



Propuesta de autoconstrucción para la adecuación interna de viviendas de interés social en Colombia mediante criterios de arquitectura pasiva.

Caso de estudio: vivienda de interés social unifamiliar en la ciudad de Santiago de Cali.

David Ospino Tejada.



Master Universitario en Edificación Sostenible – MUES. Propuesta de autoconstrucción para la adecuación interna de viviendas sociales en Colombia mediante criterios de arquitectura pasiva.

Propuesta de autoconstrucción para la adecuación interna de viviendas de interés social en Colombia mediante criterios de arquitectura pasiva.

Caso de estudio: vivienda de interés social unifamiliar en la ciudad de Santiago de Cali.

Trabajo fin de master.

Autor: David Alejandro Ospino Tejada.

Tutor: Víctor Manuel Hermo Sánchez.

Master Universitario en Edificación Sostenible MUES.

Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica EUAT.

Universidad de la Coruña.

Curso: 2019 – 2020.



Escola Universitaria de Arquitectura Técnica
UNIVERSIDADE DA CORUÑA

Resumen.

La construcción es uno de los sectores económicos con más desarrollo en la civilización, siendo esta una de las actividades que afecta al medio ambiente. En Colombia este sector cuenta con gran desarrollo y visión por parte del Gobierno y empresas privadas. Dentro de este desarrollo constructivo la vivienda de carácter social cuenta con elevado impulso político y económico, existiendo proyectos a gran escala en el territorio nacional, esto se debe al problema de vivienda que afecta al país.

Los proyectos de vivienda de interés social ejecutados en Colombia no poseen parámetros de diseños sostenibles, criterios de orden ambiental y social. Además, la mayoría de estas viviendas construidas son entregadas sin acabados, los cuales tienen que ser ejecutados por los propietarios. Esto genera grandes problemas ambientales, ya que la mayoría de estas prácticas no cuentan con ningún criterio ambiental ni técnico. Partiendo de este problema sería de utilidad elaborar un documento que permita que las personas culminen sus viviendas con criterios, técnicas y materiales sostenibles, pensadas en las posibilidades económicas de estas personas. Por lo tanto, este documento contará con técnicas materiales y prácticas de soluciones sostenibles al interior de dichas viviendas que promuevan un confort térmico razonable.

Palabras claves: arquitectura pasiva, confort térmico, construcción sostenible, vivienda de interés social, eficiencia, adecuaciones constructivas.

Abstract.

Construction is one of the most developed economic sectors in civilization, this being one of the activities that affects the environment. In Colombia this sector has great development and vision on the part of the Government and private companies. Within this constructive development, social housing has a high political and economic impulse, there are large-scale projects in the national territory, this is due to the housing problem that affects the country.

The low-income housing projects carried out in Colombia do not have parameters of sustainable designs, environmental and social criteria. In addition, most of these built homes are delivered without finishes, which have to be executed by the owners. This generates major environmental problems, since most of these practices do not have any environmental or technical criteria. Starting from this problem, it would be useful to prepare a document that allows people to finish their homes with sustainable criteria, techniques and materials, thought about the economic possibilities of these people. Therefore, this document will include material techniques and practices for sustainable solutions within said homes that promote reasonable thermal comfort.

Keywords: constructive adjustments, efficiency, social interest housing, thermal comfort, passive architecture, sustainable construction,

Índice.

Resumen.....	3
Abstract.....	4
Índice de ilustraciones.....	8
CAPÍTULO 1.....	13
PREÁMBULO.....	13
Introducción.....	13
Descripción del problema.....	16
Objetivos.....	18
Justificación.....	19
Metodología aplicada.....	20
Hipótesis.....	21
CAPÍTULO 2.....	23
Condicionantes climatológicos de Colombia.....	23
Territorio.....	23
Clima.....	26
Pisos térmicos en Colombia.....	26
.....	32
CAPITULO 3.....	33
LA VIVIENDA DE INTERES SOCIAL EN COLOMBIA.....	33
Concepto de la vivienda social.....	33
Antecedentes.....	34
Proceso histórico de la vivienda de interés social en Colombia.....	36
Política actual de la vivienda de interés social en Colombia.....	40
Programas de vivienda de interés social en Colombia.....	41
Estado actual de construcción de vivienda de interés social en Colombia.....	44
Macroproyecto de interés social.....	47

Master Universitario en Edificación Sostenible – MUES. Propuesta de autoconstrucción para la adecuación interna de viviendas sociales en Colombia mediante criterios de arquitectura pasiva.

Características generales de las viviendas.	53
Análisis constructivo de las viviendas.	58
Entrega de viviendas de interés social a la población.	65
CAPÍTULO 4.	68
SOSTENIBILIDAD EN VIVIENDA DE INTERES SOCIAL (VIS) EN COLOMBIA.	68
La vivienda de interés social sostenible en Colombia.	68
Situación actual de la construcción sostenible en Colombia.	69
CAPÍTULO 5.	78
CASO DE ESTUDIO.	78
Aspectos generales de caso de estudio.	78
Análisis del lugar.	78
Aspectos generales de Santiago de Cali.	78
Análisis Climático de Santiago de Cali.	80
Temperatura promedio mensual y anual.	81
Radiación solar.	82
Humedad relativa.	82
Velocidad del viento.	83
Análisis del gráfico psicométrico del Climate Consultant 6.0.	84
Vivienda modelo.	86
Ubicación.	86
Condiciones tipológicas y constructivas de la VIS estudio.	87
Condiciones constructivas de vivienda.	90
CAPÍTULO 6.	95
PROPUESTA. DE	95
Propuesta de mejora en la vivienda VIS.	95
Herramienta PHPP.	97
Interpretación de resultados.	98

Master Universitario en Edificación Sostenible – MUES. Propuesta de autoconstrucción para la adecuación interna de viviendas sociales en Colombia mediante criterios de arquitectura pasiva.

Estado actual.....	99
Aspectos a mejorar.	105
Propuesta de corrección en el diseño.	105
Resumen de estrategias aplicadas.	113
Estimación económica.	117
CAPÍTULO 7.	122
COMPROBACIONES.....	122
Conclusiones.....	130
Líneas de futura investigación.....	136
Bibliografías.....	137

Índice de ilustraciones.

Ilustración 1. Porcentajes de reducción del impacto ambiental que la construcción generaría si se desarrolla bajo el concepto de la sostenibilidad .	14
Ilustración 2. Ubicación territorial de Colombia en el cono sur de América	24
Ilustración 3. Mapa de Colombia y subdivisión espacial en regiones territoriales	25
Ilustración 4. Clasificación de pisos térmicos en Colombia	27
Ilustración 5. Clasificación del clima en Colombia según la temperatura y humedad relativa	29
Ilustración 6. Temperatura media anual	30
Ilustración 7. Mapa de humedad relativa anual	30
Ilustración 8. Mapa de distribución del brillo solar medio diario anual (horas día)	31
Ilustración 9. Mapa de precipitaciones anuales	31
Ilustración 10. Proceso evolutivo de la política de vivienda en Colombia.....	39
Ilustración 11. Instrumentos actuales de la política de vivienda	41
Ilustración 12. Área total censada por metro cuadrado	46
Ilustración 13. Mapa de ubicación de proyectos y megaproyectos de la vivienda de interés social en Colombia	49
Ilustración 14. Megaproyecto urbano de vivienda de interés social en la ciudad de Santiago de Cali	50
Ilustración 15. Megaproyecto urbano de vivienda de interés social en la ciudad de Santiago de Cali	51
Ilustración 16. Megaproyecto urbano de vivienda de interés social en la ciudad de Santiago de Cali	51
Ilustración 17. Megaproyecto urbano de vivienda de interés social en la ciudad de Cartagena de Indias	52
Ilustración 18. Megaproyecto urbano de vivienda de interés social en la ciudad de Barranquilla	52
Ilustración 19. Planta urbana de Conjunto residencial de tipo VIS	54
Ilustración 20. Fachadas de vivienda multifamiliar de tipo VIS	55

Master Universitario en Edificación Sostenible – MUES. Propuesta de autoconstrucción para la adecuación interna de viviendas sociales en Colombia mediante criterios de arquitectura pasiva.

Ilustración 21. Plano de venta de apartamento de tipo VIS.....	56
Ilustración 22. Proyecto de vivienda VIS en la ciudad de Santiago de Cali.....	57
Ilustración 23. Plano de venta de vivienda VIS de dos plantas	57
Ilustración 24. Plano de venta de vivienda VIS para discapacitados.....	58
Ilustración 25. Mapa sísmico de Colombia	59
Ilustración 26. Proyecto de vivienda VIS construido bajo el concepto de construcción industrializada	60
Ilustración 27. Construcción de losa de cimentación en viviendas VIS	61
Ilustración 28. Construcción de muros de carga en sistemas industrializados.	62
Ilustración 29. Detalle de construcción en muros en mampostería reforzada ..	63
Ilustración 30. Cubierta de viviendas VIS	63
Ilustración 31. Edificios residenciales multifamiliares y unifamiliares de tipo VIS	64
Ilustración 32. Adecuación de espacios internos de viviendas de interés social en Colombia	64
Ilustración 33. Aspecto de entrega de apartamentos VIS.	66
Ilustración 34. Aspecto de entrega de apartamentos VIS	66
Ilustración 35. Fotografía del proyecto Casa Tenjo	73
Ilustración 36. Proyecto de vivienda de interés social sostenible paraísos	74
Ilustración 37. Proyecto de vivienda de interés social sostenible Condominio Alegra.....	75
Ilustración 38. Prototipo de vivienda de interés social, Casa Minga.....	76
Ilustración 39. Localización de proyectos urbanos y residenciales de vivienda de interés social y no social en la ciudad de Santiago de Cali, Colombia	79
Ilustración 40. Gráfico de temperatura media anual.....	81
Ilustración 41. Gráfico de radiación solar.	82
Ilustración 42. Gráfica de humedad relativa.	83
Ilustración 43. Gráfica de velocidad del viento.	83
Ilustración 44. Gráfico ábaco psicométrico.....	84
Ilustración 45. Estrategia pasiva de prediseño	85

Ilustración 46. Ubicación de Ciudad Pacífica en Santiago de Cali	87
Ilustración 47. Plantas arquitectónicas de primera y segunda planta.....	88
Ilustración 48. Corte A-A longitudinal de la vivienda	89
Ilustración 49. Fachada principal y secundaria de la vivienda.....	89
Ilustración 50. Sección de detalle de elementos constructivo que conforman la estructura de la vivienda de interés social.....	91
Ilustración 51. Fachada y entorno de la vivienda de caso de estudio.	92
Ilustración 52. Espacios internos, sala, comedor y cocina de la vivienda de caso de estudio.....	92
Ilustración 53. Espacios internos, habitación, halla de alcobas, cubierta de la vivienda de caso de estudio.	92
Ilustración 54. Modelo 3D de la vivienda de interés social	96
Ilustración 55. Datos climáticos	97
Ilustración 56. Aplicación externa para la búsqueda del set climático.....	98
Ilustración 57. Apartado del clima en la herramienta del PHPP	98
Ilustración 58. Cuadro de comprobación de la herramienta PHPP	99
Ilustración 59. Valor-U de losa de cimentación en vivienda (estado actual)...	100
Ilustración 60. Detalle de elemento constructivo de losa de cimentación.....	100
Ilustración 61. Valor-U de muros en vivienda (estado actual)	101
Ilustración 62. Detalle de elemento constructivo de muro de fachada	101
Ilustración 63. Valor-U de cubierta en vivienda (estado actual).....	101
Ilustración 64. Detalle de elementos constructivo de losa entrepiso	102
Ilustración 65. Valor-U de losa entrepiso en vivienda (estado actual)	102
Ilustración 66. Detalle de elemento constructivo de cubierta.....	102
Ilustración 67. Gráfica de balance energético	103
Ilustración 68. Esquema gráfico básico de sobrecalentamiento al interior de la vivienda	104
Ilustración 69. Valor-U de losa de cimentación con mejoras y sin aislamiento	107
Ilustración 70. Detalle de solución constructiva para losa de cimentación	107

Ilustración 71. Valor-U de muros exteriores con aislamiento interno.....	108
Ilustración 72. Detalle de solución constructiva para muro de fachada.....	108
Ilustración 73. Valor-U de cubierta con aislamiento interno	109
Ilustración 74. Detalle de solución constructiva para cubierta	109
Ilustración 75. Valor-U de losa de entrepiso.....	109
Ilustración 76. Detalle de solución constructiva para losa de entrepiso	110
Ilustración 77. Valor-U de muros medianera	110
Ilustración 78. Apartado de superficie en la herramienta PHPP, definiendo la capa de color blanco	111
Ilustración 79. Apartado de sombra en la herramienta HPP con la incorporación de parasoles fijos	111
Ilustración 80. Detalle de solución constructiva de parasol fijo sobre ventana	112
Ilustración 81. Apartado de ventilación-v con la definición de la ventilación nocturna	113
Ilustración 82. Apartado de ventana en la herramienta PHPP con la incorporación de nuevos tipos de ventanas.....	113
Ilustración 83. Sección de detalle constructivo con la composición de los elementos que conforman la estructura de la vivienda de interés social con mejoras	114
Ilustración 84. Esquema gráfico del efecto de las estrategias pasivas propuestas.	115
Ilustración 85. Cuadro de comprobación de la herramienta PHPP	116
Ilustración 86. Gráfica de balance energético	117
Ilustración 87. Tabla de coste de materiales utilizados por un usuario para terminar su vivienda	118
Ilustración 88. Tabla de coste de materiales utilizados para el desarrollo de las adecuaciones	119
Ilustración 89. Cuadro de comprobación de la herramienta PHPP	122
Ilustración 90. Tabla de clasificación de sobrecalentamiento.....	123
Ilustración 91. Valor-U de losa de cimentación en vivienda (estado actual)...	123

Master Universitario en Edificación Sostenible – MUES. Propuesta de autoconstrucción para la adecuación interna de viviendas sociales en Colombia mediante criterios de arquitectura pasiva.

Ilustración 92. Valor-U de los muros en vivienda (estado actual).....	124
Ilustración 93. Valor-U de cubierta en vivienda (estado actual).....	124
Ilustración 94. Valor-U de losa entrepiso en vivienda (estado actual)	124
Ilustración 95. Gráfica de balance energético.	125
Ilustración 96. Cuadro de comprobación de la herramienta PHPP	126
Ilustración 97. Valor-U de muros exteriores con aislamiento interno.....	126
Ilustración 98. Valor-U de cubierta exteriores con aislamiento interno.....	127
Ilustración 99. Gráfica de balance energéticoIlustración 100	129

Índice de tablas.

Tabla 1. Cuadro resumen de análisis de balance energético en la vivienda VIS	120
Tabla 2. Cuadro comparativo del apartado de comprobación de la herramienta PHPP	131
Tabla 3. Cuadro comparativo de Valores-U de elementos constructivos de la herramienta PHPP	132
Tabla 4. Cuadro comparativo de Refrigeración-balance energético de la herramienta PHPP	133
Tabla 5. Cuadro comparativo de estimación económica.....	133
Tabla 6. Cuadro comparativo de impacto de adecuaciones.....	134

CAPÍTULO 1.

PREÁMBULO.

Introducción.

Los modelos actuales de diseño y construcción de edificaciones se han establecido bajo un concepto lineal de desarrollo productivo que está provocando graves problemas al medioambiente. Por su naturaleza, la construcción es una actividad donde todos los sectores y actividades que se requieren para su desarrollo integral generan grandes problemas medioambientales, estos pueden ser, tanto directos como indirectos.

Para entender un poco más sobre el impacto que el sector está produciendo, se estima que solo la construcción utiliza un 60% de la materia prima extraída; a su vez produce el 50% de las emisiones de CO₂ en todo el mundo; consume el 40% de la energía y además el consumo en edificaciones es de un 75%. Por otra parte, el consumo de agua potable es cerca de un 20% y genera cerca de un 60% de los desperdicios producidos por las actividades del hombre (Casanovas 2009).

Teniendo en cuenta la grave problemática que la construcción está provocando en el planeta, son muchas las alternativas que promueven y guían a los profesionales a diseñar una construcción más responsable y amigable con el medio ambiente. Esto quiere decir, que la construcción se convierta en una actividad que cumpla con sus objetivos principales en mejorar las condiciones de vida del hombre, pero que también, cumpla con la preservación de la naturaleza siendo más sensible con su entorno.

Lo anterior ha provocado que, en los últimos tiempos, se desarrolle un concepto con directrices específicas y contundentes, que demuestran que la construcción puede convertirse en una actividad totalmente viable ambientalmente. La construcción sostenible está promoviendo en los profesionales y entidades del sector, el interés por generar proyectos de bajo impacto en el ambiente, reduciendo así el elevado consumo energético, evitando el desperdicio y promoviendo la habitabilidad y el confort.

Se estima, que la construcción posee grandes oportunidades para modificar y mejorar las prestaciones que esta ofrece, integrando los diseños arquitectónicos con el concepto de construcción sostenible. Esto llevaría a la reducción del consumo energético en un 30%, la reducción de un 50% de las emisiones de CO₂, un consumo de agua potable reducido en un 50% y la

Master Universitario en Edificación Sostenible – MUES. Propuesta de autoconstrucción para la adecuación interna de viviendas sociales en Colombia mediante criterios de arquitectura pasiva.

producción de residuos reducida en hasta un 90% (ver Ilustración 1). Todo lo anterior sería posible si los grandes generadores que promueven los proyectos de construcción establecieran bases sólidas para modificar y optar por un nuevo desarrollo hacia este enfoque constructivo (MONROY 2014).

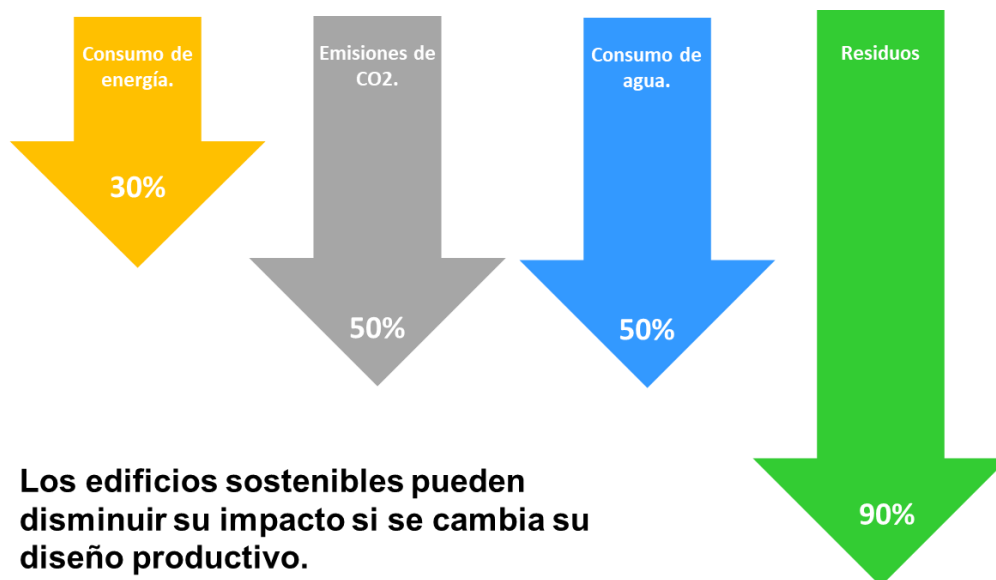


Ilustración 1. Porcentajes de reducción del impacto ambiental que la construcción generaría si se desarrolla bajo el concepto de la sostenibilidad. Fuente: elaboración propia.

Dentro de ese amplio concepto con grandes posibilidades de un desarrollo significativo, existen muchas variables que definen a la construcción sostenible y que, además, establecen múltiples guías para que esta se desenvuelva de forma efectiva. Estas variables hacen referencias a diferentes estrategias en cuanto a diseño que tienen como objetivo lograr un balance entre el diseño de edificaciones visualmente hermosas pero funcionales, generar un estilo de vida con un confort térmico razonable y una eficiencia en el consumo de los recursos. Este balance debe acoplarse a lo que se encuentra ya producido, lo que está en ejecución y lo que a futuro se producirá.

Dentro de este concepto, son muchas las herramientas cualitativas y cuantitativas con grandes aportes que se deben tomar en cuenta a la hora de aprovechar al máximo los recursos que la naturaleza ofrece y con ello, generar grandes propuestas de diseño arquitectónico adaptadas a todas las necesidades que vive la población mundial en los últimos años (David Moisés Montoya Sierra 215).

Son muchas las edificaciones que actualmente se están desarrollando bajo este nuevo concepto constructivo, generando que las entidades que manejan la construcción y además de los Gobiernos, estén desplegando sus nuevos modelos de desarrollo a este campo. En los últimos años, la construcción sostenible se ha convertido en un concepto casi obligatorio.

Sin embargo, y a pesar de ello, hoy día existe una brecha bastante amplia entre los modelos convencionales de construcción y el modelo de construcción sostenible, la cual es generada por la existencia de una creencia de que el desarrollo sostenible de la construcción eleva los costos, evita así su conceptualización. Por lo tanto, todavía existen muchos proyectos que se están desarrollando sin incluir en sus diseños aspectos de sostenibilidad.

Dentro de este grupo de proyectos que se diseñan y construyen sin tener en cuenta criterios en cuanto a diseño de sostenibilidad, está la vivienda social. Esta tipología de edificación se localiza en un sector bastante afectado y castigado durante mucho tiempo, con unas características constructivas bastante pobres que demuestran la falta de estudios por parte de los profesionales para su ejecución.

Lo anterior, obedece al objetivo por el cual nace esta propuesta, la cual tiene como intención cubrir las condiciones básicas necesarias de una población que presenta graves problemas sociales, culturales y económicos, encontrándose en un campo bastante vulnerable. Dicho concepto, es promovido por los gobiernos que solo buscan cumplir sus metas políticas y económicas. Sin embargo, esto ha ayudado a que muchas personas tengan la oportunidad de optar por una vivienda propia, ya que esta hace parte de los derechos fundamentales de las personas para mejorar su calidad de vida.

En muchas partes del mundo, la vivienda social carece de varios servicios indispensables para el desarrollo adecuado de una calidad de vida. En países latinoamericanos, especialmente en Colombia, este panorama se ve reflejado desde varios puntos de vista. La vivienda social en el país latino ha contado con un desarrollo durante el tiempo muy significativo; desde los primeros proyectos construidos, hasta los actuales, es posible identificar las mejoras en este tipo de edificaciones, pasando de ser proyectos muy simples y sin criterios que generen bienestar a convertirse en proyectos más dinámicos y con un desarrollo integral. Esto como resultado de los ajustes realizados a la política de vivienda por parte del gobierno de Colombia en los últimos años.

No obstante, estos proyectos todavía presentan carencias en sus características en cuanto a habitabilidad y sostenibilidad. Por lo anterior, son muchas las propuestas de investigación que surgen y buscan posibilidades de mejorar las condiciones en las que hoy en día, estas viviendas son construidas y así mejorar el estilo de vida de este sector de la población.

Durante los periodos de los presidentes, Álvaro Uribe Vélez (2002-2010) y Juan Manuel Santos (2010-2018), se establecieron diferentes directrices para que los proyectos de vivienda de interés social se destacaran no solo por cumplir con el déficit habitacional, sino también con soluciones de una infraestructura

Master Universitario en Edificación Sostenible – MUES. Propuesta de autoconstrucción para la adecuación interna de viviendas sociales en Colombia mediante criterios de arquitectura pasiva.

verde. Sin embargo, esto solo quedó en propuestas y la construcción de vivienda de interés social en Colombia siguió proyectándose bajo los modelos convencionales de construcción que hoy se pueden identificar como industrializado, el cual es más utilizado para el diseño y ejecución de estos proyectos.

En Colombia son millones las edificaciones que son ejecutadas bajo los modelos de construcción tradicional y los diseños no cuentan con ningún parámetro de sostenibilidad, que busque la eficiencia en sus funciones y que pueda ofrecerles a las personas un ambiente de confort. Además, son millones las viviendas sociales que todavía se construyen sin incluir en sus diseños características bioclimáticas y ambientales. A pesar de ello, en los últimos años en el país se han creado diferentes documentos como guías o entidades con la finalidad de que los proyectos de edificación en el país incluyendo a la vivienda de interés social, se desarrollen de una forma más verde ofreciendo un hábitat de calidad.

Por todo lo anterior, en el presente documento se toma nuevamente como caso de estudio la vivienda de interés social en Colombia, con el propósito de mejorar las condiciones internas de las viviendas, pero esta vez enfocada a las edificaciones ya construidas sin pretender definir una nueva propuesta de vivienda de interés social. Por lo contrario, con base en lo que está definido, plantear una propuesta eficiente que contribuya al confort interno de las viviendas, acorde a las posibilidades económicas de este grupo poblacional.

Dado que son entregadas con la posibilidad de que los habitantes puedan mejorar sus condiciones bajo sus mismos ideales, las viviendas de interés social en Colombia están diseñadas con el concepto de vivienda progresiva. Esto a su vez, promueve que este sector de la población cuente con una nueva forma para culminar sus viviendas y que estas aporten grandes beneficios a sus habitantes, para que así tengan un hogar con características sostenibles y vanguardistas.

Descripción del problema.

A los numerosos problemas medioambientales que se están viviendo en los últimos años, se suman las dificultades socioeconómicas y culturales por las que algunos países atraviesan. En ciertos casos, parte de la población no cuenta con los recursos necesarios para optar por una calidad de vida fundamentada en aspectos básicos indispensables, siendo la falta de vivienda uno de los principales aspectos en esta situación.

Con el pasar del tiempo, la vivienda se ha desarrollado en algunos casos para satisfacer las necesidades de los seres humanos; sin embargo, esto solo

es posible si los niveles económicos de las personas son altos. Para solucionar este problema, existen varios tipos de vivienda según las necesidades y alcances económicos de los distintos grupos sociales de la población, esto ha generado que la vivienda evolucione y permita cubrir las necesidades básicas de todas las personas.

Este tipo de vivienda se denomina como Vivienda social, la cual se ha ido mejorando y desarrollando a lo largo del tiempo; sin embargo, la mayoría sigue afectada por los pocos estudios que realmente demuestran las necesidades de la población, sumado a los pocos criterios de diseño existentes. Este panorama se ve reflejado en gran parte del mundo, puntuales en Latinoamérica y en países como Colombia.

Este tipo de vivienda en Colombia se ha ido desarrollando significativamente a tal punto que, muchas de ellas no se construyen solamente en zonas de bajo estrato socioeconómico¹. Ahora, estas viviendas también son planificadas en sectores con mejor ubicación, aplicando una mejoría en el equipamiento urbano. Por otra parte, al momento de realizar los diseños de las viviendas, éstas no tienen en cuenta las características climáticas y geográficas de Colombia, siendo un país que tiene una variación climática que depende de la altitud frente al nivel del mar.

Usualmente, las edificaciones se construyen con los mismos parámetros en cuanto a diseño estructural, arquitectónico y de materiales, en todo el territorio colombiano. En consecuencia, ninguna de las viviendas están 100% diseñadas para adaptarse a las condiciones climáticas de la zona; más bien, están estructuradas única y exclusivamente por parte del Gobierno para disminuir el déficit habitacional con el que cuenta Colombia y así cumplir con las metas estipuladas en su política de vivienda.

A pesar de esta problemática, para el año 2019, en Colombia la compra de casas y apartamentos por medio del programa de Vivienda de Interés Social-VIS, aumentó 3.1% su comercialización, y según las declaraciones del Ministro de Vivienda concedidas al Diario El Portafolio, por día aproximadamente más de 320 familias colombianas se convierten en propietarias (Portafolio 2019), mejorando su estilo de vida. Además, esto ha generado una actividad en el desarrollo económico de diferentes sectores como el constructivo y el inmobiliario.

Los proyectos, en su mayoría, están localizados en zonas de nueva expansión urbana, los cuales están generando que los barrios aledaños donde se ubican los nuevos proyectos se estén transformando y logrando un equilibrio

¹ Colombia socialmente y culturalmente está dividida en estratos sociales del 1 al 6, donde 1 es la mayor pobreza y 6 es la mayor riqueza.

social entre ambos. A pesar de ello, este tipo de proyectos está teniendo un criterio de diseño sin acabados que para el gobierno no es un problema, pero sí lo es a nivel sostenible e incluso ambiental en cuanto a diseño arquitectónico. Ya que muchas de estas viviendas son entregadas sin ningún tipo de detalle, sólo es posible evidenciar las necesidades básicas normatizadas y generadas por parte del gobierno que establece que es un espacio con aspectos básicos para ser habitado.

En consecuencia, arquitectónicamente en estas edificaciones todavía persisten ciertos problemas en cuanto a diseño, uno de estos, reside en la falta de criterios de sostenibilidad para hacerlas más eficientes y amigables reduciendo el impacto negativo en el medioambiente. Por lo que, se requiere responder a dicha problemática y así lograr un hábitat con un confort interno razonable.

Debido lo planteado anteriormente y acorde al panorama actual sobre el desarrollo de la VIS en Colombia, es importante que los propietarios y el segmento de la población interesada en adquirir este tipo de vivienda conozcan la importancia de la construcción sostenible, ampliando y aplicando diferentes estrategias en cuanto a diseño enfocado al confort. Al respecto, no hace falta crear nuevos diseños, por el contrario, se requiere analizar los actuales y considerar qué aspectos se podrían mejorar para potencializar sus propias características, y así, contar con un parque edificatorio sostenible y brindar a este grupo de personas nuevas posibilidades ya existentes en diseño para culminar sus viviendas de manera sostenible.

Objetivos.

Se plantea como objetivo general: presentar soluciones de medidas pasivas que promuevan el confort y la eficiencia al interior de la Vivienda de Interés Social en Colombia, opción sostenible para la población interesada en adquirir este tipo de inmueble. Para lograr este objetivo general se requiere de los siguientes objetivos específicos:

- Analizar la sucesión de eventos que ha dado como resultado el desarrollo de las características y aspectos que definen la construcción de la Vivienda de Interés Social en Colombia. Documentar su situación actual, conforme a las nuevas directrices reglamentadas por el Gobierno.
- Describir las características técnicas constructivas y arquitectónicas que componen este tipo de edificaciones.

- Identificar la normativa Colombia en materia de sostenibilidad que regula la construcción de este tipo de proyectos, teniendo en cuenta la Vivienda de Interés Social
- Documentar las particularidades del entorno en donde se localiza la vivienda modelo, analizando la zona, sus condiciones climáticas y las particularidades tipológicas de la misma.
- Demostrar los elementos que podrían restaurarse y convertirlos en promotores del confort al interior de las viviendas de interés social, basados en propuestas pasivas ya existentes, utilizando programas que faciliten la comprensión de datos y valores para sustentar la viabilidad técnica y económica de la búsqueda de dicho confort.

Justificación.

Los aportes sobre la búsqueda de alternativas profesionales que permiten disminuir el impacto que está generando la actividad del hombre sobre el medio ambiente, son cada día más activos y contundentes. Dentro de este amplio campo de actividades y sectores que definen las acciones de la civilización podemos encontrar al sector constructivo. Este, debido a su amplia variedad de actividades, genera una parte de los problemas que agudizan el impacto sobre el medioambiente. Sin embargo, por parte de algunos profesionales del sector, también se han ido desarrollando alternativas que están transformando la construcción en una de las actividades más eficientes y amigables con el medio ambiente.

Dentro del sector de la construcción se derivan diferentes necesidades que tienen un único objetivo: mejorar las condiciones de vida de los seres humanos. Una de estas necesidades es la construcción de viviendas que resguarden la vida del hombre ante las adversidades de su entorno. En ese sentido, estas viviendas, por su uso, diseños y posterior construcción, permanentemente están en constante desarrollo y evolución, con la finalidad de contar con un espacio de calidad confortable y eficiente. Así como la construcción en general cuenta con diferentes necesidades, las viviendas también poseen diferentes variantes que son asociadas a las necesidades de la población (su estado económico, social y cultural). Una de estas variantes es la vivienda social, la cual por sus características de construcción básica y sus condiciones habitacionales siempre se encuentra en el círculo de lograr mejorar esos aspectos.

La carencia de un hábitat confortable acompañada del diseño y construcción de la vivienda de interés social es una de las situaciones más comunes reflejada en la mayoría de este tipo de proyectos a nivel mundial. En

Master Universitario en Edificación Sostenible – MUES. Propuesta de autoconstrucción para la adecuación interna de viviendas sociales en Colombia mediante criterios de arquitectura pasiva.

Latinoamérica sucede de igual forma, donde el desarrollo de los países y la necesidad de disminuir el alto índice de déficit habitacional está generando que las propuestas arquitectónicas en los proyectos sean escasas y pobres. Más aún, la mayoría de estas propuestas no cuenta con aspectos que la relacionen con sostenibilidad, eficiencia, ni mucho menos generan un hábitat ideal para la población a la cual el proyecto esté dirigido.

Con base en esta problemática, son muchos los profesionales que se encuentran analizando los diseños de proyectos para desarrollar nuevos prototipos arquitectónicos que cuenten con espacios confortables, criterios de sostenibilidad y eficiencia. Sin embargo, queda en el olvido el hecho de que existe un parque residencial de viviendas sociales ya construido, en proceso de construcción y con futuros nuevos proyectos, el cual debe ser analizado y reconfigurado para que logre esa habitabilidad y confort que necesita la población.

De modo que, para abordar un caso específico de Latinoamérica, en este texto se hará referencia a Colombia, siendo un país en donde los diseños de las viviendas de interés social son básicos; ya que de esa forma son entregados a sus dueños, sin terminar y faltando la parte de adecuación de acabados que corresponde más o menos al 80% del proyecto. Esta acción tiene como consecuencia que la población sea la encargada de terminar la vivienda, viabilizando la posibilidad de implementar criterios constructivos que mejoren las condiciones habitacionales, para lograr un confort interno razonable y se reduzca el consumo energético (evitando el uso de elementos como aires acondicionados o calefactores).

Por lo expuesto anteriormente, es de suma importancia que los conocimientos sobre la sostenibilidad sean divulgados de forma precisa a la población que tiene acceso a este tipo de inmuebles. Estas personas, debido a sus escasos recursos, no pueden disponer de la asesoría de un profesional para atender dichas necesidades. Basado en esto, se proyectará en el presente documento un prototipo tomando como base el diseño de una vivienda de interés social actual, en el cual se incorporarán diferentes criterios que logren dar como resultado la mejora de las condiciones de los espacios internos de la vivienda, y que sea la propia población capaz de desarrollar y aplicar los conocimientos de sostenibilidad aprendidos.

Metodología aplicada.

Una vez definidos los objetivos del presente documento se prosigue a definir la metodología aplicada, la cual se divide en tres apartados, es importante

Master Universitario en Edificación Sostenible – MUES. Propuesta de autoconstrucción para la adecuación interna de viviendas sociales en Colombia mediante criterios de arquitectura pasiva.

aclarar que la estructura en la que se decide elaborar el texto parte del análisis a escala general hasta lo más específico, con resultados puntuales.

La primera parte consiste en el análisis bibliográfico general de los aspectos que regulan la construcción de vivienda de interés social en Colombia. Esta parte se divide en tres sub-partes, la primera consiste en el análisis general sobre el clima en Colombia, la segunda en el análisis administrativo, político y constructivo de las viviendas de interés social y por último se desarrolla el análisis de la falta de criterios sostenibles en el diseño de las viviendas.

La segunda parte está asociada con el análisis específico sobre un tipo de vivienda de interés social en Colombia, ubicada y construida en la ciudad de Cali. Con esto se busca definir los diferentes aspectos relacionados con su entorno como un análisis climático y territorial de la zona de estudio, para después definir las características tipológicas generales que conforman la construcción de la vivienda a estudiar.

Por último, la metodología aplicada en el desarrollo de estrategias pasivas en la vivienda, el cual se divide en dos partes, la primera, define las condiciones actuales internas que afecta el confort, y la segunda, consiste en la implementación de estrategias que mejoren las condiciones de confort al interior de la vivienda. Para finalizar, se realizará análisis de resultados utilizando los criterios del estándar Passivhaus y se presentará conclusiones y recomendaciones, al respecto.

Hipótesis.

Las características de los diseños actuales y de modelos constructivos de las Viviendas de Interés Social en Colombia son muy generales, teniendo como objetivo reducir el déficit habitacional de la población. Por lo que, es importante establecer propuestas de adecuación con componentes de sostenibilidad que promuevan un ambiente interno de confort, estimulando así una mejoría en la calidad de vida de los usuarios. Por lo que, se tomó como caso de estudio un modelo de vivienda ubicado en la ciudad de Cali, que permitirá comprobar la falta de confort en este tipo de viviendas y de esta manera determinar soluciones acordes a los requerimientos de los propietarios.



CAPITULO 2.

CONDICIONANTES CLIMATOLÓGICOS DE COLOMBIA.

CAPÍTULO 2.

Condicionantes climatológicos de Colombia.

Este capítulo se compone de los aspectos más relevantes y específicos del clima general en Colombia. Brevemente, se analizan la ubicación y el territorio, los cuales son importantes en la caracterización de las distintas variaciones climatológicas logrando clasificar la diversidad climática en el país. Además, este punto es de suma importancia, ya que permite entender los criterios que se requieren para el diseño, construcción y adecuación de una edificación.

Lo primero y más importante para entender más sobre Colombia es analizar y definir las características climáticas generales con las que cuenta su territorio.

Territorio.

Colombia es un territorio que se encuentra localizado en el norte del extremo sur del continente americano, muy cerca de la línea del Ecuador. Específicamente, está ubicado en la zona tórrida o tropical de la tierra, como es posible apreciar en la siguiente Ilustración 2.



Ilustración 2. Ubicación territorial de Colombia en el cono sur de América. Fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/Colombia>

El país latino cuenta con una superficie bastante amplia, de unos 1.141.784 km², ocupando el puesto número 26 entre los países más grandes del mundo en cuanto a superficie. Su territorio se encuentra dividido en seis regiones naturales configuradas por sus aspectos climatológicos, topográficos y sociales de la siguiente manera: Región Caribe, Región insular Providencia, Región Pacífica, Región Andina, Región Orinoquia y Región Amazónica, las cuales a la vez se subdividen en 32 Departamento, como es posible apreciar en la siguiente Ilustración 3.



Ilustración 3. Mapa de Colombia y subdivisión espacial en regiones territoriales. Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Regiones_naturales_de_Colombia

Otro de los aspectos importantes de la geografía colombiana es que es el único país de sur América que cuenta con costas hacia dos océanos (Pacífico y Atlántico), dotando a la nación de una excelente ubicación frente al resto de países del subcontinente americano. Inclusive, el país se encuentra atravesado de sur a norte por el sistema montañoso de los Andes, el cual al entrar a territorio colombiano se divide en tres grandes cordilleras (oriental, central y occidental). Este sistema Montañoso junto con la placa tectónica del Pacífico hace de

Colombia un país altamente sísmico y con un clima tropical variado, gracias a la elevación de las montañas frente al mar.

Clima.

Como se mencionó anteriormente, Colombia se encuentra localizada en la zona tórrida del planeta muy cerca de la línea ecuatorial. Esta ubicación hace que el país cuente con un clima generalmente tropical seco o húmedo, sin contar con variaciones climáticas anuales, es decir, su clima es prácticamente constante con una variación muy suave durante el año. Las 4 estaciones (primavera, verano, otoño e invierno) no se dan, sino que la variación estacional se define por el nivel pluvial. Esta leve variación genera la presencia de dos temporadas climáticas: la primera, temporada seca (verano) que va de diciembre a mayo, y la segunda, temporada húmeda (invierno) que va de junio a noviembre. En este segundo periodo es cuando se presenta el mayor número de precipitaciones en todo el territorio nacional, ya que Colombia cuenta con la zona más lluviosa del mundo: el chocó colombiano.

Lo anterior, se debe al eje de inclinación del planeta Tierra, donde las zonas cercanas a la línea del ecuador reciben la misma energía proveniente del sol durante todo el año, esto quiere decir que las horas de luz y de oscuridad son también constantes durante el año con 12 horas cada uno, haciendo que no exista el invierno en las zonas tropicales terrestres (Diaz 2016).

Entendiendo lo anterior, el factor más importante para comprender el clima en Colombia es la altitud provocada por las montañas frente al mar, resultando en clasificaciones del clima según los pisos térmicos o la elevación predominante de una zona específica.

Pisos térmicos en Colombia.

El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) es la entidad encargada de estudiar y verificar todos los aspectos relacionados con el clima en Colombia. Dicha entidad establece que el clima en el país se clasifica por medio de pisos térmicos, los cuales permiten la distinción de los tipos de climas con los que cuenta este territorio. Sin embargo, esta institución basa sus cifras en los datos de CALDAS-LANG, un sistema que se basa en todos los valores de la temperatura con respecto a sus distintos cambios de altitud sin tomar en cuenta la latitud, siendo esto establecido por Caldas; mientras que Lang toma en cuenta la relación entre la precipitación y la temperatura para obtener de una manera más óptima sus resultados (agrológicos 2014).

La clasificación establecida por el IDEAM se produce en función a la altitud predominante frente al nivel del mar y se divide en cinco pisos térmicos de la siguiente manera: cálido, que va desde el nivel del mar hasta los primeros 1000 m sobre este; templado, que va desde los 1000 metros sobre el nivel del mar (msnm) hasta los 2000 msnm; frío, que va desde los 2000 msnm a los 3000 msnm sobre el nivel del mar; páramo, que va desde los 3000 msnm a los 4500 msnm sobre el nivel del mar: y por último están los glaciales o nieves perpetuas, que va desde los 4500 msnm en adelante (ver Ilustración 4).

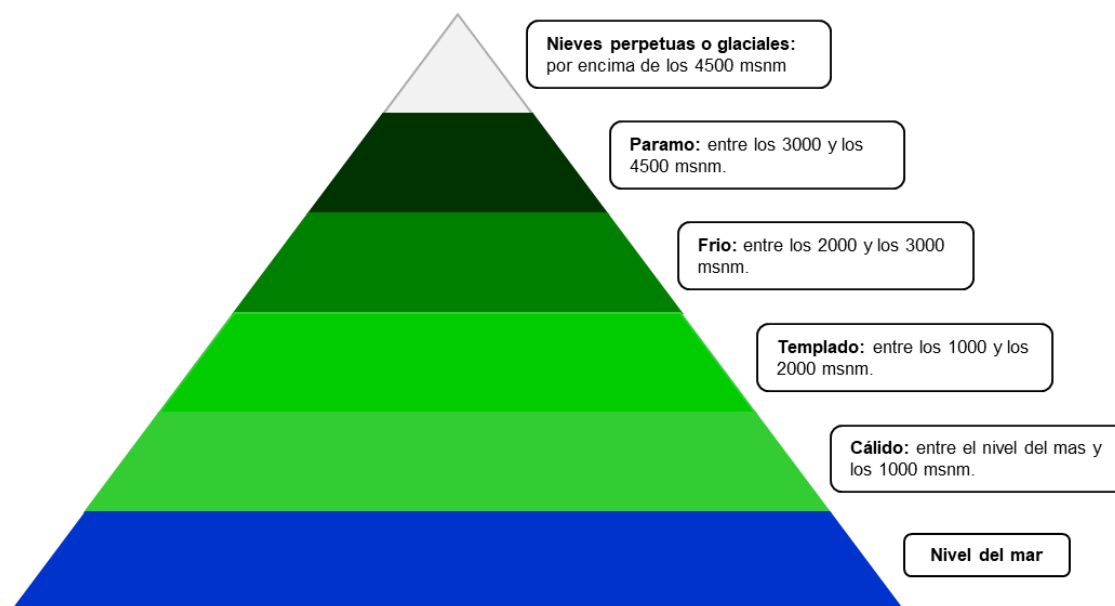


Ilustración 4. Clasificación de pisos térmicos en Colombia. Fuente: elaboración propia.

Cada piso térmico posee en promedio temperaturas medias; sin embargo, a medida que se va aumentando la elevación con respecto al nivel del mar, por lo general aumentan en promedio 1.8 °C por cada 100 m de altitud. Por ejemplo, en los climas más cálidos, los cuales están cerca del nivel mar, es posible encontrar temperaturas medias entre los 28 °C y los 38 °C; en zonas frías, que son entre los 2000 y los 3000 metros sobre el nivel del mar (msnm), es posible encontrar temperaturas promedio entre los 10 °C y los 17 °C. Esto quiere decir que a medida que se vaya aumentando la altitud, el clima va cambiando de cálido a templado, de templado a frío y así sucesivamente (Cajal 2017). A continuación, se definen las características de cada uno de los pisos térmicos donde se acentúa la mayor parte de la población colombiana.

- **Piso Térmico Cálido:** comprende las zonas localizadas entre el nivel del mar y los mil metros de altitud con temperaturas medias promedio que oscilan entre los 24 °C y los 38 °C. En el país, este piso térmico comprende el 80% de su territorio y se presenta en las 6 regiones de Colombia. Además, 913.000 km² cuentan con este

tipo de clima, el cual es posible encontrar en islas, en las zonas bajas cerca de los ríos, llanuras costeras y en algunas laderas (Diaz 2016).

- **Piso térmico templado:** comprende las áreas que se localizan en las zonas bajas de los sistemas montañosos que corresponden al 10% (114.000 km²) del territorio nacional. Este está comprendido entre los 1000 msnm y 2.000 msnm con temperaturas que oscilan entre los 24 °C y 17 °C (Diaz 2016).
- **Piso térmico frío:** este piso térmico se localiza en las zonas de altura media y alta del sistema montañoso de Colombia, exactamente entre los 2000 y 3000 msnm, con temperaturas medias aproximadas entre los 10 °C y los 17 °C y ocupando el 7,9% (aproximadamente unos 93.000 km²) de territorio nacional (Diaz 2016).

Por último y basado en la clasificación de los pisos térmicos, es posible identificar que el clima en Colombia se clasifica de la siguiente manera: clima cálido, templado frío y glacial. Sin embargo, el clima más predominante de la nación es el cálido, el cual según el IDEAM se subdivide en el país en dos formas: clima cálido húmedo y clima cálido seco. Para entender mejor la clasificación de los diferentes climas, se definirán por medio de la temperatura, la humedad relativa, la ubicación y la elevación de las principales ciudades, para así lograr una visualización más acertada del clima en Colombia; esta sería: clima cálido húmedo (Barranquilla 18 msnm), clima cálido seco (Cali 997 msnm), clima templado (Medellín 1495 msnm) y clima frío (Bogotá 2625 msnm) (Ministerio de Vivienda 2015b). Esto se ve reflejado de forma gráfica en la siguiente Ilustración 5.

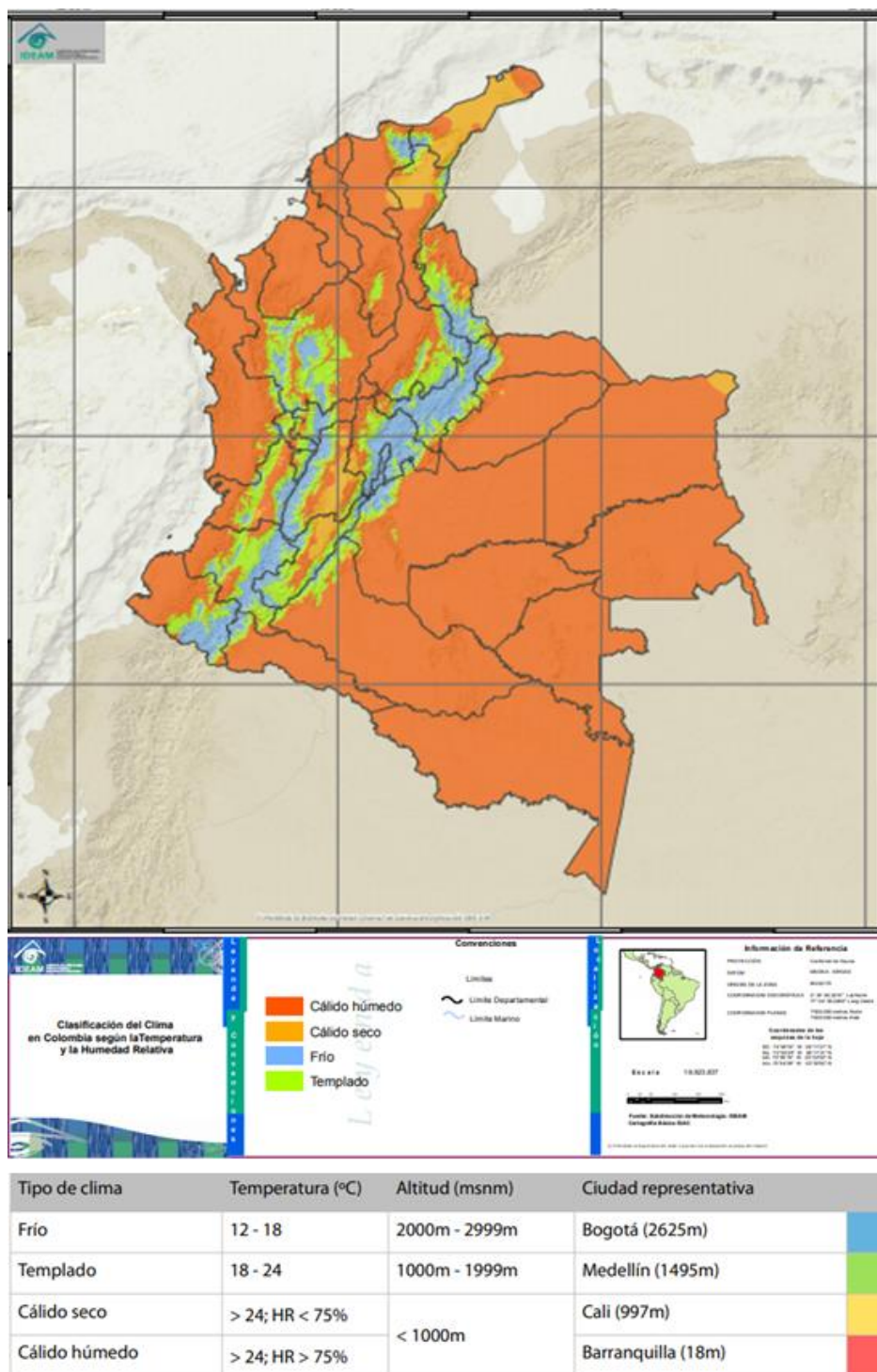


Ilustración 5. Clasificación del clima en Colombia según la temperatura y humedad relativa. Fuente: <http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioVivienda/ANEXO%201%200549%20-%202015.pdf>

Son varios los aspectos que condicionan el clima de Colombia y lo caracterizan según la región y el piso térmico de la zona. A continuación, en las siguientes ilustraciones se muestran los siguientes aspectos: temperatura media anual, humedad relativa, Velocidad del viento y precipitaciones

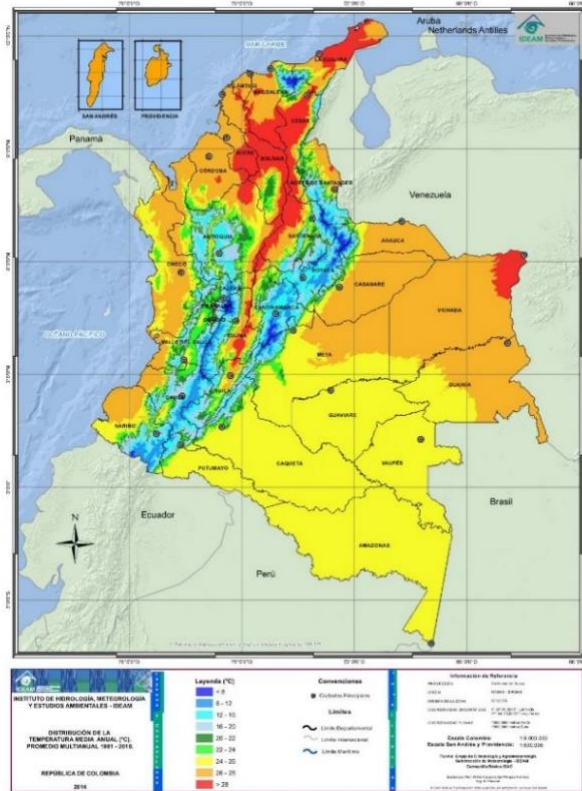


Ilustración 6. Temperatura media anual. Fuente: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023777/CLIMA.pdf>

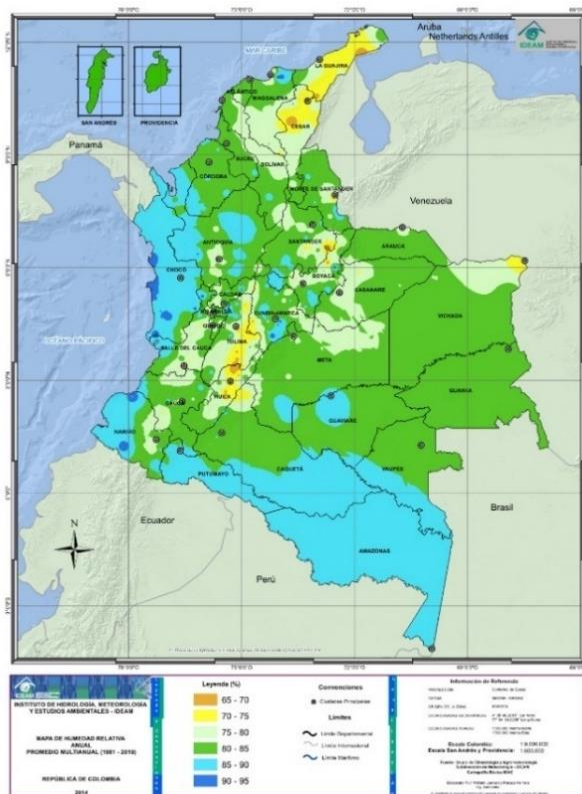


Ilustración 7. Mapa de humedad relativa anual. Fuente: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023777/CLIMA.pdf>

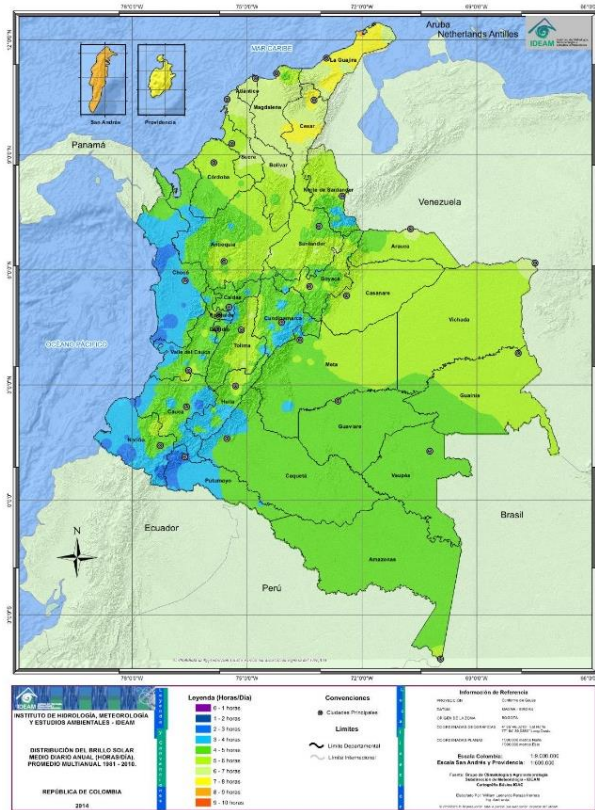


Ilustración 8. Mapa de distribución del brillo solar medio diario anual (horas día). Fuente: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023777/CLIMA.pdf>

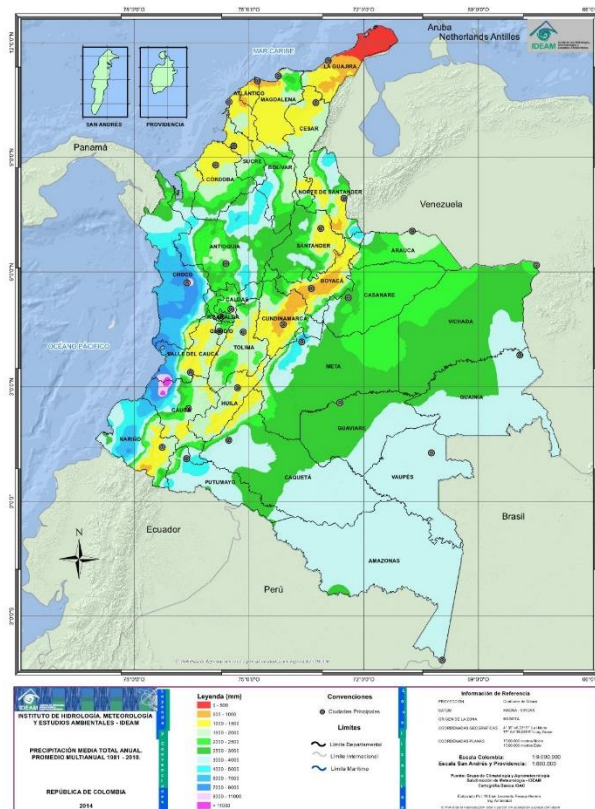


Ilustración 9. Mapa de precipitaciones anuales. Fuente: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023777/CLIMA.pdf>



CAPITULO 3.

LA VIVIENDA DE INTERES SOCIAL EN COLOMBIA.

CAPITULO 3.

LA VIVIENDA DE INTERES SOCIAL EN COLOMBIA.

En el presente capítulo, se documentará el proceso que ha desarrollado la Vivienda de Interés Social (VIS) en Colombia, pasando por su evolución histórica, su estado actual, las políticas y programa que las componen, tipos de vivienda de interés social existentes, proyectos urbanos y habitacionales, algunos referentes y por último características tipológicas constructivas y posterior entrega de los inmuebles a la población.

Concepto de la vivienda social.

El concepto o diseño de la vivienda de interés social nace por el déficit de vivienda existente en los países desarrollados (España, Reino Unido, Japón, entre otros) con la finalidad de apoyar a la población con menos recursos adquisitivos para que puedan optar por una vivienda digna y propia. Según el diccionario prehispánico del español jurídico, esta define a este tipo de viviendas como la *“vivienda que cumple una función social de habitación habitual o permanente de personas en una situación de necesidad”*².

Este concepto se desarrolló aún más después de la época industrial, en la cual el aumento de la población obrera requería mejores condiciones de habitabilidad; fue el detonante para que los gobiernos comenzaran a desarrollar proyectos que buscaran resolver esta necesidad de una forma adecuada y simple. En sí, se trata de proyectos residenciales con un único objetivo de garantizarle a las personas el derecho de contar con un techo. En definitiva, este tipo de vivienda es otorgada a las personas más vulnerables y con ingresos reducidos, asimismo, las viviendas deben contar con los requisitos mínimos de habitabilidad que de por Ley existen: servicios de agua, luz, gas, acueducto, zonas comunes y una adecuada accesibilidad.

² Diccionario prehispánico del español jurídico [sitio web]. Fecha de consulta: 7 de agosto de 2020
Disponible en: <https://dpej.rae.es/lema/vivienda-social>

Antecedentes.

Comparando a nivel global, Latino América cuenta con un déficit de vivienda desde hace varios años. Este problema se ve reflejado en la mayoría de los países que conforman al continente, siendo Colombia uno de los partícipes principales. Este déficit en el país es consecuencia directa de la desigualdad económica, social y generacional que existe, los problemas de seguridad y el crecimiento avanzado de la población en condiciones de pobreza, por mencionar algunos. En consecuencia, esta situación ha dado como resultado que gran parte de la población de Colombia no pueda optar por cuenta propia con una vivienda digna para desarrollarse de forma adecuada (Parra 2016).

Asimismo, esta problemática viene presentándose desde la década de los años 70 hasta la actualidad, con la cual las ciudades se han convertido en el foco principal debido a las masivas migraciones provocadas por la falta de oportunidades laborales, el conflicto armado interno del país, la violencia y los problemas medioambientales. Por consiguiente, se ha evidenciado crecimiento exponencial en muchas de las ciudades principales, las cuales para los años 70 contaron con expansiones urbanas sin control a gran escala, en donde no existían planes para la construcción de viviendas (Parra 2016).

En paralelo a los problemas sociales que actualmente se manifiestan en el país, se encuentran los elevados costos para la adquisición de viviendas, comparando, los ingresos promedio (salario mínimo a fecha de 2020 \$980.657, en euros €220.647) de algunas familias con aquellas que no tienen nada para sustentarse. Con relación a estas últimas, la mayoría de éstas gastan sus ingresos en aspectos como la alimentación o la salud porque las entradas monetarias no alcanzan para suplir todas las necesidades básicas de los hogares, llevando al desarrollo limitado de las familias. Esta situación se ha convertido en un ciclo donde la familia se sumerge en la incapacidad de mejorar su calidad de vida e invertir en otros aspectos para el desarrollo personal, como lo sería la educación (Parra 2016).

Después de las masivas movilizaciones que sucedieron en la década de los años 70, el Estado inició la planificación adecuada de las ciudades y los programas de vivienda. Con esto se modificó el dinamismo de la nación, ya que pasó de ser un país rural a convertirse en un país netamente urbano, con lo cual también fue cambiada la forma de vida de las personas. Sin embargo, esta planificación y los programas de vivienda no llegaron a tiempo para controlar a la población, siendo poco efectivos para resolver el gran problema de la migración.

Así pues, los programas de vivienda en el país comenzaron a ser controlados en el mercado por las empresas constructoras y por la especulación inmobiliaria. Con esta nueva ideología de mercado y la necesidad de generar construcciones masivas por parte de estas empresas, comenzaron a disminuirse las especificaciones técnicas y de habitabilidad, siendo estos factores importantes para la calidad de vida de la población (Parra 2016).

Mientras las empresas constructoras privadas entraban en el negocio de la construcción de vivienda de interés social, las entidades bancarias también lo hacían, pero habilitando créditos a la población para la compra de viviendas. Esto generó problemas económicos a muchas familias, ya que los ingresos les impedían gastar el dinero en otro tipo de bienes o servicios que no fueran las necesidades básicas.

Los proyectos cuyo objetivo específico es ser usados como vivienda de interés social en el país no cuentan con aspectos ni criterios arquitectónicos destacados, ya que los estudios pertinentes para esto no requieren de un espacio agradable, sino básico y que cumpla con la función de “vivienda”. Más aún, estos tampoco se basan en criterios de diseño dependiendo de su ubicación y su entorno, se desarrollan sin analizar aspectos climatológicos ni geográficos de los municipios donde estos proyectos se ejecutan.

Por otra parte, los sistemas constructivos con los que se diseñaban estos proyectos eran básicos y poco seguros, en relación con la característica sísmica del país. Estos sistemas eran construidos con hormigón porticado, muros en ladrillo, revoque con mortero de cemento y en algunas ocasiones contaban con mampostería estructural, esta última provocaba que algunas edificaciones tuvieran problemas graves en relación con su estructura y esto aumentaba el desperdicio de materiales. Sin embargo, algunas cosas de las mencionadas anteriormente lograron mejorarse y hacer de estas viviendas lugares más seguros y confortables para las familias (Parra 2016).

Por otra parte, la normativa por la cual se regula la construcción de la vivienda de interés social en Colombia establece que las viviendas construidas bajo esta tipología “social” estén diseñadas bajo el concepto de vivienda progresiva, esto consiste en que los diseños de las viviendas puedan modificarse de acuerdo a las necesidades del usuario. Sin embargo, este concepto no es del todo cierto ya que, en muchos de los casos, los usuarios no pueden modificar los espacios de las viviendas construidas, ya que si lo hacen comprometen al estado con la estructura de la edificación y no seguirían las normas de propiedad horizontal que establece el gobierno. Lo mencionado anteriormente es más posible lograr en las casas, en las cuales los usuarios cuentan con derecho para ampliar y transformar sus viviendas bajo los lineamientos urbanos establecidos por el municipio.

En definitiva, este tipo de proyectos está promoviendo que muchas personas con mínimos recursos puedan contar con una vivienda propia y poder acceder a ella; algunas de forma gratuita y otras por medio de créditos bancarios apoyados por el gobierno, mediante cuotas bancarias mínimas. No obstante, al ser las casas entregadas a sus usuarios por parte de las constructoras, estas solo cuentan con los criterios arquitectónicos mínimos para ser habitables: una vivienda básica, con acabados mínimos y en algunos casos sin terminar.

En consecuencia, muchos de estos usuarios buscan la manera de poder culminar las obras de sus viviendas y debido a sus ingresos, algunas personas no pueden apoyarse o asesorarse a través de un profesional que tenga el conocimiento arquitectónico adecuado, lo cual obliga a que tengan que buscar a una persona que le haga el trabajo a un menor coste, generando una serie de inconvenientes y problemas tanto para la sociedad como para el medioambiente.

Proceso histórico de la vivienda de interés social en Colombia.

El análisis a desarrollar a continuación se basa en la información documentada y definida en el libro “Colombia: Cien años de la política de vivienda”(Ministerio de Vivienda 2014), sobre los procesos históricos que la política de vivienda ha desarrollado durante los años y los cambios más relevantes. Igualmente, la información a la que se hace referencia en el libro es desarrollada con base a las investigaciones realizadas por los arquitectos Alberto Saldarriaga en 1995 (Roa 1995) y Olga Lucia Ceballos en el 2008 (Ceballos 2008), y aportación de lo sucedido en las fechas siguientes a 2008.

El primer período se puede denominar como la concepción higienista que abarca del 1918 al 1942 y surge gracias a las inapropiadas condiciones de salud dentro de las viviendas, lo que genera denuncias por parte de entes médicos y a lo que el gobierno responde creando inversiones e instituciones que se encarguen de estos problemas. Algo importante fueron las reformas de 1936, las cuales fueron clave para que la sociedad se enfocara en una propiedad social (teniendo a la propiedad, sociedad y ciudad dentro de un mismo sistema); sin embargo, se seguían buscando reformas para unirse más a la población y poder lidiar con la pobreza.

En este tiempo, el Instituto de Crédito Territorial (ICT), creado entre 1936 y 1942, se dedicó a la construcción y financiación de la vivienda rural. Es justo en esta época cuando comienzan a surgir proyectos para producir viviendas urbanas, gracias a la ayuda también del desarrollo de la industria y del éxodo rural.

El segundo período, se refiere a la concepción institucional y abarca de 1942 a 1965; se llama así porque en estos años se consolida la intervención del estado ahora involucrado en la oferta y demanda de las unidades de vivienda. Para la creación de estas se crean instituciones como lo son: la Caja de crédito agrario, la Caja de vivienda militar y la Caja de vivienda popular de Bogotá. Además, se mejoran las condiciones de vivienda invirtiendo en varios recursos con la ayuda de instituciones como: el Instituto de fomento Municipal (INSFOPAL) y el Instituto Nacional de Salud con competencia en saneamiento y agua potable en el campo. De esta manera la vivienda de interés social comienza a formar parte en lo que el gobierno denomina como vivienda económica, la cual es el tipo de vivienda que puede acceder cualquier persona sin importar su situación económica.

Ahora el sector privado interviene en programas de vivienda de interés social, ampliando así el mercado y el desarrollo de las viviendas obteniendo más beneficios; uno de estos serían los subsidios del gobierno (entre 1953 y 1957) para pagar parte de la vivienda dependiendo de la cantidad de hijos dentro del núcleo familiar. En esta época, el gobierno usa por primera vez la ley de propiedad para expropiar propiedades y dedicarlas al interés social. Es una época de muchas dudas y preocupaciones sobre el desarrollo y mejoramiento de la vivienda en muchos aspectos, que abarcan la mayoría de sus características, sobre todo el proceso de prefabricación y programas de construcción progresiva.

Igualmente, estas preocupaciones sobre las viviendas llegan a un nivel superior en el periodo de 1958 y 1962, cuando se profundizó la situación de ser Colombia un país subdesarrollado. En este sentido el valor de la construcción se incrementa por ser ciudades con mayor dimensión y, por lo tanto, a la población se le dificulta adquirir las viviendas. Dentro de las formas cuantitativas y cualitativas, una de las preocupaciones de esta última tiene que ver con las precarias condiciones de salubridad, para lo que se desarrollan planes para destinar dineros públicos y así intervenir directamente sobre la vivienda. En general, lo que se busca es que el costo final de la vivienda sea menor, pero se necesita la ayuda de organismos internacionales que apoyen al ente público.

El tercer período abarca del 1965 al 1972 y se conoce como un período de transición. En esta etapa el Fondo Nacional de Ahorro (FNA) comienza a cobrar más importancia operando con los funcionarios del sector público para fomentar líneas de crédito hipotecario y programas habitacionales. Para lograr este objetivo, en 1969 se crea el Consejo Superior de Vivienda y Desarrollo Urbano para guiar el curso de esta política habitacional y urbana que se lleva a cabo dentro del país.

Así como se mencionaron los subsidios en el segundo período, aquí se generan subsidios para abaratar los costos de la construcción. La vivienda de interés social es un nuevo concepto, el cual hace referencia a una vivienda económica y subsidiada para aquel porcentaje de la población que cuenta con pocos ingresos, dándole nuevamente uso al campo y a la implantación de una reforma agraria para aumentar la productividad comercial del país. La construcción logra convertirse en el sector generador de empleo, teniendo influencia en otros sectores y adquiere importancia en la economía. En un período de dos años (del 1970 al 1972), se da paso a las corporaciones de ahorro y vivienda, lo cual se mantiene hasta el 1990 y ya más adelante, se crearían las Unidades de Poder Adquisitivo Constante (UPAC).

Con respecto a las corporaciones de ahorro y vivienda, período marcado del 1971 al 1990, las entidades bancarias y los constructores privados comienzan a ejercer una fuerza para apoyar a las corporaciones de ahorro, y así crear un nuevo mercado para la vivienda de interés social antes mencionada. Dentro de este mercado existen dos modalidades (la vivienda pública por encargo y la vivienda formal de origen privado) y dos métodos de construcción (las asociaciones de vivienda y la producción informal o ilegal).

Ahora los actores privados son quienes controlan el mercado y el control de la vivienda de interés social, siendo entonces el gobierno quien implanta las leyes y normativas para que la construcción mantenga la economía del país generando gran cantidad de empleos. Comienzan a surgir nuevas concepciones de ciudad con cuatro opciones de solución: zonas subnormales, vivienda de desarrollo progresivo, servicios comunales básicos y mejoramiento de las comunidades; sin embargo, siguen los problemas con respecto al déficit cuantitativo de viviendas hacia la parte de la población que tiene menos ingresos. Más adelante, Bogotá logra vía libre para generar proyectos a gran escala con la descentralización de los programas de vivienda, todo gracias a la ley 9 de 1989.

De 1990 al 2012 se busca una nueva concepción de mercado y subsidios a la demanda. Se dio cuenta el gobierno de Colombia que era necesario cambiar la forma en la que venían abordando los problemas de vivienda, enfocando la atención e importancia en la distribución de ingresos más que en la construcción y de esta forma el gobierno ya no competiría con el sector privado. A pesar de esto, es necesario replantear el sistema, y nace el Sistema Nacional de Vivienda de Interés Social y el Subsidio Familiar de Vivienda; esto genera un conflicto en 1991 respecto a que todos los colombianos no tenían acceso a una vivienda digna. Por consiguiente, en 1994 se crean redes de solidaridad para el porcentaje de la población con menos recursos y en 1999 se crean las cuentas de ahorro para el fomento de la construcción.

Por último, en los años comprendidos entre el 2006 y el 2012, se lleva a cabo la política de ciudades amables para disminuir la pobreza, hacerle promoción al empleo y balancear a la población utilizando varios mecanismos. En este sentido, en el último año de gobierno, existía la meta de construir un millón de viviendas, de las cuales 649.454 eran de interés social; sin embargo, en cuatro años solo lograron cumplir el 15% de la meta planteada (ver Ilustración 10).

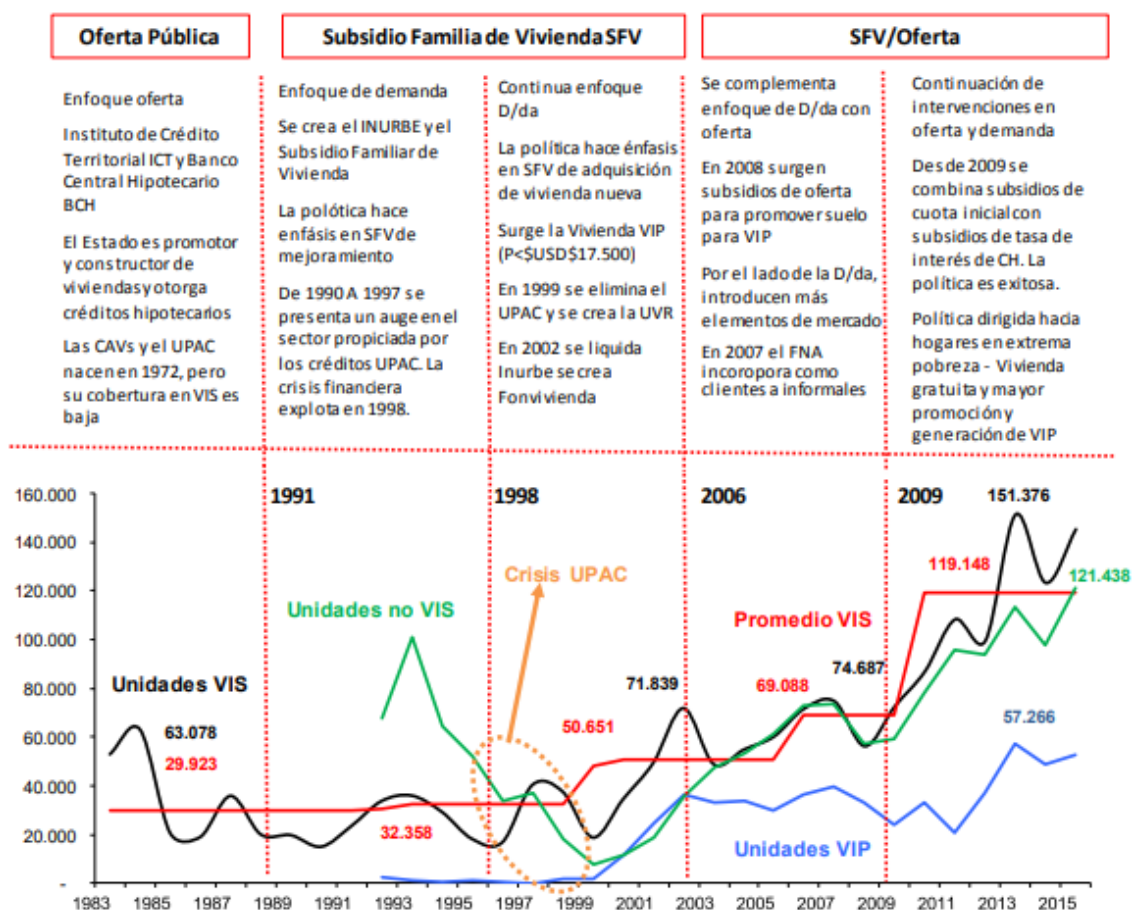


Ilustración 10. Proceso evolutivo de la política de vivienda en Colombia. Fuente: <https://www.fedesarrollo.org.co/sites/default/files/visorPDF%20%2816%29.pdf>

Política actual de la vivienda de interés social en Colombia.

Desde la década de 1930, Colombia ha promulgado una ley que regule la política de vivienda, incluida la vivienda de interés social (VIS). Desde su establecimiento, esta política se ha desarrollado para satisfacer las necesidades sociales, económicas y culturales de la población colombiana. Sin embargo, la Ley No. 15 de 2012³, promulgada en el 2012, fue el punto de partida para que la política de vivienda se convirtiera y evolucionará a lo que el gobierno hoy llama una política integral, la cual analiza todas las características que se requieren para que los proyectos de vivienda de interés social cuenten con una calidad superior.

Este nuevo concepto mejora las capacidades del gobierno para desarrollar la política, la cual establece los siguientes criterios: articulación de la política de vivienda con las estrategias de superación de la pobreza extrema, crecimiento económico y generación de empleo; articulación de las políticas de agua y vivienda; atención simultánea a los factores determinantes de la demanda y oferta; adaptación de un nuevo modelo de gestión para los recursos del subsidio familiar de vivienda; por mencionar algunas (Ministerio de Vivienda 2014).

De acuerdo a lo anterior, la política de vivienda de interés social se encuentra dirigida por dos elementos importantes que la define. El primer elemento corresponde a la verificación de la diversidad que existe sobre las necesidades habitacionales de los hogares colombianos. El segundo elemento consiste en la fragmentación que viven los hogares vulnerables, dentro de los cuales también existe una división característica de los niveles sociales (Tito Yepes 2017).

Basados en el desarrollo del mercado y en las necesidades de la población, la verificación y la fragmentación dirigen a la política hacia dos conceptos importantes. El primero es la política de oferta dirigida a los hogares con ingresos económicos bajos y que por ende se les dificulta acceder a servicios financieros bancarios. En el segundo concepto estaría la política de demanda, que les permite una solución más efectiva a los hogares con ingresos superiores al salario mínimo vigente; estos tienen la oportunidad de acceder a servicios bancarios con ayuda de los subsidios del gobierno (Tito Yepes 2017).

³ Ley 1537 expedida el 20 de junio de 2020, cuyo objeto es “señalar las competencias, responsabilidades y funciones de las entidades del orden nacional y territorial, y la confluencia del sector privado en el desarrollo de los proyectos de Vivienda de Interés Social y proyectos de Vivienda de Interés Prioritario destinados a las familias de menores recursos, la promoción del desarrollo territorial, así como incentivar el sistema especializado de financiación de vivienda”. Fecha de consulta: 10 de agosto de 2020. Disponible en: http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1537_2012.html

La actual oferta y demanda de la política de vivienda se estructura bajo tres criterios fundamentales: subsidios en especie, subsidios a la tasa de interés y subsidios a la cuota inicial. Estos tres criterios están relacionados entre sí dependiendo de a cuál política son dirigidos. Por un lado, la política de oferta se encuentra dirigida a los subsidios en especie; mientras que por el otro lado, la política de demanda lo está a los subsidios a la tasa de interés y al subsidio a la cuota inicial (Tito Yepes 2017).

Todos los aspectos mencionados en los párrafos anteriores que estructuran la política de vivienda actual son determinados por las posibilidades económicas de la población colombiana, analizando grupos de personas de distintos estratos sociales para cada una de estas ofertas (Tito Yepes 2017). En respuesta a esta nueva política, el gobierno ha desarrollado cuatro programas de vivienda con el fin de promover y estimular la necesidad de las personas de optar por una vivienda, esto se define a continuación en la siguiente Ilustración 11.



Ilustración 11. Instrumentos actuales de la política de vivienda. Fuente: <http://www.minvivienda.gov.co/Documents/100anosdepoliticahabitacionales.pdf>

Programas de vivienda de interés social en Colombia.

El análisis a desarrollar a continuación, sobre los programas de vivienda de interés social en Colombia se basa en la información documentada, el libro de “Colombia: cien años de políticas habitacionales” (Ministerio de Vivienda 2014) y el informe final del “programa de vivienda de interés social de enero 2017” (Tito Yepes 2017):

Analizando la población beneficiaria con los nuevos aspectos y elementos que estructuran a la política integral de la vivienda de interés social, esta ha definido para categorizar en tres programas a los que la población puede acceder según su capacidad financiera y según las necesidades sociales urgentes. A continuación, se definen y especifican los tres programas que existen según las necesidades puntuales de la población:

1- Programa de vivienda gratuita: en este programa se toma en cuenta a la población más vulnerable para otorgarles un Subsidio Familiar de Vivienda en Especie (SFVE); se enfoca en aquellas personas que se encuentran en una posición de pobreza extrema y se les dificulta acceder a los beneficios básicos para subsistir; como son viviendas gratis no tienen que pagarlas. Este porcentaje de la población necesita de este tipo de ayuda debido a que son incapaces de cumplir con la mayoría de sus pagos y a acceder al mercado de crédito; sin embargo, quieren una Vivienda de Interés Prioritario.

Este programa no solo otorga un subsidio, sino también provee de infraestructuras sociales alrededor de estos proyectos de vivienda para ofrecer un entorno más armónico. El programa había comenzado con una meta de entregar 100.000 viviendas de interés prioritario entre el 2012 y el 2015, meta que lograron y ahora en la actualidad se encuentran en la segunda fase del programa con una meta de 30 mil viviendas.

El programa de vivienda gratuita es uno de los más sencillos de todos los programas para realizar su ejecución; se llegaron a asignar cerca del total de los subsidios otorgados para este. Para llevar a cabo este programa se necesitaron 3 esquemas: primero, la adquisición de Viviendas de Interés Prioritario desarrolladas en proyectos privados, es decir, el Estado se encargó de comprar las viviendas realizadas por privados para poder usarlas para el proyecto, así otorgándoselas a aquellas familias vulnerables necesitadas (a base de un subsidio).

Segundo, la selección de aquellos constructores que iban a ser los encargados de ejecutar los proyectos; claramente, el Estado fue el responsable de contratar a las empresas y aportar los lotes para dichos proyectos. Por último, está la adquisición de viviendas ejecutadas, gestionadas e incluso promovidas por ciertas entidades públicas, a base de la adquisición también de proyectos fomentados por entidades territoriales.

2- Programa para viviendas VIS y no VIS: en este grupo están los programas de Cobertura condicionada de vivienda VIS y no VIS. En el caso del programa de las viviendas VIS, el objetivo ha sido reducir la tasa

de interés por medio de un subsidio a la demanda para privatizar este servicio al público y así beneficiar a ciertos sectores específicos. Con esto, las personas tienen la capacidad de pagar lo necesario para obtener una vivienda mediante el mercado de crédito. El Fondo de Reservas para la Estabilización de la Cartera Hipotecaria (FRECH) es quién administra este programa, financiado por el Banco de la República. En este sentido, los beneficios serían directamente proporcionales a los ingresos de las personas.

Debido a las crisis que se venían viendo con respecto al sector constructivo, este programa lo que buscó en un principio fue potenciar la construcción aumentando la demanda de la misma; luego, comenzó a formar parte de la política de vivienda para aquellas casas de escasos recursos. Este proceso logró que fuese muchísimo más fácil el acceso a las viviendas y a medida que fue pasando el tiempo, se fueron haciendo arreglos en el programa para hacerlo más completo. Hoy en día, el salario mínimo en Colombia es de \$ 980.657 mil pesos (precio del año 2020), lo que sería un aproximado de € 220,647 euros. Ahora, tomando en cuenta el salario mínimo, se pudiera decir que una casa VIS cuesta un equivalente a 135 veces el salario mínimo colombiano, lo que sería un aproximado de \$ 132.388.695 millones de pesos (€ 29.787,345 euros).

Por otro lado, en el caso del programa de las viviendas no VIS, la única diferencia frente a los otros programas es que se subsidian aquellas viviendas que no pertenecen al rubro social. Este tipo de programa es administrado por FRECH, pero es financiado por el Presupuesto General de la Nación a través del PIPE 2.0, a diferencia del programa para viviendas VIS.

3- Programa de vivienda mixta: este programa lleva ese nombre porque consiste en una fusión entre el programa de Vivienda Gratuita y el programa para Viviendas VIS y no VIS, es decir, ofrecen subsidios como una forma de cubrir las tasas de interés. Dentro de este hay dos ramificaciones: los Programas de Vivienda de Interés Prioritario para Ahorradores (VIPA) y los Programas de Promoción de Acceso a la Vivienda de Interés Social Mi Casa Ya.

En el caso de los VIPA, estos tienen como objetivo principal otorgar subsidios para que las personas obtengan créditos de vivienda y así promover a que estas ahorren y realicen el pago de sus cuotas iniciales. Este programa es muy beneficioso y está dirigido específicamente a aquellas personas que, por informalidad laboral, no tienen la ventaja de tener acceso a crédito. Por esta razón, es un subsidio que va de la mano de la cantidad de ingresos con la que cuente el hogar y cuenta con varios

requisitos para poder formar parte del grupo de beneficiarios. Los programas VIPA son financiados por ambos, el Fondo Nacional de Vivienda y el Fondo de Vivienda de Interés Social (ambos administrados por las Cajas de Compensación Familiar). Por último, como fue mencionado en programas anteriores a precio del salario mínimo colombiano, una vivienda del programa VIPA cuesta 70 veces este valor, dejándola en un precio de \$ 68.645.990 pesos (€ 15.445,2902 euros).

En segundo lugar, dentro de este programa está el de Mi Casa Ya, el cual se caracteriza por ser un subsidio que está directamente unido al valor de la vivienda y también depende de la cantidad de ingresos que tenga la familia. Este subsidio funciona entre los dos y cuatro salarios mínimos vigentes; cuando está entre los dos y tres, se otorgan hasta 20 salarios mínimos vigentes y cuando va entre los tres y cuatro, se otorgan hasta los 12 salarios mínimos legales vigentes. Este programa funciona con una estrategia de libre mercado y solo se ofrece a familias que cuenten con ingresos entre dos y cuatro salarios mínimos legales vigentes, favoreciendo así la compra exclusiva de viviendas nuevas VIS. Estas viviendas se encuentran entre los 70 y 135 salarios mínimos colombianos, es decir, entre los \$ 68.645.990 millones de pesos y los \$ 132.388.695 millones de pesos.

Estado actual de construcción de vivienda de interés social en Colombia.

Actualmente, Colombia sigue contando con un déficit habitacional con porcentajes muy elevados para estos tiempos; según boletín informativo publicado por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) en el año 2018, este dato corresponde a un 36,6%. Además, el déficit habitacional de vivienda cuenta con dos metodologías de investigación que también están valoradas en porcentajes por el mismo boletín antes mencionado: la primera, el déficit cuantitativo en Colombia, que corresponde⁴ a un 9,8%; y la segunda, el déficit cualitativo⁵, que corresponde a un 26,78%. Estos datos demuestran la mejora con respecto a las cifras registradas en el año 2005,

⁴ **Definición de déficit cuantitativo:** “los hogares que habitan en viviendas con deficiencias estructurales y de espacio, esto es, para los cuales es necesario adicionar nuevas viviendas al stock total de viviendas del país de tal forma que exista una relación uno a uno entre la cantidad de viviendas adecuadas y los hogares que requieren alojamiento. Este concepto reconoce las deficiencias estructurales y de espacio de las viviendas en las que habitan estos hogares no son susceptibles de ser mejoradas para superar la condición de déficit”. Departamento Administrativo Nacional de Estadística [sitio web]. **Fecha de consulta:** 10 de agosto de 2020. **Disponible en:** <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/deficit-habitacional>

⁵ **Definición de Déficit cualitativo:** “los hogares que habitan en viviendas que requieren mejoramientos o ajustes para cumplir con condiciones de habitabilidad adecuadas. Este concepto reconoce que las deficiencias que tienen las viviendas en las que habitan estos hogares son susceptibles de ser corregidas mediante mejoramientos de vivienda”. Departamento Administrativo Nacional de Estadística [sitio web]. **Fecha de consulta:** 10 de agosto de 2020. **Disponible en:** <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/deficit-habitacional>

Master Universitario en Edificación Sostenible – MUES. Propuesta de autoconstrucción para la adecuación interna de viviendas sociales en Colombia mediante criterios de arquitectura pasiva.

teniendo como porcentaje general del déficit habitacional un 38.28%; este se divide en un 14.44% para el déficit cuantitativo, disminuyendo en un 4.64% con relación al 2018; y en un 23,84% para el déficit cualitativo, aumentando en un 2,94% con respecto al 2018 (DANE 2020).

Es importante recalcar la necesidad de promover nuevos materiales, además de los tradicionales, para mejorar los índices cualitativos y que los hogares colombianos cuenten con una mejor calidad de construcción. Esta necesidad de mejora cualitativa es el resultado de las ayudas insuficientes que el gobierno otorga y que muchas no están ligadas a las características que describen a una vivienda digna y completa.

A pesar de que el déficit habitacional sigue siendo elevado, la construcción de vivienda en el país está presentando cifras muy importantes y favorables para el sector constructor e inmobiliario. Según un informe del DANE en el 2019, se analizaron 20 zonas urbanas del país, conformadas en conjunto por más de 57 ciudades y municipios donde se construyeron un total de 28.064.367 m² de área para proyectos de viviendas.

Del número antes mencionado, unos 19.449.513 m² todavía se encuentran en proceso de construcción: 17.604.370 m² son apartamentos (pisos en España) y los otros 1.845.143 m² son casas. Por otra parte, unos 5.874.481 m² corresponden a proyectos paralizados: 3.318.364 m² corresponden a apartamentos y 2.556.117 m² a casas. Por último, unos 2.740.373 m² hacen parte de obras ya finalizadas: 2.225.663 m² son proyectos de apartamentos y 514.710 m² proyectos de casas (DANE 2019a).

Del total de las áreas que fueron censadas por el DANE (28.064.367 m²), el 74,6% que corresponde a 20.947.967 m² son de proyectos residenciales diferentes a las viviendas de interés social (VIS), mientras que el otro 25,4% son aproximadamente unos 7.116.400 m², pertenecientes a proyectos residenciales de carácter social. Del total del área de proyectos que están en proceso, el 80,1% (15.576.958 m²) corresponde a viviendas no VIS, mientras que el 19,9% (3.872.555 m²) a viviendas VIS. En obras ya finalizadas, el 67,3% (1.843.054 m²) es de área para viviendas no VIS y el 32,7% (897.319 m²) es de área para viviendas tipo VIS. Ahora, en cuanto a los proyectos que se encuentran paralizados, la distribución es la siguiente: 60,1% (3.527.955 m²) para proyectos de tipo no VIS y 39,9% (2.346.526 m²) para proyectos de tipo VIS (ver Ilustración 12) (DANE 2019a).

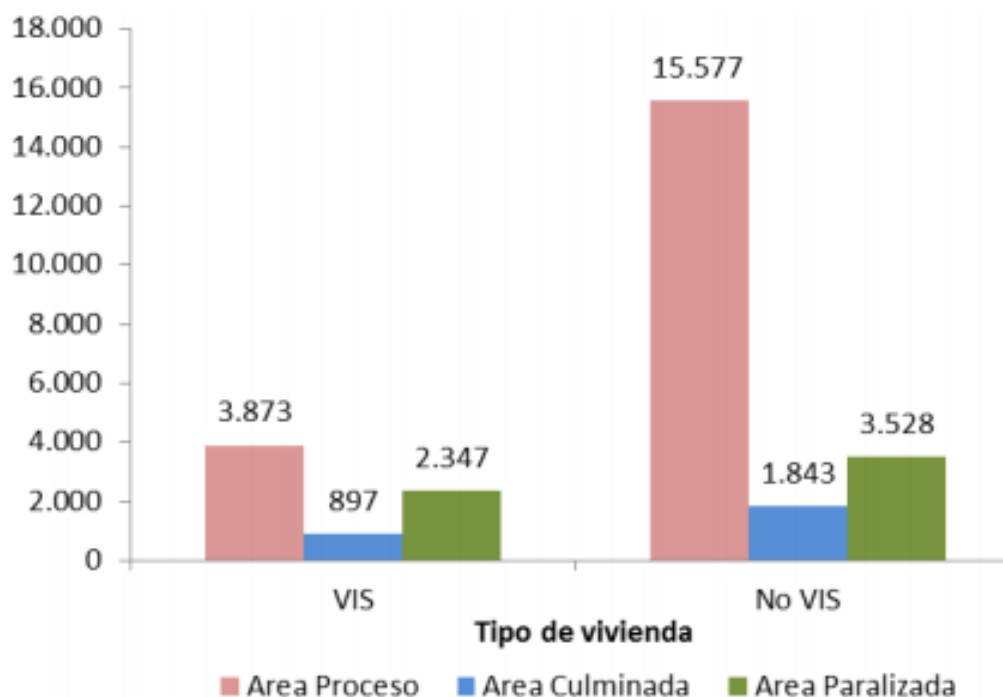


Ilustración 12. Área total censada por metro cuadrado. Fuente: https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/vis/bol_vis_IIItrim2019.pdf

El aumento de la construcción en Colombia sumado a todos los cambios que la política de vivienda ha obtenido con el pasar del tiempo, ha logrado disminuir el déficit habitacional, puntualmente el déficit cuantitativo, el cual aún demanda gran trabajo por parte del gobierno para lograr el objetivo. Sin embargo, las nuevas herramientas que la política integral ha establecido han permitido que los proyectos de este tipo se conviertan en grandes polos de desarrollo, impulsando el crecimiento integral de ciudades y municipios y generando nuevos espacios que disminuyan la desigualdad social en la que está sumergido el país; de esta forma se promueve la oferta de vivienda y se logra que muchos hogares mejoren su estilo de vida.

Las cifras del DANE antes mencionadas demuestran que en las ciudades y municipios hay un desarrollo paulatino, y que se están integrando los proyectos de vivienda de interés social a los planes parciales de desarrollo urbano. Este tipo de proyectos son denominados por el gobierno como megaproyectos de interés social, ya que en ellos se agrupan múltiples características técnicas; es decir, estas zonas urbanas o barrios cuentan con todo el equipamiento necesario (amplias zonas verdes, vías pavimentadas, amplias y con excelente accesibilidad, algunos con proyectos hospitalarios, zonas comerciales e institucionales, entre otras) para que la población tenga un espacio urbano con mejor calidad y que el déficit cualitativo disminuya un poco más en sus cifras. Además, la mayoría de las edificaciones son viviendas de tipo VIS, VIP, VIPA y

Master Universitario en Edificación Sostenible – MUES. Propuesta de autoconstrucción para la adecuación interna de viviendas sociales en Colombia mediante criterios de arquitectura pasiva.

algunas no VIS, lo que ha generado que los proyectos estén ubicados en zonas estratégicas con características urbanas adecuadas y de calidad.

Macroproyecto de interés social.

Este tipo de proyectos urbanos de gran escala son construcciones en las cuales predomina más el desarrollo de vivienda de interés social o, incluso, en algunos casos se agrupan viviendas de tipo no VIS o de tipo VIS. Estos proyectos se diseñan y ejecutan con el mismo nivel de detalle y equipamiento que poseen los proyectos urbanos localizados en zonas de estrato social más elevado.

Los Megaproyectos de Interés Social a nivel Nacional se definen, desde el año 2007, como la agrupación de diversas resoluciones a nivel administrativo, llegando a este concepto gracias al Plan Nacional de Desarrollo 2007-2010⁶. Este proceso fue cobijado por la Ley 1151⁷ del segundo periodo del expresidente Álvaro Uribe Vélez, integrándose así con el decreto 4260⁸ publicado en noviembre del mismo año. Esto permitió que el gobierno adoptara mecanismos de respuesta basados en dichas resoluciones con el fin de promover una planificación urbana y financiera óptima para el desarrollo integral del suelo de forma homogénea en servicio para toda la sociedad (Tito Yepes 2017).

Además del Plan de Desarrollo Nacional 2007 – 2010, para el año 2011 se expidió una ley que generó directrices muy específicas para promover el aumento de la oferta. Esta Ley 1469⁹ tenía como fin lograr que en los suelos nacionales de las ciudades y municipios se pudieran ejecutar grandes urbanizaciones con exclusividad de construir viviendas de interés social, buscando mejorar su calidad de vida.

Otra norma que apoya la regulación de los megaproyectos urbanos de interés social es la Ley 1537 de 2012, la cual establece los mecanismos que facilitan el financiamiento de los proyectos de vivienda y megaproyectos

⁶ **Plan Nacional de Desarrollo 2007-2010:** expedido y elaborado por la presidencia de la república de Colombia en grupo con los ministerios. Tiene como objetivos principales, fermentar el desarrollo sostenible, la unión social y económica de la población y generar desarrollo equilibrado y competente para todos los colombianos. **Fecha de consulta:** 15 de agosto de 2020. **Disponible en:** <https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/09/Plan-Nacional-Desarrollo-2007-2010.pdf>

⁷ **Ley 1151 de 2007:** expedida por el congreso de la república tiene objetivo principal establecer los lineamientos del plan nacional de desarrollo 2007 – 2010 que busca máxima en seguridad, confianza, desarrollo económico y equidad social. **Fecha de consulta:** 15 de agosto de 2020. **Disponible en:** <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=25932>

⁸ **Decreto 4260 de 2007:** Expedida por la presidencia de la república, teniendo como objetivo principal el desarrollo de los "Macroproyectos de interés social nacional. Los Macroproyectos de Interés Social Nacional son el conjunto de decisiones administrativas y actuaciones urbanísticas adoptadas por el Gobierno Nacional, en los que se vinculan instrumentos de planeación, financiación y gestión del suelo para ejecutar una operación de gran escala que contribuya al desarrollo territorial de determinados municipios, distritos, áreas metropolitanas o regiones del país". **Fecha de consulta:** 15 de agosto de 2020. **Disponible en:** <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=27336>

⁹ **Ley 1469 de 2011:** expedida por el senado de la república, tiene como uno de sus objetivos principales incentivar en el "desarrollo de los principios de concurrencia, coordinación y subsidiariedad, definir los mecanismos y procedimientos que permitan al Gobierno Nacional en conjunto con las administraciones de los municipios y distritos y, en ejercicio de sus respectivas competencias, promover, formular, adoptar y ejecutar operaciones urbanas integrales eficientes, mediante la figura de Macroproyectos de Interés Social Nacional, que tengan por objeto agilizar el proceso de habilitación de suelo urbanizable e incrementar la escala de producción de vivienda teniendo en cuenta el respectivo déficit de vivienda urbana de cada municipio o distrito". **Fecha de consulta:** 15 de agosto de 2020. **Disponible en:** http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1469_2011.html

Master Universitario en Edificación Sostenible – MUES. Propuesta de autoconstrucción para la adecuación interna de viviendas sociales en Colombia mediante criterios de arquitectura pasiva.

urbanos; más aún, establece los lineamientos y guías para que estos sean desarrollados de forma adecuada con diseños bien planificados, una buena promoción y un correcto uso de los dineros.

Por otra parte, con la implementación del Plan de Desarrollo Nacional en el periodo del expresidente Juan Manuel Santos (2010 - 2018) se generó vía libre para el apoyo financiero de los megaproyectos de interés social. Este era uno de los objetivos del gobierno de Santos para buscar mejorar las condiciones y la calidad de la construcción VIS en el país; además de hacer que las ciudades crezcan de forma uniforme logrando que la población mejore sus condiciones de habitabilidad (Tito Yepes 2017).

El objetivo principal del porqué del desarrollo de este tipo de proyectos es buscar que el suelo destinado sea exclusivamente para la solución de vivienda de interés social, con el fin de lograr que un porcentaje no inferior al 1% de la totalidad de la población viva en el espacio del futuro proyecto. Además, dentro de la gestión integral de los proyectos se deben incluir todos los servicios públicos domiciliarios, vías en buen estado con capacidad para la población que la habita, espacios públicos con zonas verdes y equipamientos acordes al número de personas que habita en la zona (Tito Yepes 2017).

Para lograr el objetivo anterior, se han estado desarrollando en el país una gran cantidad de megaproyectos de interés social con características urbanas de calidad. Al iniciar el programa, se comenzó con la construcción de aproximadamente 15 proyectos y hasta la fecha, se han promovido nuevos proyectos bajo esta modalidad en las diferentes regiones del país, como se logra apreciar en la siguiente Ilustración 13.

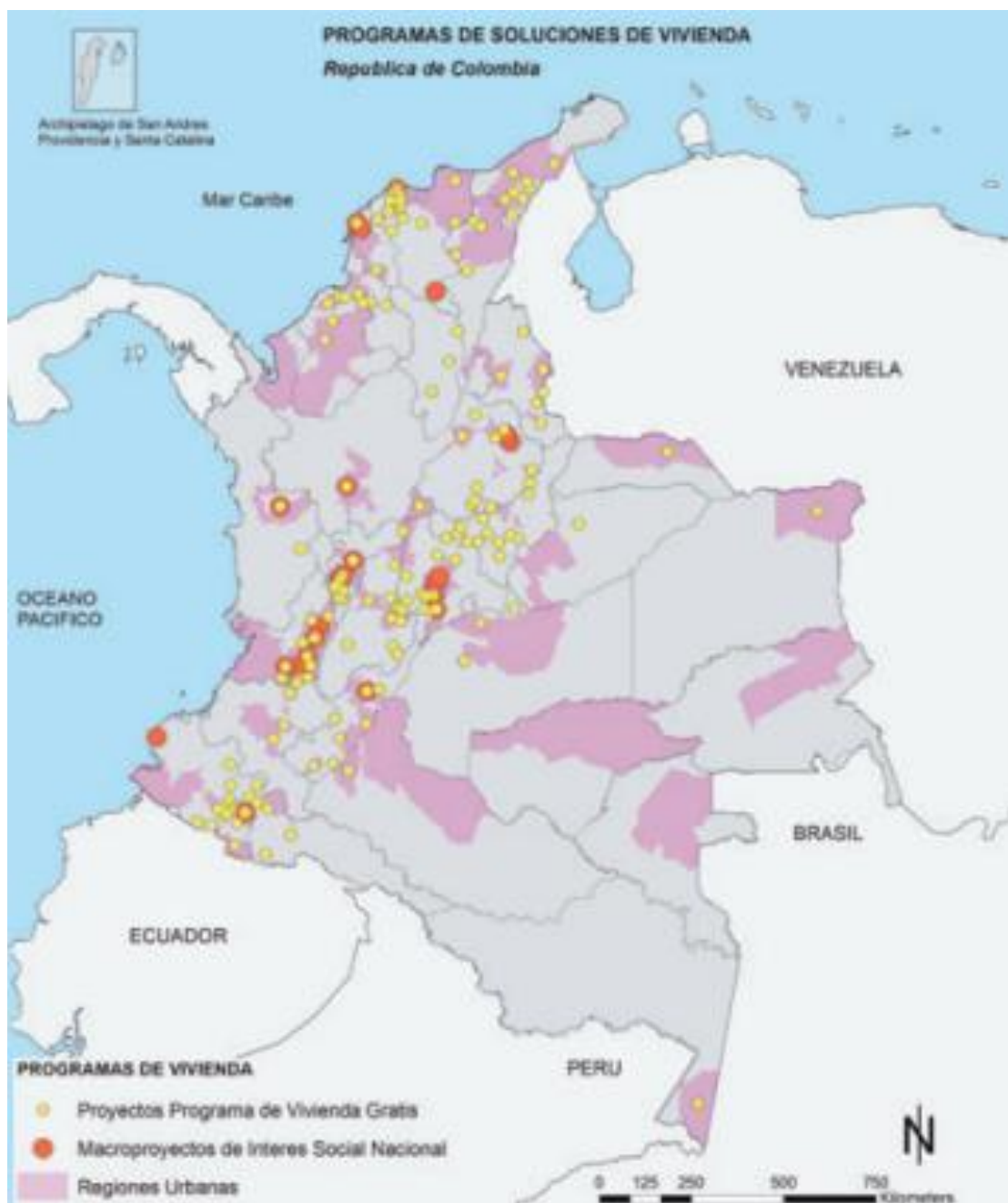


Ilustración 13. Mapa de ubicación de proyectos y megaproyectos de la vivienda de interés social en Colombia. Fuente: <http://www.minvivienda.gov.co/Documents/100anosdepolicashabitacionales.pdf>

Gracias a la implementación de los megaproyectos por parte del gobierno colombiano, se está logrando la disminución cuantitativa del déficit habitacional existente, cuya cifra sigue siendo elevada; además, busca que la sociedad mejore su estilo de vida y promueva el desarrollo urbano de las ciudades de forma integral, organizada y bien planificada. Estos proyectos cuentan con todas las características técnicas urbanas requeridas por parte del gobierno nacional y local, como por ejemplo: amplias vías principales y secundarias que permitan la accesibilidad de forma simple; zonas de esparcimiento social como espacios verdes y arborizados, ciclo vías y andenes; servicios domiciliarios (agua, luz, gas,

Master Universitario en Edificación Sostenible – MUES. Propuesta de autoconstrucción para la adecuación interna de viviendas sociales en Colombia mediante criterios de arquitectura pasiva.

alcantarillado y manejo de aguas lluvias); red de alumbrado público; cableados 100% subterráneos; zonas de equipamiento institucional y comercial; por mencionar algunas.

Como consecuencia de lo anterior, los proyectos logran valorizarse de forma acelerada, siendo esto importante porque promueve el desarrollo económico del sector. Además, la mayoría de estos proyectos son producto de una alianza existente entre el gobierno nacional y local con las constructoras privadas y otras entidades, como Cajas de Compensación, fundaciones, entre otras; formando las denominadas Alianzas Público Privadas (APP). A continuación, se definen de forma ilustrativa varios megaproyectos ubicados en diferentes regiones de Colombia.



Ilustración 14. Megaproyecto urbano de vivienda de interés social en la ciudad de Santiago de Cali.
Fuente: https://www.cali.gov.co/vivienda/publicaciones/43261/en_vivo_muestra_a_altos_de_santa_elena/
<https://tramites.alcaldia.deipiales.gov.co/publicaciones/31/apartamentos-san-martin/>
<https://www.skyscrapercity.com/threads/santiago-de-cali-noticias.789976/>

Master Universitario en Edificación Sostenible – MUES. Propuesta de autoconstrucción para la adecuación interna de viviendas sociales en Colombia mediante criterios de arquitectura pasiva.



Ilustración 15. Megaproyecto urbano de vivienda de interés social en la ciudad de Santiago de Cali.
Fuente: <https://www.skyscrapercity.com/threads/santiago-de-cali-proyectos-y-construcci%C3%B3n.731250/page-576>



Ilustración 16. Megaproyecto urbano de vivienda de interés social en la ciudad de Santiago de Cali.
Fuente: <http://www.jaramillomora.com/proyectos/doral/> <http://www.jaramillomora.com/malibu.html>

Master Universitario en Edificación Sostenible – MUES. Propuesta de autoconstrucción para la adecuación interna de viviendas sociales en Colombia mediante criterios de arquitectura pasiva.



Ilustración 17. Megaproyecto urbano de vivienda de interés social en la ciudad de Cartagena de Indias.

Fuente: <https://docplayer.es/73060700-Vivienda-social-progresiva-para-cartagena.html>
https://caracol.com.co/emisora/2020/02/16/cartagena/1581888078_302473.html



Ilustración 18. Megaproyecto urbano de vivienda de interés social en la ciudad de Barranquilla. Fuente:

<https://www.youtube.com/watch?v=HLJ7Hzg6egQ>

Características generales de las viviendas.

Son muchos los aspectos constructivos y arquitectónicos con los que este tipo de proyectos cuenta; sin embargo, debido a la necesidad de las empresas y del gobierno por disminuir el desarrollo constructivo de las viviendas, bajar los índices del déficit habitacional y la reducción de los costes, hacen que este tipo de edificaciones reflejen en sus diseños la poca calidad arquitectónica y constructiva.

Con el inicio de los megaproyectos y la mejora en las políticas de las empresas, sumado al progreso de la oferta de la vivienda de interés social en el país, muchas empresas dedicadas a la construcción de viviendas han mejorado los diseños y el equipamiento social interno de los condominios habitacionales. En el país, estos complejos se pueden encontrar en unifamiliares (casas) y en edificios multifamiliares (apartamento), siendo este último el más desarrollado actualmente en la nación y en los que han permitido mejorar las condiciones externas de los apartamentos. Al final, estas viviendas de interés social en el país son entregadas a sus propietarios sin ningún tipo de acabado.

Los proyectos multifamiliares son proyectos de gran tamaño, ya que en muchos de ellos el número de edificios o torres, como se describe en Colombia, pueden llegar a contar de 4 hasta 30 edificaciones en un solo condominio. Además, estos cuentan con equipamientos de uso social: zonas verdes, algunos con piscina, parqueaderos, porterías de vigilancia, por mencionar algunos; siempre dependiendo del tipo de proyecto social. Esto se puede ver ejemplificado en la Ilustración 19, de un proyecto real, el cual es una planta urbana de un complejo residencial que cuenta con 30 unidades residenciales y su zona de equipamiento social.



Ilustración 19. Planta urbana de Conjunto residencial de tipo VIS. Fuente: <https://www.constructorabolivar.com/cali/proyectos-en-venta/laureles-ciudad-del-valle/>

Como se ha mencionado en varias ocasiones, la falta de calidad con la que este tipo de viviendas cuenta es realmente apreciable y los edificios de los mencionados complejos residenciales reflejan este panorama. Por lo general, estas edificaciones poseen unas alturas no superiores a los cinco pisos, esto con el objetivo de no incluir ascensores, reducir el coste del proyecto y, a futuro, el mantenimiento. Asimismo, la normativa colombiana exige la incorporación de ascensor después de los 5 pisos en adelante; es por esta razón que en ciertas edificaciones o proyectos con características de interés social que cuentan con más de 5 pisos, necesitan un ascensor en sus puntos fijos.

Las fachadas, por lo general, tienen diseños muy básicos y un uso de materiales de poca calidad, que no poseen ninguna expresión arquitectónica relevante, ya que están ajustados únicamente a las condiciones espaciales internas de los apartamentos, sin darle importancia a las externas (estudio de sol y sombras o manejo de la ventilación). Esto último se aprecia en la Ilustración 20, la cual ejemplifica el diseño que este tipo proyectos tiene y que generalmente son usados de forma repetitiva.



Ilustración 20. Fachadas de vivienda multifamiliar de tipo VIS Fuente:
<https://www.constructorabolivar.com/cal/proyectos-en-venta/laureles-ciudad-del-valle/>

Estas edificaciones, por lo general, cuentan con cuatro o seis apartamentos por piso, esto varía según los criterios de diseño. En algunos casos, estos apartamentos disponen de áreas o espacios internos distintos, aunque en su totalidad presentan un solo tipo de apartamento ajustado a la planta en el cual se encuentre. Estos apartamentos (pisos en España), por lo general tienen un área construida aproximada entre los 45 m² y los 70 m² distribuidos de forma sencilla. En muchos casos, esta distribución cuenta con dos baños y tres alcobas, pero en general son dos alcobas y un espacio que puede ser modificado dependiendo del gusto del usuario bajo la recomendación de la constructora. Estas modificaciones se tienen que realizar con mucho cuidado debido a que las paredes de estos edificios no pueden ser alteradas porque hacen parte de la estructura de la edificación (ver Ilustración 21).



Ilustración 21. Plano de venta de apartamento de tipo VIS. Fuente: <https://www.constructorabolivar.com/cali/proyectos-en-venta/laureles-ciudad-del-valle/>

Los proyectos sociales unifamiliares son proyectos de gran tamaño en cuanto a expansión urbana se refiere, ya que el número de viviendas a construir es bastante numeroso. El diseño de las casas es sencillo, con espacios reducidos en su interior; además, no cuentan con ningún criterio arquitectónico ni bioclimático específico, únicamente se guían por las necesidades internas que se requieren para obtener lo mínimo de habitabilidad. Estas viviendas se construyen bajo el modelo de construcción progresiva, la cual genera que la mayoría de estas viviendas estén adosadas compartiendo una o dos de sus medianeras con la casa vecina.

Las fachadas son básicas en su diseño reflejando únicamente los espacios internos que conforman la vivienda sin ningún tipo de elemento arquitectónico relevante. Incluso, la utilidad de materiales en acabados es escasa, dejando las fachadas solo con los materiales que se utilizan para alzar los muros. Sin embargo, en casos puntuales, algunos proyectos unifamiliares son diseñados con espacios más amplios y con mejores acabados, aunque todavía se encuentran en el camino de un diseño pobre y poco estudiado, como se aprecia en la Ilustración 22.

Master universitario en edificación sostenible – MUES. Propuestas de autoconstrucción para la adecuación interna de viviendas sociales en Colombia mediante criterios de arquitectura pasiva.



Ilustración 22. Proyecto de vivienda VIS en la ciudad de Santiago de Cali. Fuente: empresa ITC avalúos.

Este tipo de vivienda de interés social por lo general se encuentra conformada por dos plantas con áreas entre los 45 m² y los 100m² (ver Ilustración 23). Sin embargo, el gobierno y las empresas están desarrollando viviendas de un solo piso para personas con discapacidad, con áreas similares entre los 45 m² y los 60 m², o proyectos con casas de una sola planta (ver Ilustración 24).



Ilustración 23. Plano de venta de vivienda VIS de dos plantas. Fuente: <https://www.constructorabolivar.com/cal/proyectos-en-venta/laureles-ciudad-del-valle/>

Master Universitario en Edificación Sostenible – MUES. Propuesta de autoconstrucción para la adecuación interna de viviendas sociales en Colombia mediante criterios de arquitectura pasiva.



Ilustración 24. Plano de venta de vivienda VIS para discapacitados. Fuente: <https://www.constructorabolivar.com/california/proyectos-en-venta/laureles-ciudad-del-valle/>

Análisis constructivo de las viviendas.

La construcción de las viviendas de interés social (VIS) en Colombia se encuentran reguladas por el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10). Dicho reglamento posee todos los criterios necesarios para el estudio y diseño (estudio geotécnico, diseño arquitectónico y estructural) de este tipo de edificaciones en el país. Además, este busca que las construcciones de todo tipo de edificios sean capaces de soportar las condiciones sísmicas con las que cuenta Colombia (ver Ilustración 25) (Ministerio de Ambiente 2010). Con esta norma, el gobierno asegura que las edificaciones sean más seguras y aptas para proteger la vida de los colombianos ante cualquier evento natural sin importar su fuerza.

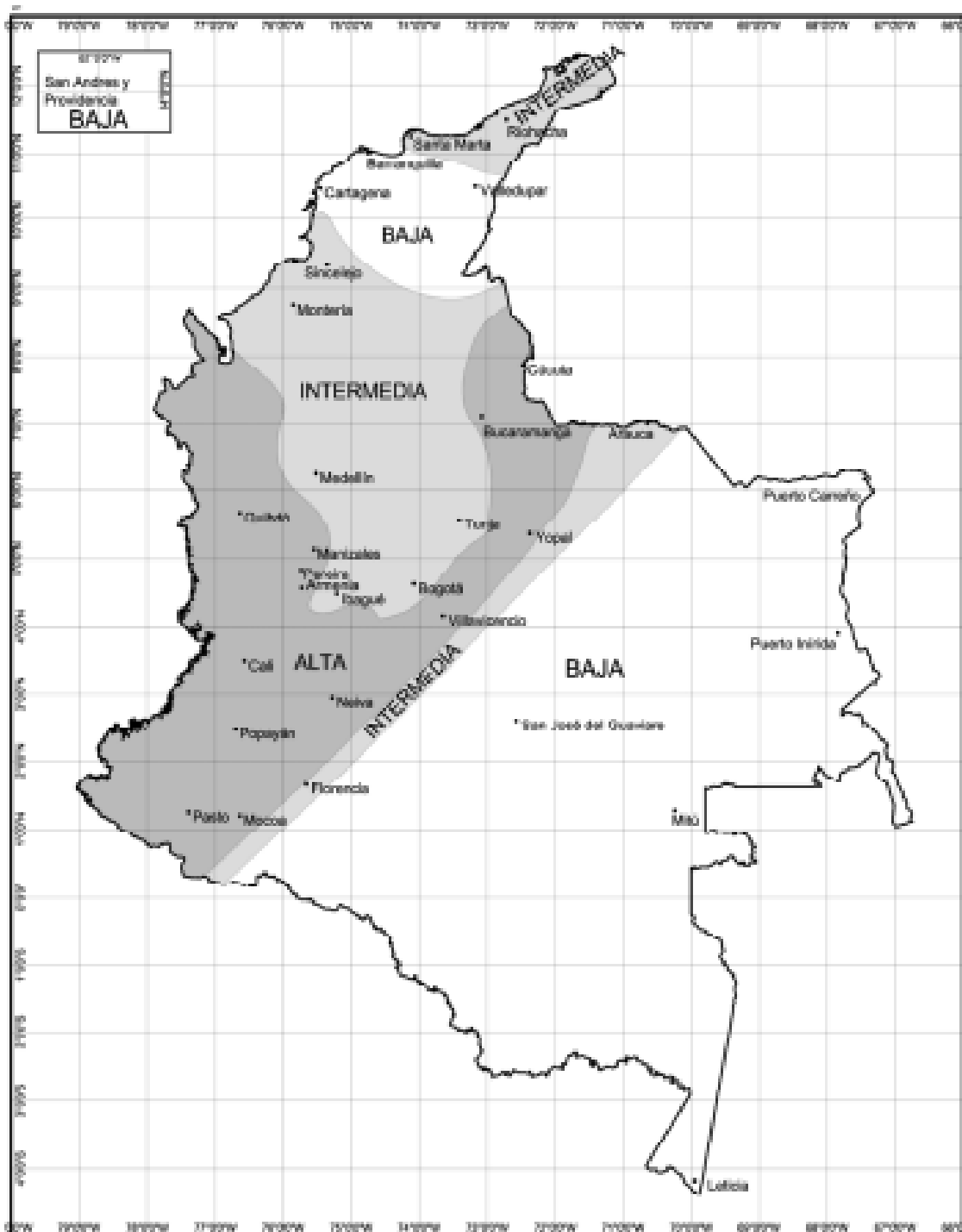


Ilustración 25. Mapa sísmico de Colombia. Fuente: <https://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/titulo-a-nsr-100.pdf>

Los proyectos de VIS son diseñados bajo el concepto de sistema estructural de muros de carga; este sistema carece pórticos esencialmente completos, las cargas verticales y horizontales son resistentes por los muros verticales y distribuidos por las losas y algunas vigas. Son varios los tipos de muros de carga que existen, siendo los siguientes a mencionar los más usados en Colombia para la construcción de las VIS: muros en concreto armado, muros

Master Universitario en Edificación Sostenible – MUES. Propuesta de autoconstrucción para la adecuación interna de viviendas sociales en Colombia mediante criterios de arquitectura pasiva.

en mampostería reforzada de bloque de cemento o bloque de arcilla huecos. Para así introducir el refuerzo de acero y rellenar con concreto (Silva 2018).

Este estilo de sistema estructural en el país se guía bajo la modalidad de construcción industrializada, esta se emplea como una línea de montaje eficaz y verídica, la cual tiene como objetivo mantener la continuidad en la variación de los procesos que componen el desarrollo de proyectos edificatorios. Más aún, busca reducir los tiempos de construcción y el desperdicio de materiales. Los diseños de proyectos de edificación en altura y en algunos casos en tipos de casas VIS son construidas bajo la metodología de muros en concreto reforzado, utilizando formaletas de tipo túnel o mano portables; este procedimiento se efectúa in situ, proporcionando a la construcción de las edificaciones en serie mediante la utilización de encofrado reutilizable, esto ayuda a que las labores civiles pertinentes se desarrollen a una velocidad mayor que los sistemas tradicionales y que obtengan un rendimiento importante en el desempeño de la obra (ver Ilustración 26) (Silva 2018).



Ilustración 26. Proyecto de vivienda VIS construido bajo el concepto de construcción industrializada.

Fuente: <https://www.skyscrapercity.com/threads/barranquilla-gu%C3%ADa-general-de-proyectos.599168/page-1399>

Durante el desarrollo del proyecto, son varios los controles que deben de realizarse para verificar que todas las características de diseño se estén llevando a cabo de forma eficaz. Estos controles son desempeñados por entidades o empresas interventoras externas a la empresa constructora o por las autoridades que ejercen control a las obras en las ciudades y municipios. En el control se

Master Universitario en Edificación Sostenible – MUES. Propuesta de autoconstrucción para la adecuación interna de viviendas sociales en Colombia mediante criterios de arquitectura pasiva.

verifican los cerramientos y los elementos estructurales, también la calidad en cuanto a materiales y en el caso de los acabados que cumplan con el mínimo, ya que estos son pocos y muy básicos; por último, el control a las condiciones termo acústicas y de habitabilidad no se efectúa, ya que estos aspectos no están incluidos dentro de los diseños (Parra 2016).

Como todo proceso constructivo, este primero requiere del descapote del terreno, limpieza, nivelación, localización y replanteo. Para el caso de los proyectos unifamiliares (casas) de uno y dos plantas, estos no requieren de una cimentación especial por su peso y tamaño, para este caso se utiliza una cimentación de tipo superficial. En el caso de las edificaciones en altura (de más de tres plantas), estas requieren de una cimentación vertical, la cual requiere de pilotes, vigas y cajones de cimentación (Figuroa 2018).

En ambos casos, primero se realiza la excavación de la viga perimetral y del resto de las vigas; posteriormente, se instala la red sanitaria principal y se coloca el refuerzo en acero, seguido de vaciado de concreto. Después, se realiza el armado de la losa principal, para la cual primero se ejecuta el armado de la parrilla en acero, se introducen todas las instalaciones de servicios estipuladas en los diseños (agua potable, eléctrica, gas, telecomunicaciones y contra incendios), luego se incorpora el acero que da inicio del lavamiento de muros y por último el encofrado (ver Ilustración 27) (Figuroa 2018).

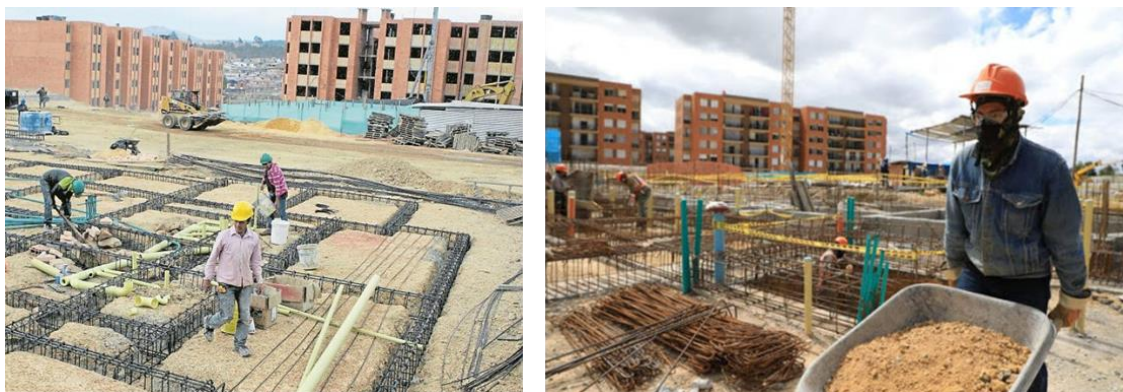


Ilustración 27. Construcción de losa de cimentación en viviendas VIS Fuente: <https://www.portafolio.co/mis-finanzas/vivienda/proyectos-nuevos-de-vivienda-con-menos-metros-en-construccion-520522> / <http://www.radiosantafe.com/2020/05/27/subsidios-para-construir-200-mil-viviendas-entregara-el-gobierno-nacional/>

Por otra parte, los muros de las primeras plantas de los edificios tienden a contar con un espesor mayor en comparación con los muros de las plantas superiores y en algunos proyectos, lo anterior sucede también con el diámetro del acero; sin embargo, esto es definido en los preliminares del diseño estructural de la edificación. En el caso de las casas, estas no requieren de lo antes mencionado, ya que el peso del edificio es menor por ende requiere menos carga estructural.

La construcción de los muros, es el aspecto principal de la estructura de edificios que utilizan este tipo de sistemas constructivos, los cuales soportan todas las cargas de la edificación. De forma muy similar a la construcción de la losa de cimentación, primero se introducen todas las tuberías requeridas para prestar servicios de agua potable, sanitarios, gas, eléctrica y telecomunicaciones; después, se instala el refuerzo de acero, se prosigue a colocar las formaletas metálicas, para después verter el concreto dentro de las formaletas, dándole forma a los muros de la edificación (ver Ilustración 28).

Por otra parte, algunos tipos de casas VIS se construyen utilizando como base estructural, muros en concreto armado; sin embargo, en la mayoría de los casos estas se edifican utilizando muros en mampostería reforzada, con ladrillo rojo de arcilla hueco de forma vertical, el cual permite introducir el refuerzo de acero y rellenar las celdas en concreto, con este sistema se evita el uso de formaletas metálicas (ver Ilustración 29). En ambos casos de construcción de muros, los procesos se desarrollan en serie, sin importar el tipo de vivienda y su diseño estructural.



Ilustración 28. Construcción de muros de carga en sistemas industrializados. Fuente: <http://www.formaletas.com/Beneficio.html>

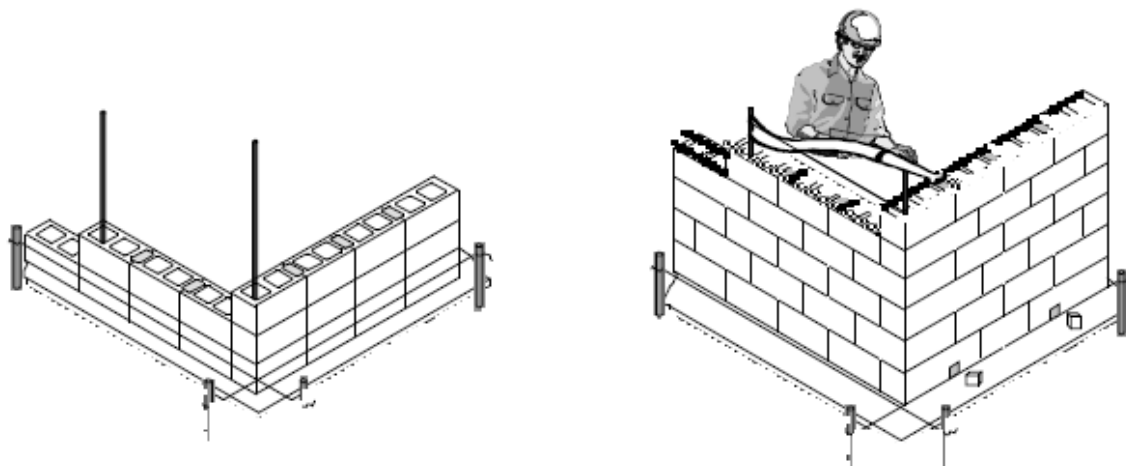


Ilustración 29. Detalle de construcción en muros en mampostería reforzada. Fuente: <https://sites.google.com/site/cydenvis/4criterios-1/sistemas-constructivos>

Posterior a la elevación de los muros, se prosigue con la construcción de la losa de entrepiso, esta sigue el mismo procedimiento constructivo de la primera losa. Iniciando, con el armado de la parrilla de acero sobre una formaleta que soporta el peso de la losa; después, continúa el proceso de las redes de servicios, hidrosanitarias, eléctricas, gas y de telecomunicación y así de forma secuencial se va levantando la edificación. Por último, se instala la cubierta que para ambos casos (casas y edificios VIS) está por lo general es a dos aguas y utilizan materiales muy similares; tejas de fibrocementos onduladas, soportadas por una estructura metálica acoplada a los muros, como se aprecia en la siguiente Ilustración 30.

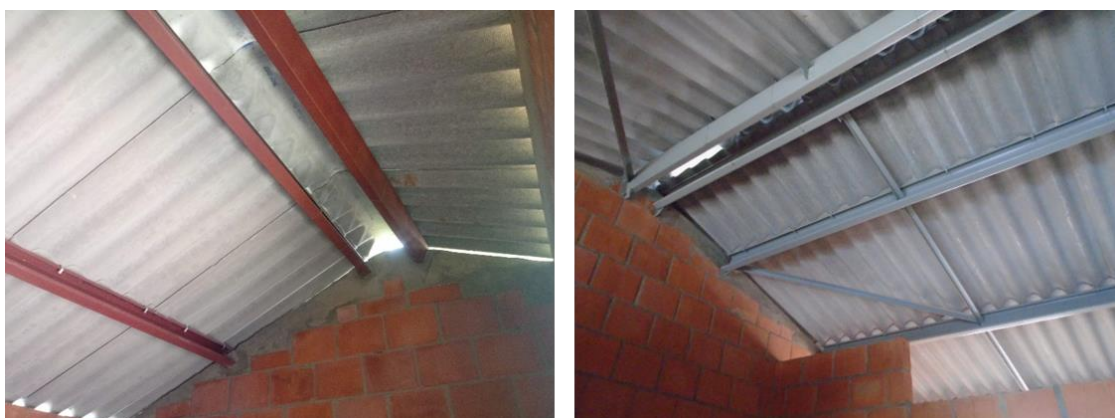


Ilustración 30. Cubierta de viviendas VIS. Fuente: empresa ITC avalúos.

Al finalizar todo el proceso constructivo de las edificaciones, estas tienen aspecto inconcluso y sin ningún tipo de acabado exterior. Por lo general, las fachadas de las casas tienen un aspecto final de acabado en el mismo ladrillo rojo de arcilla que fue utilizado para la estructura, sin embargo, en algunas ocasiones muy puntuales, se agrega un material de acabado exterior

Master Universitario en Edificación Sostenible – MUES. Propuesta de autoconstrucción para la adecuación interna de viviendas sociales en Colombia mediante criterios de arquitectura pasiva.

denominado como Graniplast. Para el caso de las fachadas de los edificios multifamiliares, por lo general se utiliza como material de acabado final el Graniplast, el cual es pintado con colores llamativos, con ellos se busca diferenciar los proyectos, ya que los diseños se repiten en un mismo megaproyecto de vivienda de interés social (ver Ilustración 31).



Ilustración 31. Edificios residenciales multifamiliares y unifamiliares de tipo VIS. Fuente: empresa ITC avalúos.

Por último, sigue la instalación de elementos tales como: puerta de entrada principal, puerta de un solo baño y ventanas; elementos de conexión eléctrica y telecomunicaciones; barandas para balcones o ventanales muy amplios; adecuación básica de un solo baño; adecuación de cocina básica con mesón, lavaplatos, cocina de dos puestos y zona de lavar ropa. Como se aprecia en la siguiente Ilustración 32



1. Espacio social (sala-comedor) con instalación de tomas corriente y demás elementos de conexión.
2. Cocina básica, con mesón pequeño, lavaplatos y cocina de dos puestos, además de zona de lava ropas.
3. Tipo de ventanas instaladas en las viviendas.
4. Puerta de acceso a la vivienda.
5. Baño sin adecuar, con puntos hidrosanitarios para futura adecuación e instalación de elementos sanitarios.
6. Baño básico con elementos sanitarios.

Ilustración 32. Adecuación de espacios internos de viviendas de interés social en Colombia. Fuente: elaboración propia.

Entrega de viviendas de interés social a la población.

Después de desarrollar constructivamente los proyectos, se ejecuta un control por parte de entidades encargadas de verificar que los proyectos cumplan, con lo definido desde el inicio de los diseños y que además se presenten todas las garantías para que los usuarios puedan realizar su vida sin ningún tipo de inconveniente. En consecuencia y según Natalia Giraldo, gerente de mercadeo y comercial de C.I.V. Constructora, en declaraciones con el diario El Colombiano, manifiesta que las edificaciones se entregan a los futuros propietarios, con una buena calidad constructiva estructural y arquitectónica, a pesar de que estos proyectos manejan un margen de utilidad muy reducido, por lo tanto, las propuestas deben utilizar al máximo los recursos y materiales que se definen en la ejecución de la obra (Ruiz 2010).

Con referencia a lo anterior, al contar estos proyectos con un margen bajo de inversión, diferentes aspectos constructivos no están incluidos dentro de los diseños, siendo uno de estos, los materiales que se requieren para la adecuación final de los acabados internos o denominado como etapa de obra blanca. En efecto, al momento de entregar las viviendas (casas o apartamentos), estas se encuentran en obra gris, como se define esta etapa de la obra en Colombia. Expresando un espacio interno inconcluso y de poco bienestar, el cual debe de ser adecuado y terminado por los mismos usuarios.

En este sentido el propietario que tomó la decisión de adquirir una vivienda de este tipo o que fue otorgada por el gobierno de forma gratuita, deben realizar una inversión para complementar y adecuar los espacios de las viviendas. Por lo general, estas adecuaciones se ejecutan utilizando los conocimientos constructivos que la población ha obtenido con el pasar del tiempo o en algunos casos, recomendaciones de algún obrero, maestro, vecino o familiar. Estas familias, por su no disposición de recurso se les dificulta contratar a un profesional especializado para que los guíe en esta etapa final de la obra.

En la mayoría de los casos, los materiales o elementos constructivos que suelen utilizar los colombianos incluyendo a los que acceden a la compra de estas viviendas, son: acabado de muro interior, pañete, estuco plástico, pintura; cielo falso en drywall, baldosas cerámicas, entre otros. Estos por lo general van ajustados las condiciones económicas de cada familia y a los gustos que esta tiene, además estos avanzan según la disponibilidad de inversión que tiene la familia.

Por últimos, como se define anteriormente, es importante mostrar las condiciones reales en las que son entregadas las viviendas de interés social a sus propietarios en Colombia. La Ilustración 33, corresponde a un apartamento

Master Universitario en Edificación Sostenible – MUES. Propuesta de autoconstrucción para la adecuación interna de viviendas sociales en Colombia mediante criterios de arquitectura pasiva.

ya listo para ser entregado y la Ilustración 34, corresponde a una casa de dos plantas ya lista para ser entregada.



1. Comedor; 2. Sala; 3. Cocina; 4. Labores; 5. Espacio múltiple; 6. Baño social; 7. Alcoba 1; 8. Alcoba principal; 9. Baño principal.

Ilustración 33. Aspecto de entrega de apartamentos VIS. Fuente: elaboración propia.



1. Sala; 2. Comedor; 3. Cocina; 4. Patio y labores; 5. Escalera; 6. Baño social; 7. Alcoba 1; 8. Balcón; 9. Alcoba 2.

Ilustración 34. Aspecto de entrega de apartamentos VIS. Fuente: elaboración propia.



CAPÍTULO 4.

SOSTENIBILIDAD EN LA EDIFICACION EN COLOMBIA.

CAPÍTULO 4.

SOSTENIBILIDAD EN VIVIENDA DE INTERES SOCIAL (VIS) EN COLOMBIA.

En el presente capítulo, se documenta la situación actual de la construcción de proyectos arquitectónicos sostenibles en Colombia, incluyendo las diferentes políticas y normas relacionadas que regulen dicha actividad en el país. Se incluyen algunos proyectos destacados que han contemplado en sus diseños aspectos de sostenibilidad y de eficiencia energética.

La vivienda de interés social sostenible en Colombia.

Habiendo definido la política y modelos actuales de construcción de vivienda de interés social (VIS) en Colombia, es posible identificar dentro del panorama actual de este tipo de edificaciones, que están diseñadas para proyectar una vivienda con una calidad constructiva adecuada, mejorando así diferentes aspectos como, por ejemplo: red de servicios básicos, urbanizaciones con amplias calles, zonas verdes, espacios de recreación y de movilidad peatonal, condominios con mejores prestaciones, mejores espacios internos y externos, proyectos con una ubicación más estratégica, entre otras características.

La calidad de los proyectos de vivienda se encuentra relacionados con las condiciones de su entorno, buscando así dar respuesta a las necesidades físicas, sociales, culturales, económicas y ambientales de la población. Dichas necesidades según documento publicado por el ministerio de ambiente y desarrollo sostenible (sostenible 2012) son expresadas en la formación de los espacios internos y externos que conforman los diseño de una vivienda.

En consecuencia, desde la construcción de los proyectos iniciales de vivienda de interés social en Colombia, hasta los actuales, se evidencian los cambios que estos han sufrido durante los años, buscando acoplarse a las actuales necesidades de la población. Sin embargo, existen todavía diferentes aspectos por mejorar y hacer de estos proyectos lugares más confortables, un espacio con un mejor hábitat, enfocado hacia el desarrollo constructivo sostenible, contribuyendo en el consumo eficiente de los recursos, confort y bienestar para los usuarios.

Según Hernán Darío Elejalde López y Ana Milena Joya Camacho (Hernán Darío Elejalde López 2015), afirman que dentro de los criterios existentes que

agrupan el concepto de sostenibilidad se encuentra la habitabilidad. La cual, es fundamental para determinar las condiciones que definen los espacios arquitectónicos de las edificaciones, siendo determinadas por el intercambio de cargas entre el ambiente exterior y el interior. A su vez, este se relaciona con los efectos que son producidos por la naturaleza y la actividad humana.

Por otra parte, los autores José Roberto García Chávez Y Víctor Fuentes Freixenet (José Roberto García Chávez 1995), afirma que dentro del concepto de la sostenibilidad se encuentra el confort, el cual es uno de los parámetros más importante dentro del diseño arquitectónico sostenible. En la búsqueda del confort se puede obtener y lograr el objetivo más importante a la hora de diseñar y construir que es generar bienestar físico y psicológico. Sin embargo, para llegar a contar con él se requieren de diferentes factores como, por ejemplo: ventilación adecuada, buenos aislamientos, sombreado adecuado, reducción de puentes térmicos, entre otras. Lo anterior juega un papel sumamente importante y pueden ser consideradas como estrategia de control bioclimático

Con lo anterior se quiere decir que, un buen diseño arquitectónico basado en una buena habitabilidad genera condiciones de bienestar y confort en los espacios internos de una edificación, provocando así que el hombre se adapte de una forma más sencilla a las condiciones de su entorno. Además, estos diseños contribuyen al uso eficiente de la energía y de los recursos naturales.

Situación actual de la construcción sostenible en Colombia.

Los diseños actuales de las viviendas de interés social (VIS) en Colombia deben estar enfocados como su nombre lo define, en el desarrollo social, buscando así agrupar y satisfacer las necesidades de la población, con las condiciones de bienestar en los espacios internos y el uso eficiente de los servicios domiciliarios y de los materiales. Sin embargo, la realidad es totalmente distinta, dándole prioridad a los aspectos económicos y dejando de lado los demás aspectos. Debido a esto, la mayoría de los proyectos VIS no cumplen con las condiciones básicas de una edificación de calidad, basadas en los requisitos en pro de los derechos humanos, siendo uno de estos contar con una vivienda idónea (Ministerio de Ambiente 2012).

A pesar de lo anterior, en Colombia se están desarrollando distintas propuestas que buscan que diferentes proyectos edificatorios en el país se diseñen con criterios de sostenibilidad y eficiencia en el consumo de energía y agua, además promover el bienestar y confort al interior. Entre las propuestas desarrolladas por el gobierno y las entidades privadas con enfoque en sostenibilidad de las edificaciones, se encuentran los proyectos de vivienda de interés social (VIS).

Por lo tanto, en los últimos 10 años en Colombia se vienen desarrollando distintas iniciativas relacionadas con la construcción sostenible, lideradas por el Gobierno Nacional a través de los Ministerios de Vivienda, Ciudad y Territorio, Ambiente y Desarrollo Sostenible, Minas y Energía. En compañía de la Cámara Colombiana de la Construcción (Camacol), el Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (CCCS) y entidades locales y regionales, los cuales en equipo están promoviendo el valor del concepto de la construcción sostenible en los proyectos del país. Con ello, se busca que las edificaciones en el Colombia.

De esta forma en el siguiente esquema se resumen las políticas más relevantes aplicadas al diseño y la construcción de edificación sostenibles.

Normativa colombiana vigentes de construcción sostenible

2015.

Resolución 0549 de 2015: expedida por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. En la cual se establecen los parámetros y lineamientos que promueven la reducción en el consumo de agua y energía en las edificaciones de obra nuevas. Estos parámetros y lineamientos serán determinados de acuerdo a las condiciones climatológicas de la zona donde se ubica el proyecto. La normativa anexa la Guía de construcción sostenible para el ahorro de agua y energía en edificaciones y el mapa de clasificación del clima (Ministerio de Vivienda 2015c). Esta norma se encuentra en revisión y actualización a fecha de esta revisión documental.

Guía de construcción sostenible para el ahorro de agua y energía en edificaciones: se deriva de la Resolución 0549, expedida por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. Tiene como objetivo principal, proporcionar estrategias constructivas sostenibles que generen reducción en el consumo de agua y energía en las edificaciones nuevas del país.

El documento incorpora un análisis climático de Colombia, basado en el mapa de clasificación del clima en Colombia, el cual identifica el clima de acuerdo al piso térmico y lo divide en cuatro zonas climáticas (clima frío, templado, cálido seco y cálido húmedo), además estos son referenciados según las principales ciudades de la nación (Bogotá, Medellín, Cali y Barranquilla).

Por otra parte, el documento dispone de una lista con diferentes medidas o estrategias activas (incorporación de tecnología ahorradora) o pasivas (diseño arquitectónico) que promueven el consumo eficiente del agua y la energía. Con la implementación de

2015.

dichas medias, la normativa establece que en el primer año de trabajo se podría obtener una reducción en el consumo de agua y energía, entre el 10% y el 15% para el 2016 y en el 2017 una reducción del 10% en el agua y 45% en la energía. Con lo anterior el país podría disminuir la producción de gases de efecto invernadero generado por el consumo desbordado de la energía (Ministerio de Vivienda 2015b).

Así mismo, la guía establece diferentes mecanismos de seguimiento y control en la etapa de construcción y puesta en marcha, sin embargo, esta no contempla herramientas que verifiquen el estado de las funciones durante todo el ciclo de vida de la edificación. Define incentivos a los empresarios y la población para que edifiquen utilizando los parámetros establecidos en la guía.

Por último, la guía trabaja de forma distinta en las cuatro zonas climáticas, es obligatoria para las edificaciones nuevas, sin discriminar por tipo y uso (Ministerio de Vivienda 2015b). Actualmente la guía se encuentra en proceso de revisión y actualización.

Decreto 1285 del 2015: expedido por el Ministerio de Vivienda, ciudad y territorio. El cual tiene como objetivo fundamental instaurar los lineamientos de construcción sostenible para edificaciones, que dan como resultado mejorar la calidad de vida de la población, basado en la responsabilidad del cuidado con el medio ambiente.

Los lineamientos otorgados por el decreto van dirigidos a las medidas para el ahorro en el consumo de agua y energía, incluyendo así sistemas de aplicación gradual por número de habitantes, certificación de las aplicaciones implementadas, seguimiento y control de las medidas aplicadas y por último ofrecer incentivos económicos por su aplicación (Ministerio de Vivienda 2015a).

2018.

Resolución 463 de 2018: norma expedida por la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME), en la cual se establecen parámetros e incentivos tributarios de exclusión de IVA y renta, por gestión eficiente de energía, tanto en el servicio como en las certificaciones de construcción sostenible (Energetica-UPME 2018). Actualmente se encuentra en proceso de revisión y actualización.

Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022. Pacto por Colombia, pacto por la equidad: es un documento legal que establece la hoja de ruta de los objetivos de los gobiernos. En el actual gobierno uno de los objetivos, es el planteamiento de estrategias relacionadas con

La construcción sostenible, incluyendo la vivienda de interés social sostenible, economía circular, reducción de gases de efecto invernadero, residuos de construcción y consumo eficiente de agua y energía, entre otros (Colombia 2019).

CONPES 3919. Política nacional de edificaciones sostenibles: documento legal desarrollado y expedido por la presidencia de la República y de los ministerios. Con la puesta en marcha, el gobierno busca incentivar la inclusión de los criterios de sostenibilidad en todas las etapas del ciclo de vida de la edificación. Esto se desarrollaría, a partir de instrumentos que midan la transición, permitan hacer seguimiento y control e implementar incentivos financieros que promuevan el desarrollo de la iniciativa con un horizonte de acción hacia el 2030 (Consejo nacional de política económica y social 2018).

2019. ○

Decreto 1467 de 2019: expedida por el Ministerio de Vivienda, ciudad y territorio. Tiene como uno de sus objetivos que la vivienda de interés social en el país cumpla con los estándares de calidad en cuanto a diseño arquitecto, urbano y de construcción sostenible, implementadas en la normativa colombiana. Además, se incluye que, con la implementación de los criterios anteriores en los diseños de las viviendas, estas no deben superar los valores establecidos por el gobierno. (Ministerio de Vivienda 2019).

Teniendo en cuenta todas las regulaciones presentadas, el Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (CCCS) entidad privada que ha enfocado sus estudios e investigación para promover dicho concepto en el país. Además, esta es sin ánimo de lucro fundada en el año 2008 por diferentes personalidades afines al tema de la sostenibilidad, teniendo como finalidad y compromiso maximizar el nivel de la sostenibilidad en todos los tipos y usos de edificaciones en el Colombia.

ha desarrollado múltiples directrices y parámetros para promover la construcción de vivienda de interés social sostenible en el país, siendo una de estas el sistema de certificación Casa Colombia, creado en el año 2018, como una herramienta para la implementación de estrategias y prácticas sostenibles en los diseños y construcciones especialmente en las viviendas de interés social. Por otra parte, la certificación, destaca la relación en la eficiencia en el consumo de agua y energía con el bienestar, confort, responsabilidad social, manejo sostenible de los procesos constructivos, análisis del entorno, especificación de materiales según impacto ambiental en su fabricación y lo que este genera en el medio ambiente (Luengas 2018).

Master Universitario en Edificación Sostenible – MUES. Propuesta de autoconstrucción para la adecuación interna de viviendas sociales en Colombia mediante criterios de arquitectura pasiva.

Siendo de conocimiento la experiencia que tiene la entidad y las directrices e incentivos que genera la certificaron Casa Colombia y la legislación colombiana sobre el tema, se han desarrollado algunos diseños y proyectos de interés social en Colombia teniendo como estructura la sostenibilidad en la edificación. A continuación, se referencian algunos de estos proyectos:

- 1- **Casa Tenjo:** vivienda con características sociales, que tiene un área de 42 m², para su construcción se utilizaron prácticas y materiales innovadores y sostenibles. El diseño de la vivienda está enfocado directamente en promover el ahorro en el consumo de agua y energía, cuenta con un diseño bioclimático y espacios ventilados, su construcción se ejecuta en muy poco tiempo, uso adecuado y eficiente de los materiales, manejo de residuos de construcción y demolición, materiales con certificación de bajo impacto ambiental y capacitación social en temas ambientales y sostenibles (ver Ilustración 35). Por último, la vivienda es la primera en lograr obtener el sello por parte de la certificación Casa Colombia (6 2018).



Ilustración 35. Fotografía del proyecto Casa Tenjo. Fuente: <https://www.cccs.org.co/wp/download/documento-dow-proyecto-casa-tenjo/?wpdmdl=17088>

- 2- **Proyecto Paraíso:** construido por la constructora Syma, ubicado en el municipio de Valparaíso, Antioquia. El proyecto consta de 210 unidades habitacionales, su diseño y construcción tiene como base la sostenibilidad integral, combinando diferentes medidas como: estrategias de diseño pasivo, sistemas de ahorro en los consumos de agua y energía, espacios con mejor ventilados e iluminados,

protección del entorno medioambiental, inclusión en la creación de huertas sostenibles, promueve la educación sostenible en la población que adquiere una vivienda en el proyecto, entre otras características (Escobar 2019).

En el artículo publicado por el Consejo Colombiano de Construcción sostenible en su página web (Lenguas 2019), define que el proyecto paraíso es la primera obra de interés social de gran tamaño en obtener la certificación por parte de Casa Colombia, logrando demostrar un ahorro del 20% en el consumo de agua y un 35% en el consumo de energía.



Ilustración 36. Proyecto de vivienda de interés social sostenible paraísos. Fuente: <https://www.facebook.com/syma.vivienda/photos/676926622943141>

3- Proyecto condominio habitacional Alegra: ubicado en la ciudad de Manizales, departamento de caldas, desarrollado por la constructora CFC. El diseño y construcción de las viviendas se estructuró basado en prácticas de construcción sostenible. Están enfocadas directamente a la calidad de vida, el confort y el uso consumo eficiente de agua y energía (ver Ilustración 37). El proyecto obtuvo la primera certificación EDGE para Vivienda de interés Social en Colombia, emitido por la Cámara Colombiana de Construcción, organismo que representa del sistema de certificación EDGE en el país (construccion 2018).



Ilustración 37. Proyecto de vivienda de interés social sostenible Condominio Alegria. Fuente: <https://www.ccb.org.co/Clusters/Cluster-de-Construccion/Noticias/2018/Junio-2018/Primera-certificacion-EDGE-para-proyecto-de-vivienda-social-en-Colombia>

- 4- Prototipo Casa Minga:** desarrollado por la Universidad Javeriana de Santiago de Cali. El proyecto es un prototipo de vivienda de interés social sostenible con un área de 76 m². La casa cuenta con un diseño flexible, bioclimático y amigable con el medioambiente. Flexible por que los espacios pueden configurarse según las necesidades de las familias, bioclimático por que los diseños utilizan sistemas pasivos de climatización como aislantes térmicos, ventilación natural y una envolvente ventilada que busca que el inmueble cuente con un ambiente confortable en sus espacios internos y amigable con el medioambiente debido a que la estructura de la vivienda está diseñada 100% en madera, un material poco trabajado en la construcción de edificación en Colombia y que ayuda a reducir el dióxido de carbono CO₂ (ver Ilustración 38) (Baraya 2020).



Ilustración 38. Prototipo de vivienda de interés social, Casa Minga. Fuente: <https://www.archdaily.co/co/938809/propuesta-de-vivienda-para-comunidades-sostenibles-en-la-costa-de-buenaventura-colombia>

En los modelos actuales de construcción de los proyectos VIS en Colombia, a pesar de que existen parámetros que mejoren estas condiciones en el país aún persisten los actuales modelos de construcción tradicionales y falta hacer mayor promoción por parte del gobierno. Por lo anterior y habiendo analizado que anualmente se construyen miles de viviendas de interés social y las condiciones en que se entregan, es importante promover proyectos enfocados en la construcción de vivienda sostenibilidad, que ofrezcan un confort térmico interno adecuado y un ahorro en el consumo de energía. Por otro lado, las condiciones de sostenibilidad de las viviendas pueden ser desarrolladas por los usuarios de las mismas sin la necesidad de un profesional calificado, por lo tanto, esto da carácter de ser auto gestionable.

Es importante que Colombia establezca parámetros de construcción de vivienda de interés social articulado con el concepto de viviendas sostenibles, establecerlo como fundamental para el desarrollo adecuado de una habitabilidad con calidad, al que se le haga vigilancia y control. Y no entenderlo como valor agregado y determinado por las posibilidades económicas de los usuarios.



CAPÍTULO 5.

CASO DE ESTUDIO:
VIVIENDA DE
INTERES SOCIAL
EN SANTIAGO DE
CALI.

CAPÍTULO 5.

CASO DE ESTUDIO.

Aspectos generales de caso de estudio.

El análisis de caso de estudio se desarrolla en un prototipo de vivienda de interés social (VIS) ya construida en la ciudad de Santiago de Cali, Colombia. La elección de esta localización obedece a motivos profesionales y personales de quien escribe este documento por experiencia laboral en dicha ciudad. Para entender más sobre la localización seleccionada, se definen diferentes aspectos como: características geográficas, climáticas y arquitectónicas. Además, dé las características tipológicas específicas de la vivienda VIS seleccionada para el caso de estudio para el posterior análisis.

Análisis del lugar.

Aspectos generales de Santiago de Cali.

La ciudad de Santiago de Cali se encuentra localizada en la zona oeste de Colombia, específicamente en la Región del Pacífico, departamento del Valle del Cauca, de la que es la capital. La ciudad hace parte de los cuatro centros económicos e industriales más grandes de Colombia, ocupando la tercera posición después de las ciudades de Bogotá y Medellín. Además, según el informe del censo nacional llevado a cabo en el año 2018 por el DANE, ubica a la ciudad de Santiago de Cali como la tercera población con mayor número de habitantes (DANE 2019b). La ciudad hace parte de los 4 centros urbanos de mayor tamaño y población de Colombia; su área metropolitana se encuentra conformada por los municipios de Yumbo, Candelaria, Palmira y Jamundí.

Ese tercer puesto otorgado por el desarrollo económico e industrial que se ha generado durante el tiempo en las actividades económicas de la ciudad ha permitido el desarrollo constructivo acelerado de diferentes tipos de proyectos, siendo uno de estos la construcción de edificaciones residenciales de tipo no sociales (no VIS) y viviendas interés social (VIS). Esta última está obteniendo un desarrollo constructivo y urbano importante, ya que son muchos los proyectos que actualmente se ejecutan en las diferentes zonas del área metropolitana de la ciudad de Santiago de Cali. Lo anterior, se representa de manera gráfica en la Ilustración 39, donde es posible evidenciar la ubicación de la mayoría de este

Master Universitario en Edificación Sostenible – MUES. Propuesta de autoconstrucción para la adecuación interna de viviendas sociales en Colombia mediante criterios de arquitectura pasiva.

tipo de proyectos residenciales que se están desarrollando en el área metropolitana de la ciudad. Por otra parte, es importante mencionar que en estos proyectos también se construyen edificaciones residenciales de tipo social.

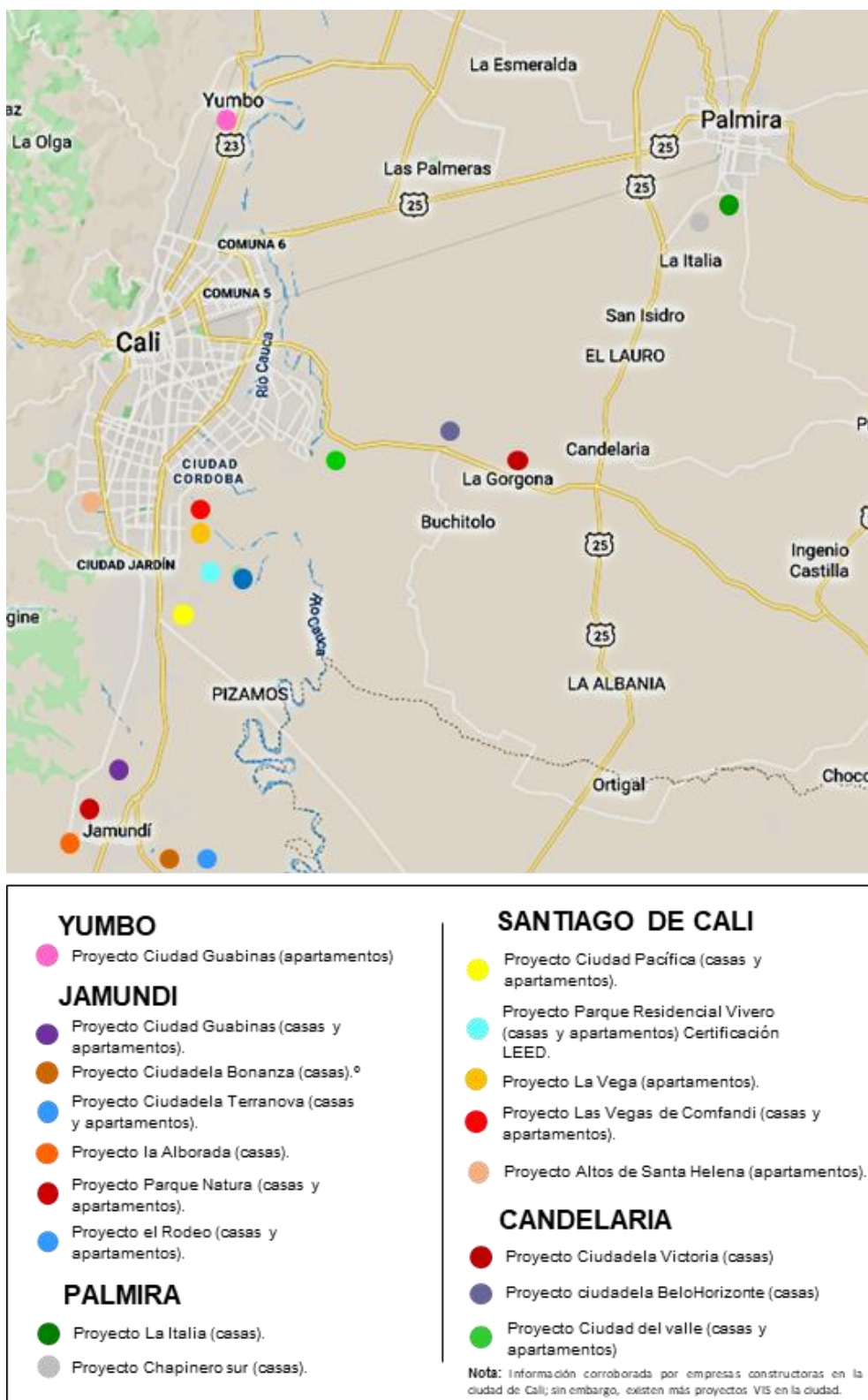


Ilustración 39. Localización de proyectos urbanos y residenciales de vivienda de interés social y no social en la ciudad de Santiago de Cali, Colombia. Fuente: elaboración propia.

Análisis Climático de Santiago de Cali.

Para el adecuado estudio y desarrollo de las propuestas arquitectónicas relacionadas con mejorar las condiciones térmicas internas que promuevan al ahorro energético, es importante el desarrollo del análisis de los aspectos climatológicos con los que cuenta un territorio. Dicho análisis, le permite al profesional generar diferentes ideas, alternativas o propuestas que generen un ambiente interno de confort y un consumo eficiente de la energía.

Para el presente caso de estudio se desarrolla un análisis climático con base a la información documentada existente sobre las características generales que definen el clima de la ciudad de Santiago de Cali. Inclusive, se desarrolla una simulación climatológica utilizando la herramienta tecnológica Climate Consultant 6.0, la cual genera diferentes gráficas con parámetros climatológicos como, por ejemplo: temperatura promedio, radiación solar, humedad relativa, velocidad del viento, por mencionar algunos. Con relación a lo anterior, la herramienta establece parámetros entre las horas de confort y los aspectos climáticos de dicha zona. Por último, genera estrategias de diseño pasivo específicas de la zona a tratar aumentando las horas de confort al interior de una edificación residencial.

Para el análisis en el Climate se seleccionó el modelo de confort ASHRAE Standard 55 and Current Handbook of Fundamentals Model, el cual fija las condiciones ambientales que logran un confort térmico razonable. Este, está basado en la temperatura de bulbo seco, los niveles de ropa (clo), la actividad metabólica (met), la humedad relativa, temperatura radiante media y la velocidad del viento.

Por otra parte, el programa para desarrollar el análisis requiere de la información meteorológica de los archivos EPW. Para el presente caso se utiliza el EPW de la estación meteorológica ubicada en el Aeropuerto Internacional Alfonso Bonilla Aragón, el cual se localiza muy cerca de la ciudad de Santiago de Cali. Por último, es importante mencionar que los resultados proporcionados por el programa no tienen en cuenta las características arquitectónicas y constructivas de una edificación, las cuales son: el estilo arquitectónico de la edificación o su orientación, la envolvente, entre otros. De este modo, en el modelo de confort solo se reflejan estrategias de diseño y de soluciones comunes.

Santiago de Cali se localiza en la zona cálida de Colombia, la cual comprende cerca del 80% de su territorio. La ciudad se encuentra a una altitud promedio entre los 970 y los 1030 metros sobre el nivel mar (msnm). Al estar dentro de la zona cálida de Colombia la ciudad cuenta con un clima cálido, pero

Master Universitario en Edificación Sostenible – MUES. Propuesta de autoconstrucción para la adecuación interna de viviendas sociales en Colombia mediante criterios de arquitectura pasiva.

seco con una temperatura promedio que ronda los 24 °C llegando a una máxima de 31 °C y una mínima de 18 °C. En el año, la ciudad presenta dos temporadas de precipitaciones, siendo una de esta relacionada con la temporada de invierno en el país y una temporada seca. A pesar de las temporadas de lluvia, predominan las altas temperaturas con días muy cálidos y soleados generalmente durante todo el año.

Por otra parte, los frentes de aire húmedo provenientes del Océano Pacífico son bloqueados en su totalidad por la cordillera Occidental, aumentando la sensación de altas temperaturas. Al encontrarse situada en el valle del río Cauca, el cual está rodeado de grandes montañas y muy cerca del Océano Pacífico, el departamento del Valle del Cauca presenta diferentes clases de vientos; sin embargo, en la ciudad de Santiago de Cali predominan los vientos de origen local, los cuales se perciben después de las tres de la tarde o en horas de la noche (ESCALANTE 2014).

Temperatura promedio mensual y anual.

La temperatura promedio anual en la ciudad, según datos del Climate Consultant, es de 24 °C, contando con temperaturas máximas de 32 °C con un récord de 34 °C en el mes de septiembre, mientras las mínimas llegan a los 17 °C con un récord de 15 °C para el mes de agosto. Es posible evidenciar que la temperatura es constante durante todo el año y se establece que el rango de confort de temperatura en la ciudad se encuentra balanceado entre los 20 °C y 25 °C (ver Ilustración 40).

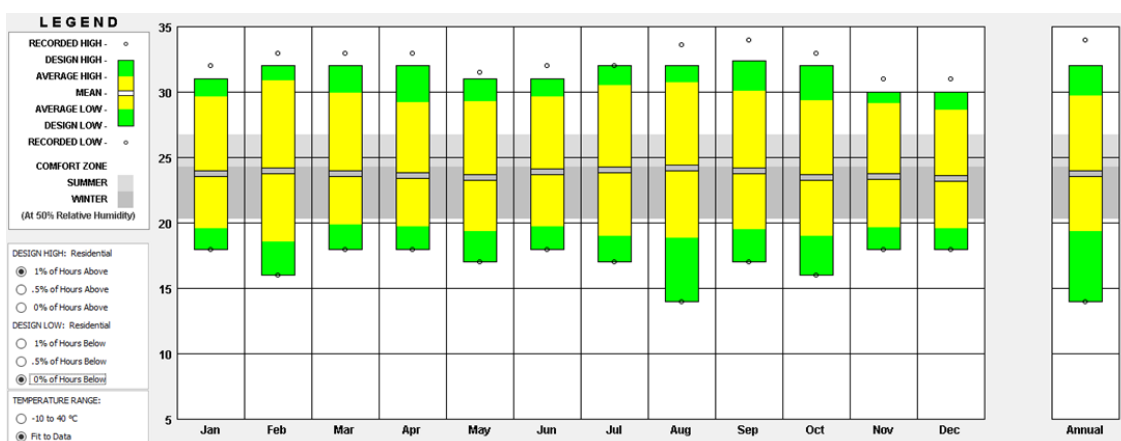


Ilustración 40. Gráfico de temperatura media anual. Fuente: captura de pantalla de programa Climate Consultant 6.0.

Radiación solar.

En el gráfico de radiación solar es posible evidenciar que durante todo el año el brillo solar es constante; sin embargo, en los meses de enero, febrero, marzo y agosto, este aumenta considerablemente en comparación con los otros meses del año (ver Ilustración 41).

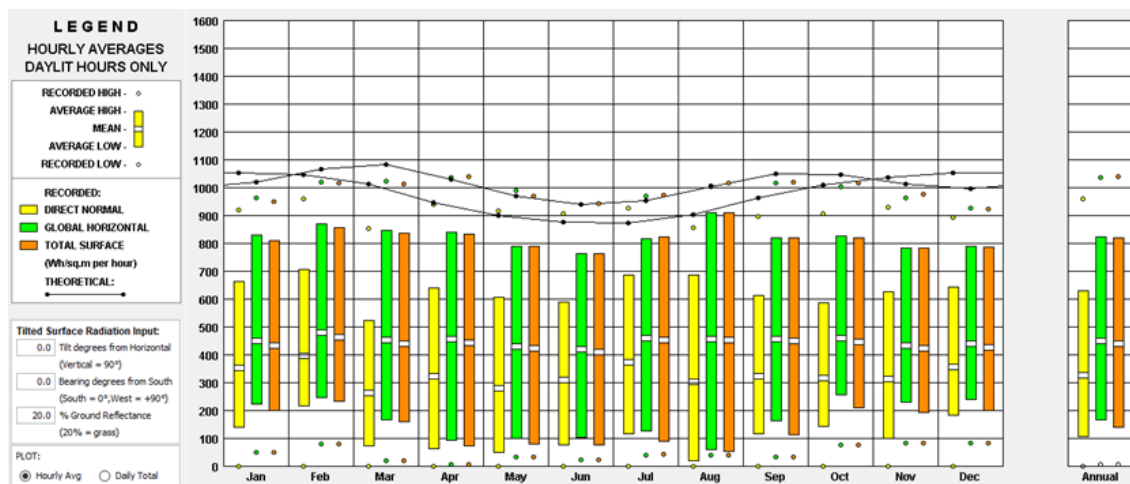


Ilustración 41. Gráfico de radiación solar. Fuente: captura de pantalla de programa Climate Consultant 6.0.

Humedad relativa.

Durante el año, el promedio de humedad relativa en la ciudad oscila entre el 70% y el 80%. Sin embargo, durante el día presenta variaciones, al medio día puede llegar a porcentajes inferiores al 60% y en horas de la noche a la madrugada aumenta a un valor de 70% o más, esto sucede generalmente casi todo el año (ver Ilustración 42).

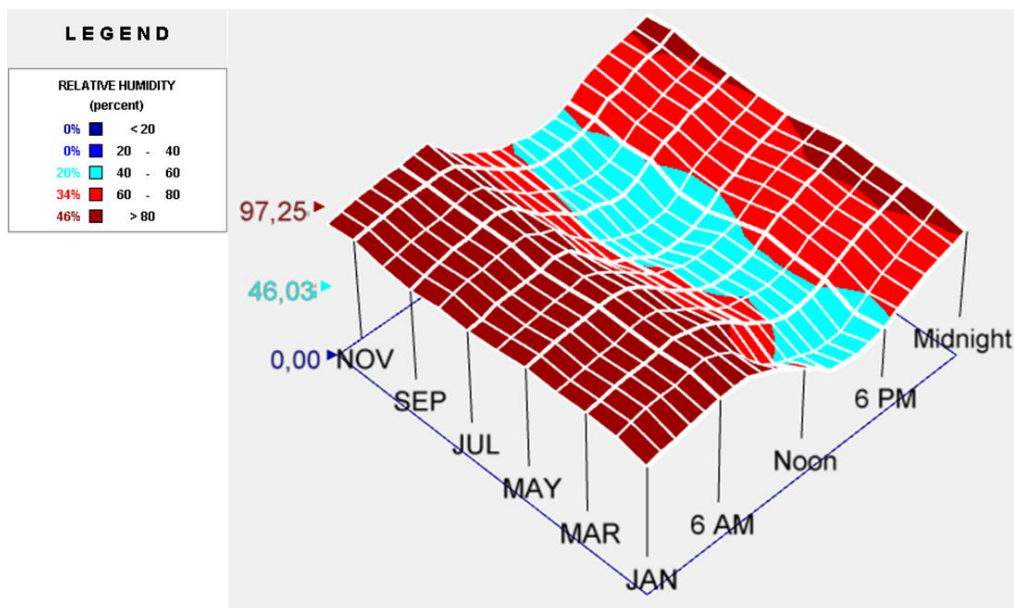


Ilustración 42. Gráfica de humedad relativa. Fuente: captura de pantalla de programa Climate Consultant 6.0.

Velocidad del viento.

En el caso de los vientos, estos se mantienen constantes durante casi todo el año, la variación se refleja durante el día. En horas de la mañana, hasta el mediodía los vientos son entre 2 a 3 m/s, en algunos casos estos disminuyen su velocidad siendo inferior a los 2 m/s. En horas de la tarde, después de las tres, es posible evidenciar que la velocidad de los vientos aumenta notoriamente entre los 3 m/s y lo 5 m/s (ver Ilustración 43).

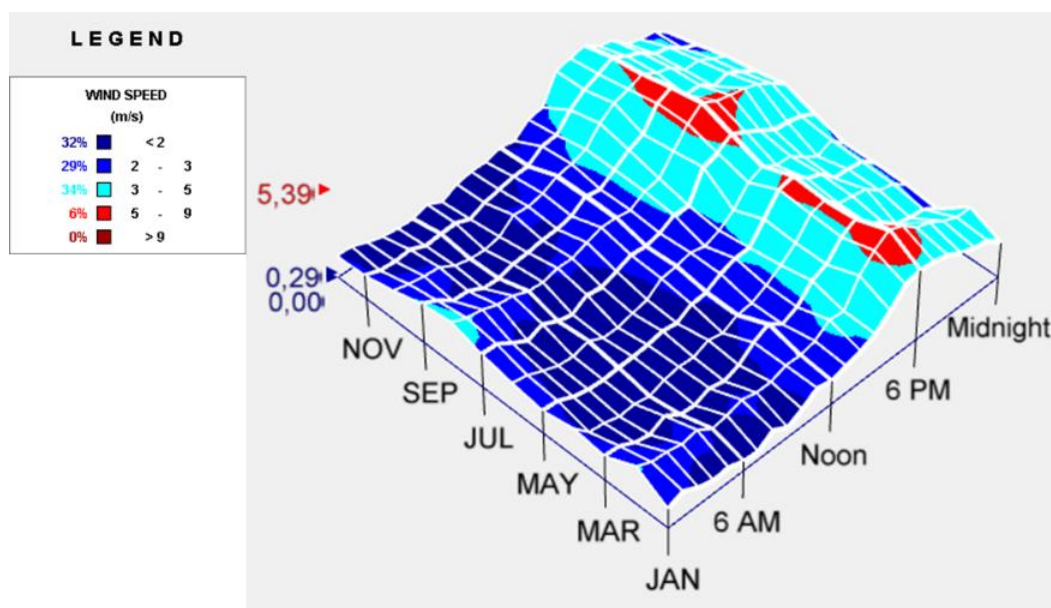


Ilustración 43. Gráfica de velocidad del viento. Fuente: captura de pantalla de programa Climate Consultant 6.0.

Análisis del gráfico psicrométrico del Climate Consultant 6.0.

De las 8760 horas que conforman un año, en la ciudad de Santiago de Cali solo 44 horas (0.5% del total de horas) se encuentran en estado de confort térmico, mientras el resto de horas en incomodidad térmica. Para mejorar esta condición, en la gráfica se presentan diferentes estrategias de diseño en el recuadro izquierdo (marcado en rojo en la Ilustración 44). Seleccionando las estrategias más relevantes, que para este caso corresponden a los porcentajes con números más representativos, se obtiene un aumento del 0.5% al 75.1% que corresponde a 6583 horas. Esto quiere decir que si se incluyen las estrategias en los diseños y proyectos de las viviendas se logra obtener muchas más horas de confort durante el año (ver Ilustración 44).

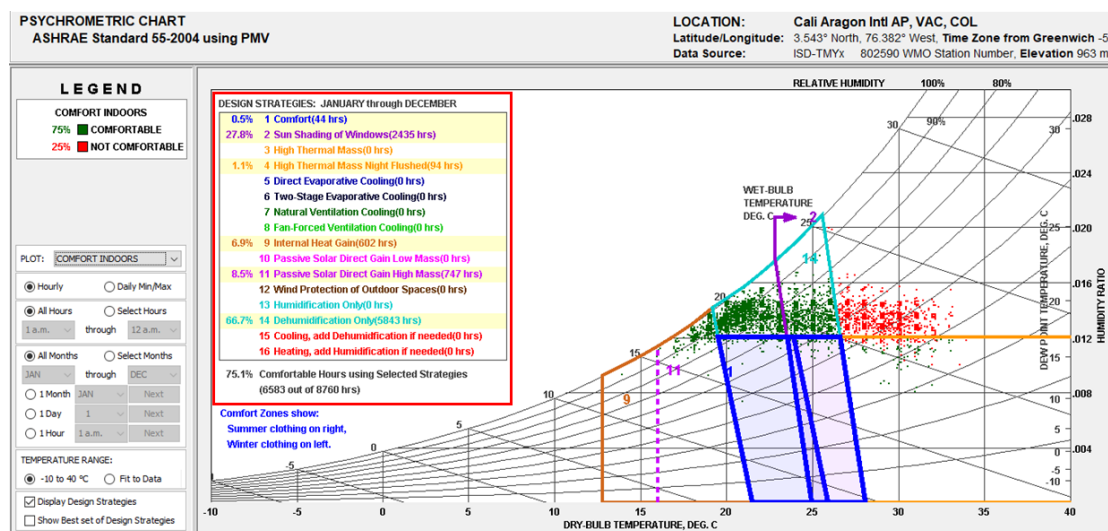


Ilustración 44. Gráfico ábaco psicrométrico. Fuente: captura de pantalla de programa Climate Consultant 6.0.

Con base a las estrategias seleccionadas en el ábaco psicrométrico, el programa genera un listado en el cual se pueden encontrar pautas para el diseño arquitectónico de edificios residenciales exclusivamente del clima de la ciudad Santiago de Cali. Estas pautas contribuyen a mejorar las horas de confort al interior de la edificación durante el año. A continuación, se definen las pautas de la siguiente manera:

- 1- Los porches y patios con mosquetero pueden proporcionar enfriamiento de confort pasivo mediante la ventilación en climas cálidos y pueden prevenir problemas de insectos.
- 2- Las casas pasivas tradicionales en climas cálidos y húmedos utilizaban construcciones livianas con paredes operables y porches exteriores, amplios y sombreados. Por último, estas son elevadas del suelo.

- 3- Las casas pasivas tradicionales en climas cálidos y húmedos usaban techos altos y ventanas altas operables, la cuales eran protegidas por voladizos profundos con verandas.
- 4- Materiales vegetales como, por ejemplo: arbustos, árboles, paredes cubiertas de hiedra. Estos deben de ubicarse especialmente en el oeste para minimizar la ganancia de calor (las lluvias de verano apoyan el crecimiento de las plantas nativas).
- 5- En climas húmedos, los áticos bien ventilados con techos inclinados funcionan bien para eliminar la lluvia y se pueden extender para proteger entradas, porches, terrazas, áreas de trabajo al aire libre.
- 6- Si el suelo es húmedo, elevar la edificación muy por encima del este para disminuir la humedad y favorecer la ventilación natural debajo del mismo.
- 7- Las zonas de amortiguación al aire libre con sombra (porche, patio, lanai) orientadas a las brisas predominantes pueden extender las áreas de vivienda y trabajo en climas cálidos o húmedos.
- 8- Los voladizos de ventanas (diseñados para esta latitud) o los parasoles operables (toldos que se extienden en verano) pueden reducir o eliminar el aire acondicionado.
- 9- Para la calefacción solar pasiva, coloque la mayor parte del área acristalada hacia el sur para maximizar la exposición al sol en invierno, pero diseñe los voladizos a plena sombra en verano.
- 10- En días muy calurosos, los ventiladores de techo y el movimiento del aire interior pueden hacer que parezca 5 grados más fríos o más, así se evitaría el uso de aire acondicionado

A continuación, de manera gráfica en la Ilustración 45, se expresan bocetos de diseños pasivos que busca expresar de manera ilustrativa las medidas o estrategias que se deben de incluir en los diseños o propuestas.

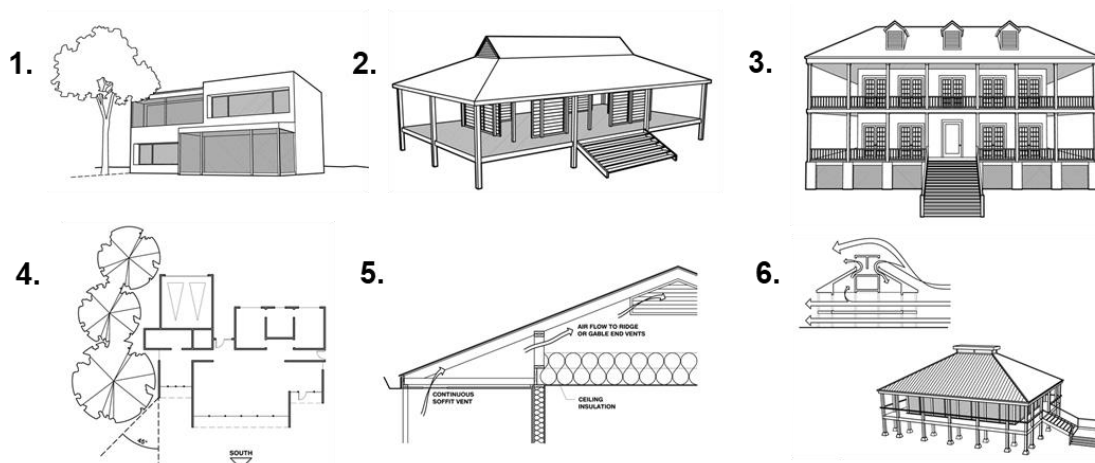


Ilustración 45. Estrategia pasiva de prediseño. Fuente: captura de pantalla de programa Climate Consultant 6.0.

Entendiendo los aspectos generales que describen el entorno de la vivienda seleccionada, se prosigue a desarrollar el análisis general de los aspectos y elementos que la conforman. En este apartado se documenta su localización en la ciudad de Santiago de Cali y sus características arquitectónicas y constructivas específicas.

Vivienda modelo.

Ubicación.

La vivienda hace parte del megaproyecto urbano residencial Ciudad Pacífica, el cual se localiza al sur de la ciudad de Santiago de Cali, específicamente en la vía que comunica al municipio de Jamundí con la ciudad (ver Ilustración 46). Dicho megaproyecto se compone de grandes complejos habitacionales de vivienda multifamiliar y unifamiliar. El proyecto habitacional donde se encuentra la vivienda es denominado como Mirasol y se compone aproximadamente de 200 casas de dos plantas en medianera. Estos proyectos hacen parte de los mencionados programas de vivienda de interés social ofertados por el gobierno. Cabe destacar que dentro del megaproyecto existen proyectos habitacionales de tipo no VIS.

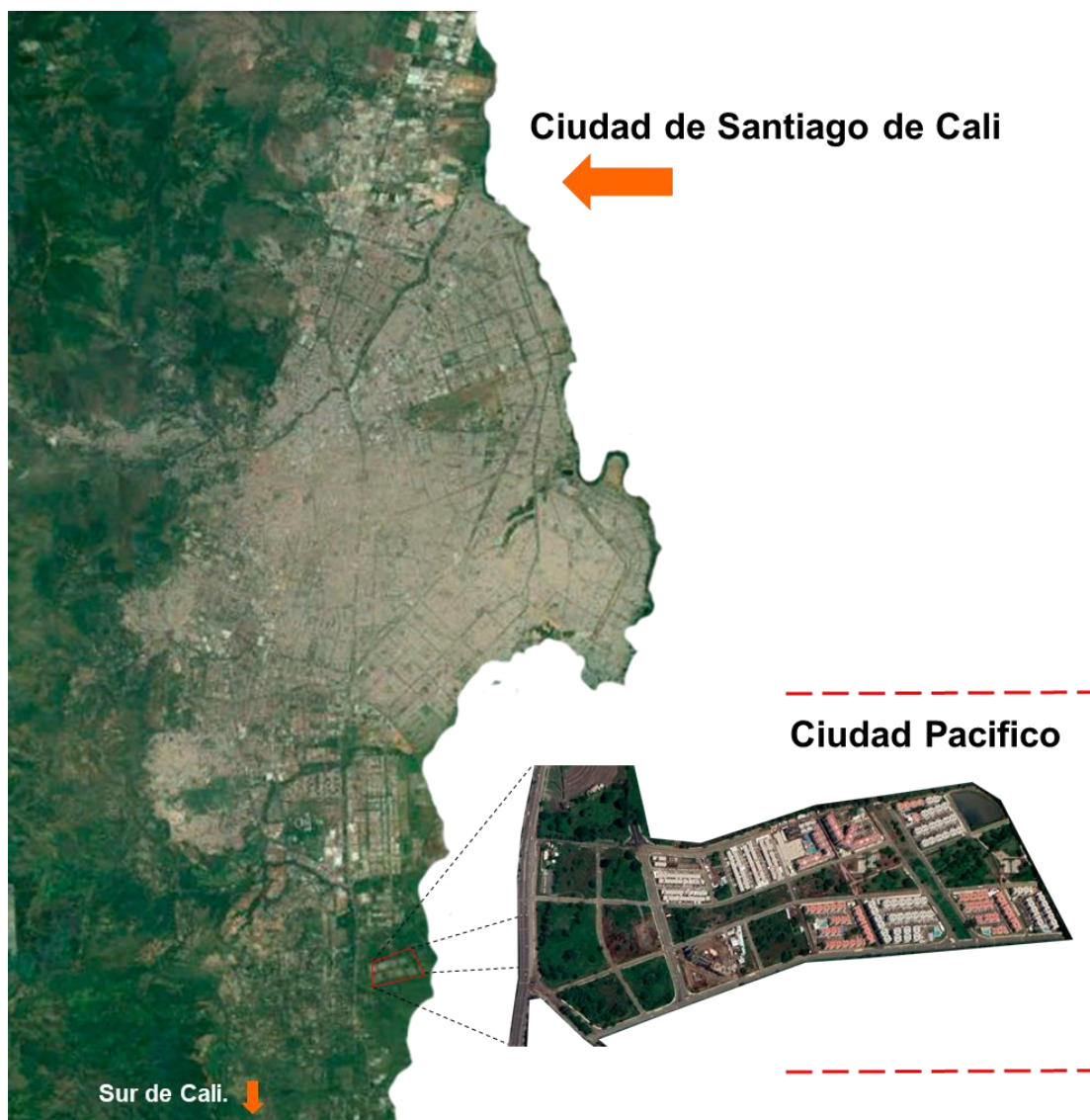


Ilustración 46. Ubicación de Ciudad Pacífica en Santiago de Cali. Fuente: elaboración propia.

Condiciones tipológicas y constructivas de la VIS estudio.

La vivienda cuenta un área construida de 93,80 m² y un área privada de 83,41 m² distribuidas en dos plantas de la siguiente forma: la primera planta se conforma por zona de parqueo, área de labores o de servicio, cocina, baño social (sin ducha), sala – comedor y patio. En la segunda planta se encuentran habitaciones uno y dos, baño (con ducha), pequeño espacio para estudio, habitación principal que incluye baño (con ducha) y área de vestir. En las siguientes ilustraciones, se presentan los dibujos arquitectónicos generales de la VIS como, plantas, corte y fachadas.

Primera planta.

Segunda planta.

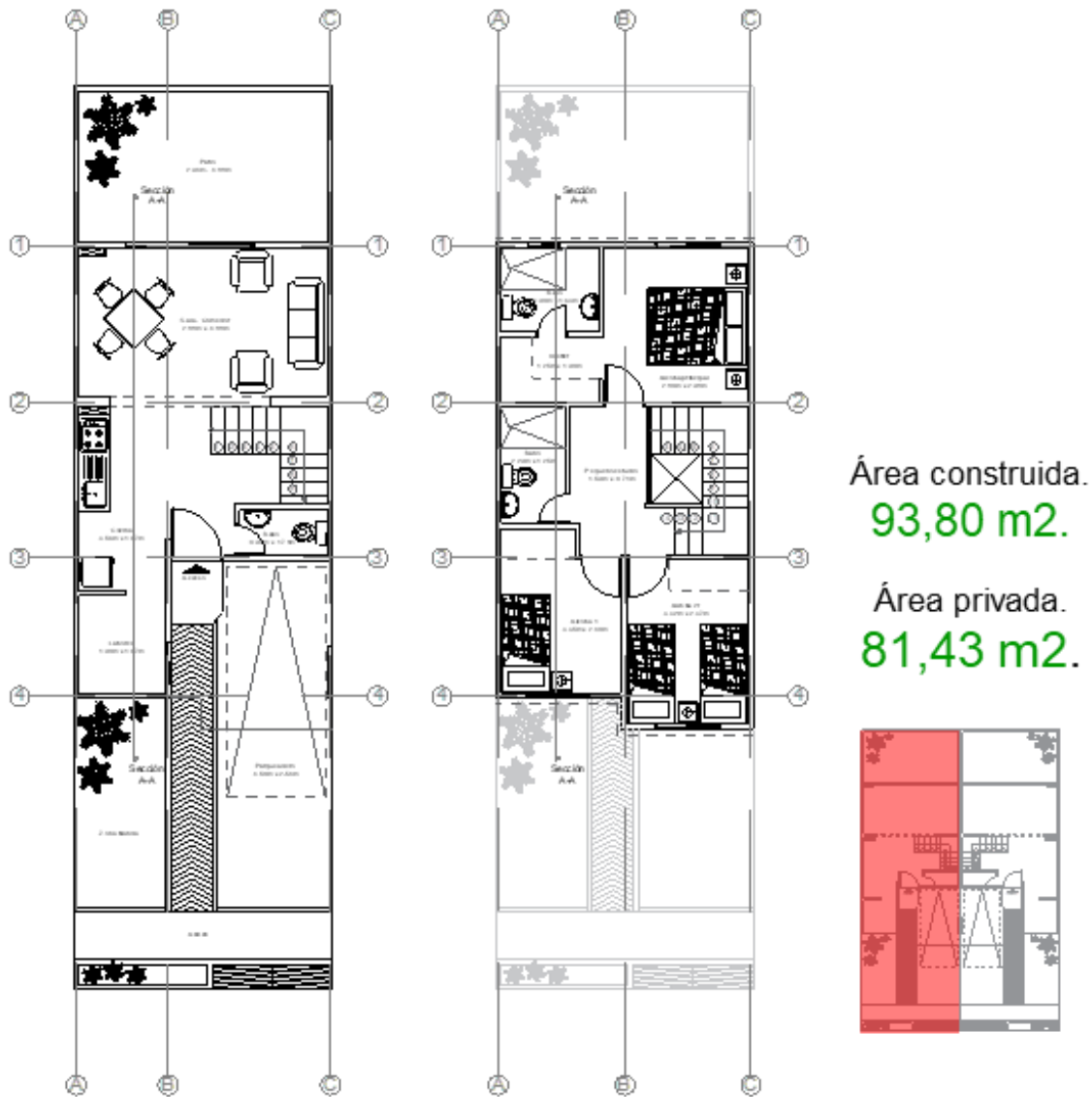


Ilustración 47. Plantas arquitectónicas de primera y segunda planta. Fuente: elaboración propia.

CORTE A-A'.

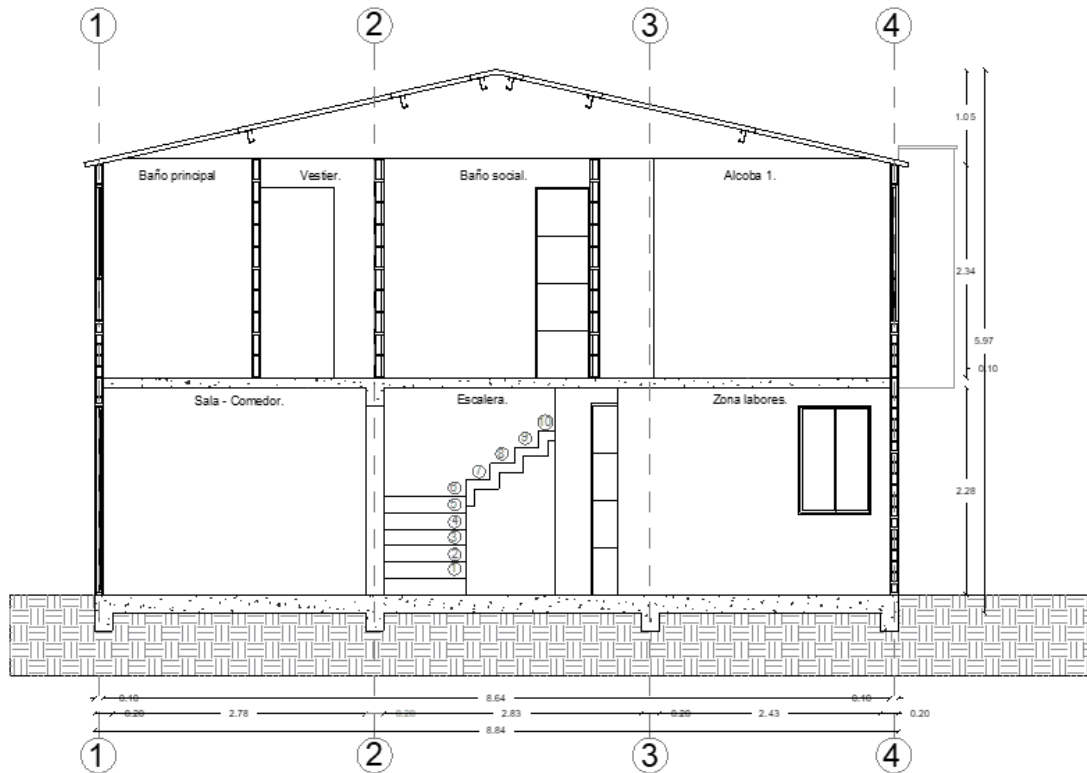
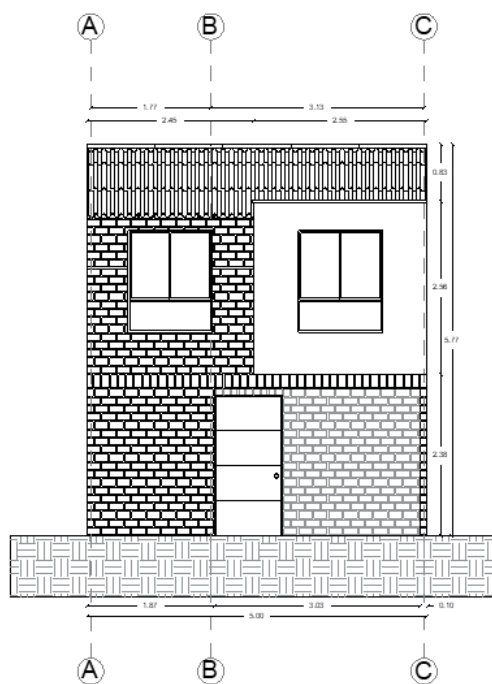


Ilustración 48. Corte A-A longitudinal de la vivienda. Fuente: elaboración propia.

FACHADA PRINCIPAL.



FACHADA SECUNDARIA.

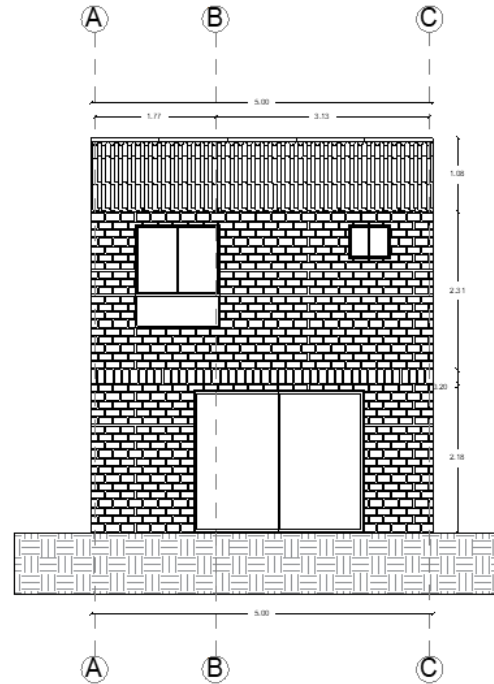


Ilustración 49. Fachada principal y secundaria de la vivienda. Fuente: elaboración propia.

Condiciones constructivas de vivienda.

La construcción de la vivienda se desarrolla bajo el concepto de vivienda progresiva el cual fue adaptado por parte del gobierno de Colombia. Este consiste en flexibilizar la estrategia principal de la función de una vivienda, la cual es proporcionar una habitabilidad con espacios y servicios ya establecidos. En este caso, la vivienda es entregada sin terminar para reducir costos, a un nivel básico, pero “habitable”, esto con la finalidad y la capacidad de que la vivienda pueda adaptarse a las necesidades reales de la población y a los modos de vida que esta lleva (ADMAD5 2016). Esta manera de entregar la vivienda permite a los habitantes tomar decisiones en cuanto a mejorar su habitabilidad y confort, los cuales son desarrollados en el tiempo de dos formas: cuantitativa y adaptativa.

Bajo el concepto anterior, la vivienda constructivamente es muy básica y ligera, utilizando el sistema de muros en mampostería estructural, con bloque de arcilla hueco, losa de cimentación y placa de entrepiso en hormigón reforzado, tejas de fibrocemento, ventanas con acristalamiento simple y carpintería simple de aluminio. A continuación, se definen los elementos constructivos que componen la vivienda, además estos pueden identificarse de forma gráfica en la ilustración 50.

- Losa de cimentación en hormigón con refuerzo en acero y espesor de 20 cm.
- Muros en mampostería reforzada en bloque de arcilla a la vista de 10 cm x 20 cm huecos, con refuerzo en acero de forma vertical y horizontal, relleno de bloque en hormigón. A medida que se levanta una hilada de bloque debe realizarse vaciado de concreto dentro de los bloques.
- Losa de entrepiso en hormigón con refuerzo en acero y espesor de 10 cm.
- La cubierta se compone de tejas onduladas de fibrocemento con una longitud de 1.83 m y un ancho de 1.05 m, soportadas por una estructura en perfil de acero galvanizados de tipo C.
- Ventanería con acristalamiento simple y unas carpinterías simples en aluminio.

DETALLE DE ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS DE CASA “VIS”. ESTADO ACTUAL

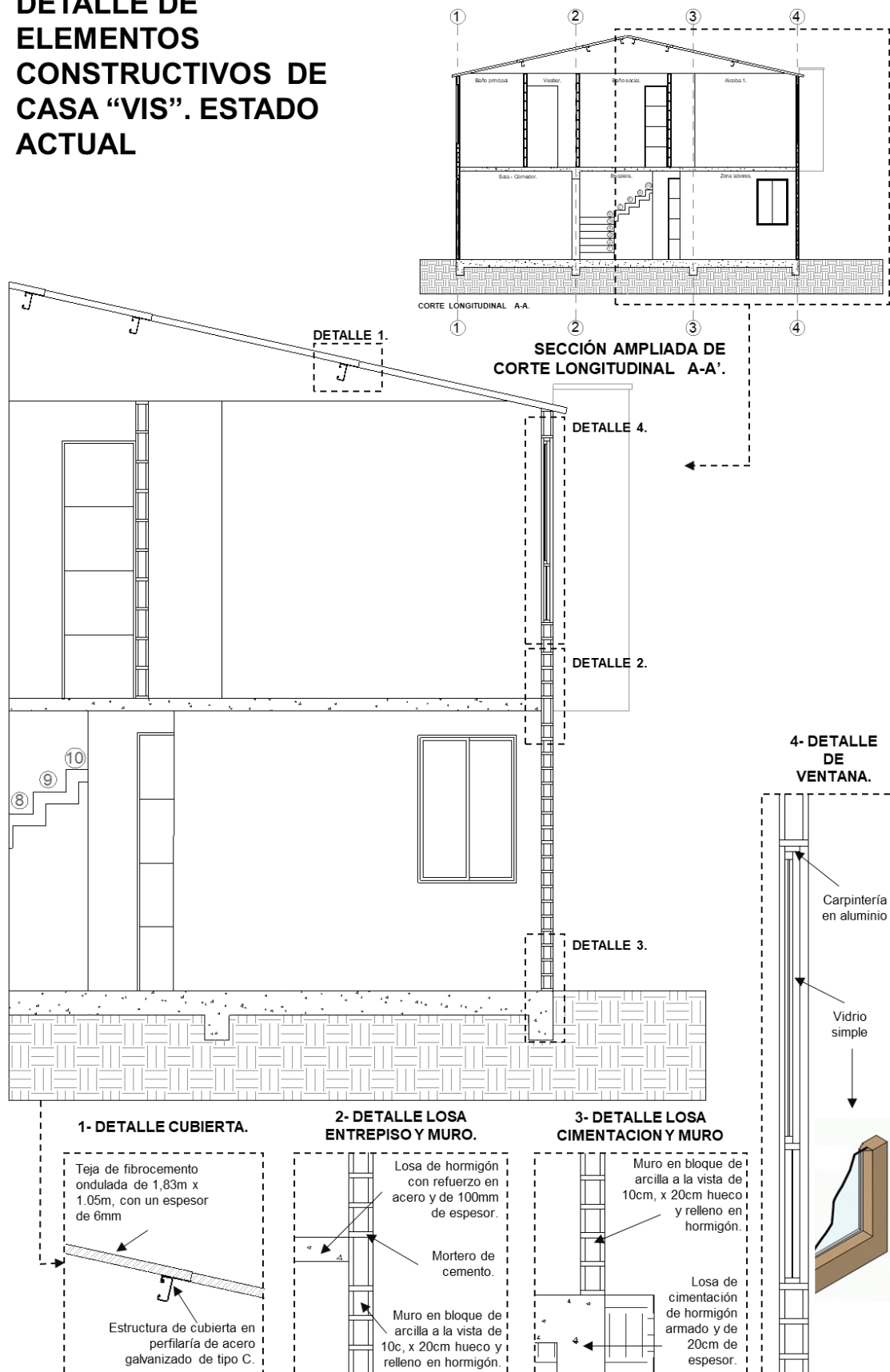


Ilustración 50. Sección de detalle de elementos constructivo que conforman la estructura de la vivienda de interés social. Fuente: elaboración propia.

Master Universitario en Edificación Sostenible – MUES. Propuesta de autoconstrucción para la adecuación interna de viviendas sociales en Colombia mediante criterios de arquitectura pasiva.

En cuanto a los acabados finales, estos no se encuentran incluidos en los diseños, ni tampoco en los costos del proyecto y esto sucede gracias al concepto de vivienda progresiva. Este criterio final se ve reflejado tanto en los espacios internos de la vivienda como en las zonas externas. En las siguientes ilustraciones se aprecia el estado actual de la vivienda construida.



Ilustración 51. Fachada y entorno de la vivienda de caso de estudio. Fuente: empresa ITC avalúos.



Ilustración 52. Espacios internos, sala, comedor y cocina de la vivienda de caso de estudio. Fuente: empresa ITC avalúos.



Ilustración 53. Espacios internos, habitación, halla de alcobas, cubierta de la vivienda de caso de estudio. Fuente: empresa ITC avalúos.

Con relación a las condiciones en las que son entregadas este tipo de viviendas en Colombia y en la ciudad de Santiago de Cali, analizando las oportunidades con las que cuentan los habitantes de dichas viviendas para mejorar y adecuar los espacios internos de las mismas y satisfacer sus necesidades, se toma como ejemplo y base la vivienda antes mencionada. Con esta vivienda se desarrolla un análisis que demuestre que las condiciones actuales en las que esta se encuentra y es entregada no cuenta con las características que generan un buen confort térmico interno razonable y reducir

Master Universitario en Edificación Sostenible – MUES. Propuesta de autoconstrucción para la adecuación interna de viviendas sociales en Colombia mediante criterios de arquitectura pasiva.

el consumo de energía. Con base al análisis se desarrollan varias propuestas de mejora utilizando los criterios del estándar Passivhaus en concordancia a las condiciones y posibilidades económicas de la población que adquiere la vivienda.



CAPÍTULO 6.

DESARROLLO
PROPUESTA.

CAPÍTULO 6.

PROPUESTA.

En el presente capítulo, se describe toda la propuesta que busca mejorar las condiciones térmicas internas de la Vivienda de Interés Social seleccionada para el presente caso de estudio. Esta se divide en tres partes, la primera parte consiste en un análisis de balance energético sobre el estado actual, la segunda, reside en la propuesta de corrección y adecuación en el diseño actual y la tercera parte, consta de un análisis de viabilidad económica.

Propuesta de mejora en la vivienda VIS.

Teniendo en cuenta lo analizado en el capítulo anterior, en el presente capítulo se desarrolla un análisis basado en la simulación y resultados obtenidos de las condiciones actuales de la edificación. Derivado del análisis, se definirán los aspectos a mejorar que favorecerán el confort para la vivienda.

Para el adecuado análisis se utilizan los datos y valores que proporcionan los programas Desing PH y la herramienta PHPP, los cuales de manera adecuada permiten simular el balance energético de la vivienda. Cabe destacar que estos programas son utilizados para otorgarle la certificación Passivhaus a las edificaciones. Sin embargo, para el presente caso la intención no es llegar a la certificación, sino utilizar la información sobre el balance energético y así definir cuáles son los aspectos a desarrollar para mejorar las características térmicas de la vivienda y que esta ofrezca un mejor ambiente interno.

Para dar inicio con la simulación fue necesario crear un modelado 3D de la vivienda en el programa SketchUp, en el cual solo se dibuja la envolvente opaca y transparente del edificio; además, se incluye el área libre que corresponde a la superficie energética en este caso, como se aprecia en la siguiente Ilustración 54.

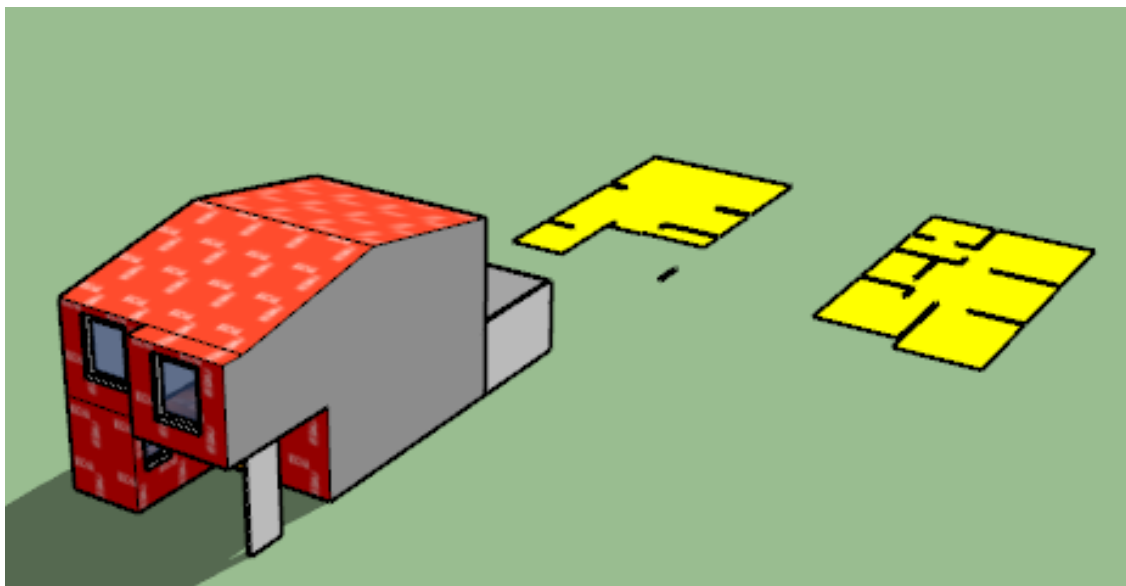


Ilustración 54. Modelo 3D de la vivienda de interés social. Fuente: captura de pantalla del programa SketchUp y Desing PH.

Después de obtener el modelo 3D, se prosigue a la activación de la herramienta DesignPH. Con ella, a muros, cubierta y losas se les asignan criterios de valor como, por ejemplo: grupo de superficie y valores-U, los cuales ayudarían a que el programa reconozca la envolvente y pueda definir los criterios en la simulación. Más aun, se incorporan las ventanas estipuladas por la misma herramienta. En el menú del DesignPH, para esta simulación se seleccionan la envolvente y la superficie de referencia energética; inclusive, se incluyen sets climáticos donde se ubica la edificación.

Para el caso de la presente investigación se utiliza el set climático de México, específicamente el de Guerrero – Acapulco (denominado así en la aplicación), ya que el programa no cuenta con un set climático específico de Colombia, porque en este país no se ha construido todavía ninguna edificación con el estándar Passivhaus. El set climático que fue seleccionado posee características similares a las de la ciudad de Santiago de Cali (ver Ilustración 55).

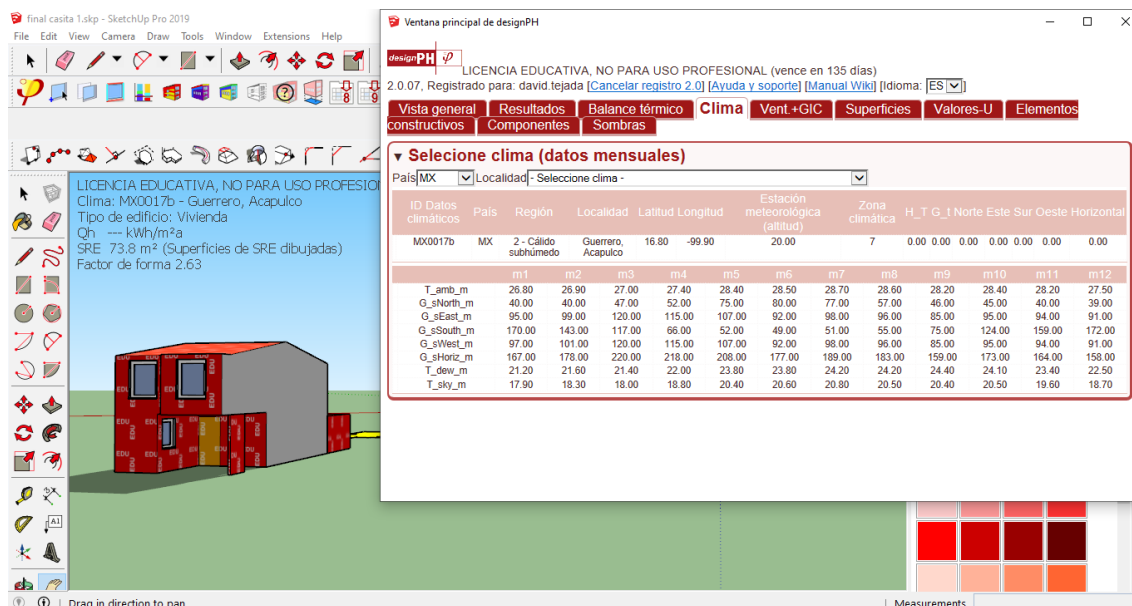


Ilustración 55. Datos climáticos. Fuente: captura de pantalla del programa SketchUp y Desing PH.

Los datos obtenidos en la simulación en el designPH son exportados a la herramienta PHPP, donde se anexa la información complementaria para realizar un adecuado estudio y obtener valores más precisos.

Después de hecha la asignación de todos los grupos y puentes térmicos con el DesignPH se exporta un archivo en formato PPP a la herramienta PHPP para así desarrollar un análisis completo del balance energético de la vivienda y entender dónde se encuentran las debilidades del proyecto y cuáles y cómo se pueden mejorar.

Herramienta PHPP.

Para complementar los datos climáticos y obtener un resultado más específico en el apartado del clima de la herramienta PHPP, se incorpora el set climático de la ciudad de Santiago de Cali, el cual es descargado desde un aplicativo web del instituto Passivhaus (ver Ilustración 56).

El set climático de Santiago de Cali obtenido en el aplicativo web es introducido a la herramienta PHPP en el apartado del clima para así otorgarle los valores reales de la ubicación del proyecto, obteniendo valores reales para el desarrollo del estudio (ver Ilustración 57).

Master Universitario en Edificación Sostenible – MUES. Propuesta de autoconstrucción para la adecuación interna de viviendas sociales en Colombia mediante criterios de arquitectura pasiva.

There are two ways of calculating the climate data:

- Select the desired position on the map (JavaScript required)
- Enter the latitude and longitude manually

The corresponding climate data for the selected position can be downloaded by clicking on "Calculate climate" and copied into the PHPP.

Search:

Latitude (north positive)

Longitude (east positive)

Comma as a decimal separator
 Point as a decimal separator

csv file separated by a semicolon
 csv file separated by a tab stop

PHPP 8 and later

Impressum | Haftungsausschluss | Datenschutz

Ilustración 56. Aplicación externa para la búsqueda del set climático. Fuente: http://klimadaten.passiv.de/?lang=en_EN

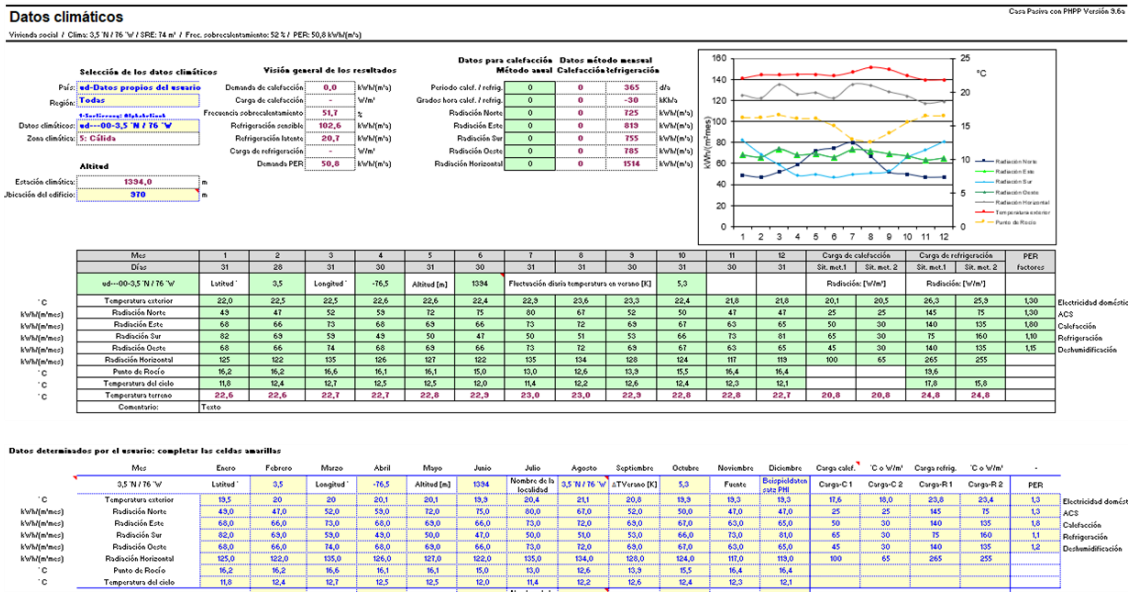


Ilustración 57. Apartado del clima en la herramienta del PHPP. Fuente: captura de pantalla de la herramienta PHPP.

Interpretación de resultados.

Una vez desarrollados todos los criterios y aspectos que son requeridos por los programas de simulación utilizados (Desing PH y la herramienta PHPP), se prosigue al análisis de los resultados obtenidos en los modelos a desarrollar. El primer modelo consiste en el análisis del estado actual y el segundo modelo se basa en las adecuaciones generadas y derivadas del análisis inicial. Estos

Master Universitario en Edificación Sostenible – MUES. Propuesta de autoconstrucción para la adecuación interna de viviendas sociales en Colombia mediante criterios de arquitectura pasiva. dos modelos se desarrollan siguiendo los lineamientos y criterios del estándar Passivhaus documentados en el Manual PHPP Programa de Planificación Passivhaus (Passive House Institute Dr. Wolfgang Feist 2015) y el libro “De la casa pasiva al estándar Passivhaus: arquitectura pasiva en climas cálidos” (Wassouf 2014).

Estado actual.

En el estado actual se encuentra un edificio ligero con un sistema constructivo básico y con una envolvente con una transmitancia térmica muy elevada y expuesta a las condiciones térmicas externas, además de unas ventanas simples y sin protección solar.

Partiendo de la anterior definición e incluyendo y completando los datos que se requieren para el desarrollo adecuado de la simulación en la herramienta PHPP, en el apartado de comprobación se aprecian resultados más relevantes que demuestran la falta de confort que existe en el interior de la vivienda. En el primer resultado se puede apreciar la frecuencia de sobrecalentamiento con un 51% y luego la frecuencia de humedad del 91% (ver Ilustración 58). Esto significa que son los aspectos importantes y/o relevantes a mejorar para lograr un balance energético razonable y disminuir la incomodidad térmica al interior de la vivienda.

Valores específicos del edificio con referencia a la superficie de referencia energética							
	Superficie de referencia energética	m ²			Criterio	Criterios alternativos	¿Cumplido? ²
Calefacción	Demanda de calefacción	kWh/(m ² a)	0	≤	15	-	Si
	Carga de calefacción	W/m ²	-	≤	-	-	
Refrigeración	Demanda refrigeración & deshum.	kWh/(m ² a)	-	≤	-	-	-
	Carga de refrigeración	W/m ²	-	≤	-	-	
	Frecuencia de sobrecalentamiento (> 25 °C)	%	51	≤	10	-	No
	Frecuencia excesivamente alta humedad (> 12 g/kg)	%	91	≤	20	-	No
Hermeticidad	Resultado ensayo presión n ₅₀	1/h	0,6	≤	0,6	-	Si
Energía Primaria no renovable (EP)	Demanda EP	kWh/(m ² a)	102	≤	120	-	Si
	Demanda PER	kWh/(m ² a)	51	≤	-	-	
Energía Primaria Renovable (PER)	Generación de Energía Renovable (en relación con área de la huella del edificio proyectado)	kWh/(m ² a)	-	≥	-	-	-

² Celda vacía: Falta dato; !: Sin requerimiento

Ilustración 58. Cuadro de comprobación de la herramienta PHPP. Fuente: captura de pantalla de la herramienta PHPP.

Cabe mencionar que por encontrarse en una zona con un clima cálido tropical la vivienda cumple con el apartado de calefacción, en el caso del apartado de refrigeración no aparecen datos de demanda, ya que actualmente la vivienda no posee un equipo de refrigeración y al no contar con este, no existe dicha demanda. Sin embargo, este es el factor más importante a tomar en cuenta para disminuir los valores de la frecuencia de sobrecalentamiento y alta humedad. Por otra parte, uno de los objetivos en cuanto a las estrategias es

Master Universitario en Edificación Sostenible – MUES. Propuesta de autoconstrucción para la adecuación interna de viviendas sociales en Colombia mediante criterios de arquitectura pasiva.

disminuir la demanda energética, incluyendo propuestas que induzcan a bajo consumo energético y poca inversión, evitando la demanda de uso de equipos electrónicos.

La transmitancia térmica de los elementos constructivos que conforman la envolvente opaca de la vivienda posee valores muy altos, como se puede apreciar en las siguientes ilustraciones en las cuales se define el Valor U de los elementos.

Valor-U de los sistemas constructivos Casa Pasiva con PHPP Versión 3.6a

Vivienda social / Clima: 3,5 °N / 76 °W / SRE: 74 m² / Frec. sobrecalentamiento: 51% / PER: 50,8 kWh/(m²a)

Cálculo secundario: Conductividad térmica equivalente de los espacios de aire en calma -> (a la derecha)
 Capas en forma de cuña (aislamiento con pendiente)
 Capas de aire sin ventilar y áticos no calefactados

Nr. elem. cons.	Denominación de elemento constructivo	¿Aislamiento interior?				
01ud	LOSA PISO	<input type="checkbox"/>				
Resistencia térmica superficial [m²K/W]						
Inclinación del elemento:	3-Suelo	interior R _{s,i} : 0,10				
Adyacente a:	0	exterior R _{s,e} : 0,00				
Superficie parcial 1	λ [W/(m·K)]	Superficie parcial 2 (opcional)	λ [W/(m·K)]	Superficie parcial 3 (opcional)	λ [W/(m·K)]	Espesor [mm]
Hormigon Armado	2,100					200
Porcentaje superficie parcial 1	100%	Porcentaje superficie parcial 2		Porcentaje superficie parcial 3		Total
						20,0 cm
Suplemento al valor-U:						Valor-U: 5,122 W/(m²K)

Ilustración 59. Valor-U de losa de cimentación en vivienda (estado actual). Fuente: captura de pantalla de la herramienta PHPP.

Detalle intersección elemento constructivo, losa de cimentación.

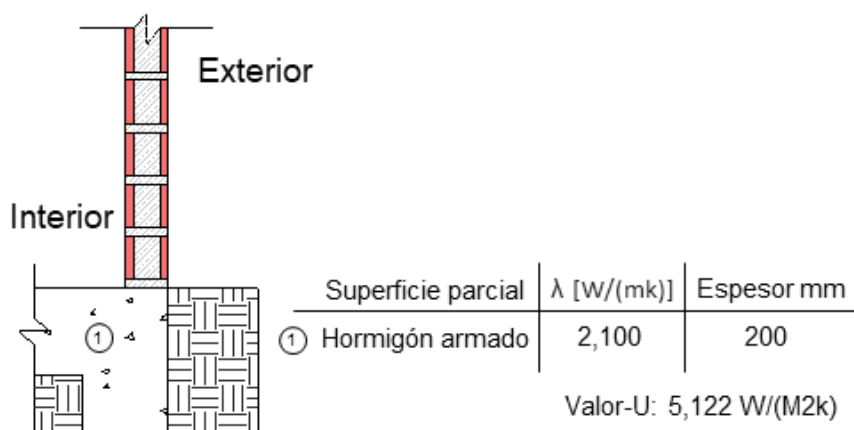


Ilustración 60. Detalle de elemento constructivo de losa de cimentación. Fuente: elaboración propia.

Nr. elem. cons.	02ud MUROS			¿Aislamiento interior?		
Resistencia térmica superficial [m ² K/W]						
Inclinación del elemento	3-Suelo	interior R _s :	0,10			
Adyacente a	0	exterior R _s :	0,00			
Superficie parcial 1	λ [W/(mK)]	Superficie parcial 2 (opcional)	λ [W/(mK)]	Superficie parcial 3 (opcional)	λ [W/(mK)]	Espesor [mm]
Muro en ladrillo de arcilla hueco	0,320					50
Hormigon	2,100					50
Porcentaje superficie parcial 1	100%	Porcentaje superficie parcial 2		Porcentaje superficie parcial 3		Total
						10,0 cm
Suplemento al valor-U	W/(m ² K)	Valor-U: 3,571 W/(m ² K)				

Ilustración 61. Valor-U de muros en vivienda (estado actual). Fuente: captura de pantalla de la herramienta PHPP.

Detalle intersección de elementos constructivo, muro de fachada.

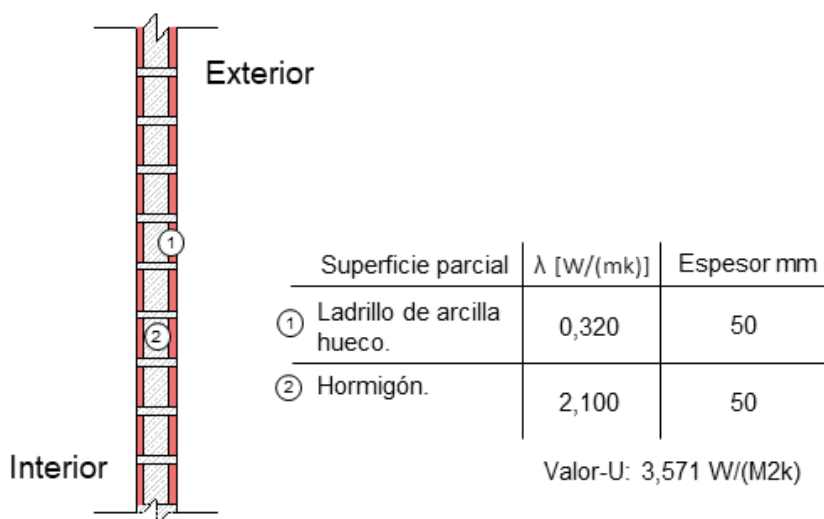


Ilustración 62. Detalle de elemento constructivo de muro de fachada. Fuente: elaboración propia.

Nr. elem. cons.	04ud LOSA ENTREPISO			¿Aislamiento interior?		
Resistencia térmica superficial [m ² K/W]						
Inclinación del elemento	3-Suelo	interior R _s :	0,10			
Adyacente a	0	exterior R _s :	0,00			
Superficie parcial 1	λ [W/(mK)]	Superficie parcial 2 (opcional)	λ [W/(mK)]	Superficie parcial 3 (opcional)	λ [W/(mK)]	Espesor [mm]
Hormigon Armado	2,100					100
Porcentaje superficie parcial 1	100%	Porcentaje superficie parcial 2		Porcentaje superficie parcial 3		Total
						10,0 cm
Suplemento al valor-U	W/(m ² K)	Valor-U: 6,774 W/(m ² K)				

Ilustración 63. Valor-U de cubierta en vivienda (estado actual). Fuente: captura de pantalla de la herramienta PHPP.

Detalle intersección de elementos constructivo, losa entrepiso.

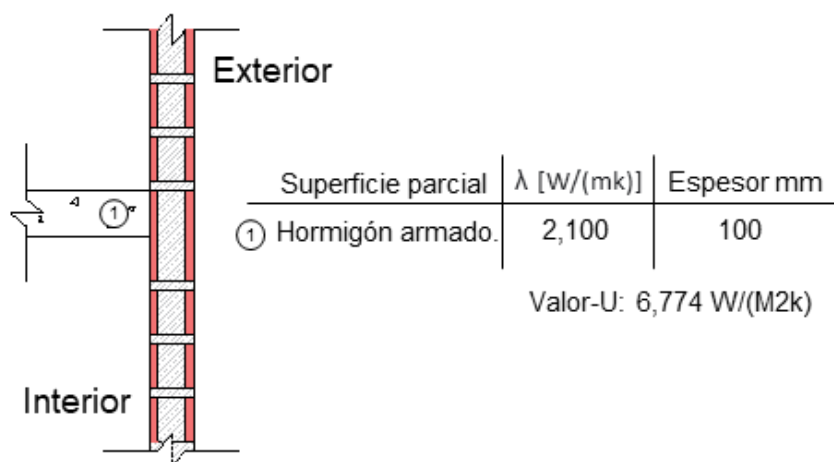


Ilustración 64. Detalle de elementos constructivo de losa entrepiso. Fuente: elaboración propia.

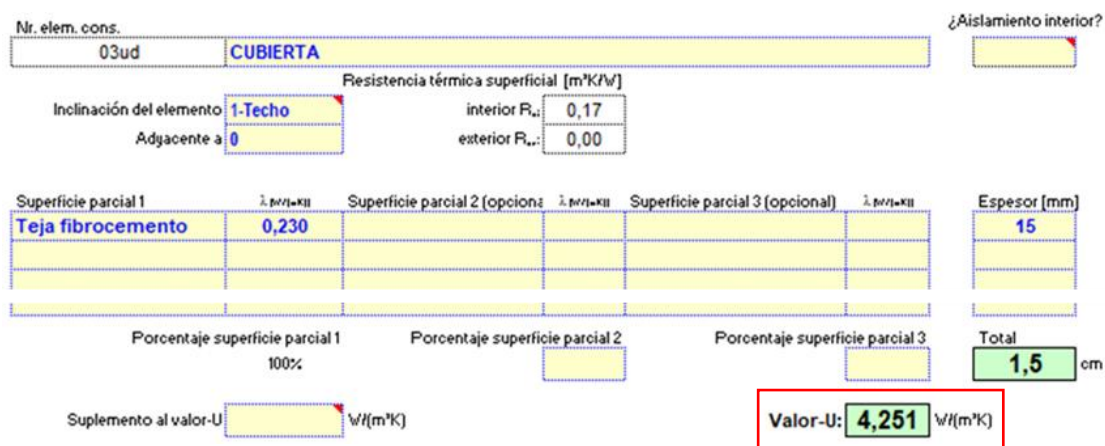


Ilustración 65. Valor-U de losa entrepiso en vivienda (estado actual). Fuente: captura de pantalla de la herramienta PHPP.

Detalle intersección de elementos constructivo, cubierta.

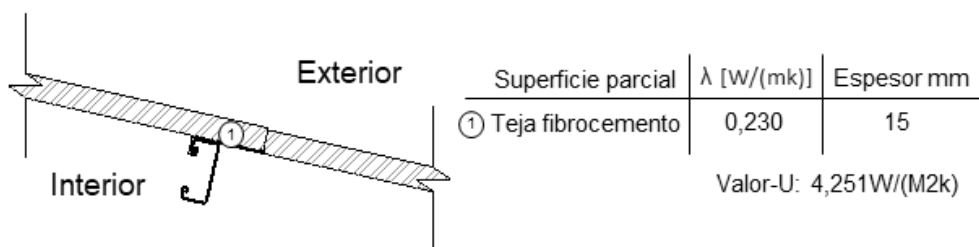


Ilustración 66. Detalle de elemento constructivo de cubierta. Fuente: elaboración propia

En la gráfica de balance energético en el apartado de refrigeración es posible identificar una alta carga térmica solar de 204,5 [kWh(m2a)] producida por la radiación solar existente en la ciudad de Santiago de Cali, afectando

Master Universitario en Edificación Sostenible – MUES. Propuesta de autoconstrucción para la adecuación interna de viviendas sociales en Colombia mediante criterios de arquitectura pasiva.

principalmente a muros exteriores (37,1[kWh(m2a)]), cubierta (81,2 [kWh(m2a)]) y ventanas (21,1[kWh(m2a)]). Además, la carga de calor interna es baja (39,6 [kWh(m2a)]) y también existen pérdidas por puentes térmicos. Este resultado se debe a que los componentes constructivos que conforman la envolvente de la vivienda no cuentan con ningún tipo de elemento que les permita disipar este fenómeno térmico (ver Ilustración 67).

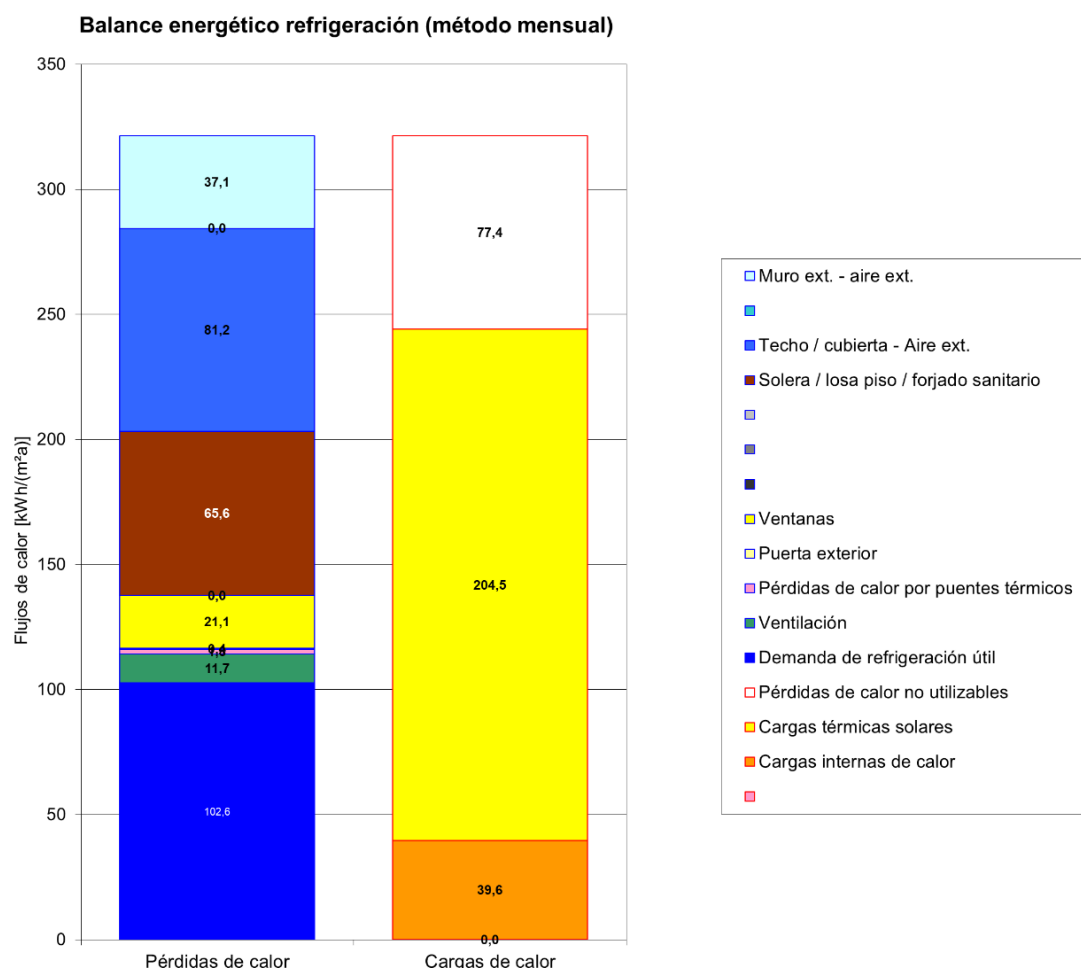


Ilustración 67. Gráfica de balance energético. Fuente: captura de pantalla de la herramienta PHPP.

Con relación a lo anterior y analizando los resultados otorgados por la herramienta, se dispone a desarrollar un esquema gráfico básico que refleje y demuestre el calentamiento de la superficie exterior y la emisión de calor por radiación solar de los materiales de fachada hacia el interior, sobrecalentamiento demostrado en los datos de la aplicación (ver Ilustración 68).

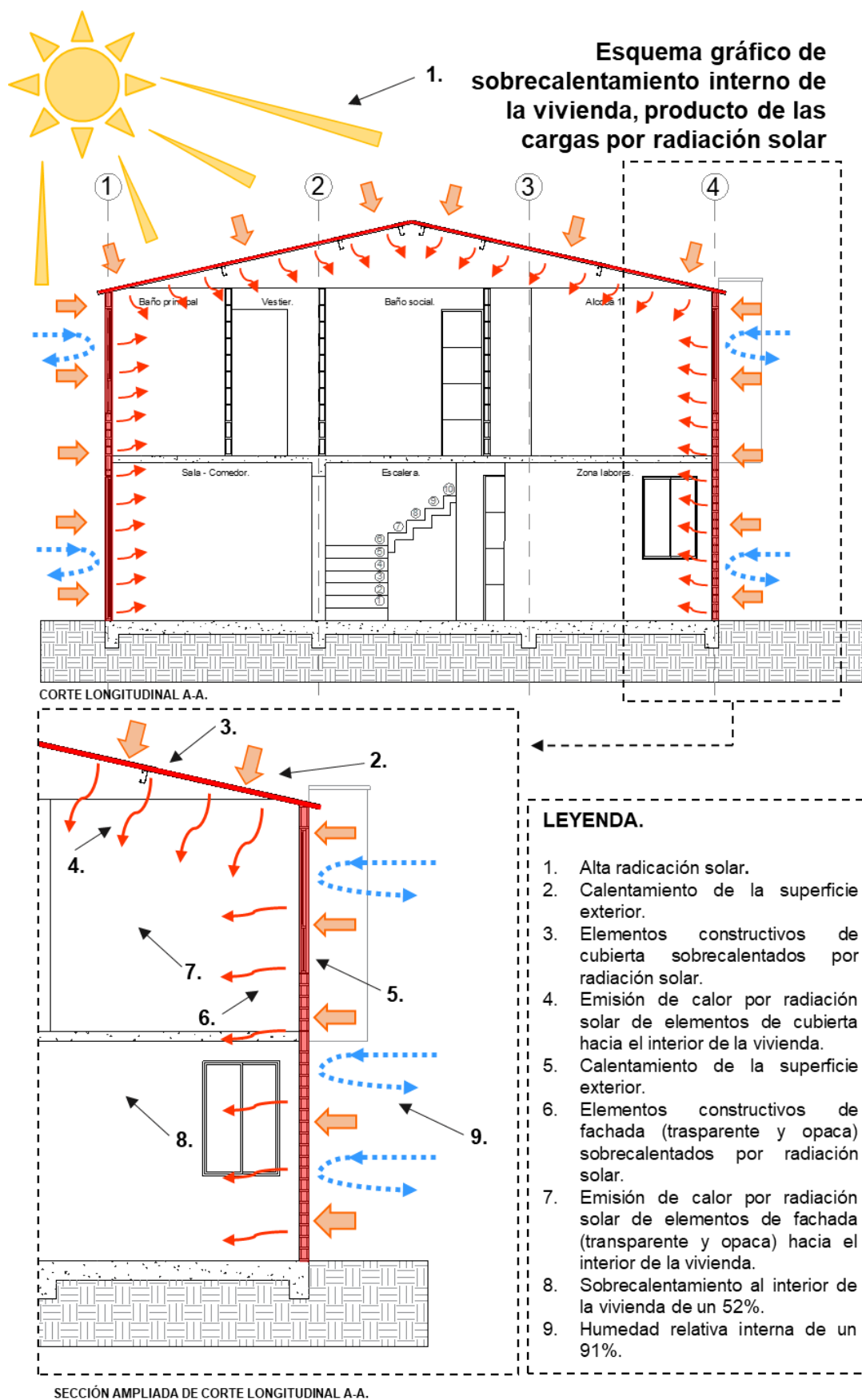


Ilustración 68. Esquema gráfico básico de sobrecalentamiento al interior de la vivienda. Fuente: elaboración propia.

Aspectos a mejorar.

Con base a los resultados generados en el análisis del balance energético de la vivienda en estado actual, se prosigue a definir diferentes aspectos que mejorarían la calidad térmica al interior del inmueble y así los habitantes puedan sentirse en estado de confort. A continuación, se definen estos criterios.

- Mejorar la transmitancia térmica de los elementos constructivos de cubierta y muros exteriores, incorporando material aislante que reduzca las ganancias de calor. Evitando la entrada de calor exterior al interior de la vivienda.
- Posibilidad de ventilar tanto la fachada como la cubierta, especialmente la cubierta, ya que esta es la superficie de la vivienda con más ganancia de calor.
- Mejorar la ventilación, sin la necesidad de utilizar equipos de refrigeración, disminuyendo así los valores de frecuencia de alta humedad y sobrecalentamiento.
- Mejorar la envolvente transparente con un acristalamiento y una carpintería de baja transmitancia térmica que incluya además protección solar. Reduciendo así, la entrada de flujos de calor provenientes de la radiación solar.
- Incluir elementos de sombreado en los huecos acristalados de fachada, evitando las ganancias de calor en ventanas.

Propuesta de corrección en el diseño.

Definiendo los aspectos que deben mejorarse para la búsqueda de un confort térmico razonable en la vivienda estudiada, se prosigue a desarrollar el análisis incorporando diferentes datos relacionados con estrategias pasivas en la herramienta PHPP que genere reducción de la frecuencia de sobrecalentamiento y humedad. Para esto, se definen a continuación las propuestas que tienen como finalidad mejorar las condiciones térmicas al interior de la vivienda.

- 1- Mejorar la respuesta térmica de los elementos constructivos de fachada y cubierta reduciendo la transmitancia térmica de estos, incorporando materiales de baja conductividad térmica, como aislantes, que reduzca el índice de sobrecalentamiento provocado al interior de la vivienda.

En el caso de la cubierta, la adición del aislamiento térmico se efectúa en la parte interna, incluyendo una cámara de ventilación de 50 mm de espesor y una capa de material aislante en lana mineral de 80 mm de

espesor. Con esto se busca mejorar la transmitancia térmica de la cubierta, ya que es el área más afectada de la envolvente.

En la fachada la adición del aislamiento térmico también se efectúa en la parte interna de la vivienda, empleando el sistema de trasdosado autoportantes con capa de material aislante térmico de lana mineral de 50 mm de espesor y tablero OSB. Basado en el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía IDEA (energía 2008b), es posible argumentar que el sistema de aislamiento en trasdosado autoportante cuenta con múltiples ventajas en su utilidad, las cuales se definen de la siguiente manera:

- Proceso de instalación rápido reduciendo el tiempo de espera para secado.
- Sistema de trabajo en seco.
- De conocimiento fácil y sencillo para toda la comunidad.
- No es necesario utilizar andamios para su instalación, reduciendo así el costo de obra.
- Puede ser utilizado en cualquier tipo de fachada.
- Se encuentra considerados como trabajo de obra menor.
- Tiene un costo de inversión inferior si se le compara con el aislamiento en la parte exterior.

A continuación, en las siguientes imágenes se definen los elementos constructivos incorporados con su valor-U de conductividad térmica y grosor.

Valor-U de los sistemas constructivos

Casa Pasiva con PHPP Versión 3.6a

Vivienda social / Clima: 3,5 °N / 76 °W / SRE: 74 m' / Frec. sobrecalentamiento: 7 % / PER: 50,8 kWh/(m'a)

Cálculo secundario: Conductividad térmica equivalente de los espacios de aire en calma -> (a la derecha)

Capas en forma de cuña (aislamiento con pendiente)

Capas de aire sin ventilar y áticos no calefactados

Nr. elem. cons.	Denominación de elemento constructivo	¿Aislamiento interior?
01ud	LOSA DE CIMENTACION	<input type="checkbox"/>

Resistencia térmica superficial [m²K/W]

Inclinación del elemento: **3-Suelo** interior R_{s,i}: **0,10**

Adyacente a: **0** exterior R_{s,e}: **0,00**

Superficie parcial 1	λ [W/(mK)]	Superficie parcial 2 (opcional)	λ [W/(mK)]	Superficie parcial 3 (opcional)	λ [W/(mK)]	Esesor (mm)
Hormigon armado.	2,100					200
Mortero.	1,300					30
Baldosa.	0,700					10
Porcentaje superficie parcial 1: 100% Porcentaje superficie parcial 2: <input type="text"/> Porcentaje superficie parcial 3: <input type="text"/>						Total: 24,0 cm

Suplemento al valor-U: W/(m²K)

Valor-U: 4,299 W/(m²K)

Ilustración 69. Valor-U de losa de cimentación con mejoras y sin aislamiento. Fuente: captura de pantalla de la herramienta PHPP.

Detalle de solución constructiva para losa de cimentación.

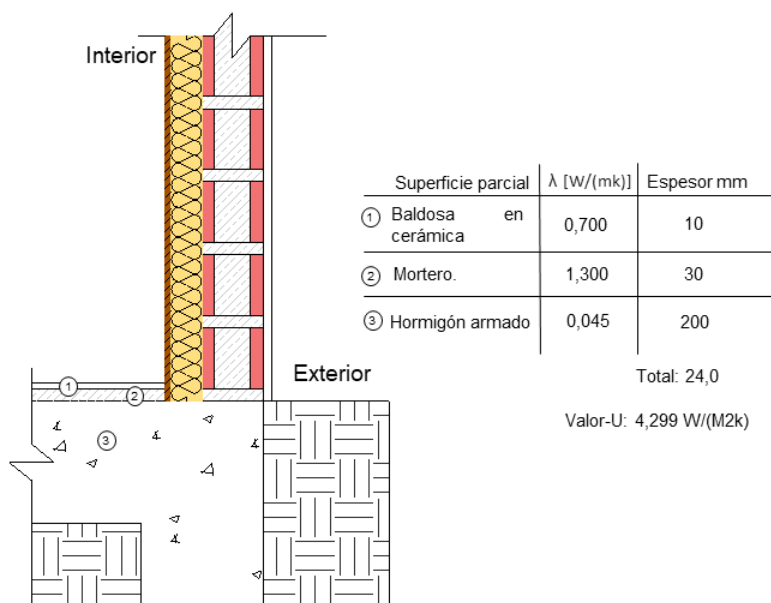


Ilustración 70. Detalle de solución constructiva para losa de cimentación. Fuente: elaboración propia.

Master Universitario en Edificación Sostenible – MUES. Propuesta de autoconstrucción para la adecuación interna de viviendas sociales en Colombia mediante criterios de arquitectura pasiva.

Nr. elem. cons. 02ud **MURO DE FACHADA** ¿Aislamiento interior?

Resistencia térmica superficial [m²K/W]

Inclinación del elemento: 3-Suelo interior R_{s,i}: 0,10
 Adyacente a: 0 exterior R_{s,e}: 0,00

Superficie parcial 1	λ [W/(mK)]	Superficie parcial 2 (opcional)	λ [W/(mK)]	Superficie parcial 3 (opcional)	λ [W/(mK)]	Espesor [mm]
Mortero pintado de blanco.	1,400					15
Bloque de arcilla hueco.	0,320					50
Hormigon.	2,100					50
Lana mineral.	0,045					50
Tablero OSB.	0,130					10
Porcentaje superficie parcial 1: 100%						Total: 17,5 cm

Suplemento al valor-U: W/(m²K) **Valor-U: 0,676** W/(m²K)

Ilustración 71. Valor-U de muros exteriores con aislamiento interno. Fuente: captura de pantalla de la herramienta PHPP.

Detalle de solución constructiva para muro de fachadas.

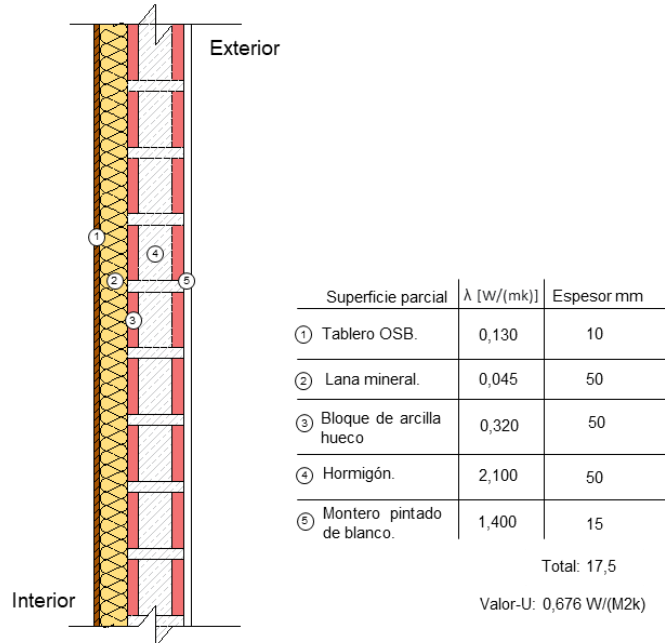


Ilustración 72. Detalle de solución constructiva para muro de fachada. Fuente: elaboración propia.

Nr. elem. cons. 03ud **CUBIERTA** ¿Aislamiento interior?

Resistencia térmica superficial [m²K/W]

Inclinación del elemento: 1-Techo interior R_s: 0,17
 Adyacente a: 0 exterior R_s: 0,00

Superficie parcial 1	λ [W/(mK)]	Superficie parcial 2 (opcional)	λ [W/(mK)]	Superficie parcial 3 (opcional)	λ [W/(mK)]	Espesor [mm]
Teja fibrocemento	0,230					15
Capa de aire	0,024					50
Lana mineral.	0,045					80
Tablero OSB	0,130					10

Porcentaje superficie parcial 1: 100%
 Porcentaje superficie parcial 2:
 Porcentaje superficie parcial 3:

Suplemento al valor-U W/(m²K) **Valor-U: 0,240** W/(m²K)

Total 15,5 cm

Ilustración 73. Valor-U de cubierta con aislamiento interno. Fuente: captura de pantalla de la herramienta PHPP.

Detalle de solución constructiva para cubierta.

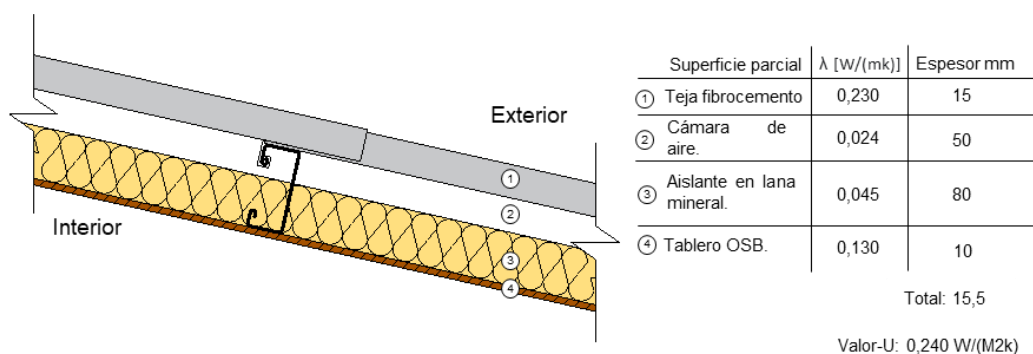


Ilustración 74. Detalle de solución constructiva para cubierta. Fuente: elaboración propia.

Nr. elem. cons. 04ud **LOSA ENTREPISO** ¿Aislamiento interior?

Resistencia térmica superficial [m²K/W]

Inclinación del elemento: 3-Suelo interior R_s: 0,10
 Adyacente a: 0 exterior R_s: 0,00

Superficie parcial 1	λ [W/(mK)]	Superficie parcial 2 (opcional)	λ [W/(mK)]	Superficie parcial 3 (opcional)	λ [W/(mK)]	Espesor [mm]
Hormigon armado	2,100					100
Mortero	1,300					20
Baldosa	0,700					10

Porcentaje superficie parcial 1: 100%
 Porcentaje superficie parcial 2:
 Porcentaje superficie parcial 3:

Suplemento al valor-U W/(m²K) **Valor-U: 5,640** W/(m²K)

Total 13,0 cm

Ilustración 75. Valor-U de losa de entrapiso. Fuente: captura de pantalla de la herramienta PHPP.

Detalle de solución constructiva para losa de entrepiso.

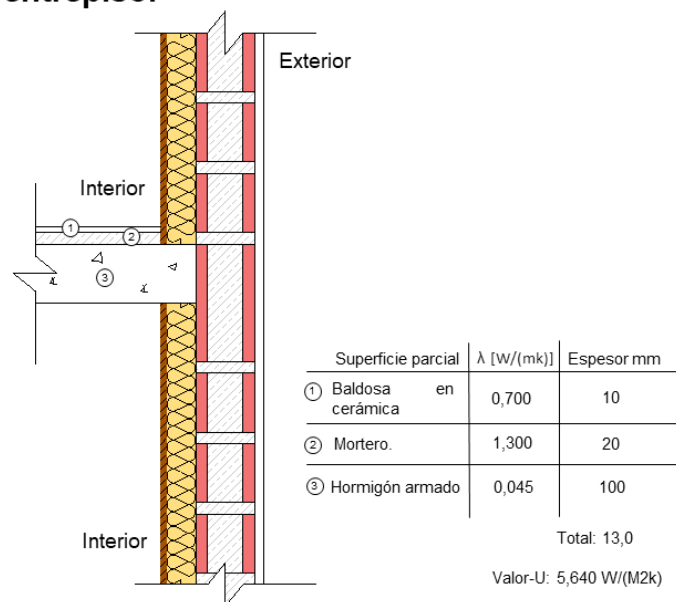


Ilustración 76. Detalle de solución constructiva para losa de entrepiso. Fuente: elaboración propia.

Nr. elem. cons. 05ud **MUROS MEDIANERA** ¿Aislamiento interior?

Resistencia térmica superficial [m²K/W]

Inclinación del elemento: 2-Muro interior R_s: 0,13
 Adyacente a: 0 exterior R_s: 0,00

Superficie parcial 1	λ [W/(mK)]	Superficie parcial 2 (opcional)	λ [W/(mK)]	Superficie parcial 3 (opcional)	λ [W/(mK)]	Espesor [mm]
Bloque de arcilla	0,280					50
Hormigon.	2,100					50
Mortero pintado de blanco	1,400					15
Porcentaje superficie parcial 1	100%	Porcentaje superficie parcial 2		Porcentaje superficie parcial 3		Total
						11,5 cm

Suplemento al valor-U: W/(m²K) **Valor-U: 2,915 W/(m²K)**

Ilustración 77. Valor-U de muros medianera. Fuente: captura de pantalla de la herramienta PHPP.

- 2- Incluir capa de mortero pintado de color blanco en muro exterior de fachada para así reducir la transmitancia térmica por su alta reflectividad (ver Ilustración 78).

Master Universitario en Edificación Sostenible – MUES. Propuesta de autoconstrucción para la adecuación interna de viviendas sociales en Colombia mediante criterios de arquitectura pasiva.

Introducción de superficies											Lista de componentes constructivos							
Nr. de área	Denominación elemento constructivo	Grupo	Asignación al grupo	Cantidad	a [m]	b [m]	Definida por el usuario [m ²]	Rotada por el usuario [m ²]	Superficie de color exterior [m ²]	Superficie [m ²]	Selección de elemento constructivo / Pluma constructiva certificada	Valor-U [W/(m ² ·K)]	División respecto al norte	Ángulo de inclinación respecto a la horizontal	Orientación	Factor de reducción de sombreado	Absorción de la radiación exterior	Emisividad exterior
	Muñe proyectada de la edificación	8	Muñe proyectada de la edificación	1			0,00	-	0	0,0								
	Superficie de radiación energética	1	SEK (gr. de radiación energética)	1			17,00	-	0	17,0								
	Parasol fijo	7	Parasol fijo	1				-	0	0,0								
1	EDU_Parra_000_F	10	Salida fijas para fijas para fijas	1			35,02	-	0	35,0	02ud-LOSA PISO	4,295	270	180	Hor	0,70	0,80	0,90
2	EDU_Parra_002_H	8	Horizont - nro. ant.	1	2,90	1,80		-	0	2,1	02ud-ventanal_dowr	0,580	30	90	Norte	0,70	0,80	0,90
3	EDU_Parra_003_H	8	Horizont - nro. ant.	1	2,90	1,80	5,10	-	0	5,1	02ud-MUROS	0,576	30	90	Norte	0,70	0,80	0,90
4	EDU_Parra_004_W	8	Horizont - nro. ant.	1	2,40	2,30		-	0	5,2	02ud-MUROS	0,576	300	90	West	0,70	0,80	0,90
5	EDU_Parra_005_H	8	Horizont - nro. ant.	1	2,30	1,87		-	0	4,3	02ud-MUROS	0,576	30	90	Norte	0,70	0,80	0,90
6	EDU_Parra_006_S	8	Horizont - nro. ant.	1	5,00	2,30		-	0	5,2	02ud-MUROS	0,576	210	90	South	0,70	0,80	0,90
7	EDU_Parra_007_F	10	Salida fijas para fijas para fijas	1			9,91	-	0	9,9	04ud-LOSA ENTREPISO	4,991	270	180	Hor	0,70	0,80	0,90
8	EDU_Parra_008_E	10	Plata dividida entre viviendas	1			40,20	-	0	40,2	02ud-MUROS	2,009	320	90	Este	0,70	0,80	0,90
9	EDU_Parra_009_W	10	Plata dividida entre viviendas	1			39,45	-	0	39,4	02ud-MUROS	2,009	300	90	West	0,70	0,80	0,90
10	EDU_Parra_010_H	8	Horizont - nro. ant.	1	2,55	2,30		-	0	1,9	02ud-MUROS	0,576	30	90	Norte	0,70	0,80	0,90
11	EDU_Parra_011_E	8	Horizont - nro. ant.	1	2,30	0,40		-	0	1,4	02ud-MUROS	0,576	30	90	Este	0,70	0,80	0,90
12	EDU_Parra_012_H	8	Horizont - nro. ant.	1	2,40	2,30		-	0	3,0	02ud-MUROS	0,576	30	90	Norte	0,70	0,80	0,90
13	EDU_Parra_013_S	8	Horizont - nro. ant.	1	0,80	2,30		-	0	2,1	02ud-MUROS	0,576	210	90	Sur	0,70	0,80	0,90
14	EDU_Techo_014_H	10	Techo cubierta - nro. ant.	1	2,55	0,40		-	0	1,5	03ud-CUBIERTA	0,274	90	0	Hor	0,70	0,95	0,90
15	EDU_Techo_015_H	10	Techo cubierta - nro. ant.	1	5,00	0,40		-	0	22,5	03ud-CUBIERTA	0,274	30	10	Hor	0,70	0,95	0,90
16	EDU_Techo_016_H	10	Techo cubierta - nro. ant.	1	5,00	0,40		-	0	22,5	03ud-CUBIERTA	0,274	210	10	Hor	0,70	0,95	0,90

Ilustración 78. Apartado de superficie en la herramienta PHPP, definiendo la capa de color blanco. Fuente: captura de pantalla de la herramienta PHPP.

3- Incluir elementos de sombreado en los huecos acristalados de las fachadas como parasoles horizontales fijos. Con ello, se busca reducir las ganancias de calor provocadas por la radiación solar en la envolvente acristalada (ver Ilustración 79 e Ilustración 80).

Cantidad	Descripción	División con respecto al norte	Ángulo de inclinación respecto a la horizontal	Orientación	Ancho del vidrio	Altura del vidrio	Superficie de vidrio	Horizonte		Telares / Rematamientos laterales		Voladizos / Volados		Factor de reducción adicional para sombreado en invierno	Factor de reducción adicional para sombreado en verano	Factor de protección solar temporal	Programa / Transmisión
								Altura del objeto que causa la sombra	Distancia horizontal	Profundidad de voladizo/rematamiento lateral	Distancia del borde del vidrio al telar/rematamiento	Profundidad del voladizo/volado	Distancia del borde superior del vidrio hasta voladizo/volado				
1	EDU_Vent_001	210	30	Sur	2,92	1,86	5,0	2,00	2,34			1,00	0,10	86%	90%		
1	EDU_Vent_002	300	30	Oeste	0,32	0,36	0,3					3,15	0,20	35%	34%		
1	EDU_Vent_003	30	30	Norte	0,76	1,26	1,0					1,00	0,20	37%	38%		
1	EDU_Vent_004	30	30	Norte	0,76	1,26	1,0					1,00	0,20	35%	35%		
1	EDU_Vent_005	210	30	Sur	0,76	1,26	1,0					1,00	0,20	93%	98%		
1	EDU_Vent_006	210	30	Sur	0,14	0,16	0,0					1,00	0,20	70%	60%		

Ilustración 79. Apartado de sombra en la herramienta PHPP con la incorporación de parasoles fijos. Fuente: captura de pantalla de la herramienta PHPP.

Detalle de solución constructiva de parasol fijo sobre ventana.

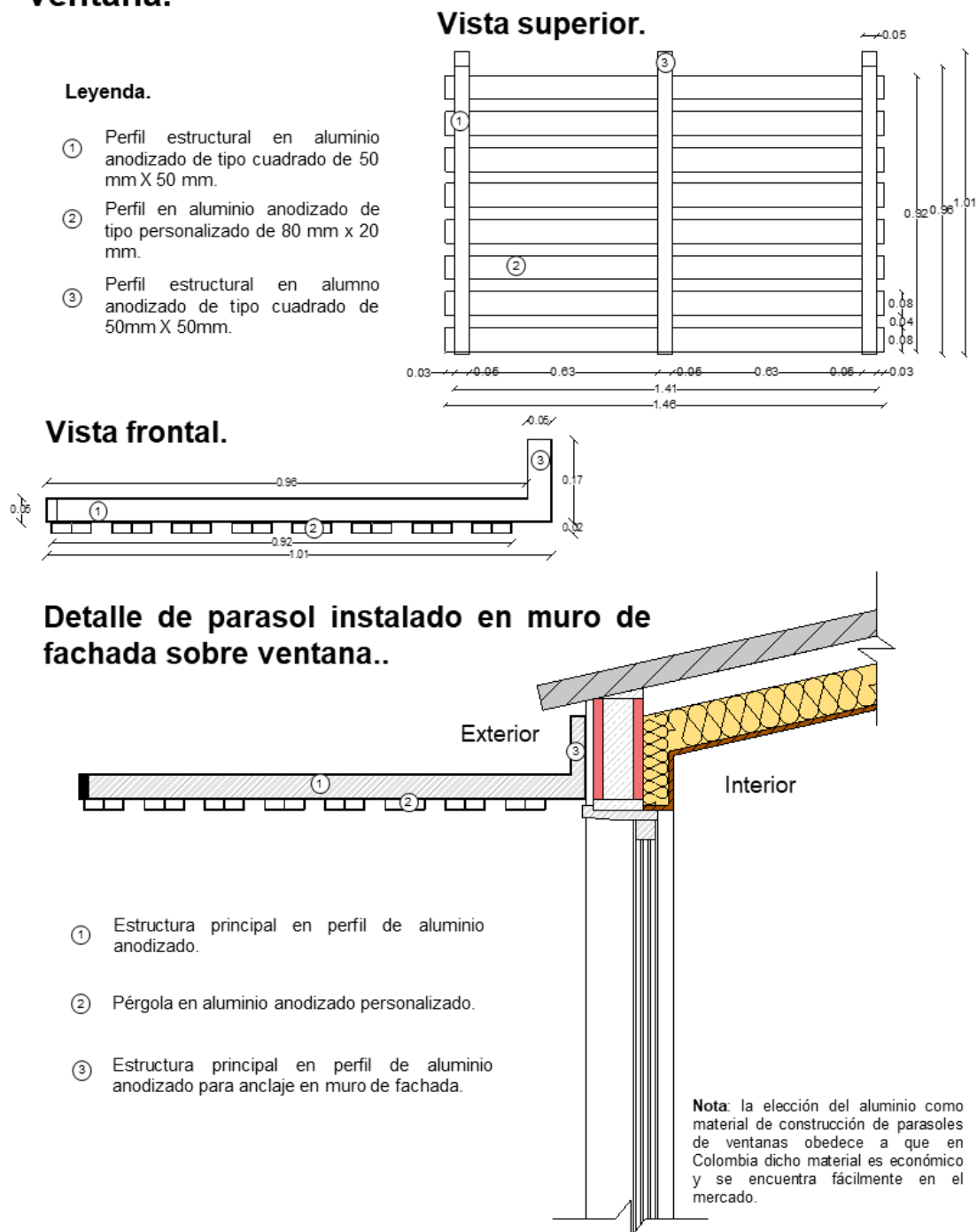


Ilustración 80. Detalle de solución constructiva de parasol fijo sobre ventana. Fuente: elaboración propia.

- 4- Ventilación manual nocturna para refrigeración con apertura de ventanas por 12 horas, es decir, de 7:00 pm a 6:00 am, aprovechando las horas de noche donde la temperatura es más fresca (ver Ilustración 81).

Ventilación adicional en verano para refrigeración

Regulación de la ventilación adicional
 Temperatura interior mínima permitida: C

Tipo de ventilación adicional

Ventilación nocturna manual (mediante ventanas)	Valor de ventilación nocturna: <input type="text" value="12,00"/> 1/h
mecánico, automático	Renovación de aire correspondiente durante el funcionamiento, además de cambio de aire básico: <input type="text" value="1"/> 1/h
Ventilación controlada	Consumo energético específico: <input type="text" value=""/> 'Wh/m ³ ' Regulable según (marcar con una 'x') Dif. temperatura: <input type="text" value=""/> Dif. humedad: <input checked="" type="checkbox"/>

Ilustración 81. Apartado de ventilación-v con la definición de la ventilación nocturna. Fuente: captura de pantalla de la herramienta PHPP.

5- Mejorar los componentes de las ventanas, esto quiere decir, optimizar la capacidad de respuesta térmica de las ventanas incluyendo un mejor acristalamiento con control solar. Además, es posible, una menor transmitancia térmica al incluir una carpintería con rotura de puente térmico que reduzca los flujos de calor proveniente de la radiación solar.

Teniendo en cuenta lo anterior, para el presente caso de estudio, se utilizan ventanas con doble acristalamiento con una transmitancia térmica de 0,23 (W/m²k), incorporando una lámina de control solar con gas entre los cristales (Wassouf 2014). También una carpintería en PVC con rotura de puente térmico (RPT) con un valor-U de 2,2 (W/m²k) (energía 2008a) (ver Ilustración 82).

Cantidad	Descripción	Desviación con respecto al norte	Ángulo de inclinación respecto a la horizontal	Orientación	Medidas hueco de albañilería		Instalado en	Acristalamiento	Marco	Valor g	Valor-U		Ψ Borde de vidrio (Prom.)	Situación de instalación					U _{total} (Prom.)
					Anchura	Altura					Radiación perpendicular	Acristalamiento		Marco (promedio)	Izquierda	Derecha	Abajo	Arriba	
1	EDU_Vent_001_S	210	30	Sur	2,500	2,100	6- EDU_Pared_006	1-Ordenar: COMO LISTA 01ed-New Rock, s.r.o. - Yarnaj con acristalamiento	02ed-Josko - NEVOS SET	0,00	0,23	1,16	0,000	1	1	1	1	0,040	
1	EDU_Vent_002_W	300	30	Oeste	0,800	1,200	4- EDU_Pared_004	01ed-New Rock, s.r.o. - Yarnaj con acristalamiento	02ed-Josko - NEVOS SET	0,00	0,23	1,15	0,000	1	1	1	1	0,040	
1	EDU_Vent_003_N	30	30	Norte	1,240	1,500	10- EDU_Pared_010	01ed-New Rock, s.r.o. - Yarnaj con acristalamiento	02ed-Josko - NEVOS SET	0,00	0,23	1,15	0,000	1	1	1	1	0,040	
1	EDU_Vent_004_N	30	30	Norte	1,240	1,500	12- EDU_Pared_012	01ed-New Rock, s.r.o. - Yarnaj con acristalamiento	02ed-Josko - NEVOS SET	0,00	0,23	1,15	0,000	1	1	1	1	0,040	
1	EDU_Vent_005_S	210	30	Sur	1,240	1,500	13- EDU_Pared_013	01ed-New Rock, s.r.o. - Yarnaj con acristalamiento	02ed-Josko - NEVOS SET	0,00	0,23	1,15	0,000	1	1	1	1	0,040	
1	EDU_Vent_006_S	210	30	Sur	0,620	0,400	13- EDU_Pared_013	01ed-New Rock, s.r.o. - Yarnaj con acristalamiento	02ed-Josko - NEVOS SET	0,00	0,23	1,21	0,000	1	1	1	1	0,040	

Ilustración 82. Apartado de ventana en la herramienta PHPP con la incorporación de nuevos tipos de ventanas. Fuente: captura de pantalla de la herramienta PHPP.

Resumen de estrategias aplicadas.

A continuación, en el siguiente detalle constructivo, se define gráficamente las adecuaciones y propuestas establecidas y determinadas anteriormente (ver Ilustración 83 e Ilustración 84).

DETALLE GENERAL DE ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS DE CASA “VIS”. PROPUESTA DE CORRECCIÓN EN EL DISEÑO.

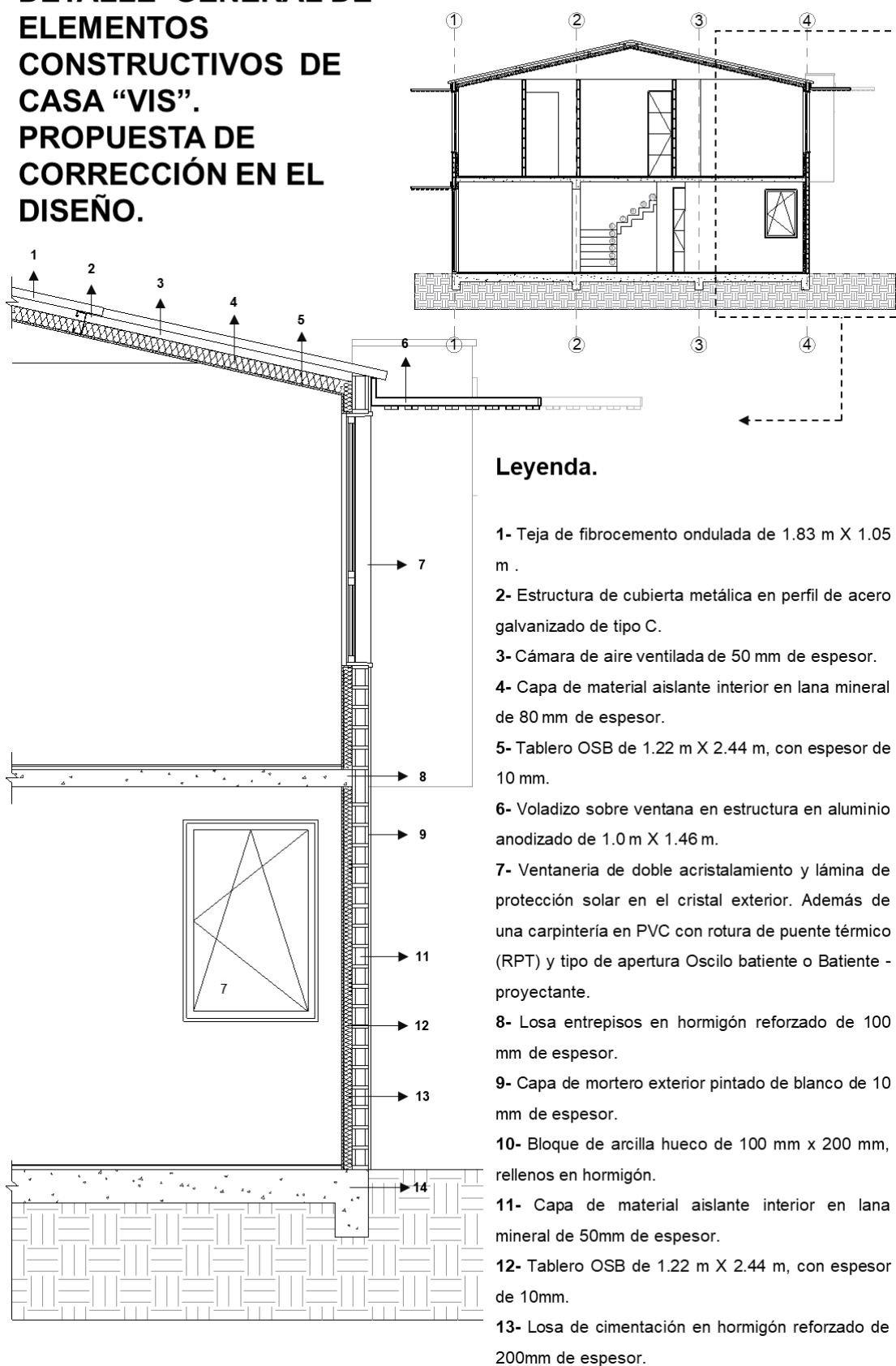


Ilustración 83. Sección de detalle constructivo con la composición de los elementos que conforman la estructura de la vivienda de interés social con mejoras. Fuente: Elaboración propia.

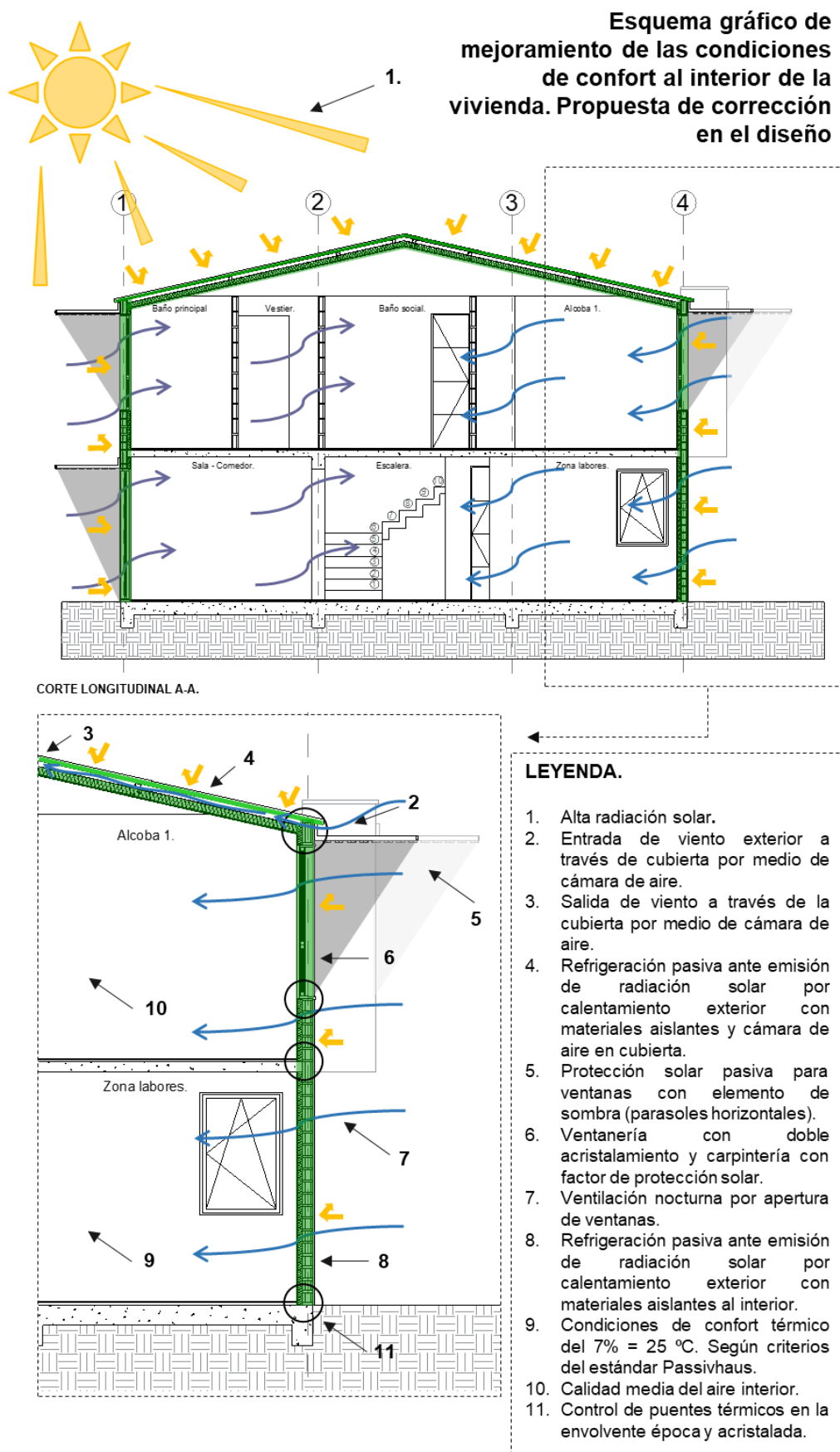


Ilustración 84. Esquema gráfico del efecto de las estrategias pasivas propuestas. Fuente: elaboración propia.

En el apartado de comprobación de la herramienta PHPP es posible afirmar lo siguiente: el sobrecalentamiento se redujo en un 5% encontrándose dentro de los límites establecidos por el estándar Passivhaus que define el rango de sobrecalentamiento interior, el cual no debe sobrepasar el 10% para encontrarse con una temperatura de confort adecuada de 25 °C. Por otra parte, la frecuencia de humedad también disminuyó notoriamente en un 11%. Lo anterior se puede ver en la Ilustración 85.

Valores específicos del edificio con referencia a la superficie de referencia energética					Criterio	Criterios alternativo	¿Cumplido? ²
	Superficie de referencia energética	m ²	73,8				
Calefacción	Demanda de calefacción	kWh/(m ² a)	0	≤	15	-	Si
	Carga de calefacción	W/m ²	-	≤	-	-	-
Refrigeración	Demanda refrigeración & deshum.	kWh/(m ² a)	-	≤	-	-	-
	Carga de refrigeración	W/m ²	-	≤	-	-	-
	Frecuencia de sobrecalentamiento (> 25 °C)	%	5	≤	10	-	Si
	Frecuencia excesivamente alta humedad (> 12 g/kg)	%	11	≤	20	-	Si
Hermeticidad	Resultado ensayo presión n ₅₀	1/h	0,6	≤	0,6	-	Si
Energía Primaria no renovable (EP)	Demanda EP	kWh/(m ² a)	102	≤	120	-	Si
Energía Primaria Renovable (PER)	Demanda PER	kWh/(m ² a)	51	≤	-	-	-
	Generación de Energía Renovable (en relación con área de la envoltura del edificio proyectada)	kWh/(m ² a)	-	≥	-	-	-

² Celda vacía: Falta dato; "-": Sin requerimiento

Ilustración 85. Cuadro de comprobación de la herramienta PHPP. Fuente: captura de pantalla de la herramienta PHPP.

En el gráfico de balance energético (ver Ilustración 86) se definen los índices que mejoraron con las adecuaciones aplicadas:

- Las cargas de calor por radiación solar bajaron notoriamente a un 11,8 [kWh(m²a)], aunque todavía existen cargas de calor interna, pero en pocos porcentajes 39,5 [kWh(m²a)].
- Las pérdidas de calor disminuyeron en muros exteriores a 10,7 [kWh(m²a)] y cubierta a 4,5 [kWh(m²a)]; sin embargo, existen solo pérdidas de calor en solera de cimentación, el cual en este caso no es necesario que cuente con materiales aislante.
- El porcentaje de ventilación aumento notoriamente en 108,7[kWh(m²a)].

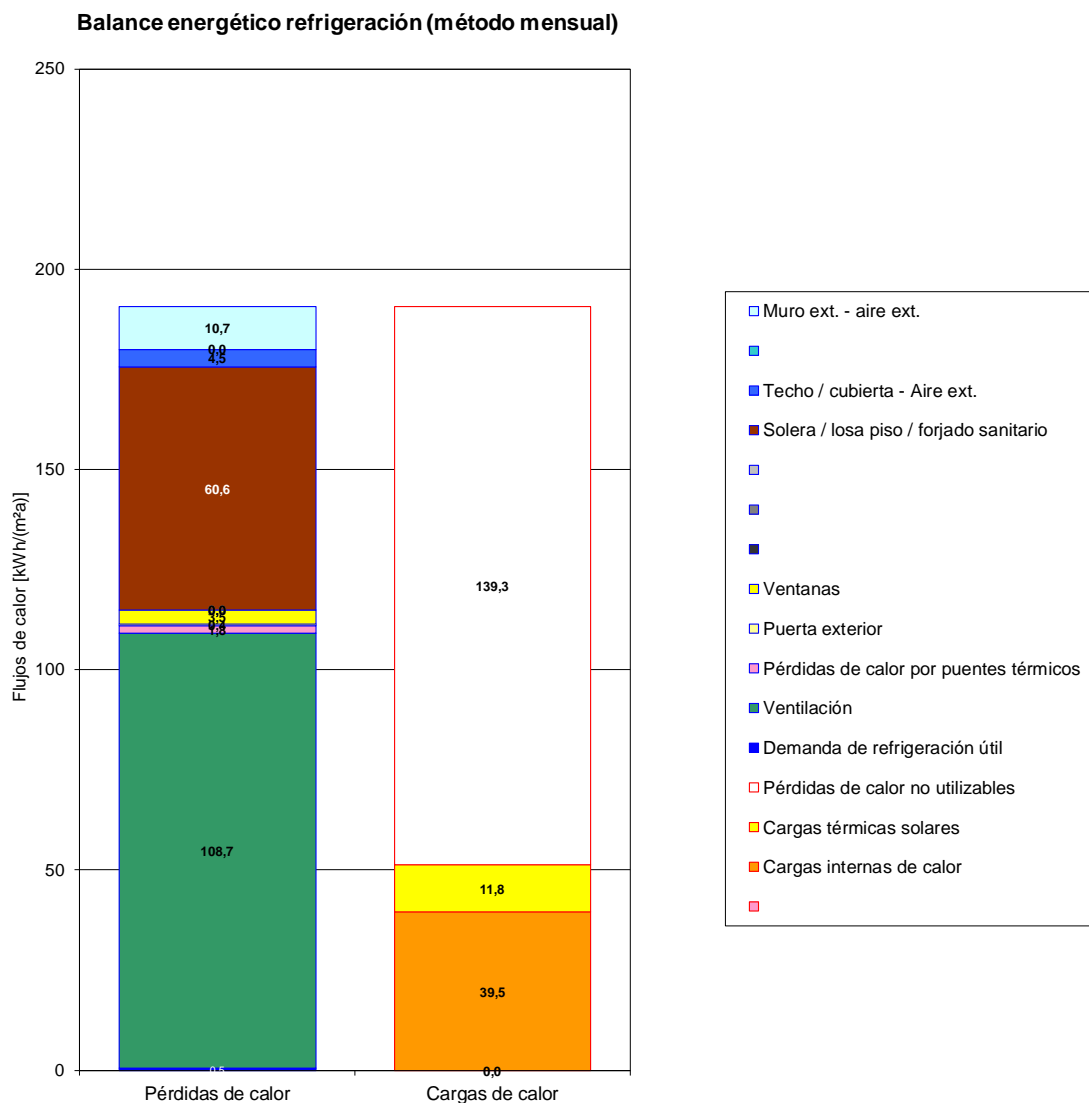


Ilustración 86. Gráfica de balance energético. Fuente: captura de pantalla de la herramienta PHPP.

Estimación económica.

A continuación, se desarrolla una estimación económica fundamentada en los materiales utilizados para la ejecución de las mejoras en la Vivienda de Interés Social. Dicha estimación, parte inicialmente de los elementos constructivos normalmente utilizados por un usuario para adecuar en obra blanca la vivienda, teniendo una inversión inicial de aproximadamente \$22.819.000 millones de pesos colombianos, que corresponden a unos € 5,188 euros, como se puede apreciar en la Ilustración 87.

Master Universitario en Edificación Sostenible – MUES. Propuesta de autoconstrucción para la adecuación interna de viviendas sociales en Colombia mediante criterios de arquitectura pasiva.

Estimación económica de vivienda social (Estado actual)					
Acabado de pared interior					
Elemento	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Precio en pesos colombiano	Precio en Euros
Mortero	M2	244,47	\$ 12.373,00	\$ 3.024.827,31	€ 687,72
Estuco	M2	244,47	\$ 23.101,00	\$ 5.647.501,47	€ 1.284,00
Pintura	M2	244,47	\$ 5.825,00	\$ 1.424.037,75	€ 323,77
Total acabado de pared interior:				\$ 10.096.366,53	€ 2.295,49
Acabado cielo falso					
Elemento	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Precio en pesos colombiano	Precio en Euros
Lamina de yeso+perfil metalico	M2	91,61	\$ 37.371,00	\$ 3.423.557,31	€ 778,37
Estuco	M2	91,61	\$ 23.101,00	\$ 2.116.282,61	€ 481,15
Pintura	M2	91,61	\$ 5.825,00	\$ 533.628,25	€ 121,32
Total acabado cielo falso:				\$ 6.073.468,17	€ 1.380,84
Acabado de piso					
Elemento	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Precio en pesos colombiano	Precio en Euros
Capa de nivel en mortero	M2	91,61	\$ 11.243,00	\$ 1.029.971,23	€ 234,17
Baldosa	M2	91,61	\$ 41.031,00	\$ 3.758.849,91	€ 854,60
Total acabado de piso:				\$ 4.788.821,14	€ 1.088,77
Acabado exterior en fachada					
Elemento	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Precio en pesos colombiano	Precio en Euros
Mortero	M2	52,46	\$ 12.373,00	\$ 649.087,58	€ 147,57
Pintura	M2	52,46	\$ 23.101,00	\$ 1.211.878,46	€ 275,53
Total acabado de exterior fachada:				\$ 1.860.966,04	€ 423,10
Total:				\$ 22.819.621,88	€ 5.188,20

Ilustración 87. Tabla de coste de materiales utilizados por un usuario para terminar su vivienda. Fuente: elaboración propia.

En tal sentido, y teniendo en cuenta el presupuesto anterior, se incluyen los materiales que se requieren para desarrollar las adecuaciones planteadas que tienen como objetivo mejorar el confort de las viviendas. Obteniendo como resultado, una inversión de aproximadamente \$32.965.843 millones de pesos colombianos, los cuales corresponden a unos € 8,365 euros, incluyendo también elementos de la primera tabla (ver Ilustración 88). Esto quiere decir que, para ejecutar las mejoras en la vivienda se requiere de una inversión mayor de un 44% teniendo como base el costo promedio que un colombiano invierte para adecuar su vivienda, que es de \$22.819.000 millones de pesos (€ 5,188 euros).

Master Universitario en Edificación Sostenible – MUES. Propuesta de autoconstrucción para la adecuación interna de viviendas sociales en Colombia mediante criterios de arquitectura pasiva.

Estimación económica de vivienda social (Propuesta de corrección en el diseño)						
Pared interior sin material aislante(muros divisorios y medianeros)						
Elemento	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Precio en pesos colombiano	Precio en Euros	
Mortero	M2	168,21	\$ 12.373,00	\$ 2.081.262,33	€ 687,72	
Estuco	M2	168,21	\$ 23.101,00	\$ 3.885.819,21	€ 1.284,00	
Pintura	M2	168,21	\$ 5.825,00	\$ 979.823,25	€ 323,77	
Total pared interior sin aislante (muros divisorios y medianeros):				\$ 6.946.904,79	€ 2.295,49	
Trasdosado autoportante con material aislante en pared interior (muro de fachada)						
Elemento	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Precio en pesos colombiano	Precio en Euros	
Lana mineral.	M2	76,26	\$ 9.452,00	\$ 720.809,52	€ 163,24	
Tablero OSB.	M2	76,26	\$ 16.091,00	\$ 1.227.099,66	€ 277,90	
Perfil metalico+Tornillo.	M2	76,26	\$ 6.586,00	\$ 502.248,36	€ 113,74	
Total Trasdosado autoportante con aislamiento en pared interior (muro de fachada):				\$ 2.450.157,54	€ 554,88	
Cielo falso sin material aislante (primera planta)						
Elemento	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Precio en pesos colombiano	Precio en Euros	
Lamina de yeso+perfil metalico	M2	32,51	\$ 37.371,00	\$ 1.214.931,21	€ 778,37	
Estuco	M2	32,51	\$ 23.101,00	\$ 751.013,51	€ 481,15	
Pintura	M2	244,47	\$ 5.825,00	\$ 1.424.037,75	€ 121,32	
Total cielo falso sin aislante (primera planta):				\$ 3.389.982,47	€ 1.380,84	
Cubierta con material aislante (segunda planta)						
Elemento	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Precio en pesos colombiano	Precio en Euros	
Lana mineral	M2	59,1	\$ 9.452,00	\$ 558.613,20	€ 126,51	
Tablero OSB+perfil metalico	M2	59,1	\$ 36.091,00	\$ 2.132.978,10	€ 507,64	
Perfil metalico+Tornillo	M2	59,1	\$ 6.586,00	\$ 389.232,60	€ 88,15	
Total cubierta con aislamiento (segunda planta):				\$ 3.080.823,90	€ 722,30	
Ventana + carpintería						
Elemento	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Precio en pesos colombiano	Precio en Euros	
1 Ventana de doble acristalamiento y carpintería en PVC con RPT	UN	3	\$ 1.236.548,00	\$ 3.709.644,00	€ 840,12	
2 Ventana de doble acristalamiento y carpintería en PVC con RPT	UN	1	\$ 579.153,00	\$ 579.153,00	€ 131,16	
3 Ventana de doble acristalamiento y carpintería en PVC con RPT	UN	1	\$ 2.320.936,00	\$ 2.320.936,00	€ 525,62	
4 Ventana de doble acristalamiento y carpintería en PVC con RPT	UN	1	\$ 1.013.598,00	\$ 1.013.598,00	€ 229,55	
Total ventana + carpintería.				\$ 7.623.331,00	€ 1.726,45	
Parasol fijo de sombreamiento						
Elemento	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Precio en pesos colombiano	Precio en Euros	
Parasol en perfil de aluminio	1	5	\$ 767.691,00	\$ 3.838.455,00	€ 173,86	
Total parasol fijo de sombreamiento:				\$ 3.838.455,00	€ 174,86	
Acabado de piso (primera y segunda planta)						
Elemento	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Precio en pesos colombiano	Precio en Euros	
Capa de nivel en mortero	M2	91,61	\$ 11.243,00	\$ 1.029.971,23	€ 234,17	
Baldosa cerámica	M2	91,61	\$ 41.031,00	\$ 3.758.849,91	€ 854,60	
Total acabado de piso (primera y segunda planta):				\$ 4.788.821,14	€ 1.088,77	
Acabado exterior de pared (muros de fachada)						
Elemento	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Precio en pesos colombiano	Precio en Euros	
Mortero	M2	52,46	\$ 12.373,00	\$ 649.087,58	€ 147,57	
Pintura blanca	M2	52,46	\$ 23.101,00	\$ 1.211.878,46	€ 275,53	
Total acabado exterior de pared exterior (muros de fachada):				\$ 1.860.966,04	€ 423,10	
Total				\$ 32.965.843,88	€ 8.365,69	

Ilustración 88. Tabla de coste de materiales utilizados para el desarrollo de las adecuaciones. Fuente: elaboración propia.

Entonces, partiendo de la inversión inicial, que corresponde a la compra de la vivienda con un valor de \$132.388.695 millones de pesos colombianos, equivalentes a € 30,098. Sumando el coste de los materiales utilizados en las adecuaciones, se requiere de una inversión total de \$165.354.538 millones de pesos, que corresponde a € 39,354 incluyendo así las adecuaciones planteadas.

Por otra parte, es importante aclarar que, para el desarrollo de la estimación económica antes definida, se tomó como base los datos otorgados por el generador de precios CYPE adaptado a Colombia, teniendo como método de cálculo multiplicar, la cantidad en metros cuadrados por el valor unitario. Dentro de la inversión, no se encuentran incluidos materiales como, por ejemplo: muebles en madera (closet, muebles de cocina y baño, entre otros) y tampoco se incluyen acabados de baño y de cocina.

Por último, teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el análisis de balance energético de la vivienda, a continuación, se desarrolla un cuadro comparativo que, a manera de resumen ilustra su estado actual frente a la propuesta de corrección en el diseño, con base en los criterios del estándar Passivhaus y la herramienta PHPP (ver Tabla 1)

Tabla 1. Cuadro resumen de análisis de balance energético en la vivienda VIS. Fuente: elaboración propia.

Cuadro resumen de análisis de balance energético en la vivienda VIS.			
Indicadores	Estado actual (sin adecuaciones)	Propuesta de corrección en el diseño (con adecuaciones)	Factor de reducción y/o aumento
Comprobación	- Sobrecalentamiento 51%	- Sobrecalentamiento 5%	Reducción del 46% en la frecuencia de sobrecalentamiento y 90% en la frecuencia de alta humedad
	- Alta humedad 91%	- Alta humedad 11%	
Elementos constructivos / Tipo de intervención.	- Ventanas con cristal simple y carpintería sin prestaciones térmicas	- Ventanas con doble acristalamiento y protección solar + carpintería en PVC con RPT	
	- Muro exterior con elevada transmitancia térmica	- Introducción de material aislante en muro exterior	
	- Cubierta con elevada transmitancia térmica	- Introducción de material aislante y cámara de ventilación en cubierta	
	- Huecos de fachada sin elementos que brinden sombra	- Introducción de elementos de sobra como parasoles fijos en hueco de fachadas	
	- Poca ventilación natural.	- Ventilación manual nocturna de 12 horas	
Valores-U de elementos constructivos.	Valores altos de transmitancia termica en elementos de la envolvente	Reduccion en los valores de transmitancia termica en elementos de la envolvente	
	- Muro exterior: 3,571 W/(m²K)	- Muro exterior: 0,676 W/(m²K)	Reduccion del 81%
	- Cubierta: 4,251 W/(m²K)	- Cubierta: 0,240 W/(m²K)	Reduccion del 94%
	- Ventana: 5,89 W/(m²K)	- Ventana: 0,73 W/(m²K)	Reduccion del 87%
Refrigeración – balance energético	Perdidas de calor: - Muro exterior: 37,1 [kWh(m²a)]	Reducción en las Perdidas de calor: - Muro exterior: 10,7[kWh(m²a)]	Reducción del 71%
	- Cubierta: 81,2 [kWh(m²a)]	- Cubierta: 4,5 [kWh(m²a)]	Reducción del 94%
	- Ventanas: 21,1 [kWh(m²a)]	- Ventanas: 3,5 [kWh(m²a)]	Reducción del 83%
	- Índice bajo de ventilación: 11,7 [kWh(m²a)]	- Aumento en el índice de ventilación: 108,7 [kWh(m²a)]	Aumento 8 veces su valor
	- Índice elevado de carga térmica solar: 204,5 [kWh(m²a)]	- índice de reducción en la carga térmica solar: 11,8 [kWh(m²a)]	Reducción del 100%
Índice de confort	Por encima de los niveles de confort del estándar Passivhaus	Niveles de con confort apropiados, logrando cumplir lo establecido en el estándar Passivhaus	
Estimación económica	Costo de las adecuaciones de forma convencional: \$ 22.819.000 millones de pesos (€ 5,188 euros)	Costo de las adecuaciones propuestas: \$32.965.843 millones de pesos colombianos (€ 8,365 euros)	Una diferencia del 44%



CAPÍTULO 7.

COMPROBACIONES.

CAPÍTULO 7.

COMPROBACIONES.

Partiendo de los análisis antes desarrollados en el capítulo 6, es importante destacar los resultados obtenidos en la simulación nuevamente. Los primeros resultados, relacionados con el estado actual de la vivienda de interés social, en la hoja de comprobación de la herramienta PHPP, se identifica una frecuencia de alta humedad del 91% y una frecuencia de sobrecalentamiento del 51% (ver Ilustración 89).

En el caso de la frecuencia de humedad esta se encuentra por encima de los criterios establecidos en el manual de la herramienta PHPP, para llegar a cumplir con el requerimiento del estándar de confort debe ser inferior al 20%. En el caso de la frecuencia de sobrecalentamiento ésta también supera los límites de confort establecidos en el Manual de la Herramienta PHPP, para llegar a cumplir con el requerimiento del estándar de confort es necesario que este se encuentre debajo del 10% (Passive House Institute Dr. Wolfgang Feist 2015), como se identifica en la siguiente Ilustración 90.

Valores específicos del edificio con referencia a la superficie de referencia energética							
	Superficie de referencia energética	m ²	73,8		Criterios	¿Cumplido? ²	
					Criterio	Criterios alternativos	
Calefacción	Demanda de calefacción	kWh/(m ² a)	0	≤	15	-	Si
	Carga de calefacción	W/m ²	-	≤	-	-	-
Refrigeración	Demanda refrigeración & deshum.	kWh/(m ² a)	-	≤	-	-	-
	Carga de refrigeración	W/m ²	-	≤	-	-	-
	Frecuencia de sobrecalentamiento (> 25 °C)	%	51	≤	10	-	No
	Frecuencia excesivamente alta humedad (> 12 g/kg)	%	91	≤	20	-	No
Hermeticidad	Resultado ensayo presión n ₅₀	1/h	0,6	≤	0,6	-	Si
Energía Primaria no renovable (EP)	Demanda EP	kWh/(m ² a)	102	≤	120	-	Si
Energía Primaria Renovable (PER)	Demanda PER	kWh/(m ² a)	51	≤	-	-	-
	Generación de Energía Renovable (en relación con área de la huella del edificio proyectado)	kWh/(m ² a)	-	≥	-	-	-

² Celda vacía: Falta dato; -: Sin requerimiento

Ilustración 89. Cuadro de comprobación de la herramienta PHPP. Fuente: captura de pantalla de la herramienta PHPP.

$h_{>25} \text{ } ^\circ\text{C}$	Clasificación
> 15 %	Muy malo
10 – 15 %	Malo
5 – 10 %	Aceptable
2 – 5 %	Bueno
0–2%	Excelente

Ilustración 90. Tabla de clasificación de sobrecalentamiento Fuente: <https://passiv.de/flipbooks/phpp-9-es/>

En el caso de los materiales que conforman la cubierta y fachada, en la hoja de valores-U de la herramienta PHPP, se identifica la alta transmitancia térmica de los elementos constructivos permitiendo el paso de los flujos de calor provenientes del calentamiento de la superficie exterior, generando un ambiente interior sumamente caliente, afectando el confort al interior de la vivienda. Lo anterior se refleja en las siguientes ilustraciones.

Valor-U de los sistemas constructivos Casa Pasiva con PHPP Versión 9.6a

Vivienda social / Clima: 3,5 °N / 76 °W / SRE: 74 m² / Frec. sobrecalentamiento: 51% / PER: 50,8 kWh/(m²a)

Cálculo secundario: Conductividad térmica equivalente de los espacios de aire en calma -> (a la derecha)
 Capas en forma de cuña (aislamiento con pendiente)
 Capas de aire sin ventilar y áticos no calefactados

Nr. elem. cons.	Denominación de elemento constructivo	¿Aislamiento interior?				
01ud	LOSA PISO	<input type="checkbox"/>				
Resistencia térmica superficial [m²K/W]						
Inclinación del elemento:	3-Suelo	interior R _s : 0,10				
Adyacente a:	0	exterior R _s : 0,00				
Superficie parcial 1	λ [W/mK]	Superficie parcial 2 (opcional)	λ [W/mK]	Superficie parcial 3 (opcional)	λ [W/mK]	Espesor [mm]
Hormigon Armado	2,100					200
Porcentaje superficie parcial 1		Porcentaje superficie parcial 2		Porcentaje superficie parcial 3		Total
100%						20,0 cm
Suplemento al valor-U: <input type="text"/> W/(m²K)						Valor-U: 5,122 W/(m²K)

Ilustración 91. Valor-U de losa de cimentación en vivienda (estado actual). Fuente: captura de pantalla de la herramienta PHPP.

Master Universitario en Edificación Sostenible – MUES. Propuesta de autoconstrucción para la adecuación interna de viviendas sociales en Colombia mediante criterios de arquitectura pasiva.

Nr. elem. cons.	02ud MUROS			¿Aislamiento interior?		
Resistencia térmica superficial [m ² K/W]						
Inclinación del elemento	3-Suelo	interior R _s :	0,10			
Adyacente a	0	exterior R _s :	0,00			
Superficie parcial 1	λ [m/W·K]	Superficie parcial 2 (opcional)	λ [m/W·K]	Superficie parcial 3 (opcional)	λ [m/W·K]	Espesor (mm)
Muro en ladrillo de arcilla hueco	0,320					50
Hormigon	2,100					50
Porcentaje superficie parcial 1		Porcentaje superficie parcial 2		Porcentaje superficie parcial 3		Total
100%						10,0 cm
Suplemento al valor-U			Valor-U: 3,571 W/(m ² K)			

Ilustración 92. Valor-U de los muros en vivienda (estado actual). Fuente: captura de pantalla de la herramienta PHPP.

Nr. elem. cons.	03ud CUBIERTA			¿Aislamiento interior?		
Resistencia térmica superficial [m ² K/W]						
Inclinación del elemento	1-Techo	interior R _s :	0,17			
Adyacente a	0	exterior R _s :	0,00			
Superficie parcial 1	λ [m/W·K]	Superficie parcial 2 (opcional)	λ [m/W·K]	Superficie parcial 3 (opcional)	λ [m/W·K]	Espesor (mm)
Teja fibrocemento	0,230					15
Porcentaje superficie parcial 1		Porcentaje superficie parcial 2		Porcentaje superficie parcial 3		Total
100%						1,5 cm
Suplemento al valor-U			Valor-U: 4,251 W/(m ² K)			

Ilustración 93. Valor-U de cubierta en vivienda (estado actual). Fuente: captura de pantalla de la herramienta PHPP.

Nr. elem. cons.	04ud LOSA ENTREPISO			¿Aislamiento interior?		
Resistencia térmica superficial [m ² K/W]						
Inclinación del elemento	3-Suelo	interior R _s :	0,10			
Adyacente a	0	exterior R _s :	0,00			
Superficie parcial 1	λ [m/W·K]	Superficie parcial 2 (opcional)	λ [m/W·K]	Superficie parcial 3 (opcional)	λ [m/W·K]	Espesor (mm)
Hormigon Armado	2,100					100
Porcentaje superficie parcial 1		Porcentaje superficie parcial 2		Porcentaje superficie parcial 3		Total
100%						10,0 cm
Suplemento al valor-U			Valor-U: 6,774 W/(m ² K)			

Ilustración 94. Valor-U de losa entrepiso en vivienda (estado actual). Fuente: captura de pantalla de la herramienta PHPP.

Por último, en el gráfico de Balance energético de la hoja de refrigeración de la herramienta PHPP, se identifica la alta carga térmica solar 204,5 [kWh(m²a)], también las pérdidas en muros de fachadas 37,1[kWh(m²a)] y la

Master Universitario en Edificación Sostenible – MUES. Propuesta de autoconstrucción para la adecuación interna de viviendas sociales en Colombia mediante criterios de arquitectura pasiva.

cubierta 81,2 [kWh(m2a)], siendo esta última la más afectada con valores más altos (ver Ilustración 95).

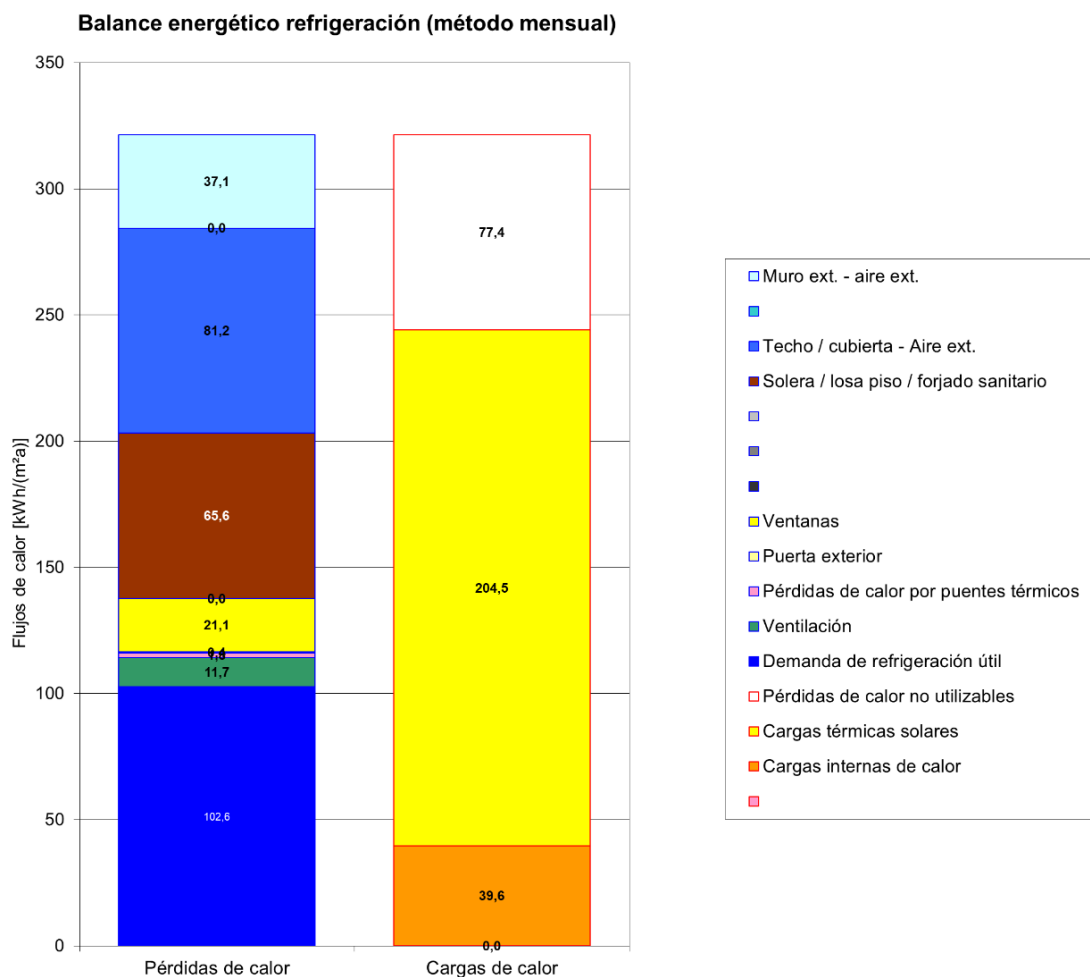


Ilustración 95. Gráfica de balance energético. Fuente: captura de pantalla de la herramienta PHPP.

Aplicando las adecuaciones planteadas en la herramienta PHPP, se identifica que la frecuencia de humedad se redujo en un 80%, quedando en un 11%, cumpliendo así con lo requerido por el estándar de confort en el Manual de la Herramienta PHPP. Por otra parte, la frecuencia de sobrecalentamiento se redujo en un 46%, esto quiere decir que con las mejoras planteadas la vivienda cuenta con un índice de sobrecalentamiento de un 5%, cumpliendo así con lo requerido por el estándar de confort establecido en el Manual de la herramienta PHPP (ver Ilustración 96).

Valores específicos del edificio con referencia a la superficie de referencia energética							
					Criterio	Criterios alternativo	¿Cumplido?²
Calefacción	Superficie de referencia energética	m²	73,8				
	Demanda de calefacción	kWh/(m²a)	0	≤	15	-	Si
	Carga de calefacción	W/m²	-	≤	-	-	
Refrigeración	Demanda refrigeración & deshum.	kWh/(m²a)	-	≤	-	-	-
	Carga de refrigeración	W/m²	-	≤	-	-	-
	Frecuencia de sobrecalentamiento (> 25 °C)	%	5	≤	10	-	Si
	Frecuencia excesivamente alta humedad (> 12 g/kg)	%	11	≤	20	-	Si
Hermeticidad	Resultado ensayo presión n ₅₀	1/h	0,6	≤	0,6	-	Si
Energía Primaria no renovable (EP)	Demanda EP	kWh/(m²a)	102	≤	120	-	Si
	Demanda PER	kWh/(m²a)	51	≤	-	-	-
Energía Primaria Renovable (PER)	Generación de Energía Renovable (en relación con área de la huella del edificio proyectada)	kWh/(m²a)	-	≥	-	-	-

² Celda vacía: Falta dato; '-': Sin requerimiento

Ilustración 96. Cuadro de comprobación de la herramienta PHPP. Fuente: captura de pantalla de la herramienta PHPP.

Incluyendo materiales de baja transmitancia térmica en muros de fachadas y cubierta en la hoja de valores-U de la herramienta PHPP, se identifica la disminución de la transmitancia térmica de los elementos constructivos evitando así el paso de flujos de calor provenientes del calentamiento de la superficie exterior, generando un ambiente de confort al interior de la vivienda.

Nr. elem. cons.	Resistencia térmica superficial [m²K/W]		¿Aislamiento interior?		
02ud	MURO DE FACHADA		X		
Inclinación del elemento	3-Suelo	interior R _s : 0,10			
Adyacente a	0	exterior R _s : 0,00			
Superficie parcial 1	λ [W/m·K]	Superficie parcial 2 (opcional)	Superficie parcial 3 (opcional)	λ [W/m·K]	Espesor (mm)
Mortero pintado de blanco.	1,400				15
Bloque de arcilla	0,320				50
Hormigon.	2,100				50
Lana mineral.	0,045				50
Tablero OSB.	0,130				10
Porcentaje superficie parcial 1	100%	Porcentaje superficie parcial 2	Porcentaje superficie parcial 3	Total	17,5 cm
Suplemento al valor-U	W/(m²K)	Valor-U: 0,676 W/(m²K)			

Ilustración 97. Valor-U de muros exteriores con aislamiento interno. Fuente: captura de pantalla de la herramienta PHPP.

Master Universitario en Edificación Sostenible – MUES. Propuesta de autoconstrucción para la adecuación interna de viviendas sociales en Colombia mediante criterios de arquitectura pasiva.

Nr. elem. cons. 03ud **CUBIERTA** ¿Aislamiento interior?

Resistencia térmica superficial [m²K/W]

Inclinación del elemento: 1-Techo interior R_{s,i}: 0,17
 Adyacente a: 0 exterior R_{s,e}: 0,00

Superficie parcial 1	λ [W/m·K]	Superficie parcial 2 (opcional)	λ [W/m·K]	Superficie parcial 3 (opcional)	λ [W/m·K]	Espesor [mm]
Teja fibrocemento	0,230					15
Capa de aire	0,024					50
Lana mineral.	0,045					80
Tablero OSB	0,130					10

Porcentaje superficie parcial 1: 100%
 Porcentaje superficie parcial 2:
 Porcentaje superficie parcial 3:

Suplemento al valor-U: W/(m²K)

Valor-U: 0,240 W/(m²K)

Total: **15,5** cm

Ilustración 98. Valor-U de cubierta exteriores con aislamiento interno. Fuente: captura de pantalla de la herramienta PHPP.

En el gráfico de Balance energético de la hoja de refrigeración de la herramienta PHPP, se identifica que la carga térmica solar disminuyó en un 11,8 [kWh(m2a)], mientras la ventilación tiene un aumento de 108,7 [kWh(m2a)]. Por otra parte, por las pérdidas de calor en muros de fachada y cubierta obtuvieron una disminución significativa del 10,7 [kWh(m2a)] y 4,5 [kWh(m2a)] con la aplicación de los nuevos elementos constructivo (ver Ilustración 99).

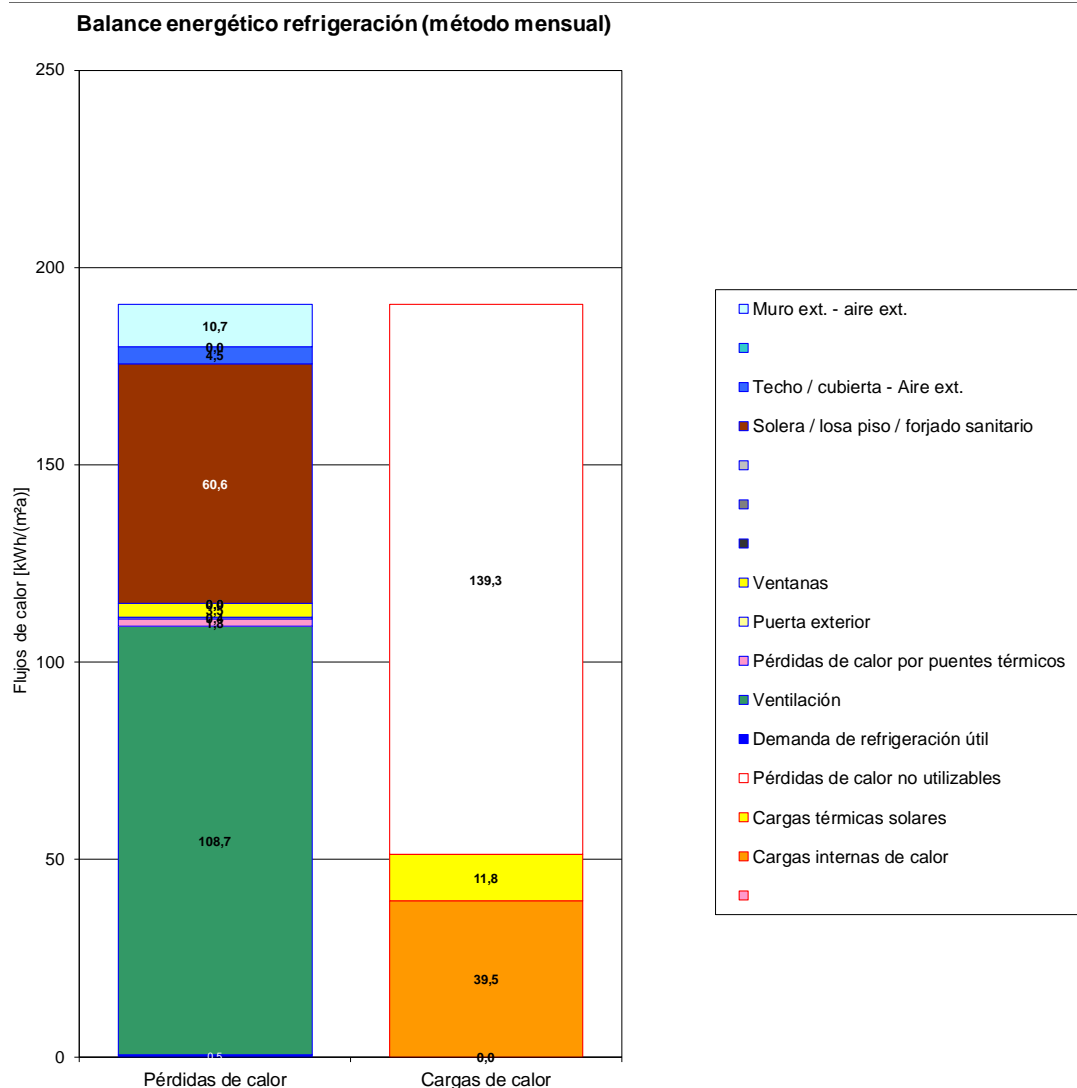


Ilustración 99. Gráfica de balance energético. Fuente: captura de pantalla de la herramienta PHPP.

Por otra parte, aplicando las mejoras planteadas es posible identificar en la hoja de comprobación de la herramienta PHPP que la vivienda llega a cumplir con la certificación Passivhaus casa pasiva Classic (ver Ilustración 100). Sin embargo, para desarrollar de forma correcta la aplicación a la certificación es necesario de una investigación más profunda, ya que para cumplir con el estándar Passivhaus se requieren de múltiples aspectos y criterios que deben de evaluarse. Además, no es el objetivo a desarrollar del presente documento.

Master Universitario en Edificación Sostenible – MUES. Propuesta de autoconstrucción para la adecuación interna de viviendas sociales en Colombia mediante criterios de arquitectura pasiva.

Valores específicos del edificio con referencia a la superficie de referencia energética							
					Criterio	Criterios alternativo	¿Cumplido? ²
Calefacción	Superficie de referencia energética	m ²	73,8				
	Demanda de calefacción	kWh/(m ² a)	0	≤	15	-	Si
	Carga de calefacción	W/m ²	-	≤	-	-	Si
Refrigeración	Demanda refrigeración & deshum.	kWh/(m ² a)	-	≤	-	-	-
	Carga de refrigeración	W/m ²	-	≤	-	-	-
	Frecuencia de sobrecalentamiento (> 25 °C)	%	5	≤	10	-	Si
	Frecuencia excesivamente alta humedad (> 12 g/kg)	%	11	≤	20	-	Si
Hermeticidad	Resultado ensayo presión n ₅₀	1/h	0,6	≤	0,6	-	Si
Energía Primaria no renovable (EP)	Demanda EP	kWh/(m ² a)	102	≤	120	-	Si
	Demanda PER	kWh/(m ² a)	51	≤	-	-	-
Energía Primaria Renovable (PER)	Generación de Energía Renovable (en relación con área de la huella del edificio proyectada)	kWh/(m ² a)	-	≥	-	-	-

² Celda vacía: Falta dato; "-": Sin requerimiento

Confirmando que los valores aquí presentados han sido determinados siguiendo la metodología de PHPP y están basados en los valores característicos del edificio. Los cálculos de PHPP están adjuntos a esta comprobación.	¿Casa Pasiva Classic?	Si
Función: <input type="text"/>	Nombre: <input type="text" value="David"/>	Apellido: <input type="text" value="Ospino Tejada"/>
Emisión: <input type="text"/>	Ciudad: <input type="text"/>	Firma: <input type="text"/>

Ilustración 100. Cuadro de comprobación de la herramienta PHPP. Fuente: captura de pantalla de la herramienta PHPP.

Conclusiones.

El sector de la construcción a nivel global produce cerca del 50% de las emisiones de CO₂ en todo el planeta, al mismo tiempo consume el 60% de la materia prima, el 40% de la energía mundial producida y el 75% en el funcionamiento de los proyectos, esto genera gran preocupación en la agenda mundial.

Con base al problema anterior, los modelos actuales de construcción de proyectos de edificación además de generar graves afectaciones al medio ambiente, no están teniendo en cuenta estudios de adaptación a los diferentes entornos, generando ambientes internos incómodos para el desarrollo de las actividades del hombre.

Estos nuevos modelos constructivos están analizando solo aspectos económicos y de oferta, dejando a atrás la importancia de la creación de la arquitectura y su relación con el entorno, no considerando desarrollar construcciones con una calidad de ambiente interno con el adecuado grado de confort, logrando beneficios tales como, calidad de vida, aprovechamiento de los recursos naturales y que además le brinde a los usuarios comodidad.

Con lo anterior y habiendo desarrollado un análisis de balance energético que busca mejorar las condiciones de confort al interior de la Vivienda de Interés Social en Colombia, es posible afirmar que se han cumplido con los objetivos trazados al inicio de este trabajo. Partiendo de la investigación desarrollada durante la elaboración del presente documento, es posible definir las siguientes conclusiones:

- 1- Por las características climáticas y geográficas de Colombia, el país cuenta con una diversidad de climas que se mantienen constantes durante todo el año, facilitando la implementación de las estrategias y adecuaciones que se requieren para que los proyectos puedan adaptarse de una mejor forma a las condiciones climáticas del entorno.
- 2- Las distintas experiencias de construcción en Vivienda de Interés Social en Colombia, desarrollando proyectos ambiciosos con un salto en los diseños. Las condiciones mínimas han mejorado a partir del año 2008, teniendo en cuenta el desarrollo del individuo en distintas escalas. Estaría, la escala de vivienda en que los espacios internos cuenten con las dimensiones mínimas habitables y en la escala de barrio se encuentran mejoras a los estándares introducidos por el Movimiento Moderno, como, por ejemplo: calles y andenes más amplios, introducción de la vegetación, entre otros. Sin embargo, la situación no ha cambiado en los últimos 15 años, ya que el modelo

constructivo sigue siendo convencional, sin tener en cuenta criterios de diseño sostenible.

- 3- En Colombia la Vivienda de Interés Social se entrega con las condiciones mínimas de habitabilidad, siendo una problemática para la población que adquiere este tipo de inmueble ya que debe adecuarla. Sin embargo, la situación anterior, puede ser una oportunidad si las adecuaciones se proyectaran con enfoque a la introducción de elementos constructivos que den como resultado mejorar las condiciones de confort al interior de la vivienda, contribuyendo así al ahorro en el consumo de la energía.
- 4- De acuerdo a la legislación colombiana, esta promueve al desarrollo sostenible de los proyectos habitacionales, además el país cuenta con una entidad privada como el Consejo Colombiano de Construcción Sostenibles; a pesar de lo anterior falta mayor participación del sector público, privado y desde el punto de vista social, donde se debe de fomentar la sensibilización, formación y desarrollo hacia una cultura con enfoque sostenible.
- 5- Basado en la experiencia laboral desarrollada en la ciudad de Cali, se seleccionó una vivienda de tipo social situada al sur de la misma. Dicha ciudad cuenta con un clima cálido seco, sin amplitudes térmicas durante todo el año, facilitando el enfoque de las estrategias arquitectónicas planteadas, siendo más específicas y puntuales como se desarrolló en la práctica. Aplicando los criterios del estándar Passivhaus, es posible afirmar que a pesar de las altas temperaturas que se manifiestan en la ciudad, con la aplicación de las estrategias pasivas, se evita que el calentamiento de la superficie exterior y las emisiones de calor por radiación solar traspasen hacia el interior de la vivienda.
- 6- Al introducir los datos para evaluar el balance energético de la vivienda VIS se hizo evidente en la hoja de comprobación de la Herramienta PHPP los siguientes datos (ver Tabla 2):

Tabla 2. Cuadro comparativo del apartado de comprobación de la herramienta PHPP. Fuente: elaboración propia.

Apartado de comprobación			
Indicador	Estado actual sin adecuaciones	Propuesta de corrección en el diseño	Porcentaje de reducción
Frecuencia de sobrecalentamiento	51%	5%	46%
Frecuencia de alta humedad	91%	11%	80%

En el estado actual se demuestra que los diseños y elementos constructivos no son los apropiados para las condiciones climáticas de la ciudad de Cali, ya

que de acuerdo a la alta radiación solar que se produce en la zona, estos dejan ingresar el calentamiento de la superficie exterior hacia el interior de la vivienda elevando así las temperaturas, provocando un 51% de sobrecalentamiento y 91% de alta humedad.

Con la implementación de las adecuaciones se logró reducir un 46% la frecuencia de sobrecalentamiento y un 80% la frecuencia de alta humedad, Ubicándose en el 5% y 11% respectivamente, llegando a cumplir con los requisitos de confort establecidos por el estándar Passivhaus, mejorando significativamente las condiciones internas de la vivienda.

- 7- Teniendo en cuenta los datos de los elementos constructivos que conforman la envolvente opaca y transparente de la hoja de valores-U y de ventanas de la herramienta PHPP, es posible identificar los siguientes valores (ver Tabla 3):

Tabla 3. Cuadro comparativo de Valores-U de elementos constructivos de la herramienta PHPP. Fuente: elaboración propia.

Valores-U de elementos constructivos				
Elemento constructivo	Estado actual, sin adecuaciones	Tipo de intervención	Propuesta de corrección en el diseño	Porcentaje de reducción
Muro exterior	3,571 W/(m ² K)	Introducción de material aislante y tablero OSB al interior	0,676 W/(m ² K)	81%
Cubierta	4,251 W/(m ² K)	Introducción de cámara de ventilación, material aislante y tablero OSB al interior	0,240 W/(m ² K)	94%
Ventanas	5,89 W/(m ² K)	Ventanas con doble cristal y protección solar + carpintería en PVC con RPT	0,73 W/(m ² K)	87%

Los valores del estado actual demuestran que estos no cuentan con las características necesarias para que la vivienda pueda adaptarse a las condiciones climáticas de la ciudad, reflejando las ganancias de calor y la absorción de energía por radiación solar.

En la propuesta de corrección en el diseño con la introducir de elementos de baja transmitancia térmica como aislante en muro exterior y cubierta, y la introducción de una cámara de aire en esta última, se logra alcanza una reducción en del 81% en muro exterior y un 94% en la cubierta. Lo anterior favorece la refrigeración de forma pasiva, reduciendo las ganancias de calor por radiación solar e impactando positivamente el consumo energético.

- 8- En la gráfica de balance energético del apartado de refrigeración de la herramienta PHPP, se evidencian los siguientes valores (ver Tabla 4):

Tabla 4. Cuadro comparativo de Refrigeración-balance energético de la herramienta PHPP. Fuente: elaboración propia.

Refrigeración - Balance energético			
Elemento constructivo	Estado actual (flujos de calor kWh(m ² a))	Propuesta de corrección en el diseño (flujo de calor kWh(m ² a))	Porcentaje de reducción
Muro exterior	37,1 [kWh(m ² a)]	10,7[kWh(m ² a)]	71%
Cubierta exterior	81,2 [kWh(m ² a)]	4,5 [kWh(m ² a)]	94%
Ventana	21,1 [kWh(m ² a)]	3,5 [kWh(m ² a)]	83%
Ventilación	204,5 [kWh(m ² a)]	11,8[kWh(m ² a)]	100%
Cargas térmicas solares	11,7 [kWh(m ² a)]	108,7 [kWh(m ² a)]	Aumento 8 veces su valor

En el estado actual las mayores pérdidas de calor se dan en muro exterior y en cubierta, además existe una carga térmica solar alta; lo anterior es producto de la radiación solar que se genera en la zona y de la poca ventilación que posee la vivienda. Lo que respalda que los diseños y elementos constructivos no son los apropiados para la zona climática de Cali.

En la propuesta de corrección en el diseño, se evidencia una reducción en las pérdidas de calor en muros exterior del 71%, en cubierta del 94%, ventanas del 83% una carga térmica solar del 100%, y un incremento en la ventilación de 8 veces su valor. Lo cual, demuestra que con la implementación de las adecuaciones se evitan las ganancias y flujos de calor al interior contribuyendo a la refrigeración de los espacios internos de la VIS logrando el confort térmico establecido por el estándar Passivhaus la vivienda.

- 9- Frente al análisis de viabilidad económica de cada una de las adecuaciones introducidas en la vivienda, se generaron los siguientes valores (ver Tabla 5):

Tabla 5. Cuadro comparativo de estimación económica. Fuente: elaboración propia.

Estimación económica (Propuesta de corrección en el diseño)		
Adecuaciones planteadas	Precio en pesos colombianos	Precio en Euros
Muro en bloque de arcilla hueco	\$6.949.904	€ 2.295,49
Muro en bloque de arcilla hueco con trasdosado autoportante, material aislante y tablero OSB en pared interior	\$2.450.157	€ 554,88
Cielo falso en lámina de yeso + perfil en aluminio	\$3.389.982	€ 1.380,84
Cubierta con cámara de ventilación, material aislante y tablero OSB en zona interior	\$3.080.822	€ 722,30

Ventana con doble cristal y proyección solar + carpintería en PVC con RPT	\$7.623.331	€ 1.726,45
Parasol fijo en aluminio	\$3.838.455	€ 1.088,77
Acabado de piso (primera y segunda planta)	\$4.788.821	€ 423,10
Acabado exterior de pared (muros de fachada)	\$1.860.966	€ 8.073,42
Total inversión	\$32.965.843	€ 8.365,69

Teniendo en cuenta, la inversión en adecuaciones de forma convencional que un colombiano utiliza para finalizar la vivienda.

Indicador	Precio en pesos colombiano	Precio en Euros
Estimación económica (estado actual)	\$22.819.000	€ 5,188
Estimación económica (Propuesta de corrección en el diseño)	\$32.965.843	€ 8.365,69

Con los valores anteriores frente a la propuesta planteada se requiere un crecimiento en la inversión del orden del 44%, si el propósito es implementar la totalidad de las medidas.

Considerando lo anterior el proyecto es viable, teniendo en cuenta que el costo de las medidas para alcanzar el estándar de calidad frente al confort es de \$18.853.733 millones de pesos que corresponde a € 3,601 euros. Si el propósito es implementar todas las medidas, vale la pena considerar la estrategia de planificación bajo el concepto de vivienda progresiva, lo cual dependería del impacto de la medida y de la capacidad adquisitiva de los usuarios.

- 10-** Teniendo en cuenta que la implementación de las adecuaciones en la vivienda se puede desarrollar utilizando el concepto de vivienda progresiva, es importante definir que estrategias tienen más impacto en los indicadores, tomando como referente las dos variables de la hoja de comprobación de la herramienta PHPP (Tabla 6):

Tabla 6. Cuadro comparativo de impacto de adecuaciones. Fuente: elaboración propia.

Tabla comparativa de impacto de adecuaciones.		
Tipo de intervención	Resultado inicial sin la implementación de las medidas	
	Frecuencia de sobrecalentamiento 51% (estado actual)	Frecuencia de alta humedad del 91% (estado actual)
Introducción de material aislante en pared interior de muro fachada	6%	0%
Introducción de material aislante y cámara de	14%	0%

ventilación en zona interna de cubierta		
Ventanas con doble acristalamiento y protección solar + carpintería en PVC con RPT	20%	0%
Parasoles fijos sobre ventanas	2%	0%
Ventilación nocturna manual	4%	91%
Resultado final con la implementación de las medidas	Frecuencia de sobrecalentamiento del 5% propuesta de corrección en el diseño	Frecuencia de alta humedad del 11% propuesta de corrección en el diseño

Priorizando su impacto y según las condiciones económicas del usuario, se pueden implementar las adecuaciones analizando el porcentaje de reducción en las variables que mejoren las condiciones internas de la vivienda promoviendo al confort térmico, estas se enumeran de la siguiente manera: 1- Ventanas con doble acristalamiento con protección solar + carpintería en PVC con RPT; 2- Introducción de material aislante y cámara de ventilación al interior en cubierta; 3- Introducción de material aislante al interior en muro de fachadas; 4- Ventilación nocturna manual y 5- Parasoles de sobra sobre ventanas.

- 11-** En concordancia con los resultados del análisis de balance energético, y una vez desarrollado el objetivo principal, es preciso afirmar que las adecuaciones desarrolladas son viables principalmente en dos aspectos: constructivamente y económicamente. Por un lado, se demuestra que con su implementación se mejoran las condiciones internas de la vivienda, promoviendo el confort interno térmico y por el otro, se está contribuyendo al ahorro en el consumo energético.

Por último, se ha abierto la posibilidad de utilizar el sello que ofrece el estándar Passivhaus, lo cual otorga diferenciación y ventajas competitivas para los proyectos

Líneas de futura investigación.

Este trabajo genera la posibilidad de apertura de futuras investigaciones que se podrían encaminar en tres sentidos, de la siguiente manera:

- El primer sentido, estaría enfocado en la inclusión de los conceptos de construcción pasiva y de los criterios del estándar Passivhaus en la planificación inicial de los diseños arquitectónicos de Vivienda de Interés Social en Colombia o de tipo no social.
- El segundo sentido, estaría enfocado hacia una búsqueda de la sensibilización e inclusión de una cultura ciudadana sostenible, respondiendo a los objetivos de desarrollo sostenible.
- El tercer sentido, estaría enfocado en ampliar las adecuaciones a las diferentes zonas climáticas de Colombia, incluyéndolos dentro de la actualización que está desarrollando el gobierno en la legislación que regula la construcción de proyectos sostenibles, adicionando así también los proyectos de edificación ya construidos.

Bibliografías.

6, R. C., 2018. *La primera vivienda sostenible del país certificada en CASA Colombia* [artículo en línea]. Bogotá: Catorce 6 [consulta: 27 de noviembre 2020]. Disponible en: <https://www.catorce6.com/investigacion/24-rse/15661-certifican-en-colombia-primera-vivienda-sostenible#:~:text=Con%20un%20ahorro%20del%20100,se%20construy%C3%B3%20casa%20sostenible%20VIS.>

ACOSTA, D., 2009. *Arquitectura y construcción sostenibles: Conceptos, Problemas Y Estrategias. DeArq* [en línea]. Bogotá: Universidad de los Andes. n.o 4, pp. 14 - 23 [consulta: 20 de septiembre de 2020]. 2011-3188, Disponible n: <https://revistas.uniandes.edu.co/doi/pdf/10.18389/dearq4.2009.02>.

ADMAD5, 2016. *La Vivienda Progresiva* [Artículo en línea]. España: AD5 Green Integral Solutions [consulta: 5 de septiembre de 2020]. Disponible en: <https://www.ad5.es/la-vivienda-progresiva/>.

AGROLÓGICOS, G. I. D. T. D. L., 2014. *Zonificación climática* [artículo en línea]. Bogotá: IGAC - Instituto Geográfico Agustín Codazzi [consulta: 1 de agosto de 2020]. Disponible en: <http://igacnet2.igac.gov.co/intranet/UserFiles/File/procedimientos/instructivos/2014/I40100-05%20-14%20V1%20Zonificacion%20climatica.pdf>.

ANDRÉS FELIPE PARDO, A. M. A., CAMILO LUENGAS, ANGÉLICA OSPINA, LORENA PUPO, JOHN VILLABONA, 2020. *Introducción a la construcción sostenible* [artículo en línea]. Bogotá: Consejo Colombiano de Construcción Sostenible, Cámara Colombiana de la Construcción, Corporación Financiera Internacional. [consulta: 8 de noviembre 2020]. Disponible en: <https://camacol.co/sites/default/files/documentos/Gu%C3%ADa%20Introducci%C3%B3n%20a%20la%20Construcci%C3%B3n%20Sostenible.pdf>

ASEFAVE, 2014. *Guía técnica de ventanas para la certificación energética de edificios* [artículo en línea]. España: ASEFAVE. Asociación Española de Fabricantes de Fachadas Ligeras y Ventanas. [consulta: 20 de septiembre de 2020]. Disponible en: https://ovacen.com/wp-content/uploads/2014/06/guia_tecnica_ventanas.pdf.

BARAYA, S., 2020. *Propuesta de vivienda para comunidades sostenibles en la costa de Buenaventura, Colombia* [Artículo en línea]. Colombia: ArchDaily [consulta: 27 de noviembre de 2020]. Disponible en: <https://www.archdaily.co/co/938809/propuesta-de-vivienda-para-comunidades-sostenibles-en-la-costa-de-buenaventura-colombia>.

BEDOYA, C. M., 2015. *Viviendas de Interés Social y Prioritario Sostenibles en Colombia – VISS y VIPS* – [artículo en línea]. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya [consulta: 2 de septiembre de 2020]. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/11911/27-36%20Bedoya.pdf>.

CAJAL, A. 2017. ¿Por qué Colombia no tiene las 4 estaciones? En: Liferder.com [Sitio web] [consulta: 20 de julio de 2020]. Disponible en: <https://www.liferder.com/colombia-no-tiene-estaciones/>.

CAMPIÑO, A. I., 2013 *Proyectar mejoras del confort térmico en la vivienda de interés social buenaventura caso: barrio ciudadela nueva buenaventura*. [trabajo fin de master]. Santiago de Cali. Universidad del Valle [consulta: Disponible en: <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/handle/10893/7238>.

Master Universitario en Edificación Sostenible – MUES. Propuesta de autoconstrucción para la adecuación interna de viviendas sociales en Colombia mediante criterios de arquitectura pasiva.

CARLOS ANTONIO PAZ PÉREZ, N. L. R. H., MARÍA TERESA LEDEZMA ELIZONDO, 2015. *El impacto de la sustentabilidad en la vivienda en serie de Nuevo León*. *Revista de la Facultad de Arquitectura Universidad Autónoma de Nuevo León* [en línea]. Nuevo León: Dialnet plus. Vol. 9, Nº. 11, pp. 43-57 [consulta: 26 de noviembre de 2020]. 2007-1639, Disponible n: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6336496>.

CARLOS GIRALDO, C. B., LUIS ALONSO, 2015. *Eficiencia energética y sostenibilidad en la vivienda de interés social en Colombia* [artículo en línea]. Madrid:: Universidad Politécnica de Madrid [consulta: 18 septimebre de 2020]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/148682761.pdf>.

CEBALLOS, O. L. 2008. Vivienda social en Colombia. Una mirada desde su legislacion 1918 - 2005. En: Pontificia Univercidad Javeriana. [Sitio web] [consulta: 5 de agosto de 2020]. Disponible en:

COLOMBIA, C. D., 2019. ley 1955. "Por el cual se expide el plan nacional de desarrollo 2018-2022. "pacto por Colombia, pacto por la equidad". Bogotá. Congreso de la Colombia. Disponible en: <https://dapre.presidencia.gov.co/normativa/normativa/LEY%201955%20DEL%2025%20DE%20MAYO%20DE%202019.pdf>

CONSEJO NACIONAL DE POLÍTICA ECONÓMICA Y SOCIAL, D. N. D. P., 2018. *Política nacional de edificaciones sostenibles* [Artículo en línea]. Bogota: Departamento nacional de planeación [consulta: 8 de noviembre de 2020]. Disponible en: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3919.pdf>.

CONSTRUCCION, C. D. 2018. Primera certificación EDGE para proyecto de vivienda social en Colombia. En: Cluster de construccion [Sitio web] [consulta: 27 de noviembre de 2020]. Disponible en: <https://www.ccb.org.co/Clusters/Cluster-de-Construccion/Noticias/2018/Junio-2018/Primera-certificacion-EDGE-para-proyecto-de-vivienda-social-en-Colombia>.

CORRAL, J. S., 2012. *LA VIVIENDA "SOCIAL" EN MÉXICO*. [En línea] Culiacán. [Consulta: 10 de octubre de 2020]. <http://conurbamx.com/home/wp-content/uploads/2015/05/libro-vivienda-social.pdf>.

DANE, 2019a. *Boletín tecnico, vienda VIS y no VIS* [artículo en línea]. Bogotá: Departamento Administrativo Nacional de Estadística -DANE [consulta: 17 de agosto de 2020]. Disponible en: https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/vis/bol_vis_IIItrim2019.pdf.

DANE, 2019b. *Resultados Censo Nacional de Población y Vivienda 2018 Cali, Valle del Cauca* [artículo en línea]. Cali: Departamento Administrativo Nacional de Estadística -DANE [consulta: 8 de septiembre de 2020]. Disponible en: <https://www.dane.gov.co/files/censo2018/informacion-tecnica/presentaciones-territorio/190711-CNPV-presentacion-valle.pdf>.

DANE, 2020. *Déficit Habitacional 2018* [artículo en línea]. Bogotá: Departamento Administrativo Nacional de Estadística -DANE [consulta: 5 de agosto de 2020]. Disponible en: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/deficit-habitacional>.

DIAZ, N. M., 2016. "Arquitectura tradicional colombiana como sistema pasivo de aprovechamiento energético.". [trabajo final de masters]. Valencia. Universidad politécnica de València [consulta: 20 de julio de 2020]. Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/86235/MARTIN%20-%20Arquitectura%20tradicional%20Colombiana%20como%20sistema%20pasivo%20de%20aprovechamiento%20energ%C3%A9tico..pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Master Universitario en Edificación Sostenible – MUES. Propuesta de autoconstrucción para la adecuación interna de viviendas sociales en Colombia mediante criterios de arquitectura pasiva.

ENERGETICA-UPME, U. D. P. M., 2018. *Resolución 463 Bogotá. Unidad de Planeación Minero Energética - UPME.* Disponible en: <https://www1.upme.gov.co/Normatividad/463-2018.pdf>

ENERGÍA, I. P. L. D. Y. A. D. L., 2008a. *Soluciones de Acristalamiento y Cerramiento Acristalado.* [En línea] Madrid: : IDEA - instituto para la diversificación y ahorro de la energía. [Consulta: 19 de septiembre de 2020] ISBN 978-84-96680-40-1. https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_10828_SolucionesAcristalamiento_A2008_A_e4087943.pdf.

ENERGÍA, I. P. L. D. Y. A. D. L., 2008b. *Soluciones de Aislamiento con Lana Mineral.* [En línea] Madrid: : IDEA - instituto para la diversificación y ahorro de la energía. [Consulta: 19 de septiembre de 2020] ISBN 978-84-96680-38-8. https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_10828_SolucionesAislamientoLanaMineral_A2008_A_d7ce7714.pdf.

ENERGÍA, I. P. L. D. Y. A. D. L., 2008c. *Soluciones de Aislamiento con Vidrios y Cerramientos* [En línea] Madrid: IDEA - instituto para la diversificación y ahorro de la energía. [Consulta: 15 de septiembre de 2020]. https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_GUIA_TECNICA_Vidrios_y_cerramiento_v05_2dfc482b.pdf.

ESCALANTE, T. S. S., 2014. *APERTURAS DE FACHADA Y CONFORT EN LA VIVIENDA SOCIAL DEL TRÓPICO* [trabajo de grado]. Santiago de Cali. Universidad Icesi [consulta: 8 de septiembre de 2020]. Disponible en: https://repository.icesi.edu.co/biblioteca_digital/bitstream/10906/77325/1/schonhobel_aperturas_fachada_2014.pdf.

ESCOBAR, R. D., 2019. *La sostenibilidad llega a las viviendas de interés social en Colombia* [artículo en línea]. Medellín: BBVA Colombia [consulta: 27 de noviembre de 2020]. Disponible en: <https://www.bbva.com/es/co/la-sostenibilidad-llega-a-las-viviendas-de-interes-social-en-colombia/>.

FIGUEROA, O. H., 2018. *Manual para técnicos y supervisores de construcción de vivienda industrializada de muros losas de concreto mediante el sistema monoportable* [artículo en línea]. Colombia: Federación Interamericana de Cemento - FICEM [consulta: 16 de agosto de 2020]. Disponible en: https://ficem.org/2020/02FEB/28/definitivo_Manual_Vivienda_Concreto_FINAL_2.pdf.

GARCILASO, A. 2019. Como elegir la ventana en aluminio adecuada. En: ALUMINIOS GARCILASO S.C.P [Sitio web] [consulta: 24 de noviembre de 2020]. Disponible en: <http://www.aluminiosgarcilaso.com/informacion-como-elegir-la-ventana-de-aluminio-mas-adecuada.html#arriba>.

HERNÁN DARÍO ELEJALDE LÓPEZ, A. M. J. C., JULIO JAIRO CEBALLOS SEPÚLVEDA, ALEXANDER GONZÁLEZ CASTAÑO., 2015. *Guía 4 para el diseño de edificación sostenible.* [En línea] Diciembre de 2015. Medellín: Universidad Pontificia Bolivariana, Área Metropolitana del Valle de Aburrá. [Consulta: 20 de septiembre de 2020] ISBN 978-958-8513-89-8. https://www.metropol.gov.co/ambiental/Documents/Construccion_sostenible/Guia-4-GCS4EdificacionesSostenibles.pdf.

JAIRO POSADA, A. R., 2019. *Vivienda passivhaus en un clima tropical de alta montaña. libro de comunicaciones 11ª conferencia Passivhaus.* [En línea] Burgos: Plataforma edificación Passivhaus. [Consulta: ISBN 978-84-09-145775. https://mail-attachment.googleusercontent.com/attachment/u/0/?ui=2&ik=e4e6c4c153&attid=0.1&p_ermmsgid=msg-f:1681102463588218407&th=175479c8a535b627&view=att&disp=inline&realattid=f_kg

Master Universitario en Edificación Sostenible – MUES. Propuesta de autoconstrucción para la adecuación interna de viviendas sociales en Colombia mediante criterios de arquitectura pasiva.

ie92sg5&sadnir=2&sadbat=ANGjdJ8M6KfLRhzxoXRZPi_TeR5AyFxFxGKDI0wpJ15a_N9H2pAcxsELgE9QMH4Py4cV3CEZevxoKCOF8uVoUeHa0AILL2ZK-CwjBlmp_UYQ9owp3s4Q9C8t_nxbEvEQB_6xVOwW5Z3GvF0zja2PLvZ79IPYFEqrc62v2i2kPucOp0C2Tt5x4qcueluWux-OfvNYGHX8T1atC80b2adbC7gXfofXutnKq_Vpzd8f8iulzLB9asLzwehcfeyys3iPSIL1gWJAAK0YOy6q3uKKD7L-lpSb5uBtmi2f_rWtdeUbdxMBxUwUCoXzJsidAkAykEVDjtQw4qN--TbaO6iy1Go16gO7Ut7AWqJaGhb157Bu2GehkWfFcvU5PIvgllLHucpuX0kUyPTFppYncdcFxF34LWgVBkIS3H3JGN1mf2dGT29kU4IOlqAOCLiMCKI7U-auvFMS8icRQIYLDcCK6DDwZ66obw7q6ZoKfksV9GGIHDU9gDXs9VO5J2nNjphXg-XdzgkL9SLXFkp7P-Nzu6-l5rgoRRKsHPDB0uvd-SdQU_y9DnITR3N4wUYbSOwFo9ARNEJB_DJThckv_5Q1gD3FD0mXU5QGys8jmBYwdYyNmipUbl8vGXhaS-z4RbAAL1NHDgfOOMIR3A6QaO9uphhdqT0Y9P_6uEpeOyZZos1oSCAYQn6k6wUJdWRpaM

JAVIER CRESPO RUIZ DE GAUNA, J. S. A., ALFREDO BENGUA, NURIA DÍAZ ANTÓN. ANNE VOGT, SERGIO DÍAZ DE GARAYO BALDATEGUI, RAFAEL ROYO PASTOR, WOLGANG BERGER, JORDINA VIDAL, MARIA HERNÁNDEZ CLUA, AMARA BARAMBIO, MICHEEL WASSOUF, 2011. *Guía del estándar Passivhaus. Edificios de consumo energético casi nulo* [artículo en línea]. Madrid: Consejería de económica y hacienda. Comunidad de Madrid [consulta: Disponible en: <https://passivehouse-international.org/upload/Guia-del-Estandar-Passivhaus-fenercom-2011.pdf>].

JOSÉ ROBERTO GARCÍA CHÁVEZ, V. F. F., 1995. *Arquitectura Bioclimática y Energía Solar. Viento y arquitectura* Mexico. Universidad Autónoma Metropolitana. [consulta: 5 de noviembre de 2020]. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Victor_Fuentes-Freixanet/publication/44363811_Viento_y_arquitectura_el_viento_como_factor_de_diseno_arquitectonico/links/55ce77f708ae6a8813849f66/Viento-y-arquitectura-el-viento-como-factor-de-diseno-arquitectonico.pdf.

LENGUAS, C., 2019. *¿QUIERE VIVIR EN UN CASA 5 ESTRELLAS? ¡Ya es posible!* [artículo en línea]. Bogotá: Consejo Colombiano de Construcción Sostenible - CCCS [consulta: 27 de noviembre de 2020]. Disponible en: <https://www.ccs.org.co/wp/2020/04/10/quiere-vivir-en-un-casa-5-estrellas-ya-es-posible/>.

LIZETH RODRÍGUEZ-POTES, K. V.-B., SAMUEL ESTEBAN PADILLA-LLANO, HUMBERTO OSORIO-CHÁVEZ, 2017. *Arquitectura y urbanismo sostenible en Colombia* [artículo en línea]. Bogotá: Universidad nacional de Colombia [consulta: 26 de noviembre de 2020]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/biut/v28n3/0124-7913-biut-28-03-19.pdf>.

LORIN, 2018. *Guía de arquitectura para aluminio anodizado* [artículo en línea]. Lorin [consulta: 20 de noviembre de 2020]. Disponible en: <https://cdn2.hubspot.net/hubfs/3424216/Spanish%20Brochures/Architectural%20Guide%20to%20Anodized%20Aluminum%205-16-18%20PHP.pdf>.

LUENGAS, C., 2018. *Casa Colombia, el sistema de certificación para la vivienda social sostenible*. [artículo en línea]. Bogotá: Consejo Colombiano de Construcción Sostenible - CCCS [consulta: 27 de noviembre de 2020]. Disponible en: <https://www.ccs.org.co/wp/2018/07/31/casa-colombia-el-sistema-de-certificacion-para-la-vivienda-social-sostenible/>

Master Universitario en Edificación Sostenible – MUES. Propuesta de autoconstrucción para la adecuación interna de viviendas sociales en Colombia mediante criterios de arquitectura pasiva.

MINISTERIO DE AMBIENTE, V. Y. D. S., 2010. *Reglamento colombiano de construcción sismo resistente. NRS-10* [artículo en línea]. Bogotá: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Sostenible [consulta: 15 de agosto de 2020]. Disponible en: <https://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/titulo-a-nsr-100.pdf>.

MINISTERIO DE AMBIENTE, V. Y. D. S., 2012. *Calidad en la Vivienda de Interés Social*. [En línea] Bogotá: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Sostenible [Consulta: 26 de agosto de 2020] ISBN 978-958-8491-47-9. http://www.minvivienda.gov.co/Documents/guia_asis_tec_vis_1.pdf.

MINISTERIO DE VIVIENDA, C. Y. T., 2014. *Colombia: cien años de políticas habitacionales*. [En línea] Bogotá: Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. [Consulta: 5 de agosto de 2020] ISBN 978-958-57464-1-1. <http://www.minvivienda.gov.co/Documents/100anosdepoliticashabitacionales.pdf>.

MINISTERIO DE VIVIENDA, C. Y. T., 2015a. *Decreto 1285 Bogotá. Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio*. Disponible en: <http://wp.presidencia.gov.co/sitios/normativa/decretos/2015/Decretos2015/DECRETO%201285%20DEL%2012%20DE%20JUNIO%20DE%202015.pdf>

MINISTERIO DE VIVIENDA, C. Y. T., 2015b. *Guía de construcción sostenible para el ahorro de agua y energía en edificaciones* [artículo en línea]. Bogotá: Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. [consulta: 25 de julio de 2020]. Disponible en: <http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioVivienda/ANEXO%201%200549%20-%202015.pdf>.

MINISTERIO DE VIVIENDA, C. Y. T., 2015c. *Resolución 0549. Bogotá. Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio*. Disponible en: <https://www.57uno.com/wp-content/uploads/Resoluci%C3%B3n-549-de-2015.pdf>

MINISTERIO DE VIVIENDA, C. Y. T., 2019. *Decreto 1467 Bogotá. Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio*. Disponible en: <https://dapre.presidencia.gov.co/normativa/normativa/DECRETO%201467%20DEL%2013%20DE%20AGOSTO%20DE%202019.pdf>

PARRA, J. J. S., 2016. *Propuesta de un sistema constructivo para vivienda social para las zonas andinas de Colombia*. [trabajo final de master]. Barcelona. Universidad Politécnica de Cataluña [consulta: 15 agosto 2020]. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/102623/TFM%20JOHN%20SALAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

PASSIVE HOUSE INSTITUTE DR. WOLFGANG FEIST, 2015. *Programa de Planificación Passivhaus PHPP*. [En línea] Darmstadt: Passive House Institute. [Consulta: 20 de septiembre de 2020]. <https://passiv.de/flipbooks/phpp-9-es/>.

PÉREZ, A. L. P., 2016. *El diseño de la vivienda de interés social. La satisfacción de las necesidades y expectativas del usuario*. *Revista de Arquitectura* [en línea]. Bogotá: Universidad Católica de Colombia. vol. 18, núm. 1, pp. 67-75 [consulta: 26 de noviembre de 2020]. 1657-0308 Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/1251/125146891007.pdf>.

PORTAFOLIO, R. E., 2019. *Ventas de vivienda ya superan los \$26 billones* [artículo en línea]. Bogotá: El Portafolio [consulta: Disponible en: <https://www.portafolio.co/economia/ventas-de-vivienda-ya-superan-los-26-billones-535447>.

ROA, A. S., 1995. *Medio siglo de vivienda social en Colombia 1939 - 1989* Bogotá: Ministerio de Desarrollo Económico [consulta: 5 de agosto de 2020]. Disponible en:

Master Universitario en Edificación Sostenible – MUES. Propuesta de autoconstrucción para la adecuación interna de viviendas sociales en Colombia mediante criterios de arquitectura pasiva.

RUIZ, P. A. 2010. Apartamentos en obra gris que brindan calidad. *El Colombiano*. [artículo en línea]. [consulta: 29 de septiembre de 2020]. 01220802. Disponible: https://www.elcolombiano.com/historico/apartamentos_en_obra_gris_que_brindan_calidad-EDec_110884

S.A, E. 2015. Manual de instalacion de superboard. En: Eternit S.A [Sitio web] [consulta: 15 de septiembre de 2020]. Disponible en: <https://vdocuments.site/manual-instalacion-superboard.html>.

SILVA, O. J., 2018. *Conociendo y entendiendo el sistema de muros de carga para edificaciones* [artículo en línea]. Bogotá: Cementos Argos [consulta: 15 de agosto de 2020]. Disponible en: <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/sistema-de-muros-de-carga-para-edificaciones>.

SILVA, O. J., 2020. *Formaletas para la construcción con sistemas industrializados* [artículo en línea]. Bogotá: Cementos Argos [consulta: 28 de septiembre]. Disponible en: <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/construccion-con-sistemas-industrializados>.

SOSTENIBLE, M. D. A. Y. D., 2012. *Criterios ambientales para el diseño y construcción de vivienda social urbana* [artículo en línea]. Bogotá: Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible [consulta: 26 de agosto de 2020]. Disponible en: https://www.academia.edu/8160040/Cartilla_sobre_criterios_ambientales_para_el_dise%C3%B1o_y_construcci%C3%B3n_de_la_vivienda_en_Colombia.

SUSTAINABLE, B. 2014. Clasificación de sistemas constructivos de envolventes verticales opacas desde el punto de vista de su sostenibilidad. En: Beyond Sustainable [Sitio web] [consulta: 118 septiembre de 2020]. Disponible en: <https://beyondsustainablearchitecture.wordpress.com/2014/06/30/clasificacion-de-sistemas-constructivos-de-envolventes-verticales-opacas-desde-el-punto-de-vista-de-su-sostenibilidad/#:~:text=Por%20lo%20tanto%2C%20es%20uno,permiten%20m%C3%A1s%20intercambio%20de%20energ%C3%ADa.&text=En%20cambio%20la%20envolvente%20opaca,y%20soporta%20la%20fachada%20vidriada>.

TITO YEPES, M. R., 2017. *Programa de Vivienda de Interés Social* [artículo en línea]. Bogotá: Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. [consulta: 14 de agosto de 2020]. Disponible en: <https://www.fedesarrollo.org.co/sites/default/files/visorPDF%20%2816%29.pdf>.

WASSOUF, M., 2014. *De la casa pasiva al estandar Passivhaus: arquitectura pasiva en climas calidos*. [En línea] Barcelona. [Consulta: 10 de septiembre de 2020] ISBN 978-84-252-2636-6. <https://elibro-net.accedys.udc.es/es/ereader/bibliotecaudc/45519>.

Y, I. E. T. D. C. D. L. C. C. L. C. D. C., 2010. *Catálogo de elementos constructivos del cte*. [artículo en línea]. España: Ministerio de Vivienda [consulta: 5 de septiembre de 2020]. Disponible en: http://www.anape.es/pdf/Catalogo%20de%20Elementos%20Constructivos%20CAT-EC-v06.3_marzo_10.pdf.

YUSTE, P. S. 2014a. Rehabilitación energética de la envolvente mediante aislamiento trasdosado interior en CE3X. En: certificados energeticos [Sitio web] [consulta: 10 de septiembre de 2020]. Disponible en: <https://www.certificadosenergeticos.com/rehabilitacion-energetica-envolvente-termica-aislamiento-trasdado-interior-ce3x>.

YUSTE, P. S. 2014b. Tipos de vidrios y marcos en la certificación energética de inmuebles. En: certificados energeticos [Sitio web] [consulta: 10 de septiembre de 2020].

Master Universitario en Edificación Sostenible – MUES. Propuesta de autoconstrucción para la adecuación interna de viviendas sociales en Colombia mediante criterios de arquitectura pasiva.

Disponible en: <https://www.certificadosenergeticos.com/repaso-vidrios-marcos-certificacion-energetica-inmuebles>.