RC 51H. Estos dispositivos recopilaban de manera continua los datos de temperatura y humedad relativa en los espacios seleccionados con relevancia dentro de la vivienda: salón comedor y dormitorio en ambos edificios. Esta información recolectada fue fundamental para analizar las condiciones ambientales y de confort de los edificios para así diseñar y proponer estrategias en el control de la humedad.

RC-51H User Manual Multisave Temperature/Humidity Data Logger

Product Overview
This temperature and humidity data logger is mainly used in the fields or places of medicine, food, life science, flowers, breeding industry, fish, chest, container, shanty cabinet, medical cabinet, refrigerator, laboratory and greenhouse, etc. RC-51H is a plug and play and it can directly generate the data report, with no need to install data management software. The data can still be read in case battery runs out.

Structure Description

LCD SCREEN

Parameter Instruction
Users can modify the parameters by data management software per actual needs. The original parameters and the LCD display are:
Alarm interval: The data logger supports 1 upper temperature limit, 2 lower temperature limits, 1 upper humidity limit and 1 lower humidity limit.
Alarm zone: The zone which beyond the alarm threshold.
Alarm type: Single The data logger records the single time for continuous temperature events.
Alarm type: Cumulative The data logger records the cumulative time of all over temperature events.
Alarm delay: The data logger does not give immediately when the temperature is within the alarm zone. It begins to alarm only after the over-temperature time exceeds the alarm delay time.
SET Mean kinetic temperature, which is an evaluation method of the temperature fluctuation effect on the goods in storage.

Operating Instructions
This data logger can be shipped by software. Users can ship the logger by clicking the ship button in the data management software.

Action

Action	Parameter configuration	Operation	LCD indicator	Indicator
Start	Instant on	Disconnect to USB	REC	Green indicator flashes 3 times.
	Timing start	Disconnect to USB	SEARt	Green indicator flashes 3 times.
	Manual start	Press and hold for 5s	REC	Green indicator flashes 3 times.
	Manual start (delayed)	Press and hold for 5s	SEARt	Green indicator flashes 3 times.
Stop	Manual stop	Press and hold for 5s	SEARt	Red indicator flashes 3 times.
	Clear Max record capacity	Reach the Max capacity	SEARt	Red indicator flashes 3 times.
View	Clear Max record capacity	Reach the Max capacity of group and hold the button for 5s	SEARt	Red indicator flashes 3 times.
	View data	Press and release the button for the menu and status indicator		

View data
When the data logger is inserted into the USB port of the computer, the data report will be created automatically. The red and green indicators flash in turn when the document is being created, and the LCD screen shows the progress of PDF Report creation. The red and green indicators light at the same time immediately after the document is created. Then users can view the data report. The document creation will last for no more than 6 minutes.

www.elttech.com Software download: www.elttech.com/software

RC-51H User Manual Multisave Temperature/Humidity Data Logger

Menu and Status Indicator

Description of the indicator flashing status

Status	Action of the indicators	Status	Action of the indicators
Not started	The red and green indicators flash 2 times simultaneously.	Alarm state	The red indicator flashes once. The red light flashes once per minute automatically.
Start	The red and green indicators flash once simultaneously.	Stopped alarm	The red light flashes 2 times.
Started normal	The green indicator flashes once. The green light flashes once per minute automatically.	Stopped alarm	The red light flashes 2 times.

Description of the menus

Menu	Description	Current	Menu	Description	Current
1	Countdown of the timing start	03:12	6	Average humidity value	45
2	Countdown of the history start	03:12	7	Maximum temperature value	38
3	Current temperature value	23	8	Maximum humidity value	58
4	Points of the records	32000	9	Minimum temperature value	21
5	Average temperature value	48	10	Minimum humidity value	21

Description of the combined indicators and other status

Display	Description	Display	Description
Alarm	No alarm	Alarm	Alarm
Alarm	Already alarmed	Alarm	State of progress
Alarm	Minimum value	Alarm	Null value
Alarm	Maximum value	Alarm	Clear data
Alarm	Maximum value	Alarm	In USB communication

Replace battery

www.elttech.com Software download: www.elttech.com/software

Report

What's included

1	Temperature and humidity data logger	1	CR14250 battery	1	User manual
---	--------------------------------------	---	-----------------	---	-------------

Elitech Technology, Inc.
1551 McCully Blvd., Suite 112
Milpitas, CA 95035 USA

928

Anexo 3 – Mediciones de aspectos climáticos de los casos de estudio

Edif. O'byrne, Apartamento 1

En el apartamento 1, 303 del edificio O'Byrne, las mediciones en este espacio mostraron consistentemente niveles altos de humedad sobre todo en las noches, lo cual es un comportamiento normal en esas horas en una medición exterior. Lo cual se atribuye al sistema fijo de sus ventanas que no permite una ventilación adecuada durante este periodo de tiempo y como resultado, los niveles de humedad interior del apartamento tienden a igualar los valores registrados en el exterior.

DATA LOG File Created At: 2024/01/30 00:30:18

Device Information

Device Code : RC-S1H Probe Type : Temperature & Humidity(internal)
Serial Number : EL2305001924 Firmware Version : V2.2

Trip Information

Trip ID : 0000001
Description : Temperature recording.

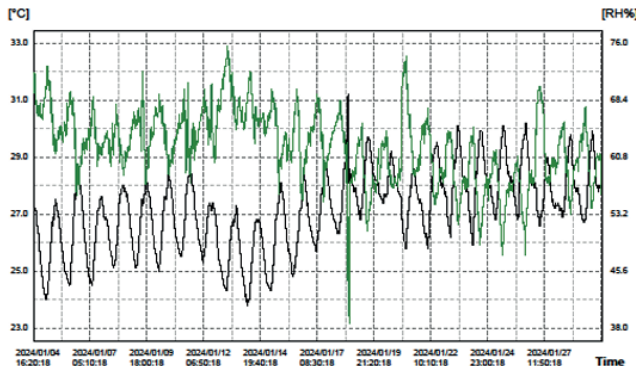
Configuration Information

Start Mode : Right Now Log Interval : 5m
Start Delay : 0s Ring Buffer: Enable
Time Base : UTC -05:00 Stop Mode : Manual + Software

Alarm Zone	Allow Time	Alarm Type	Total Time	Violations	Status
No Alarm Set.					

Logging Summary

Highest : 31.2 °C / 75.6 % Start Time : 2024/01/04 16:20:18
Lowest : 23.8 °C / 38.6 % Stop Time : 2024/01/30 00:30:18(temporary)
Average : 27.1 °C / 62.2 % Elapsed Time : 25d 8h 10m
MKT : 27.2 °C Data Points : 7299
Alarm At(T): N/A Alarm At(H): N/A



Anexo 4 – Apartamento 1 303 – Dormitorio

Edif. O'byrne, Apartamento 1

Las mediciones tomadas en el dormitorio del apartamento 1 al igual que en el espacio del salón comedor, mostraron una tendencia a ser valores altos de humedad similares a los registrados en el exterior.

DATA LOG

File Created At: 2024/01/30 00:44:06

Device Information

Device Code : RC-S1H Probe Type : Temperature & Humidity(internal)
 Serial Number : EL2305001944 Firmware Version : V2.2

Trip Information

Trip Id : 0000001
 Description : Temperature recording.

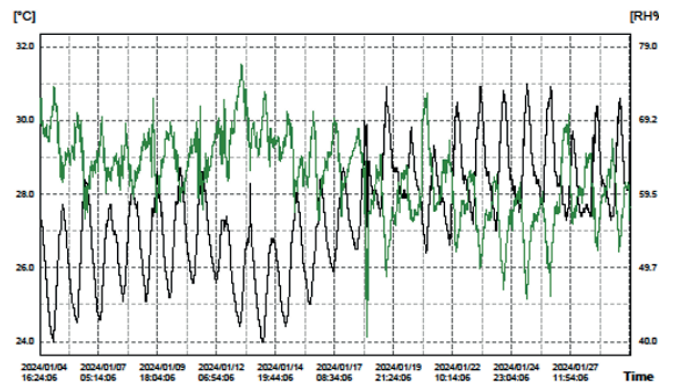
Configuration Information

Start Mode : Right Now Log Interval : 5m
 Start Delay : 0s Ring Buffer : Enable
 Time Base : UTC -05:00 Stop Mode : Manual + Software

Alarm Zone	Allow Time	Alarm Type	Total Time	Violations	Status
No Alarm Set.					

Logging Summary

Highest : 31.0 °C / 76.7 % Start Time : 2024/01/04 16:24:06
 Lowest : 24.0 °C / 40.6 % Stop Time : 2024/01/30 00:44:06(temporary)
 Average : 27.4 °C / 62.0 % Elapsed Time : 25d 8h 20m
 MKT : 27.5 °C Data Points : 7301
 Alarm Al(Te): N/A Alarm Al(Hu): N/A



Índice de figuras

- Figura 1. Esquema de Clasificación Climática Mundial Köppen - Geiger 2010, Ubicación Colombia, recurso en línea.
- Figura 2. Microzonificación climática del municipio de Santiago de Cali. Fragmento de mapa de Colombia). Fuente: IDEAM, recurso en línea.
- Figura 3. Humedad relativa promedio, 2010. (Mapa de Colombia). Fuente: IDEAM, recurso en línea.
- Figura 4. Gráfico bioclimático para Cali. El promedio diario de HR y TEMP se tomó de los datos climáticos del archivo COL_VAC_Cali-Aragon.Intl.AP:802590_TMYx.2007-2021, epw
- Figura 5. El cuerpo humano y los elementos climáticos Tomado de Clima y arquitectura en Colombia, Víctor Olgyay, 1950, pág. 26. Dibujo a mano alzada, elaboración propia.
- Figura 6. Factores ambientales y contaminantes, Corte perspectiva, Proyecto Hábitat II – Maestría en Hábitat Sustentable Ilustración: Elaboración propia - Dibujo a mano.
- Figura 7. Especie de ácaro, dermatophgoides pteronyssinus (Ácaro del polvo doméstico)
- Figura 8. Rango óptimo de humedad relativa para minimizar los efectos adversos para la salud. Adaptado de: Arundel, AV, et al. "Indirect Health Effects of Relative Humidity in Indoor Environments". Environmental Health Perspectives. vol. 65, pp. 351-361 (1986).
- Figura 9. Enfermedades y numero de casos en Colombia Fuente: Sivigila, instituto nacional de salud, Colombia 2016-2022
- Figura 10. Casos de infecciones respiratorias aguda grave y enfermedad similar a la influenza, por entidad territorial de procedencia Colombia, semana epidemiológica año 2022
- Figura 11. Corte perspectiva, Proyecto Hábitat II – Maestría en Hábitat Sustentable, Semestre 2 Ilustración: Elaboración propia - Dibujo a mano 2022.
- Figura 12. Etapas del sueño Mor y no Mor, en rango de tiempo Adaptado de fuente, elaboracion propia.
- Figura 13. Axonometría del barrio San Fernando, localización del edificio O'Byrne Sketchup 2024, Elaboración propia.
- Figura 14. Planta de localización, San Fernando, localización del edificio O'Byrne Psd 2024, Elaboración propia
- Figura 15. Volumetría Edificio O'byrne Fuente: Elaboración propia - Modelado sketchup 2023
- Figura 16. Axonometría del barrio granada, localización del edificio, Modelado Sketchup 2024, Elaboración propia
- Figura 17. Planta localización general, barrio Granada, Edificio Mola Psd 2024, Elaboración propia.
- Figura 18. Isometría del Edificio Mola Loft, Modelado sketchup 2024, Elaboración propia.
- Figura 19. Volumetría Edificio O'byrne. Fuente: Elaboración propia - Modelado sketchup 2023.
- Figura 20. Perspectiva Edificio O'byrne, Fuente: Elaboración propia - Modelado Sketchup 2023.
- Figura 21. Isometría del Edificio Mola Loft Modelado sketchup 2024, Elaboración propia.
- Figura 22. Tipologías de aparta estudios, ubicación de sensores de monitoreo Fuente: Elaboración propia – AutoCAD, 2023.

Figura 23. Edificio Mola, Promedio hora, Temperatura LIV interior (ML-404), vs. Temperatura exterior. El promedio diario de T.ex se tomó de los datos climáticos del archivo COL_VAC_Cali-Aragón.Intl.AP.802590_TMYx.2007-2021 epw.

Fuente: Elaboración propia, con datos de mediciones interiores.

Figura 24. Edificio O'byrne, Promedio hora, Temperatura LIV interior (EO-301), vs. Temperatura exterior. El promedio diario de T. ex se tomó de los datos climáticos del archivo Colombia_Cali_UnivalleEPW epw.

Fuente: Elaboración propia, con datos de mediciones interiores.

Figura 25. Isometría de apartamento EO- 101- 404, LIV – HAB. Modelado skp 2024

Fuente: Elaboración propia

Figura 26. Edificio Mola, Promedio hora, Temperatura HAB interior (ML-404), vs. Temperatura exterior. El promedio diario de T. ex se tomó de los datos climáticos del archivo COL_VAC_Cali-Aragón.Intl.AP.802590_TMYx.2007-2021 epw.

Fuente: Elaboración propia, con datos de mediciones interiores.

Figura 27. Edificio O'byrne, Promedio hora, Temperatura HAB interior (EO-301), vs. Temperatura exterior. El promedio diario de T. ex se tomó de los datos climáticos del archivo Colombia_Cali_UnivalleEPW epw.

Fuente: Elaboración propia, con datos de mediciones interiores.

Figura 28. Edificio Mola, Promedio hora, Humedad Relativa HR% LIV interior (ML-404), vs. Humedad exterior. El promedio diario de HR se tomó de los datos climáticos del archivo COL_VAC_Cali-Aragón.Intl.AP.802590_TMYx.2007-2021 epw.

Figura 29. Edificio O'byrne, Promedio hora, Humedad Relativa HR% LIV interior (EO-301), vs. Humedad exterior. El promedio diario de HR se tomó de los datos climáticos del archivo Colombia_Cali_UnivalleEPW, epw

Fuente: Elaboración propia, con datos de mediciones interiores

Figura 30. Edificio Mola, Promedio hora, Humedad Relativa HR% HAB interior (ML-404), vs. Humedad exterior. El promedio diario de HR se tomó de los datos climáticos del archivo COL_VAC_Cali-Aragón.Intl.AP.802590_TMYx.2007-2021, epw.

Fuente: Elaboración propia, con datos de mediciones interiores.

Figura 31. Edificio O'byrne, Promedio hora, Humedad Relativa HR% HAB interior (EO-301), vs. Humedad exterior. El promedio diario de HR se tomó de los datos climáticos del archivo Colombia_Cali_UnivalleEPW, epw

Figura 32. Comportamiento del viento, Dirección/Velocidad en los rangos Horarios Rosa de los vientos, tomado de estación Parque del perro, Para el barrio san Fernando.

Fuente: Elaboración propia

Figura 33. Edificio O'byrne con incidencia de vientos predominante.

Fuente: Elaboración propia a partir de modelo tridimensional, Flow design

Figura 34. Comportamiento del viento, Dirección/Velocidad en los rangos Horarios, Rosa de los vientos, tomado de estación Juanambú, para el barrio granada,
Fuente: Elaboración propia

Figura 35. Edificio O'byrne con incidencia de vientos predominante Sureste
Fuente: Elaboración propia a partir de modelo tridimensional, Flow design

Figura 36. Edificio Mola Loft con incidencia de vientos predominante Sureste
Fuente: Elaboración propia a partir de modelo tridimensional skp.

Figura 37. Imagen fachada principal, Edificio O'byrne Fuente: Elaboración propia - Modelado sketchup

Figura 38. Inventario de Vanos. Fuente: Elaboración propia - Modelado sketchup 2023

Figura 39 Isometría del Edificio Mola
Modelado sketchup 2024, Elaboración propia

Figura 40. Axonometría de la geometría actual del edificio O'Byrne
Fuente: Elaboración propia, modelado Design Builder

Figura 41. Axonometría de la geometría actual del edificio Mola
Fuente: Elaboración propia, modelado Design Builder

Figura 42. Simulación. Humedad relativa de las salas de estar HR. La HR exterior proviene de los datos climáticos del archivo Colombia_Cali_UnivalleEPW, epw y COL_VAC_Cali-Aragon.Intl.AP.802590_TMYx.2007-2021 epw. Fuente: Elaboración propia

Figura 43. Simulación. Humedad relativa de las habitaciones HR. La HR exterior proviene de los datos climáticos del archivo Colombia_Cali_UnivalleEPW, epw y COL_VAC_Cali-Aragon.Intl.AP.802590_TMYx.2007-2021 epw. Fuente: Elaboración propia.

Figura 44. Ilustración del Edificio O'Byrne proceso de diseño propuesta de Intervención Sketch mano alzada 2024.

Figura 45. Axonometría con intervención del sistema de fachada – Edificio O'Byrne
Elaboración propia, Sketchup + Psd 2024.

Figura 46. Imagen, Render Exterior, Propuesta de fachada

Figura 47. Simulación Edificio O'Byrne con incidencia de vientos predominante. Fuente: Elaboración propia a partir de modelo tridimensional, Desing Builder, CFD

Figura 48. Simulación, Edificio O'Byrne 301, Flujo de vientos inicial – Flujo de vientos modificación de aberturas Fuente: Elaboración propia a partir de modelo tridimensional, Desing Builder, CFD

Figura 49. Simulación, Edificio O'Byrne 301, Flujo de vientos inicial – Flujo de vientos modificación de aberturas Fuente: Elaboración propia a partir de modelo tridimensional, Desing Builder, CFD

Figura 50. Simulación, Edificio O'Byrne 101, Flujo de vientos inicial – Flujo de vientos modificación de aberturas Fuente: Elaboración propia a partir de modelo tridimensional, Desing Builder, CFD

Figura 51. Edificio O'Byrne Fachada principal modificada propuesta Elaboración propia, AutoCAD 2d + Psd, 2024.

Figura 52. Edificio O'Byrne Corte por fachada con intervención en el sistema de fachada. Elaboración propia, AutoCAD 2d + Psd, 2024.

Figura 53. Ilustración del Edificio Mola, proceso de diseño propuesta de Intervención – Sketch mano alzada 2024.

Figura 54. Axonometría con intervención del sistema de fachada – Edificio Mola Elaboración propia, Sketchup + Psd 2024.

Figura 55. Simulación, Edificio Mola 404, Flujo de vientos inicial – Flujo de vientos modificación de aberturas Fuente: Elaboración propia a partir de modelo tridimensional, Desing Builder, CFD

Figura 56. Simulación, Edificio Mola 404, Isometría Flujo de vientos inicial – Flujo de vientos modificación de aberturas Fuente: Elaboración propia a partir de modelo tridimensional, Desing Builder, CFD

Figura 57. Edificio Mola 303, Flujo de vientos inicial – Flujo de vientos modificación de aberturas Fuente: Elaboración propia a partir de modelo tridimensional, Desing Builder, CFD

Figura 58. Edificio Mola 303, isometría Flujo de vientos inicial – Flujo de vientos modificación de aberturas Fuente: Elaboración propia a partir de modelo tridimensional, Desing Builder, CFD

Figura 58. Simulación. Humedad relativa de la sala de estar HR edificio O'Byrne, después de la modificación. La HR exterior proviene de los datos climáticos del archivo Colombia_Cali_Univa-IleEPW.

Fuente: Elaboración propia, datos de Desing Builder.

Figura 59. Simulación. Humedad relativa de la sala de estar HR edificio Mola después de la modificación. La HR exterior proviene de los datos COL_VAC_Cali-Aragon.Intl.AP:802590_TMYx.2007-2021 epw.

Fuente: Elaboración propia, datos de Desing Builder.

Figura 59. Simulación. Humedad relativa de la sala de estar HR edificio Mola después de la modificación. La HR exterior proviene de los datos COL_VAC_Cali Aragon.Intl.AP:802590_TMYx.2007-2021 epw.

Fuente: Elaboración propia, datos de Desing Builder.

Figura 60. Gráfico bioclimático para Cali. El promedio diario de HR y TEMP se tomó de los datos climáticos del archivo COL_VAC_Cali-Aragon.Intl.AP:802590_TMYx.2007-2021, epw

Tablas

Tabla 1. Clasificación climática Caldas-Lang

Tabla 2. Comparación de casos notificados de eventos priorizados de baja frecuencia, comportamiento histórico, Colombia a semana epidemiológica 14 de 2022. Tomado de BES instituto de salud

Tabla 3. Rutinas en la vivienda, Edificio O'byrne, EO-101.

Tabla 4. Rutinas en la vivienda, Edificio O'byrne, EO-301.

Tabla 5. Rutinas en la vivienda, Edificio Mola, ML-303

Tabla 6. Rutinas en la vivienda, Edificio Mola, ML-404

Tabla 7. Velocidades de entrada con modificación en Edificio O'Byrne, Hab 301

Tabla 8. Norma DIN (1946).

Tabla 9. Caudal de renovaciones, edificio O'Byrne apartamento 301

Tabla 10. Velocidades de entrada, edificio Mola, Hab 404

Tabla 11. Caudal de renovaciones, edificio O'Byrne apartamento 404

Bibliografía- Referencias

- Alcaldía de Santiago de Cali. Cali en cifras. www.cali.gov.co/documentos/1705/documentos-de-cali-en-cifras/

- ANSI/ASHRAE 62.1, 58 (2010).

- Arango-Díaz L (2021) Nueva métrica dinámica de luz natural: relación entre la percepción de suficiencia lumínica y la disponibilidad lumínica exterior. PhD thesis, Universidad del Bío-Bío,

- Bauman, F., Arens, E. A, Huizenga, C., Xu, T., Zhang, H., Akimoto, T., & Miura, K. (1996). The impact of humidity standards on energy efficient cooling in California. UC Berkeley: Center for the Built Environment. Retrieved from <https://escholarship.org/uc/item/00f102t1>

- Baughman, A., & Arens, E. A. (1996). Indoor Humidity and Human Health--Part I: Literature Review of Health Effects of Humidity-Influenced Indoor Pollutants. UC Berkeley: Center for the Built Environment. Retrieved from <https://escholarship.org/uc/item/5kz1z9cg>

- Betancourt Ceballos, María C. (2016). Tesis Doctorado - Diseño generativo de vanos para el confort en viviendas del trópico. Universidad del Bío-Bío.

- Casas Figueroa, Luis Humberto. Humedades / Luis Humberto Casas Figueroa. -- Santiago de Cali: Programa Editorial Universidad del Valle, 2012. 190 p.; 24 cm. -- (Ciencias Naturales y Exactas)

- Cárdenas O'byrne, S. (1974) – Jaime Cárdenas Matallana.: arquitecto. Detrás de Bambalinas / Sabina Cárdenas O'byrne. – Santiago de Cali: Pontificia Universidad Javeriana, sello editorial javeriano, 2016

- CIBSE. (2005). CIBSE Applications Manual AM10: Natural ventilation in non-domestic buildings. (K. Butcher, Ed.). CIBSE Publications.

Conferencia Hábitat I de Vancouver (1976), <https://documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/N76/967/14/PDF/N7696714.pdf?OpenElement>

- Dennis, R.J., Caraballo, L., García, E. et al. Prevalence of asthma and other allergic conditions in Colombia 2009–2010: a cross-sectional study. *BMC Pulm Med* 12, 17 (2012). <https://doi.org/10.1186/1471-2466-12-17>
- Fanger, P.O. (1972). *Thermal comfort. Analysis and applications in environmental engineering*. United States: McGraw-Hill.
- Fountain, M., Arens, E. A, Xu, T., Bauman, F., & Oguru, M. (1999). *An Investigation of Thermal Comfort at High Humidities*. UC Berkeley: Center for the Built Environment. Retrieved from <https://escholarship.org/uc/item/94m840fb>
- Havenith, G., Holmér, I., Parsons, K. C (1998). Personal factors in thermal comfort assessment: Clothing properties and metabolic heat production. *Energy and buildings*, 27, 293 – 297
- Hitomi Tsutsumi, Shin-ichi Tanabe, Junkichi Harigaya, Yasuo Iguchi, Gen Nakamura, Effect of humidity on human comfort and productivity after step changes from warm and humid environment, *Building and Environment*, Volume 42, Issue 12, 2007, Pages 4034-4042
- IDEAM; (s.f.). *Atlas Climatológico de Colombia 1980-2010*. De <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasClimatologico.html>
- De la Rosa MC, Mosso MA, Ullán C. El aire: hábitat y medio de transmisión. *Observatorio Medio Ambiental Universidad Complutense*. 2002; 5:375-402.
- Gaoua N. Cognitive function in hot environments: a question of methodology. *Scand J Med Sci Sports*. 2010 Oct;20 Suppl 3:60-70. doi: 10.1111/j.1600-0838.2010.01210.x. PMID: 21029192.
- B. Givoni, J. Khedari, N.H. Wong, H. Feriadi & M. Noguchi (2006) Thermal sensation responses in hot, humid climates: effects of humidity, *Building Research & Information*, 34:5, 496-506, DOI: 10.1080/09613210600861269
- Givoni, B (2006) - Thermal sensation responses in hot, humid climates: effects of humidity
- Jiménez, S. (2006). *El proyecto arquitectónico. Aprender investigando*. Colombia: ed: San Buenaventura.
- Jiménez, S. (2009). *La arquitectura de Cali. Valoración histórica*. Colombia: Feriva S.A.
- Kim M, Chun C, Han J. A Study on Bedroom Environment and Sleep Quality in Korea. *Indoor and Built Environment*. 2010;19(1):123-128. doi:10.1177/1420326X09358031
- Ling Jin, Yufeng Zhang, Zhongjun Zhang, (2017) Human responses to high humidity in elevated temperatures for people in hot-humid climates, *Building and Environment*, Volume 114, Pages 257-266
- . Mahmood y Mari (2013) Land cover changes and their biogeophysical effects on climate.
- Millan y Diaz, (2004). Allergy to house dust mites and asthma. <https://prhsj.rcm.upr.edu/index.php/prhsj/article/view/419?form=MGOAV3>
- Nicol, J. F. & Humphreys, M. A. (2002). Adaptive thermal comfort and sustainable thermal standards for buildings. *Energy and Buildings*. 34(6). 563-572. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778802000063>
- Nicol, F. (2004). Adaptive thermal comfort standards in the hot-humid tropics. *Energy and Buildings*. 36. 628-637. www.elsevier.com/locate/enbuild
- *Objetivos de desarrollo sostenible*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

- Olgyay, V. (1998). *Arquitectura y clima. Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas*. Barcelona: Gustavo Gili. 203p.
- Olgyay, V (1968). *Clima y arquitectura en Colombia*. Cali, Universidad del Valle: Carvajal y Cía.
- Patella, V., Florio, G., Magliacane, D. et al. Urban air pollution and climate change: "The Decalogue: Allergy Safe Tree" for allergic and respiratory diseases care. *Clin Mol Allergy* 16, 20 (2018). <https://doi.org/10.1186/s12948-018-0098-3>
- Salazar, Jorge Hernán (2001). *Manual de buenas prácticas arquitectónicas para el clima tropical cálido húmedo*. Ed. Universidad Nacional de Colombia.
- Salazar, Arango (2023). The paradigm of environmental comfort in the global south: unattainable goal or desing tool? https://doi.org/10.1007/978-3-031-24208-3_32.
- S E C Pretlove (2026) The Nottingham energy, health and housing study: reducing relative humidity, dust mites and asthma. *The Nottingham energy, health and housing study*
- Seeley (2003). Delineating intrinsic connectivity networks for emotional salience processing and executive control
- Serra, Rafael (1999). *Arquitectura y climas*. Ed Gustavo Gilli SA Básicos
- Simmons, R. (2008). Human resource management practices and workers job satisfaction. *International journal of Manpower*, 290, 72 - 89
- Velasco Roldan, L. El movimiento del aire condicionante de diseño arquitectónico
- Tian X, Fang Z, Liu W. Decreased humidity improves cognitive performance at extreme high indoor temperature. *Indoor Air*. 2021 May;31(3):608-627. doi: 10.1111/ina.12755. Epub 2020 Oct 23. PMID: 33012043.
- Zúñiga Taulis, C (2017) Study of the fungal load inside the national archive. evaluation of the potential risk in the conservation of collections and in the health of workers
- Arlian, L. G., Brandt, R. L., and Bernstein, R. Occurrence of house dust mites, *Dermatophagoides* spp. during the heating season. *J. Med. Entomol.* 15: 35-42 (1978).
- Arundel AV, Sterling EM, Biggin JH, Sterling TD. Indirect health effects of relative humidity in indoor environments. *Environ Health Perspect.* 1986 Mar; 65:351-61. doi: 10.1289/ehp.8665351. PMID: 3709462; PMCID: PMC1474709.
- Guía de calidad del aire – Comunidad de Madrid
- Fisk. Estimates of Potential Nationwide Productivity and Health Benefits from Better Indoor Environments: An Update 1999. *Indoor Air Quality Handbook*
- Hasselaar, Evert & Morawska, Lidia. (2003). Sustainable building and indoor air quality. *Open house international* 28(1), 74-82.
- Wraith, D. G., Cunnington, A. M., and Seymour, W M. The role and allergenic importance of storage mites in house dust and other environments.
- Dennis R, Caraballo L, García E, Caballero A, Aristizabal G, Córdoba H, Rodríguez MN, Rojas MX, Orduz C, Cardona R, Blanco A, Egea E, Verbel C, Cala LL. Asthma and other allergic conditions in Colombia: a study in 6 cities. *Ann Allergy Asthma Immunol.* 2004 Dec;93(6):568-74. doi: 10.1016/S1081-1206(10)61265-3. PMID: 15609767.

- Noticia, Alerta por aumento de las infecciones respiratorias en Cali y el Valle <https://www.elpais.com.co/cali/alerta-por-aumento-de-las-infecciones-respiratorias-en-cali-y-el-valle-2157.html>
- Noticia, Alerta en Cali por enfermedades respiratorias: aumentaron 20% en diciembre de 2022 <https://www.elpais.com.co/cali/alerta-en-por-enfermedades-respiratorias-aumentaron-20-en-diciembre-de-2022.html>
- Directriz de la OMS sobre vivienda y salud, (2018)
- Grupo de Educación para la Salud de la Sociedad Española de Medicina Interna (SEMI). esemi.org/informacion-pacientes/conozca-mejor-su-enfermedad/sensibilidad-quimica-multiple-sqm
- NTP 289: Síndrome del edificio enfermo: factores de riesgo
- Tsuzuki, K. & Okamoto-Mizuno, Kazue & Mizuno, Koh. (2004). Effects of humid heat exposure on sleep, thermoregulation, melatonin, and microclimate. *Journal of Thermal Biology*. 29. 31-36. 10.1016/j.jtherbio.2003.10.003.
- Strøm-Tejsen, P., Zukowska-Tejsen, D., Wargocki, P. y Wyon, DP (2016). The effects of bedroom air quality on next-day sleep and performance. *Aire interior*, 26(5), 679–686. <https://doi.org/10.1111/ina.12254>
- ZA Caddick, K Gregory, L Arsintescu, EE Flynn-Evans - A review of the environmental parameters necessary for an optimal sleep environment -*Building and environment*, 2018.

INFLUENCIA DE LAS ABERTURAS DE FACHADA EN EL CONTROL DE LA
HUMEDAD RELATIVA PARA **LOGRAR ESPACIOS SANOS**