



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia

Acondicionamiento sostenible de la vivienda de interés social, como medio saludable para los habitantes. Caso de estudio Urbanización Tierra Tayrona en Bosa, Bogotá D.C.

**Proyecto final para optar al título de
Magíster en Diseño Sostenible**

**Félix Andrés Chávez Piravaguen
Arquitecto**

Director

Arq. Mg. José Andrés Sánchez Arias

Codirector

Arq. Mg. Rolando Arturo Cubillos Gonzalez

Revisión metodológica

PhD. Johanna Rodríguez A.

Facultad de Diseño

Maestría en Diseño Sostenible

Bogotá D.C., mayo de 2021



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

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

Usted es libre de:

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

Adaptar — remezclar, transformar y construir a partir del material

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

Bajo los siguientes términos:



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



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

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

Resumen

Cuando se trata de garantizar la disponibilidad de los recursos a generaciones futuras, en la construcción se encuentra uno de los hitos más importantes. Los espacios arquitectónicos deben reducir su impacto negativo al medio ambiente; sin embargo, los ya construidos deben acondicionarse ante la inviabilidad económica y ecológica de una reconstrucción total. El espacio construido con mayor ejecución, y de mayor relación con las personas, es la vivienda; es por ello que los gobiernos generan planes de acción para dotar a las personas de viviendas que deben ser de calidad.

En este trabajo de grado se hace una revisión histórica de la producción de vivienda en Colombia, encontrando un punto de similitud por la aparición de una pandemia como lo fue la gripe española que, debido a las condiciones insalubres de la época, da inicio a la producción de viviendas basadas en la investigación, que redujo la tasa de mortalidad e inclusive generó desarrollo social y económico.

Por otra parte, Colombia cuenta con una amplia biodiversidad que debe ser eje de conservación para el medio ambiente. Es así como la biofilia y la sostenibilidad toman importancia en la proyección de estrategias que contemplan el reforzamiento a las estructuras ecológicas principales y la preservación del agua como recurso invaluable. Desde la situación de las viviendas repetitivas a lo largo de la ciudad, como es el caso de la VIS, se generan simulaciones para identificar el grado de confort y la incidencia de las temperaturas en la salud; también se analizan los materiales y se establecen problemas comunes relacionados con la salud en la zona de estudio.

Es importante mencionar que, cuando se inició este proyecto, al país no llegaba aun la pandemia por Covid-19 y queda faltando recolectar información acerca de cómo la permanencia en las viviendas incidió directamente en la salud física y emocional de los habitantes; por ahora, estableció la relación entre las bajas temperaturas y las 10 principales causas de mortalidad en Bogotá, así como una tendencia de vulnerabilidad en los conjuntos de casas y apartamentos ante el virus.

Palabras clave: vivienda interés social, acondicionamiento sostenible, vivienda saludable, espacio vital, biofilia.

Abstract

When it comes to ensuring the availability of resources to future generations, construction is one of the most important milestones. Architectural spaces must reduce their negative impact on the environment; however, those already built must be conditioned before the economic and ecological infeasibility of a total reconstruction. The space built with the greatest execution, and with the greatest relationship with people, is the home; That is why governments generate action plans to provide people with housing that must be of quality.

In this degree work, a historical review of housing production in Colombia is made, finding a point of similarity due to the appearance of a pandemic such as the Spanish flu that, due to the unsanitary conditions of the time, begins the research-based housing production, which reduced the mortality rate and even generated social and economic development.

On the other hand, Colombia has a wide biodiversity that should be an axis of conservation for the environment. This is how biophilia and sustainability take importance in the projection of strategies that contemplate the reinforcement of the main ecological structures and the preservation of water as an invaluable resource. From the situation of repetitive dwellings throughout the city, as is the case of the VIS, simulations are generated to identify the degree of comfort and their impact on health; The materials are also analyzed and common problems related to health in the study area are established.

It is important to mention that, when this project began, the Covid-19 pandemic had not yet reached the country and it remains to collect information about how staying in the homes directly affected the physical and emotional health of the inhabitants; For now, it has established the relationship between low temperatures and the 10 main causes of mortality in Bogotá, as well as a trend of vulnerability in sets of houses and apartments to the virus.

Keywords: social interest housing, sustainable conditioning, healthy housing, living space, biophilia.

Tabla de contenido

Resumen.....	2
Abstract.....	3
Tabla de contenido.....	4
Lista de tablas	5
Lista de figuras.....	6
Introducción	8
1. Generalidades.....	12
1.1 Descripción del problema.....	12
1.2 Pregunta problema.....	13
1.3 Objetivos	13
1.3.1 Objetivo general	13
1.3.2 Objetivos específicos	13
1.4 Justificación.....	13
1.5 Hipótesis.....	14
2. Estado del arte.....	15
2.1 Acondicionamiento y rehabilitación	15
2.2 Salud y arquitectura.....	17
2.3 Historia de la vivienda saludable en Colombia.....	19
2.4 Política pública.....	29
2.5 V. I . S. y habitabilidad en Colombia	31
3. Marco teórico	34
3.1 Conexiones naturales.....	37
3.1.1 Conexión visual con la naturaleza	37
3.1.2 Conexión no visual con la naturaleza.....	37
3.1.3 Estímulos sensoriales no rítmicos.....	38
3.1.4 Variaciones térmicas y corrientes de aire	38
3.1.5 Presencia de agua.....	38
3.1.6 Luz dinámica y difusa.....	38
3.1.7 Conexión con sistemas naturales	39
3.1.8 Formas y patrones biomorfos	39
3.1.9 Conexión de los materiales con la naturaleza.....	39

3.1.10 Complejidad y orden	39
3.1.11 Perspectiva.....	40
3.1.12 Refugio, misterio y riesgo/peligro	40
4. Metodología	42
5. Resultados: Caso de estudio Bogotá, VIS Unifamiliar	44
6. Análisis de resultados	51
6.1 Confort térmico	51
6.2 Estrategias	76
6.3 Calidad del aire.....	86
6.4 Precipitaciones	93
6.5 Movilidad y desarrollo social.....	98
Conclusiones	104

Lista de tablas

Tabla 1. Beneficios de la biofilia	41
Tabla 2 Datos del lugar	56
Tabla 3 Patologías asociadas al clima.....	62
Tabla 4 Propiedades del ladrillo	67
Tabla 5 Propiedades del vidrio	68
Tabla 6 Propiedades del aluminio.....	68
Tabla 7 Propiedades de pisos	69
Tabla 8 Propiedades de cubiertas.....	70
Tabla 9 Cálculo de tasa metabólica por componentes de actividad.....	71
Tabla 10 Temperatura operativa promedio - condiciones iniciales	72
Tabla 11 Estrategia 1 aislamiento muros exteriores	77
Tabla 12 Estrategia 2 Cubierta concreto.....	78
Tabla 13 estrategia 3 Cubierta verde	79
Tabla 14 estrategia 4 RVP	80
Tabla 15 estrategia 5 patio cubierto	81

Tabla 16 eficiencia estrategias	82
Tabla 17 continuación eficiencia estrategias	83
Tabla 18 Estrategias combinadas.....	84
Tabla 19 Resultado temperaturas promedio	85
Tabla 20 calidad del aire condiciones iniciales.....	90
Tabla 21 Requerimientos buena calidad del aire	92
Tabla 22 Resultado calidad del aire estrategias	92
Tabla 23 Distancias servicios disponibles	99

Lista de figuras

<i>Figura 1.</i> Primera casa construida por el ICT.....	19
<i>Figura 2.</i> Cómo se vive en el paseo Bolívar.....	21
<i>Figura 3</i> Planos ejemplo Departamento de Urbanismo.....	22
Figura 4 Estado inicial barrio Centenario	23
Figura 5 Tipo de vivienda 58F.....	26
Figura 6 estado actual barrio Muzu	26
<i>Figura 7</i> Boceto inicial barrio Polo Club	28
<i>Figura 8</i> Patrones del diseño biofílico.....	36
<i>Figura 9.</i> Clasificación uso del suelo Bogotá.....	45
<i>Figura 10.</i> Concentración de VIS unifamiliar Bogotá.....	47
<i>Figura 11</i> Panorámica noroccidental del conjunto tierra Tayrona	49
<i>Figura 12.</i> Ortho-fotografía	50
<i>Figura 13.</i> Localización con datos georreferenciados IDEAM.....	52
<i>Figura 14.</i> Temperatura media Bogotá 1981-2010.	53
<i>Figura 15.</i> Temperatura mínima, media y máxima Estación Vegas.	54
<i>Figura 16.</i> Localización georreferenciada	55
<i>Figura 17.</i> Variación térmica del archivo climático EPW.	56
<i>Figura 18.</i> Modelado bloques VIS.	58
<i>Figura 19</i> Bloque 1 Simulación.....	59

<i>Figura 20</i> Bloque 2 Simulación.....	60
<i>Figura 21.</i> Resultados confort térmico adaptativo CBE.....	61
<i>Figura 22.</i> Vulnerabilidad sector Chicalá, Bosa, Bogotá.	65
<i>Figura 23.</i> Modelo Design Builder.....	66
<i>Figura 24.</i> Carta psicrométrica.	73
<i>Figura 25</i> Balance térmico.	74
<i>Figura 26</i> Temperaturas exteriores.....	74
<i>Figura 27</i> Temperatura Interior.	75
<i>Figura 28</i> Principales causas de mortalidad en Bogotá.....	86
<i>Figura 29.</i> Concentración PM10 2018.	87
<i>Figura 30</i> Concentración PM 2.5 2018.	88
<i>Figura 31</i> Comportamiento 24 horas PM10 y PM2.5.	89
<i>Figura 32</i> Comportamiento típico pm 25.	91
<i>Figura 33</i> Escenario de Cambio por lluvias	94
<i>Figura 34.</i> Áreas afectadas por inundaciones 2010-2011.....	94
<i>Figura 35</i> Vulnerabilidad de la región capital a los efectos del cambio climático.....	95
<i>Figura 36.</i> SUDS con canasta de cerveza.....	97
<i>Figura 37</i> Perfil vial proyectado Av. 1 de mayo.	100
<i>Figura 38.</i> Propuesta por el autor de perfil vial sostenible Av. 1 de mayo.	101
<i>Figura 39.</i> Propuesta por el autor Av. 1 de mayo.....	102

Introducción

Con el surgimiento de la Covid-19 y la declaración de pandemia realizada por la Organización Mundial de la Salud-OMS, con base en la propagación del virus denominado COVID-19¹, es más evidente la importancia de la relación entre la salud y la vivienda. En el mundo se promueven diferentes estrategias que se consideran efectivas para contener la propagación del virus, como son el lavado de manos, el uso permanente del tapabocas, el distanciamiento social y otra muy importante denominada “Quédate en casa”, pero ¿qué tan fácil es permanecer en un sitio que no cumpla con las condiciones mínimas de confort, habitabilidad y, sobre todo, que ofrezca condiciones de salud?

Bien lo señala el ingeniero ambiental e investigador de la línea en gestión y tecnología para la sustentabilidad de las comunidades, de la Universidad Católica de Colombia, Camilo Torres Parra: “Muchas personas pueden fomentar la transmisión del coronavirus porque las viviendas, formales e informales, están mal diseñadas y no cumplen con los mínimos de calidad”, y advierte: “Pero, además, si no nos contagiamos del virus, nos vamos a enfermar de ansiedad y depresión, o vamos a sufrir afecciones respiratorias o gastroenterológicas por las malas condiciones de las viviendas” (Medellín, 2020, s.p.).

En Colombia existe la misma expansión típica de Latinoamérica en las ciudades principales, donde lo ideal es que la expansión responda a condiciones sostenibles; para ello se ha implementado una política nacional, se han emitido Resoluciones y se promueven incentivos en pro del desarrollo sostenible. En cuanto a vivienda, en Colombia hay 16.070.893 unidades de vivienda: del número total de unidades habitacionales el 61,53 % es tipo casa, el 32,75 % tipo apartamento y el 4,38 % de tipo cuarto; a nivel Bogotá, las unidades de vivienda son 2.523.519, de los cuales 33.38 % son tipo casa, 60.27 % apartamento y 6.28 % tipo cuarto (DANE, 2018).

¹ Los coronavirus (CoV) son virus que surgen periódicamente en diferentes áreas del mundo y que causan Infección Respiratoria Aguda (IRA), es decir gripa, que pueden llegar a ser leve, moderada o grave. El nuevo Coronavirus (COVID-19) ha sido catalogado por la Organización Mundial de la Salud como una emergencia en salud pública de importancia internacional (ESPII).

En estas condiciones, es importante establecer un método de intervención que permita identificar las viviendas que sean susceptibles de mejorar y así acondicionar, de manera sostenible, una gran parte de la ciudad. Este acondicionamiento o transformación sostenible debe darse de manera voluntaria, los propietarios deben ser conscientes de la importancia de implementar estrategias que se relacionen con la salud. En tal virtud, este trabajo de grado se convierte en una investigación acerca de dicha relación vivienda-salud y de las estrategias sostenibles para su mejoramiento.

Según la OMS (1946), en el principio número uno de su Acta de Constitución: “La salud es un estado de completo bienestar físico, mental y social, y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades” (p.1). Sin embargo, existen otros factores que intervienen en el concepto de salud y tienen que ver con el desarrollo económico y la preservación del medio ambiente, los cuales mejoran las calidades de vida y, por ende, la salud; de esta manera se identifica una estrecha relación entre los conceptos de salud y desarrollo sostenible. “Está en manos de la humanidad hacer que el desarrollo sea sostenible, duradero, o sea, asegurar que satisfaga las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las propias” (Organización de Naciones Unidas, 1987, P.23).

Entendiendo esta relación, las naciones deben dar la misma importancia al cambio climático y al cuidado del medio ambiente, como a los virus que generan pandemias mundiales, que pueden ser un derivado de las alteraciones que afectan al medio ambiente. Al respecto, el Departamento Nacional de Planeación-DNP estimó que, en Colombia, durante el año 2015, los efectos de la mala calidad del aire estuvieron asociados a 10.527 muertes (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, 2020).

Así mismo, desde 1973 existen políticas y lineamientos encaminados a la preservación del medio ambiente, sin embargo, es a partir del Plan de Desarrollo 2014 – 2018 “*Todos por un nuevo país*”, que se inicia una procura por el crecimiento verde, en concordancia con los compromisos adquiridos en la agenda internacional, referidos al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y la reducción del 20 % de los gases de efecto invernadero (GEI), establecidos en el Acuerdo de París (2016). En correspondencia, se han emitido resoluciones y leyes en pro de la sostenibilidad, dentro de las cuales se identifica, en el sector de la construcción, uno de los principales riesgos.

Desde el Estado se ha empezado a promover el uso de edificaciones sostenibles, los diseños de nuevos equipamientos deben estar enmarcados dentro de este tipo de construcción y, como estrategia de ahorro energético, el Ministerio de Vivienda expidió la Resolución 0549 del 2015, por medio de la cual estableció porcentajes de ahorro de agua y energía obligatorios para diferentes construcciones, exceptuando la vivienda VIS y VIP (Vivienda de Interés Social y Vivienda de Interés Prioritario), para las que se reconoce un presupuesto limitado y que no está obligado a incurrir en tecnologías eficientes, o de ahorro, que incrementarían los valores en el mercado.

Es bastante lo que falta en materia de normativa, existen vacíos en cuanto a responsabilidades, clasificación adecuada de clima, líneas base acordes a las condiciones del país, ambientes adecuados de confort y un análisis que encierre todos los tipos de construcciones, incluyendo las existentes, entre ellas la vivienda de interés social y prioritario debido al número de construcciones existentes de ese tipo.

En un modelo industrializado, el desarrollo económico de una ciudad depende de la mano obrera que impulsa la industria y eleva los ingresos económicos; es así como en Colombia, desde 1939, empieza a gestionarse el fácil acceso a la vivienda por parte de trabajadores, y en Bogotá se cuenta con barrios obreros que han impulsado el desarrollo de la ciudad. Han sido diversos los mecanismos para la generación de vivienda social, y actualmente se encuentran consolidados conjuntos residenciales y barrios completos que se convirtieron en solución al déficit de vivienda típico de una ciudad que aporta más del 20 % al PIB nacional.

Las viviendas en las cuales habita la clase obrera de la ciudad, si bien cubren las necesidades básicas en cuanto a protección y servicios, en su mayoría no cumplirían con el estado de salud de sus habitantes y tampoco con los lineamientos de sostenibilidad; existe una determinante por su valor en el mercado que las excluye de la adopción de compromisos sostenibles, por parte de Colombia, en el Acuerdo de París (2016).

Los avances en materia de sostenibilidad, hasta ahora logrados, se encuentran resumidos en el CONPES 3919 - Política Nacional de Edificaciones Sostenibles, donde se reconocen falencias y vacíos normativos, pero también traza planes de acción; observa que faltan los lineamientos que evidencien el potencial de la vivienda usada, atendiendo que los porcentajes de ahorro establecidos en la Resolución 0549 de 2015 están basados en casos de estudio de 58 viviendas VIS a nivel nacional. Los primeros acercamientos se basan en el ahorro de agua y energía

que benefician en parte la economía de las familias y el ambiente, pero ¿cómo puede integrarse el desarrollo social y la mejora de la salud?

Esta situación evidencia que el crecimiento de Bogotá está limitado y, en ese orden de ideas, se debe procurar el progreso de la ciudad; los proyectos en desarrollo deben estar en sintonía con los lineamientos de sostenibilidad; pero, paralelamente, es necesario promover el acondicionamiento de las construcciones existentes, por eso este trabajo de grado adopta la vivienda de interés social como un hito importante para la transformación de ciudad sostenible que se requiere. En este documento se propone la apropiación voluntaria de lineamientos sostenibles, a partir del concepto de salud, estudiando las tecnologías y estrategias adecuadas, así como los requerimientos en cuanto a modificación normativa.

El caso de estudio es específico para vivienda unifamiliar VIS, debido a que se trata de una vivienda que cumple estándares básicos de estructura y arquitectura aprobados mediante licencia de construcción; el modelo de intervención propuesto y que se basa en las afecciones a la salud derivadas de un bajo porcentaje de confort en la vivienda y problemas de la configuración urbana, puede aplicarse a varias unidades habitacionales en Colombia, puesto que son muy similares, ya que mantienen la misma distribución con mínimas variaciones en la relación ventana pared de fachada y sus áreas. Al tratarse de viviendas inmersas en conjuntos cerrados, es más factible acceder a una comunidad organizada a través de las administraciones y consejos comunales en donde se puedan socializar las opiniones y comparar resultados, además los conjuntos cuentan diferentes orientaciones en fachada del mismo módulo de vivienda, el cual evidenciara variaciones en confort.

1. Generalidades

1.1 Descripción del problema

Bastante se ha escrito señalando los problemas que se encuentran en la producción, gestión, distribución y financiación de la vivienda de interés social en Colombia, sin embargo, no se encontró un análisis de mejoramiento a las condiciones de confort y habitabilidad de la VIS. Esto puede darse porque está mal construida y no puede ser mejorada; o, desde el punto de vista estatal, es un módulo básico sencillo que funciona perfectamente y no requiere modificaciones.

La vivienda de interés social está muy lejos de ser económica, por el contrario, las viviendas analizadas han requerido del ahorro continuo de sus propietarios, quienes contaron con algunas facilidades de pago, pero que terminaron con sobrecostos por cuenta de los intereses a entidades bancarias. La motivación particular de analizar el posible mejoramiento de este tipo de vivienda radica en el descontento que puede generarse en una persona que duró, o durará, entre 15 y 30 años pagando su vivienda y evidencia que no le ofrece condiciones de habitabilidad.

Si bien la adaptación o adopción de estrategias sostenibles hace parte de las políticas nacionales, para la vivienda usada falta bastante en materia de normativa, lineamientos e incentivos; el establecer una relación de la arquitectura con la salud a nivel de institucionalidad permitirá ejercer control en condiciones insalubres y promover acciones y capacitación que pueden tener una respuesta eficiente a partir del diseño sostenible, el cual, desde la arquitectura, tiene en cuenta los lineamientos establecidos en el objetivo 11 de Desarrollo Sostenible, en donde se establecen metas relacionadas con calidad y acceso a la vivienda, sistemas de transporte eficiente, protección patrimonio natural y cultural, resiliencia ante desastres naturales, reducción de impacto ambiental, reducción del consumo energético, acceso a zonas verdes y espacios públicos, que, aplicadas a la construcción, se traducen en calidad de vida y, por ende, en salud.

La pandemia mundial por COVID 19, ha dejado como enseñanza la importancia de un ambiente sano y confortable en la vivienda, a partir de una total permanencia en las casas para evitar el contagio del virus; el teletrabajo, que era una opción creciente, se convirtió en modalidad obligatoria. En esta situación, se refuerza la necesidad de contar con espacios agradables, confortables y saludables para evitar otro tipo de malestares debido al confinamiento. Los estudios

que se analizarán en este documento no corresponden a una situación de confinamiento y, sin embargo, resaltan la necesidad de contar con espacios óptimos en cuanto a salubridad.

1.2 Pregunta problema

¿Cuáles son los aspectos susceptibles de mejora para las viviendas de interés social existentes en Bogotá, que generen la reducción del riesgo a la salud y promuevan el cumplimiento de metas de los objetivos de desarrollo sostenible?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Generar un modelo de intervención para reducir las condiciones de riesgo a la salud derivadas de deficiencias en ventilación, iluminación y confort térmico, en la vivienda de interés social unifamiliar, en el contexto de Bogotá.

1.3.2 Objetivos específicos

- Identificar características de la producción de vivienda de interés social en Colombia, como referente en cuanto a soluciones arquitectónicas eficientes.
- Establecer métodos eficientes de mejora a la salud relacionados a la sostenibilidad.
- Analizar las condiciones higrotérmicas del caso de estudio y su posible relación con afecciones a la salud, para establecer acciones que mejoren las condiciones de la vivienda.

1.4 Justificación

La vivienda predomina como el espacio de mayor permanencia de las personas. En diferentes momentos de la vida, la estadía será mayor o menor, y generalmente coincide con un estado de vulnerabilidad natural (en bebés y adultos mayores); a esto se une un predominio de funciones vegetativas (población intermedia) que están relacionadas con el sueño, la digestión y el reposo, momentos en los cuales el cuerpo es más susceptible a ser afectado por condiciones adversas que si estuviera en otro lugar, por ejemplo, ejerciendo actividades laborales (Barceló y González, 2018). De esta manera, la vivienda puede representar un factor de riesgo o ser un agente promotor de salud, según las condiciones en que vivan los miembros de la familia. Ahora la

pandemia (COVID 19) llevó el trabajo al hogar, por lo que se convirtió en el sitio de mayor permanencia para todas las edades.

Es muy evidente que, ante condiciones precarias de la vivienda, los riesgos para la salud son muy altos, y si esto se une a la falta de servicios públicos se puede entrar a un nivel extremo de riesgo. Bajo estas condiciones, son bastantes las acciones para contrarrestar este tipo de circunstancias, aunque resultan insuficientes por la tasa de crecimiento informal de la ciudad; pero ¿las soluciones de vivienda que se producen hoy en Colombia, eliminan por completo los riesgos a la salud?

El Estudio de Habitabilidad y Salud en Colombia, establece una relación inversamente proporcional entre habitabilidad y percepción de mala salud, que manifiesta que el comportamiento a nivel nacional es continuo; sin embargo, particularmente en Bogotá, se presenta un índice de percepción de mala salud mayor a lo esperado. “El estudio parte de la Encuesta Nacional de Salud 2007, en la cual, añadiendo un nuevo cuestionario, permitió identificar cómo las condiciones de habitabilidad afectan a grupos de población intermedios” (Ceballos, Vega, Fernández, Martínez y Herrera, 2015, p.31), con los cuales se da lugar a una necesaria revisión de las condiciones de la vivienda en un estrato medio bajo.

1.5 Hipótesis

La principal afectación a la salud de los bogotanos tiene causas probadas en las temperaturas operativas bajas que se registran durante el año en las viviendas. La implementación de estrategias pasivas aplicadas a la materialidad de viviendas existentes mejora el comportamiento térmico del espacio construido en el cual las personas son más vulnerables en términos de salud, al tiempo que evitan incrementos de consumos energéticos para calefacción, según las variables que puedan presentarse por acción del cambio climático. Es así como existe una estrecha relación entre sostenibilidad, salud y confort en la cual se prioriza la conservación del medio ambiente y el bienestar de las personas; por ello es necesario analizar las condiciones climatológicas y fenómenos naturales que afectan el entorno de una vivienda para garantizar temperaturas internas confortables, calidad de aire, iluminación natural y un consumo energético y de recursos racional, que se traducen en una mejor salud para los habitantes de la ciudad en el marco de la sostenibilidad.

2. Estado del arte

La investigación comienza con la revisión de la literatura existente sobre el tema de la vivienda sostenible, del cual se encuentra muy poca información en Colombia. No obstante, este ha sido tratado en otros países, principalmente en España, aunque cabe señalar que las condiciones climáticas son muy diferentes. A pesar de esta situación, sí hay puntos en común, sobre todo los relacionados con el ahorro de energía y medición de confort.

2.1 Acondicionamiento y rehabilitación

Uno de los referentes es el documento Rehabilitación energética de viviendas en España: confort térmico y efectividad, de Fernández, Rubio y Guevara (2019), en donde a partir de la identificación de estrategias aplicables a un clima específico, mediante el software *Climate Consultant*, se realiza un análisis comparativo de la efectividad de las estrategias a implementar en un bloque de 30 viviendas del núcleo residencial Plaza Santo Tomas de Aquino, en Jerez.

Bajo el modelo de *Confort Ashrae 55*, se analizan las estrategias activas y pasivas que se listan como resultado del *Climate Consultant* y se simulan en el programa Calener VyP 2013, para tres zonas climáticas como lo son Sevilla, Barcelona y León, atendiendo que el modelo de producción de vivienda se repite no solo a nivel regional, sino a nivel mundial; los autores señalan que es posible encontrar un bloque de vivienda con características similares en Beijín, Moscú, Lisboa o Buenos aires.

La presentación de resultados de simulación de consumos y eficiencia permite evidenciar la efectividad de la aplicación de estrategias con relación a los costos asociados. Importante señalar un capítulo considerado en menor medida, pero de gran importancia, llamado Criterios Sociales, en el que se reconocen dificultades por aspectos subjetivos de apreciación para aceptar o rechazar las medidas propuestas, teniendo en cuenta molestias, duración de la obra y confort alcanzado; análisis un poco débil, teniendo en cuenta que la propuesta está netamente dirigida a una población específica, la cual debe entenderse por completo para lograr la aceptación.

Es posible simular condiciones térmicas y de consumo de energía, pero no lo es simular condiciones sociales; en este caso, todo estudio deberá proponerse desde la persona y, si bien este es un documento referente de análisis de rehabilitación sostenible, le falta el Componente Salud en donde el usuario adquiere una gran importancia como eje principal de transformación para

mejora de los patrones de consumo y adopción de medidas en pro del medio ambiente, de su economía y confort.

En esta misma línea, la tesis de Máster en Edificación: Adecuación bioclimática a viviendas en el trópico caribeño. El caso de la República Dominicana, de Durán (2013), muestra un clima en condiciones semejantes al trópico. Se trata de una propuesta de adecuación bioclimática para una ciudad con temperaturas cercanas a las registradas en Santa Marta, Colombia; para este caso, la autora reconoce la necesidad de adoptar medidas correctivas mediante sistemas pasivos para mejorar el confort en edificaciones, y recurre al análisis de la arquitectura vernácula propia del lugar, la cual reúne conocimientos ancestrales que permiten un mayor confort térmico. La propuesta integra soluciones pasivas como ventilación cruzada y control sobre la radiación solar, obtenidas de la arquitectura tradicional, con tecnologías como captadores fotovoltaicos para lograr mejorar la eficiencia energética y el confort térmico de viviendas existentes.

El análisis de estos referentes permite evidenciar cómo un clima de trópico demanda menor consumo de energía por temperaturas extremas altas y bajas, lo que permite concentrar esfuerzos en la mejora del confort en general; en un clima cálido tropical, una estrategia pasiva permite reducir el consumo energético derivado de sistemas de refrigeración y no es necesario contemplar sistemas duales para épocas de frío.

Si bien los referentes reflejan una gran preocupación por el consumo energético que se traduce en preocupación por el medio ambiente, la inquietud por la salud puede promover la misma reducción, sumada a los aspectos fundamentales para el cuidado del medio ambiente, desde la persona como eje principal de mejora. Una de las principales ventajas de la intervención a viviendas construidas es la posibilidad de análisis de las sensaciones térmicas percibidas, perfiles de consumo energético e intereses particulares que faciliten la adopción del proyecto de acondicionamiento.

El marco histórico evidenciará cómo esa preocupación por la salud y la vivienda dio lugar a unidades integrales que terminaron siendo sostenibles en el tiempo, como un modelo de vivienda y salud en Colombia, entendiendo que el concepto bioclimático y sostenible es de aplicación reciente.

2.2 Salud y arquitectura

El interés mundial respecto de la salud y la relación de los edificios y/o viviendas surgió, según García, Torres y García (2017), en la peste ocurrida durante la Edad Media, en la cual, por condiciones de hacinamiento, poca ventilación, mala disposición de residuos y suciedad, murieron miles de personas afectadas por enfermedades como hepatitis, cólera y tuberculosis. La peste se propagó por Europa, afectando a todas las personas, estuvieran o no expuestas a las condiciones insalubres.

Por su parte, en 1982, la OMS definió el “*Sick Building Syndrome*” o “Síndrome del Edificio Enfermo” (SEE por sus siglas en inglés), como:

(...) un conjunto de molestias y enfermedades originadas o estimuladas por la mala ventilación, la descompensación de temperaturas, las cargas iónicas y electromagnéticas, las partículas en suspensión, los gases y vapores de origen químico y los bioaerosoles, entre otros agentes causales identificados que produce, en al menos un 20 % de los ocupantes, un conjunto de síntomas inespecíficos, sin que sus causas estén perfectamente definidas. (Ibáñez, 2009, párr.5)

Este concepto SEE ha sido aplicado en edificios laborales. Uno de los hechos más conocidos es el de la Torre Agbar², La Caixa y el edificio de Gas Natural, en 2007; allí se presentaron casos de Lipoatrofia Semicircular³ (LS) en más de mil trabajadores de estas oficinas. Sin embargo, el primer caso de LS registrado es de 1974, por los médicos alemanes Gschwandtner y Munzberger, que relacionaron las afecciones de esta enfermedad con las condiciones del edificio donde las personas laboraban (Gutiérrez, Moreno y López, 2013). Las inquietudes respecto del SEE radican principalmente en las reducciones de productividad para las empresas.

Existen otros casos de edificio enfermo como el que dio el término a la bacteria *Legionella pneumophila*, que ocasiona una infección pulmonar que termina en neumonía, con fiebre alta, y puede ocasionar la muerte. En enero de 1977, en el Hotel Bellevue Stratford de Filadelfia, se conmemoraban los 200 años de independencia en una reunión de veteranos de guerra de la Legión

² Torre en forma de Bala de 34 pisos y 145 m de altura, que marca la entrada al distrito tecnológico de Barcelona, España, construida en 2005. Arquitectos Jean Nouvel–Fermín Vázquez.

³ La Lipoatrofia Semicircular (LS) es una atrofia del tejido graso subcutáneo. Es una lesión benigna y reversible en la que aparece una depresión en la superficie cutánea en forma de banda semicircular.

Estadounidense; luego de esta reunión, fallecieron en diferentes estados varios de los asistentes. Seis meses después, tras una ardua investigación y numerosas hipótesis de epidemias, se pudo establecer que la bacteria se desarrolló en una torre de enfriamiento del Hotel, lo cual contaminó el aire que respiraron los legionarios (de ahí el nombre de la bacteria) además contagió y ocasionó la muerte a varios asistentes (Altman, 2006).

El SEE está relacionado con edificios de gran superficie y afluencia, y algunos de los problemas se derivan de tecnologías implementadas en equipos de aire acondicionado, falta de mantenimiento y, en otros casos, por el mismo material. Es evidente, entonces, que la relación entre la arquitectura y sus habitantes puede desencadenar en enfermedades, pero esta no es una condición exclusiva de un tipo de edificio: la vivienda puede padecer una variación del síndrome con aspectos bien diferenciados.

En Colombia, las primeras viviendas gestionadas desde el Estado, en 1939, surgieron como respuesta a la población rural afectada por la propagación de la epidemia de bartonelosis⁴, en varias zonas de Nariño (ver Figura 1), en la frontera con Ecuador; el objetivo principal era “cambiar radicalmente las condiciones de vida de los campesinos” (Sánchez, 2018), puesto que un informe de un investigador determinó que las malas condiciones de la vivienda podían ser la causa de dicha enfermedad.

⁴ La Bartonelosis o Verruga Peruana se presenta en tres fases: la primera es la fase mortal con fiebre y anemia, en la segunda es asintomática y la tercera se manifiesta con erupciones cutáneas. Esta enfermedad ocasionó bastantes muertes en la frontera de Ecuador, Perú y Colombia; durante el brote y la revisión de un especialista en Colombia, se dictaminó una falta de salubridad en la vivienda que podía asociarse y es así como se construyen las primeras viviendas por el ICT.

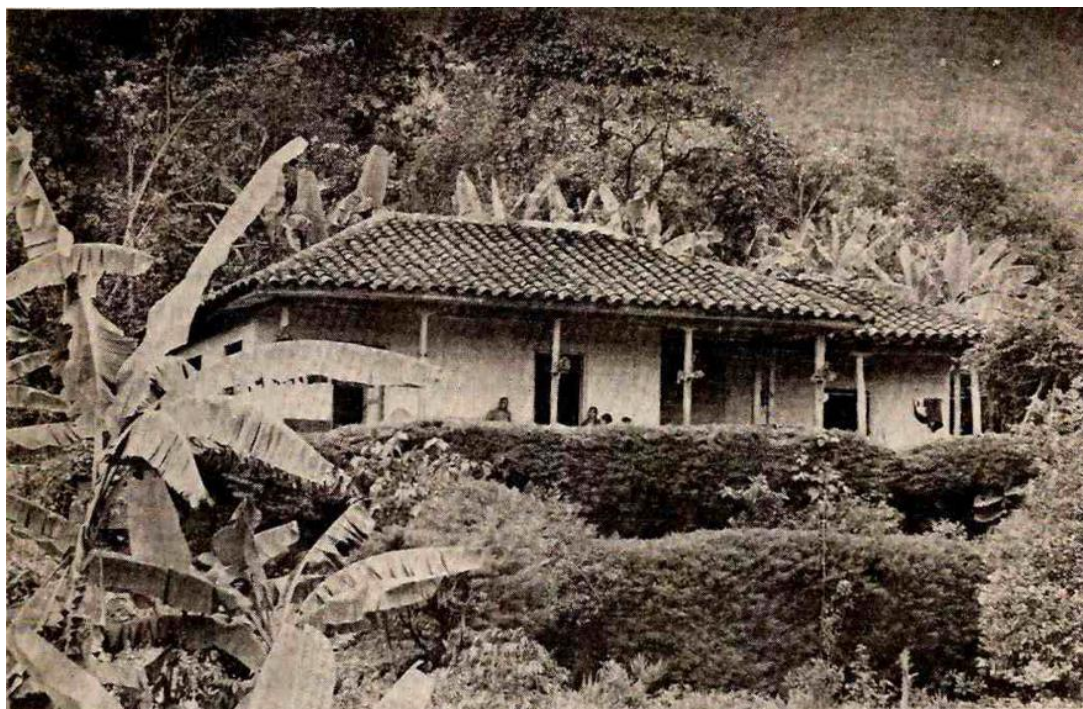


Figura 1. Primera casa construida por el ICT en Sandoná, Nariño, 1939. Fuente: Instituto de Crédito y Ministerio de Desarrollo Económico, 40 años Construyendo vivienda. CC-BY-NC-ND

Existió en Colombia una política pública que procuró la construcción de viviendas saludables, pero esa política ha cambiado y hoy prevalece la producción cuantitativa de la cual hace parte la vivienda objeto de este estudio.

2.3 Historia de la vivienda saludable en Colombia

A partir de un movimiento higienista iniciado en 1884, se buscó reducir el contagio de enfermedades asociadas a condiciones insalubres, propias de las costumbres de los bogotanos. Las calles se caracterizaban por un hedor nauseabundo emanado del lodo mezclado con excrementos de animales y personas; el sistema de drenaje de aguas negras era superficial, aprovechando las calles inclinadas que se surtían de los excrementos arrojados desde las ventanas, anteceditos de la frase “aguas o agua va” (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2018). Durante esta etapa inicial fueron muchas las epidemias que atacaron a los bogotanos hasta llegar a la gripe española; sin embargo, es desde las estrategias de producción de vivienda higiénica, saludable y de calidad que se reducen

las tasas de mortalidad, y esto, aunado a la población migrante, excede las capacidades de producción de vivienda.

La producción de vivienda en Colombia refleja el interés y gestión de la vivienda social a partir del concepto de vivienda como herramienta de transformación social de calidad y vivienda como eje de desarrollo económico en donde prima la cantidad; estos conceptos afectan la condición saludable de la vivienda, según se han aplicado. Con la Ley 46 de 1918, se da inicio a la gestión de vivienda social con un enfoque higienista. El primer objetivo es prohibir el arriendo de espacios de habitación (casas, piezas, edificios, etc.) sin que cumplan características de higiene. Una de las medidas que se tomó, a causa de la epidemia de gripe española que azotó al mundo entero, dejando entre 20 y 50 millones de muertes, fue que la Policía se debía encargar de realizar la verificación de los espacios con avisos anticipados de 24 horas (Pulgarín, 2009).

De la misma manera, se dicta destinar el 2 % de lo recaudado en impuestos, contribuciones y rentas, a la producción de vivienda social en municipios que cuenten con más de 15.000 habitantes; una vez construidas las viviendas se cobraba el 10 % del valor primario de esta en un periodo de un año, y estaría distribuido así: 6 % a manera de arriendo y 4 % destinado a cubrir el valor de la propiedad; cuando los abonos del 4 % cubrieran el costo primario de la vivienda, se otorgaría el título de propiedad junto con los derechos hereditarios a que hubiese lugar. La producción de vivienda en Colombia surge de una preocupación por la salud de los habitantes y para ello fue necesario revisar las condiciones de las viviendas existentes y gestionar la financiación de viviendas nuevas de calidad que se hicieran accesibles.

La gripe española llegó a Bogotá en 1918 y duró aproximadamente dos años, marcando el inicio de una conciencia respecto de la habitabilidad y salubridad, a partir de la higiene.

En Bogotá, la epidemia y las condiciones insalubres de la zona del Paseo Bolívar (ver Figura 2), motivaron las acciones en torno a la vivienda. Se cumplió también el IV Centenario de la fundación de la ciudad y desde allí inician las acciones del Departamento de Urbanismo, en cabeza de Karl Brunner, un arquitecto austriaco, urbanista, que fue influenciado por la corriente que proponía la vivienda de interés social, característica de la Viena de los años veinte.



Figura 2. Cómo se vive en el paseo Bolívar. Fuente: Pulgarín (2009) CC-BY-NC-ND

Bruner asistió a la escuela de urbanismo de Viena bajo la dirección de Karl Mayreder, quien fue contemporáneo de Otto Wagner, el gran impulsor de la llamada “Viena Roja”, en donde en poco más de una década se construyeron 65.000 viviendas de calidad, las cuales hoy en día se consideran joyas arquitectónicas y están protegidas por las normas urbanísticas. Además de ser unidades de bajo costo, implementaron una oferta recreativa y social; las viviendas construidas antes del movimiento VIS eran una producción capitalista, que habían convertido a Viena en la ciudad con peor calidad de vida de Europa. “Viena es hoy una de las ciudades del mundo con mayor calidad de vida, pero hace 120 años el 95 % de sus casas no tenía agua corriente ni inodoro” (Kuhs, 2010, párr. 1).

Entendiendo la formación y el referente vienés de Brunner, es fácil comprender sus propuestas para Bogotá. A partir de la estructura urbana existente, planteó soluciones con aperturas de vías que facilitarían la comunicación entre las zonas aisladas de la ciudad, proyectando barrios obreros en los vacíos resultantes.

La intervención de Bruner en Bogotá se percibe hoy más como un conjunto de propuestas aisladas que como un plan integral propiamente dicho. Los proyectos urbanos fueron ordenados en función del espacio abierto, complementados con grandes cuerpos de vegetación y espacios reservados para construcciones comunales. En ellos se consideraron aspectos de salubridad e higiene y contaron con normas sobre densificación,

ventilación y asolación de las construcciones, el orden espacial de cada fragmento fue más importante que la idea de analizar una totalidad coherente (Saldarriaga, 1992, como se cita Pulgarín, 2009, p.67).

El concepto de Brunner, en el cual era necesario acoger las condiciones propias del lugar junto con las tradiciones y costumbres de los habitantes como clave del desarrollo urbano, fue implementado por el Instituto de Crédito Territorial y más adelante se evidenciará esta idea; uno de los primeros proyectos del Departamento de Urbanismo para la vivienda social son los planos modelo para casas obreras de 1934-1935, como se observa en la Figura 3.

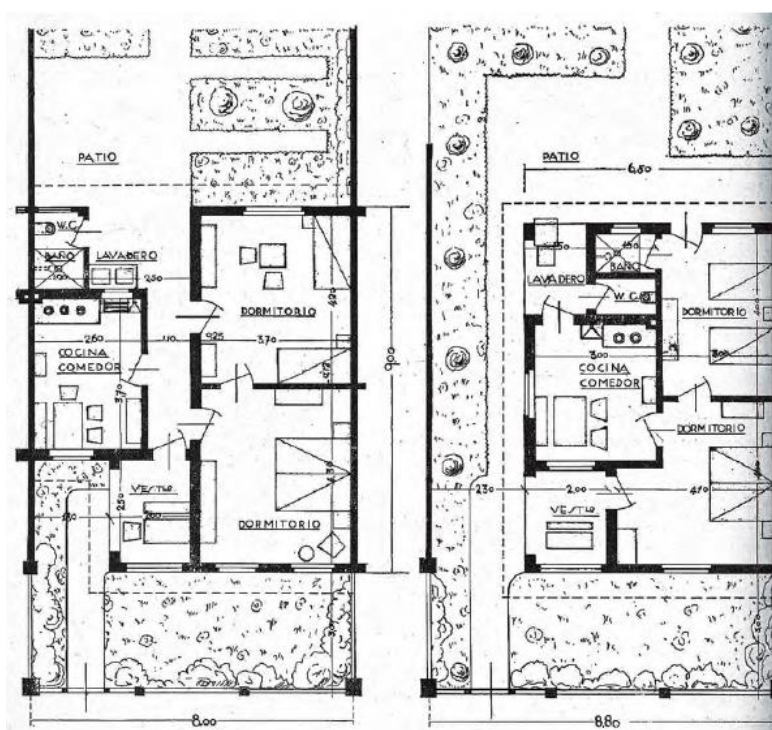


Figura 3 Planos ejemplo Departamento de Urbanismo. Fuente: Roa (2018) CC-BY-NC-ND

Se trató de una vivienda de entre 55 y 72m², con espacios verdes privados en el ante jardín y patio posterior, el cual podía alojar cultivos o animales domésticos, en una clara intención de autosuficiencia o sostenibilidad inspirada en las casas granja alemanas, y entendiendo la relación de los habitantes de la vivienda obrera con el campo (Roa, 2018). Esta sería una solución sostenible hoy en día, pero a los habitantes de Bogotá, específicamente del barrio Centenario, no les interesó el espacio para cultivo y aprovecharon en muy poco tiempo el área libre, y el elevado costo de los terrenos, para subdividir los predios y generar construcciones informales que terminaron

supliendo, en parte, el déficit de vivienda, mas no en las condiciones saludables con que se diseñaron. Sin embargo, para esta época, las epidemias estaban reducidas y problemente es por ello que el interés en la salud pierde importancia.



Figura 4 Estado inicial barrio Centenario (izq) estado actual barrio centenario (der). Fuente: Roa (2018) y Pulgarín (2009). CC-BY-NC-ND

Algunos textos citados por Pulgarín (2009), en su tesis de Maestría en Patrimonio Cultural y Territorio, reflejan la estrecha relación entre salud y vivienda. En Bogotá, durante los años 30, se vio surgir una arquitectura moderna, que se encargó de dotar a la población de escasos recursos con viviendas saludables.

Los habitantes de la ciudad necesitan amplios espacios para respirar aire puro. En este sentido, las condiciones de Bogotá han desmejorado mucho en los últimos tiempos. De una casa antigua se hacen dos modernas, reduciendo los patios y suprimiendo los solares. Entre tanto que las casas se estrechan en su interior, las angostas calles españolas continúan sus antiguas dimensiones y las plazas y parques no aumentan la proporción que debieran (...) Lo que está pasando con la tuberculosis en Bogotá, es una prueba clara de que necesitamos mejorar las condiciones higiénicas del aire que respiramos. Sabido es que esta enfermedad hace estragos en las casa oscuras y estrechas. (Puyo, 1992, como se cita en Pulgarín, 2009, p.53)

Pero la vivienda no solo está asociada a la propagación de enfermedades. En 1919 se hablaba de una relación con el detrimento de la sociedad, a partir de la casa:

Los atractivos de una casa alegre y cómoda, retienen al trabajador fatigado por la tarea cotidiana. Al contrario, si la casa está mal dispuesta, carece de aire y de luz, el trabajador permanece en ella lo menos posible y prefiere las funestas diversiones de la taberna. Cada día se desprende más de su mujer y de sus hijos, quienes quedan abandonados a la miseria y a ejemplos perniciosos. Las pasiones de las colectividades sin freno, exitadas por el abuso del alcohol, arrastran al obrero a falsos conceptos de venganza y de odio, con el deseo de quiméricas reivindicaciones. El abandono del hogar tiene consecuencias más graves: la generación que se levanta, formada en la miseria y el vicio, y que ha heredado las predisposiciones morbosas del alcoholismo, será luego el azote de la sociedad y costará al Estado ingentes sumas en hospicios, hospitales, asilos y cárceles. (Vergara 1919, como se cita en Pulgarín, 2009, p.56)

Con el Decreto 200 de 1939, se crea el Instituto de Crédito Territorial-ICT, para fomentar la construcción de habitaciones higiénicas para los trabajadores del campo. Al ICT se le encargó una función social, la cual contemplaba una duración de 40 años, que dependería de mantener su capital por encima del 50 %, teniendo en cuenta que se asignó un capital de \$3.500.000 de la época. (Ministerio de Hacienda y Crédito Público, 1939). Durante los años 30, dos entidades se encargaron de la producción de vivienda: el Banco Central Hipotecario y el Departamento de Urbanismo. El primero se caracterizó por una producción de vivienda de calidad, que se acompañó de impactos a nivel urbano y propuestas hechas por arquitectos con reconocimiento profesional.

Esta producción tuvo tres etapas: la primera 1935, con viviendas unifamiliares de tipología aislada, dotadas de patio trasero y antejardín; la segunda, a partir de 1964, una época denominada de transición en donde se introdujo el concepto de agrupaciones de vivienda, unidad de habitación como elemento urbano, y la última a partir de 1973 con producción a gran escala e inversión privada con los multifamiliares, urbanizaciones con espacio público vinculado a la vivienda, ejemplo: el icónico conjunto residencial Las Torres del Parque, de 294 unidades, diseñado por el arquitecto Rogelio Salmona (Montoya, 2019).

La diferencia entre las dos entidades que gestionaron la vivienda radica en el campo de acción. Por un lado, el Banco Central Hipotecario-BCH, actuó en todo el territorio nacional, mientras que el Departamento de Urbanismo actuó a nivel local (Bogotá); además, la vivienda era

obrero o para empleados y marcaban la capacidad de pago y el nivel de capacitación profesional; en este sentido, el ITC se encargó de la vivienda económica.

En 1942, unos meses antes del fin del mandato de Eduardo Santos, mediante el Decreto 1579 del mismo año, se encarga la nueva función al ITC de gestionar la adquisición de vivienda urbana, mediante préstamos para autoconstrucción, en zonas con disponibilidad de servicios públicos y la gestión de barrios populares modelo, así como la cooperación técnica a los municipios que construyan barrios obreros o populares.

Entre 1942 y 1947, tuvo lugar una época que estuvo marcada por la recesión económica derivada, entre otras cosas, de la Segunda Guerra Mundial, que se tradujo en fenómenos de inflación en los materiales de construcción de hasta el 90 %, y que presentó una dificultad para la producción de la vivienda en una ciudad en constante expansión. En pro de garantizar una estabilidad económica, la Ley 85 de 1946 estableció un sistema de recursos a partir de los impuestos de renta, por medio del cual los industriales se vieron forzados a invertir en viviendas y podía hacerse de manera directa o a través del ICT. Con estas nuevas formas de financiación, se incluyó en la Junta Directiva a representantes de la Asociación Nacional de Industriales (ANDI) (Sánchez, 2018).

Junto a los industriales del país, el capital del ITC aumentó considerablemente y esto permitió un cambio en la escala de producción de vivienda. Fue posible construir la misma cantidad de viviendas que se construyeron en siete años, ahora en un solo año; el ICT acumuló experiencia y realizaba varias actividades relacionadas con la vivienda, como asesorías técnicas, construcción de vivienda rural y urbana. Entre 1947 y 1953, la producción de vivienda del ICT estuvo marcada por la experimentación acerca de las nuevas ideas en arquitectura, que fueron determinadas por una ola de violencia, reforzada con el Bogotazo de 1948.

El inicio de la etapa de experimentación se dio con el concurso para vivienda económica planteado por ICT en 1947, las propuestas presentadas se convirtieron en pautas a seguir para la posterior producción de viviendas (Roa, 2018). Uno de los primeros proyectos fue el barrio Muzú, ubicado en la zona sur frente a la Escuela de Policía General Santander; este modelo fue inspirado en la ciudad jardín, modelo de vivienda obrera en Europa, que surgió como respuesta a viviendas estrechas, carentes de luz, ventilación y generalmente antihigiénicas.

El desarrollo de Muzú se caracterizó por amplias zonas verdes que aislaron los corredores viales y permitieron otra escala de relación con el espacio público, mediante vías peatonales y variación en los perfiles viales. En las casas allí construidas se implementaron, por primera vez, elementos prefabricados en una casa de dos plantas, cuya parcela fue de 89.40 m², respecto a los 54 m² del primer piso. Para los habitantes de Muzú no se contempló garaje en cada vivienda, por el contrario, se dispuso de zonas de parqueo comunal, las cuales hacían parte de los servicios; también contó con un parque central, un espacio destinado a la iglesia y bloques de comercio con 16 tiendas en cada bloque (Sánchez, 2018).



Figura 5 Tipo de vivienda 58F. Fuente: Revista Proa 30 (1949) CC-BY-NC-ND

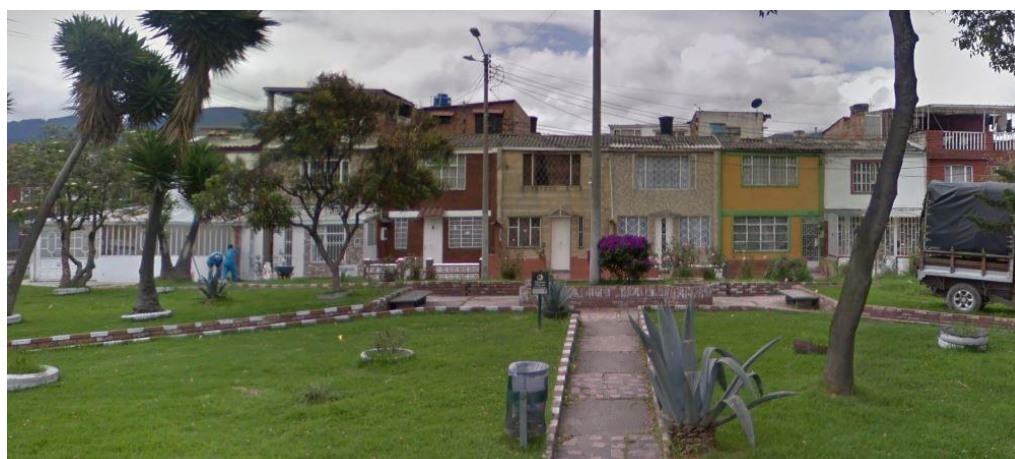


Figura 6. Estado actual barrio Muzú fuente google street view 2020 CC-BY-NC-ND

La siguiente fase de producción de vivienda del ITC llegó al momento cumbre con la experiencia acumulada. En 1955, se desarrolló el Primer Seminario Nacional de Vivienda, denominado “Una política de vivienda para Colombia”; de ahí en adelante, la producción de vivienda se determinó como “unidades integrales”, y se trató de una respuesta mediante servicios complementarios, de orden económico y social. Se crearon servicios asistenciales para cada barrio, los cuales promocionaron la idea de grupo y adaptaron a los residentes a su nueva forma de habitar.

Bajo estas condiciones, la producción de vivienda entendió las problemáticas derivadas de la variedad de orígenes y agrupó los intereses de sus habitantes, a partir de un acompañamiento previo; incentivó la vida en comunidad y el desarrollo económico mediante la creación de cooperativas de consumo, y realizó seguimiento al mantenimiento y mejoramiento de las viviendas, aumentando el sentido de pertenencia; esto terminó brindando seguridad, bienestar y salud a las familias en pro de una mejora de la vida nacional. La producción de vivienda se acompañó de un servicio de asistencia social, que permitió a la arquitectura responder a tendencias modernas de diseño y la inclusión de tecnologías, del mismo modo en que el servicio social garantizó su permanencia en el tiempo.

De esta época, en la cual se inicia la producción de vivienda social, es posible determinar las características saludables de la vivienda que transforman los espacios y la distribución de los mismos, según las nuevas formas de habitar, con soluciones que fueron acogidas y permanecen hasta hoy o descartadas y transformadas, gracias al acompañamiento social. Este recuento evidencia cómo se han adoptado las soluciones de vivienda; el referente mundial de producción de vivienda social de calidad, implementado por Karl Brunner, fue descartado por los habitantes transformando por completo la solución arquitectónica; valdría la pena hacer otra investigación en Bogotá que determine bajo qué condiciones una vivienda conserva rasgos de su proyección en el tiempo, lo cual le daría un carácter más sostenible. Por ahora, en este trabajo de grado, es posible determinar que, con un acompañamiento social y diseño enfocado a una población específica, se brinda una mejor calidad de vida, por ende de salud, y hace que las viviendas perduren en el tiempo con carácter sostenibilidad.

En Bogotá, el barrio Polo Club surgió como unidad integral gestionada por el BCH en 1958, donde las viviendas se agrupaban alrededor de una plazoleta, diferenciando medianeras de 125 m² y esquinas con 215m²; el barrio dotó los servicios de culto, escuela, centro comercial y

sala de cine, promoviendo el disfrute de los espacios comunes y las relaciones sociales en medio de zonas rodeadas de naturaleza (Roa, 2015 como se cita en Roa, 2018); hoy, con algunas modificaciones en los accesos, tal vez por razones de seguridad, aún conserva fachadas y alturas como fueron proyectadas en los bosquejos iniciales.



Figura 7 Boceto inicial barrio Polo Club (izquierda). Fuente: Roa (2018) y (actual derecha) Google street view CC-BY-NC-ND

Se presentan entonces dos ejemplos de conservación arquitectónica de viviendas gestionadas por el Estado en dos estratos socioeconómicos diferentes, en donde el modelo de gestión social y la interacción e investigación acerca del usuario permitió una calidad de vida y un estado de salud mejorado; evidencia de esto es que conservan varios rasgos de su construcción original, dando cuenta de que el ejercicio de la arquitectura debe darse desde una relación más cercana con el usuario.

Las políticas públicas de los años siguientes, en cuanto a la vivienda social, que vinieron con los respectivos gobiernos de turno, se preocuparon más por el déficit de vivienda y, en ese sentido, la salud y los aspectos sociales dejaron de ser el argumento principal de producción. Así se dejó de lado la investigación y se dio lugar a la producción industrializada de viviendas.

Hoy en día ha llegado al país una nueva pandemia, con características de mortalidad semejantes a las vividas en 1918, con una ciudad que carece de suelo urbano que permita la expansión; por lo tanto, es importante revisar estrategias de transformación que mejoren o reduzcan los riesgos a la salud y retomar una política de vivienda basada en la salud.

2.4 Política pública

Es evidente que, a partir de la información mencionada en el numeral anterior, en la producción de vivienda social saludable se presentó una ruptura en la cual los objetivos cambiaron, y que se constituye en la razón del modelo de producción VIS de la actual vivienda social en Colombia. Los lineamientos adoptados por el Estado, como medidas planteadas o ejecutadas, se denominan Política Pública. En una ampliación del término:

Política pública es un proceso integrador de decisiones, acciones, inacciones, acuerdos e instrumentos, adelantado por autoridades públicas con la participación eventual de los particulares, y encaminado a solucionar o prevenir una situación definida como problemática. La política pública hace parte de un ambiente determinado del cual se nutre y al cual pretende modificar o mantener (Velásquez, 2010).

A partir de 1970 la situación problemática a la cual da solución la política pública de vivienda, está dirigida netamente al problema de financiación, a un mercado financiero que debe mantenerse; los subsidios de vivienda se crean para obviar la dificultad de las clases de menores ingresos, para constituirse en demanda solvente (Fique, 2008).

La política pública que trajo consigo el UPAC (Unidad de Poder Adquisitivo Constante, administración 1970-1974), presenta una marcada preocupación por mantener el capital financiero para su reproducción. El UPAC garantizaba el valor futuro de la moneda en créditos largos que se asignaban a las clases menos favorecidas; la construcción toma el papel principal de la economía y, por ende, las acciones, lineamientos, acuerdos, etc., se encaminan a habilitar una demanda más amplia y el manejo de los riesgos de financiación de la vivienda social; los subsidios colaboran con la ampliación de la demanda, mientras se establece un tope al precio máximo de adquisición de una VIS, el cual garantizaría el acceso constante por parte de las clases obreras. (banrepcultural, s.f.).

En los inicios del UPAC se promovió el ahorro; este garantizó el poder adquisitivo de la moneda en el tiempo y logró masificar la construcción de viviendas. Las ventajas obtenidas en el inicio radicaron en cuotas iniciales bajas que se iban incrementando con la inflación (Índice de Precios al Consumidor-IPC) y permitió que el sector de la construcción creciera, mejorando la economía nacional (banrepcultural, s.f.).

La política pública ya no es la unidad integral de vivienda y el acompañamiento social en pro de la salud y la calidad de vida, sino el sistema de financiamiento que impulse al sector económico líder en el país, el cual debe terminar por mejorar la calidad de vida. En un principio este objetivo se logró, sin embargo, en 1994 se tomó la decisión de calcular el UPAC mediante la tasa DTF, que se trata de un cálculo financiero basado en los CDT -créditos a término fijo- de 90 días, lo cual resultó en tasas demasiado altas que elevaron las cuotas muy por encima del IPC, y llevó a que muchos deudores terminaran renunciando a sus viviendas. La consecuencia fue el hundimiento del sistema de créditos y del sector de la construcción, en medio de una economía desacelerada

El sistema UPAC fue modificado en 1999 y, a partir de enero de 2000, se instauró el sistema Unidad de Valor Real-UVR, el cual es actualizado con la inflación IPC; sin embargo, existen ahora opciones de crédito en pesos con cuotas y tiempos fijos, las cuales demandan una mayor tasa de interés, pero garantizan el mismo valor de cuota en pesos durante la vigencia del crédito. El valor de la moneda está garantizado por el cobro de interés. (banrepcultural, s.f.).

Bajo este modelo de política de financiación de vivienda se produce la VIS en el país. La demanda de este tipo de vivienda es muy alta y esto ocasiona una inflación de los costos asociados, el cual supera el IPC. Se presenta una dificultad derivada del tope máximo de vivienda, la cual está asociado al salario mínimo legal vigente y el IPC, es decir, mientras los materiales, el suelo, la mano de obra y los equipos elevan su costo por encima de la inflación, el precio de la VIS se mantiene en un rango inferior; en consecuencia, es necesario reducir confort, calidad, tamaño y espacios exteriores asociados, lo que reduce la calidad de vida de los habitantes y, por ende, de su salud.

El arquitecto Luis Fernando Fique, identifica en la asignación de subsidios una ampliación de la demanda que ocasiona competencia en los postulantes a propietarios y no en la oferta que serían las viviendas disponibles para venta, lo que reduce drásticamente la calidad de las viviendas; por otra parte, señala enfáticamente que no existen lineamientos claros respecto de la calidad espacial y de confort que debe brindar la VIS (Fique, 2008).

Los mayores problemas se encuentran en la cantidad de viviendas que se han producido y que en los centros poblados de las zonas rurales se está copiando el modelo de producción, el cual, en climas extremos, hace que se multipliquen los riesgos a la salud derivados de las malas

condiciones en cuanto a asolación, iluminación, ventilación, etc. Bien puede argumentarse que, en la ciudad, la escasez y el costo del suelo generan el empobrecimiento de la vivienda, pero la realidad es que esa minimización se impone a lo largo del territorio nacional, aun cuando no se presentan problemas de costo o suelo disponible (González, 2015).

2.5 VIS y habitabilidad en Colombia

Según el Plan Nacional de Desarrollo 2006-2010, expedido mediante la Ley 1151 de 2007:

Artículo 83. Definición de Vivienda de Interés Social. De conformidad con el Artículo 91 de la Ley 388 de 1997, la vivienda de interés social debe reunir elementos que aseguren su habitabilidad, estándares de calidad en diseño urbanístico, arquitectónico y de construcción. El valor máximo de una vivienda de interés social será de ciento treinta y cinco salarios mínimos legales mensuales vigentes (135 SMLM). Parágrafo. Para efectos de la focalización de los subsidios del Estado, se establecerá un tipo de vivienda denominada Vivienda de Interés Social Prioritaria, cuyo valor máximo será de setenta salarios mínimos legales mensuales vigentes (70 SMLM). (Congreso de Colombia, 2007, p.71)

Es necesario definir entonces qué elementos aseguran la habitabilidad de una vivienda. En este sentido, en el numeral anterior se evidenció cómo la construcción de vivienda se convierte en la industria de un producto con alta demanda que impulsa la economía del país. En estas condiciones se aumenta el valor de los costos asociados (suelo, materiales, mano de obra) gracias a una alta demanda que se mantiene por acción los toques de precio establecidos; en este modelo de mercado la vivienda pierde calidad con materiales y elementos simplificados para reducir el costo, las áreas totales se reducen por el valor del suelo y no hay servicios de comercio, culto, recreación y transporte que terminan incidiendo en la salud de los habitantes. Los principios que dan lugar a la habitabilidad en Colombia están muy bien establecidos bajo principios para reducir riesgos, sin embargo, no se aplican a la vivienda de interés social porque esta es un modelo de desarrollo económico y no un servicio público para el desarrollo social.

Para la OMS, existen unos principios que reducen los riesgos a la salud y se convierten en términos de habitabilidad citados por Rojas (2004), y son:

- **Protección contra las enfermedades transmisibles**

Se logra mediante el abastecimiento de agua potable, evacuación higiénica de excretas, evacuación de residuos sólidos, drenaje de aguas superficiales; higiene personal, doméstica y en preparación de alimentos, y seguridad o estabilidad estructural.

- **Protección contra lesiones, intoxicaciones y enfermedades crónicas**

Las lesiones se atienden con las dimensiones adecuadas en escaleras, pasillos, baños, habitaciones. Las intoxicaciones se previenen con dotación de muebles que permitan mantener alejados agentes contaminantes del alcance de menores y dotando de materiales resistentes que eviten accidentes. Las enfermedades crónicas se reducen con adecuada ventilación e iluminación y con presencia de vegetación que reduzca la contaminación.

- **Reducción del estrés psicológico y social**

Mediante espacios vitales suficientes, intimidad, comodidad, seguridad personal y familiar, acceso a zonas de recreo y entrenamiento comunitario, y protección contra el ruido.

- **Acceso a un entorno vital favorable**

Contando con servicios de seguridad y urgencia, servicios sociales y de atención sanitaria, acceso a la cultura y actividades recreativas.

- **Protección de poblaciones que corren riesgos especiales**

Como mujeres, niños, población desplazada, ancianos, enfermos y personas con discapacidades para los cuales se debe garantizar la accesibilidad.

Para responder a estos lineamientos, el Estado colombiano presenta en 2011 la Estrategia de Entornos Saludables, en colaboración con la Organización Panamericana de la Salud-OPS, presentando siete tipos de riesgo. Las estrategias para mitigarlos son:

- **La vivienda como espacio vital**

La vivienda debe ser cómoda, agradable, segura, bonita, acogedora y armónica; la vivienda ofrece bienestar a todas las personas que la habitan. Se debe elegir una vivienda teniendo en cuenta aspectos favorables para su bienestar y salud.

- **Sorbos de vida, agua para consumo en la vivienda**

Mantener el agua libre de contaminantes y almacenamiento higiénico, promover la protección de las fuentes de agua y el ahorro.

- **Las excretas y las aguas sucias andan por ahí**

Promueve el adecuado tratamiento de las aguas negras, evitando la contaminación de las fuentes de abastecimiento con estas.

- **Los residuos sólidos en la vivienda**

Identifica los residuos sólidos como fuente principal de contaminación, lo cual deteriora el ambiente y pone en riesgo la salud de la familia. Es necesario implementar un sistema de reciclaje donde se tenga en cuenta el almacenamiento, reutilización y disposición final.

- **Ojo con las plagas**

Las plagas, o vectores de contaminación, producen enfermedades por transmisión. Se deben tener en cuenta los posibles criaderos y proteger los alimentos de la contaminación por contacto con vectores.

- **Higiene de la vivienda y sus moradores**

Promueve el aseo y el orden en la vivienda, teniendo especial cuidado en la higiene al preparar los alimentos. El aseo personal y cuidado de las especies domésticas representa un aspecto de gran importancia para la salud.

- **Dinámica familiar y comunitaria**

Ejercer un rol en la sociedad se asocia con el ejercicio de valores relacionados con la libertad, justicia, solidaridad, responsabilidad y respeto. (OPS, 2011).

Las anteriores estrategias se implementaron en Colombia bajo el Convenio 485 de 2010, entre el Ministerio de Protección Social y la OPS, y finalizó el 27 de diciembre de 2012. La

estrategia de vivienda saludable se efectuó desde el año 2003, mediante metodología SARAR⁵; al indagar acerca de los informes de gestión, es evidente que el rango de implementación de la estrategia es bajo (Bogotá 11.272⁶ familias de estratos 1 y 2) y no se cuenta con registros de su continuidad. Además, el programa está dirigido a viviendas en condiciones precarias. Si bien la estrategia de vivienda saludable se ha puesto en marcha en Colombia, es necesario ampliar el rango de viviendas a las cuales debe orientarse y tener en cuenta las viviendas no precarias que aun así presentan riesgos a la salud, entre ellas las de interés social.

Bajo estos antecedentes, es preciso afirmar que en Colombia existió un modelo de vivienda social basado en la salud, el cual dotó a las familias de un espacio de habitación integrado a servicios complementarios de comercio, cultura, educación, culto y rodeado de naturaleza que terminó elevando la calidad de vida y, por ende, la salud de las personas. Este trabajo de grado propone retomar la estrategia de vivienda saludable con base en estrategias sostenibles que harán eficiente el funcionamiento y mantenimiento de las viviendas, el cambio climático demanda adaptación de las construcciones y el conocimiento técnico de estrategias pasivas permite generar esa adaptación, la cual no puede imponerse porque no será adoptada, se necesita la construcción integral de soluciones en pro de la salud, desde la comunidad a partir del diseño sostenible.

3. Marco teórico

A nivel mundial se gestan iniciativas arquitectónicas en pro de lo ecológico y lo sostenible, apuesta que abre paso a diferentes maneras y/o conceptos de abordar la arquitectura, lo que Guy y Farmer (2001), denominan ‘lógicas eco’. Existen seis lógicas eco: desde la tecnología, desde la ecología, desde la estética, desde la cultura, desde lo social y, de la que trata este trabajo de grado, desde la médica. Esta lógica relaciona los edificios y los lugares sanos con la salud del individuo; centra la atención en los impactos adversos del entorno construido y las causas del estrés que generan problemas de salud físicos y psicológicos (Guy y Farmer, 2001).

⁵ Metodología participativa de educación y capacitación no formal, desarrollado por la Dra. Srinivasan. SARAR es una metodología de educación / capacitación para trabajar con las partes interesadas a diferentes niveles y comprometer sus capacidades creativas en la planificación, en la solución de problemas y en la evaluación. La sigla SARAR (del inglés) representa los cinco atributos y capacidades que se consideran fundamentales para que la participación sea un proceso dinámico y auto sostenible. <https://www.comminit.com/la/content/sarar>

⁶ Fuente: MSPS. Encuesta EES. Bogotá: Subdirección de Salud Ambiental (2012)

Las lógicas eco se traducen en sostenibilidad de facto, acciones que se generan sin ninguna formalidad y que son razones adoptadas que validan el concepto o acción, en este caso la sostenibilidad; en este sentido, la preocupación por garantizar la disponibilidad de recursos a generaciones futuras tiene una fuerte razón en la salud, además los edificios que se integran a las condiciones naturales son sanos y eficientes. La relación de las personas con elementos naturales genera un amor por la vida y se manifiesta en sus gestos, en las acciones, en manifestaciones de gozo; por el contrario, si las condiciones sociales fomentan una vida rutinaria carente de interés y estímulo, se promoverá el amor a la muerte (Hernández, 2016). Dicho amor por la vida se denomina 'Biofilia', según Edward O. Wilson es la afinidad innata por todo lo vivo, a cuya relación se le atribuyen comportamientos sociales. La biofilia puede mejorar ese comportamiento social a partir del respeto por todo lo viviente.

En realidad, se debe adquirir conocimiento para elegir bien, pero ningún conocimiento ayudará si hemos perdido la capacidad de conmovernos con la desgracia de otro ser humano, con la mirada amistosa de otra persona, con el canto de un pájaro, con el verdor del césped. Si el hombre se hace indiferente a la vida, no hay ya ninguna esperanza de que pueda elegir bien. Entonces, ciertamente su corazón se habrá endurecido tanto que su vida habrá terminado. (Fromm, 1974, p.179)

La biofilia es una herramienta importante para la transformación de la vivienda de interés social: los elementos naturales tienen la capacidad de mejorar la percepción de calidad de vida, y desde la biofilia es posible promover el cuidado del medioambiente, mejorando el estado de salud de las personas como método sostenible de transformación de la ciudad construida. De este modo, se crea un reto económico importante puesto que debe presentarse una adopción voluntaria de estrategias sostenibles con recursos de los propietarios, quienes no siempre cuentan con la apropiada solvencia económica.

Al respecto, existen patrones y respuestas al diseño biofílico que fueron recopiladas en el documento "14 patrones de diseño biofílico, mejorando la salud y el bienestar en el entorno construido" (Browning, Ryan y Clancy, 2017). Estos patrones se catalogan de acuerdo con tres aspectos de intervención: naturaleza en el espacio, analogías naturales y naturaleza del espacio; en estas categorías se inscriben los 14 patrones de diseño, Figura 8.

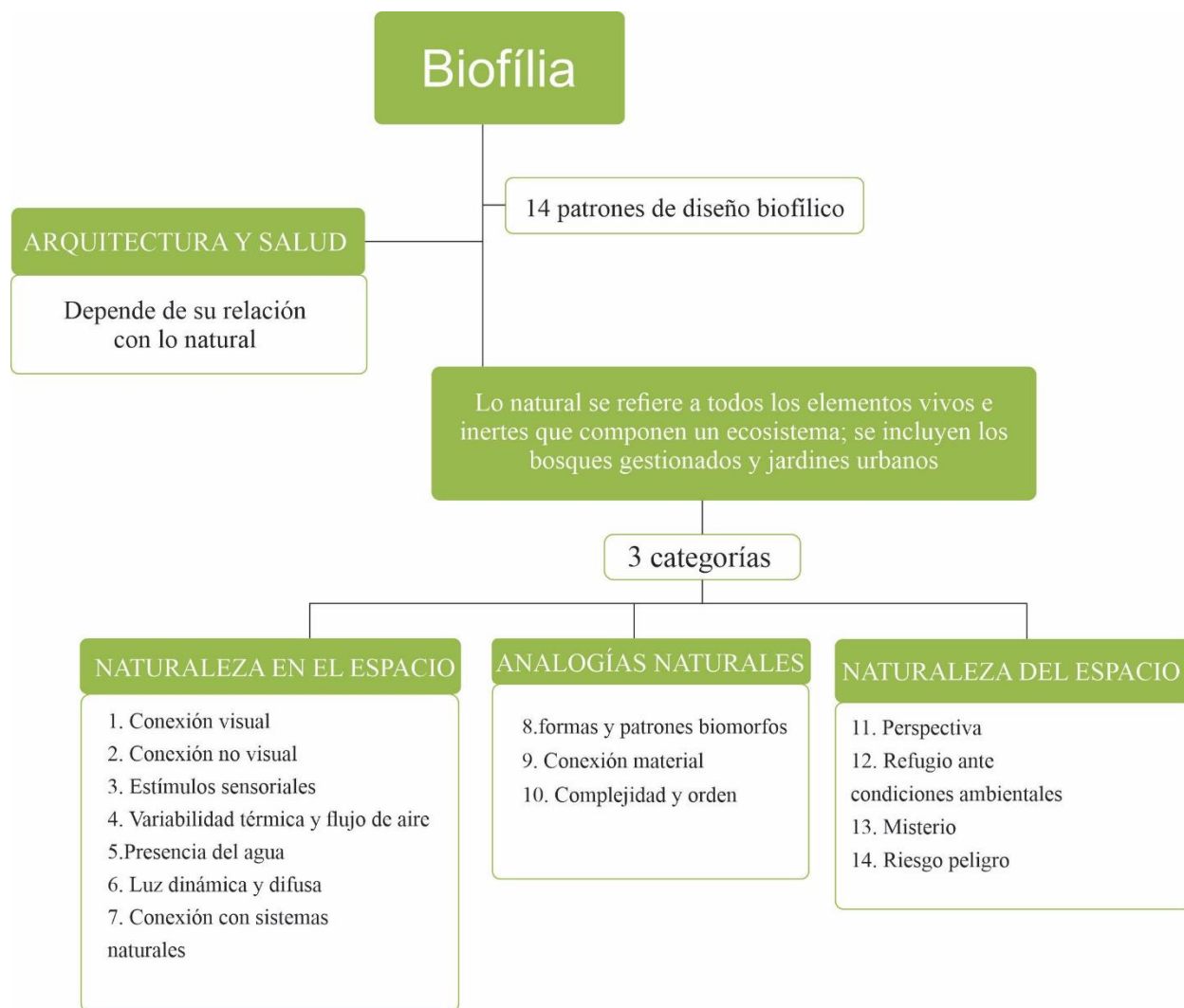


Figura 8 Patrones del diseño biofílico. Fuente: Elaboración propia

Cabe aclarar que estos patrones de diseño deben ser aplicados según requerimientos específicos, y que la aplicación de varios patrones no se traduce en más y mejor salud.

La investigación de Browning, Ryan y Clancy (2017), presenta tres tipos de relaciones entre naturaleza y salud a partir de la biofília, como se mencionó anteriormente, que están relacionadas con la funcionalidad cognitiva y desempeño, salud y bienestar psicológico, y salud y bienestar fisiológico.

3.1 Conexiones naturales

Un espacio con conexiones naturales tiene una referencia directa, indirecta y/o evocada a lo natural y puede reducir la fatiga mental derivada de la atención dirigida que implementan las personas en el desarrollo de sus actividades diarias, mejorando la funcionalidad cognitiva. Si bien, las reacciones psicológicas entre ellas y los trastornos en estados de ánimo se pueden aprender o heredarse, y en las respuestas influye la cultura y las normas sociales, las conexiones naturales pueden generar una mayor restauración emocional y reducción del estrés que colabora en la salud y bienestar psicológico. Finalmente, las conexiones naturales también pueden favorecer el relajamiento muscular, disminuyendo la presión arterial diastólica y los niveles de la hormona del estrés, salud y bienestar fisiológico.

3.1.1 Conexión visual con la naturaleza

Generar un aumento de la vegetación, incluyendo plantas de frutos comestibles, cubiertas y muros verdes, permite una integración a la estructura ecológica principal que facilitará la presencia de aves e insectos, reforzando esa conexión directa con lo natural. Dentro de los beneficios se encuentra: mirar la naturaleza por 10 minutos, antes de experimentar un estresor mental, sirve para estimular la variabilidad de la tasa cardiaca y la actividad parasimpática, relacionada con la regulación interna de los órganos y glándulas que le dan soporte a la digestión y otras actividades que ocurren cuando el cuerpo descansa (Brown, Barton y Gladwell, 2013, como se cita en Browning, Ryan y Clancy (2017).

Así mismo, ver una escena boscosa por 20 minutos, después de una experiencia de estrés mental, ha demostrado el retorno fluido de flujo sanguíneo al cerebro y el retorno a una actividad mental relajada (Tsunetsugu y Miyazaki, 2005, como se cita en Browning, Ryan y Clancy, 2017). Las conexiones visuales pueden darse inclusive de forma virtual, a través de un afiche o la pantalla del monitor o tv, cuando es imposible una conexión directa.

3.1.2 Conexión no visual con la naturaleza

Se presenta a partir de sonidos y aromas principalmente, aunque el gusto influye en edades tempranas cuando se colocan objetos desconocidos en la boca para intentar obtener información de ellos. Por otra parte, incluir hierbas y flores aromáticas, el sonido del agua fluyendo, el canto de las aves, el sonido de insectos, permitir la ventilación y la textura naturales en materiales interiores, puede permitir hasta un 37 % más de aceleración en la restauración fisiológica y

psicológica (Alvarson et al, 2010, como se cita en Browning, Ryan y Clancy, 2017). También reduce la fatiga cognitiva y ayuda con la motivación (Jahncke et al., 2011, como se cita en Browning, Ryan y Clancy, 2017). Los olores provenientes de aceites de plantas o aceites esenciales producen un proceso de sanación y funciones inmunes (Kim et al, 2007; Li et al, 2012; como se cita en Browning, Ryan y Clancy, 2017).

3.1.3 Estímulos sensoriales no rítmicos

Se trata de permitir en la vivienda, por ejemplo, una distracción mientras se ve televisión, a través de la ventana. Dicha distracción se puede dar con el canto de un ave, con el movimiento de las hojas por el viento, con el movimiento de las nubes percibido desde el sillón, lo cual permitirá cortes mentales que permiten que los músculos se relajen y los lentes oculares se aplanen, evitando la fatiga que hace que aparezcan dolores de cabeza e incomodidad física (Lewis, 2010; Vessel, 2012; como se cita en Browning, Ryan y Clancy, 2017).

3.1.4 Variaciones térmicas y corrientes de aire

Permitir una apertura controlada de la ventilación natural, en contraste con una acumulación de calor por radiación solar, generara brisas temporales que ocasionan un sobreenfriamiento, que el cuerpo disfruta cuando siente calor, aunque no se genere un impacto en la temperatura central (Arens et al, 2006, como se cita en Browning, Ryan y Clancy, 2017). Las sombras derivadas del juego en las entradas de luz colaboran con este patrón de diseño y, en general, mejoran la concentración, lo que lo hace ideal en espacios de estudio. Es importante que el usuario del espacio pueda acceder al control de las condiciones cambiantes.

3.1.5 Presencia de agua

Al mejorar la condición de los cuerpos de agua existentes en Bogotá se obtienen respuestas de restauración física y emocional, al tiempo que adquieren un gran valor económico. Se requiere de una amplia gestión individual y estatal para que, a futuro, los cuerpos de agua de la ciudad brinden valor paisajístico y aporten bienestar.

3.1.6 Luz dinámica y difusa

Permitir la entrada de luz solar a los espacios tiene un efecto sanitizante y la luz circadiana es importante para mantener la salud biológica. Para un clima frío como el de Bogotá, es importante permitir la calefacción por radiación solar, logrando confort y balance entre serotonina (se produce por la acción de la luz azulada típica del medio día) y melanina (se produce por

ausencia de luz azulada). Estas se vinculan a la calidad del sueño, el estado de ánimo, la atención, la depresión y hasta el cáncer de mama u otras afecciones de salud (Kandel et al, 2013, como se cita en Browning, Ryan y Clancy, 2017).

3.1.7 Conexión con sistemas naturales

Se refiere a crear o adoptar una conciencia hacia los procesos naturales, especialmente cuando se trata de sucesos climatológicos. Los software de simulación brindan datos numéricos acerca de las condiciones climáticas que ocurren en determinado lugar, pero la experiencia sensorial del sitio permite saber que, en ciertas horas, el resplandor del atardecer se torna en gamas ocre y terracota todo lo que toca, dejando ver altos contrastes que transforman en natural un paisaje urbano con poca o nada de vegetación.

3.1.8 Formas y patrones biomorfos

Las viviendas de interés social carecen de patrones o formas biomorfas, las cuales son el resultado de una fórmula matemática enfocada más al beneficio económico que a referencias de la naturaleza, como el de la serie Fibonacci o la sección áurea. Los beneficios se relacionan con reducción del estrés a partir de cambios inducidos en la atención, y mejoran, también, la concentración. Los patrones biomorfos no son elementos vivos, pero se convierten en representaciones simbólicas de lo vivo, que son preferidas por los seres humanos en mayor medida.

3.1.9 Conexión de los materiales con la naturaleza

Según una investigación de Tsunetsugu, Miyasaki y Sato (2007), como se cita en Browning, Ryan y Clancy, (2017), una habitación con 45 % de cobertura de madera da una sensación de mayor confortabilidad, bajando la presión sanguínea e incrementando el pulso; si la cobertura es del 90 % (ejemplo baño turco), se presenta un decrecimiento en la actividad cerebral. Existe un riesgo en la utilización de materiales naturales por el impacto ambiental que pueda generar; para ello se debe tener en cuenta que las imitaciones o elementos evocadores también ofrecen beneficios, con reducciones en el impacto ambiental.

3.1.10 Complejidad y orden

Corresponde a la generación de jerarquía espacial, un poco imitando la naturaleza, y así lograr un nivel de complejidad que transmita un sentido de orden e intriga que reduce el estrés. Estos patrones de diseño se pueden implementar en enchapes, alfombras, detalles de ventanas y sistemas mecánicos expuestos, entre otros.

3.1.11 Perspectiva

Lograr unas buenas visuales desde la vivienda, con distancias entre 30 o más metros, ofrecen una sensación de conciencia y confort (Herzog y Brice, 2007, como se cita en Browning, Ryan y Clancy, 2017). Esto se logra a través de ventanas, balcones, planos elevados o edificios de planta libre.

3.1.12 Refugio, misterio y riesgo/peligro

Son condiciones que debe ofrecer obligatoriamente la vivienda y sus espacios adyacentes, a partir del confort térmico, de espacios de tránsito protegidos, variaciones en colores, visuales en ventanas bien logradas que inciten a descubrir el misterio, sonidos naturales que inciden en el espacio, y un resguardo confiable a partir de la técnica y calidad de la construcción.

Tabla 1.*Beneficios de la biofilia*

	Patron de diseño	Reduccion del estrés	Rendimiento cognitivo	Emocion, estado de animo y preferencia
NATURALEZA EN EL ESPACIO	Conexión visual con la naturaleza	Presion arterial y frecuencia cardiaca reducida	Comportamiento mental mejorado, mejor atencion	actitud de impacto positivo felicidad general
	Conexión no visual con la naturaleza	presion arterial sistolica y hormonas del estrés reducida	rendimiento cognitivo	mejoras percibidas en salud mental y tranquilidad
	Estimulo sensorial	impacto positivo en la frecuencia cardiaca, presion arterial sistolica y actividad del sistema nervioso	medidas conductuales observadas de atencion y exploracion	
	variabilidad termica	comodida impactada positivamente bienestar y productividad	impacto positivo en la concentracion	percepcion mejorada del placer temporal y espacial (aliestesia)
	Presencia del agua	estrés reducido aumentando sentimientos de tranquilidad, baja frecuencia cardiaca y presion arterial	Mayor concentracion y restauracion de memoria, percepcion y respuesta psicologica mejorada	respuestas emocionales positivas
	Luz dinamica y difusa	funcionamiento del sistema a partir del ciclo circadiano con impactos positivos		
	Conexión con sistemas naturales			respuestas de salud positivas, percepcion cambiante del medio ambiente
ANALOGOS NATURALES	Biomorfico formularios y patrones			preferencia de vista observada
	Conexión material con la naturaleza		disminucion de la presion arterial y rendimiento creativo mejorado	mayor comodidad
	Compeljjidad y orden			preferencia de vista observada
NATURALEZA DEL ESPACIO	Perspectiva	estrés reducido	reduccion de la irritacion, la fatiga y el aburrimiento	mayor comodidad y percepcion
	Refugio		mayor concentracion, atencion y percepcion de seguridad	
	Misterio			fuerte respuesta de placer inducida
	Riesgo/peligro			fuertes respuestas de dopamina y placer

Fuente: Browning, Ryan y Clancy, 2017.

4. Metodología

Las condiciones de cada lugar de implantación definen los aspectos que influyen en el confort y salubridad de la vivienda. Todos los espacios requieren de un grado de iluminación y ventilación natural acorde con las temperaturas y condiciones climatológicas del sitio. En este sentido, es necesario definir cuál es el comportamiento térmico natural del lugar, para identificar los riesgos a la salud derivados de un mal manejo arquitectónico de los elementos y/o materiales que componen la vivienda.

A partir de un análisis general de la zonificación de la vivienda de interés social en Bogotá, se establece un área de estudio que se determina por concentración de viviendas; una vez definida dicha zona, se hace un análisis de la morfología y las características del sector, las cuales determinan las condiciones de habitabilidad, identificando los principales problemas comunes en las personas que allí habitan.

Así mismo, mediante simulaciones climáticas se determina el grado de confort de las VIS, y por medio de un perfil higrotérmico se establece la relación del clima con las enfermedades más comunes en la zona de intervención y a nivel Bogotá. Como estrategia de mejora de salud se crea un modelo de intervención pasivo, que se comprueba en una simulación térmica y de materiales.

El acondicionamiento de la vivienda de interés social unifamiliar se acompaña de propuestas de intervención en el espacio público, la agrupación de vivienda debe tener potencial de intervención y así, mediante el diseño de estrategias sostenibles relacionadas con la biofilia y los servicios ecosistémicos, reducir los riesgos a la salud de los habitantes.

Para establecer el caso de estudio, en Bogotá se determinó que existen VIS tipo casa en predios con lotes inferiores a 30m² y cuentan con licencia de construcción; cruzando la información obtenida de Datos Abiertos Bogotá (2021), de predios con estas características, en el software ArcMap se pudo determinar la mayor concentración de VIS tipo casa en la ciudad. La siguiente condición para el caso de estudio se presentó con la orientación variada de las fachadas del mismo tipo de casa respecto al sol, lo cual altera sus condiciones térmicas interiores.

Una vez determinado el caso de estudio, es necesario identificar las condiciones climáticas de la zona a partir de datos de estaciones meteorológicas, pues existen en Bogotá microclimas con variaciones importantes que, en relación con los materiales y la orientación de la vivienda,

determinan un grado de confort térmico. En relación con esa temperatura, se presentan reacciones en el cuerpo que pueden corresponder con afecciones a la salud, estas afecciones se comparan con los datos de morbilidad y mortalidad. Tras un proceso de inmersión en el área del caso de estudio se identifican problemas comunes en los habitantes relacionados con movilidad, inundaciones y calidad del aire, todos estos también con influencia directa en la morbilidad y mortalidad.

La simulación térmica brinda información de los puntos críticos para lograr el confort en la zona y con los materiales ya identificados. Es así como se diseñan estrategias pasivas que permitan aumentar el confort y mejorar las condiciones urbanas bajo principios de biofilia y sostenibilidad; la simulación con las estrategias implementadas permite establecer un porcentaje de mejora que evidenciara el potencial de la adopción del acondicionamiento sostenible de la VIS.

El proceso contempló la medición con *datalogger* externo en sitio durante un año; sin embargo, las condiciones de pandemia impidieron la medición y se cuenta con datos por hora de un mes. El dato resultaría insuficiente, pero se compara con el mismo periodo de los datos promedio históricos, encontrando una correspondencia. Ante esta dificultad se procede a comparar los datos anuales del archivo climático y el registro climatológico, encontrando también correspondencia.

Las mismas condiciones de pandemia impidieron la socialización de las estrategias con los usuarios directos, dificultando el componente social que refuerza la viabilidad de la propuesta de intervención. El siguiente nivel de este trabajo contemplará la materialización de las estrategias y la comprobación de los resultados internos con datos médicos y seguimiento a los usuarios de la vivienda.

5. Resultados: Caso de estudio Bogotá, VIS Unifamiliar

De acuerdo con la información de Datos Abiertos Bogotá (2021), cruzada con ARCMAP, solo el 1.82 % de la superficie de Bogotá se contempla como suelo de expansión, el 74,97 % es catalogado como suelo rural y en este se encuentra el páramo de Sumapaz, uno de los más grandes páramos del mundo; el 23.21 % es suelo urbano y en él se concentran el 97.56 % de predios en la superficie de la ciudad. Los procesos constructivos requieren de una licencia de construcción, la cual garantiza unas condiciones técnicas y arquitectónicas mínimas, ya que únicamente el 30.63 % de los predios han gestionado una licencia ante las curadurías y, de estos, el 17.49 % han sido aprobadas (Datos Abiertos Bogotá, 2021).

De esta manera, Bogotá es una ciudad en la que predomina la construcción informal, tratándose de construcciones desarrolladas sin una licencia de construcción (69.37 % de informalidad), y a partir de la superficie disponible para expansión de la ciudad se podría afirmar que Bogotá se encuentra construida. La aplicación de un desarrollo sostenible deberá contemplar las áreas consolidadas o construidas, ya que el Estado, a través de la implementación de políticas, normas y resoluciones, deberá garantizar la aplicación de lineamientos sostenibles en el desarrollo de nuevos proyectos (ver Figura 9).

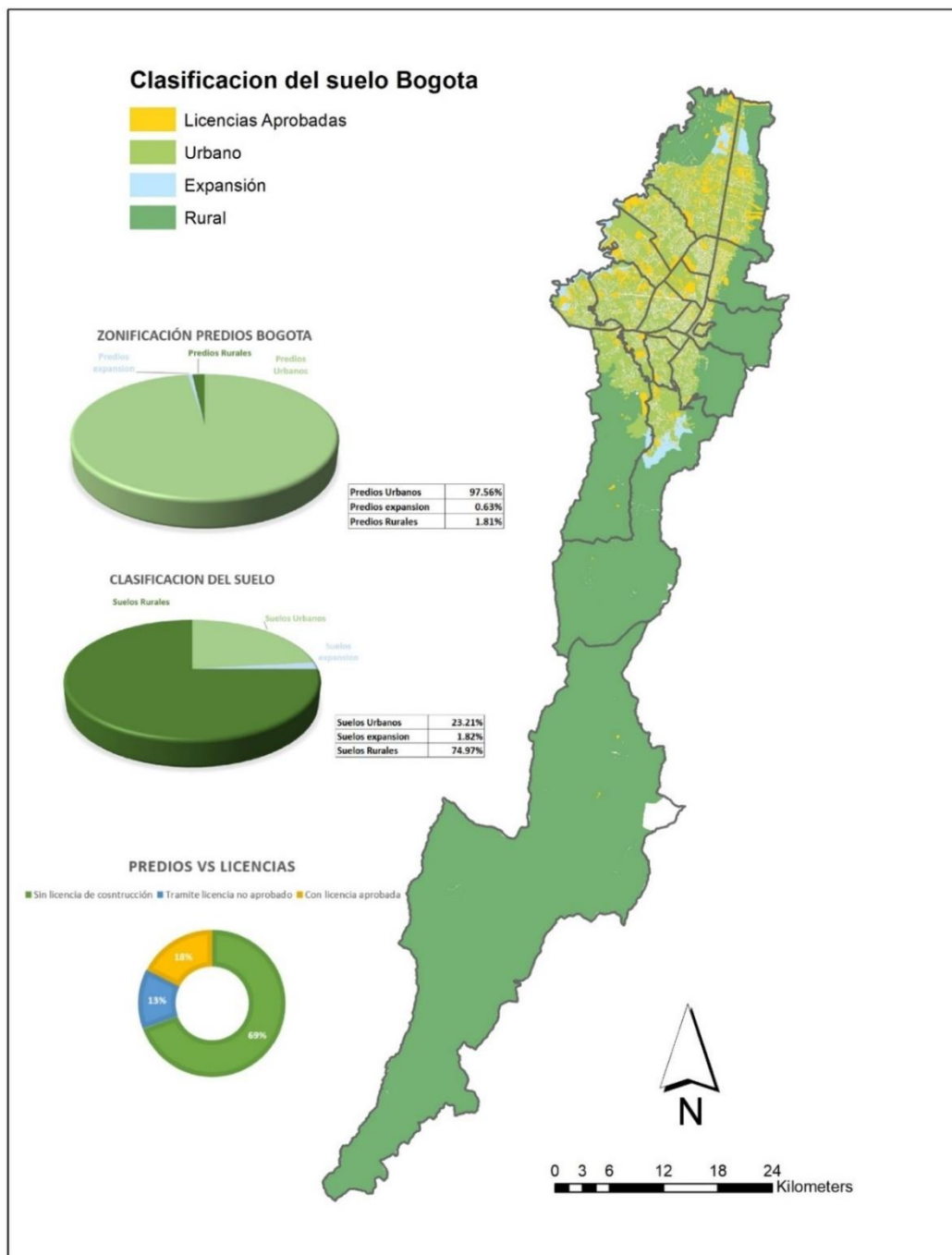


Figura 9. Clasificación uso del suelo Bogotá. Fuente: elaboración propia ArcMap con datos de la Secretaría de Planeación 12/12/2019. CC-BY-NC-ND

Los retos más importantes están en el porcentaje de predios sin licencia de construcción. Si no se trata de reconstrucciones totales, es necesario implementar un análisis estructural y técnico para determinar el grado y viabilidad de intervención; el acondicionamiento estará sujeto a los

resultados de un análisis estructural previo, que será diferente para cada vivienda. Este tipo de construcción no estará contemplada en este trabajo de grado, puesto que el objetivo es presentar un modelo basado en estrategias pasivas aplicable a construcciones que cuenten con un sistema estructural bien definido, y que existan planos que evidencien el sistema estructural implementado; es la vivienda de interés la que cuenta con esta condición.

Existen tres tipos de vivienda de interés social: la vivienda interés prioritario, que fija un tope máximo en precio de 70 SMMLV (62 millones COP 2020), generalmente desarrollada en bloques de apartamentos para Bogotá; y la vivienda interés social, que debe cumplir un tope máximo de 135 SMMLV (119 millones COP 2020). Recientemente se ha aprobado, en ciudades de más de 1 millón de habitantes, un tope máximo de 150 SMMLV (metrocuadrado.com, 2020) atendiendo las presiones en el valor del suelo que reducen las posibilidades de producción de vivienda social; estas viviendas se construyen en bloques de apartamentos y casas. Particularmente las casas, se han reducido drásticamente en número de proyectos a ejecutar y están quedando relegadas a las zonas más apartadas de municipios cercanos.

Las viviendas unifamiliares son el objeto de este trabajo de grado, y se trata de construcciones que en promedio tienen entre 6 y 7 metros de fondo con un frente de entre 3 y 4 metros (área parcela entre 18 y 30m²); con luces muy cortas (estructuralmente), ya que es más sencillo solucionar cualquier modificación requerida. En Bogotá hay 1.416.662 construcciones de estas características, de las cuales el 22.70 % tienen área inferior a 30m² y el 23.61 % de estas construcciones son mayores a 30m², y cuentan con licencia de construcción aprobada. Estos datos provienen del análisis de la información de Datos Abierto Bogotá (2021) cruzada con ARCMAP.

Pero no todas las construcciones tipo VIS (licencia aprobada y menos de 30 m²) se encuentran en conjuntos residenciales. Una tipología de vivienda unifamiliar se dispone directamente relacionada con el espacio público y cada unidad cuenta como predio; por otra parte, están las viviendas que implementan un cerramiento y son consideradas como un solo predio que contiene varias unidades.

Las construcciones potenciales de intervención están dispuestas en la ciudad con un patrón específico, en áreas de sabana cercanas a la ronda del río Bogotá, por lo cual los porcentajes más altos se concentran en localidades como: Engativá con el 11 %, Kennedy con el 13 %, Suba con el 16 % y Bosa con la mayor cantidad que reúne al 18 %; le siguen Fontibón con el 8 %, Usaquén

con el 5 %, Puente Aranda, Ciudad Bolívar y Usme con el 4 % cada una; Rafael Uribe y San Cristóbal con el 3 %, Barrios Unidos, Chapinero y Teusaquillo con el 2 %; Tunjuelito, Antonio Nariño, Santafé y Los Mártires con el 1 %; y para terminar con Candelaria y Sumapaz en donde no hay registros. Estos datos provienen del análisis de la información de Datos Abierto Bogotá (2021) cruzada con ARCMAP.

Por concentración de unidades potenciales de intervención, Bosa es la localidad objeto de estudio para este trabajo de grado (ver Figura 10).

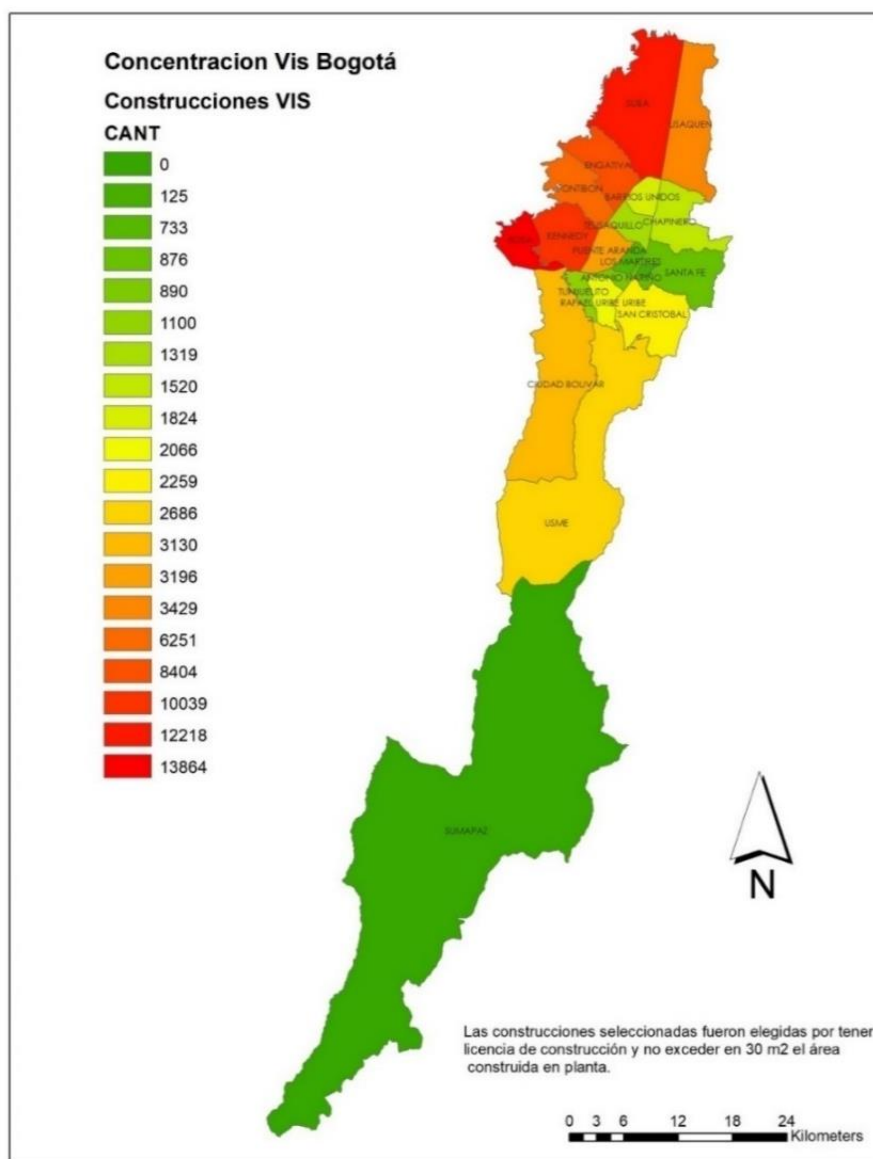


Figura 10. Concentración de VIS unifamiliar Bogotá. Fuente: elaboración propia ArcMap con datos de Datos Abiertos Bogotá CC-BY-NC-ND

El caso de estudio se ubica en la ciudad de Bogotá, localidad Bosa, barrio Chicalá. Se trata de la urbanización Tierra Tayrona, conjunto residencial de casas de máximo tres pisos, construidas en el 2009, y cuenta con cuatro orientaciones respecto a su fachada principal. Es un desarrollo del cual existen tres conjuntos y es el único de los tres del que se tiene registro de licencia de construcción. Las viviendas se disponen con orientaciones diferentes respecto del sol. Es una urbanización que marca la transición de la construcción formal a la informal separada por lo que será una avenida. Esta vía sin pavimento de amplias dimensiones sirve de parqueo a tractocamiones que llegan allí por la franja de talleres ubicada sobre lo que será la ampliación de la Av. 1° de mayo, y que comunicará los cerros orientales con la avenida longitudinal de occidente.

Por la disposición del conjunto de viviendas, algunas fachadas dan la cara a esta vía sin pavimento que, como protección, cuenta con una franja de pasto y tierra, y una línea de llantas viejas que evitan que los tractocamiones invadan la zona verde. La basura contrasta con algunas especies arbóreas a lo largo de la franja verde.

Esta vía de parqueo y sin pavimentar es la calle 55 sur que, así como incide de manera benéfica en la economía del sector, también es un foco de alta contaminación por el polvo que se levanta al paso de los grandes camiones, y se contrapone a la vía de acceso al conjunto que es la calle 54 c Sur. Sobre esta vía, y frente al conjunto, se ubican unos edificios de apartamentos, cuyo material de fachada es también ladrillo en tonos terracota; cuenta con una zona de andén de no más de dos metros y reserva una franja de árboles que protege tímidamente al peatón.

En la tarde, a las 5:30 pm, se resaltan los tonos terracota y se van tornando más intensos a medida que cae el sol, los cuales contrastan con el color azul fuerte que tienen los terceros pisos, ya que no todos han sido construidos, muestra que la opción de venta contemplo tres pisos o dos con opción de ampliación futura. Los bordes de placa se pintaron de ocre y, revisando esa carta de color, se encuentran variaciones hacia el ladrillo; también se notan particularidades en algunas fachadas, algunos han aplicado lacas o barnices, añadiendo tonos un tanto diferentes a las fachadas; algunas casas aún no tienen la ampliación a tercer piso y este último funciona como terraza. Caso curioso que una de las viviendas hizo la ampliación y utilizó teja traslúcida para que el tercer nivel sea una terraza cubierta, en la que se aprecia ropa colgada que, por el tipo de teja, debe secarse muy rápido; el propietario respetó el vano de la ventana, pero no la instaló.

Es evidente la falta de espacio para parqueo: la puerta de acceso al conjunto es de dos hojas amplias que permitirían el paso de dos vehículos al tiempo, en diferente sentido; sin embargo, una de las puertas está bloqueada porque ahí parquean un vehículo. Se evidencian normas de circulación puesto que los motociclistas que empiezan a llegar de su trabajo deben bajarse de las motos para empujarlas hasta el sitio de parqueo. También se observa la obsesión por la reja, ya que varias casas encierran el frente con reja media altura para que funcione como parqueo para sus motos, a la vez que también han transformado la zona verde del pequeño antejardín para este mismo fin.



Figura 11 Panorámica noroccidental del conjunto tierra Tayrona . Fuente: Google streetview collage elaborado por el autor CC-BY-NC-ND

Lo último que se puede observar es la disposición de residuos: un cuarto muy pequeño al lado del acceso vehicular, que funciona como *shut* de basuras, el cual cuenta con canecas al exterior donde cada residente deposita bolsas con desechos y sin ningún tipo de diferenciación. Los recicladores tratan de encontrar material susceptible de reciclar, pero ante la cantidad de bolsas y la falta de separación se rinden fácilmente; solo bastó con inspeccionar algunas bolsas de la parte superior.

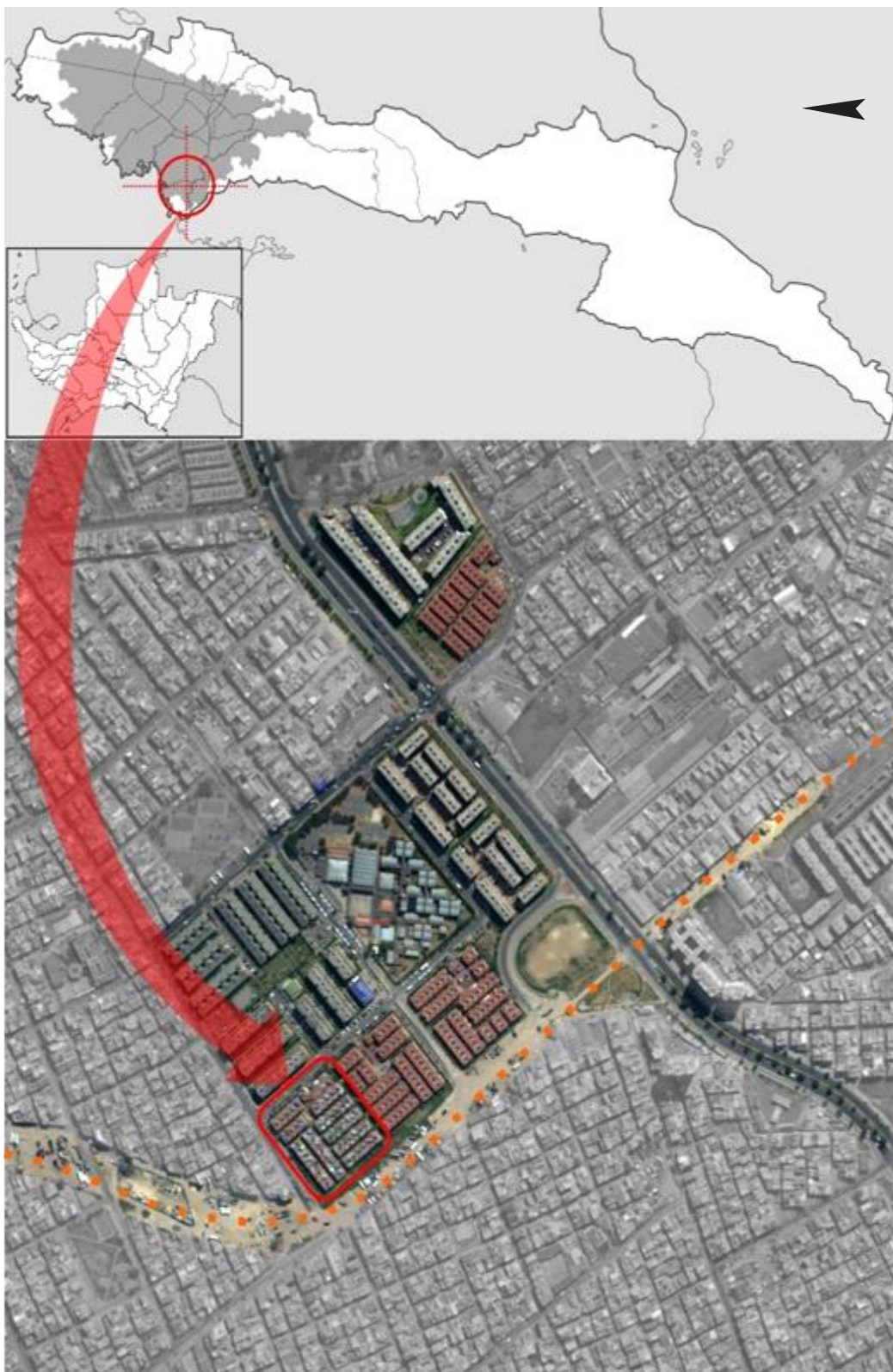


Figura 12. Ortho-fotografía geoportál Idiger Fuente: IDIGER, modificada digitalmente por el autor. CC-BY-NC-

ND

6. Análisis de resultados

En este capítulo se analizan la materialidad y el confort resultantes al interior de la vivienda y se presentan las estrategias sostenibles aplicables a los tres principales problemas identificados en el caso de estudio de la localidad Bosa en Bogotá.

Los principales problemas se relacionan con: confort térmico, calidad del aire, inundaciones y movilidad. A partir de un modelo tridimensional elaborado en el software *Design Builder* versión 6, se recrearán las condiciones higrotérmicas para determinar la situación inicial de la temperatura operativa y los resultados con la implementación de estrategias pasivas sostenibles. Con base en datos recolectados del mismo modelo y desde tablas determinadas en el ASHRAE⁷ y el RITE⁸, se buscará el método de mejora de calidad del aire, el cual representa la segunda causa de mortalidad en la localidad de Bosa⁹. También se presentarán los diseños para un sistema de drenaje sostenible que evite las inundaciones y, por lo tanto, las enfermedades derivadas de estas. Por último, se mostrará una propuesta urbana que permita mejorar la movilidad y ofrezca servicios ambientales que colaboren en la mejora de la salud de las personas y el medio ambiente.

6.1 Confort térmico

Según la Organización Meteorológica Mundial (OMM) (1986), el clima es “el conjunto fluctuante de las condiciones atmosféricas caracterizado por evoluciones del estado del tiempo” (p.1). De él se obtienen datos como: la temperatura, la humedad y la radiación solar para un sitio específico, determinado por la altura al nivel del mar y su ubicación geográfica. La ciudad de Bogotá cuenta con estaciones meteorológicas que han funcionado desde 1960, y han registrado el comportamiento climático que permite observar el comportamiento cíclico que caracteriza el clima de la ciudad. Existen 10 registros de estaciones que se encuentran en el casco urbano y consignan información acerca de la temperatura; esas variables están condicionadas por factores como la topografía, la vegetación, la hidrografía, etc. La *Figura 13* presenta la ubicación de las estaciones.

⁷ American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado

⁸ Reglamento de instalaciones térmicas de los edificios

⁹ Datos consignados en causas de mortalidad en Bogotá D.C. salud data observatorio de Bogotá

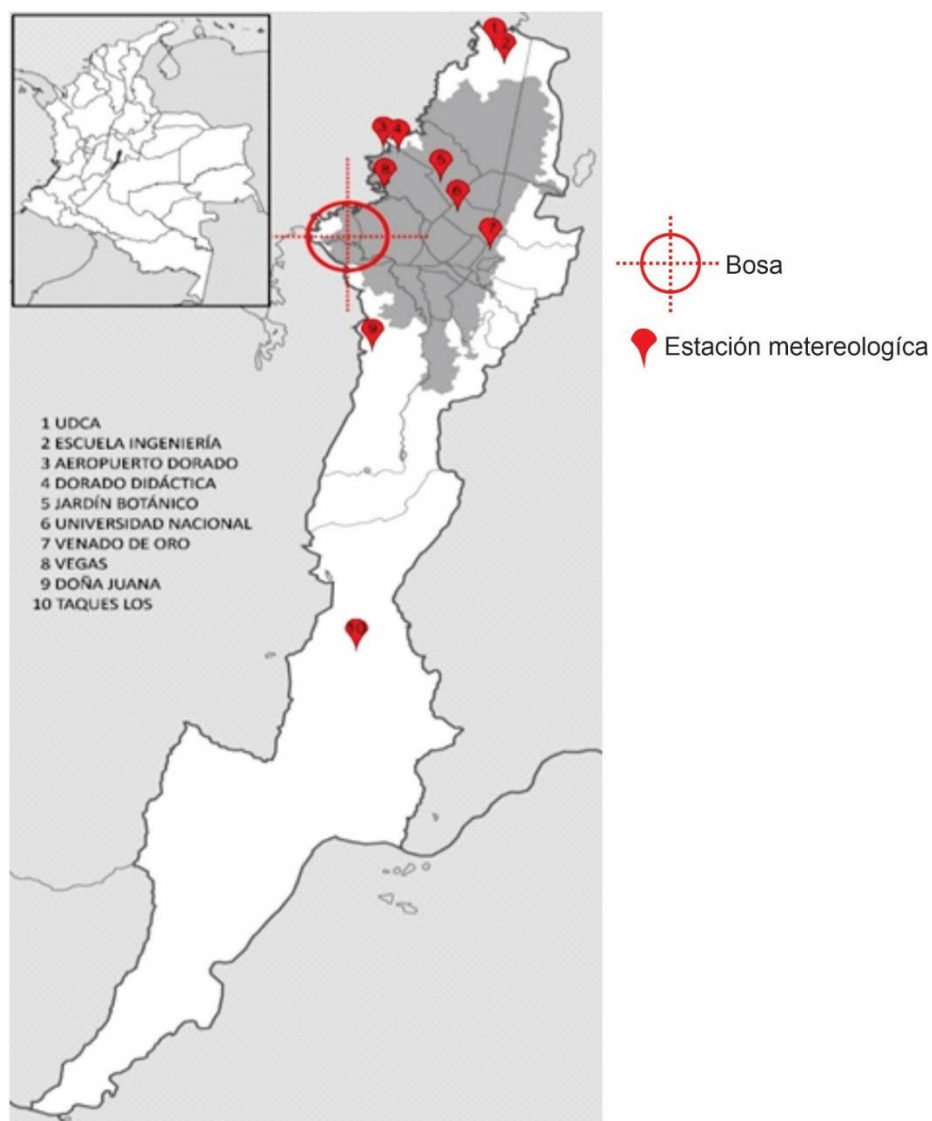


Figura 13. Localización con datos georreferenciados IDEAM. Fuente: elaboración propia a partir de las coordenadas de cada estación de monitoreo. CC-BY-NC-ND

En la clasificación del clima para Colombia, según el IDEAM, se tienen en cuenta la temperatura y la humedad relativa: cálido húmedo, cálido seco, frío y templado. Bogotá está clasificada como clima frío, pero esta clasificación general necesita otras categorías puesto que el clima en Bogotá es variado, como se presenta en la *Figura 14*, con respecto a las estaciones. En estas condiciones, sería evidente que la solución de vivienda para Usme y las zonas aledañas al

botadero Doña Juana distan de las soluciones apropiadas para Suba, Fontibón, Bosa de igual manera para zonas más céntricas como jardín botánico y universidad nacional.

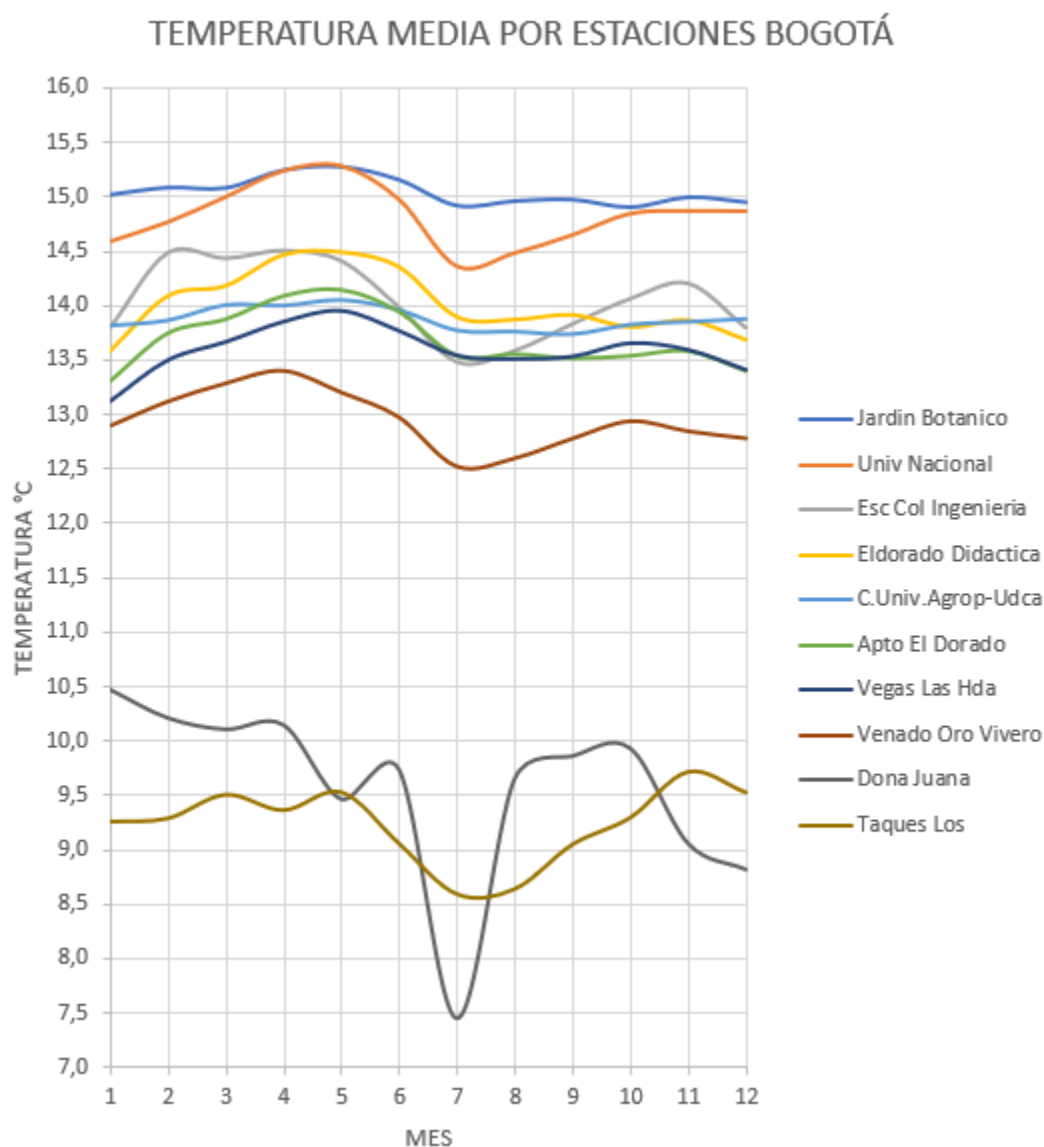


Figura 14. Temperatura media Bogotá 1981-2010. Fuente: elaboración propia con datos del IDEAM. Promedios climatológicos Bogotá 1981 – 2010. CC-BY-NC-ND

Las temperaturas más frías se registran en zonas cercanas a los cerros y, con mayor énfasis, en las zonas cerca al páramo de Sumapaz, como son Los Taques, Doña Juana Y Venado de oro. Las temperaturas más altas se concentran en la parte central, que pueden relacionarse con un efecto isla de calor que se produce por la urbanización característica de esta zona. La estación más cercana

al sector de análisis es la estación Vegas las Hda, con una distancia de 5.1 km, y en condiciones topográficas similares, la cual, sin estar cerca a los cerros, es la temperatura más fría del casco urbano, como se observa en la Figura 14.

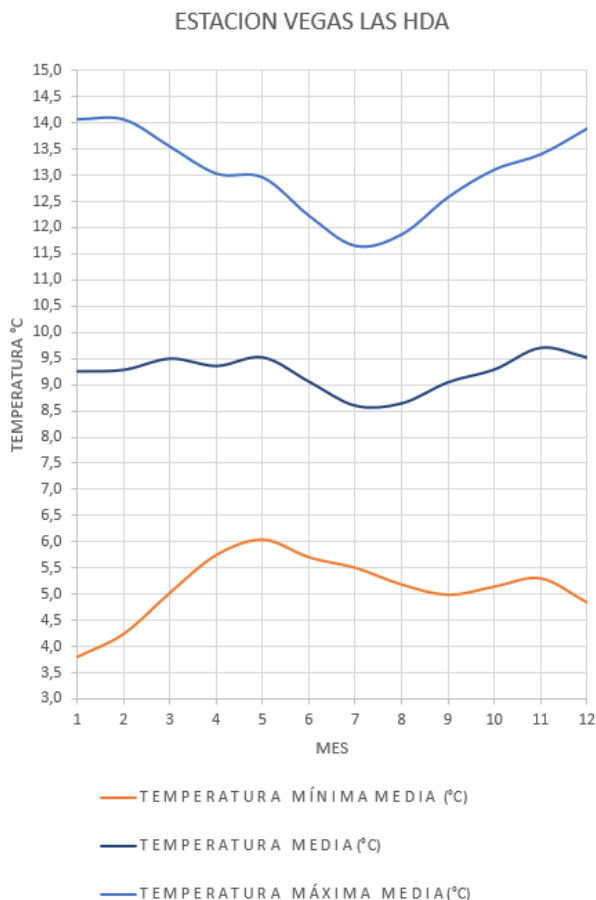


Figura 15. Temperatura mínima, media y máxima Estación Vegas. Fuente: elaboración propia CC-BY-NC-ND

La información del clima es útil para las simulaciones de condiciones higrotérmicas porque permite recrear diferentes situaciones a partir de estrategias que ayuden a dar un indicio de la mejor opción, con base en variables económicas versus condiciones extremas. Los valores de temperaturas similares a los registrados en la localidad Bosa se crean por interpolación de estaciones que registran en el software *Meteonorm*, desde una georreferenciación por coordenadas (ver Figura 16).

La *Figura 17* presenta la variación entre el archivo climático obtenido en Meteonorm¹⁰ y el registro de temperaturas promedio 1981–2010 del IDEAM. El resultado consigna temperaturas de bulbo seco exteriores, y es aceptable para recrear condiciones de confort al interior de un espacio arquitectónico.

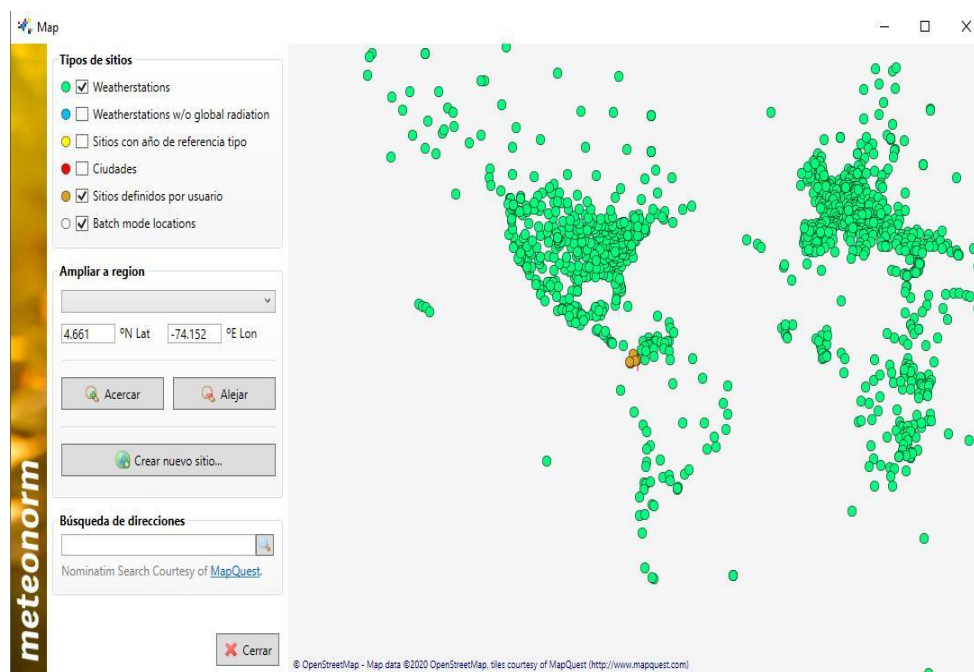


Figura 16. Localización georreferenciada Meteonorm. Fuente: OpenStreerMap – Map data@2020 CC-BY-NC-ND

Existe, entonces, un archivo climático que se asemeja a las condiciones térmicas del lugar; sin embargo, otros factores como la humedad relativa, la dirección de los vientos dominantes en concordancia con el perfil de la ciudad, la radiación solar, las precipitaciones y el punto de rocío, son aspectos que condicionan la zona.

¹⁰ El software utilizado para los resultados en este documento son versiones educativas de las cuales no se obtiene ningún beneficio económico.

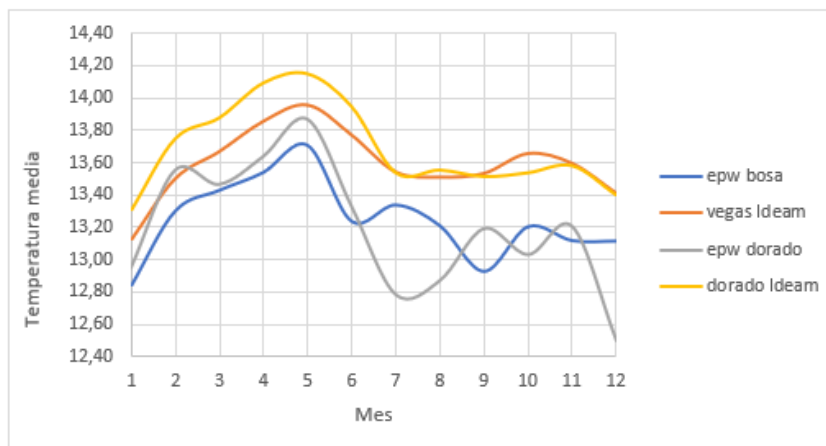


Figura 17. Variación térmica del archivo climático EPW. Fuente: elaboración propia a partir de datos que arroja el programa Design Builder y del IDEAM. CC-BY-NC-ND

Además, los materiales, en relación con las condicionantes ya descritas, y el nivel de arropamiento o vestimenta (clo) y el nivel de actividad (met) de la persona, presentan variaciones que determinan el grado de confort de un espacio arquitectónico determinado. En este caso, los materiales y condiciones climáticas son recreados mediante el software *Design Builder*, el cual es una herramienta de modelación energética y medioambiental (ver Tabla 2).

Tabla 2

Datos del lugar

Datos del lugar: **URBANIZACION TIERRA TAYRONA**

coordenadas 4.661°N-74.152°E

altitud 2640 msnm

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	unidad
Temperatura media	13.1	13.5	13.7	13.9	14	13.8	13.5	13.5	13.5	13.7	13.6	13.4	°C
Temperatura media maxima	20	20.2	20	19.8	19.7	19.4	19.1	19.2	19.6	19.7	19.4	19.9	°C
Temperatura media minima	6.1	7.2	8.1	9	9.3	8.8	8.2	8	7.3	8	8.2	7.2	°C
Humedad relativa	85	85	85	85	86	86	85	85	85	85	86	85	%
Punto de rocío	9	9	10	10	10	9	9	9	9	10	10	10	°C
Precipitación	20	28.7	49.2	79.3	79.1	53	36	36	44.9	81.5	70	33.4	mm
días con lluvia	8	9	13	16	18	16	15	14	13	17	16	11	un
Radiación solar global horizontal	425	408	376	336	309	311	330	355	358	364	348	388	W/m2
Velocidad media del viento	1.25	1.18	1.15	1.10	1.21	1.88	2.19	2.12	1.53	1.17	1.09	1.13	m/s

Nota: los datos corresponden a la estación Vegas a excepción de la precipitación y días con lluvias del cual se encontraron datos en la estación Bosa, la radiación solar global horizontal es tomada del archivo climático y la velocidad del viento de la carectización climática de Bogotá 2015

Fuente: elaboración propia con datos tomados de promedios climatológicos 1981 2010 del IDEAM.

Es importante señalar que el cuerpo humano no percibe la temperatura del espacio, lo que percibe es la pérdida de energía del cuerpo y, a partir de un proceso homeostático, mantiene su temperatura interna cerca a los 37°C. Esto se logra gracias a respuestas fisiológicas proporcionales al desequilibrio. Cuando la temperatura del cuerpo sube demasiado se pone en marcha la vasodilatación, aumentando el flujo de sangre a través de la piel, razón por la cual el cuerpo empieza a sudar, lo que es refrescante porque la energía requerida por el sudor para evaporarse se toma de la piel. Si, por el contrario, el cuerpo está frío, el procedimiento activado es la vasoconstricción, la cual reduce el flujo de sangre a través de la piel y se aumenta la actividad muscular mediante estímulos que causan estremecimiento, como es el tiriteo (Godoy, 2012).

Las casas del conjunto Tayrona cuentan con un área de 23.87 m² en el primer piso, donde se configura una sala-comedor, cocina y patio de ropas; en el segundo y tercer piso, se encuentra un baño, un estudio y una habitación con 20.09 m² descontando el punto fijo. Las casas están adosadas en líneas contrapuestas según su fachada principal y no cuentan con diferenciación de distribución para casas esquineras o medianeras. Con el fin de obtener iluminación natural, las casas se unen mediante los patios de 1.94m² formando vacíos comunales de 8.42m². Existen en el conjunto cuatro orientaciones respecto de la fachada, los módulos más largos (longitudinales) cuentan con fachadas al noroccidente y suroriente, mientras los más cortos cuentan con fachadas al nororiente y suroccidente.

Es necesario, entonces, conocer las condiciones de los materiales, el número de personas habitantes y las condiciones del lugar, para saber cuál es la temperatura operativa¹¹ de la vivienda de interés social unifamiliar; para ello se simula con el archivo climático la orientación de cada uno de los bloques de viviendas, como se representa en la Figura 18.

¹¹ Temperatura operativa es el resultado del promedio obtenido de la temperatura del aire, las temperaturas radiantes emitidas por muros, techos y pisos, y la acción de la radiación solar, según aplique.

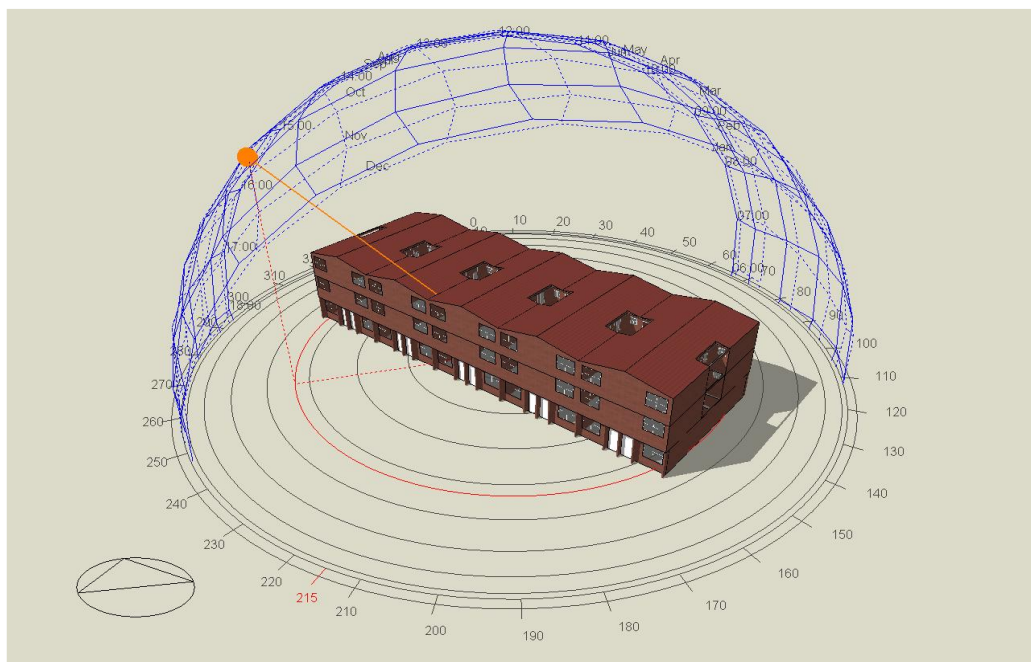


Figura 18. Modelado bloques VIS. Fuente: elaboración propia. CC-BY-NC-ND

De acuerdo con esta modelación, es posible recrear el comportamiento de la temperatura operativa en cada uno de los pisos, encontrando que las viviendas transversales con doble fachada vertical expuesta, tienden a presentar una mayor temperatura operativa, la cual aumenta si su fachada principal está dirigida al occidente. De la misma forma, los módulos ubicados en la posición longitudinal presentan una mayor temperatura si su fachada principal está dirigida hacia el occidente y mejora con la exposición de fachadas a la radiación (ver Figura 19 y Figura 20).

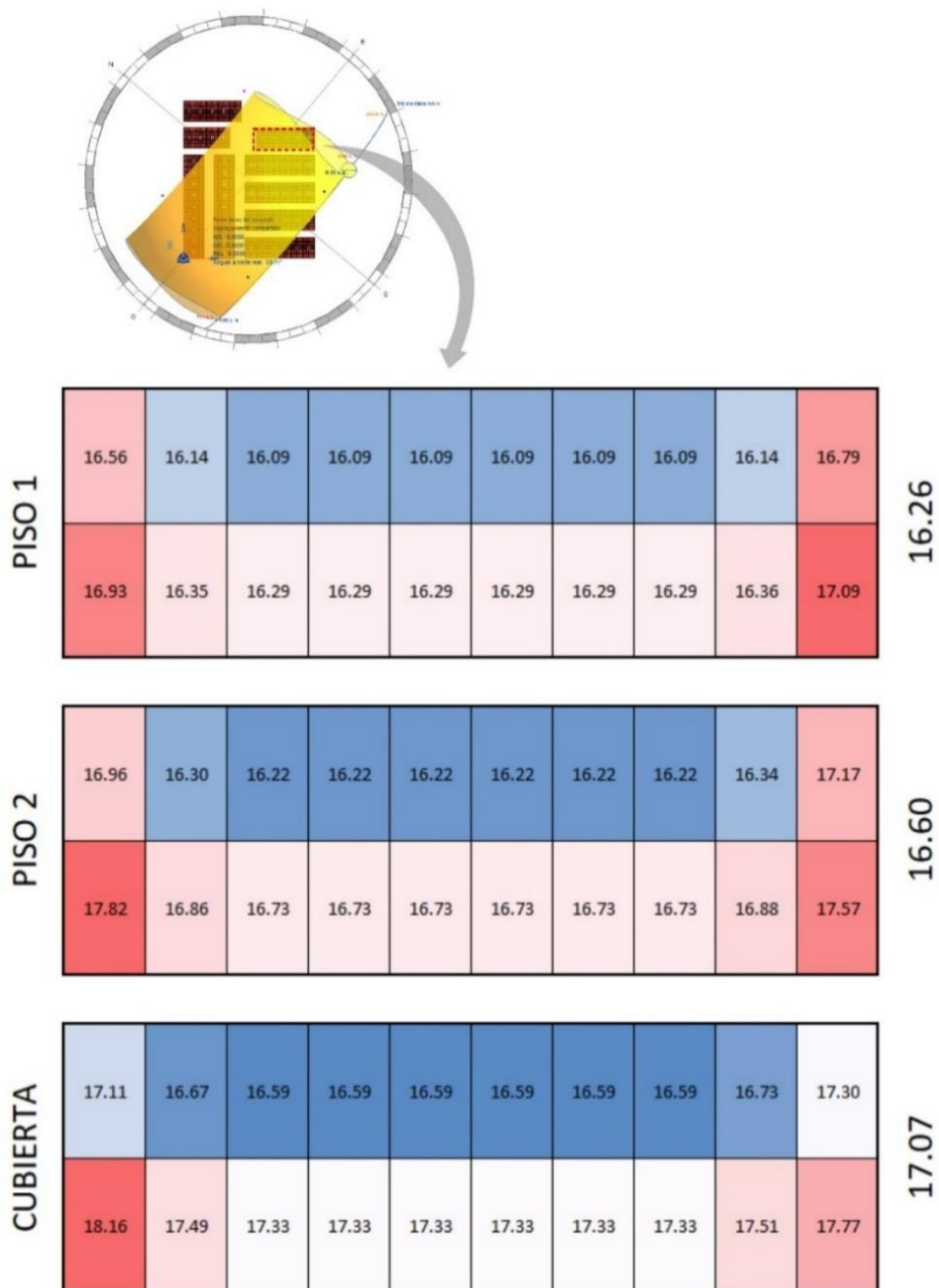


Figura 19 Bloque 1 Simulación por pisos temperaturas operativas anuales promedio. Fuente: elaboración propia con datos arrojados por el programa Design Builder CC-BY-NC-ND



Figura 20 Bloque 2 Simulación por pisos temperaturas operativas anuales promedio. Fuente: elaboración propia con datos arrojados por el programa Design Builder CC-BY-NC-ND

Con la distribución longitudinal y transversal de los bloques se presenta una variación promedio en la temperatura general de 0.03 °C. Sin embargo, en cuanto a la dirección de la fachada principal, la variación es de 0.51°C en el bloque transversal y 0.24 °C en el bloque longitudinal. Las viviendas más frías, entonces, son las medianeras del bloque longitudinal y que su fachada principal está dirigida al oriente. En cualquier disposición (longitudinal o transversal), el piso 1 siempre será el más frío y el piso 3 el más cálido, con una variación cercana a 1°C. Cabe señalar que las sutiles variaciones desde 0.20 °C generan una reacción en el cuerpo humano, como ya fue señalado anteriormente.

El confort puede determinarse a partir de la teoría del balance térmico de Fanger (Povl Ole Fanger 1934-2006) o el método adaptativo de Dear. Básicamente, la diferencia radica en el tipo de ventilación, mecánica o natural; en el método adaptativo se presenta una reducción gradual de la respuesta de un organismo a una estimulación repetitiva del ambiente; la vivienda de interés social no cuenta con sistemas mecánicos de climatización, por lo tanto, con el método adaptativo es posible identificar el rango de aceptabilidad de las condiciones internas, según el ASHRAE 55. Para este caso se utiliza la herramienta de confort térmico CBE (ver Figura 21).

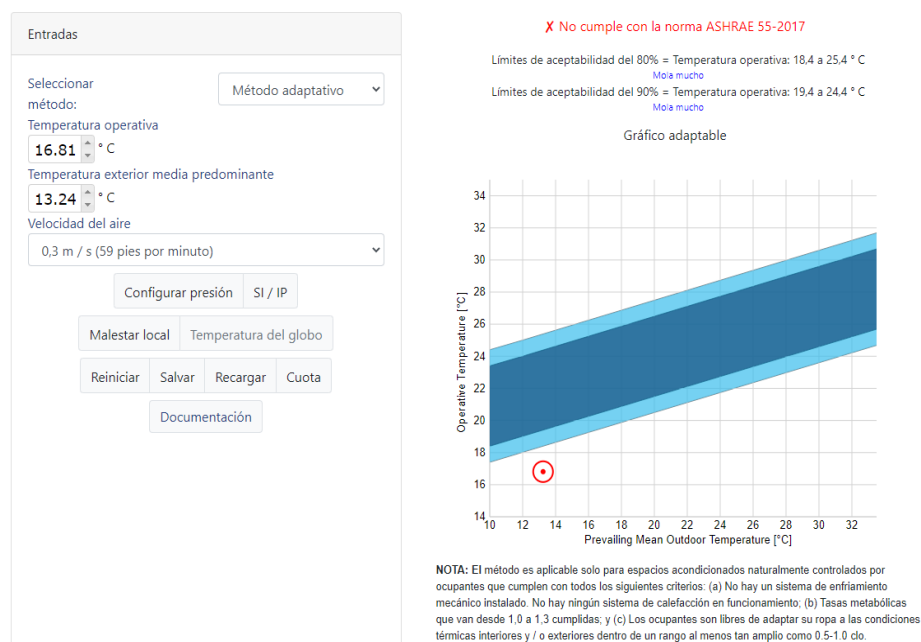


Figura 21. Resultados confort térmico adaptativo CBE. Fuente: Center for the Built Environment (s.f.) CC-BY-NC-ND

Asociadas a estas condiciones climáticas, existen patologías que, si bien pueden no tener una causa directa a partir del efecto del frío, sí pueden agravar ciertas condiciones. Ante la situación de pandemia no fue posible realizar el estudio específico en campo; no obstante, se realizó un comparativo con los datos de vulnerabilidad por patologías y edad ante el Covid-19 y esto permitió identificar que hay una coincidencia entre algunas patologías y los conjuntos residenciales de Bosa, los cuales registran vulnerabilidad alta y media ante el Covid-19, en relación con preexistencias registradas en el censo 2018 del DANE, como se representa en la Tabla 3.

Tabla 3

Patologías asociadas al clima

	<i>Riesgos y enfermedades asociadas al frío</i>	<i>Vulnerabilidad al Covid-19</i>
Hipertensión arterial	Tratándose de una enfermedad común preexistente, la exposición al frío produce un aumento en la tensión arterial que hace crecer las cifras habituales.	Hipertensión: hipertensión esencial, enfermedad cardíaca hipertensiva, enfermedad renal hipertensiva, enfermedad cardiorenal hipertensiva, hipertensión secundaria.
Patología Cardíaca	El frío produce un mayor esfuerzo en la actividad cardíaca.	Cardiopatía isquémica: angina de pecho, infarto agudo de miocardio, infarto subsecuente del miocardio, ciertas complicaciones presentes posteriores al infarto agudo de miocardio, otras enfermedades isquémicas agudas del corazón, enfermedad isquémica crónica del corazón.

Diabetes Mellitus	Afectación a la circulación periférica, el efecto vasoconstrictor del frío produce o agrava una isquemia.	Diabetes: diabetes mellitus insulino dependiente, diabetes mellitus no insulino dependiente, diabetes mellitus asociada con desnutrición, otras diabetes mellitus especificadas, diabetes mellitus no especificada.
Arteriopatías vasomotoras	Obstrucción de los vasos arteriales por alteración de regulación funcional ocasionada por frío.	Relacionada con la principal causa de mortalidad en Bogotá 2018, enfermedades isquémicas del corazón
Isquemia Crónica	Aparición de dolor, tensión o debilidad en los músculos debido al arterioesclerosis de los vasos principales que irrigan las extremidades inferiores.	Relacionada con la principal causa de mortalidad en Bogotá 2018, enfermedades isquémicas del corazón
Acrocianosis	Coloración azulada de manos y pies consecuencia de una vasoconstricción cutánea agudizada por el frío.	
Urticaria	Aparición de prurito, eritema, lesiones habonosas y angioedema, que pueden desencadenarse como respuesta a estímulos fríos.	
Rinitis	Trastorno inflamatorio de la mucosa nasal que tiende a empeorar con el frío	Relacionada con las enfermedades crónicas respiratorias de causas de mortalidad en Bogotá 2018
Otitis media	Se trata de inflamación de las estructuras que forman el oído medio, algunos estudios muestran que las variaciones bruscas de temperatura pueden relacionarse con esta patología.	

Enfermedades respiratorias	La exposición a bajas temperaturas a medio plazo puede alterar la función del sistema respiratorio, se presenta evolución de enfermedades como asma, infecciones respiratorias, atelectasias e insuficiencia respiratoria.	Pulmonares crónicas: bronquitis no especificada como aguda o crónica, bronquitis crónica simple y mucopurulenta, bronquitis crónica no especificada, enfisema, otras enfermedades pulmonares obstructivas crónicas, asma, estado asmático, bronquiectasia.
Hipotiroidismo	Se presenta intolerancia al frío, reduce el metabolismo, alterando la producción de calor.	
Reumatismos y trastornos musculares	Sin estar completamente comprobada, los pacientes con enfermedades reumáticas refieren mayor dolor ante bajas temperaturas.	
Enfermedades neuromusculares	Se refiere a parálisis musculares que se desencadenan por estímulos como el estrés y el frío. Otra patología es la paramiotonia congénita, la cual produce crisis ante exposición al frío.	
Migrañas	Se trata de cefaleas con gran variabilidad de intensidad y frecuencia que tiene múltiples causas, entre ellas las variaciones bruscas de temperatura.	
Vasculopatías inflamatorias	Episodios de isquemia aguda, en los cuales el efecto vasoconstrictor del frío actúa sobre vasos de menor calibre, resultando en esclerodermia, artritis reumatoide, lupus eritematoso, panarteritis nodosa y la enfermedad de Buerger.	Relacionada con enfermedades isquémicas del corazón causas de mortalidad en Bogotá 2018
Enfermedades de la piel	Cursan como un aumento del fluido sanguíneo periférico y provocan pérdidas excesivas de calor.	
Crioglobulinemias	Las crioglobulinas son complejos de proteínas del suero que reversiblemente precipitan a bajas temperaturas y se resuelven con calentamiento.	Cáncer, tumores malignos.

<p>Algunas anemias hemolíticas</p>	<p>Ante ciertas infecciones o neoplasias de células linfocíticas, se crean anticuerpos que se unen a las células rojas y producen la agregación a bajas temperaturas. Estos agregados son captados por el bazo y destruidos. A la larga, se desarrolla un estado anémico leve con acrocianosis e ictericia.</p>	<p>Cáncer, tumores malignos.</p>
---	---	----------------------------------

Fuente: Revista Seguridad Minera (2017).

De manera gráfica, se presenta una Ortho fotografía de la zona objeto de análisis y la coincidencia de las patologías existentes que tienden a aumentar el riesgo ante el Covid-19 (riesgo alto color rojo, riesgo medio color naranja), cuando se trata de conjuntos cerrados que en esta zona corresponden a vivienda interés social y prioritario (ver Figura 22).



Figura 22. Vulnerabilidad sector Chicalá, Bosa, Bogotá. Fuente: datos DANE y orthofotografía. CC-BY-NC-ND

Como bien se señaló, el método adaptativo es el implementado en este trabajo de grado para el análisis de confort térmico. A continuación, se presenta una caracterización de los materiales para simular su comportamiento en la temperatura operativa de la VIS en Bosa:

El conjunto residencial cuenta con cuatro orientaciones respecto a cada fachada principal. Se estableció que la vivienda con menor temperatura operativa es la vivienda medianera, cuya fachada principal se dirige al costado noroccidental con un ángulo de $49,84^\circ$ respecto al norte. Es así como se recrean las condiciones climáticas en una posición geográfica específica con una orientación respecto al sol, bien determinada.

Es importante recrear las condiciones de los materiales lo más cercano posible a la realidad, para este caso se tiene en cuenta que los muros de las viviendas se construyen a partir de ladrillos estructurales de los cuales se debe conocer las propiedades térmicas, estas propiedades se obtienen en valores K y valores U; los valores K se refieren a la conductividad térmica de un material específico y los valores U se refieren al conjunto de materiales que conforman una sección, para este caso se indagó en tablas que registran las propiedades de materiales para construcción (UBA, 2021)

Conforme a la Universidad de Buenos Aires (2021), el software *Design Builder* cuenta con materiales preestablecidos que, en algunos casos, son similares a los materiales utilizados en Colombia; sin embargo, para garantizar una correcta simulación es necesario revisar los valores y en tal caso modificarlos para acercarlos a las condiciones reales. Figura 23

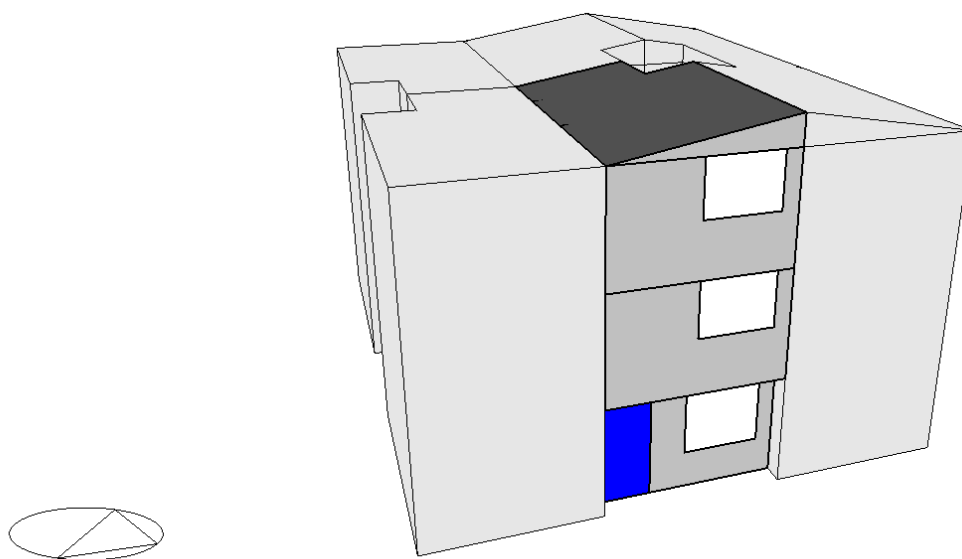



Figura 23. Modelo Design Builder Fuente: elaboración propia, con el programa Design Builder. CC-BY-NC-ND

Tabla 4*Propiedades del ladrillo*

IMAGEN	TIPO		
	LADRILLO PERFORADO		
	DIMENSIONES		
	ALTO	ANCHO	LARGO
	0,09	0,12	0,29
	MATERIAL		
	ARCILLA		
	DENSIDAD APARENTE		
1600 kg/m³			
CONDUCTIVIDAD			
0,76 w/m °C			
CALOR ESPECIFICO			
837 j/km-k			
VALOR U			
3,245 w/m²-k			

Fuente: Cálculo del coeficiente de transmisión de calor K de cerramientos y propiedades térmicas de algunos materiales de la construcción (s.f.).

Al configurar los materiales en *Design Builder*, puede cometerse el error de considerar la perforación central del ladrillo como una cámara de aire; estas reducen el valor U de las secciones, lo que traduce en un mejor comportamiento como aislante térmico, sin embargo, el ladrillo hueco no puede tomarse como cámara de aire debido a que este espacio no es suficiente, en comparación al espesor total, aun cuando posee celdas mayores a 20 mm. En este caso se emplean datos preestablecidos para este material, en donde el ladrillo macizo cuenta con 1800 kg/m³ de densidad aparente y 0.87 W/m°C; ladrillo hueco tipo bloque 1200 kg/m³ – 0.49 W/m°C y el ladrillo perforado con los datos consignados en la Tabla .

Los demás materiales implementados en la VIS corresponden a suelo con placa de concreto, en el que mayoritariamente se encontró un enchape cerámico, ventanería en aluminio con vidrio de 4 mm y cubierta en teja asbesto cemento, en la cual predomina un cielo raso en tableros yeso cartón de ½”, según se observa en la Tabla 5, Tabla ,Tabla 7 y Tabla 8

Tabla 5*Propiedades del vidrio*

IMAGEN	TIPO		
	VIDRIO VENTANAS		
	DIMENSIONES		
	ALTO	ANCHO	ESPESOR
			4mm
	MATERIAL		
	VIDRIO 4mm		
	CONDUCTIVIDAD		
1 W/m °C			
VALOR U			
3,245 w/m2-k			

Fuente: Datos tomados de la base de datos del software *Design Builder*.

Tabla 6*Propiedades del aluminio*

IMAGEN	TIPO		
	ALUMINIO VENTANAS		
	DIMENSIONES		
	ALTO	ANCHO	
	0,05	0,05	
	MATERIAL		
	PERFIL ALUMINIO		
	DENSIDAD APARENTE		
	2800 kg/m3		
	CONDUCTIVIDAD		
	160 W/m °C		
CALOR ESPECIFICO			
880 j/km-k			
VALOR U			
5,881 w/m2-k			

Fuente: Datos tomados de la base de datos del software *Design Builder*.

Las ventanas cuentan con configuración adicional a los materiales, en los que se incluye el porcentaje de ventana que puede abrirse y los tiempos de apertura que pueden funcionar, en horas

específicas o en función de la temperatura. Para este caso se simulará con una temperatura de 21°C, estas condiciones influyen directamente en la calidad del aire, pero los usuarios no están enterados de estas condiciones y, por lo tanto, solo abren las ventanas si la temperatura así lo requiere.


Tabla 7

Propiedades de pisos

IMAGEN	TIPO		
	LADRILLO PERFORADO		
	DIMENSIONES		
	ALTO	ANCHO	LARGO
	0,09	0,12	0,29
	MATERIAL CONCRETO		
	DENSIDAD APARENTE		
	2000 kg/m³		
	CONDUCTIVIDAD		
	1,13 w/m °C		
	CALOR ESPECIFICO		
	1000 j/km-k		
	MATERIAL MORTERO		
	DENSIDAD APARENTE		
	1860 kg/m³		
	CONDUCTIVIDAD		
	0,72 w/m °C		
CALOR ESPECIFICO			
840 j/km-k			
MATERIAL CERÁMICA			
DENSIDAD APARENTE			
1700 kg/m³			
CONDUCTIVIDAD			
0,80 w/m °C			
CALOR ESPECIFICO			
850 j/km-k			
VALOR U CONJUNTO			
3,078 w/m²-k			

Fuente: Datos tomados de la base de datos del software *Design Builder*.

Tabla 8*Propiedades de cubiertas*

IMAGEN	TIPO		
	TEJA ASBESTO CEMENTO		
	DIMENSIONES		
	ALTO	ANCHO	LARGO
	1,2	0,9	0,025
	MATERIAL		
	ASBESTO CEMENTO		
	DENSIDAD APARENTE		
	1920 kg/m³		
	CONDUCTIVIDAD		
	0,60 w/m °C		
CALOR ESPECIFICO			
840 j/km-k			
VALOR U			
5,505 w/m²-k			

Fuente: Datos tomados de la base de datos del software Design Builder

Para tener la caracterización completa del comportamiento térmico de los materiales es necesario establecer un nivel de arropamiento o Clo y el nivel de metabolismo, de acuerdo con la actividad contemplada. La simulación debe establecer un horario de uso, el cual, en concordancia con el confinamiento actual debido a la pandemia, se establece en 24/7. De cualquier forma, se considera importante analizar en la vivienda todas las horas de funcionamiento, pues se evidenció que la población vulnerable tiende a permanecer dentro de la vivienda, en donde predomina la ropa ligera que, sumando ropa interior, camisa, pantalón, calcetines y zapatos, arroja un clo de 0,7. En el caso de la actividad física, es un espacio reducido con bajos índices de actividad, y se puede calcular a través del diligenciamiento de datos o a partir de tablas preestablecidas (ver Tabla).

Tabla 9*Cálculo de tasa metabólica por componentes de actividad*

Componentes de la actividad

La tasa metabólica puede calcularse sumando al metabolismo basal la tasa metabólica debida a la postura adoptada, el tipo de actividad desarrollada y el desplazamiento.

<p>Metabolismo basal</p> <p>Metabolismo basal calculado por la edad y el sexo</p> <p>Sexo: Mujer</p> <p>Edad: 25-44</p> <p>Metabolismo basal: 40,53 (W/m²)</p>	<p>Metabolismo por desplazamiento</p> <p>Metabolismo calculado por el tipo de desplazamiento y su velocidad</p> <p>Desplazamiento: Sin desplazamiento</p> <p>Metabolismo por desplazamiento: 0 (W/m²)</p>
<p>Metabolismo por actividad</p> <p>Actividad: Trabajo con ambas manos - Carga de trabajo ligera</p> <p>Metabolismo por actividad: 15 (W/m²)</p>	<p>Metabolismo por postura</p> <p>Postura: Sentado</p> <p>Metabolismo postural: 10 (W/m²)</p>

Tasa metabólica

Componente	Valores (W/m ²)
Metabolismo basal	40,53
Metabolismo postural	10
Metabolismo por actividad	15
Metabolismo por desplazamiento	0
Tasa metabólica global	66 W/m² - 1,13 met.

Fuente: Diego-Mas, J. (2015).

Cada persona emite vatios que representan ganancias térmicas al espacio según la actividad predominante, y sobre ellos se calcula el porcentaje de actividad, el cual, en niños, es de 75 %, mujeres 85% y hombres 100%. La población predominante se encuentra en un rango de edad entre 25 y 44 años, en el que no hay diferencia entre hombres y mujeres, por lo cual, la tasa metabólica es de 66 W/m² y el porcentaje es 1 equivalente al 100%.

Las temperaturas operativas promedio no cumplen los estándares ASHRAE para límites de aceptabilidad del 80 % ni del 90 %. En una revisión minuciosa, solo 1195 horas al año cumple con una aceptabilidad del 80 % y 389 horas con los límites para una aceptabilidad del 90 %; implementar estrategias sostenibles colabora con la mejora del confort y la salud, a partir de condiciones térmicas favorables para el cuerpo humano, a continuación, se presenta la variación

promedio por hora y mes a mes evidenciando las horas de mayor confort en color rojo (ver Tabla).

Tabla 10

Temperatura operativa promedio - condiciones iniciales

TEMPERATURA OPERATIVA PROMEDIO HORARIO												
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1:00	16,38	16,92	16,92	16,99	17,12	16,75	16,71	16,68	16,42	16,75	16,48	16,59
2:00	16,10	16,65	16,67	16,75	16,88	16,49	16,46	16,43	16,15	16,49	16,22	16,31
3:00	15,81	16,37	16,39	16,50	16,62	16,24	16,20	16,18	15,87	16,24	15,96	16,01
4:00	15,52	16,09	16,13	16,27	16,39	15,99	15,94	15,92	15,60	15,99	15,70	15,73
5:00	15,24	15,81	15,89	16,04	16,16	15,76	15,71	15,68	15,36	15,74	15,47	15,47
6:00	14,96	15,54	15,66	15,87	15,99	15,60	15,53	15,50	15,16	15,54	15,28	15,22
7:00	14,74	15,32	15,50	15,86	15,99	15,69	15,51	15,53	15,18	15,50	15,21	15,08
8:00	14,88	15,47	15,75	16,13	16,28	16,02	15,74	15,70	15,49	15,73	15,44	15,24
9:00	15,16	15,74	16,10	16,49	16,71	16,42	16,09	15,93	15,89	16,07	15,80	15,52
10:00	15,35	15,91	16,34	16,67	16,93	16,63	16,29	16,23	16,11	16,25	15,96	15,71
11:00	15,60	16,10	16,57	16,79	17,09	16,79	16,46	16,53	16,28	16,42	16,12	15,95
12:00	15,98	16,45	16,88	17,02	17,35	17,02	16,71	16,80	16,54	16,70	16,45	16,31
13:00	16,39	16,86	17,22	17,30	17,61	17,26	17,00	17,09	16,85	17,02	16,80	16,71
14:00	16,80	17,26	17,54	17,59	17,86	17,50	17,28	17,38	17,16	17,33	17,14	17,09
15:00	17,21	17,65	17,88	17,87	18,10	17,74	17,56	17,68	17,46	17,63	17,45	17,46
16:00	17,51	17,91	18,10	18,06	18,24	17,89	17,75	17,87	17,65	17,81	17,64	17,71
17:00	17,68	18,07	18,20	18,14	18,30	17,95	17,85	17,96	17,71	17,88	17,70	17,84
18:00	17,69	18,08	18,18	18,11	18,24	17,90	17,85	17,93	17,65	17,82	17,65	17,81
19:00	17,65	18,04	18,10	18,07	18,18	17,82	17,82	17,87	17,58	17,77	17,60	17,78
20:00	17,53	17,91	17,96	17,96	18,07	17,70	17,71	17,72	17,46	17,65	17,49	17,66
21:00	17,37	17,76	17,79	17,80	17,93	17,54	17,57	17,55	17,30	17,52	17,34	17,51
22:00	17,29	17,68	17,68	17,77	17,91	17,48	17,52	17,35	17,24	17,46	17,31	17,44
23:00	17,10	17,51	17,51	17,60	17,77	17,31	17,35	17,15	17,08	17,31	17,17	17,25
0:00	16,72	17,15	17,17	17,23	17,40	16,95	17,00	16,92	16,70	16,96	16,78	16,89
	16,36	16,84	17,01	17,12	17,30	16,94	16,82	16,82	16,58	16,82	16,59	16,60

18,30 MAXIMA
14,74 MINIMA
16,88 MEDIA
16,81 PROMEDIO

Fuente: elaboración propia

La carta psicrométrica, tomada del software *Climate Consultant* con los datos climáticos para la localidad Bosa en Bogotá, evidencia estrategias que se relacionan principalmente con ganancias de calor interno y aislamiento. Se debe tener en cuenta que se trata de un elemento construido y que estrategias como mejora en orientación no son aplicables, Figura 24.

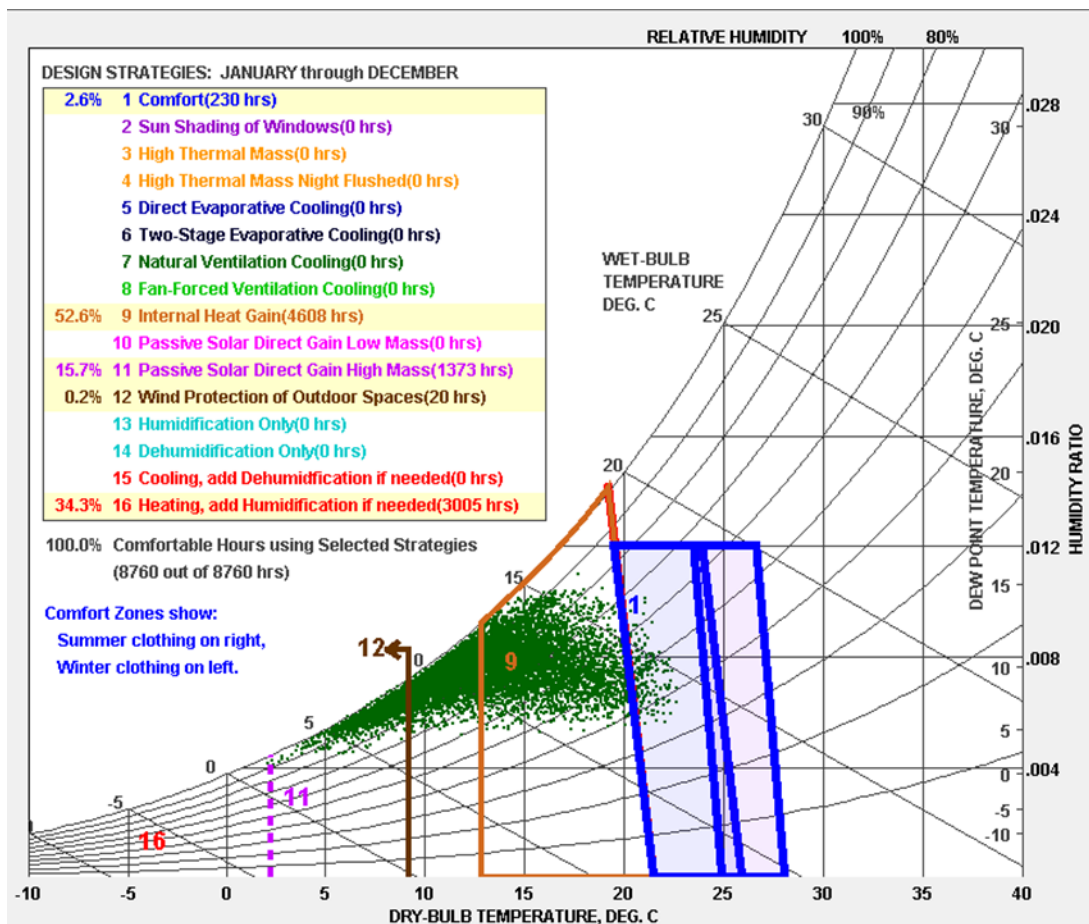


Figura 24. Carta psicrométrica. Fuente: Climate Consultant 6.0 CC-BY-NC-ND

Las estrategias recomendadas en Climate Consultant son analizadas junto con el balance térmico de los materiales, el cual se obtuvo de una simulación de las condiciones iniciales de la VIS. En conclusión, los principales materiales a mejorar, en cuanto a su comportamiento térmico, son los de muros y ventanas, con pérdidas de -1500 kwh y -500 kwh, respectivamente; mientras por ventanas se registran ganancias de 1000 kwh, las cual deberán aumentar para alcanzar el confort. (ver Figura 25).

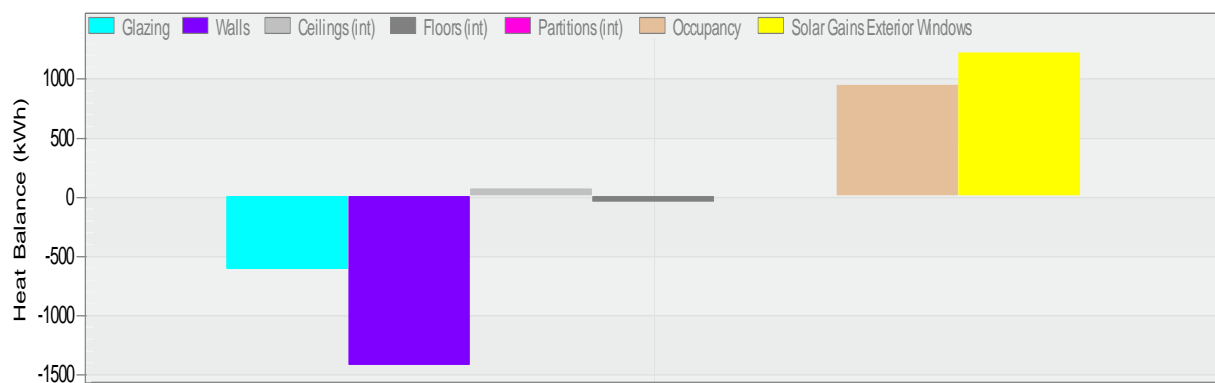


Figura 25 Balance térmico. Fuente: Modelo de Design Builder.

Pero ¿qué tan confiables llegan a ser los datos obtenidos en estas simulaciones? Para obtener un punto de comparación se hace una simulación, la cual es analizada junto con los datos obtenidos de un *datalogger*. En un rango de fechas específicas, la temperatura exterior del archivo climático corresponde en un 80 % a la temperatura registrada por el *datalogger*. Es importante señalar que la temperatura exterior en el *Design Builder* corresponde a un promedio de 10 años, por lo cual la variación es aceptable, tal como se observa en la Figura 26.

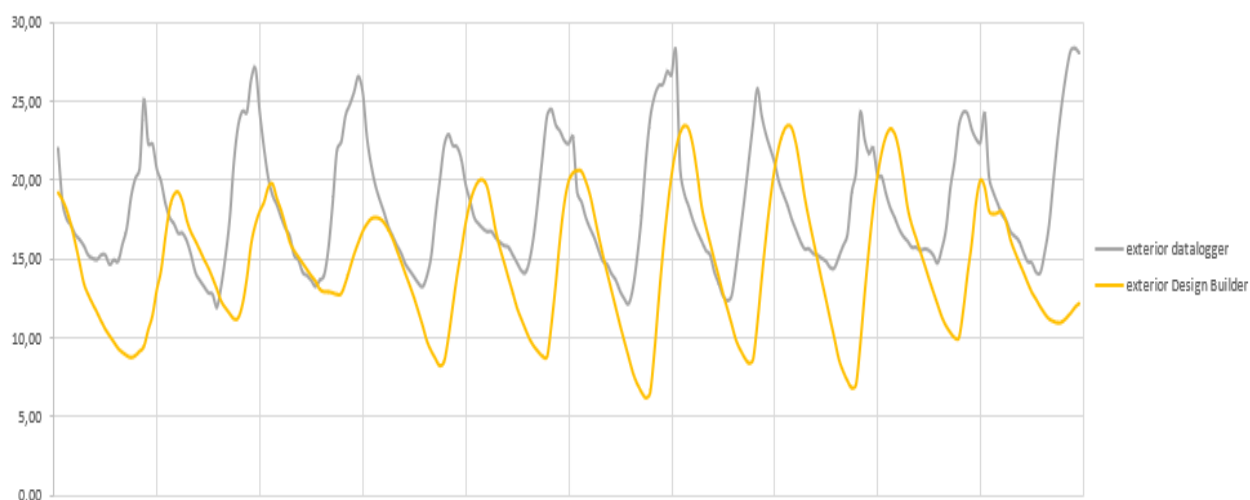


Figura 26 Temperaturas exteriores. Fuente: elaboración propia con datos de Datalogger y Design Builder. CC-BY-NC-ND

La temperatura interior se registró, de igual manera, mediante un datalogger. En esta temperatura influyen los materiales, las dimensiones, las aberturas y el funcionamiento, quienes determinan el grado de confort (ver Figura 27). En este caso, para una fecha específica, el *datalogger* arroja un porcentaje de aceptabilidad del 80 %, en un 54.4 % del tiempo; mientras la simulación arroja un 45.6 %. La variación es cercana al 9 %, lo cual es un margen acertado, teniendo en cuenta que parte de un promedio.

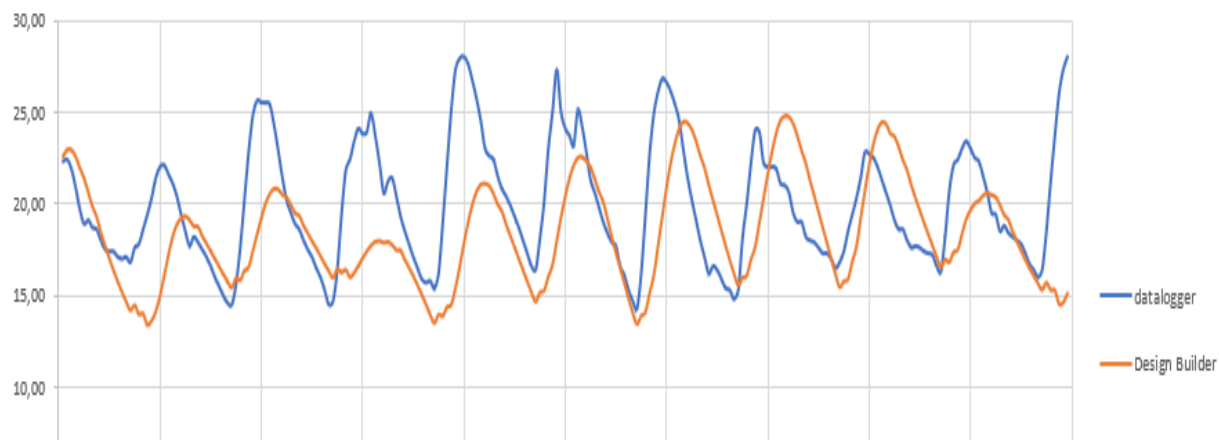


Figura 27 Temperatura Interior. Fuente: elaboración propia con datos Datalogger y Design Builder CC-BY-NC-ND

En Colombia, la Ley 810 de 2003, en su Artículo 8: Licencias para cerramientos de obra y reparaciones locativas, contempla:

Las reparaciones o mejoras locativas, consideradas como aquellas obras que tienen como finalidad mantener el inmueble en las debidas condiciones de higiene y ornato, sin afectar su estructura portante, su distribución interior, sus características funcionales y formales, y/o volumetría, no requieren licencia de construcción. (Congreso de Colombia, 2003, s.p.)

El Artículo 2.2.6.1.1.10, del Decreto 1077 de 2015, incluye específicamente dentro de las reparaciones locativas, entre otras, las siguientes obras: “El mantenimiento, la sustitución, la restitución o mejoramiento de los materiales de pisos, cielorrasos, enchapes, pintura en general, y la sustitución, el mejoramiento o la ampliación de redes de instalaciones hidráulicas, sanitarias, eléctricas, telefónicas o de gas” (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2015, p.476).

Se evidenciarán, a continuación, una serie de estrategias con un porcentaje de eficiencia, de las cuales solo una está contemplada en las obras de reparaciones locativas; es importante que la norma incluya los aspectos fundamentales para la adecuación sostenible de las viviendas

existentes. Si bien, se cumple el principio fundamental de no modificación de su distribución interior y características funcionales, es necesario modificar aspectos formales como el de la RVP (relación ventana pared), modificar el material de la cubierta, cuando, por contenido de asbesto, presenta un alto riesgo para la salud, y permitir una implementación más sencilla de sistemas de cubierta verde para los que puede requerirse sutiles cambios estructurales.

Se contempla una posibilidad de mejora del 71 % de las condiciones térmicas al interior de la vivienda, siempre y cuando las normas empiecen a flexibilizarse en cuanto a modificaciones que tengan como objetivo garantizar confort, reducir consumos, implementar tecnologías eficientes, prestar servicios ecosistémicos, mejorar calidad de vida, garantizar la salud, reducir los riesgos y todas las que se encuentren en el marco de la sostenibilidad. Una intervención, como la propuesta en este trabajo de grado, quedaría sin soporte jurídico para su implementación, ya que no se trata de una ampliación, modificación o restauración; puede asumirse como adecuación, pero esta solo incluye el cambio de uso garantizando la permanencia total o parcial del inmueble original. También puede tratarse de una adecuación sostenible que mantiene el uso y la distribución original, que permite modificación en materiales y forma, específicamente en RVP en pro de mejoras demostradas de confort.

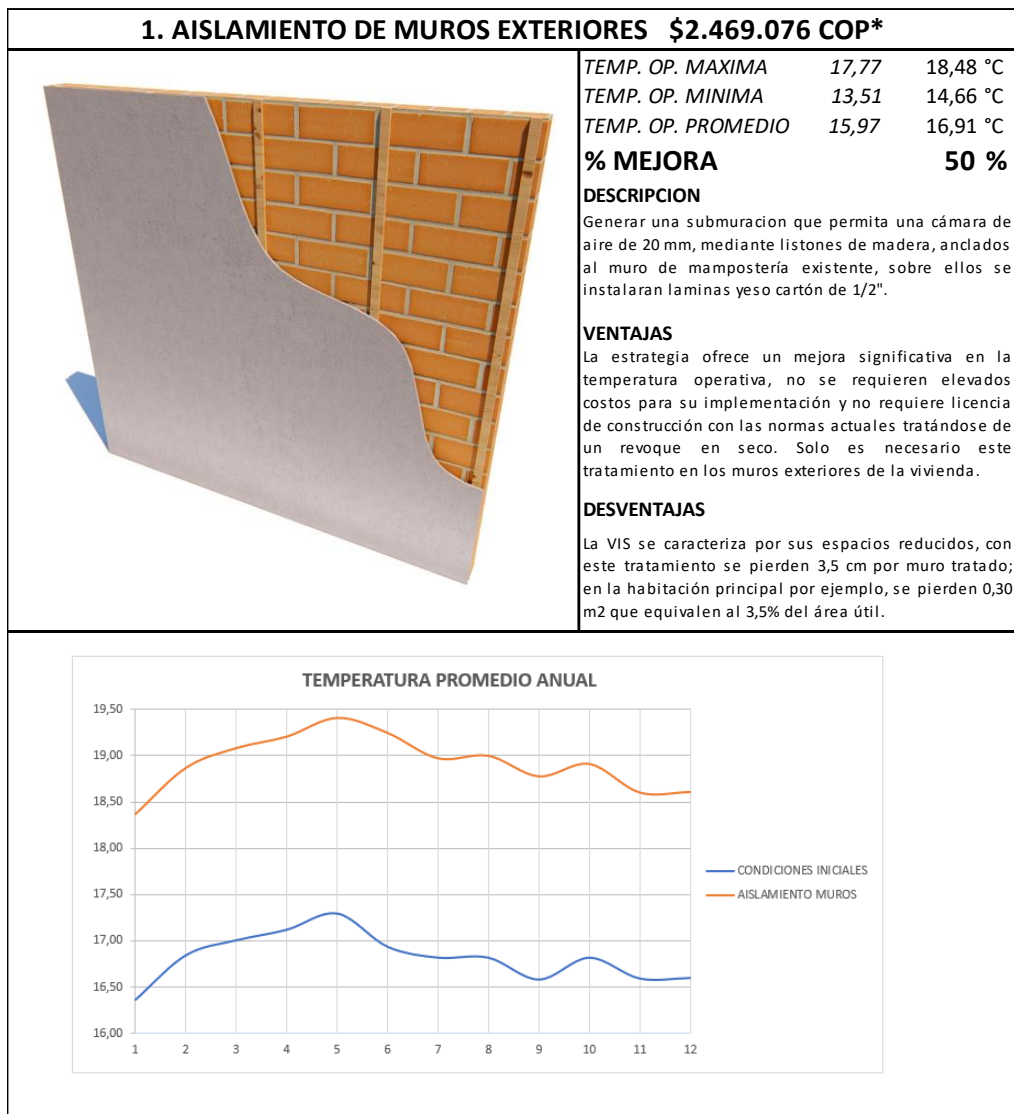
Como se mencionó anteriormente, el CONPES 3919 contempló unas modificaciones en normas que permiten esa adecuación sostenible; sin embargo, al realizar la consulta al Ministerio de Ambiente y al Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, manifestaron a la fecha (marzo 25 de 2020) estar en un trabajo interdisciplinario para emitir los conceptos.

6.2 Estrategias

En cuanto al aislamiento térmico, el ideal es el vacío, no obstante, en la práctica es muy difícil mantener dicho vacío; por lo tanto, se utiliza aire que posee baja conductividad térmica y una reducida capacidad de absorción de radiación. Para reducir el puente térmico se utilizan maderos de soporte contra el muro existente, estrategia que por sí sola representa una mejora del 49 %, con 5596 horas en confort Vs 581 en condición inicial (ver Tabla 1).

Tabla 11

Estrategia 1 aislamiento muros exteriores



* Valor estimado de obra con precios referencia 2021

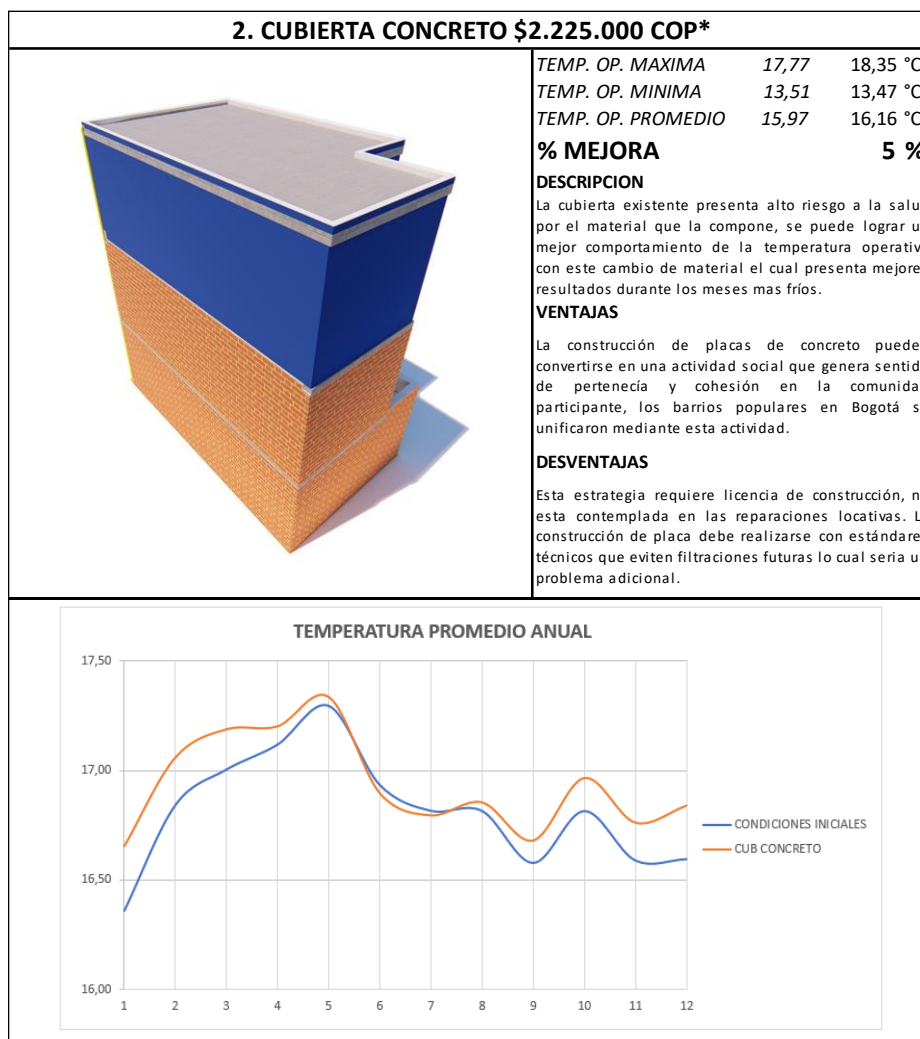
Fuente: elaboración propia

El tipo de cubierta de la VIS representa un riesgo para la salud por contar con asbesto y el potencial cancerígeno de este. Pensar en concreto como material de mejora surge del conocimiento de la población objetivo, el concreto como material representa el progreso para estas comunidades, muchos barrios populares crecieron y se fortalecieron como comunidad a partir de la actividad de vaciado de concreto. El riesgo estriba en la tendencia a construir un piso adicional; el potencial, por el contrario, es que la cubierta sea un vínculo al campo o un espacio de reunión social. En los

barrios populares en Bogotá es típico encontrar asados en las terrazas en diferentes fechas, principalmente el 1° de enero. El resultado horas confort 1051, con 12 % del tiempo (ver Tabla).

Tabla 12

Estrategia 2 Cubierta concreto



* Valor estimado de obra con precios referencia 2021


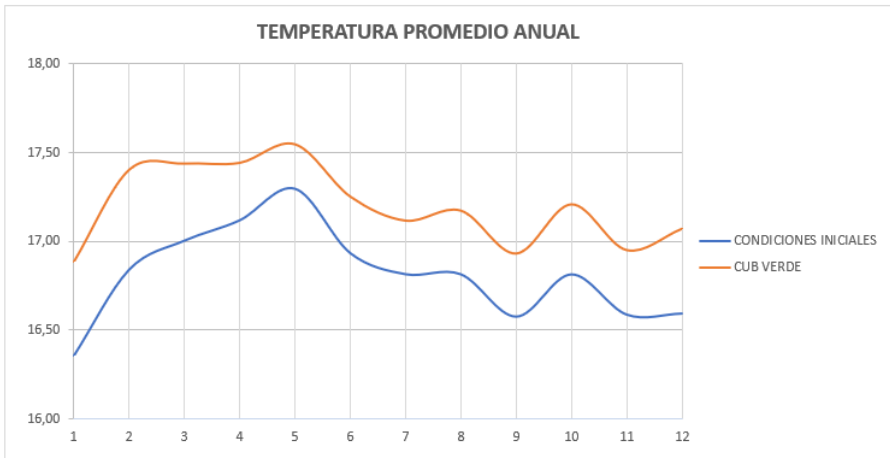
Fuente: elaboración propia

Esta estrategia es complementaria a la cubierta en concreto, y puede gestionarse un servicio ambiental, pero dependerá netamente de los habitantes si adoptan la estrategia. En este orden de ideas, es importante que ellos conozcan acerca de las condiciones desfavorables de la calidad del aire y los beneficios que se obtienen con una cubierta verde, según se representa en la Tabla . Con esta estrategia combinada se elimina el riesgo de cáncer por inhalación de asbesto y se mejora la

calidad del aire, mientras se aprovechan los beneficios de la biofilia. La cubierta verde reduce la temperatura operativa promedio, frente a la cubierta en concreto; sin embargo, se debe a unos deltas de temperatura reducidos que se traducen en mayor eficiencia de la cobertura vegetal como aislamiento. Adicionalmente, los beneficios ambientales colaboran en el fin último de mejora de salud.

Tabla 13

Estrategia 3 Cubierta verde

3. CUBIERTA VERDE \$5.045.000 COP*	
	<p>TEMP. OP. MAXIMA 17,77 18,18 °C</p> <p>TEMP. OP. MINIMA 13,51 14,00 °C</p> <p>TEMP. OP. PROMEDIO 15,97 16,35 °C</p> <p>% MEJORA 7 %</p> <p>DESCRIPCION Cubrir con una capa vegetal la cubierta de la VIS, puede ser una cubierta libre de mantenimiento o una cubierta productiva, la comunidad puede decidir al respecto.</p> <p>VENTAJAS Mejora el comportamiento térmico de la vivienda y colabora con servicios ambientales en cuanto a estructura ecológica principal, retención de agua, reducción de isla de calor y reducción de CO2 como mejora a la calidad del aire que se traduce en mejora a la salud.</p> <p>DESVENTAJAS Se requiere un presupuesto elevado en el cual no se calcula retorno puesto que la VIS no cuenta con calefacción.</p>
	<p>TEMPERATURA PROMEDIO ANUAL</p> 

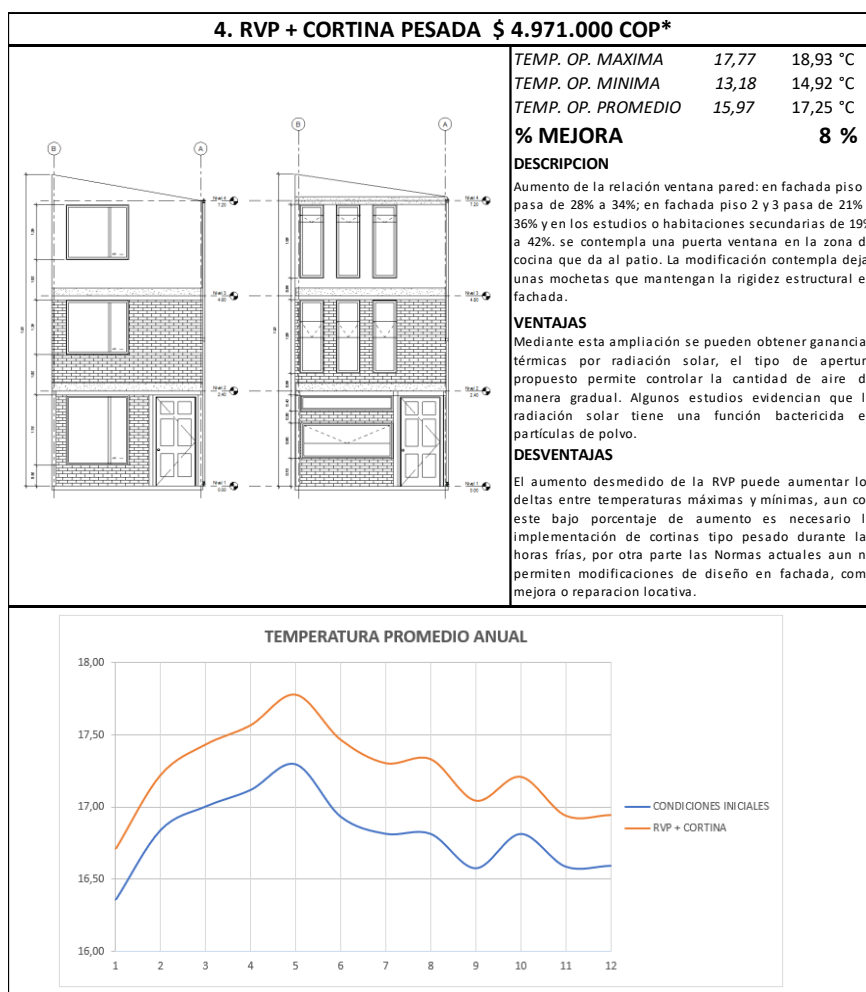
*Valor estimado de obra con precios referencia 2021

Fuente: elaboración propia

Puede pensarse que ampliar la relación ventana-pared es un error de diseño en el clima de Bogotá. Si bien se aumentan las ganancias térmicas por radiación solar durante el día, en la noche se maximizan las pérdidas, pero desde la salud es importante aumentar el ingreso de la luz solar a los espacios, como lo expresa la Tabla . Tras diferentes experimentos en los cuales se recrearon modelos de habitaciones, se pudo establecer una reducción en las bacterias contenidas en el polvo recolectado en la habitación cuando esta se exponía a la luz del sol; se estableció un poder bactericida potencial en la luz solar filtrada a través de la ventana de un edificio, razón por la cual puede concluirse una desventaja en la utilización de ventanas que bloqueen las longitudes de onda ultravioleta (Fahimipour, 2018).

Tabla 14

Estrategia 4 RVP



*Valor estimado de obra con precios referencia 2021

Fuente: elaboración propia

El objetivo principal es generar un efecto invernadero, pero la eficiencia dependerá de la articulación con las demás viviendas y la implementación de más estrategias pasivas. Al respecto, cada cuatro casas deberán estar de acuerdo en generar un efecto invernadero que eleve la temperatura de sus patios y así obtener una temperatura operativa que esté dentro de los rangos de confort; por sí sola, la estrategia no es eficiente puesto que las horas en confort se reducen a 552, representadas en el 6 % del tiempo, como se representa en la Tabla .

El análisis de varias condiciones y múltiples datos es importante puesto que la temperatura promedio aumentó, pero las horas en confort disminuyeron.

Tabla 15

Estrategia 5 patio cubierto



* Valor estimado de obra con precios referencia 2021

Fuente: elaboración propia

El mayor porcentaje de mejora de la aplicación de una estrategia en cada vivienda es de 22% y se logra a partir del aislamiento de muros. La combinación de estrategias permite maximizar el porcentaje de mejora de confort a partir de un complemento que logra alcanzar el 71 % de confort, con 6189 horas, para una aceptabilidad del 80 %; y 4255 horas, con el 48,56 % del tiempo, para una aceptabilidad del 90%. Contemplando la cubierta como terraza de reunión se logran 3265 horas en confort, con un porcentaje del 57%, el cual es un comportamiento diferente al obtenido en cada tipo de cubierta como estrategias separadas, según se plantea en la Tabla 17 y Tabla

Tabla 16

Eficiencia estrategias

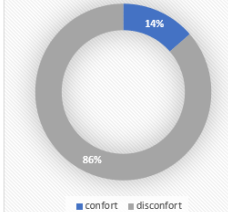
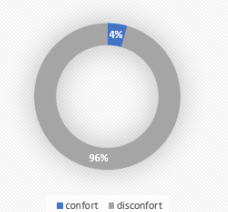
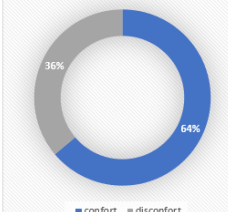
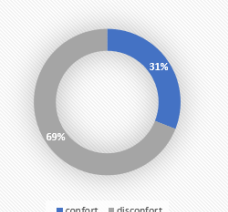
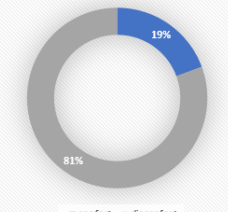
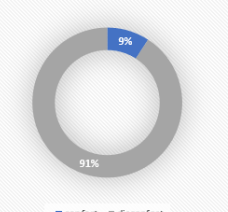
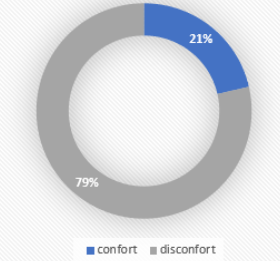
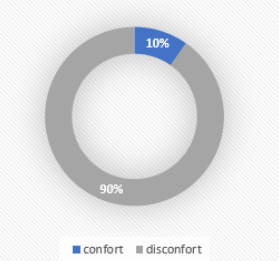
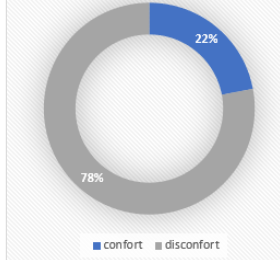
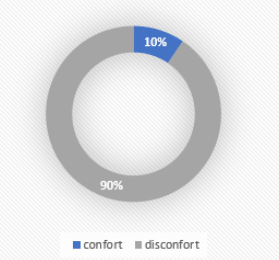
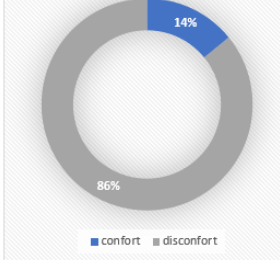
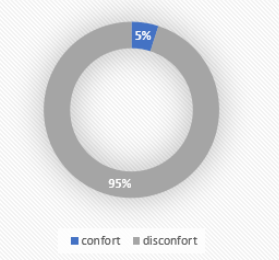
ESTRATEGIAS	Porcentaje de horas en confort según el porcentaje de aceptabilidad bajo la norma ASHRAE 55-2020	
0. CONDICIONES INICIALES	<p>ACEPTABILIDAD 80%</p>  <p>■ confort ■ discomfort</p>	<p>ACEPTABILIDAD 90%</p>  <p>■ confort ■ discomfort</p>
1. AISLAMIENTO MUROS	<p>ACEPTABILIDAD 80%</p>  <p>■ confort ■ discomfort</p>	<p>ACEPTABILIDAD 90%</p>  <p>■ confort ■ discomfort</p>
2. CUBIERTA CONCRETO	<p>ACEPTABILIDAD 80%</p>  <p>■ confort ■ discomfort</p>	<p>ACEPTABILIDAD 90%</p>  <p>■ confort ■ discomfort</p>

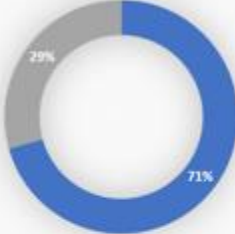


Tabla 17*Continuación eficiencia estrategias*

ESTRATEGIAS	Porcentaje de horas en confort según el porcentaje de aceptabilidad bajo la norma ASHRAE 55-2020	
3. CUBIERTA VERDE	<p>ACEPTABILIDAD 80%</p>  <p>■ confort ■ discomfort</p>	<p>ACEPTABILIDAD 90%</p>  <p>■ confort ■ discomfort</p>
4. RELACION VENTANA PARED	<p>ACEPTABILIDAD 80%</p>  <p>■ confort ■ discomfort</p>	<p>ACEPTABILIDAD 90%</p>  <p>■ confort ■ discomfort</p>
5. PATIO CUBIERTO	<p>ACEPTABILIDAD 80%</p>  <p>■ confort ■ discomfort</p>	<p>ACEPTABILIDAD 90%</p>  <p>■ confort ■ discomfort</p>

Fuente: elaboración propia

La simulación muestra que es posible pasar de 581 horas en confort, con aceptabilidad del 80 %, a 6189 horas; y de 157 horas en confort, con aceptabilidad del 90 %, a 4255 horas con el 49 % del tiempo. La vivienda de interés social no tendría un punto de comparación económico en cuanto a consumo energético, puesto que, a pesar de las condiciones frías, no se encontró en ninguna vivienda un sistema de calefacción; sin embargo, como se evidenció anteriormente, puede existir una relación entre los índices de morbilidad y mortalidad, y el discomfort por frío. Ver eficiencia estrategias Tabla .

Tabla 18*Estrategias combinadas*

ESTRATEGIAS	Porcentaje de horas en confort según el porcentaje de aceptabilidad bajo la norma ASHRAE 55-2020
TODAS LAS ESTRATEGIAS	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>ACEPTABILIDAD 80%</p>  <p>■ confort ■ discomfort</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>ACEPTABILIDAD 90%</p>  <p>■ confort ■ discomfort</p> </div> </div>
TODAS SIN CUBIERTA VERDE	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>ACEPTABILIDAD 80%</p>  <p>■ confort ■ discomfort</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>ACEPTABILIDAD 90%</p>  <p>■ confort ■ discomfort</p> </div> </div>

Fuente: elaboración propia

Una simulación anual permite evidenciar el comportamiento térmico de las VIS una vez se implementan las estrategias para confort aquí presentadas, el resultado es evidente en cuanto a mejora por aumento de temperaturas operativas en un clima frío. (ver Tabla)

Tabla 19

Resultado temperaturas promedio

INICIAL

TEMPERATURA OPERATIVA PROMEDIO HORARIO												
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1:00	16,38	16,92	16,92	16,99	17,12	16,75	16,71	16,68	16,42	16,75	16,48	16,59
2:00	16,10	16,65	16,67	16,75	16,88	16,49	16,46	16,43	16,15	16,49	16,22	16,31
3:00	15,81	16,37	16,39	16,50	16,62	16,24	16,20	16,18	15,87	16,24	15,96	16,01
4:00	15,52	16,09	16,13	16,27	16,39	15,99	15,94	15,92	15,60	15,99	15,70	15,73
5:00	15,24	15,81	15,89	16,04	16,16	15,76	15,71	15,68	15,36	15,74	15,47	15,47
6:00	14,96	15,54	15,66	15,87	15,99	15,60	15,53	15,50	15,16	15,54	15,28	15,22
7:00	14,74	15,32	15,50	15,86	15,99	15,69	15,51	15,53	15,18	15,50	15,21	15,08
8:00	14,88	15,47	15,75	16,13	16,28	16,02	15,74	15,70	15,49	15,73	15,44	15,24
9:00	15,16	15,74	16,10	16,49	16,71	16,42	16,09	15,93	15,89	16,07	15,80	15,52
10:00	15,35	15,91	16,34	16,67	16,93	16,63	16,29	16,23	16,11	16,25	15,96	15,71
11:00	15,60	16,10	16,57	16,79	17,09	16,79	16,46	16,53	16,28	16,42	16,12	15,95
12:00	15,98	16,45	16,88	17,02	17,35	17,02	16,71	16,80	16,54	16,70	16,45	16,31
13:00	16,39	16,86	17,22	17,30	17,61	17,26	17,00	17,09	16,85	17,02	16,80	16,71
14:00	16,80	17,26	17,54	17,59	17,86	17,50	17,28	17,38	17,16	17,33	17,14	17,09
15:00	17,21	17,65	17,88	17,87	18,10	17,74	17,56	17,68	17,46	17,63	17,45	17,46
16:00	17,51	17,91	18,10	18,06	18,24	17,89	17,75	17,87	17,65	17,81	17,64	17,71
17:00	17,68	18,07	18,20	18,14	18,30	17,95	17,85	17,96	17,71	17,88	17,70	17,84
18:00	17,69	18,08	18,18	18,11	18,24	17,90	17,85	17,93	17,65	17,82	17,65	17,81
19:00	17,65	18,04	18,10	18,07	18,18	17,82	17,82	17,87	17,58	17,77	17,60	17,78
20:00	17,53	17,91	17,96	17,96	18,07	17,70	17,71	17,72	17,46	17,65	17,49	17,66
21:00	17,37	17,76	17,79	17,80	17,93	17,54	17,57	17,55	17,30	17,52	17,34	17,51
22:00	17,29	17,68	17,68	17,77	17,91	17,48	17,52	17,35	17,24	17,46	17,31	17,44
23:00	17,10	17,51	17,51	17,60	17,77	17,31	17,35	17,15	17,08	17,31	17,17	17,25
0:00	16,72	17,15	17,17	17,23	17,40	16,95	17,00	16,92	16,70	16,96	16,78	16,89
	16,36	16,84	17,01	17,12	17,30	16,94	16,82	16,82	16,58	16,82	16,59	16,60

18,30 MAXIMA
14,74 MINIMA
16,88 MEDIA
16,81 PROMEDIO

RESULTADO

TEMPERATURA OPERATIVA PROMEDIO HORARIO												
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1:00	18,64	19,39	19,22	19,07	19,16	19,06	18,83	18,96	18,63	19,02	18,55	18,83
2:00	18,37	19,12	18,97	18,83	18,92	18,80	18,58	18,72	18,36	18,76	18,30	18,54
3:00	18,08	18,83	18,68	18,58	18,67	18,56	18,31	18,46	18,09	18,51	18,05	18,23
4:00	17,82	18,54	18,43	18,36	18,45	18,33	18,07	18,19	17,84	18,27	17,81	17,96
5:00	17,58	18,29	18,23	18,17	18,25	18,11	17,86	17,97	17,63	18,03	17,61	17,75
6:00	17,34	18,04	18,03	18,18	18,25	18,21	17,85	18,00	17,63	18,00	17,56	17,56
7:00	17,52	18,21	18,25	18,53	18,64	18,67	18,21	18,43	18,07	18,37	17,87	17,86
8:00	18,06	18,77	18,93	19,07	19,22	19,27	18,73	18,91	18,72	18,90	18,39	18,38
9:00	18,65	19,33	19,54	19,62	19,85	19,82	19,29	19,37	19,34	19,47	18,98	18,90
10:00	18,99	19,66	19,91	19,94	20,22	20,15	19,62	19,79	19,66	19,75	19,27	19,23
11:00	19,30	19,92	20,13	20,07	20,40	20,32	19,85	20,13	19,82	19,92	19,48	19,54
12:00	19,69	20,31	20,43	20,31	20,59	20,49	20,11	20,37	20,04	20,23	19,82	19,93
13:00	20,08	20,69	20,75	20,56	20,78	20,67	20,35	20,62	20,33	20,53	20,14	20,29
14:00	20,42	21,01	21,02	20,79	20,97	20,88	20,56	20,85	20,58	20,76	20,38	20,60
15:00	20,70	21,21	21,18	20,93	21,07	20,98	20,70	21,02	20,71	20,89	20,53	20,83
16:00	20,79	21,26	21,21	20,94	21,06	20,95	20,74	21,06	20,71	20,89	20,51	20,87
17:00	20,75	21,20	21,11	20,85	20,95	20,83	20,66	20,95	20,58	20,77	20,36	20,76
18:00	20,53	21,01	20,89	20,63	20,73	20,62	20,47	20,74	20,33	20,53	20,13	20,53
19:00	20,19	20,68	20,58	20,38	20,45	20,33	20,18	20,41	20,04	20,23	19,89	20,27
20:00	19,99	20,48	20,38	20,22	20,29	20,14	19,99	20,19	19,86	20,05	19,73	20,08
21:00	19,77	20,25	20,15	19,99	20,09	19,90	19,80	19,95	19,60	19,86	19,50	19,86
22:00	19,67	20,16	20,02	19,93	20,03	19,80	19,72	19,73	19,51	19,78	19,45	19,76
23:00	19,42	19,93	19,79	19,71	19,84	19,57	19,49	19,46	19,30	19,57	19,25	19,51
0:00	19,05	19,58	19,46	19,33	19,47	19,21	19,14	19,22	18,93	19,22	18,88	19,14

21,26 MAXIMA
17,34 MINIMA
19,73 MEDIA
19,56 PROMEDIO

Fuente: elaboración propia

6.3 Calidad del aire

Al menos seis patologías asociadas al frío están presentes en las 10 principales causas de mortalidad en Bogotá, según el Observatorio de Salud de Bogotá (2018). La segunda causa está relacionada con la calidad del aire como se muestra en la Figura 28 y, en efecto, la zona en donde se ubica el conjunto residencial Tierra Tayrona registra uno de los niveles más bajos de calidad del aire en la ciudad. En consecuencia, se pudo establecer que en ese sector predominó la vulnerabilidad alta y media.

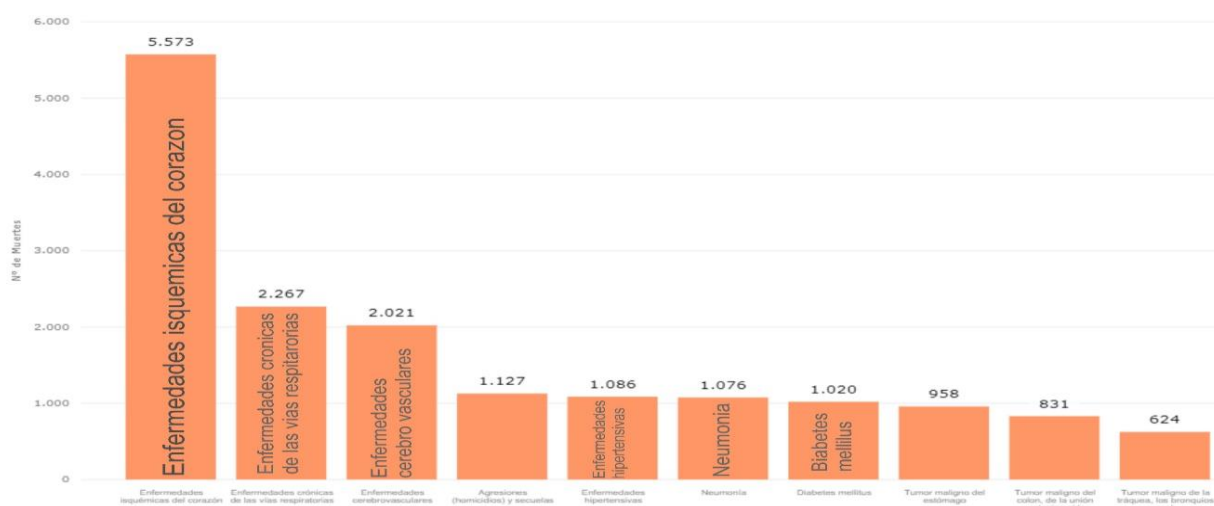


Figura 28 Principales causas de mortalidad en Bogotá. Fuente: Observatorio de Salud de Bogotá (2018).

La zona sur occidental de Bogotá se ha caracterizado por registrar una de las más altas concentraciones de material particulado, cuyas fuentes contaminantes derivan del tránsito de camiones que abastecen la central mayorista (Corabastos); a esto se une la erosión del suelo, la cercanía a canteras y la presencia de vías sin pavimentar. En este sentido, la acción antrópica da como resultado variaciones en el ambiente, resultado de las industrias y el transporte, quienes arrojan al aire material particulado. Según la OMS (2018):

Las PM son un indicador representativo, común de la contaminación del aire. Afectan a más personas que cualquier otro contaminante. Los principales componentes de las PM son los sulfatos, los nitratos, el amoníaco, el cloruro de sodio, el hollín, los polvos minerales y

el agua. Consisten en una compleja mezcla de partículas sólidas y líquidas de sustancias orgánicas e inorgánicas suspendidas en el aire. Si bien las partículas con un diámetro de 10 micrones o menos (\leq PM10) pueden penetrar y alojarse profundamente dentro de los pulmones, existen otras partículas aún más dañinas para la salud, que son aquellas con un diámetro de 2,5 micrones o menos (\leq PM2.5). Las PM2.5 pueden atravesar la barrera pulmonar y entrar en el sistema sanguíneo. La exposición crónica a partículas contribuye al riesgo de desarrollar enfermedades cardiovasculares y respiratorias, así como cáncer de pulmón”. (s.p.)

La OMS también establece unos valores límite en donde se reducen los efectos nocivos a la salud por causa del material particulado, los valores son PM_{2.5} 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de media anual – 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de media en 24h Y PM₁₀ 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de media anual – 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de media en 24h. Sin embargo, en Colombia la Norma Nacional de Calidad del Aire para Material Particulado establece PM_{2.5} 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ media anual y PM₁₀ 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ media anual. En el sector Chicalá no existe una estación de medición de calidad del aire, pero las estaciones CSE Carvajal Sevillana y KEN Kennedy son estaciones cercanas a Bosa, de las cuales se puede obtener un dato representativo de la zona (ver Figura 29).

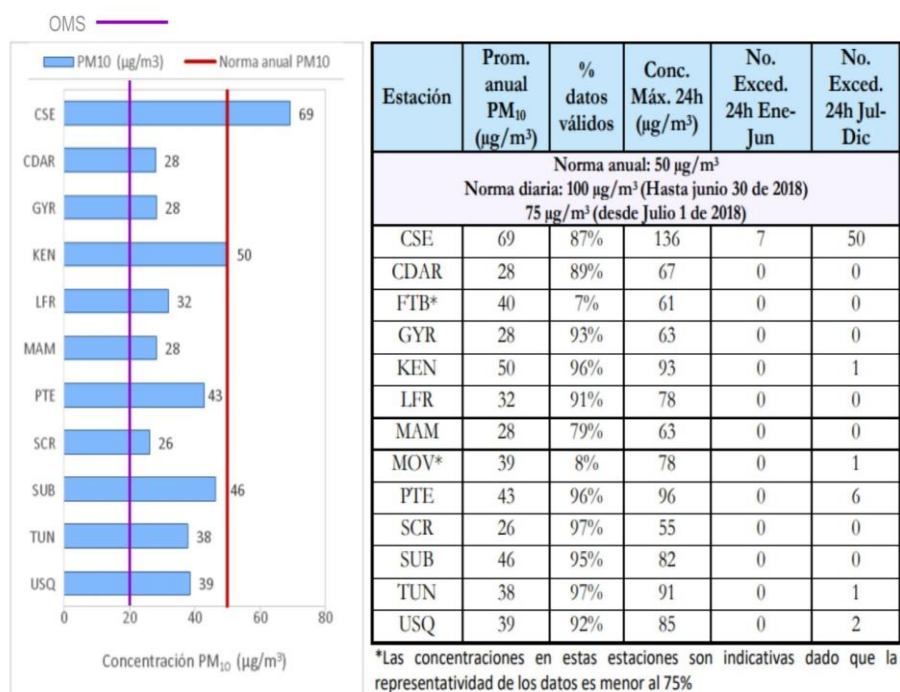


Figura 29. Concentración PM10 2018. Fuente: Red de monitoreo calidad del aire de Bogotá (2018).

Se observa que la calidad del aire es deficiente, por lo que se hace necesario identificar el comportamiento de la calidad del aire respecto a la temperatura, para determinar la viabilidad de ventilación natural en los espacios de la vivienda. Como ya se señaló, el intercambio de aire permite una relación natural con el clima, el cual hace parte de las estrategias sostenibles y biofílicas. Por otra parte, una adecuada renovación de aire mantiene saludable los espacios.

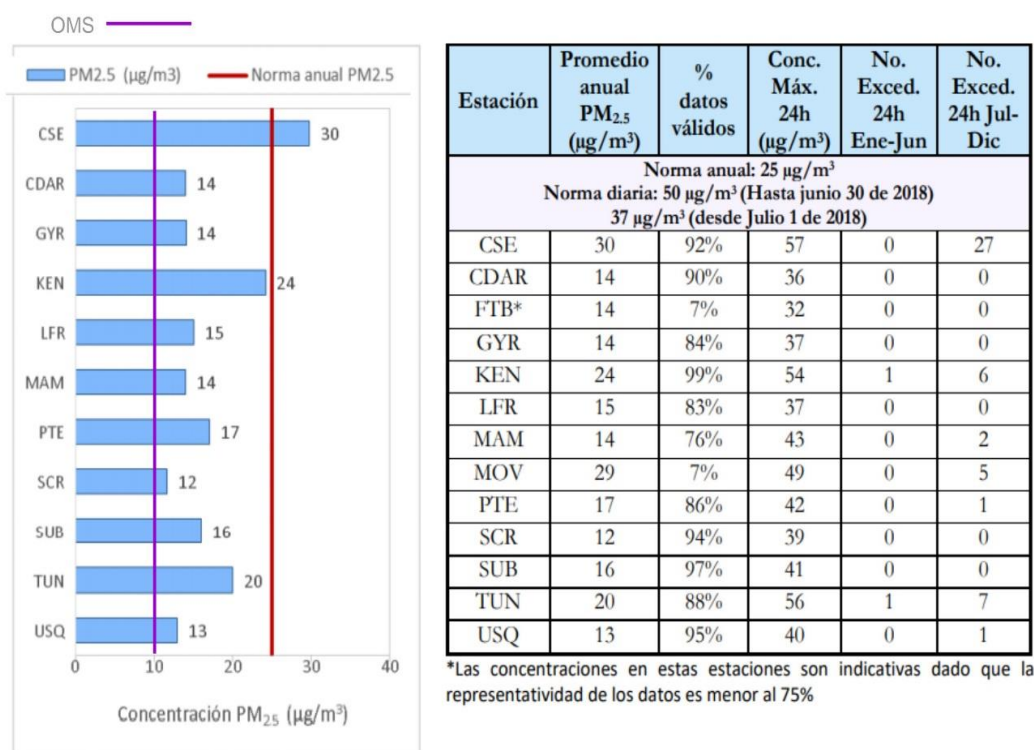


Figura 30 Concentración PM 2.5 2018. Fuente: Red de monitoreo calidad del aire de Bogotá (2018).

En la Figura 31, se puede deducir que existen dos momentos del día en los cuales las concentraciones de material particulado son más altas, y es en esos momentos que debe evitarse un intercambio importante de aire con el exterior. Es una ventaja que cuando la temperatura del aire exterior aumenta por acumulación de radiación, los niveles de material particulado se encuentren en un nivel bajo que permite el flujo de aire de mejores condiciones al interior de la vivienda. Cabe resaltar que los habitantes de esta zona deben conocer el comportamiento de la calidad del aire para que eviten abrir ventanas en los momentos más críticos de concentración PM durante el día.

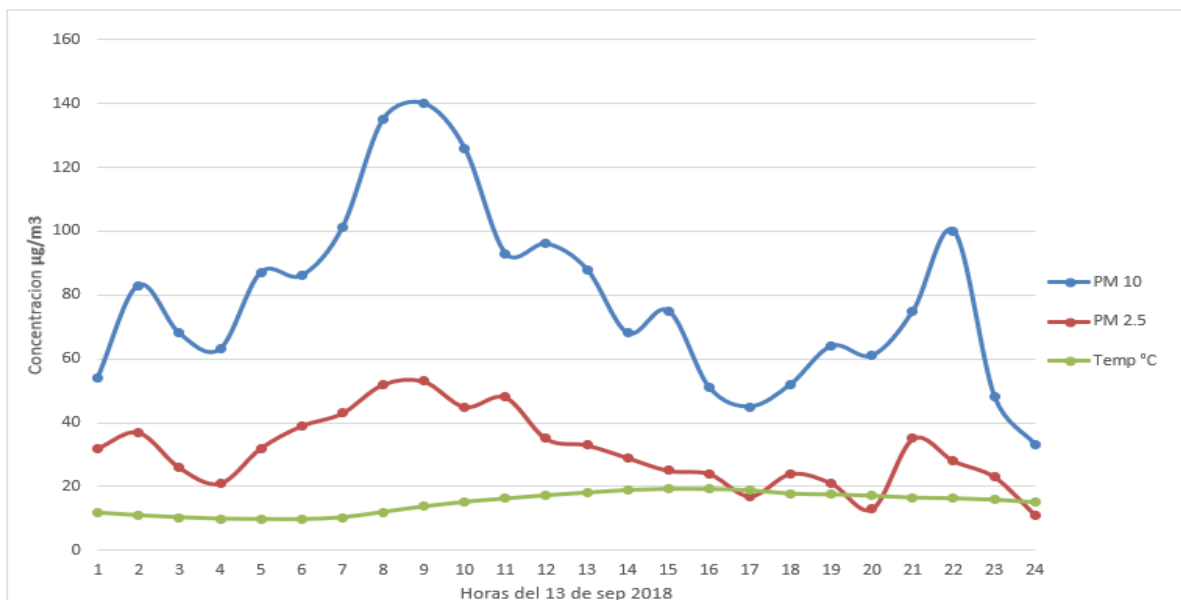


Figura 31 Comportamiento 24 horas PM10 y PM2.5. Fuente: Red de monitoreo calidad del aire de Bogotá (2018).

Permitir la circulación de aire en un espacio habitado garantiza la calidad del aire que respiran las personas en dicho espacio, este intercambio se denomina ‘renovaciones’ y se miden en el tiempo mediante la unidad ACH por sus siglas en inglés (*Air Changes per Hour*). 1 ACH equivale a que en una hora entra en el espacio el volumen de aire equivalente al volumen de dicho espacio, produciendo la renovación del 63 % del aire; si se registran 2 ACH se renueva el 82 %, y si son 3, el 95%, resultando en una calidad de aire óptima. Como instrumento de referencia, el ASHRAE 62 presenta una tabla con tasas mínimas de renovación y el RITE presenta una calificación de esa calidad del aire. Bajo las condiciones típicas encontradas en la VIS, y mediante una simulación en *Design Builder*, se pudo establecer los valores para ACH por piso y la clasificación RITE de cada espacio, tal como se muestra en la Tabla .

Tabla 20*Calidad del aire condiciones iniciales*

CALIDAD DEL AIRE INTERIOR														
DATOS LUGAR			SEGÚN ASHRAE		CALCULO			RESULTADOS		TEMP.	RITE			
SUPERFICIE M2	CANT PERSONAS	M3	L/seg/pers	L/s/m2	L/s	m3/h	RENOVACIONES	ACH PROM. ANUAL	PORCENTAJE CUMPLIMIENTO	TEMP. OP PROMEDIO	tvol	cfm	CAI	
PISO 1	13,24	5,00	30,45	2,5	0,3	16,47	59,30	1,95	1,34	19,0%	16,80	1075,40	24,02	4,80
PISO 2	9,55	3,00	21,97	2,5	0,3	10,37	37,31	1,70	0,09	0,0%	16,84	775,69	1,16	0,39
PISO 3	9,55	2,00	21,97	2,5	0,3	7,87	28,31	1,29	0,08	0,0%	16,80	775,69	1,03	0,52
Temperatura operativa promedio										16,81				
% de horas fuera de confort										86,36%				

Situación: ventana off 24/7

Fuente: elaboración propia con datos obtenido Design Builder

En la calidad del aire influyen factores como el número de personas y el área del espacio, en relación al porcentaje de apertura de las ventanas. El espacio más amplio de la VIS se encuentra en el piso 1 y se calcula una ocupación típica de todos los habitantes de la vivienda (5 personas); bajo estas condiciones, las renovaciones hora son insuficientes puesto que según el ASHRAE 62, el mínimo de ACH es de 1.95 frente al 1.34 que arrojó la simulación. En los pisos 2 y 3 la situación es más crítica, puesto que se evidencia que no hay apertura de ventanas y, por tanto, tampoco hay renovación debido a las bajas temperaturas.

El implementar las estrategias para mejora de confort aumenta la temperatura operativa, permite la apertura de ventanas sin pérdidas térmicas significativas y la mejora de la calidad del aire está dada por la acción consciente de las personas que interactúan en el espacio bajo condiciones de confort. Difícilmente una persona abre una ventana cuando las temperaturas son bajas.

No siempre las renovaciones terminan mejorando la calidad del aire. Al respecto, en la zona específica de la VIS objeto de este estudio, se encuentran varios factores que afectan el aire exterior: cercanía a la principal central mayorista de la ciudad, hacia la cual se dirige gran parte del tráfico pesado; presencia de canteras y vías sin pavimentar, que agudizan la deficiencia en la calidad del aire; por ello, a partir de un análisis del comportamiento del material particulado presente, se deben establecer horarios adecuados para las renovaciones de aire como estrategia inicial (evitar intercambio entre 9 am y 11 am), como lo representa la Figura 32.

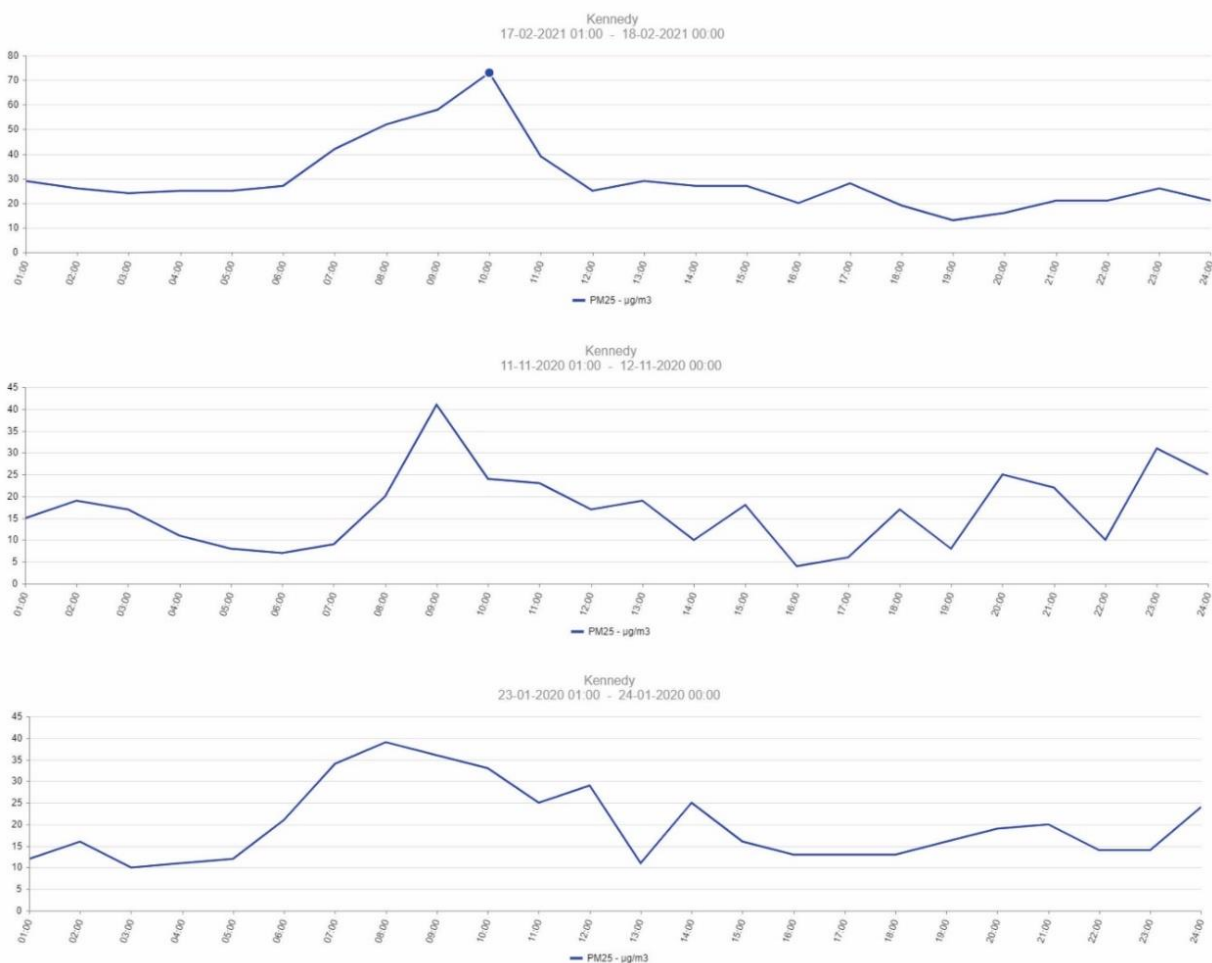


Figura 32 Comportamiento típico pm 25. Fuente: Red de monitoreo calidad del aire de Bogotá (2018).

Bajo el comportamiento en calidad de aire de la zona, y con las estrategias planteadas, se establece un horario específico de apertura en el que se evitan las horas perjudiciales entre 9:00 y 11:00 am, y las horas frías entre 6:00 pm y 7:00 am. Controlar la apertura permite una mejora en el confort y calidad de aire. Por consiguiente, el piso 1 no requiere apertura de ventanas y los pisos 2 y 3, con solo el 15 % de apertura, permite una adecuada renovación sin sacrificar el confort interior. Lo anterior se detalla en la Tabla .

Tabla 21*Requerimientos buena calidad del aire*

CALIDAD DEL AIRE INTERIOR														
DATOS LUGAR			SEGÚN ASHRAE		CALCULO			RESULTADOS		TEMP.	RITE			
SUPERFICIE M2	CANT PERSONAS	M3	L/seg/pers	L/s/m2	L/s	m3/h	RENOVACIONES	ACH PROM. ANUAL	PORCENTAJE CUMPLIMIENTO	TEMPERATURA OPERATIVA	tvol	cfm	CAI	
PISO 1	13,24	5,00	30,45	2,5	0,3	16,47	59,30	1,95	1,98	34,4%	16,72	1075,40	35,49	7,10
PISO 2	9,55	3,00	21,97	2,5	0,3	10,37	37,31	1,70	1,72	37,3%	16,67	775,69	22,24	7,41
PISO 3	9,55	2,00	21,97	2,5	0,3	7,87	28,31	1,29	1,30	36,7%	16,68	775,69	16,81	8,40
Temperatura operativa promedio														
% de horas fuera de confort														

condiciones iniciales Cerrado en horarios perjudiciales y noche, piso 1 - 7% piso 2 - 20% y piso 3 - 17%

Fuente: Elaboración propia con los datos obtenidos en el programa Design Builder.

Como solución a largo plazo para mejora de la calidad de aire, funciona la cubierta verde ya planteada, pues 1m² de cubierta verde puede absorber 5kg de CO₂ y 0.2kg de partículas suspendidas durante 1 año; la cubierta verde puede reducir el efecto de isla de calor y colabora con la reducción del calentamiento global, término que debe ser socializado con los habitantes de todo tipo de viviendas, pues no se trata solo de que la temperatura aumente, sino también de fenómenos climatológicos extremos tanto en frío como en calor. También hace referencia a la intensidad de lluvias o radiación más fuertes, que terminan con una afectación directa a la salud.

Tabla 22*Resultado calidad del aire estrategias*

CALIDAD DEL AIRE INTERIOR														
DATOS LUGAR			SEGÚN ASHRAE		CALCULO			RESULTADOS		TEMP.	RITE			
SUPERFICIE M2	CANT PERSONAS	M3	L/seg/pers	L/s/m2	L/s	m3/h	RENOVACIONES	ACH PROM. ANUAL	PORCENTAJE CUMPLIMIENTO	TEMPERATURA OPERATIVA	tvol	cfm	CAI	
PISO 1	13,24	5,00	30,45	2,5	0,3	16,47	59,30	1,95	3,77	55,5%	18,08	1075,40	67,57	13,51
PISO 2	9,55	3,00	21,97	2,5	0,3	10,37	37,31	1,70	1,89	34,3%	19,37	775,69	24,43	8,14
PISO 3	9,55	2,00	21,97	2,5	0,3	7,87	28,31	1,29	1,54	35,0%	19,95	775,69	19,91	9,95
Temperatura operativa promedio														
% de horas fuera de confort														

Situación: Todas las estrategias + Cerrado en horarios perjudiciales y noche, apertura 15% PISO 2 Y 3, OFF PISO 1

Fuente: Elaboración propia con los datos obtenidos en el programa Design Builder.

Un estudio publicado en la revista *Science of Environment* sostiene que el cambio climático puede estar relacionado con la aparición del Covid-19 (Sars-coV-2), derivado en los cambios a gran escala de la vegetación que promueven un entorno adecuado para una amplia variedad de murciélagos, los cuales, al convivir en un área estrecha, facilitan la transmisión de virus y permiten la evolución a virus más dañinos. Se debe tener en cuenta que los murciélagos de cada especie

alojan 2.7 tipos de coronavirus, y pueden completar hasta 3000 diferentes tipos (LA Network, 2021).

Por ahora, el estudio de la OMS descartó que el virus que ocasionó la pandemia hubiese sido creado en un laboratorio; también descartó que se hubiera generado en un mercado de mariscos de Wuhan-China, y proyectan la teoría de origen en murciélagos regionales. No hay conclusiones definitivas, pero la teoría del cambio climático y su relación con el virus toma fuerza.

En consecuencia, mientras más zonas verdes se generen en la ciudad, más probabilidades de reducción del cambio climático se estarán dando y, al mismo tiempo, si las viviendas tienen un alto potencial en las cubiertas se estaría mejorando el confort interno, el cual en la VIS tiene deficiencias importantes.

6.4 Precipitaciones

La lluvia representa un alto grado de riesgo de enfermedades, principalmente debido al contacto con aguas en mal estado, que ocasionan infecciones respiratorias y de la piel. Bosa registra 611.3 mm de precipitaciones al año y es una de las localidades con menor precipitación comparada con la estación San Diego, en Chapinero, con 1055.9 mm, o el Jardín Botánico con 1032.6 mm, refiriéndose a estaciones en el casco urbano de Bogotá, ya que cerca al páramo de Sumapaz se registran 1430.5 mm al año.

Se han presentado en el país cuatro eventos climáticos de La Niña, con gran afectación, durante 1988, 2000, 2011 y 2012. Se debe prever el cambio climático, el cual potencializa los fenómenos climatológicos y puede generar un aumento desmedido en la intensidad y frecuencia de cada evento (Figura 33 y Figura 34). La localidad Bosa se reporta con un aumento en la intensidad de lluvias del 35 %, en el periodo 2011-2040 (IDIGER, 2020).

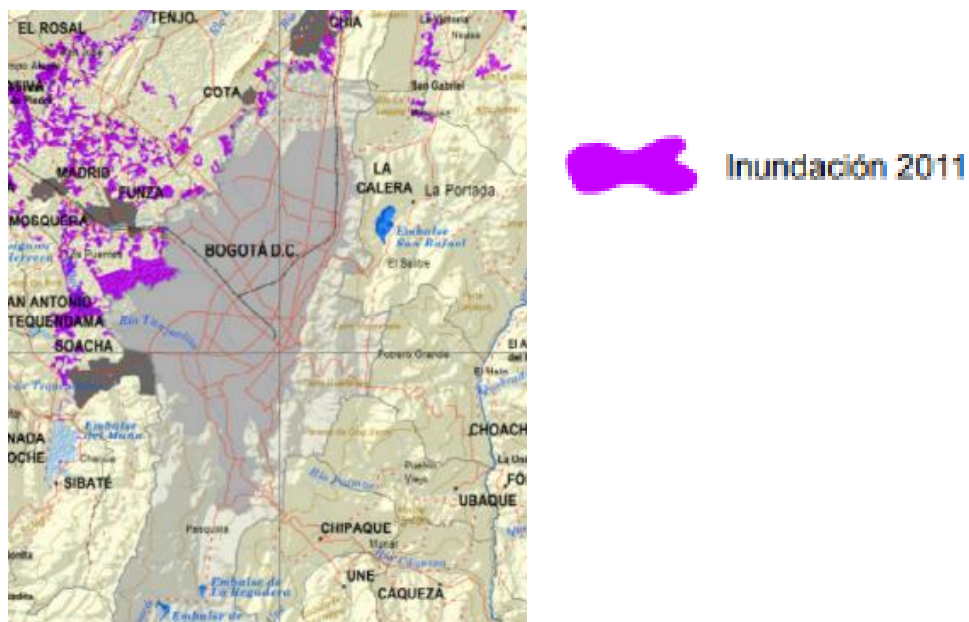


Figura 33 Escenario de Cambio por lluvias Fuente: Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC). 2011. CC-BY-NC-ND

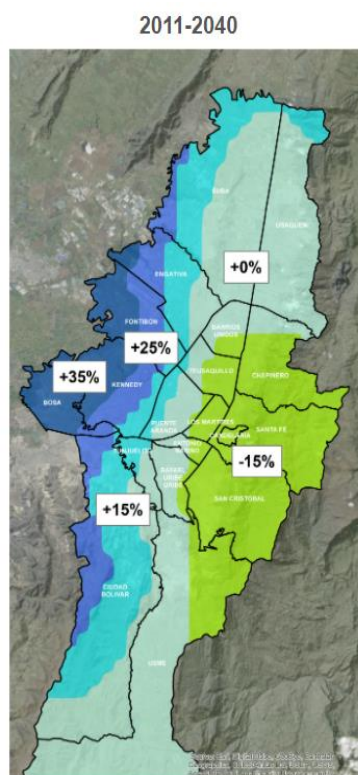


Figura 34. Áreas afectadas por inundaciones 2010-2011. Fuente: Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC). 2011. CC-BY-NC-ND

El fenómeno de la niña afectó de manera significativa la localidad Bosa en Bogotá, y no es casualidad que una de las fotografías de portada del documento ‘Vulnerabilidad de la región capital a los efectos del cambio climático’, del IDEAM, presente precisamente conjuntos de vivienda de interés social completamente inundados luego de algún evento climatológico extremo, como se muestra en la Figura 35.



Figura 35 Vulnerabilidad de la región capital a los efectos del cambio climático Fuente: IDEAM. Pronóstico. CC-BY-NC-ND

Según el Fondo para la Comunicación y Educación Ambiental. AC, (2021), el 70 % de la superficie del planeta está cubierta por agua, y solo el 2.5 % es agua dulce; de ese porcentaje, el 70 % son glaciares, nieve o hielo; el 30 % son aguas subterráneas de difícil acceso y menos del 1 % es agua disponible para el consumo humano y los ecosistemas. Colombia tiene una posición privilegiada, pues cuenta con el 50 % de los páramos existentes en el mundo, contando con cerca de 700 mil cuerpos de agua, y ocupa el cuarto puesto en mayor volumen de agua. No obstante, se pronostica que cerca del 60 % de los páramos desaparezcan para el 2050, y cerca del 58 % de la población no tenga acceso al agua potable (IDEAM, 2014).

El promedio de precipitaciones en Colombia es de 3000 mm, en comparación con 1600 mm promedio de Suramérica y 900 mm promedio mundial. En Bogotá, la localidad Bosa cuenta con una de las menores precipitaciones, 611 mm, en comparación con el mayor registro de 1430 mm en la Estación Sopas, y el menor, de 535 mm, en la Estación La Picota. La demanda hídrica en Colombia se calcula en 37.308 millones de metros cúbicos al año, de los cuales el sector doméstico requiere 2.747 m/m³/año.

La huella hídrica se mide en el porcentaje de la demanda de agua que no retorna a la fuente (el sector doméstico tiene una huella del 10 %, con 274 millones de metros cúbicos sin retorno). Si se suman las huellas hídricas de sectores como el agrícola, el pecuario y el energético, la huella hídrica total en Colombia es de 10.600 millones de metros cúbicos por año (IDEAM, 2018).

En consecuencia, esa huella hídrica en aumento se traduce en escasez de agua y se acompaña de enfermedades en los habitantes; solo en la Guajira murieron 4770 niños por problemas de desnutrición y falta de agua potable durante los últimos ocho años (Guerrero, 2018). Por otra parte, la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) (2019), en el Informe Mundial de sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos, 2019, afirma que al año mueren 780.000 personas por diarrea y colera relacionadas con falta de acceso al agua potable.

Existen sistemas para recolección de agua lluvia y reutilización de aguas grises, los cuales deben ser previstos en la construcción para separar redes, generar depósitos y contemplar mantenimientos. Implementar un sistema sostenible para este fin puede ser costoso, sin embargo, la reutilización de elementos puede colaborar para generar un servicio ambiental que ayude en la recarga de acuíferos subterráneos que permita reducir las inundaciones.

Así mismo, generar zonas duras evita el proceso natural de infiltración del agua, que hacen que aumenten los flujos de agua que se concentran en las zonas con cotas más bajas; problema que se agudiza con los desperdicios que obstruyen las tuberías, ralentizando el desagüe de las vías. En este caso, la estrategia sostenible a utilizar se relaciona con la implementación de celdas de retención de aguas lluvias, que se refiere a un sistema consta de celdas plásticas que generan un vacío el cual almacena agua; las celdas se pueden cubrir como sistema de almacenamiento o como sistema de captación para infiltración. Dicho sistema está compuesto por las celdas de retención, la membrana de retención tipo PVC y/o de filtración tipo Geotextil, un sumidero para retención de sólidos o escoria (desarenador) y la tubería para las conexiones entre los elementos, conformando un Sistema Urbano de Drenaje Sostenible (SUDS).

Para reducir los costos de la implementación del SUDS, se propone implementar los contenedores plásticos de botellas de vidrio, como los que se utilizan en la cerveza, elementos de producción en masa que baja los costos: mientras 1m³ de Aquacell de Pavco cuesta alrededor de

\$ 1.000.000 COP, el equivalente a 1m³ en canastas plásticas de cerveza cuesta \$ 89.000 COP, pues cada canasta tiene un valor de \$3000 COP, ver Figura 36.

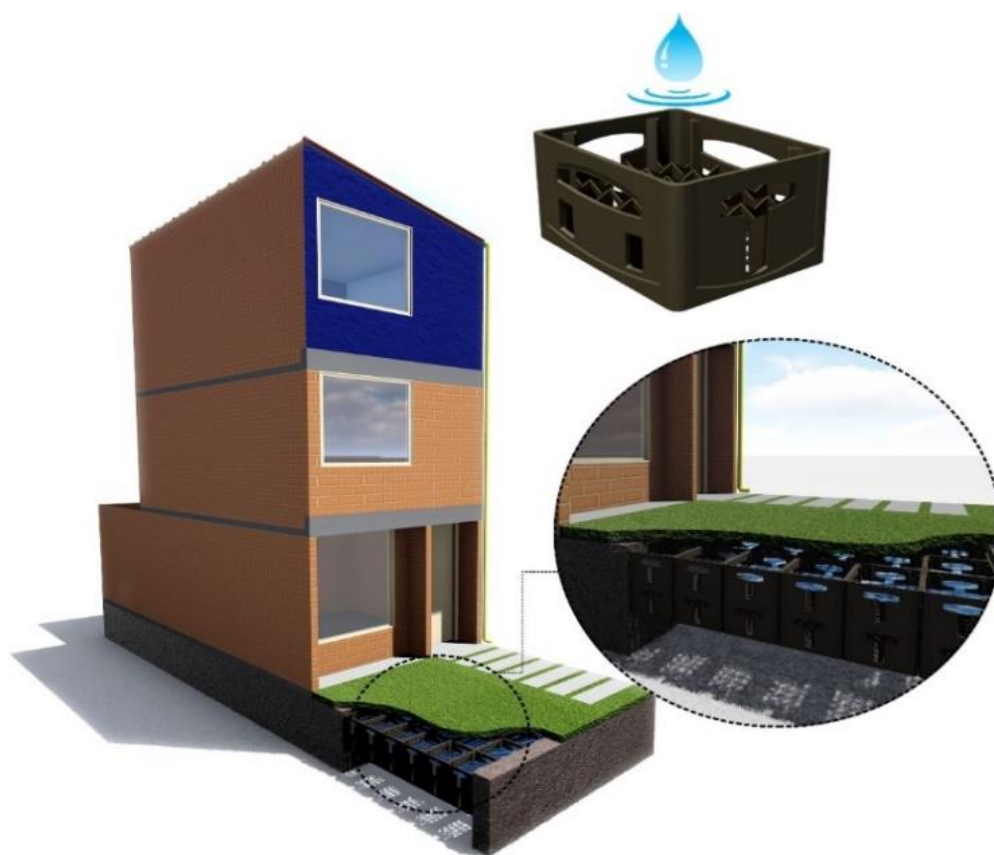


Figura 36. SUDS con canasta de cerveza. Fuente: elaboración propia, modelado y renderizado. CC-BY-NC-ND

Además, se necesita un sumidero que se puede elaborar a partir de un tanque de almacenamiento con filtro o las celdas de la canasta pueden alojar material filtrante que haga las veces de sumidero, y se agrupan en dos diferentes compartimentos interconectados. Las celdas se configuran con las canastas que deben estar amarradas en horizontal, principalmente, ya que en vertical poseen pestañas de encaje y, según sea la intención de los habitantes, se puede dotar de una bomba para extracción y dejar una celda con solo geotextil que permita la infiltración, generando la recarga de acuíferos subterráneos.

Es importante este servicio ambiental porque el agua infiltrada retorna a las fuentes naturales a través del subsuelo y pueden tardar días o cientos de años, lo cual garantiza las reservas de agua a futuro.

6.5 Movilidad y desarrollo social

Los principales eventos de riesgo natural en Colombia se presentan en Bogotá, de acuerdo con la información reportada por la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres - DESINVENTAR (1980-2010): 85 inundaciones, 69 deslizamientos, 11 incendios forestales y 9 vendavales. No obstante, los fenómenos naturales no son lo único que afecta a las personas, también existen condicionantes sociales relacionados con la movilidad, el hacinamiento, la disponibilidad de eventos recreativos, deportivos, culturales y religiosos que influyen directamente en la salud mental de las personas.

La movilidad representa grandes inconvenientes en la ciudad. Según datos de la Secretaría Distrital de Movilidad (2019), en un día hábil se realizan 13.359728 viajes, en los que predominan el lugar de trabajo y de estudio como razón de movilización; el tiempo promedio de estos viajes es de 57 minutos. Para la localidad Bosa, el tiempo promedio de viaje es de 67 minutos, el cual concuerda con el promedio de tiempo de desplazamiento, de acuerdo con el estrato socioeconómico. Los viajes hacia el trabajo, desde la localidad Bosa, se concentran en el transporte público colectivo, 32 %; seguido de TransMilenio, 23 %; moto y bicicleta, 14% cada uno. Los modos de viaje más comunes, TransMilenio y transporte público colectivo, cuentan además con los tiempos de viaje promedio más prolongados en la ciudad: 78 minutos en TransMilenio y 72 minutos en PC-SITP.

Estos altos tiempos de desplazamiento exponen a la población a riesgos de salud asociados al estrés, a enfermedades respiratorias por inhalar durante más de 30 minutos los gases de los carros, que pueden desencadenar en problemas de memoria y razonamiento (riesgo de Alzheimer), y a la ansiedad y la depresión, según estudios realizados en Boston y en Holanda (Semana, 2011).

Las distancias a los diferentes servicios recreativos, religiosos o comerciales, deben ser planeadas de forma que las personas de cada zona tengan fácil acceso a ellos, puesto que, de alguna manera, participar de estas actividades les ayuda a mitigar un poco los efectos del estrés de la semana.

Los servicios básicos de abastecimiento a la vivienda se encuentran cubiertos en distancias moderadas, sin embargo, algunos residentes del conjunto ofrecen suministros de tipo abarrotes y bebidas, lo cual da un carácter productivo a unas pocas viviendas. El servicio con mayor

disponibilidad es el educativo, pues la localidad cuenta con aproximadamente 155 instituciones, siendo la más cercana el Colegio Distrital Brasilia, a 450 m. Por otra parte, se está gestionando la construcción de un mega colegio (INDUSEL BOSA) a 800 metros de la urbanización. En la Tabla se detallan las distancias de los principales servicios aledaños al conjunto residencial.

Tabla 23

Distancias servicios disponibles

Tipo	Nombre	Distancia	Tiempo
Abastecimiento	Panadería, ferretería, frutas, carnes, etc.	110 m	2 min
Transporte público	Paradero SITP	170 m	2 min
Salud	UPA El Porvenir	170 m	2 min
Salud	Farmacia	250 m	3 min
Recreación	Parque Betania	350 m	4 min
Abastecimiento	Surtimax	290 m	4 min
Educación	Colegio Brasilia IED	450 m	5 min
Religioso	Iglesia adventista	350 m	5 min
Transporte público	Paradero SITP	400 m	5 min
Social	Salón comunal	400 m	5 min
Religioso	Parroquia San Juan	500 m	6 min
Abastecimiento	Tiendas D1	650 m	8 min
Seguridad	CAI	800 m	10 min
Recreación	Parque Zonal Gilma Jiménez	1,1 km	14 min
Transporte público	Portal Américas	1,8 km	22 min
Centro comercial	Milenio Plaza	2,07 km	26 min
Recreación	Equipamiento cultural	16,3 km	

Fuente: elaboración propia con datos Google maps

Los servicios de recreación con multi-actividades se encuentran en la misma localidad, a mayor distancia, y las actividades culturales están en otra localidad con distancias superiores a 15 km, pero ¿qué tan seguro es caminar en Bogotá para utilizar estos servicios? Según el Anuario de Siniestralidad Vial de Bogotá, para el año 2019, murió una persona cada 17 horas y 21 minutos en accidentes viales; las víctimas fatales corresponden en un 46.7 % a peatones; seguido de

motociclistas 27,3 %; ciclistas con el 13.5%; pasajeros 10.5% y conductores 2% (Sistema Integrado de Información sobre Movilidad Urbana Regional, 2019). En este orden de ideas, es evidente la vulnerabilidad del peatón como actor vial; para esto, es necesario revisar el diseño de las vías con el fin de identificar la fragilidad del peatón, puesto que también es posible que se cometan imprudencias fatales. En este sentido, se requiere, entonces, detallar los perfiles viales y la ubicación de los peatones.

En cuanto al tema vial de esta localidad, la prolongación de la Av. 1° de mayo, como eje de conexión de los cerros orientales con la avenida longitudinal de occidente, contempla cuatro carriles por sentido, pero en el sector de la urbanización Tayrona no se ha desarrollado esta obra, lo que agudiza los problemas de calidad del aire y movilidad. Una vez realizado el análisis de las situaciones problemáticas de la movilidad, puede pensarse en un desarrollo sostenible para este perfil, a continuación, se presenta el perfil proyectado Figura 37.

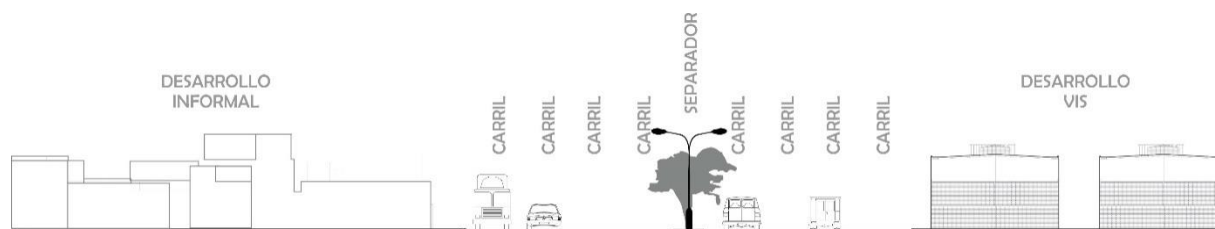


Figura 37 Perfil vial proyectado Av. 1 de mayo. Fuente: Elaboración propia CC-BY-NC-ND

Por otra parte, el 60.3 % de la contaminación en Bogotá proviene de fuentes móviles en donde el transporte de carga aporta el 38,5 % y el 21.8 % lo aporta el sistema integrado de transporte público. Ante este panorama, en Bogotá se inició la implementación de buses eléctricos cero emisiones, que cuentan con variedad de servicios tecnológicos como lo son wifi para pasajeros, puertos USB de carga para dispositivos móviles, plataformas de acceso para movilidad, circuitos de tv para seguridad de los pasajeros y sistemas de alerta de emergencias, entre otros.

La construcción de la Avenida 1 de mayo, como está proyectada (ver Figura 37), traerá un problema de desarrollo, porque desplazar la actividad económica que hoy en día se relaciona con mecánica de vehículos pesados y que atrae un gran cantidad comercio asociado; un desarrollo sostenible debe contemplar la integración de los barrios a partir de ofertas de servicios mutuos

entre los desarrollos formales e informales, el comercio no puede ubicarse en áreas adecuadas dentro de los conjuntos, y el espacio público se reduce a simples andenes en el barrio de autoconstrucción; una adecuada oferta de espacio público con zonas verdes y pasos peatonales seguros sobre la Avenida 1 de mayo facilitará y promoverá el intercambio de servicios. Los corredores viales deben contemplar carriles de movilidad limpia, en el carril más cercano a las viviendas el peatón, luego la bicicleta, una línea de protección con especies arbóreas para el ciclista, carril de vehículos eléctricos y en el centro vehículos de combustión. Los buses eléctricos, por su tamaño, pueden generar corrientes de aire que dispersen los gases nocivos de los vehículos y activen micro generadores eólicos, aumentando su potencial en energía y movilidad limpia. (Figura 39)



Figura 38. Propuesta por el autor de perfil vial sostenible Av. 1 de mayo. Fuente: Elaboración propia. CC-BY-NC-ND

Los carriles para vehículos de combustión se verán reducidos, sin embargo, es posible implementar carriles inteligentes que se habiliten en la dirección de mayor flujo vehicular, la eficiencia en el tiempo de viaje del transporte público y la seguridad en la movilidad de bicicletas desincentivará el uso del vehículo. Los SUDS sistemas urbanos de drenaje sostenibles pueden suministrar el agua necesaria para los jardines públicos a tiempo que evitan inundaciones.

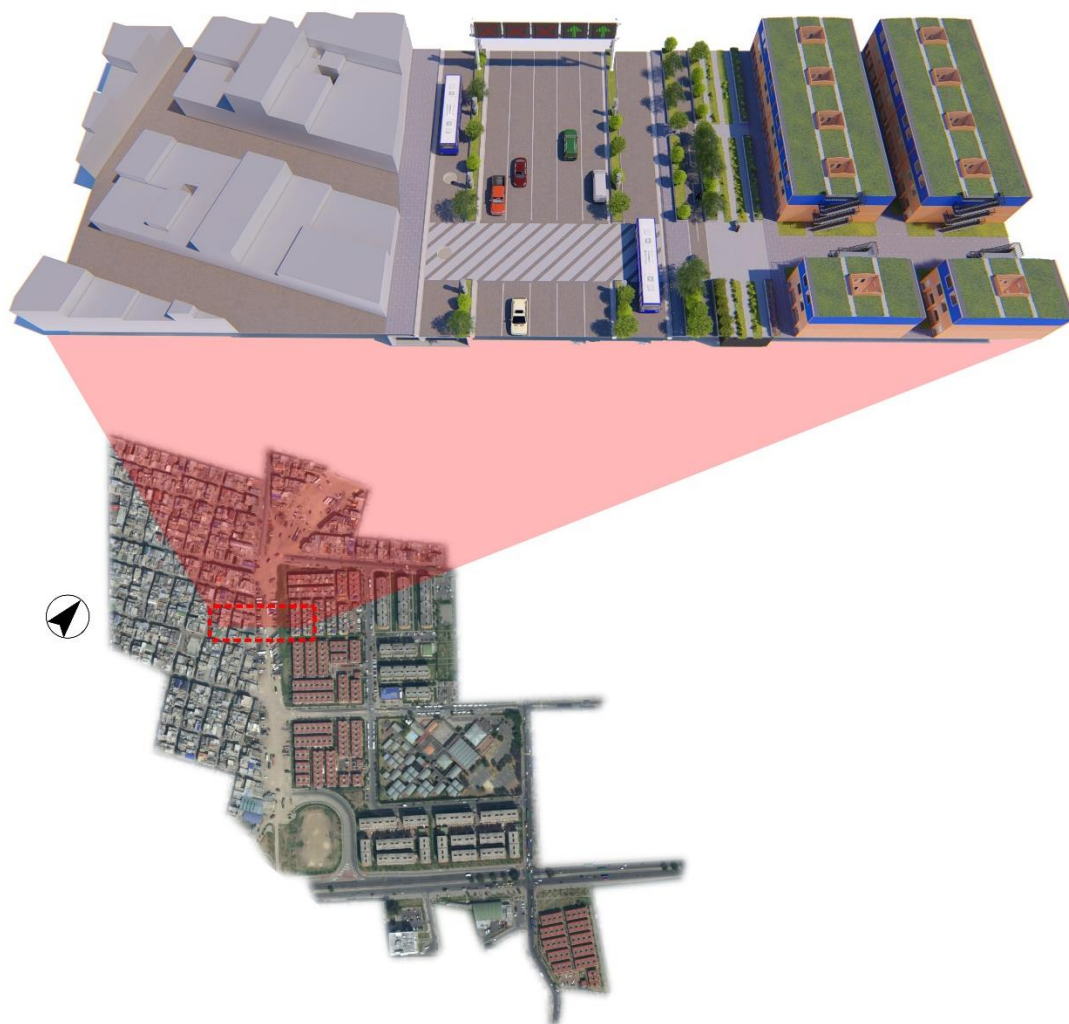


Figura 39. Propuesta por el autor Av. 1 de mayo. Fuente: Elaboración propia. CC-BY-NC-ND

La capacidad de producción de un país está determinada por el grado de salud en que se encuentren sus habitantes: a mayor salud, más producción, más creatividad, más innovación; ese estado de salud se determina por variantes físicas, sociales, culturales y psicológicas relacionadas con el entorno. La vivienda representa un pilar fundamental para el estado de salud, las nuevas generaciones inician su interacción con el entorno a partir de las condiciones que las rodean y se manifiestan en su casa, y la oferta de servicios brinda bienestar social y psicológico mientras la casa ofrece un descanso renovador a partir de condiciones confortables y saludables. Es por esto

que la salud está completamente ligada a la sostenibilidad, y la vivienda debe ser analizada y transformada para garantizar ese estado completo de salud que garantiza el desarrollo económico.

Los aspectos de riesgo relacionados con confort, calidad del aire, inundaciones y movilidad encontrados en la localidad Bosa de Bogotá, afectan la capacidad productiva de una comunidad por la aparición de enfermedades que tienen consecuencias y/o agravantes por esas mismas condiciones. Dichas enfermedades ocasionan elevados costos para tratamientos que reducen la capacidad de inversión de los afectados y del Estado (subsidios a la salud) lo que, en consecuencia, afecta la economía nacional por falencias en producción e inversión, lo que se traducirá en mayores deficiencias en infraestructura y menor calidad de vida.

Situación compleja que tiene solución en la sostenibilidad, en la implementación de estrategias eficientes de confort, en permitir una adecuada iluminación natural que sanitice los espacios, en incrementar cobertura vegetal que renueve la biodiversidad para evitar alteraciones climáticas, mientras protege de fenómenos atmosféricos, los mismos que se pueden mitigar con sistemas que permiten el flujo natural del agua garantizando una reserva natural. Así aumenta el estado de salud, la productividad, la inversión y la mejora constante de la infraestructura a partir del acondicionamiento sostenible de la vivienda construida.

Conclusiones

Cuanto más procesos y elementos naturales tienen lugar en el entorno, más saludable es porque de él se obtienen beneficios de protección, alimentación y dotación que garantizan la vida; el consumo desmedido y la alteración de los flujos naturales que permiten esos procesos, han puesto en riesgo la vida en el planeta, porque afecta la disponibilidad del aire, agua y alimentos. Desde la sostenibilidad se propone un consumo eficiente de recursos que garantice la renovación y mantenga los beneficios económicos que brindan calidad de vida; las ciudades representan retos importantes para este fin y una herramienta de transformación planteada en este trabajo de grado está en el acondicionamiento sostenible que surge del análisis de las condiciones que afectan a una comunidad en términos de salud, para ofrecer, mediante estrategias pasivas y tecnologías sostenibles, confort, consumo eficiente y conservación de recursos por medio de una relación armónica con la naturaleza, que garantiza el desarrollo económico.

Permitir procesos y elementos naturales no se relaciona con ubicar las viviendas en lugares apartados y completamente rodeados de naturaleza, este trabajo de grado a identificado lineamientos que garantizan un mejor estado de salud y se pueden implementar en la ciudad construida como solución a problemáticas específicas. Los aspectos que permiten a la vivienda ser más saludable son:

Confort, si bien las sensaciones respecto a la temperatura tienen variaciones marcadas por la cultura, el clima, la edad, el género, etc. es posible llegar a un acercamiento de sensación neutra respecto a frío o calor, por medio de métodos que establecen valores específicos, para este caso la intervención de espacios construidos y habitados facilita la medición de sensación térmica en una población y la simulación permite el acercamiento a las soluciones más eficientes. Colombia debe contar con una tabla de confort local de acuerdo a las variables del clima, que permita lograr el mayor porcentaje de sensación neutra que se traduce en confort absoluto.

La iluminación natural, permitir el ingreso de luz solar genera un efecto sanitizante, muchas bacterias al ser expuestas a la luz solar mueren, la cantidad de luz natural que entre al espacio colabora con esa sanitización y con las ganancias térmicas que deben controlarse según el clima. Se evidencio que la cercanía entre las viviendas de interés social, unido a la falta de tiempo por los desplazamientos al trabajo, que no permite dejar la vivienda ordenada y algunas preocupaciones por seguridad, son la causa principal para mantener las cortinas y ventanas

cerradas; la orientación de la fachada con respecto al tamaño de la ventana en relación al clima presenta un comportamiento deficiente, en este caso la norma colombiana contempla luz y ventilación natural pero de acuerdo al uso y el clima es necesario definir en qué medida debe ingresar la luz al espacio para aprovechar los beneficios y reducir los riesgos a la salud.

Ventilación, permitir una apertura gradual dirigida en la vivienda facilita la renovación de aire sin sacrificar confort, en la medida que la temperatura aumente se requiere que la apertura se pueda ampliar y dirigir a una altura deseada, ese control hace parte de la interacción con el clima el cual mantiene una buena calidad de aire a partir de renovaciones, mientras como vimos en los estudios de Biofilia, mejora la concentración. Los picos de movilidad en Bosa coinciden con los picos en material particulado pm10 y pm2.5; tener en cuenta esta situación y comunicarla a los habitantes es fundamental porque generalmente las horas de mayor contaminación coinciden con momentos previos a la salida a trabajar y de llegada del trabajo de las personas, en los cuales se abren las ventanas permitiendo la renovación de aire en los peores momentos del día. En este aspecto la seguridad es el factor principal para mantener ventanas cerradas. El diseño de ventanas eficientes, seguras y con control de ventilación debe ser un lineamiento de la casa saludable.

Flujos de agua, implementar pisos duros en toda la superficie de la ciudad colabora con un efecto de isla de calor, además de los problemas por inundaciones ocasionados por aumento en la velocidad el agua, la infiltración del agua lluvia se convierte en un acto que garantiza la disponibilidad del agua a partir de la recarga de acuíferos subterráneos; reducir las inundaciones y garantizar la disponibilidad del agua es posible a partir de elementos reciclados que cumplen función de celdas retenedoras y en la medida que mas se implementen menor será el riesgo por inundación y mayor la disponibilidad de una reserva subterránea.

Presencia de elementos naturales, la cobertura vegetal colabora con la reducción de CO2 mejorando la calidad del aire y reduce los fenómenos climatológicos extremos porque regula el cambio climático. De esta manera se aumenta la fauna con la cual podemos obtener una conexión natural, como lo es el canto de las aves, que acelera hasta un 37% la restauración fisiológica. Estar protegidos de fenómenos atmosféricos extremos es sin duda un importante lineamiento para la vivienda saludable.

Desarrollo social, los proyectos de transformación sean nuevos o de acondicionamiento como lo es el caso de este trabajo de grado, deben estar acompañados de una socialización y

capacitación que evoque la adopción de una forma de habitar acorde con lo natural, las viviendas más saludables, encontradas en Bogotá, tuvieron un acompañamiento social el cual se preocupó por las costumbres, por la economía, por la recreación, por la religión y programas de mantenimiento y embellecimiento esto ha garantizado la permanencia en el tiempo de los proyectos. Una buena solución en términos técnicos de eficiencia, no necesariamente es una buena solución en términos sociales, y una buena solución en términos sociales se traduce en adopción y apropiación lo que garantiza su permanencia en el tiempo a partir de la eficiencia.

Para que se dé una relación adecuada entre los habitantes y el medio ambiente, los ciudadanos deben entender el comportamiento del medio para así prever las situaciones adversas y convertirlas en oportunidad; de este modo, implementar estrategias sostenibles desde el ejercicio de la arquitectura permite mejorar el confort, el aire y brindar servicios ambientales. De todos modos, la adopción de dichas estrategias dependerá del despertar de la conciencia ambiental de la población; si bien, para un número importante de personas, la sostenibilidad no es un término familiar, al hablar de salud se puede decir que hay una atención asegurada y, con este pretexto, es posible generar la apropiación de dicho término como un beneficio general.

Este trabajo de grado puede ser un documento de referencia para analizar más viviendas en Bogotá; es evidente que se presentan varios microclimas que requieren un análisis particular y los factores sociales influyen en el tipo de resultado, según el interés común del o de los beneficiados. A pesar de ello, con la salud y el medio ambiente como eje fundamental el resultado será sostenible.

Debido a las condiciones de pandemia y las cuarentenas derivadas de ella durante el año 2020 y 2021, no fue posible una socialización para evaluar el grado de aceptación de la propuesta, sin embargo, una vez los contagios se controlen por efecto de una vacunación, es evidente que los propietarios habrán identificado bien el comportamiento de sus viviendas y será momento propicio para socializar las estrategias sostenibles que se presentan en este trabajo y proponer otras según la demanda de los propietarios.

Los conceptos adoptados en Colombia respecto a la sostenibilidad se quedan cortos en cuanto a problemáticas reales, los referentes analizados de acondicionamientos están en línea con los implementados en Colombia, pero, al contemplar únicamente los ahorros de agua y energía, son insuficientes. La biodiversidad característica del país demanda la protección del medio

ambiente con acciones como el reforzamiento de estructuras ecológicas principales, el cuidado y conservación del agua, y es evidente que, al menos en la vivienda, un bajo porcentaje implementa tecnologías para confort que demanden grandes consumos de agua o energía; la variación climática no es extrema y por ello la demanda tampoco. Los espacios arquitectónicos en Colombia pueden ofrecer confort a partir de estrategias pasivas que deben integrar la biofilia para unir comodidad y cuidado del medio ambiente como mejora a la calidad de vida y la conservación de la biodiversidad.

Los modelos de producción de vivienda de interés social deben abordar aspectos fundamentales como el confort, la productividad, los servicios ambientales y el desarrollo social, para proveer viviendas de calidad, y las certificaciones deberán valorar los servicios ambientales como método de conservación de la biodiversidad, la cual es fundamental para controlar el cambio climático, que se traducirá en la reducción de fenómenos atmosféricos extremos y la mejora de calidad de vida.

Este trabajo de grado evidencia que es posible gestionar el acondicionamiento de construcciones existentes, mejorando varios aspectos acordes con el cuidado del medio ambiente, pero se deben establecer pautas locales que sean transversales en cuanto a la preservación de las mayores riquezas ambientales. Por ahora, quien sienta afectación a la salud e identifique en su vivienda materiales o situaciones descritas en este documento podrá iniciar con la adopción voluntaria de un acondicionamiento sostenible para su vivienda.

Referencias

- Alcaldía Mayor de Bogotá (2018). *El siglo del higienismo*. Archivo de Bogotá. Obtenido de <http://archivobogota.secretariageneral.gov.co/noticias/siglo-del-higienismo>
- Altman, L. (2006). *Hace 30 años en Filadelfia, una erupción de enfermedad y miedo*. New York Times. Obtenido de <https://www.nytimes.com/2006/08/01/health/01docs.html>
- Banrepcultural (s.f.). *La UPAC y la UVR*. Enciclopedia red cultural del banco de la república en Colombia. Obtenido de https://enciclopedia.banrepcultural.org/index.php/UPAC_y_UVR#cite_ref-1
- Barceló, C. y González, Y. (2018). *Vivienda saludable medioambiente salud*. Ed. Científico-Técnica. La Habana.
- Browning, W., Ryan, C. y Clancy, J. (2017). 14 Patrones de diseño biofílico. Terrapin Bright Green, LLC. (Trabajo original publicado en 2014). New York. Obtenido de: https://www.terrapinbrightgreen.com/wp-content/uploads/2016/10/14-Patrones-Terrapin-espanol_para-email_1.4MB.pdf
- Cálculo del coeficiente de transmisión de calor K de cerramientos y propiedades térmicas de algunos materiales de la construcción (s.f.).
<http://www.ehu.eus/mmtde/materiala/aislamtoedificios/PDF/Documentos/3CALCULO.pdf>
- Ceballos, O., Vega, R., Fernández, J., Martínez, J. y Herrera, F. (2015). *La habitabilidad y la salud en Colombia. Una propuesta metodológica para su análisis*. Universidad Nacional de Colombia. Bitacora 25. Obtenido de: <https://doi.org/10.15446/bitacora.v1n25.44011>
- Center for the Built Environment (s.f.). Obtenido de: <https://comfort.cbe.berkeley.edu/>
- Congreso de Colombia (2003). *Ley 810 del 13 de junio de 2003*. Obtenido de: http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0810_2003.html
- Congreso de Colombia (2007). *Ley 1151 de julio 24 de 2007, por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2006-2010*. Obtenido de: <https://minvivienda.gov.co/sites/default/files/normativa/1151%20-%202007.pdf>
- Cubillos-González, R. A. (2017). SUSTAINABLE URBAN DESIGN CRITERIA IN MEDIUM-SIZED, COLOMBIAN CITIES. *New Design Ideas*, 1(1), 59–70.
<http://jomardpublishing.com/UploadFiles/Files/journals/NDI/V1N1/GonzalesR.pdf>
- Cubillos-González, R. A. (2013). Evaluación del factor de habitabilidad en las edificaciones sostenibles. *REVISTA NODO*, 8(15), 47 - 64. Recuperado a partir de <http://186.28.225.70/index.php/nodo/article/view/94>

- Cubillos-González, R.-A. (2015). Testing habitability for sustainable building design. *Teka Komisji Architektury, Urbanistyki I Studiów Krajobrazowych*, 11(4), 117-125. <https://doi.org/10.35784/teka.670>
- Datos Abiertos Bogotá (2021). *Plataforma distrital de datos abiertos*. Obtenido de: <https://datosabiertos.bogota.gov.co/>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2018). *Censo Nacional de Población y Vivienda 2018*. Obtenido de: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-nacional-de-poblacion-y-vivienda-2018/como-vivimos>
- Durán, A. (2013). *Adecuación bioclimática a viviendas del trópico caribeño. El caso de la República Dominicana*. Universidad Politécnica de Valencia. Obtenido de: <https://riunet.upv.es/handle/10251/27669>
- Diego-Mas, J. (2015). *Estimación de la tasa metabólica*. Ergonautas, Universidad Politécnica de Valencia, 2015. Obtenido de: <https://www.ergonautas.upv.es/herramientas/tasamet/tasamet.php>
- Fahimipour (2018). *Dejar entrar la luz del sol puede matar a las bacterias que viven en el polvo*. Infosalus. Obtenido de: <https://www.infosalus.com/salud-investigacion/noticia-dejar-entrar-luz-sol-puede-matar-bacterias-viven-polvo-20181018081131.html>
- Fernández, P., Rubio, C. y Guevara, J. (2019). *Rehabilitación energética de viviendas en España: confort térmico y efectividad*. *Anales de edificación*, 37 - 50. doi:10.20868/ade.2019.3913. Obtenido de: http://polired.upm.es/index.php/anales_de_edificacion/article/view/3913
- Fique, L. (2008). *La política pública de vivienda en Colombia, conflicto de objetivos*. *Bitácora* 13. 73-89. Obtenido de: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/bitacora/article/view/18523/19433>
- Fondo para la Comunicación y Educación Ambiental. AC. (2021). *Ciudades y biodiversidad*. Obtenido de: <https://agua.org.mx/actualidad/ciudades-y-biodiversidad/>
- Forero, G. (2020). “*El año pasado alcanzamos un récord en venta de Viviendas de Interés Social*”. *La República*. Obtenido de: <https://www.larepublica.co/economia/ventas-de-vivienda-de-interes-social-2959095>
- Fromm, Erich (1974). *El corazón de hombre*. México, Fondo de Cultura Económica, 4ª reimp. 1974, pág. 179. Obtenido de: <https://iliada-ulises.blogspot.com/2014/01/el-corazon-del-hombre-para-erich-fromm.html>
- García, C., Torres, C. y García, J. (2017). *Empoderamiento comunitario en la construcción de viviendas saludables*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Godoy, A. (2012). *El confort térmico adaptativo. Aplicación en la edificación en España*. Universidad Politécnica de Cataluña. Obtenido de:

- https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/18763/TFM_Alfonso%20Godoy%20Munoz.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- González, L. (2015). *La vivienda social en Colombia: política y arquitectura*. Revista universidad de Antioquia 322, 102-107. Obtenido de: <https://revistas.udea.edu.co/index.php/revistaudea/article/view/25166>
- Guerrero, S. (2018). “4.770 niños muertos en La Guajira es una barbarie”: Corte. El Heraldillo Barranquilla, págs. <https://www.elheraldo.co/la-guajira/4770-ninos-muertos-en-la-guajira-es-una-barbarie-corte-553890>.
- Gutiérrez, F., Moreno, R. y López, L. (2013). *Lipoatrofia semicircular*. Enfermería del Trabajo 2013; III: 20-24. Obtenido de: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4217079.pdf>
- Guy, S. y Farmer, G. (2001). *Reinterpretando la arquitectura sostenible: el lugar de la tecnología*. *Journal of architectural education* 54, 140-149. Obtenido de: https://www.researchgate.net/publication/227537172_Reinterpreting_Sustainable_Architecture_The_Place_of_Technology
- Hernández, H. (2016). *Biofilia. El clima como experiencia artística*. Facultad de Bellas Artes, Sección Departamental de Historia del Arte III (Contemporáneo), Madrid. Obtenido de: <https://eprints.ucm.es/id/eprint/42096/>
- Ibáñez, C. (2009). *Síndrome del Edificio Enfermo (SEE): la maldición de los edificios inteligentes*. Salud pública y algo más. Obtenido de: https://www.madrimasd.org/blogs/salud_publica/2009/04/05/115850#:~:text=La%20OMS%2C%20en%201982%2C%20defini%C3%B3,los%20gases%20y%20vapores%20de
- Instituto Distrital de Gestión del Riesgo y Cambio climático (2020). *Caracterización general del escenario de cambio climático para Bogotá*. Obtenido de: <https://www.idiger.gov.co/rcc>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (s.f.). *Calidad del aire*. Obtenido de: <http://www.ideam.gov.co/web/contaminacion-y-calidad-ambiental/calidad-del-aire>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (s.f.). *Promedios climatológicos Bogotá 1981 – 2010*. Obtenido de: <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/clima>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2014). *Vulnerabilidad de la región capital a los efectos del cambio climático*. Pronóstico. Obtenido de: <https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/handle/20.500.11762/19772>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (2018). *Estudio Nacional del Agua 2018*. Bogotá: Ideam: 452 pp. Obtenido de: <https://cta.org.co/biblionet/estudio-nacional-del-agua-2018/>
- Kuhs, J. (2010). *Una exposición recuerda los hitos de la vivienda social en la Viena de 1920*. El Mundo. Obtenido de: <https://www.elmundo.es/elmundo/2010/07/12/suvienda/1278922507.html>

- LA Network (2021). *Primera evidencia de que el cambio climático impulsó la aparición del COVID-19*. Obtenido de: <https://la.network/primera-evidencia-de-que-el-cambio-climatico-impulso-la-aparicion-del-covid-19/>
- Medellín, P. (2020). *¿Es adecuada la vivienda en Colombia para enfrentar la política de #QuédateEnCasa?* Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Estudios Urbanos. Obtenido de: <http://ieu.unal.edu.co/medios/noticias-del-ieu/item/es-adecuada-la-vivienda-en-colombia-para-enfrentar-la-politica-de-quedaateencasa>
- Metrocuadrado.com (2020). *Así impacta el nuevo salario mínimo al sector vivienda*. Obtenido de: <https://www.metrocuadrado.com/noticias/actualidad/asi-impacta-el-nuevo-salario-minimo-al-sector-vivienda-4133#:~:text=010.,900.>
- Ministerio de Hacienda y Crédito Público (1939). Decreto 200 del 15 de julio 1939. Bogotá, Diario oficial No. 23.989. Obtenido de: https://www.redjurista.com/Documents/decreto_200_de_1939_ministerio_de_hacienda_y_credito_publico.aspx#/
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y territorio (2015). *Resolución 549 del 10 de julio de 2015*. Obtenido de: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/col150757.pdf>
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (2015). *Decreto 1077 de 2015*. Obtenido de: <https://minvivienda.gov.co/sites/default/files/normativa/1077%20-%202015.pdf>
- Montoya, A. (2019). *Los conjuntos de vivienda del Banco Central Hipotecario*. Revista Credencial Historia No. 349. Obtenido de: <https://www.banrepcultural.org/biblioteca-virtual/credencial-historia/numero-349/los-conjuntos-de-vivienda-del-bch>
- Observatorio de Salud de Bogotá (2018). *Causas de mortalidad en Bogotá D.C. 2018*. Obtenido de: <https://saludata.saludcapital.gov.co/osb/index.php/datos-de-salud/demografia/causasmortalidad2018/>
- Organización de Naciones Unidas (1987). *Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo*. Obtenido de: http://www.ecominga.uqam.ca/PDF/BIBLIOGRAPHIE/GUIDE_Lecture_1/CMMAD-Informe-Comision-Brundtland-sobre-Medio-Ambiente-Desarrollo.pdf
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) (2019). *Informe Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de la UNESCO, 2019: No dejar a nadie atrás*. París. Obtenido de: <https://es.unesco.org/water-security/wwap/wwdr/2019>
- Organización Meteorológica Mundial (1986). *Informe de la conferencia internacional de evaluación del papel del dióxido de carbono y de otros gases de efecto invernadero en las variaciones climáticas y los impactos asociados*. Obtenido de: https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=6321#.YlKnzKhKjIV

- Organización Mundial de la Salud (1946). *Constitución de la Organización Mundial de la Salud*. Obtenido de: https://www.who.int/governance/eb/who_constitution_sp.pdf
- Organización Mundial de la Salud (2018). *Calidad del aire y salud*. Obtenido de: [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health#:~:text=En%20las%20Directrices%20de%20la,con%20la%20contaminaci%C3%B3n%20en%20aproximadamente](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health#:~:text=En%20las%20Directrices%20de%20la,con%20la%20contaminaci%C3%B3n%20en%20aproximadamente)
- Organización Panamericana de la Salud (2011). *Hacia una vivienda saludable. Cartilla educativa para la familia*. Obtenido de: https://www.paho.org/col/dmdocuments/Hacia_vivienda_saludable_familias.pdf
- Pulgarín, Y. (2009). *Vivienda estatal obrera de los años 30 en Bogotá: los casos de los barrios Retrepo y Centenario*. Maestría en patrimonio cultural del territorio: Pontificia Universidad Javeriana. Obtenido de: <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/176>
- Red de monitoreo calidad del aire de Bogotá (2018). *Mapas interactivos*. Obtenido de: <http://rmcab.ambientebogota.gov.co/home/map>
- Revista Proa 30 (1949). No. 30 dic.1949. Obtenido de: <https://proarquitectura.co/producto/revista-proa-no-030/>
- Revista Seguridad Minera (2017). *18 enfermedades agudizadas por la exposición al frío*. No. 124. Obtenido de: <https://www.revistaseguridadminera.com/salud-ocupacional/18-enfermedades-agudizadas-por-la-exposicion-al-frio/>
- Revista Semana (2011). *Bienestar: El trancón enferma*. Obtenido de: <https://www.semana.com/vida-moderna/articulo/el-trancon-enferma/249247-3/>
- Roa, M. (2018). *La transformación de la casa en serie financiada por el Estado en Bogotá (1938-1958). Agentes, proyectos y resultados*. Registros. Revista de Investigación Histórica, 14(1), 94–125. Obtenido de: <https://revistasfaud.mdp.edu.ar/registros/article/view/219>
- Rojas, M. (2004). *La vulnerabilidad y el riesgo de la vivienda para la salud humana desde una perspectiva holística, una revisión necesaria para la gestión de la vivienda saludable*. Cuaderno Urbano 4, espacio, cultura, sociedad. 145-174. Obtenido de: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4163676.pdf>
- Sánchez, V. (2018). *La historia de la arquitectura moderna de Colombia revisada a través de la agencia de vivienda Instituto de Crédito Territorial: 1939-1965*. Universidad de Texas. Obtenido de: <https://repositories.lib.utexas.edu/handle/2152/68902>
- Secretaría Distrital de Movilidad. (2019). *Encuesta movilidad 2019*. Obtenido de https://www.movilidadbogota.gov.co/web/sites/default/files/Paginas/22-04-2020/20191216_presentacion_encuesta_v2.pdf
- Sistema de Información Ambiental de Colombia (2011). *Escenario de cambio por lluvias*. <http://www.siac.gov.co/>

- Sistema Integrado de Información sobre Movilidad Urbana Regional (2019). *Anuario de siniestralidad vial 2019*. Obtenido de: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SA/anuario-nacional-siniestralidad-vial-colombia-2019.pdf>
- Trujillo , J., & Cubillos , R. A. (2016). La simulación como herramienta de diseño y evaluación arquitectónica : pautas resueltas desde la ingeniería. *Revista de Arquitectura (Bogotá)*, 18(1), 111-125. <https://doi.org/10.14718/RevArq.2016.18.1.10>
- Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (1980-2010). *Consolidado anual de emergencias*. Obtenido de: <http://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Paginas/Consolidado-Atencion-de-Emergencias.aspx>
- Universidad de Buenos Aires. (2021). *Propiedades térmicas de algunos materiales*. Universidad de Buenos Aires. Obtenido de: <http://materias.fi.uba.ar/6731/Tablas/Tabla6.pdf>
- Velásquez, R. (2010). *Hacia una nueva definición del concepto “política pública”*. *Desafíos*, 20, 149-187. Obtenido de: <https://revistas.uosario.edu.co/index.php/desafios/article/view/433>