

**Diseño de Prototipo de Vivienda para Clima Frío, Basado en Lineamientos Passivhaus
Ubicado en el Corregimiento de Berlín, Santander.**

Erika Nathalia Ardila Gelvez

Angie Natalia Niño Pineda

Trabajo de grado para optar el título de Arquitecto

Director

Arq. Sergio Tapias Uribe

Maestría Arquitectura - Urbanismo Bioclimático – Sostenibilidad

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

División de ingenierías y arquitectura

Facultad de Arquitectura

2021

Agradecimientos.

A nuestros padres, amigos y maestros.

Contenido

Introducción	22
1. Diseño de Prototipo de Vivienda para Clima Frío, Basado en Lineamientos Passivhaus	
Ubicado en el Corregimiento de Berlín, Santander.....	24
1.1 Planteamiento del Problema	24
1.2 Justificación	26
1.3 Objetivos.....	27
1.3.1 Objetivo General	27
1.3.2 Objetivos Específicos.....	28
1.4 Hipótesis	28
1.5 Metodología.....	28
2. Marco Teórico.....	35
2.1 Estado del Arte	35
2.1.1 Arquitectura Bioclimática	35
2.1.2 Estándar Passivhaus	40
2.1.3 Conclusiones	43
2.2 Marco Conceptual.....	44
2.2.1 Arquitectura Bioclimática	44
2.2.2 Certificaciones Ambientales en Colombia.....	44
2.2.3 Estándar de Construcción Passivhaus	47

2.2.3.1	Lineamientos	47
2.2.3.2	Lineamientos del Estándar Passivhaus a Implementar en el Proyecto.....	49
2.2.4	Conclusiones	60
3.	Marco Normativo.....	61
3.1	Normativa Sismo Resistente.....	61
3.2	Resolución 0549 del 2015	61
3.3	Marco Legal.....	62
3.4	Conclusiones.....	63
4.	Análisis de Referentes.....	64
4.1	Tabla Comparativa de Referentes.....	64
4.2	Conclusiones Generales de los Referentes.....	69
5.	Estudio el Usuario del Corregimiento de Berlín	69
6.	Estudio del Entorno del Corregimiento de Berlín.....	70
6.1	Hidrología.....	71
6.2	Vegetación	73
6.2.1	Cortes Paisajísticos.....	74
6.2.2	Cortes Topográficos	78
7.	Análisis Urbano del Corregimiento de Berlín.....	83
7.1	Planimetría del Corregimiento.....	83
7.1.1	Uso Actual del Suelo de Berlín	84

7.1.2	Sistema Vial del Corregimiento	85
7.1.2.1	Perfiles Viales Propuestos por el POT	86
7.1.2.2	Perfiles Viales Existentes	88
7.1.3	Actividades del Suelo.....	90
7.1.3.1	Vivienda.....	91
7.1.4	Sistema de Equipamiento	93
7.1.5	Alturas de las Edificaciones	94
7.1.6	Cortes Técnicos.....	95
7.1.7	Conclusiones Planimetría del Corregimiento.....	97
7.2	Análisis del Lote.....	98
7.2.1	Perfil Vial Existente	99
7.2.2	Alzados técnicos.....	100
7.2.3	Indicadores Urbanos.....	102
7.2.4	Conclusiones del Lote	103
8.	Componente Climático del Corregimiento de Berlín	104
8.1	Tablas Climatológicas Promedio de Berlín	104
8.1.1	Promedios de Temperaturas Máxima, Media y Mínima (5 Años).....	104
8.1.1.1	Conclusión Promedios de Temperaturas Máxima, Media y Mínima (5 Años).....	109
8.1.2	Promedios de Humedad Máxima, Media y Mínima (5 Años)	110
8.1.2.1	Conclusión de Promedios de Humedad Máxima, Media y Mínima (5 años).	113

8.1.3	Valores de Precipitación (5 Años).....	114
8.1.4	Valores de Radiación Solar (5 Años).....	116
8.1.5	Promedios de Velocidad del Viento Máxima y Media (5 Años)	119
8.1.5.1	Conclusión de Velocidad del Viento Máxima y Media.	121
8.1.6	Valores de Dirección del Viento (5 Años)	123
9.	Herramientas de Diseño Bioclimático para el Corregimiento de Berlín	125
9.1	Diagrama Psicrométrico de Givoni	125
9.1.1	Inserción de la Información Meteorológica del Año Tipo 2015 – 2019 en el Diagrama Psicrométrico de Givoni.	126
9.1.2	Conclusiones.	128
9.2	Carta Solar	131
10.	Componente Formal – Espacial de la Propuesta de Diseño para el Corregimiento de Berlín	134
11.	Componente Funcional de la Propuesta de Diseño para el Corregimiento de Berlín	136
12.	Componente Tecnológico de la Propuesta de Diseño para el Corregimiento de Berlín ...	139
12.1	Materiales del Proyecto	139
12.1.1	Aislantes térmicos o elementos de protección	140
12.1.2	Vidrios.....	142
12.1.3	Tipos de maderas empleadas.....	143

12.1.4	Tabla Coeficiente de Transmitancia Térmica de Materiales en La Envolverte del Proyecto	147
12.2	Sistema Constructivo del Proyecto.....	150
12.2.1	Anclajes y Conexiones	151
12.3	Otros Sistemas	153
13.	Componente Urbano Ambiental de la Propuesta de Diseño para el Corregimiento de Berlín	154
14.	Conclusiones	156
	Referencias	165

Lista de Tablas

Tabla 1. <i>Estado del arte - Arquitectura bioclimática en Latinoamérica.</i>	36
Tabla 2. <i>Estado del arte - Arquitectura bioclimática en Colombia.</i>	38
Tabla 3. <i>Estado del arte - Passivhaus en Europa y Latinoamérica.</i>	40
Tabla 4. <i>Similitudes y diferencias en el estado del arte.</i>	43
Tabla 5. <i>Comparativa de certificaciones ambientales</i>	45
Tabla 6. <i>Lineamientos del estándar passivhaus</i>	48
Tabla 7. <i>Comparación de aislantes.</i>	49
Tabla 8. <i>Lineamientos para implementar en base al marco conceptual.</i>	60
Tabla 9. <i>Lineamientos del estándar a implementar</i>	60
Tabla 10. <i>Medidas de eficiencia energética pasivas</i>	62
Tabla 11. <i>Marco legal</i>	62
Tabla 12. <i>Conclusiones del marco normativo</i>	63
Tabla 13. <i>Tabla comparativa de referentes.</i>	65
Tabla 14. <i>Conclusiones en base a los referentes analizados</i>	69
Tabla 15. <i>Conclusiones de la caracterización del usuario</i>	70
Tabla 16. <i>Estudio del entorno</i>	70
Tabla 17. <i>Datos generales del corregimiento de Berlín.</i>	83
Tabla 18. <i>Características viales de Berlín</i>	86
Tabla 19. <i>Materiales para paredes, viviendas del corregimiento de Berlín</i>	91
Tabla 20. <i>Materiales para piso, viviendas del corregimiento de Berlín</i>	92
Tabla 21. <i>Conclusiones del componente urbano.</i>	97
Tabla 22. <i>Índices</i>	102

Tabla 23. <i>Aislamientos y parqueaderos</i>	102
Tabla 24. <i>Cesiones</i>	103
Tabla 25. <i>Conclusiones del lote</i>	103
Tabla 26. <i>Información general</i>	104
Tabla 27. <i>Promedios de temperatura</i>	104
Tabla 28. <i>Tabla de promedios humedad</i>	110
Tabla 29. <i>Valores de precipitación</i>	114
Tabla 30. <i>Valores promedio de radiación solar directa</i>	116
Tabla 31. <i>Valores promedio de radiación solar difusa</i>	116
Tabla 32. <i>Promedio velocidad del viento</i>	119
Tabla 33. <i>Valores de dirección del viento</i>	123
Tabla 34. <i>Cálculo de estrategias según el diagrama psicrométrico de Givoni</i>	128
Tabla 35. <i>Valores carta solar</i>	133
Tabla 36. <i>Descripción de materiales</i>	140
Tabla 37. <i>Características del vidrio simple</i>	142
Tabla 38. <i>Características del vidrio bajo emisivo</i>	143
Tabla 39. <i>Tabla de descripción de los tipos de maderas</i>	144
Tabla 40. <i>Tabla coeficiente de transmitancia térmica de los materiales de la envolvente del proyecto</i>	147
Tabla 41. <i>Anclajes</i>	151
Tabla 42. <i>Tabla de descripción otros sistemas empleados</i>	154
Tabla 43. <i>Vegetación propuesta</i>	155

Lista de Figuras

Figura 1. <i>Metodología.</i>	31
Figura 2. <i>Fase II de la metodología</i>	32
Figura 3. <i>Fase IV de la metodología.</i>	33
Figura 4. <i>Fase V de la metodología</i>	34
Figura 5. <i>Fase VI de la metodología</i>	35
Figura 6. <i>Corte que ejemplifica la continuidad</i>	51
Figura 7 <i>Aislamiento continuo por el exterior del pilar (vista en planta)</i>	51
Figura 8 <i>Suelos en contacto con el terreno con continuidad entre el aislamiento de fachada y de solera.</i>	52
Figura 9 <i>Dinteles con continuidad entre el aislamiento de fachada y la carpintería y registro de persiana enrollable (vista en alzado)</i>	52
Figura 10 <i>Esquinas salientes (al exterior, en alzado)</i>	53
Figura 11. <i>Puentes térmicos en columna y muro (vista en planta)</i>	54
Figura 12. <i>Puentes térmicos en zapata de cimentación y muro (vista en corte)</i>	54
Figura 13. <i>Puentes térmicos entre la viga y la contra ventana (vista en corte)</i>	55
Figura 14. <i>Puentes térmicos en esquinas salientes de cubierta (vista en corte)</i>	55
Figura 15. <i>Identificación de la barrera de vapor ubicada en la cara caliente de la envolvente</i> ..	56
Figura 16. <i>Las tres capas o zonas que componen la envolvente</i>	56
Figura 17. <i>Beneficios del cristal inteligente Guardian Sun</i>	57
Figura 18 <i>Localización de carpintería en capa de aislamiento (vista en planta)</i>	58
Figura 19 <i>Localización de carpintería en capa de aislamiento (vista en corte)</i>	58

Figura 20 <i>Localización de carpintería y contraventana en capa de aislamiento (vista en corte)...</i>	59
Figura 21 <i>Localización de carpintería y contraventana en capa de aislamiento (vista en corte)...</i>	59
Figura 22. <i>Hidrografía corregimiento de Berlín.....</i>	72
Figura 23. <i>Paisaje de Berlín.....</i>	73
Figura 24. <i>Flujo de agua sobre Vía terciaria.</i>	73
Figura 25. <i>Árboles representativos de Berlín</i>	74
Figura 26. <i>Corte paisajístico A-A´ sentido este - oeste</i>	75
Figura 27. <i>Corte paisajístico B-B´ sentido este – oeste</i>	76
Figura 28. <i>Corte paisajístico C-C´ sentido norte- sur</i>	77
Figura 29. <i>Corte paisajístico D-D´ sentido norte – sur</i>	78
Figura 30. <i>Corte topográfico E-E´ sentido este – oeste</i>	79
Figura 31. <i>Corte topográfico F-F´ sentido este – oeste</i>	80
Figura 32. <i>Corte topográfico G-G´ sentido norte – sur</i>	81
Figura 33. <i>Corte topográfico H-H´ sentido norte – sur</i>	82
Figura 34. <i>Uso del suelo.....</i>	84
Figura 35. <i>Sistema vial de Berlín</i>	85
Figura 36. <i>Perfil vía nacional planteado por el EOT</i>	87
Figura 37. <i>Perfil vía secundaria planteado por el EOT.....</i>	87
Figura 38. <i>Perfil vía local planteado por el EOT</i>	87
Figura 39. <i>Vía primaria, Avenida 3.</i>	88
Figura 40. <i>Vía secundaria, Cra 7.....</i>	88
Figura 41. <i>Intersección Cra 6 con Calle 4.</i>	89

Figura 42 <i>Vía terciaria</i>	89
Figura 43. <i>Actividades del suelo</i>	90
Figura 44. <i>Vivienda en Berlín, Santander</i>	91
Figura 45. <i>Sistema de equipamientos de Berlín</i>	93
Figura 46. <i>Alturas de las edificaciones</i>	94
Figura 47. <i>Corte técnico A-A´ sentido este – oeste</i>	95
Figura 48. <i>Corte técnico B-B´ sentido norte – sur</i>	96
Figura 49. <i>Lote del proyecto</i>	98
Figura 50. <i>Perfil vial existente Calle 5 y Carrera 5</i>	99
Figura 51. <i>Alzado técnico calle 5</i>	100
Figura 52. <i>Alzado técnico carrera 5</i>	101
Figura 53. <i>Simulación en Ecotect de temperatura máxima con relación a las horas del día</i>	105
Figura 54. <i>Simulación en Ecotect de temperatura máxima con relación a las semanas del año</i>	105
Figura 55. <i>Valores máximos de temperatura</i>	106
Figura 56. <i>Simulación en Ecotect de temperatura media con relación a las horas del día</i>	107
Figura 57. <i>Simulación en Ecotect de temperatura media con relación a las semanas del año</i> ..	107
Figura 58. <i>Valores medios de temperatura</i>	107
Figura 59. <i>Simulación en Ecotect de temperatura mínima con relación a las horas del día</i>	108
Figura 60. <i>Simulación en Ecotect de temperatura mínima con relación a las horas del día</i>	108
Figura 61. <i>Valores mínimos de temperatura</i>	109
Figura 62. <i>Valores promedio de temperatura</i>	110
Figura 63. <i>Valores máximos de humedad</i>	111
Figura 64. <i>Valores medios de humedad</i>	112

Figura 65. <i>Valores mínimos de humedad</i>	112
Figura 66. <i>Simulación en Ecotect de humedad relativa con relación a las horas del día</i>	113
Figura 67. <i>Simulación en Ecotect de humedad relativa con relación a las horas del día</i>	113
Figura 68. <i>Valores promedio de humedad</i>	114
Figura 69. <i>Promedio de precipitación</i>	115
Figura 70. <i>Valores promedio de radiación solar directa y radiación solar difusa</i>	117
Figura 71. <i>Simulación de radiación solar directa con relación a las horas del día</i>	117
Figura 72. <i>Simulación de radiación solar directa con relación a las semanas del año</i>	118
Figura 73. <i>Simulación en Ecotect de radiación solar difusa con relación a las horas del día</i> ..	118
Figura 74. <i>Simulación en Ecotect de radiación solar difusa con relación a las semanas del año.</i>	119
Figura 75. <i>Valores máximos de velocidad del viento</i>	120
Figura 76. <i>Valores medios de velocidad del viento</i>	121
Figura 77. <i>Simulación en Ecotect de velocidad del viento con relación a las horas del día</i>	121
Figura 78. <i>Simulación en Ecotect de velocidad del viento con relación a las semanas del año</i>	122
Figura 79. <i>Valores promedio de velocidad del viento</i>	122
Figura 80. <i>Promedio de dirección del viento</i>	123
Figura 81. <i>Simulación en Ecotect de la dirección del viento</i>	124
Figura 82. <i>Diagrama psicrométrico de Givoni</i>	125
Figura 83. <i>Diagrama psicrométrico de Givoni</i>	126
Figura 84. <i>Diagrama psicrométrico de Givoni, Software Ecotect</i>	127
Figura 85. <i>Diagrama psicrométrico de Givoni, cálculo manual</i>	127
Figura 86 <i>Implementación de estrategia en el proyecto</i>	129
Figura 87 <i>Implementación de la estrategia en el proyecto</i>	130

Figura 88 <i>Implementación de la estrategia en el proyecto.</i>	131
Figura 89. <i>Orientación óptima según el plugin Solar tool del programa Ecotect</i>	132
Figura 90. <i>Forma del objeto arquitectónico frente a los esfuerzos positivos de la ventilación.</i> ..	134
Figura 91 <i>Volúmenes principales de la composición.</i>	135
Figura 92 <i>Fragmentación del volumen principal.</i>	135
Figura 93 <i>Elemento articulador y jerárquico del proyecto.</i>	135
Figura 94. <i>Zonificación genera.</i>	137
Figura 95. <i>Ubicación de la chimenea como punto de calor e invernadero como colchón térmico del proyecto.</i>	138
Figura 96. <i>Distribución espacial zona privada</i>	138
Figura 97. <i>Distribución espacial zona de comercio</i>	139
Figura 98 <i>Coficiente de transmitancia térmica de los materiales – aplicación</i>	148
Figura 99 <i>Coficiente de transmitancia térmica de los materiales – aplicación</i>	149
Figura 100 <i>Coficiente de transmitancia térmica de los materiales – aplicación</i>	149
Figura 101 <i>Sistema constructivo del proyecto.</i>	150
Figura 102 <i>Detalle de anclajes número 1, 2 y 3</i>	152
Figura 103 <i>Detalle de anclaje número 4, 5 y 6</i>	152
Figura 104 <i>Detalle de anclaje número 7, 8 Y 9.</i>	153
Figura 105 <i>Render de la vista superior de la vivienda</i>	156
Figura 106 <i>Render fachada sur del proyecto</i>	157
Figura 107 <i>Render interior del invernadero central del proyecto</i>	158
Figura 108 <i>Render acceso principal</i>	159
Figura 109 <i>Render interior del comedor y cocina</i>	160
Figura 110 <i>Render fachada norte del proyecto.</i>	162

Figura 111 *Render interior de la zona social*..... 163

Figura 112 *Render interior de la habitación*..... 164

Lista de Apéndices

Los siguientes apéndices corresponder a archivos externos.

Apéndice A. Tablas climatológicas de Berlín

Apéndice B. Memorias descriptivas

Apéndice C. Posters metodológicos

Apéndice D. Planta de localización

Apéndice E. Planta de cubiertas

Apéndice F. Planta general primer nivel

Apéndice G. Corte longitudinal

Apéndice H. Corte transversal 1

Apéndice I. Corte transversal 2

Apéndice J. Fachadas

Apéndice K. Detalles constructivos

Apéndice L. Detalles de puentes térmicos

Apéndice M. Detalles estructurales

Apéndice N. Libro grafico

Resumen

Actualmente, el impacto ambiental que tiene el sector de la construcción es muy alto, siendo uno de los principales factores de contaminación en todos los aspectos. Esta situación se complementa con el hecho de que no existe una cultura de ahorro en los usuarios que continúan inclinándose por edificaciones que no toman en consideración el impacto generado.

Sin embargo, en los últimos años este sector se ha encaminado hacia la sostenibilidad, en donde el concepto abarca no sólo la dimensión ecológica, sino también la económica y social, implementando normativas locales de edificación, en donde se establecen unos mínimos en materia de sostenibilidad; certificaciones ambientales, que son más completas que las primeras; y, por último, los estándares de construcción, los cuales, además de cuantificar aspectos de sostenibilidad, ofrecen soluciones concretas en base a criterios específicos.

La presente investigación pretende determinar las estrategias de diseño bioclimático pasivo para la propuesta de una vivienda en clima frío, por medio del desarrollo de una metodología de elaboración propia, la cual se divide en IX fases, en donde una de estas consiste en el análisis de los criterios del estándar de construcción Passivhaus y otra establece la caracterización climática del corregimiento Berlín, Santander a través de fuentes oficiales como el Instituto de Hidrología, Meteorología y estudios ambientales (IDEAM) y The National Solar Radiation Database (NSRDB), con el fin de promediar los datos obtenidos e insertarlos en el software de diseño sostenible Autodesk Ecotec Analysis para dar conclusiones en base a estos y extraer las estrategias bioclimáticas a utilizar, las cuales en conjunto a los criterios del estándar de construcción, conllevarán a la propuesta de un prototipo de vivienda bioclimática para clima frío.

Palabras claves: Consumo energético, estrategias bioclimáticas, vivienda de clima frío, estándar de construcción, passivhaus

Abstract

Currently, the environmental impact of the construction sector is one of the main sources of pollution in all aspects. This situation is complemented by the fact that there are no savings culture in users who continue to lean towards buildings without acknowledging the impact they generate. Nevertheless, in recent years, this area has moved towards sustainability, where the concept encompasses not only the ecological but also the economic and social dimension. It can be verified by local regulations that set a minimum criteria in terms of sustainability; there are also environmental certifications which are more complete than the first ones; and, finally, construction standards, that beyond quantifying aspects of sustainability, they offer concrete solutions based on specific criteria.

This research aims to determine some passive bioclimatic design strategies in order to make the cold weather housing proposal, following the criteria of the Passivhaus construction standard, through the development of a methodology of own elaboration, which is divided into IX phases, where one of these consists of the climatic characterization of Berlin, Santander through official sources such as Instituto de Hidrología, Meteorología, y Estudios Ambientales (IDEAM) and The National Solar Radiation Database (NSRDB), for tabulation and average in Excel worksheets, then its proper graphing of the data in the sustainable design software Autodesk Ecotec Analysis where conclusions are drawn based on the results already obtained, and then to enter this information to some tools of passive bioclimatic design in order to extract the bioclimatic strategies to be used, which along with the construction standard data, and this way making the cold weather bioclimatic housing prototype design.

Keywords: Energy consumption, strategies, cold weather housing, bioclimatics, construction standard, passivhaus.

Glosario

Capacidad térmica: Capacidad de almacenamiento de calor de un material. Cantidad de calor que almacena una masa térmica (Kwok y Grondzik, 2015).

Chimenea solar: Dispositivo arquitectónico que recolecta radiación solar para mejorar el efecto de pilas (por lo general, parte de un sistema de ventilación natural) (Kwok y Grondzik, 2015).

Clo: Unidad de resistencia térmica de la ropa; 1 Clo= 0,18 C.h. m²/ kcal (Izard y Guyot, 1980)

Conducción: Transferencia de calor a través del contacto molecular directo dentro o entre objetos sólidos (Kwok y Grondzik, 2015)

Conductividad térmica: Indica la propiedad de un material de conducir el calor, para una longitud unitaria (Izard y Guyot, 1980)

Confort térmico: Se define en la Norma ISO 7730 como “Esa condición de mente en la que se expresa la satisfacción con el ambiente térmico” (Chávez del Valle, 2002). Puede definirse como la ausencia de “malestar térmico” (Izard y Guyot, 1980).

Convección: Transferencia de calor a lo largo de la acción o un fluido (usualmente aire en situaciones de diseño de edificios); la convección natural se presenta sin ayuda mecánica, mientras que la convección forzada involucra la ayuda mecánica (Kwok y Grondzik, 2015)

Diagrama psicométrico: Es un gráfico integrado por familias de curvas trazadas a partir de las ecuaciones de estado que relacionan los parámetros que caracterizan la mezcla aire-vapor de agua (Cengel, 2004).

Envolvente térmica: Está definida como la "piel" del edificio, que permite resguardar el confort térmico y acústico de sus interiores. Ésta se compone por sus cerramientos opacos (muros, suelos, techos), sus elementos operables (puertas y ventanas) y por sus puentes térmicos (Franco, 2018).

Estanqueidad: Crea una barrera separadora física entre los agentes externos que pueden crear patologías constructivas al edificio, como es la entrada de agua/humedad y las infiltraciones de aire en el interior (Sisternes, 2020).

Florescencia del suelo: Un afloramiento es un lugar en que las rocas se pueden ver en superficie, expuestas por medios naturales o artificiales (Earthlearningidea, s.f.)

Inercia térmica: Dimensión que introduce un retraso en la transmisión de un flujo de calor por una pared; representada muchas veces por la capacidad térmica de los materiales que constituyen la pared (Izard y Guyot, 1980).

Masa térmica: Material que se selecciona y/o utiliza según su estabilidad para almacenar calor. (Kwok y Grondzik, 2015)

Medidas activas: Comprenden el uso de sistemas mecánicos y/o eléctricos para crear condiciones de confort al interior de las edificaciones, tales como calderas y aire acondicionado, ventilación mecánica, iluminación eléctrica, entre otras (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (MVCT), 2015).

Medidas pasivas: Son aquellas que se incorporan en el diseño arquitectónico de las edificaciones y propenden por el aprovechamiento de las condiciones ambientales del entorno, maximizando las fuentes de control térmico, ventilación y reducción energética para crear condiciones de confort para sus ocupantes. Estas no involucran sistemas mecánicos o eléctricos (MVCT, 2015).

Meteorización de la roca: La meteorización es la desintegración y descomposición de una roca en la superficie terrestre o próxima a ella como consecuencia de su exposición a los agentes atmosféricos, con la participación de agentes biológicos. (EcuRed, s.f.)

Microclima: Área localizada de clima diferencial relativa al macroclima circundante más grande (Kwok y Grondzik, 2015)

Puentes térmicos: Son lugares del cerramiento exterior de geometría lineal (esquinas) o bien puntual (juntas), donde el flujo de energía es más grande comparado con el cerramiento (Cisneros, 2011)

Radiación: Transferencia de calor entre dos objetos que no están en contacto (en el campo de visión de cada uno) mediante la acción de la radiación electromagnética (Kwok y Grondzik, 2015)

Sistema pasivo: Sistema térmico de captación y de almacenamiento de la energía solar que pone en juego elementos de la arquitectura y cuyo funcionamiento es autónomo (Izard y Guyot, 1980).

Temperatura operativa: Temperatura ficticia que da cuenta de los efectos conjugados de la temperatura del aire, de la temperatura de las paredes de un local y de la velocidad del aire en el interior de un local (Izard y Guyot, 1980).

Temperatura seca del aire: Temperatura medida con ayuda de un termómetro cuyo bulbo está seco (Izard y Guyot, 1980).

Transmitancia térmica: Transmisión de calor en unidad de tiempo a través de una unidad de área de un material o construcción y las películas de aire del borde, inducido por la diferencia de temperatura unitaria entre los entornos a cada lado. Las unidades de Valor U son $W/m^2/K$ (MVCT, 2015).

Introducción

Hoy en día, la civilización occidental se caracteriza por ser una sociedad de consumo en donde el hombre depredador busca hacerse de los recursos naturales con la excusa del progreso económico, lo cual se ve reflejado en cifras alarmantes de consumo de energía y porcentajes de CO2 emitidos a nivel global anualmente. Por lo anterior, para contrarrestar los efectos del cambio climático se han llegado a plantear conceptos desde el aspecto legal en el sector de la construcción como es el caso de las normativas locales de edificación, certificaciones ambientales y los estándares de construcción, en este último grupo se encuentra el estándar de construcción Passivhaus, que servirá como origen específico de algunas estrategias bioclimáticas utilizadas en la vivienda, además serán estudiados proyectos que manejen este estándar, al igual que los principios de la arquitectura bioclimática, para configurar los antecedentes del presente trabajo.

De esta manera, se maneja la premisa de que la vivienda al ser el espacio en donde el ser humano transcurre la mayor parte de su vida y experimenta sus diversas etapas, debe ser confortable, de tal forma que cumpla su función de refugio y no le produzca un malestar al habitante, en contraposición a la realidad que se vive en el municipio en donde las condiciones básicas de habitabilidad en una vivienda alcanzan un déficit cuantitativo del 73,4%. Entonces, el propósito principal de la investigación es resolver la pregunta problema ¿Cómo desarrollar un proyecto de vivienda bioclimática basada en el estándar Passivhaus, en el corregimiento de Berlín, Santander?

Para lograr dar solución a dicha pregunta y aumentar la calidad espacial del objeto arquitectónico se implementan 3 estrategias del estándar passivhaus, se realiza la caracterización climática del corregimiento en donde los datos extraídos son extrapolados al diagrama psicrométrico de Givoni, y por último, la carta solar dicta la implantación que tiene la vivienda

sobre el lote escogido. Es así como la conjunción de estas estrategias da como resultado una vivienda altamente aislada, que disminuye el uso de fuentes de calefacción activas, aumenta la eficiencia energética y que además cumple con las necesidades del usuario, logrando configurar el proyecto como posible referente para futuras investigaciones a desarrollar en condiciones climáticas similares a Berlín.

1. Diseño de Prototipo de Vivienda para Clima Frío, Basado en Lineamientos Passivhaus Ubicado en el Corregimiento de Berlín, Santander.

1.1 Planteamiento del Problema

El gremio de la construcción es uno de los principales actores del desarrollo de la economía a nivel mundial, lo que lo configura asimismo como un factor determinante de la modificación del planeta puesto que se encarga de generar residuos sólidos, gran cantidad de emisiones contaminantes, consumo de energía, entre otros. En Colombia, el Ministerio de ambiente en Minambiente reglamenta..., (2017) afirma que:

La industria de la construcción consume el 40% de la energía, genera el 30% del CO₂ y el 40% de los residuos. Consume el 60% de los materiales extraídos de la tierra. Adicionalmente, en la construcción se desperdicia el 20% de todos los materiales empleados en la obra.

Con el fin de hacer frente a esta situación, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), en un informe sobre la disparidad en las emisiones de 2019, expresa que “Las energías renovables y la eficiencia energética son, junto con la electrificación de usos finales, elementos clave para lograr una transición energética satisfactoria y para reducir las emisiones de CO₂” (p.12). Asimismo, el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), también menciona que esta problemática puede contrarrestarse si se utilizan sistemas de energías renovables debido a que “brindan a los edificios la posibilidad de convertirse en proveedores de energía más que en consumidores de la misma.” (2011, p.117).

Así, teniendo en cuenta la variable de utilizar energías alternativas y estrategias positivas para el planeta a la hora de diseñar los proyectos, se puede hablar de arquitectura bioclimática, aquella

que según International Union of Architects (IUA) y American Institute of Architects (AIA) “integra las consideraciones de eficiencia en el uso y la energía, produce edificios sanos, utiliza materiales ecológicos y considera la sensibilidad estética que inspire, afirme y emocione.”, como se cita en Acevedo et ál (2012). En cuanto a la vivienda bioclimática, se debe tener presente que las condiciones de cada lugar son las que determinan cómo diseñarlas, por lo que se puede asegurar que no existe un solo tipo de vivienda bioclimática, sino que cada una de estas debe responder positivamente al entorno en que se encuentran (Tovar, 2011, p.95).

Así pues, esta se puede considerar como:

Una edificación con disposiciones técnicas y estéticas armoniosas con el medio ambiente, que responda físicamente a las necesidades humanas propias del habitar, y, al mismo tiempo, brinde el confort térmico para desarrollarlas en el interior y genere menor dependencia de los sistemas energéticos de servicio. (Vidal, 2011, p. 3).

Por lo tanto, se afirma que “favorece una relación armónica entre los ocupantes, el hábitat y el medio” (Ruiz, 2006, p.2), ya que se trata de proyectar un espacio que pretende adaptarse a las características climatológicas con la finalidad de conseguir un ambiente confortable durante todo el año.

De esta manera, se habla de la sostenibilidad en la edificación, la cual cuenta con herramientas para medirla como las certificaciones ambientales y los Estándares de construcción, éstos últimos “tienen la ventaja de además de cuantificar aspectos de sostenibilidad también ofrecen un conjunto de soluciones concretas para mejorar estos aspectos centrándose en el control de criterios muy determinados” (Cabrera, 2015, p.8), como es el caso del Estandar Passivhaus, originario de

Alemania para climas fríos, que se caracteriza por ser un estándar de vivienda social que trae beneficios económicos a largo plazo.

Así, algunos criterios que plantea el estándar pretenden ser emplazados dentro del contexto del corregimiento de Berlín, Santander, ubicado a 3.310 m.s.n.m, en donde la vivienda existente no cumple ningún tipo de requerimiento bioclimático e incluso presenta un déficit cuantitativo del mismo, específicamente del 73.4% en todo el municipio, pues sobre la base de 1.756 viviendas solo 470 reúnen las condiciones básicas adecuadas para ser habitadas, situación expuesta en el Plan de desarrollo del municipio de Toná (PDD) del 2016 (p.44), en donde el Municipio encamina sus políticas a la solución de esta problemática con la implementación de la vivienda social, sin embargo, no se expresan intenciones de basarla en los principios de la bioclimática que garanticen el confort térmico. Además, se hace evidente la obsolescencia en temas normativos debido a que el corregimiento no cuenta con un Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT) actualizado, el ultimo data del año 2002, y presenta vacíos en lo referente a indicadores urbanos, cartografía y normativa en general.

Por lo mencionado anteriormente, se formula como pregunta problema *¿Cómo desarrollar un proyecto de vivienda bioclimática basada en el estándar Passivhaus, en el corregimiento de Berlín, Santander?*

1.2 Justificación

Tomando como punto de partida lo expuesto anteriormente, las nuevas construcciones de manera general deberían promover iniciativas en base a sistemas de ahorro de energía y recursos además de optar por soluciones bioclimáticas que ayuden a mejorar el confort térmico en las

mismas. En Berlín, esto adquiere mayor relevancia al considerar que la base económica del corregimiento es mayormente agrícola, lo que no solo limita los ingresos económicos, sino que lleva a cuestionar el gasto energético excesivo, por lo cual se puede afirmar que es de total importancia conseguir consumir únicamente aquella energía que es estrictamente necesaria.

Por esta razón, uno de los puntos de referencia es el estándar de construcción Passivhaus, que consiste en edificaciones de consumo energético casi nulo, las cuales buscan dar solución a problemáticas como las crisis ambientales no resueltas y la dependencia energética en aumento desde el planteamiento de construir para consumir lo mínimo necesario, de este modo se adapta adecuadamente al sitio de emplazamiento del proyecto ya que además consiste en una opción económicamente viable pues, a pesar de que proyectarla resulte más costoso que una vivienda tradicional, este incremento se recompensa con el ahorro energético que se fomenta al pasar los años.

Finalmente, la propuesta de diseño de vivienda tendrá como propósito generar un adecuado confort térmico y disposición espacial para las actividades y necesidades que pueden requerir los usuarios tomando en cuenta los lineamientos que se generen por su caracterización y el análisis de aspectos climáticos que potencien lo mencionado anteriormente.

1.3 Objetivos

1.3.1 *Objetivo General*

Diseñar un prototipo de vivienda para clima frío en el corregimiento de Berlín, Santander teniendo como base los lineamientos del estándar Passivhaus y el diagrama psicrométrico de Givoni con el fin de aumentar la calidad espacial y térmica del objeto arquitectónico.

1.3.2 *Objetivos Específicos*

- Realizar la caracterización climática de Berlín de los últimos cinco años a través de fuentes oficiales como el IDEAM y NSRDB con el fin de generar conclusiones en base a los resultados de la graficación y tabulación de los datos.
- Calcular estrategias bioclimáticas pasivas por medio del diagrama psicrométrico de Givoni con el propósito de adoptarlas en función de las condiciones climatológicas del lugar.
- Analizar y seleccionar los lineamientos establecidos por el Estándar Passivhaus para implementarlos en el diseño bioclimático de la vivienda.

1.4 Hipótesis

La utilización de estrategias bioclimáticas extraídas del diagrama psicrométrico de Givoni y algunos lineamientos Passivhaus, tales como el control de puentes térmicos, ventanas y puertas de altas prestaciones, y el alto aislamiento térmico de la envolvente, promoverán condiciones climáticas aceptables para los usuarios y la eficiencia energética de la vivienda.

1.5 Metodología

Está estructurada en IX fases, la primera es el Componente de definición, que consiste en configurar una estructura proyectual, en donde se define el tipo de investigación a realizar, presentando esta un carácter cualitativo basado en la recolección de datos (tabulación y graficación) para su posterior interpretación de la cual se generarán conclusiones; además de plantearse los alcances y objetivos del proyecto.

Seguidamente se realizará la fase II, es el Componente teórico del proyecto, el cual se divide en tres: el Marco teórico, normativo y el análisis de referentes; iniciando con el estado del arte, es

decir una investigación de los antecedentes de la arquitectura bioclimática y el estándar Passivhaus con el propósito de entender cómo ha sido su desarrollo y aplicación en diversos proyectos a lo largo de los años, y a su vez qué criterios o lineamientos se tuvieron en consideración para garantizarlo, seguido a esto, aparece el marco conceptual, en donde se expone la definición de la arquitectura bioclimática, el estándar passivhaus y se enuncian los lineamientos para seleccionar cuáles se van a implementar en el proyecto; por otro lado, el análisis normativo y legal abarca temas de sostenibilidad en conjunto con el medio ambiente a nivel nacional; por último, el análisis de referentes, se basa en la búsqueda e interpretación de referentes nacionales e internacionales que cuenten con características climáticas similares a las de Berlín.

Luego suceden las fases III y IV que consisten en la Caracterización del usuario, es decir el estudio del crecimiento y la dinámica poblacional del corregimiento de Berlín, para identificar el núcleo familiar, delimitando así el campo de estudio y necesidades a tomar en consideración, siendo extraído de fuentes oficiales como el Plan de Desarrollo del municipio de Tona, el EOT del mismo municipio, y del censo del DANE 2018; y la fase del Componente Urbano, que se refiere al análisis urbano-ambiental del corregimiento extraído de documentos del municipio de Tona

como el EOT y el Plan de Desarrollo, mientras que la cartografía corresponde a elaboración propia basado en las descripciones de estos documentos y el geoportal del IGAC.

Consecutivamente, se da la fase V basada en el Componente climático, en donde se describe la caracterización climática del lugar, la cual consiste en:

1. La extracción de las variables climáticas de los últimos cinco años de fuentes oficiales nacionales como el Instituto de Hidrología, Meteorología, estudios ambientales IDEAM e internacionales como la National Solar Radiation Database (NSRDB).
2. Tabulación y realización de promedios de las variables en hojas de Excel para determinar los meses y años con variaciones más extremas.
3. Se procederá con la graficación de los datos en el programa de simulación climática Ecotect insertando los valores promediados de las diferentes variables.
4. Se sacarán conclusiones.

De este modo, se llegará a la fase VI, que consiste en el Componente arquitectónico, es decir en el diseño de las estrategias bioclimáticas pasivas, que constará de los siguientes pasos:

1. Se realizará el cálculo manual y digital de estrategias bioclimáticas pasivas por medio del diagrama psicométrico de Givoni.
2. Se analizará e interpretará la carta solar del corregimiento de Berlín, con el fin de determinar las horas y meses en los cuales se presenta la mayor y menor incidencia solar.
3. Se dará la creación de una línea base para el diseño del prototipo de vivienda a partir de la definición de soluciones bioclimáticas, las cuales son el resultado de las conclusiones tanto de la caracterización climática del lugar, como de las estrategias pasivas previamente analizadas y los criterios escogidos del estándar Passivhaus.

Luego procederá la fase VII, VIII y IX, correspondientes al esquema básico, anteproyecto y proyecto arquitectónico respectivamente, que consisten en las planimetrías y simulaciones con

distintos alcances para realizar el diseño del prototipo de una unidad residencial realizado a partir de los lineamientos extraídos de las fases anteriores.

Figura 1. Metodología.

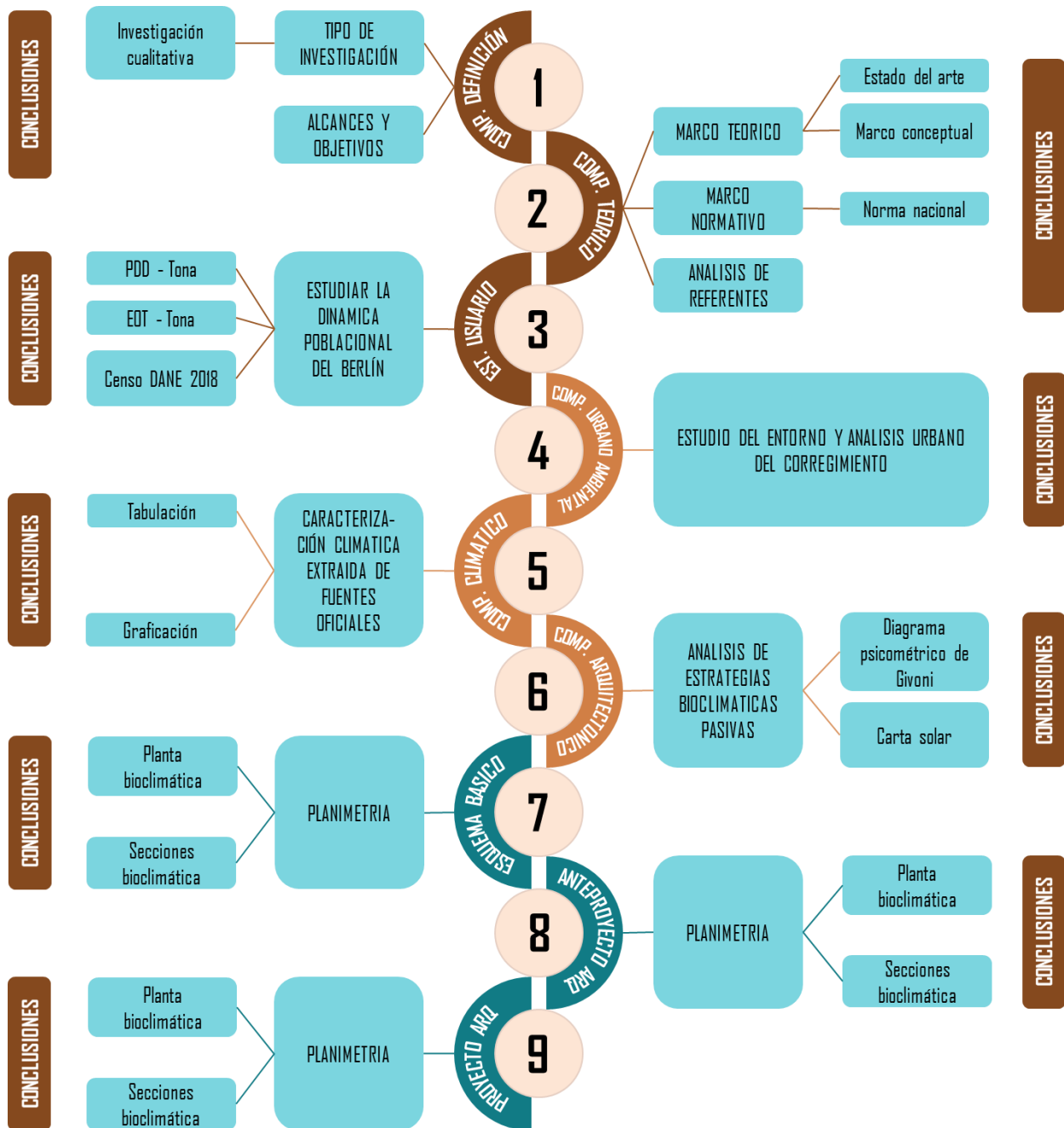


Figura 2. Fase II de la metodología.

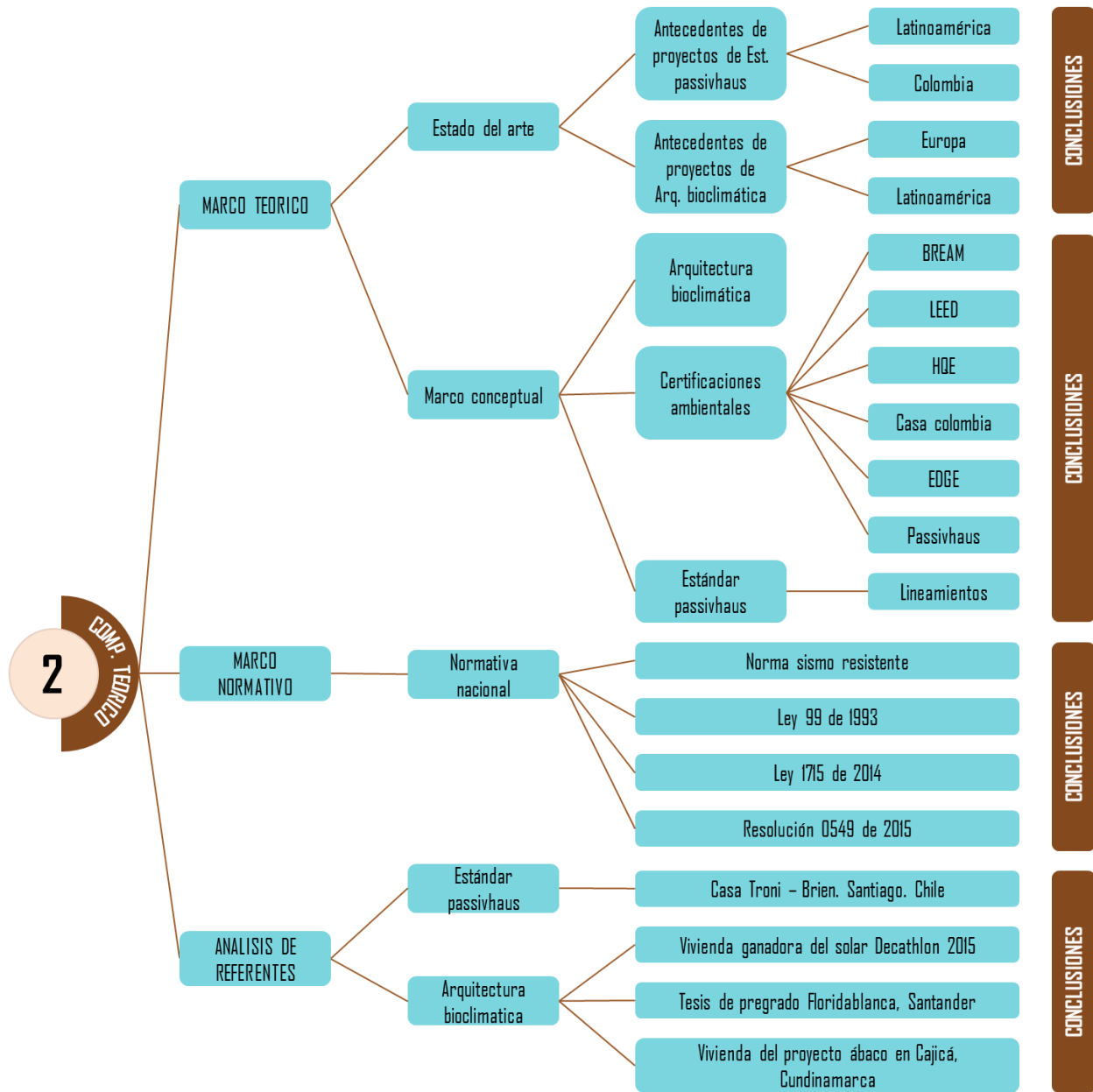


Figura 3. Fase IV de la metodología.

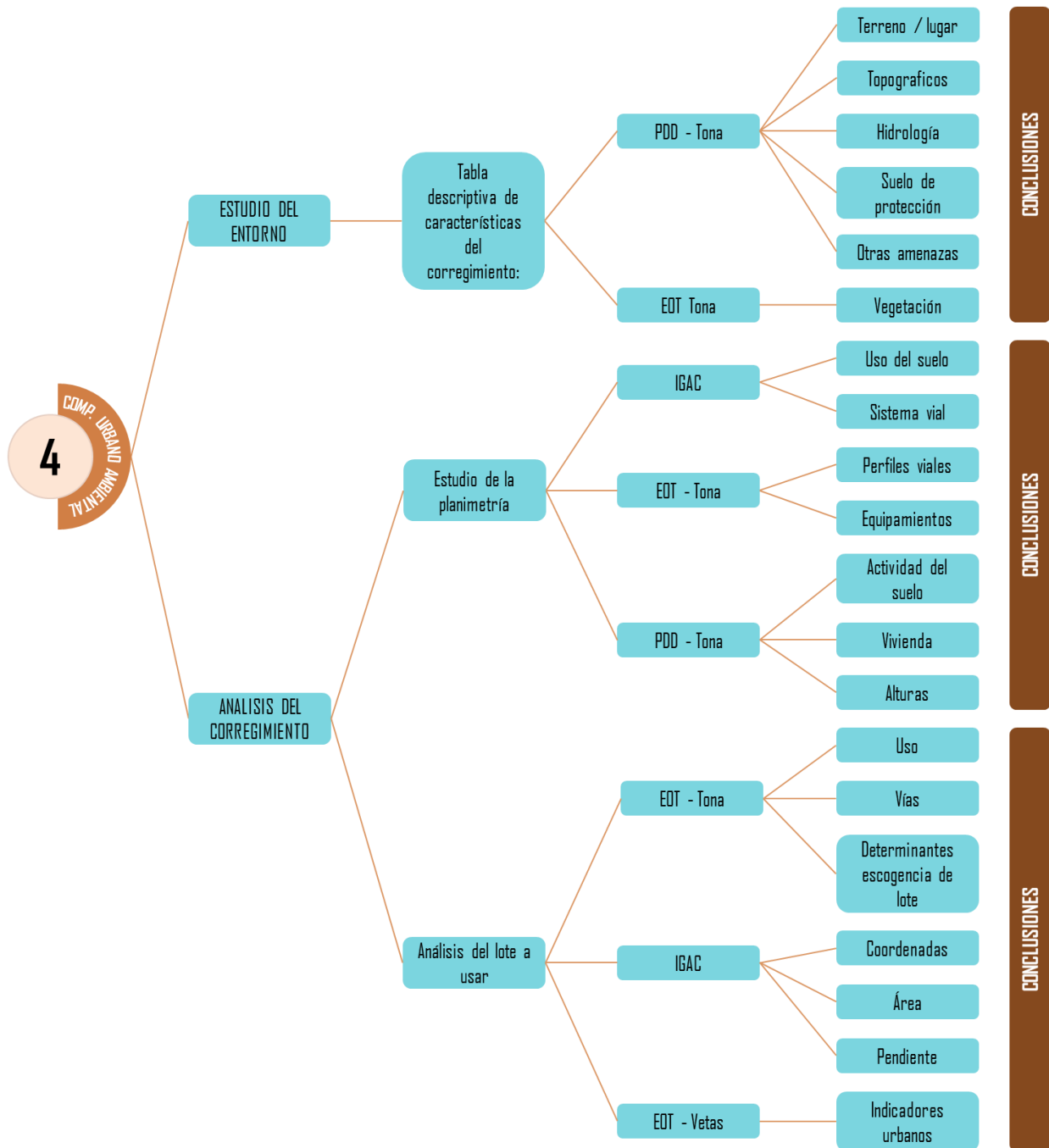


Figura 4. Fase V de la metodología.

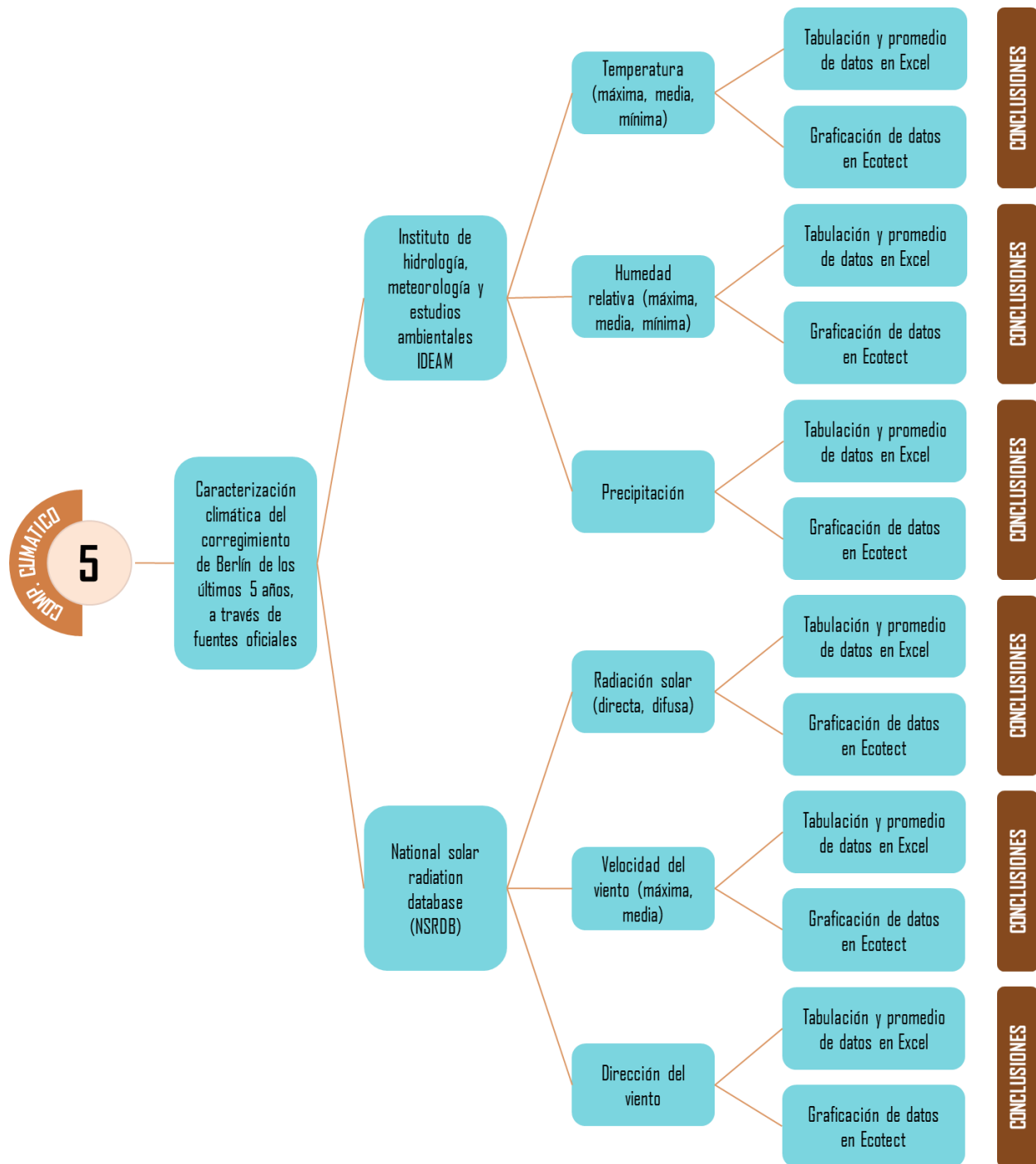
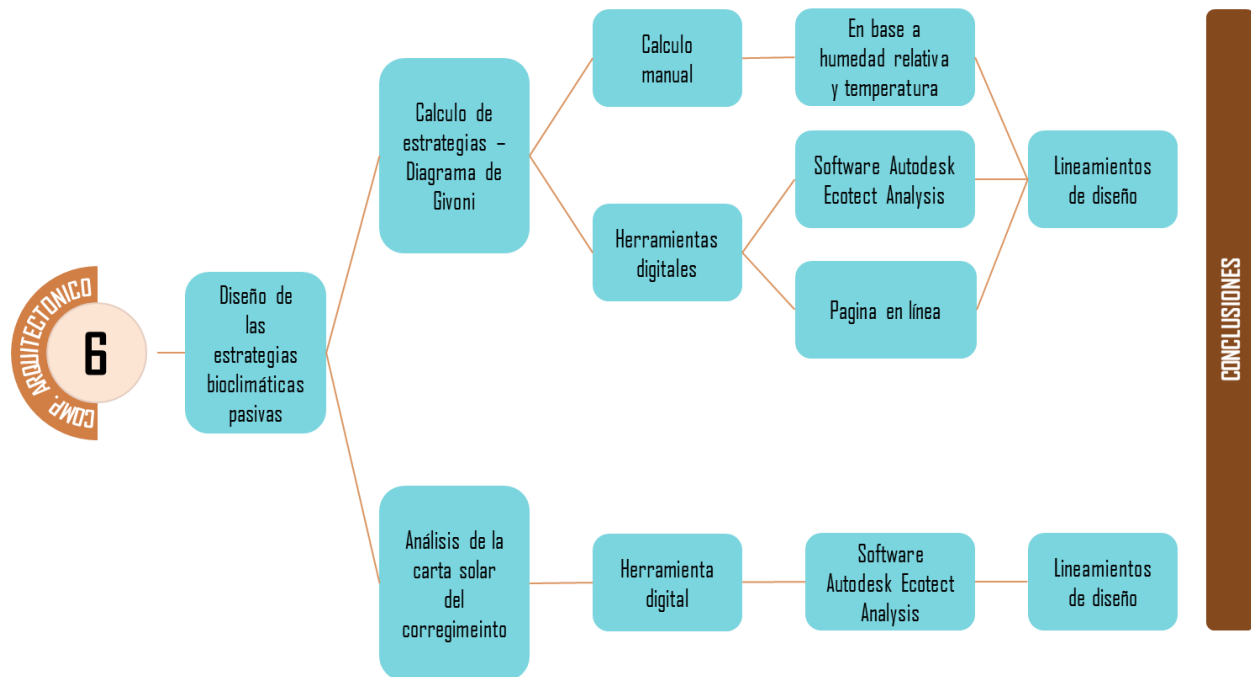


Figura 5. Fase VI de la metodología.

2. Marco Teórico

2.1 Estado del Arte

2.1.1 Arquitectura Bioclimática

Se realiza un estudio de proyectos de arquitectura bioclimática en países de Latinoamérica, con el fin de identificar que estrategias se utilizan y qué conclusiones se han establecido con anterioridad.

Tabla 1. *Estado del arte - Arquitectura bioclimática en Latinoamérica.*

Tipo de investigación	Título	Arquitectos o investigadores	Lugar	Fecha	Estrategias utilizadas		Conclusiones o resultados
					Pasivas	Activas	
Tesis de maestría	Vivienda bioclimática con paneles modulares de ferrocemento y materiales aislantes alternativos para la ciudad de Oaxaca, Oax	Sildia Mecott Gómez	Sta. Cruz Xoxocotlán, Oaxaca	2007		Del diagrama de Givoni como masa térmica, ventilación, enfriamiento evaporativo directo e indirecto, entre otras	<p>Proyecto de vivienda de 95 m2 organizada en dos plantas.</p> <p>Estudio y comparativa sobre aislantes térmicos.</p> <p>Realiza simulaciones térmicas que evidencian unas disminuciones de discomfort considerables</p>
Tesis de maestría	Enseñanza de la arquitectura bioclimática-ca y sustentable para la conformación de una sociedad más consciente y comprometida con el ambiente	María del Rosario Tovar Alcázar	Ciudad de México, México	2011		<p>Conducción</p> <p>Convección</p> <p>Radiación.</p> <p>Enfriamiento evaporativo</p> <p>Pérdidas o ganancias directas o indirectas (Tovar, 2011, p. 131)</p>	<p>Guía en donde se incluye parte de la información generada para la difusión en la población de estos conceptos básicos.</p>
Artículo	Diseño de un modelo de vivienda Bioclimática y sostenible	Ana Cristina Vidal Vidales	San Salvador El Salvador	2011		<p>Orientación, el nivel de confort térmico y la topografía</p> <p>Sistemas tecnológicos como Sistema de enfriamiento pasivo mediante celosías en paletas tipo Sifón y losa verde (Vidal, 2011, pp.13-14).</p>	<p>Los resultados se observan a través de simulaciones y representaciones gráficas</p> <p>Se concluye que las temperaturas del exterior e interior del espacio varían debido a aspectos como la ubicación geográfica, las condiciones topográficas y las propiedades aislantes de los materiales con las que están construidas (Vidal, 2011, p. 9).</p>

Tipo de investigación	Título	Arquitectos o investigadores	Lugar	Fecha	Estrategias utilizadas		Conclusiones o resultados
					Pasivas	Activas	
Manual didáctico	Manuales: 4. Arquitectura bioclimática y vernácula	Colegio Nacional de Educación Profesional Técnica (CONALEP) con el asesoramiento de La Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH y GOPA-INTEGRATION	México	2017	Orientación, asoleamiento, relación de área entre ventana y pared, entre otras	Sistemas de reutilización de agua	Manual didáctico para la difusión en la población de estos conceptos.

Posteriormente, en cuanto al ámbito nacional se refiere, se encuentran varios proyectos, tanto en el campo académico como el profesional, extrayendo de igual manera estrategias bioclimáticas pasivas y conclusiones a determinar.

Tabla 2. Estado del arte - Arquitectura bioclimática en Colombia.

Tipo de investigación	Título	Arquitectos o investigadores	Lugar	Fecha	Estrategias utilizadas	Conclusiones o resultados
Tesis de maestría	Arquitectura bioclimática: Pautas para la composición de alternativas espaciales para el bienestar en la vivienda	Arq. Hernando Gutiérrez Rodríguez	Bogotá, Colombia	2016	Recolección de aguas lluvias. Captación solar. Ventilación natural. Orientación del volumen. Proporción del volumen respecto a la altura. Orden de la distribución espacial.	Se identifica la ventilación natural como un elemento estratégico bioclimático para mejorar el bienestar y confort. Proyecto de 2040 viviendas en total
Tesis de pregrado	Aplicación de estrategias bioclimáticas de diseño para vivienda en zona de asentamiento en subpáramo	Diana Paola Moreno Quintero y Álvaro Andrés Carreño León	Floridablanca, Santander	2019	Captación de radiación solar. Orientación contra dirección vientos. Morfología ortogonal. Extracción de estrategias del diagrama psicométrico de Givoni.	Los espesores y el orden de los materiales afectan el índice de transmitancia térmica (U)
Tesis de pregrado	Prototipos habitacionales sostenibles y productivos para la población rural de Boyacá.	Juan Pablo Baracaldo y José David Valero	Tunja, Boyacá	2019	Establecen estrategias bioclimáticas que dictan características físico-espaciales que debe poseer la vivienda para adaptarse a 4 climas diferentes (frío, templado, cálido seco y cálido húmedo)	Organización de la vivienda productiva de modo que cuenta con servicios como huerta casera, espacio de animales, bodega de suministros y sistema de reutilización de agua.
Proyecto construido	Proyecto Ábaco	Oficina de arquitectos 57Uno Arquitectura	Cajicá, Cundinamarca	2016	Reutilización de agua. Iluminación LED. Iluminación natural. Estrategia de masa térmica en la envolvente a través de muros de ladrillo.	Se caracteriza por darle a sus proyectos un sentido social, ambiental, estético y económico.

Tipo de investigación	Título	Arquitectos o investigadores	Lugar	Fecha	Estrategias utilizadas	Conclusiones o resultados
Proyecto construido	Vivienda multifamiliar Terrasabana	Oficina de arquitectos 57Uno Arquitectura	Cajicá, Cundinamarca	2017	Iluminación natural. Ventilación cruzada. Gestión de residuos orgánicos. Reutilización de aguas grises para las huertas.	Proyecto de 260 Apartamentos en medio de un ambiente campestre que incluyen huertas comunitarias
Proyecto construido	La vivienda modular Ecohaus	Oficina de arquitectos 57Uno Arquitectura	Chía, Cundinamarca	2013	Hacen uso de estrategias bioclimáticas pasivas como "Calentamiento Solar Pasivo, Masa Térmica + Muros Verdes, Ventilación natural, Reutilización de aguas grises y Gestión de residuos" (57Uno Arquitectura, s.f.).	Proyecto de vivienda construido bajo una premisa de adaptabilidad
Proyecto construido	Vivienda bioclimática construida en Cota	Gerson Duplat Estudio	Cota, Cundinamarca		Hacen uso de simulaciones digitales.	Oficinas de arquitectos que se inclinan hacia la sostenibilidad y la alta eficiencia energética.
Proyecto ganador de un concurso público convocado por la Sociedad Colombiana de Arquitectos	Prototipo de vivienda rural sostenible y productiva en Colombia, por FP Arquitectura	FP Arquitectura	Zonas rurales del sur de la ciudad de Bogotá	2019	Orientación hacia al sur con un gran porcentaje de ventana (más del 90%) que permite las ganancias solares. Muros trombe pintados de negro. Aislamiento de la casa sobre el terreno mediante pilotes, (Archdaily Colombia, 2019).	Utiliza materiales y sistemas tecnológicos como recolección de aguas lluvias, que apoyan las estrategias pasivas empleadas. La unidad habitacional también se proyectó bajo conceptos de flexibilidad así permite adaptarse a través de una "progresividad vertical" (Archdaily Colombia, 2019).

2.1.2 *Estándar Passivhaus*

Se realiza un breve estudio de proyectos acerca del estándar en algunas ciudades europeas y en el contexto latinoamericano, con el fin de identificar estrategias que se utilizan para cumplir con los lineamientos:

Tabla 3. *Estado del arte - Passivhaus en Europa y Latinoamérica.*

Tipo de investigación	Título	Arquitectos o investigadores	Lugar	Fecha	Estrategias utilizadas	Conclusiones o resultados
Tesis de maestría	Edificación Passivhaus	Arq. Elisa María Cisneros Calero	Barcelona, España	2011	Orientación, forma y dimensión del edificio. Aislamiento en paredes y cubierta de lana de roca. Motores en las ventanas para controlar la temperatura interior.	Establece rangos de valores de U de 2.9W/m ² K para el vidrio doble estándar y de 1.9 W/m ² K para vidrio doble bajo emisivo
Tesis de maestría	Prácticum implementación del Estándar passivhaus en un edificio plurifamiliar del Poblenou de Barcelona	Sergi Cabrera Sánchez	Barcelona, España	2015	Voladizos fijos, aleros y persianas orientables. Modificación del grosor del aislamiento térmico y la envolvente semi-transparente (el factor solar en los vidrios).	Consiguen unos ahorros de más del 90% de media en calefacción en todas las ciudades estudiadas y de más del 70% de media en refrigeración optando por el estándar. Demuestra una rentabilidad anual mayor al 5% en la vivienda comparada a un edificio convencional en la estimación efectuada a 30 años.

Tipo de investigación	Título	Arquitectos o investigadores	Lugar	Fecha	Estrategias utilizadas	Conclusiones o resultados
Trabajo Fin de Grado	Passivhaus y Certificación Leed. Estudio de caso.	Francisco Medrano Gómez	Valencia, España	2015	Análisis climatológico. Verificación del cumplimiento de la demanda energética	Dentro de las conclusiones, propone unas medidas para la mejora energética del edificio como la rehabilitación de la envolvente, aumentando el espesor del aislamiento de la fachada, utilizando protecciones solares y reforzando las carpinterías y vidriería mediante elementos como espumas de base acrílica, entre otros.
Proyecto de rehabilitación	Proyecto de rehabilitación realizado en el marco del Concurso Iberoamericano Passivhaus	Marisa Egea y Alejandro Herrera de Inhab	Ciudad de México, México	2012	Envolvente hermética utilizando materiales como cancelerías de PVC, herrajes VBH, vidrios Lindes y calentador solar térmico DUMA Trading (Franco, 2014).	Proyecto de rehabilitación a un apartamento de 45m ² , ubicado en un edificio construido originalmente en 1930
Tesis de grado	Estrategias de diseño de la arquitectura pasiva para lograr eficiencia energética en un Coar, Tres Molinos - Cajamarca - 2019	Rosa María Urquiaga Villalobos	Cajamarca, Perú	2019	Volumen ortogonal orientado hacia el norte. Muros y vidrios de las ventanas con U de 0,50W/m ² k. Muro de inercia (muro de ladrillo expuesto) con sistema de aparejo belga	Colegio de Alto Rendimiento COAR con una demanda energética de 0kwh en calefacción y refrigeración según simulaciones energéticas en el programa Archiwizard.

Tipo de investigación	Título	Arquitectos o investigadores	Lugar	Fecha	Estrategias utilizadas	Conclusiones o resultados
Artículo	Potencial de ahorro energético del estándar Passivhaus en climas tropicales cálidos húmedos	Jairo Esteban Posada Gomez y Anna Ramirez	Colombia	2020	Vivienda compacta. Simulaciones energéticas introduciéndola en el clima cálido húmedo de la ciudad de Barranquilla. Aumentar el aislamiento térmico de paredes y techo. Modificar el tipo de ventanas (Posada, 2020, pp. 9-10).	El valor U pasa de 0,537 W/m ² k a 0,287 W/m ² k en el caso del muro En ventanas, resulta en un valor U del vidrio de 0,90 W/m ² k (Posada, 2020, pp. 9-10). Realiza la simulación energética del objeto en otras dos ciudades latinoamericanas de climas cálidos húmedos, de esta manera demuestra la viabilidad del estándar para estas condiciones climáticas al verificar ahorros en la demanda energética en más del 60% (Posada, 2020, p.13)

2.1.3 Conclusiones

Se realiza una tabla comparativa de las estrategias, haciendo énfasis en las similitudes y diferencias que se encuentran entre ellas. Además, se resalta que, aunque existan pocos casos en donde se implemente el estándar passivhaus en Latinoamérica, este sí presenta viabilidad en el contexto, a través del uso de distintos materiales con sus respectivas especificaciones, los cuales se plantean de acuerdo con el entorno cercano de la edificación. De esta manera, se concluye que en primer lugar se implementan estrategias bioclimáticas pasivas que responden a requerimientos de iluminación, temperatura confortable, disminución de la dependencia energética, las necesidades del usuario y una correcta selección de materiales; en segundo lugar, se identifican estrategias para cumplir los lineamientos del estándar como el análisis de materiales que genere unos valores de transmitancia térmica bajos, y en general, un volumen que presente correcta orientación y cuente con la continuidad del aislamiento por toda la envolvente, esto último para controlar los puentes térmicos y a su vez, potencie la inercia térmica del espacio interior.

Tabla 4. *Similitudes y diferencias en el estado del arte.*

	Arquitectura bioclimática en Latinoamérica y Colombia		Estándar Passivhaus en Europa y Latinoamérica	
Similitudes	Estrategias del diagrama psicrométrico de Givoni		Análisis térmico en cubierta	
	Orientación del volumen		Volumen de la edificación	
	Recolección de aguas lluvias		Orientación de la edificación	
	Análisis topográfico		Rangos de valores U	
	Simulaciones		Aislamiento térmico en fachada	
Diferencias	Uso de aleros metálicos para protección solar	Uso de la carta solar	Implantación del volumen	Envolvente hermética
	Análisis de zonas climáticas	Ventilación natural	Cumplimiento de la demanda energética	Análisis de la materialidad
	Distribución espacial			
	Iluminación natural			
	Relación ventana pared			

2.2 Marco Conceptual

2.2.1 *Arquitectura Bioclimática*

Según Tovar (2011), la arquitectura bioclimática debe responder a los recursos y contexto en el que se emplaza buscando alterar lo menor posible el medio natural, por lo que implica el estudio previo de las condiciones climatológicas, topográficas y geográficas del medio físico (p.91). De esta manera, debido a su interés en la disminución de la dependencia energética y el uso razonable de los recursos, se puede afirmar que las construcciones bioclimáticas presentan numerosas ventajas positivas tanto para el cuerpo humano como para el medio ambiente.

Así, en cuanto a la metodología para realizar una edificación bioclimática, CONALEP (2017) las divide en cuatro etapas: 1) Análisis del medio natural y artificial, 2) Análisis del usuario y sus necesidades, 3) Determinación de conceptos bioclimáticos o estrategias a utilizar, y 4) Diseño y aplicación de los conceptos a la edificación (pp. 33-34).

2.2.2 *Certificaciones Ambientales en Colombia*

A continuación, se realiza una tabla comparativa con cinco certificaciones ambientales que tienen relevancia en el país y un estándar de construcción europeo debido al auge que han tenido las edificaciones de consumo energético nulo, se comparan aspectos como el contexto (año, lugar y persona por la que fue creado), la aproximación, características generales y requerimientos, con el propósito de dar a conocer el alcance de cada una y el porqué de la escogencia del estándar *passivhaus* para ser implementado en la vivienda.

Año y lugar de creación	Creador	Aproximación			Características	Requerimiento		Línea base de consumo				
		Certificador multi indicador	Certificado energético	Calidad integral		Ahorros versus línea base	Indicadores globales de desempeño	Enfoque energético	Indicadores de calidad	Energía		Agua
										ASHRAE 90,1 2007	ASHRAE 90,1 2010	Línea base IFC
LEED	1993 - Estados Unidos	US Green Building Council	X	Uso internacional	X							
				Enfoque a materiales y energía								
				Beneficios operacionales y de mantenimiento								
				Mitigación de cambio climático como enfoque								
EDGE	2015	Corporación Financiera Internacional (IFC)	X	Metas cuantitativas								
				Presencia de software de modelado								
				Información libre								
				Costos moderados								
CASA Colombia	2016 - Colombia	Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (CCCS)	X	Carácter cualitativo	X							
				Ajustado a la normatividad colombiana								
				Ahorro de la energía y al manejo predial								
				Responsabilidad social								

Nota: Adaptado de Consejo Colombiano De Construcción Sostenible CCCS. (s.f.) y Vaquero (2017).

Una vez analizada esta tabla se puede observar como el estándar passivhaus presenta un enfoque en vivienda de clima frío, la cual a largo plazo disminuye los costos energéticos lo que resulta muy conveniente en un corregimiento como el de Berlín, por razones mencionadas anteriormente.

2.2.3 Estándar de Construcción Passivhaus

El estándar Passivhaus es uno de los estándares de bajo consumo energético, el cual tiene más de veinte años de desarrollo y se consideran edificios con un gran aislamiento, control de puentes térmicos e infiltraciones de aire, carpinterías de calidad y sobre todo el aprovechamiento del soleamiento (Consejería de..., 2011, pág. 17-20). Tiempo después de creado el estándar, Feist y un equipo interdisciplinario de empleados, fundó el Passive House Institute (PHI), el cual ha jugado un papel fundamental en el desarrollo del concepto de Casa Pasiva (Passive House Institute, s.f.).

La definición original del estándar, según Feist (2005), como se cita en Hatt et al (2012), es:

Una casa pasiva es una edificación en la que el confort térmico (ISO 7730) se garantiza solo por calentamiento o refrigeración del flujo de aire, de acuerdo con el volumen de intercambio requerido para la calidad del aire interior (DIN 1946) sin utilizar ayuda adicional al aire recirculado.

2.2.3.1 Lineamientos. Para estudiar los lineamientos se tomó como referencia la Guía del Estándar passivhaus planteado por la Consejería de Economía y Hacienda ..., (2011) y el Trabajo de fin de máster sobre el estándar Passivhaus realizado por Cisneros (2011), este último al estar enfocado en ciudades europeas se refiere a los climas mediterráneos, por lo que se toma la teoría y se analiza para su extrapolación al clima de Berlín.

Tabla 6. *Lineamientos del estándar passivhaus.*

Alto aislamiento térmico de la envolvente	El estándar propone garantizar el máximo confort posible estableciendo una mínima diferencia entre las temperaturas del aire en los espacios interiores y la de las caras internas de las paredes del edificio (Cisneros, 2011, p.46); por lo que, se debe escoger el material adecuado dependiendo de su valor de transmitancia térmica.
Control de puentes térmicos	Es necesario ubicar los puentes térmicos y eliminarlos lo mayor posible: mediante un aislamiento continuo, cubierta hermética, la ubicación de las ventanas en la capa del aislamiento y cubriendo la parte del marco con aislamiento térmico, entre otros (Cisneros, 2011, pp.48-53).
Alta estanqueidad al paso del aire	Es necesario generar hermeticidad, porque de lo contrario se refleja en desconfort térmico, riesgos estructurales y consumo energético mayor (Cisneros, 2011, pp.55-56). Sin embargo, el exceso de hermeticidad se traduce en riesgos de la calidad de aire, por lo que se debe permitir la renovación de aire (Cisneros, 2011, p.56).
Ventanas y puertas de altas prestaciones	Hace referencia a la ventanería que propone el estándar, que son mucho más aislantes que una ventana tradicional por lo que repercute en la eficiencia energética de la vivienda y permiten la hermeticidad del aire, por consiguiente, generan valores de transmitancia térmica más bajos (Cisneros, 2011, p.60).
Ventilación mecánica con recuperador de calor.	Debido al carácter hermético de la edificación, hace referencia al sistema de ventilación a partir de equipos electromecánicos que puede tener admisión mecánica o no, y a su vez permite recuperar parte de la energía que se pierde cuando el aire viciado se renueva (Cisneros, 2011, pp.63-64).
Optimización de ganancias solares y de calor interno	“El aprovechamiento de las ganancias de calor internas generadas por las personas, los electrodomésticos y la iluminación forman parte del balance energético del edificio.” (Passivhaus, p.e. 2011, p. 21)
Modelización energética solar y del calor interior	Debido a la importancia que presenta el estándar en las ganancias y pérdidas energéticas, se cuenta con un software llamado PHPP (passivhaus planning package), en el cual se pueden ajustar los cálculos térmicos y las características del estándar (Passivhaus, p.e. 2011, p. 21).

Luego de conocer los lineamientos, se puede concluir que este estándar supone la optimización de los recursos existentes, reforzando la filosofía fundamental del Passivhaus Institut de proyectar edificaciones de bajo consumo a costes asequibles, con el propósito de convertirse en un estándar de vivienda social, la cual trae beneficios a largo plazo compensando los costos presentados durante su construcción.

2.2.3.2 Lineamientos del Estándar Passivhaus a Implementar en el Proyecto. De acuerdo con lo visto anteriormente, se propone cumplir los siguientes lineamientos:

A. *Alto aislamiento térmico de la envolvente del edificio.* Garantizando una continuidad entre los diferentes elementos opacos puesto que “estos puntos de encuentro significan puentes térmicos, que además de ser fuentes de condensaciones suponen una pérdida de energía considerable” (Consejería de..., 2011, p. 46), a esto se le suma la importancia del material y su espesor puesto que estos determinan el valor de la transmitancia térmica y con ellos el uso mayor o menor de aislantes.

Tabla 7. Comparación de aislantes.

TIPOS	AISLANTE	DESCRIPCIÓN	VENTAJAS	PRESENTACIÓN O FORMATO
Aislantes sintéticos: Aquellos compuestos por materiales como el plástico, los polímeros procedentes del petróleo y otros materiales sintéticos. Son muy efectivos térmicamente.	Poliestireno expandido (EPS)	“Son planchas rígidas granuladas hechas de material plástico espumado, derivado del poliestireno y utilizado como aislamiento térmico” (Martinez, 2021). Conductividad térmica aproximada entre 0,06 y 0,03 W/m°C (Poliestireno Expandido, s.f.).	Impermeabilidad Resistencia físico – mecánica. Comportamiento Frente al Fuego Versatilidad	Paneles
	Poliestireno extruido (XPS)	Material térmico “formado por planchas de espuma rígida con estructura de célula cerrada que se caracteriza por sus elevadas prestaciones mecánicas, su alta durabilidad, resistencia al agua” (XPS Poliestireno..., s.f.).	Resisten la humedad y el agua Resistencia mecánica Resistencia a la compresión	Paneles con acabado liso, con mayor variedad de colores que el EPS.
	Poliuretano	Material aislante por excelencia en múltiples aplicaciones industriales. Gracias a su rendimiento térmico y a su estructura celular, con el poliuretano se obtiene un máximo aislamiento con el mínimo espesor. (Poliuretano Rígido, s.f.)	Impermeabilidad Fácil instalación	Poliuretano proyectado, planchas de poliuretano conformado y paneles sándwich de poliuretano (Poliuretano Rígido, s.f.)

TIPOS	AISLANTE	DESCRIPCIÓN	VENTAJAS	PRESENTACIÓN O FORMATO
Lanas minerales: Constituidos por un entrelazado de filamentos de materiales pétreos que forman un fieltro que mantiene entre ellos aire en estado inmóvil.	Lana de roca o lana mineral	Se fabrica originalmente mediante la mezcla y fundición de varias materias primas naturales hasta convertirlas en fibras que finalmente se transformará en lana de roca. (Aislahome, 2018)	<u>Reciclable y sostenible</u> <u>Seguro para la salud</u> <u>Hidrófugo</u> <u>Resistente al fuego</u> Alta durabilidad	Panel, rollo, en diferente espesor y densidad (Comercializadores – Instaladores, s.f.).
	Lana de vidrio	“La lana de vidrio se elabora a partir de arena con altos contenidos de sílice, las que se funden en hornos especiales a muy altas temperaturas” (Todo lo que..., s.f.).	<u>Aislamiento acústico y control de ruido</u> <u>Flexible, versátil</u> <u>Estable</u> <u>Inodora</u> <u>Atóxica</u> Reciclable	Placa, lana, cañuela, en diferente espesor y densidad (Comercializadores – Instaladores, s.f.).
De origen natural u orgánico: aquellos que provienen de compuestos vegetales o animales, por lo que se producen en procesos más ecológicos siendo los menos contaminantes.	Corcho	Material que reúne unas condiciones aislantes extraordinarias por su composición a base de pequeñas células (¿El corcho...?, s.f.)	<u>Resistente a los agentes químicos</u> <u>Ligero</u> <u>Elástico</u> <u>Inoloro</u> Requiere poco mantenimiento	Losetas, planchas y rollos (¿El corcho...?, s.f.)
	Perlita expandida	Son aislantes minerales muy frecuentes en la construcción tradicional. “La estructura celular cerrada y vidriosa confiere a la perlita una muy baja conductividad térmica” (Perlita expandida..., s.f.).	<u>Aislación estable</u> <u>No absorbe agua</u> <u>Inhibe la corrosión</u> Menos consumo de energía <u>No es atacado por el fuego</u> <u>No produce emanaciones tóxicas</u> Reutilizable	Cañuela y Placas (Comercializadores – Instaladores, s.f.).
	Lana de oveja	Aislante de procedencia animal que cuando se humedece mejora su capacidad de aislamiento. Además, ha sido utilizado durante siglos como aislante térmico (Equipo de S&P, 2018).	<u>Transpirable</u> <u>Termorregulador natural</u> <u>Alta durabilidad</u> Fácil colocación	

Nota: Adaptado de Equipo de S&P. (2018).

De esta manera, se realiza una comparación entre aislantes térmicos, y se eligen dos tipos de estos, con sus respectivos espesores, garantizando su continuidad en toda la envolvente de la

edificación como se ilustra en la siguiente figura que corresponde a un corte en sentido norte – sur de la vivienda propuesta para el corregimiento:

Figura 6. Corte que ejemplifica la continuidad.

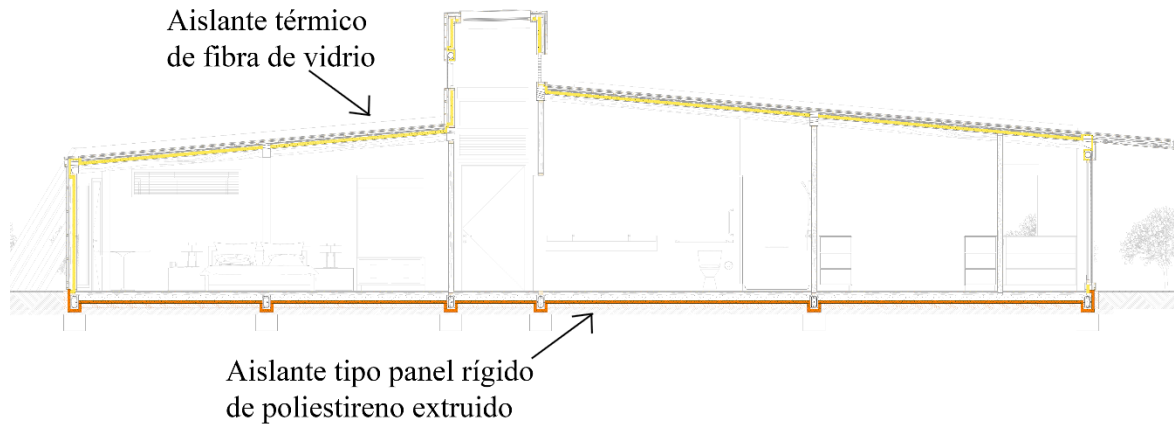


Figura 7 Aislamiento continuo por el exterior del pilar (vista en planta).

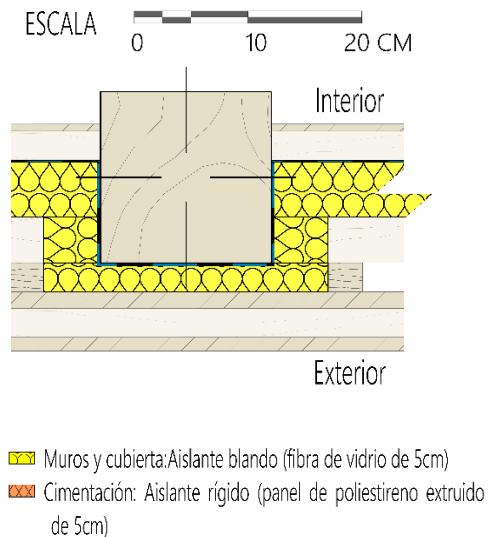


Figura 8 Suelos en contacto con el terreno con continuidad entre el aislamiento de fachada y de solera.

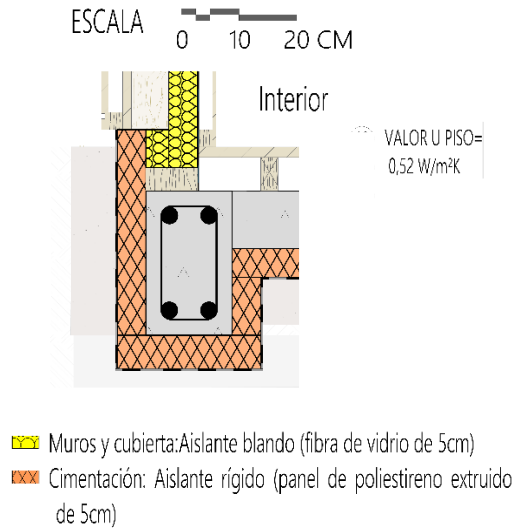


Figura 9 Dinteles con continuidad entre el aislamiento de fachada y la carpintería y registro de persiana enrollable (vista en alzado).

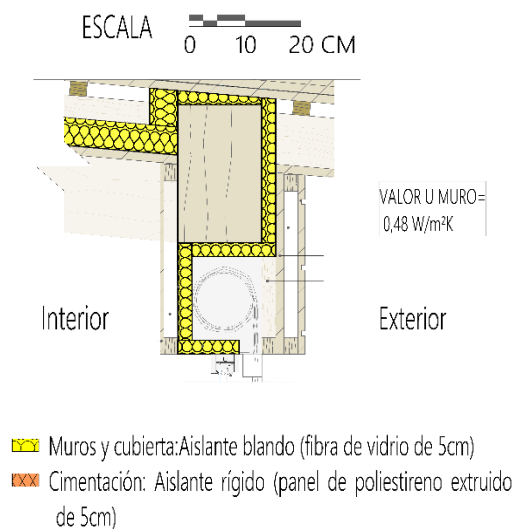
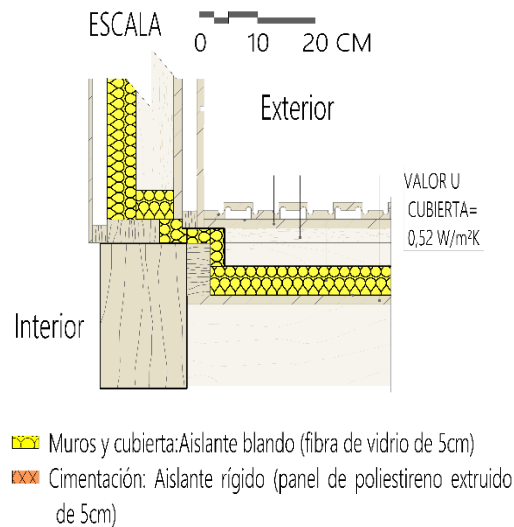


Figura 10 Esquinas salientes (al exterior, en alzado).

B. Control de puentes térmicos. Se implementa al hacer uso de aislantes en las juntas de diferentes elementos que impidan la formación de condensaciones y reduzcan el caudal nominal de ventilación, así como una volumetría lo más uniforme posible, evitando la intersección excesiva e innecesaria de volúmenes y demás elementos constructivos. Complementario a esto se toma como base la continuidad en el aislamiento como es explicada por el Ministerio de Fomento..., en el Documento de Apoyo al Documento Básico DB-HE Ahorro de energía. Código Técnico de la Edificación. DA DB-HE / 3 Puentes térmicos (2014), para implementarlos en el proyecto de la siguiente manera:

Figura 11. Puentes térmicos en columna y muro (vista en planta).

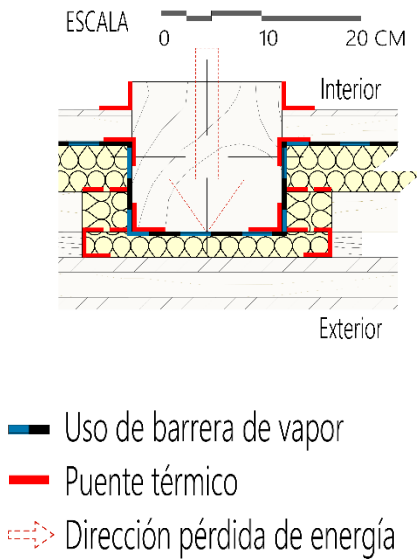


Figura 12. Puentes térmicos en zapata de cimentación y muro (vista en corte).

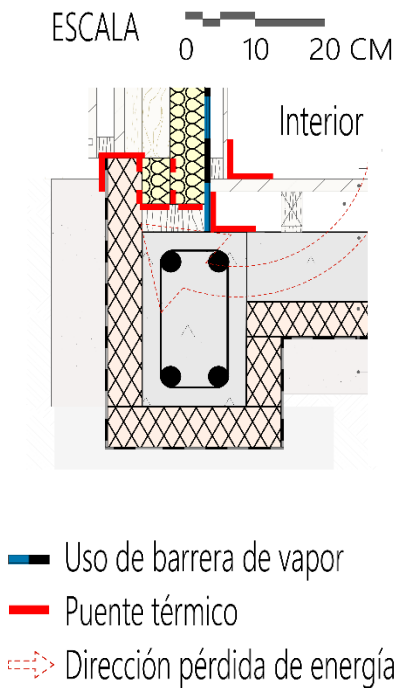
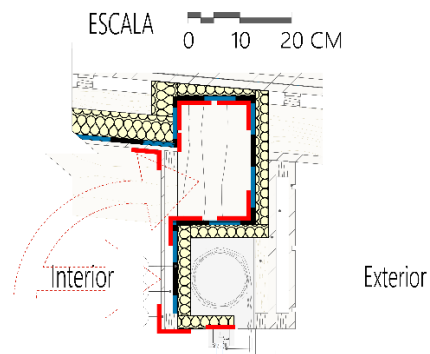
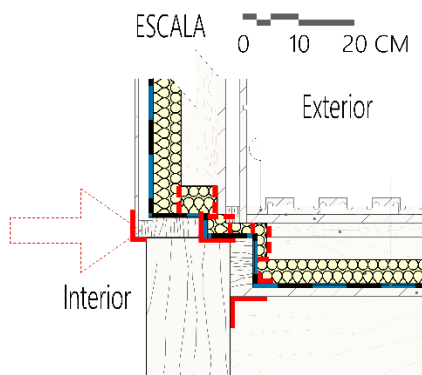


Figura 13. Puentes térmicos entre la viga y la contra ventana (vista en corte).

- Uso de barrera de vapor
- Puente térmico
- ⇨ Dirección pérdida de energía

Figura 14. Puentes térmicos en esquinas salientes de cubierta (vista en corte).

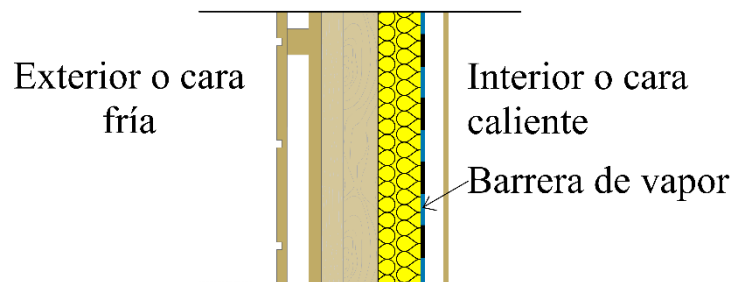
- Uso de barrera de vapor
- Puente térmico
- ⇨ Dirección pérdida de energía

- Barrera de vapor

Siguiendo la premisa de evitar los puentes térmicos, se instala este elemento (color azul) por la cara caliente o cara interna, con la función de proteger el aislamiento térmico (color amarillo) de

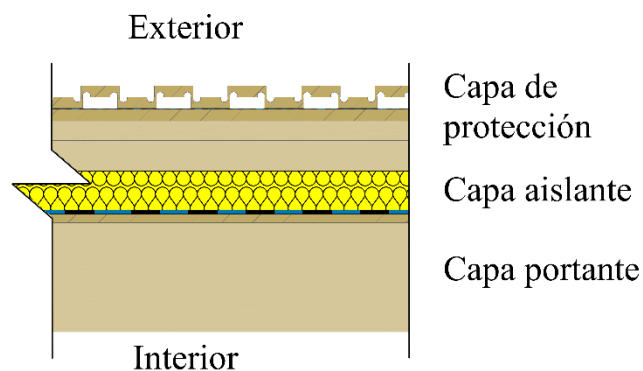
las humedades del interior, impidiendo así el paso de agua por condensación que pueda perjudicar las propiedades térmicas del aislante, de esta manera:

Figura 15. *Identificación de la barrera de vapor ubicada en la cara caliente de la envolvente.*



De tal forma, se identifican tres capas o zonas en la envolvente: la capa de protección, en donde se ubica el revestimiento externo (en fachada) o las tejas (en cubierta), la capa aislante, que se encuentra en los espaciamientos del entramado de muro o las vigas de madera laminada, estas dos últimas siendo parte de la capa portante o sistema estructural.

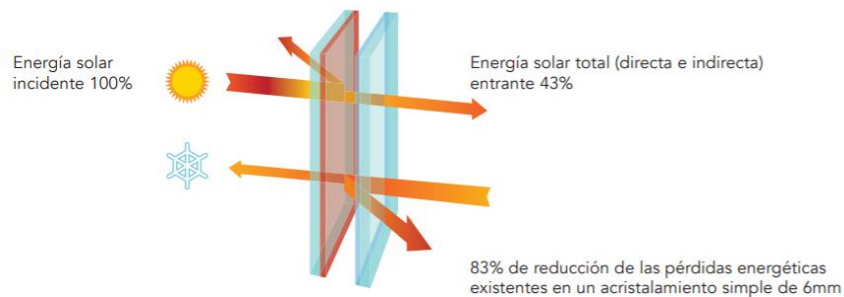
Figura 16. *Las tres capas o zonas que componen la envolvente.*



C. *Ventanas y puertas de altas prestaciones.* Este factor es de los más relevantes, puesto que la energía solar debe ser aprovechada al máximo posible para lograr edificaciones de bajo

consumo energético. En primer lugar, las ventanas presentan pérdidas de calor “proporcionales a su coeficiente U, por lo que en general es conveniente reducir el valor de U en todas las orientaciones en las que se coloquen ventanas” (Consejería de..., 2011, pág. 82); es por esto por lo que para mejorar el comportamiento térmico se tomarán en consideración factores como: el incremento en el número de láminas rellenas con gases y el uso de recubrimientos de baja emisividad. Así, se propone en el proyecto el uso de cristales de altas prestaciones, específicamente de vidrio de doble acristalamiento con cámara de gas, de referencia Guardian Sun®.

Figura 17. Beneficios del cristal inteligente Guardian Sun



Nota: Adaptado de Guardian Sun®, (s.f.)

Figura 18 Localización de carpintería en capa de aislamiento (vista en planta).

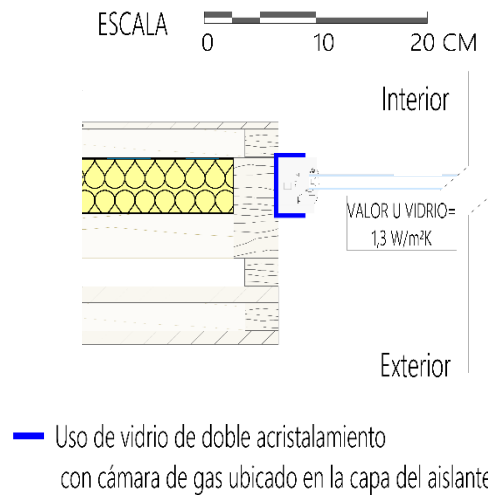


Figura 19 Localización de carpintería en capa de aislamiento (vista en corte).

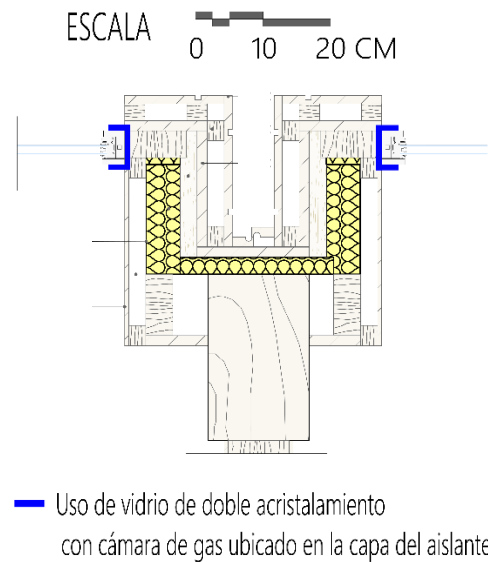
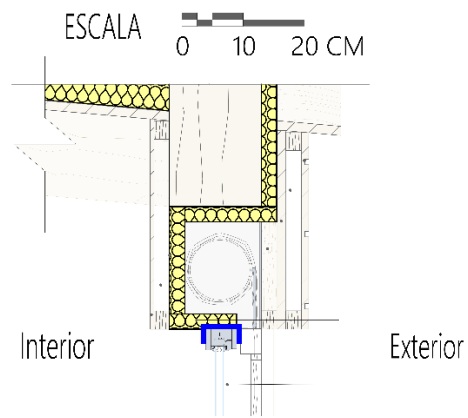
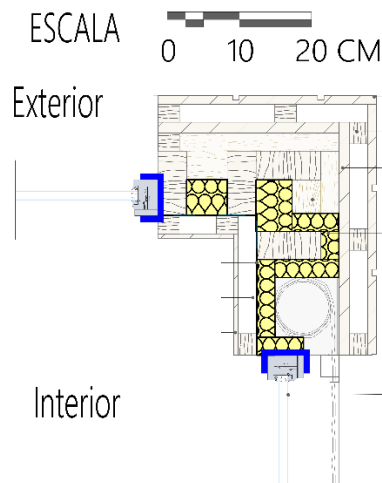


Figura 20 Localización de carpintería y contraventana en capa de aislamiento (vista en corte).



— Uso de vidrio de doble acristalamiento con cámara de gas ubicado en la capa del aislante

Figura 21 Localización de carpintería y contraventana en capa de aislamiento (vista en corte).



— Uso de vidrio de doble acristalamiento con cámara de gas ubicado en la capa del aislante

2.2.4 Conclusiones

En la siguiente tabla, se extraen los aspectos más relevantes del marco conceptual, que serán tomados como lineamientos a la hora de proyectar la vivienda en el corregimiento de Berlín, con el fin de cumplir con el estándar passivhaus y los postulados de la arquitectura bioclimática.

Tabla 8. *Lineamientos para implementar en base al marco conceptual.*

	ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA	ESTANDAR PASSIVHAUS
DEFINICIÓN	"Construir coherentemente y en apego a las condiciones climáticas o naturales propias del sitio" (Tovar, 2011, p.91).	"Una casa pasiva es una edificación en la que el confort térmico (ISO 7730) se garantiza solo por calentamiento o refrigeración del flujo de aire, de acuerdo con el volumen de intercambio requerido para la calidad del aire interior (DIN 1946) sin utilizar ayuda adicional al aire recirculado." (FEIST, 2005)
LINEAMIENTOS	Requerimientos de iluminación	Alto aislamiento térmico de la envolvente
	Temperatura adecuada	Control de puentes térmicos
	Disminución de la dependencia energética	Ventanas y puertas de altas prestaciones
	Análisis del usuario y las necesidades	

Tabla 9. *Lineamientos del estándar a implementar.*

LINEAMIENTO PLANTEADO POR EL ESTÁNDAR	ESTRATEGIAS PARA LA IMPLANTACIÓN EN EL PROYECTO	CONCLUSIONES
Alto aislamiento térmico de la envolvente: Trata de elegir correctamente el tipo de aislante y espesor ya que esto afecta directamente el valor U.	Se implementan dos tipos de aislantes térmicos: Aislante blando (fibra de vidrio de 5cm) Aislante rígido (panel de poliestireno extruido de 5cm)	Se eligen estos dos formatos diferentes de aislantes por sus características de flexibilidad y rigidez. empleándose el más flexible en los muros y cubiertas ubicado entre los espaciamientos del entramado; y el más rígido para el piso bajo la losa de hormigón
	Continuidad del aislamiento por toda la envolvente	Se usan con el fin de generar inercia térmica en el espacio

LINEAMIENTO PLANTEADO POR EL ESTÁNDAR	ESTRATEGIAS PARA LA IMPLANTACIÓN EN EL PROYECTO	CONCLUSIONES
Control de puentes térmicos: consiste en proteger las secciones de la envolvente que puedan sufrir pérdidas de energía.	Uso de aislante en toda la envolvente	Debido a las aberturas de la cubierta y la pérdida de un volumen rectangular plano se dificulta, más no impide, generar la continuidad del aislamiento por toda la envolvente
	Uso de barrera de vapor para proteger el aislamiento de las condensaciones del espacio interior	Se usa este elemento como una protección extra del aislante, para evitar que éste pierda sus propiedades térmicas y se afecte así el confort térmico
Ventanas y puertas de altas prestaciones: hace referencia a la ventanería que propone el estándar, la cual se caracteriza por tener bajos valores de transmitancia térmica.	Uso de vidrio de doble acristalamiento con cámara de gas	Se elige este cristal debido a que cuenta con un valor U de 1 W/m ² K en argón 90% y 1,3 W/m ² K en aire, y un factor solar de 43%, que no impide el paso de luz y se justifica para evitar el sobrecalentamiento del espacio en las horas del mediodía.

3. Marco Normativo

3.1 Normativa Sismo Resistente

NSR-10 para la propuesta del sistema constructivo

- Título C concreto estructural
- Título G estructuras de madera y estructuras de guadua

3.2 Resolución 0549 del 2015

Se hace énfasis en el anexo 1, es decir en la “Guía de construcción sostenible para el ahorro de agua y energía de las edificaciones” (MVCT, Resolución 0549 del 2015, 2015, p.3), que determina los rangos de confort térmico en cuanto a temperatura y humedad relativa, ubicándolos entre 21°C a 25°C, y entre el 20% a 75% respectivamente.

Finalmente, esta resolución plantea una lista de medidas de ahorro de energía y agua para edificaciones. En este caso, las medidas que se tienen en cuenta para el presente proyecto de vivienda corresponden a:

Tabla 10. *Medidas de eficiencia energética pasivas.*

Relación ventana pared	Valor U del vidrio	Coefficiente de ganancia de calor de vidrio	Valor U muro cubierta	Ventilación natural
Consiste en la relación del área de ventanas o vidriería respecto al área bruta de pared exterior.	Significa el valor de transmisión térmica en unidad de tiempo, es decir que indica el valor de pérdida de calor de una ventana o vano, en donde entre más bajo sea el valor U mejores propiedades aislantes tendrá.	SHGC es la cantidad de calor admitido a través del vidrio en relación con la radiación solar directa.	Indica la tasa de pérdida de calor de una pared o techo, por lo que entre más bajo el valor U, mayor es la resistencia del elemento al flujo de calor y mejores son sus propiedades aislantes.	Se refiere al movimiento de aire a través de un recinto sin usar sistemas mecánicos

Nota: Adaptado de: MVCT (2015) Anexo 1 Resolución 0549 de 2015. Guía de construcción sostenible para el ahorro de agua y energía de las edificaciones (p.44).

3.3 Marco Legal

A continuación, se especificará las leyes nacionales relacionadas con temas ambientales.

Tabla 11. *Marco legal.*

LEY 99 DE 1993	LEY 1715 DE 2014
A partir de esta ley se establece el ministerio del medio ambiente y se organiza el sistema nacional ambiental SINA, con su correspondiente estructura y funciones, asimismo se crean institutos de investigación y corporaciones autónomas regionales. Adicional, se establece la obligatoriedad de las licencias ambientales para aquellos proyectos que puedan producir deterioro de los recursos naturales, al medio ambiente o paisaje en general.	Tiene como objetivo fomentar el desarrollo y la utilización de las fuentes no convencionales de energía a través de la realización de un marco legal y una línea de acción (Congreso de la Republica de Colombia, 2014.)

3.4 Conclusiones

Después de haber analizado la normativa existente referente al tema, se realiza una tabla en la cual se extraen los aspectos relevantes y a tomar en consideración en la etapa proyectual de la vivienda.

Tabla 12. Conclusiones del marco normativo.

NORMA	DEFINICION	ELEMENTOS PARA CONSIDERAR	CONCLUSIONES
Norma sismo resistente	Se toma en consideración para la propuesta de sistema constructivo.	Titulo C: Concreto estructural	Dentro del sistema constructivo del proyecto se utilizan zapatas de hormigón y vigas de cimentación elaboradas en concreto estructural
		Titulo G: Estructuras de madera y estructuras de guadua	El sistema estructural del proyecto lo constituyen pórticos de madera laminada, sumado a entramados de pies derechos y rigidizadores que conforman la estructura de los muros Se especifican valores de juntas de dilatación, y tratamientos de protección contra hongos, humedad, insectos y fuego
Resolución 0549 del 2015	“Establecer los porcentajes mínimos y medidas de ahorro en agua y energía a alcanzar en las nuevas edificaciones y adoptar la guía de construcción sostenible para el ahorro de agua y energía en edificación” (MVCT, Resolución 0549 del 2015, 2015, p.2).	Relación ventana - pared	Se disminuye el porcentaje en relación de ventana pared sobre la fachada oriente al ser la que mayor incidencia tiene del viento y en la fachada norte porque en base a la inclinación solar es la que menor radiación recibe en el año.
		Valor U del vidrio	Se elige un cristal con valor U bajo y cámara de gas el cual contribuye con la calefacción de la vivienda de forma pasiva.
		Valor U del muro / cubierta	Se realiza el calculo de dicho valor tomando en consideración todos los materiales empleados en la envolvente teniendo como resultado un valor U en cubierta de $0,52\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ y en muro de $0,48\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$.
		iluminación natural	En el proyecto se potencia por las aberturas a nivel de cubierta que a su vez funcionan como estrategia de captación solar pasiva disminuyendo el uso de elementos de calefacción activos

NORMA	DEFINICION	ELEMENTOS PARA CONSIDERAR	CONCLUSIONES
Ley 99 de 1993	Obligatoriedad de las licencias ambientales		El predio escogido no tiene ningún tipo de restricción a la hora de construir y por otro lado se tomaron en consideración todas las normativas e índices de construcción pertinentes.
Ley 1715 de 2014	Fomentar el desarrollo y uso de las fuentes no convencionales de energía		El estándar passivhaus, escogido para implementar en el proyecto como eje principal, evoca esta característica al considerara estrategias para consumir la mínima energía posible en las edificaciones.

4. Análisis de Referentes

Se realiza una tabla comparativa de cuatro referentes ubicados en localidades que presenten características climáticas similares a las de Berlín, estudiando los componentes formal, funcional, constructivo, urbano - ambiental con el fin de generar conclusiones para el diseño de la vivienda de clima frío.

4.1 Tabla Comparativa de Referentes

A continuación, se analizan referentes que toman la arquitectura bioclimática y el estándar passivhaus como elemento orientador del proyecto a diseñar, con el fin de evidenciar características relevantes a la hora de realizar la vivienda para clima frío en el corregimiento de Berlín, Santander.

Tabla 13. *Tabla comparativa de referentes.*

		ESTANDAR PASSIVHAUS	ARQUITECTURA BIOCLIMATICA		
		CASA TRONI BRIEN - SANTIAGO, CHILE	La Casa Uruguay”, Vivienda ganadora del Solar Decathlon en Latinoamérica y el Caribe 2015.	Tesis de pregrado en Floridablanca, Santander	Vivienda del proyecto ábaco en Cajicá, Cundinamarca
DESCRIPCIÓN	Ubicación	Santiago, Chile	Montevideo, Uruguay	Vetas, Santander	Cajicá, Cundinamarca
	Arquitectos	Gabriele Stange y Marcelo Huenchuñir, de Arquiambiente Limitada	Estudiantes de la Universidad ORT Uruguay	Moreno y Carreño (2019) Estudiantes de la Universidad santo Tomás.	57Uno Arquitectura
	área	340 m ²			88 casas sostenibles

		ESTANDAR PASSIVHAUS	ARQUITECTURA BIOCLIMATICA		
		CASA TRONI BRIEN - SANTIAGO, CHILE	La Casa Uruguay”, Vivienda ganadora del Solar Decathlon en Latinoamérica y el Caribe 2015.	Tesis de pregrado en Floridablanca, Santander	Vivienda del proyecto ábaco en Cajicá, Cundinamarca
LINEAMIENTOS	Formal- Espacial	<p>Sigue los determinantes climáticos del lugar factores como la orientación, captación solar, entre otros.</p> <p>Consiste en un objeto rectangular con una cubierta inclinada y rectángulos más pequeños adosados al lateral.</p>	<p>El volumen corresponde a un cubo simple o “caja térmica” (Paz, 2019, p.4), con sobretecho que le confiere un aspecto moderno y continúa los ángulos rectos a través de una estructura de madera a base de triángulos.</p>	<p>Objeto rectangular que resulta del entendimiento conjunto de las condiciones climáticas del lugar, el análisis tipológico, el diagrama psicrométrico de Givoni y los índices de inercia térmico de los materiales según el ASHRAE (Moreno y Carreño, 2019, pp. 148-149).</p>	<p>Las viviendas se configuran en forma de L alrededor del jardín, en donde conectan los espacios interiores con el entorno exterior a través de grandes ventanales que no afectan la privacidad de los ocupantes (57Uno Arquitectura, s.f.).</p> <p>Constituidos de dos volúmenes rectangulares simples que rematan en cubiertas inclinadas hacia el sur que se diseñan a partir de criterios de asoleamiento (57Uno Arquitectura, s.f.).</p>
	Funcional	<p>La vivienda está orientada hacia el norte, organizada en dos plantas, en la primera se encuentra la zona social, entrada, piscina y jacuzzi; y en la segunda, la zona privada.</p> <p>Presenta unos grandes ventanales al norte, junto al comedor y la sala, los cuales presentan doble altura, lo que aporta mayor privacidad a la hab. principal en la segunda planta; por otro lado, los espacios de servicio se ubican en la fachada sur.</p>	<p>Se realiza bajo la premisa de la optimización de espacios y recursos, ejemplificado al separar las zonas privadas de las zonas sociales con una circulación lineal, dividir espacios como el baño en tres áreas para ser usadas al mismo tiempo, de igual manera ocurre con el mobiliario, el cual cumple distintas funciones</p>	<p>La cara más larga orientada hacia el este-oeste, planteando sobre esta en el primer piso la zona social y en el segundo la zona privada, y en la cara más corta hacia el norte – sur, la zona de servicio en el primer piso (Moreno y Carreño, 2019, p. 151).</p>	<p>Respecto a la zonificación, en la primera planta se encuentra la zona social y de servicios, que gracias a la forma de L propone una relación con el patio, extendiendo el área de la sala y el comedor; y en la segunda la zona privada: los estudios y las tres habitaciones.</p>

ESTANDAR PASSIVHAUS		ARQUITECTURA BIOCLIMATICA		
	CASA TRONI BRIEN - SANTIAGO, CHILE	La Casa Uruguay”, Vivienda ganadora del Solar Decathlon en Latinoamérica y el Caribe 2015.	Tesis de pregrado en Floridablanca, Santander	Vivienda del proyecto ábaco en Cajicá, Cundinamarca
LINEAMIENTOS	Tecnológico	<p>La casa se asienta sobre una plataforma de concreto y utiliza como cimentación paneles SIP reforzados con marcos de acero rígido, pavimento de madera y losa de hormigón. Otros materiales para muros y cubierta incluyen paneles SIP y OSB, placa de yeso laminado y aislamientos térmicos de lana de vidrio de distintos espesores, más un aislamiento de polietileno bajo las vigas (James y Bill, 2016, p. 132-136).</p> <p>Tipología de madera que cuenta con una malla envolvente completamente hermética y un sobretecho que funciona para la recolección de lluvias.</p> <p>También utiliza una aislación térmica en los muros de 0,38 W/m2k, ventanas con aislante térmico y doble vidrio hermético para evitar filtraciones de aire (La casa uruguaya, s.f., p. 4).</p>	<p>Utilizan un sistema constructivo aporticado en concreto reforzado y una armadura de acero; para la cimentación, usan vigas de fundación de concreto reforzado y sistema de zapata aislada.</p> <p>Por otro lado, hacen uso de un sistema de muros de BTC y una cubierta de madera (Moreno y Carreño, 2019, pp. 156-160).</p>	<p>La vivienda hace uso de un sistema constructivo de dobles muros de ladrillo, el primero siendo un muro interior de ladrillo estructural y uno segundo exterior de ladrillo a la vista. Se utiliza este sistema por su factor económico y por su lenguaje que dialoga con el entorno exterior, pero además porque permite generar vanos mediante un sistema de muros calados que potencian la ventilación cruzada (57Uno Arquitectura, s.f.).</p>
	Urbano-Ambiental	<p>Presenta estrategias pasivas como la orientación y protecciones solares</p> <p>Estrategias pasivas como la orientación del volumen y las aberturas para generar un efecto invernadero, colocar el objeto elevado del suelo, y utilizar la madera como envolvente hermética</p>	<p>Utiliza estrategias extraídas del estudio de tipologías vernáculas y contemporáneas, como captación de radiación solar, orientación contra dirección vientos, morfología ortogonal, aislamiento térmico, materiales autóctonos e industrializados, entre otras</p>	<p>Las estrategias bioclimáticas utilizadas fueron: la orientación de las cubiertas de las viviendas a 10° Sur y la estrategia de masa térmica, ya que, los muros exteriores acumulan calor durante el día y lo liberan en la noche (57Uno Arquitectura, s.f.).</p>

	ESTANDAR PASSIVHAUS	ARQUITECTURA BIOCLIMATICA		
	CASA TRONI BRIEN - SANTIAGO, CHILE	La Casa Uruguayá”, Vivienda ganadora del Solar Decathlon en Latinoamérica y el Caribe 2015.	Tesis de pregrado en Floridablanca, Santander	Vivienda del proyecto ábaco en Cajicá, Cundinamarca
	Soluciones tecnológicas como colectores solares que cubren un porcentaje de la demanda de electricidad y de agua caliente, un sistema de 32 módulos fotovoltaicos, y sistemas mecánicos de ventilación Zehnder, ComfoAir 350 (James y Bill, 2016, p. 132-136).	Además, usa diferentes sistemas que ayudan al rendimiento energético como paneles fotovoltaicos, sistema de luz LED y sensores para el ahorro de energía.	De igual manera, proponen el uso de drenaje como el filtro francés, aislamiento térmico y acústico Frescasa, un invernadero adosado, ventanas aislantes y una chimenea de concreto en el centro de la casa (Moreno y Carreño, 2019, pp. 161-163).	Por otro lado, cuentan con iluminación LED, sanitarios de bajo consumo y griferías ahorradoras, reutilización del agua de las duchas; además, de ductos que aporta la posibilidad de instalar posteriormente paneles fotovoltaicos
Resultados	Se observan datos como que las ventanas de doble acristalamiento importadas usadas tienen un coeficiente de ganancia solar de 41%, y los sistemas de ventilación de recuperación de calor (HRV) importados tenían una recuperación de calor de 80-82%. Además, se encontró que el sistema de paneles fotovoltaicos producía anualmente aprox.15.000 kWh (James y Bill, 2016, p. 136).	Se concluye que la estrategia de la caja hermética permite que la temperatura baje aproximadamente 30°C comparada con la temperatura en Montevideo (Paz, 2019, p. 4), y disminuye en gran medida cantidad de energía necesaria para calefaccionar la casa en invierno y para refrigerarla en verano (La casa uruguaya, s.f., p. 4)	Se verifican datos como que el valor U pasó de 0,95 W / m2 a uno de 0,22 W / m2 gracias a adiciones como la cámara de aire y una barrera de vapor, sumada a una segunda estructura de machimbrado empañetado. Además, se encuentra que los grosores de vidrio de 3mm, el cual ofrece una transmisión de luz del 88% (Moreno y Carreño, 2019, memoria D).	En los resultados de la investigación se observan datos de los porcentajes de ahorro de agua: aproximadamente del 30% del consumo mediante la incorporación de sistema de reutilización de agua; y porcentaje de ahorro de energía de 30% mediante las estrategias de iluminación natural, dotación de viviendas con iluminación LED y posibilidad de reducción mayor si se actualiza a energía solar (57Uno Arquitectura, s.f.).

4.2 Conclusiones Generales de los Referentes

Luego de estudiar las diferentes tipologías se identifican las estrategias bioclimáticas utilizadas en ellas con el propósito de generar confort térmico, de esta manera se abordan las siguientes conclusiones:

Tabla 14. Conclusiones en base a los referentes analizados.

Formal- Espacial	Funcional	Tecnológico	Urbano-Ambiental
Formas ortogonales y sólidas tanto en planta como en alzado.	La distribución espacial es relevante con el fin de identificar qué espacios deben recibir mayor o menor incidencia de radiación solar.	Envolvente como un conjunto de capas que debe diseñarse de tal manera que se controlen las ganancias térmicas del exterior y la creación de puentes térmicos.	En los cuatro proyectos analizados se observa la importancia de la orientación como determinante climático ya que afecta directamente a la temperatura interna de la vivienda
Formas triangulares en los remates de cubiertas o estructuras de madera	Se separan las distintas zonas de la vivienda: zona de servicios, social, y privada, dándole gran privacidad a las habitaciones.	Se considera relevante la utilización de materiales propios del lugar como un factor primordial a la hora de realizar un proyecto bioclimático.	Algunas tipologías lograron un ahorro de energía considerable con ayuda de sistemas de captación solar como colectores solares y paneles fotovoltaicos, paralelos a sistemas de ahorro como iluminación LED.
	Ubicación de la fuente de calor (chimenea) en el centro de la casa	Se resalta la madera como material que tiene un impacto positivo en el medio ambiente, y presenta características excelentes como aislante térmico.	

5. Estudio el Usuario del Corregimiento de Berlín

El corregimiento de Berlín presenta varias inconsistencias respecto a la población y a los rangos de edad en los que se encuentra, por lo que se establece una comparación entre las dos fuentes que fueron tomadas en consideración en la siguiente tabla, organizando la información bajo cinco

variables: total de población en Berlín, rango de edades, crecimiento poblacional, densidad poblacional y clasificación económica de la población:

Tabla 15. Conclusiones de la caracterización del usuario.

VARIABLES	PDD / EOT Municipio de Tona	DANE 2018
Cantidad de población en Berlín	1337 personas	1502 personas
Rango de edades	20 a 55 años (33,6% del total de habitantes)	30 a 59 años (566 personas)
	18 a 28 años (16,9% del total de habitantes)	20 a 29 años (271 personas)
	0 a 5 años (14,9% del total de habitantes)	0 a 19 años (540 personas)
Crecimiento poblacional	Positivo	
Densidad poblacional	21,56 hab/km ² y núcleo familiar de 3,5 hab	
Clasificación económica de la población	Sector primario (agricultura y ganadería), Sector terciario (Comercio y servicios sobre la vía nacional)	

6. Estudio del Entorno del Corregimiento de Berlín

Este componente hace referencia al estudio de las condiciones geográficas que presenta el corregimiento de Berlín, ejemplificado en la siguiente tabla:

Tabla 16. Estudio del entorno.

VARIABLES	PDD MUNICIPIO DE TONA	EOT MUNICIPIO DE TONA
Terreno / Lugar	Berlín es un corregimiento del municipio de Tona, localizado en la provincia de Soto Norte, en el departamento de Santander	
Topográficos	Zona plana a semiplana, con una pendiente inferior a 7,2° entre el 8 - 16%	

VARIABLES	PDD MUNICIPIO DE TONA	EOT MUNICIPIO DE TONA
Hidrología	Las fuentes hídricas más importantes son: Quebrada pescadero, la chamorra y el río Jordán	
Vegetación	Paisaje de paramo con poca cobertura vegetal que varía entre los 8 - 20 metros.	
Suelos de protección	Área de influencia de DMI Paramo de Berlín	
	Áreas periféricas a nacimientos	
	Causas de quebradas y arroyos como la quebrada parra, la quebrada la onda y la loma de guaca	
	Zonas donde la vegetación Subandina y andina esté presente	
Otras amenazas y riesgos	Susceptibilidad baja de fenómenos en masa y erosión	
	Amenaza hidrológica baja o moderada	
	Eventos de contaminación por manejo inadecuado de aguas servidas depositadas sobre el río Jordán y Pescadero	
	Olas invernales y heladas extremas debido al cambio climática	

Así pues, este apartado es de gran importancia ya que se debe considerar la gran zona de protección perteneciente al páramo de Berlín de donde nacen importantes afluentes, las zonas de deslizamiento o inundación, además de las olas invernales que se presentan cada año. Por otro lado, podemos ver que el suelo no presenta riesgos sísmicos considerables para la construcción, a pesar de su localización.

6.1 Hidrología

En el siguiente plano se identifican 3 cuerpos de agua dentro de los límites del casco urbano: quebrada pescadero, quebrada la chamorra y el río Jordán.

Figura 22. Hidrografía corregimiento de Berlín.

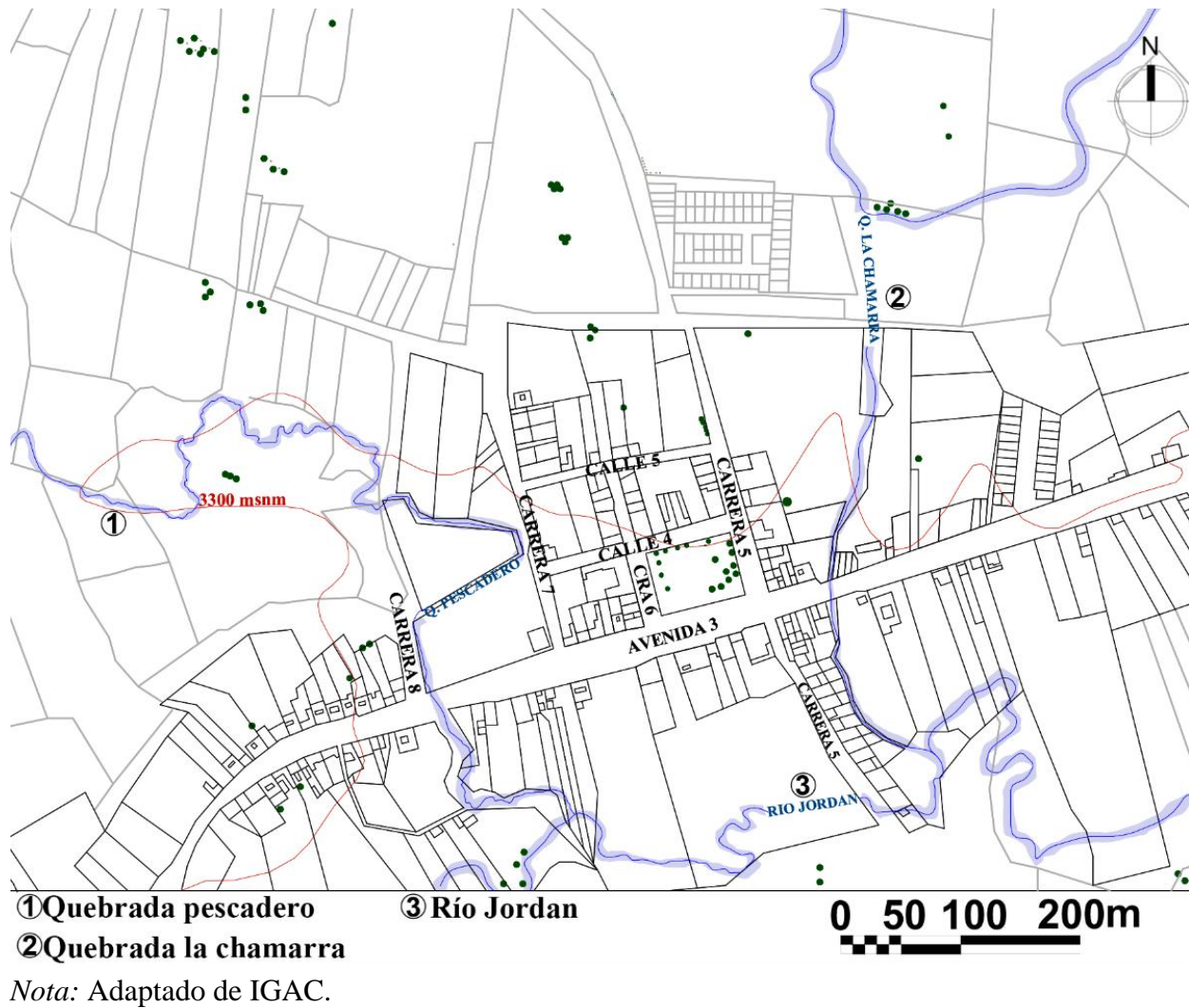


Figura 23. *Paisaje de Berlín.*

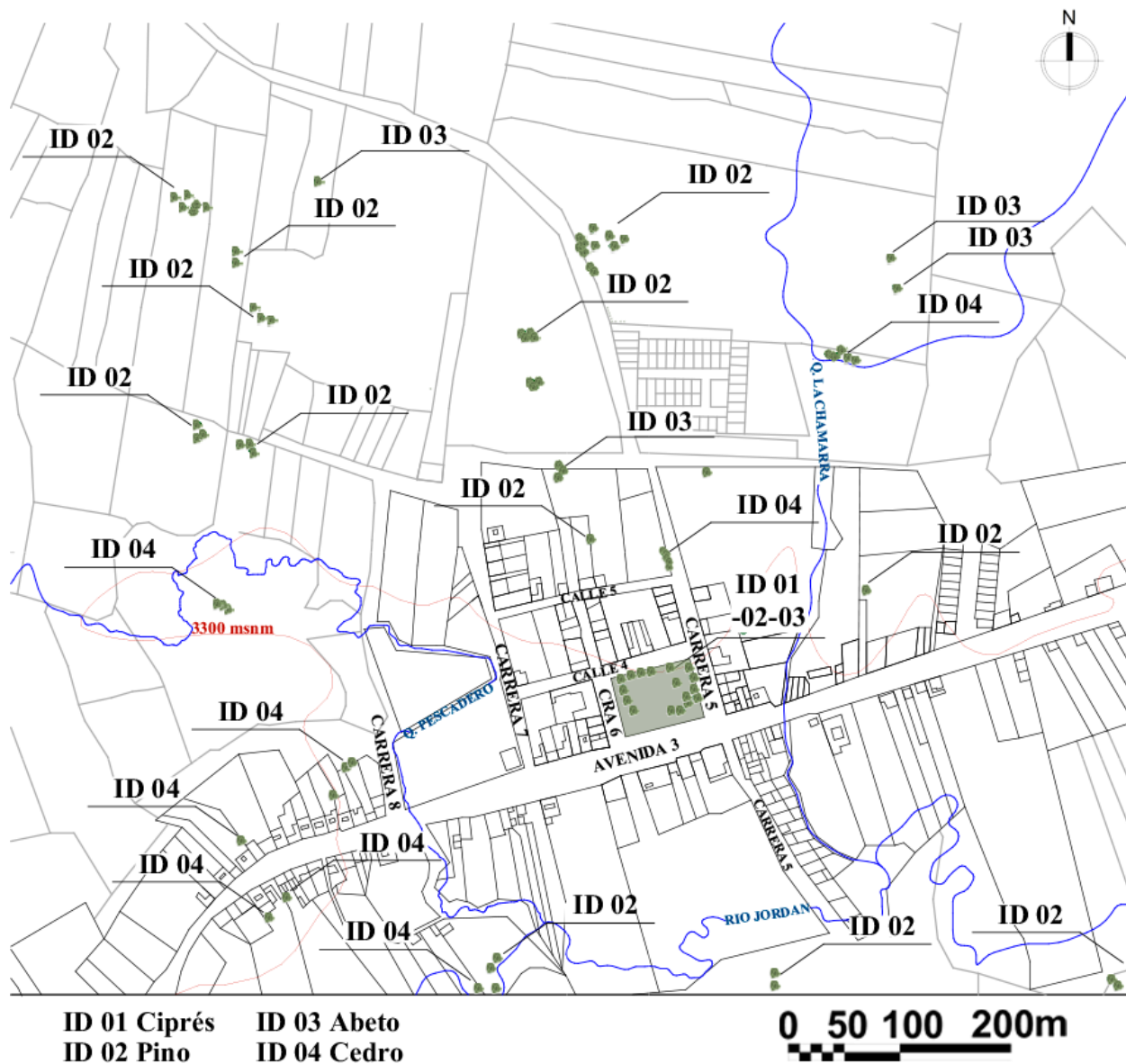


Figura 24. *Flujo de agua sobre Vía terciaria.*



6.2 Vegetación

Se puede afirmar que el corregimiento se caracteriza por poseer paisaje del páramo con poca cobertura vegetal que varía entre los 8 a 20 metros, sumado a la presencia de cultivos agrícolas, como se observa en la siguiente figura en donde se ubican los árboles representativos:

Figura 25. Árboles representativos de Berlín.

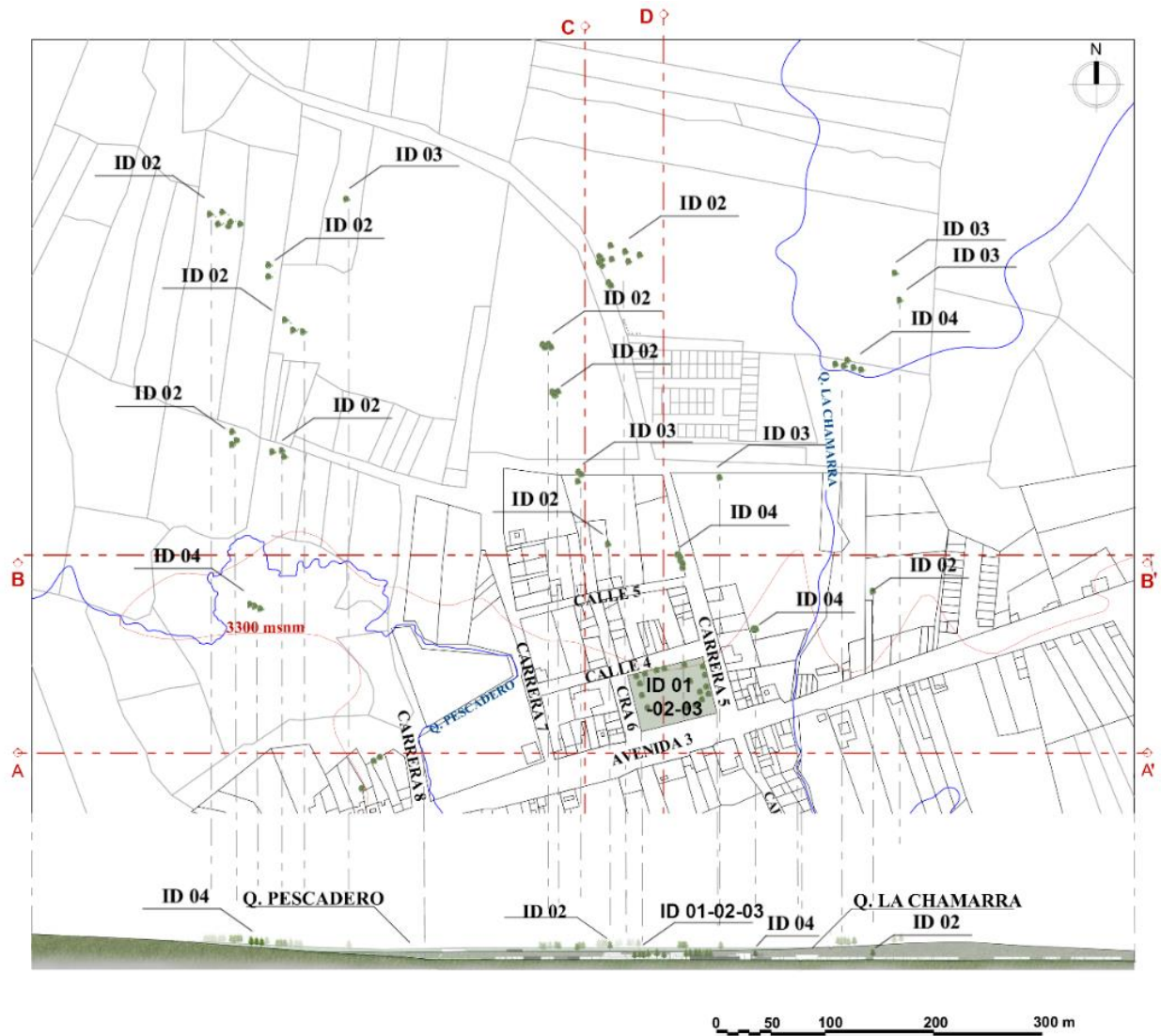
Nota: Adaptado de IGAC

6.2.1 Cortes Paisajísticos

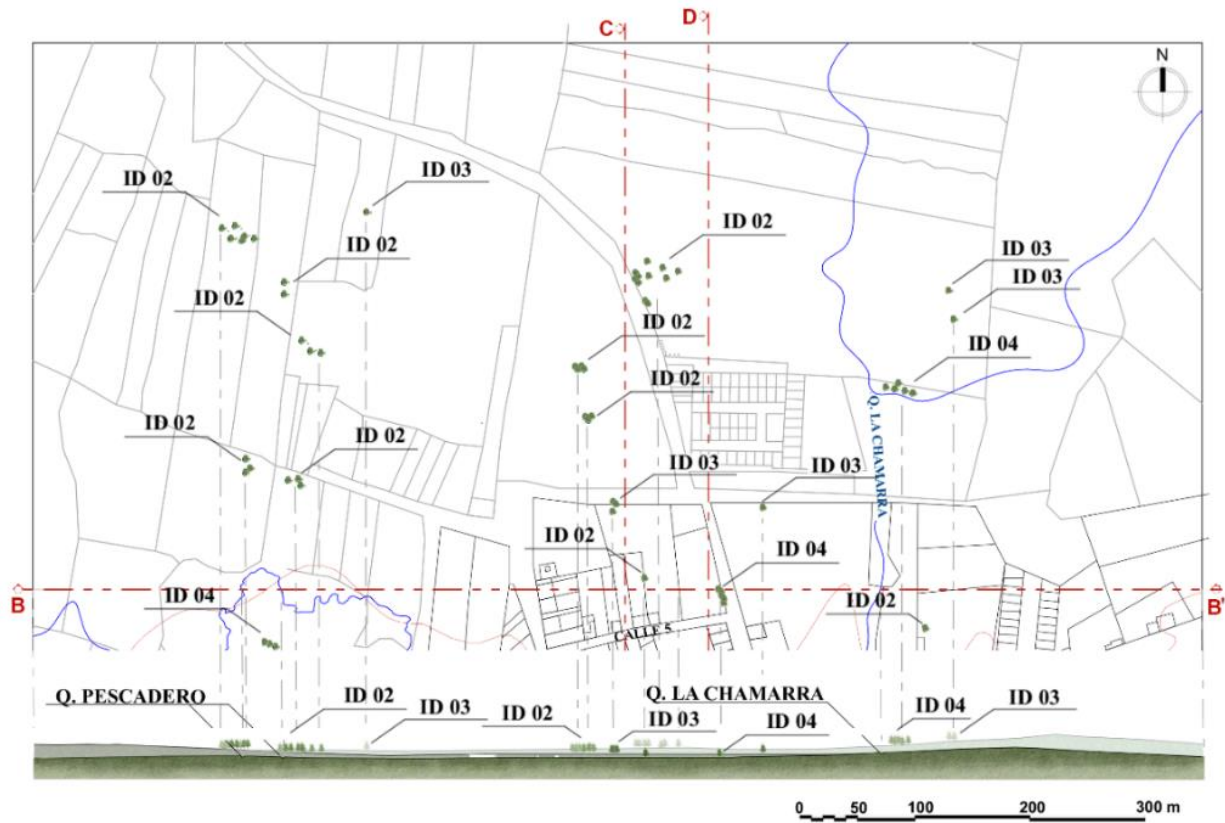
Con el fin de revelar el paisaje tipo páramo con pocas especies de árboles que se adaptan al clima del corregimiento y debido a la falta de información planimétrica de tipo oficial se realizan

2 cortes en dirección sur – norte y 2 cortes en dirección este – oeste tomando como referencia el IGAC.

Figura 26. Corte paisajístico A-A´ sentido este – oeste.

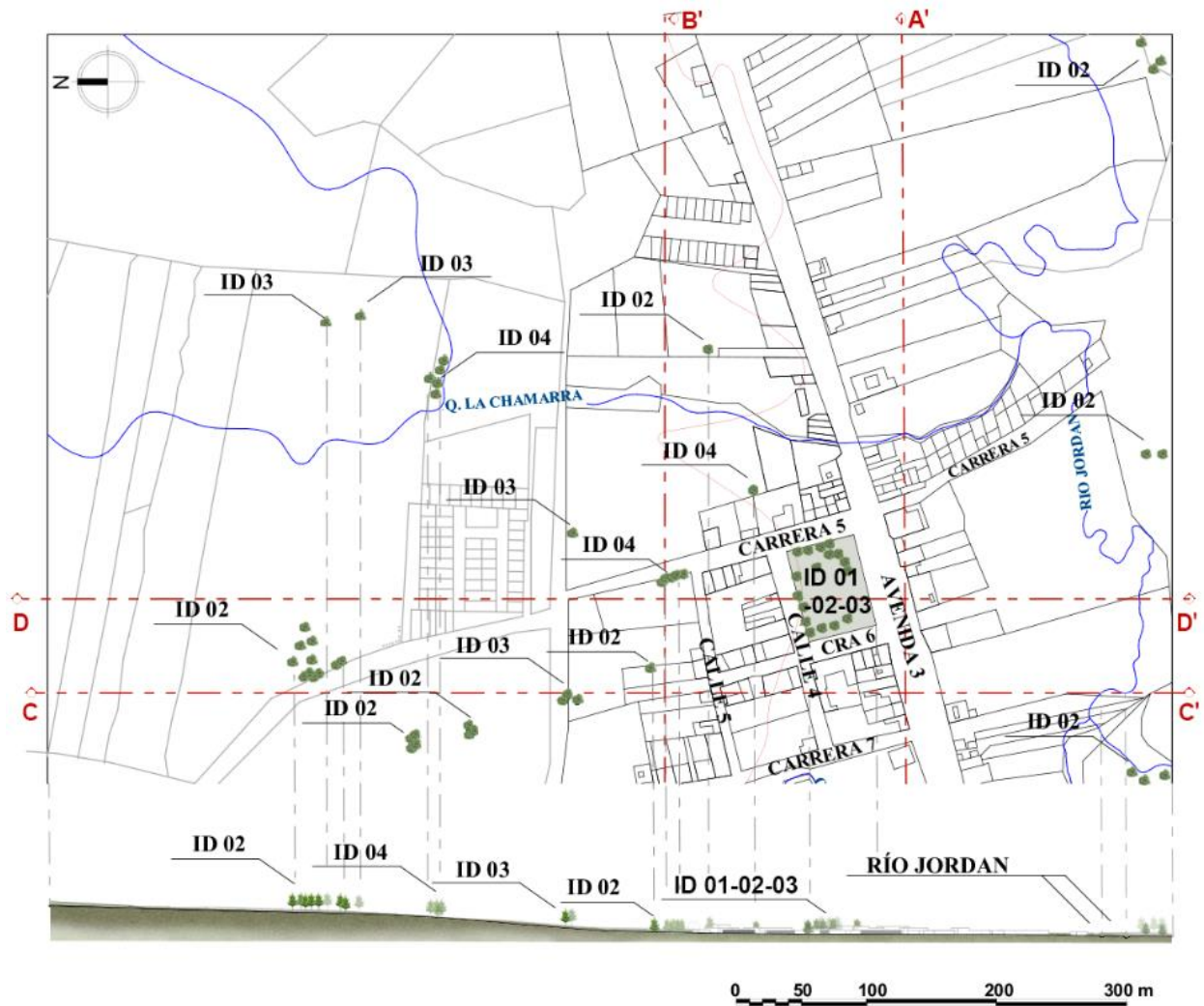


Nota: Adaptado de IGAC.

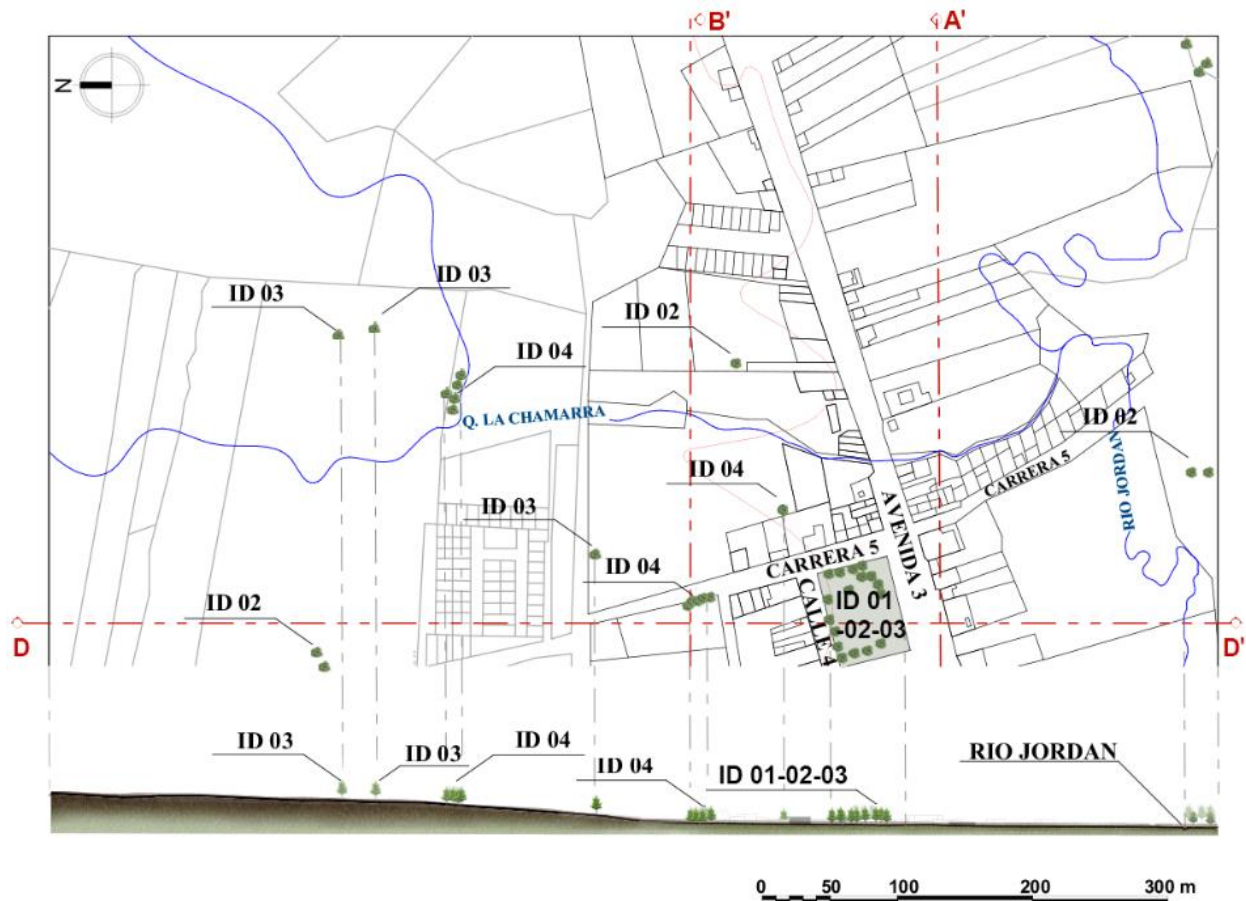
Figura 27. Corte paisajístico B-B' sentido este – oeste.

Nota: Adaptado de IGAC.

Figura 28. Corte paisajístico C-C' sentido norte- sur.



Nota: Adaptado de IGAC.

Figura 29. Corte paisajístico D-D' sentido norte – sur.

Nota: Adaptado de IGAC.

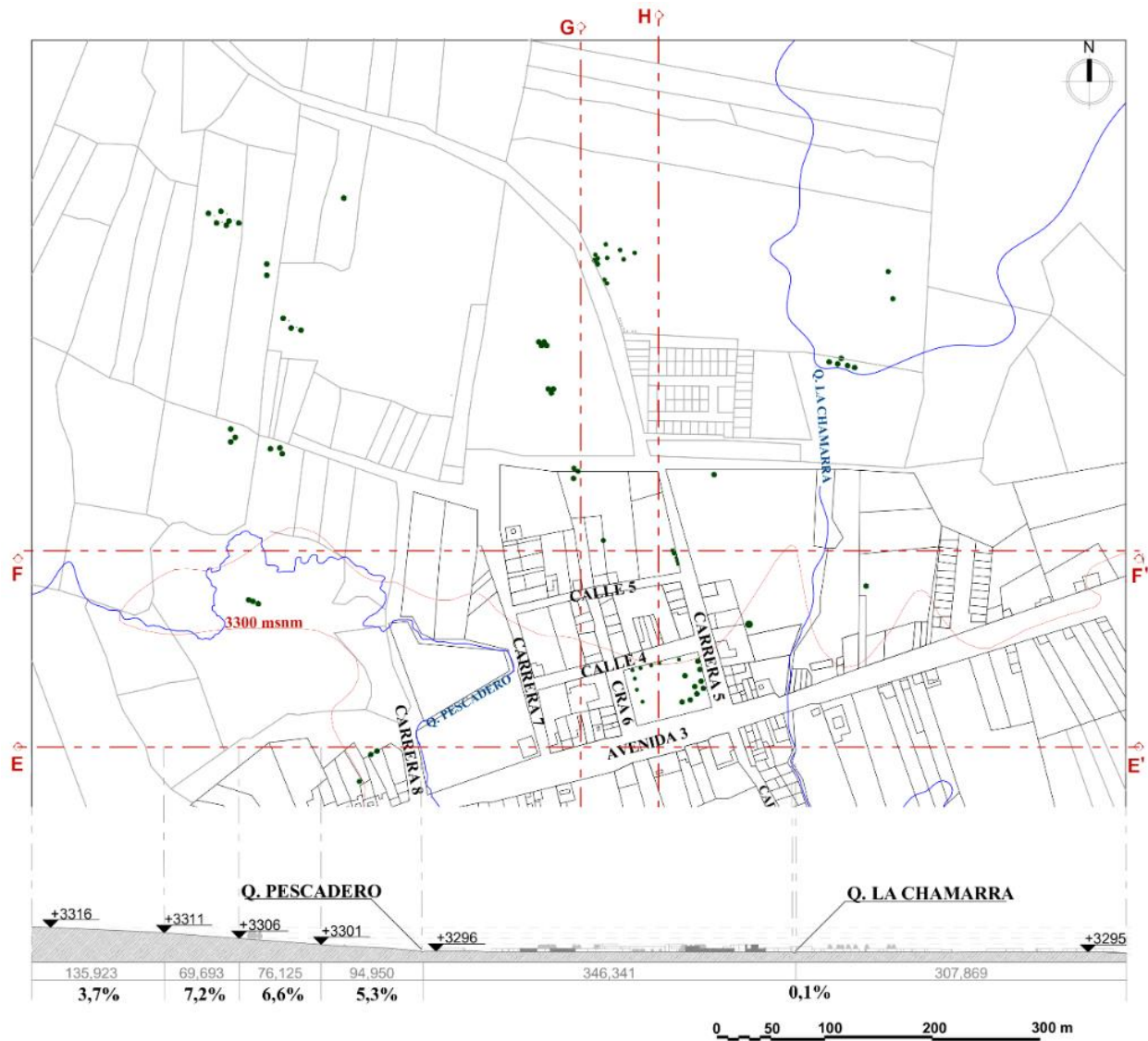
Una vez analizados los cortes correspondientes se evidencia la poca presencia de vegetación en la zona central del corregimiento, además de un amplio rango de zonas dedicadas a cultivos y ganadería.

6.2.2 Cortes Topográficos

Con el fin de representar las distintas pendientes que se presenta en el corregimiento y debido a la falta de información planimétrica de tipo oficial, se realizan 2 cortes en dirección sur – norte y

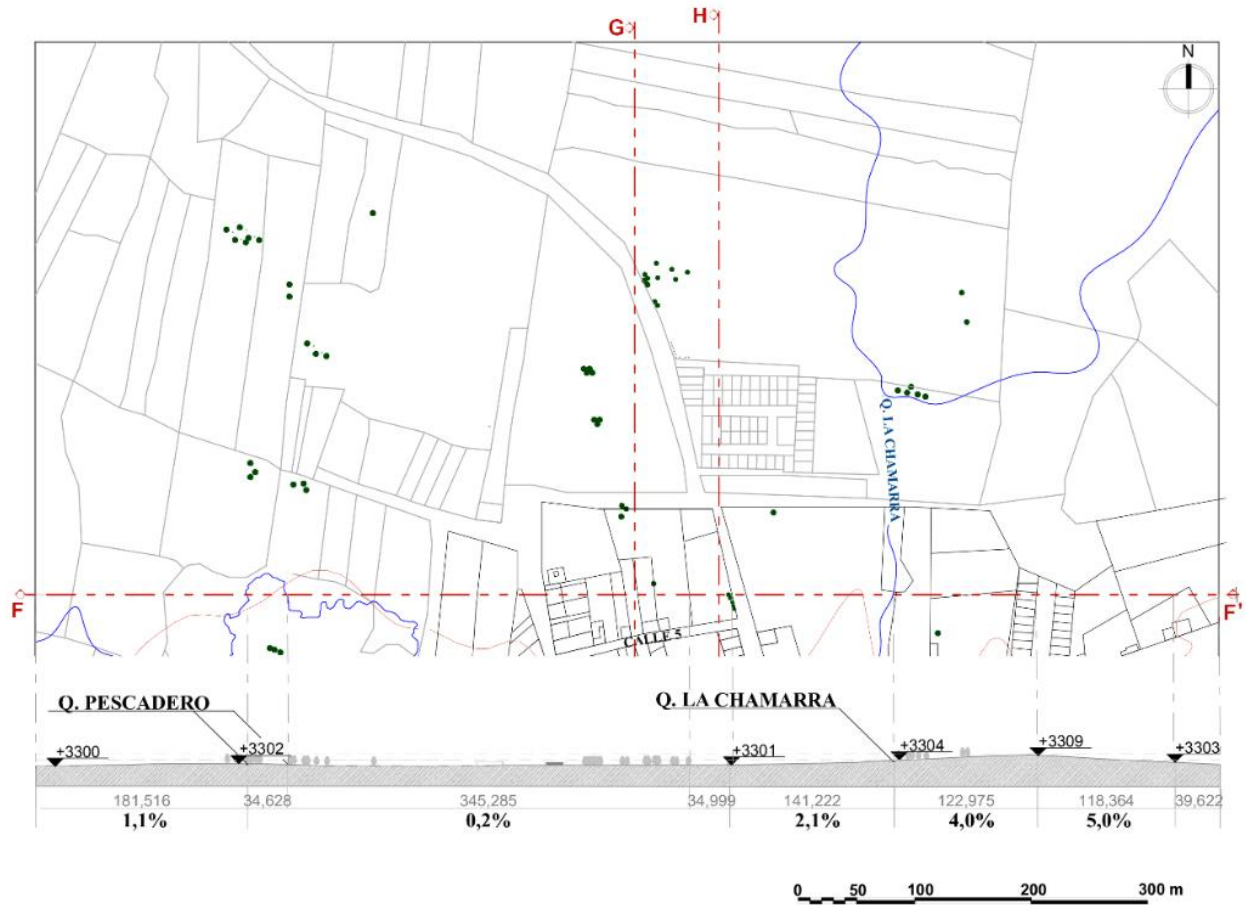
2 cortes en dirección este – oeste tomando como referencia el IGAC, sobre estos se evidencian los metros sobre el nivel del mar y las fuentes hídricas encontradas.

Figura 30. Corte topográfico E-E' sentido este – oeste.



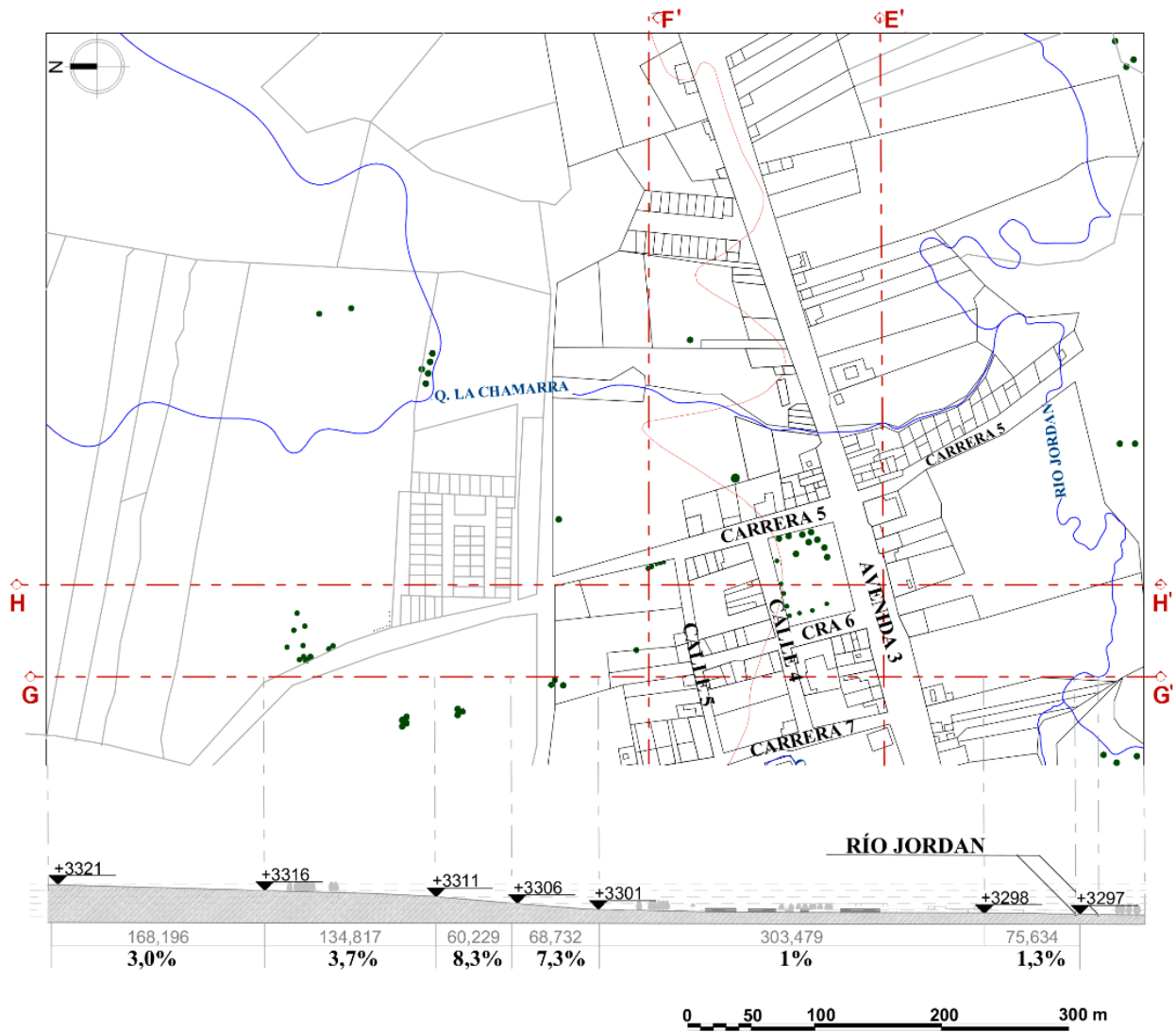
Nota: Adaptado de IGAC.

Figura 31. Corte topográfico F-F' sentido este – oeste.



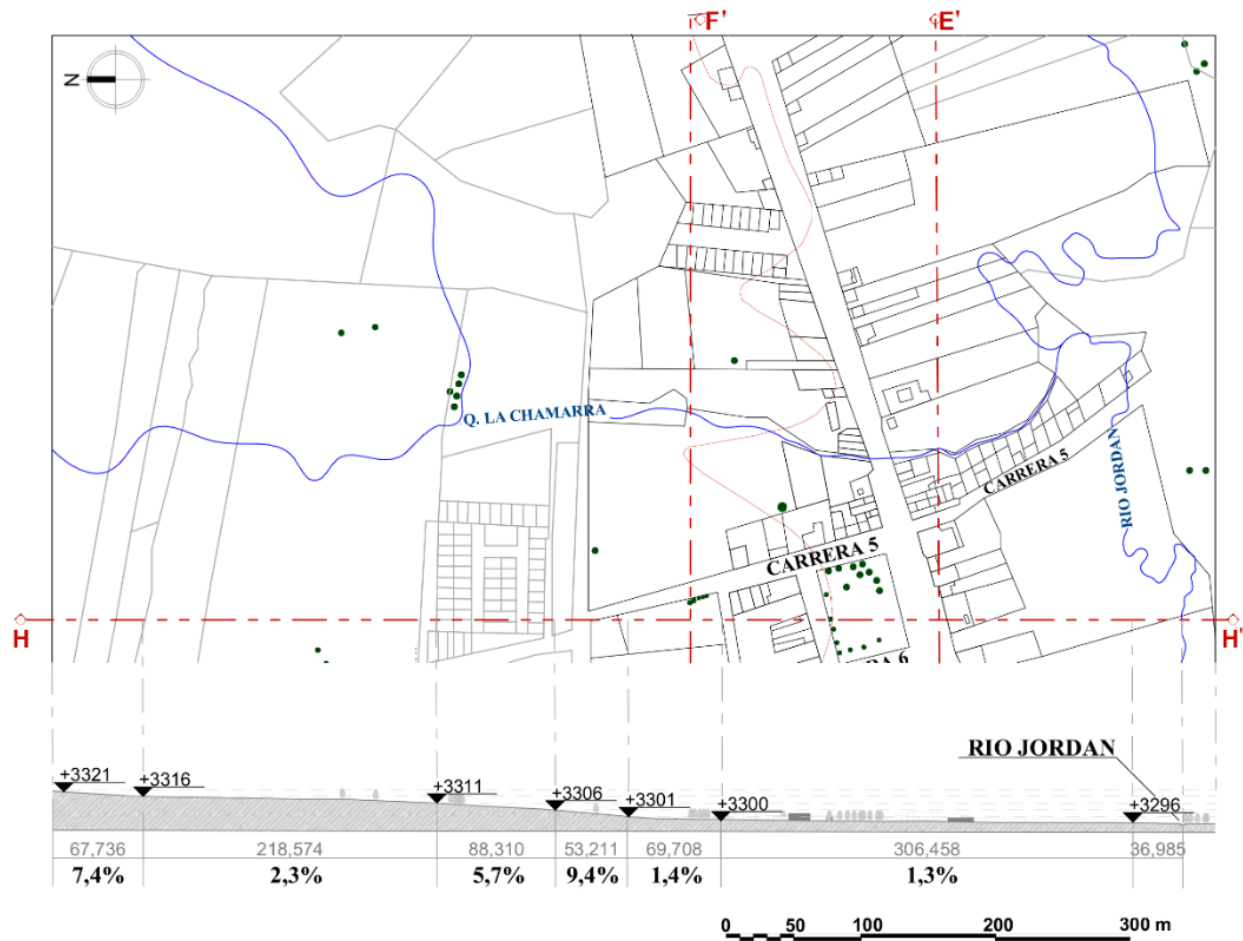
Nota: Adaptado de IGAC.

Figura 32. Corte topográfico G-G' sentido norte – sur.



Nota: Adaptado de IGAC.

Figura 33. Corte topográfico H-H' sentido norte – sur.



Nota: Adaptado de IGAC.

Una vez analizados los cortes correspondientes se evidencia que la pendiente mayor encontrada es de 9,4%, es decir, presentan pendientes bajas.

7. Análisis Urbano del Corregimiento de Berlín

7.1 Planimetría del Corregimiento

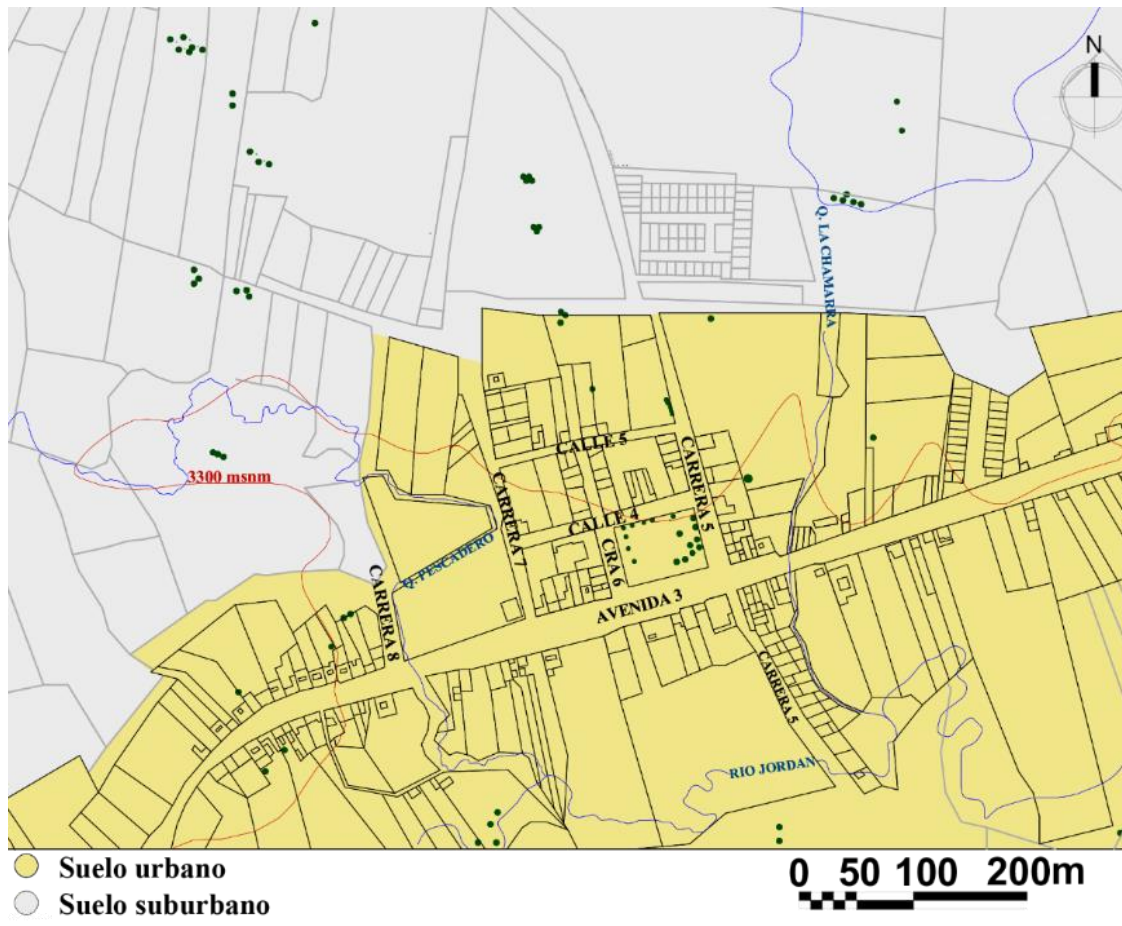
Debido a la falta de una normativa actualizada, la planimetría del corregimiento e interpretación de esta es de elaboración propia con datos extraídos del Instituto de geográfico Agustín Codazzi (IGAC), pues el ultimo esquema de ordenamiento territorial (EOT) del municipio de Tona data del año 2003, lo que se traduce en información no verídica para la presente investigación.

Tabla 17. *Datos generales del corregimiento de Berlín.*

LATITUD	LONGITUD	ELEVACION	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO
7°N	72°O	3310	SANTANDERA	TONA

7.1.1 *Uso Actual del Suelo de Berlín*

Figura 34. *Uso del suelo.*

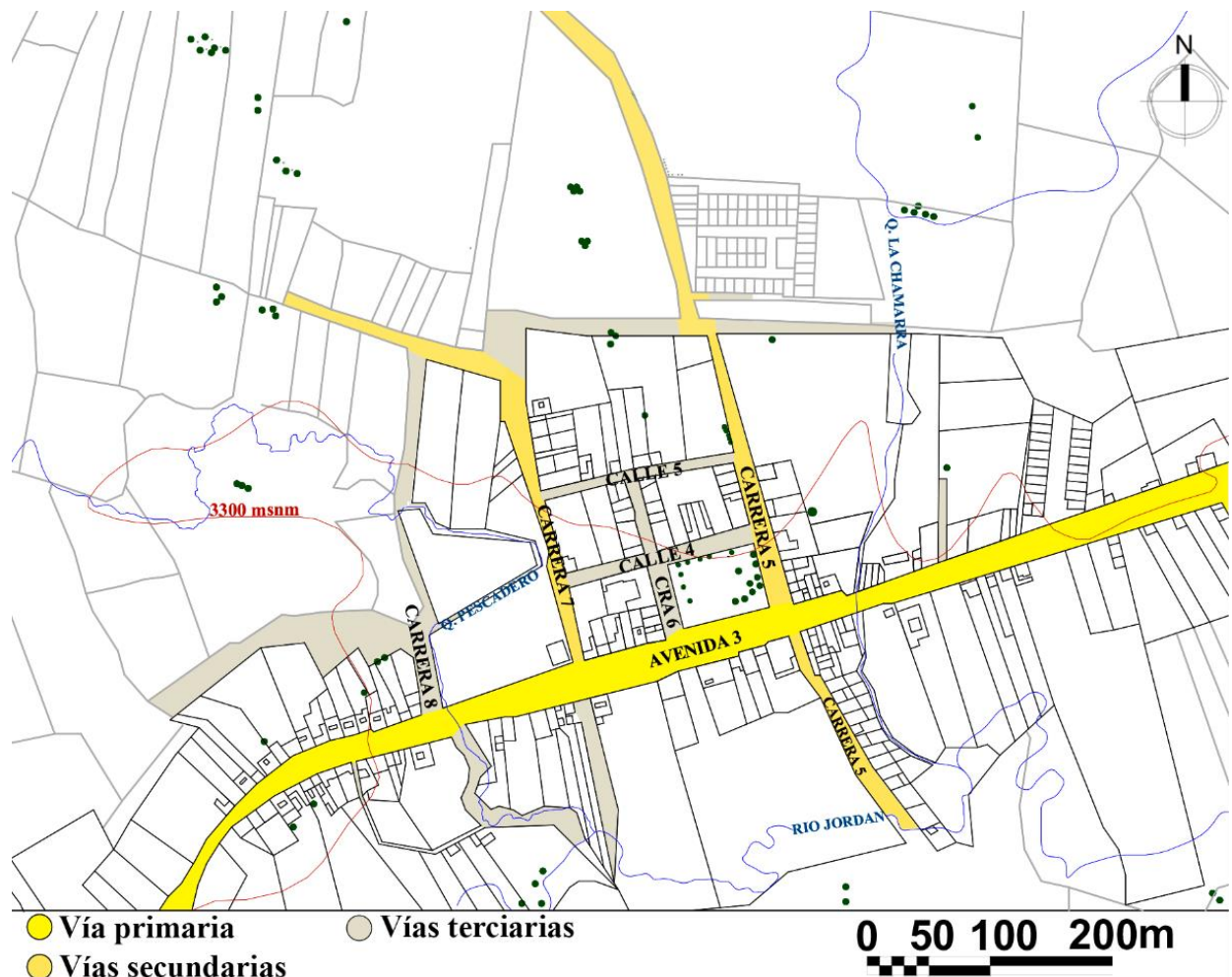


Nota: Adaptado de IGAC

El corregimiento está compuesto por 12 manzanas en su mayoría emplazadas a lo largo de la avenida 3, con un área aproximada de 377.611,43 m², siendo el segundo centro urbano más relevante del municipio después de Tona, debido a su ubicación geográfica, además del interés comercial y turístico del mismo.

7.1.2 Sistema Vial del Corregimiento

Figura 35. Sistema vial de Berlín.



Nota: Adaptado de IGAC

El corregimiento cuenta con una vía nacional denominada Avenida 3 que conecta el municipio de Bucaramanga con Cúcuta, la cual es de doble sentido y está correctamente pavimentada e iluminada, sin embargo, posee con una precaria franja vegetal y peatonal. Por otro lado, tiene con dos vías secundarias correspondientes a la carrera 5, la cual comunica el corregimiento con el municipio de Vetás, y la carrera 7, ambas se encuentran contiguas al parque principal, sin embargo,

estas no están pavimentadas al igual que el resto de las vías locales, incrementando los problemas de movilidad y accesibilidad.

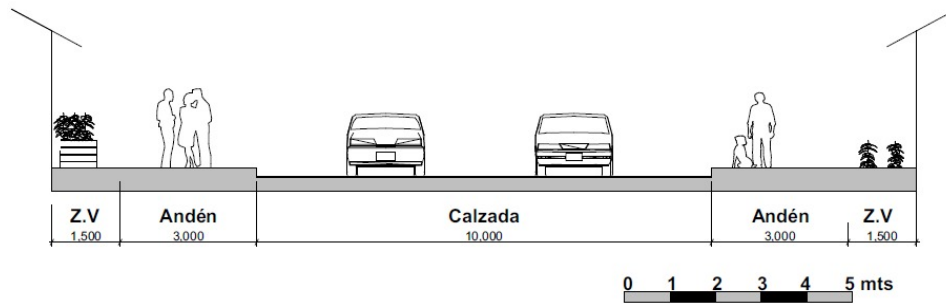
7.1.2.1 Perfiles Viales Propuestos por el POT. El Esquema de ordenamiento territorial de Tona, Santander establece las características viales del corregimiento de Berlín como se muestra en la tabla 19, en las cuales se destacan aspectos importantes como la implementación de zonas verdes, iluminación pública y mobiliario urbano, sin embargo, debido a la fecha de actualización se estudiará su viabilidad a la hora de ser proyectados de forma complementaria a la vivienda.

Tabla 18. *Características viales de Berlín.*

VÍA			SECCIÓN				OTROS		
Clasificación	Nombre	Sentido	Vía	Andén	Zona verde	Vía paralela	Andén	Voladizo	Amoblamiento
Vía Nacional	Avenida 3	Doble	10 mts	3 mts	1.5 mts	6 mts	1.5 mts	0.5 mts	Iluminación pública, bancas, zonas verdes
Vía secundaria	Carrera 5 Carrera 7	Doble	8 mts	2 mts	1 mts			0.5 mts	Iluminación pública
Vías locales	Vías internas	Doble	7 mts	1 mts				0.5 mts	Iluminación pública

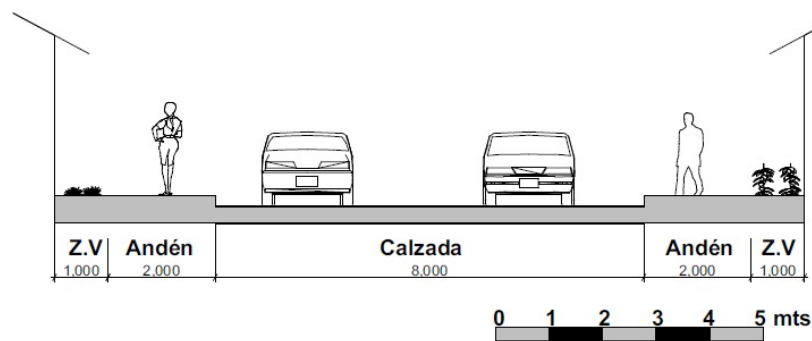
Nota: Adaptado de EOT (2003).

Figura 36. Perfil vía nacional planteado por el EOT.



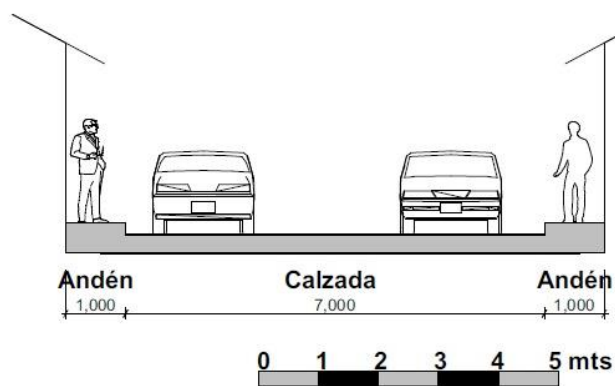
Nota: Adaptado de EOT (2003).

Figura 37. Perfil vía secundaria planteado por el EOT.



Nota: Adaptado de EOT (2003).

Figura 38. Perfil vía local planteado por el EOT.



Nota: Adaptado de EOT (2003).

7.1.2.2 Perfiles Viales Existentes. A continuación, se añaden imágenes que demuestran el estado actual de las vías.

Figura 39. *Vía primaria, Avenida 3.*



Figura 40. *Vía secundaria, Cra 7.*



Figura 41. *Intersección Cra 6 con Calle 4.***Figura 42** *Vía terciaria.*

A diferencia de lo estipulado en la caracterización vial dada por el EOT, lo que se observa a lo largo del corregimiento corresponde a perfiles que no cuentan con franjas peatonales, zonas verdes o algún tipo de mobiliario urbano, situación que genera un nivel de riesgo tanto para el peatón como para los habitantes de viviendas contiguas a estas vías, especialmente la Avenida 3, la cual es de carácter nacional por lo que mantiene un flujo constante de tráfico pesado.

7.1.3 Actividades del Suelo

Figura 43. *Actividades del suelo.*



Nota: Adaptado de IGAC

La mayor parte del área del corregimiento se utiliza en el cultivo de cebolla junca, otro tipo de actividad agrícola y la ganadería, esto debido a que es su fuente de economía primaria. También se encuentran viviendas de baja altura con materiales como tapia pisada, teja de barro, al igual que edificaciones en ladrillo y concreto, según el PDD del municipio de Tona (2016, pp. 65-67) y como se muestra en las tablas 20 y 21; al igual que zonas productivas, zonas de tipo dotacional como el

centro de salud y la estación de policía, y por último zonas destinadas al comercio que se encuentran principalmente a lo largo de la Avenida 3 debido al flujo continuo de vehículos.

Figura 44. Vivienda en Berlín, Santander.



7.1.3.1 Vivienda. En el presente apartado se establece una caracterización de los materiales usados en la vivienda del corregimiento.

Tabla 19. Materiales para paredes, viviendas del corregimiento de Berlín.

MATERIAL PARA PAREDES	POBLACIÓN EN BERLÍN
Bloque, ladrillo, piedra, madera pulida	728 Personas /210 Hogares
Tapia pisada, adobe	342 personas /95 hogares
Bahareque	87 personas / 23 hogares
Material prefabricado	0
Madera burda, tabla, cañón	0
Guadua, caña, esterilla, otro vegetal	0

Nota: Adaptado de PDD del municipio de Tona (2016, pp. 65-67) que los toma a su vez de la base de datos del SISBEN del dic 2015.

Tabla 20. *Materiales para piso, viviendas del corregimiento de Berlín.*

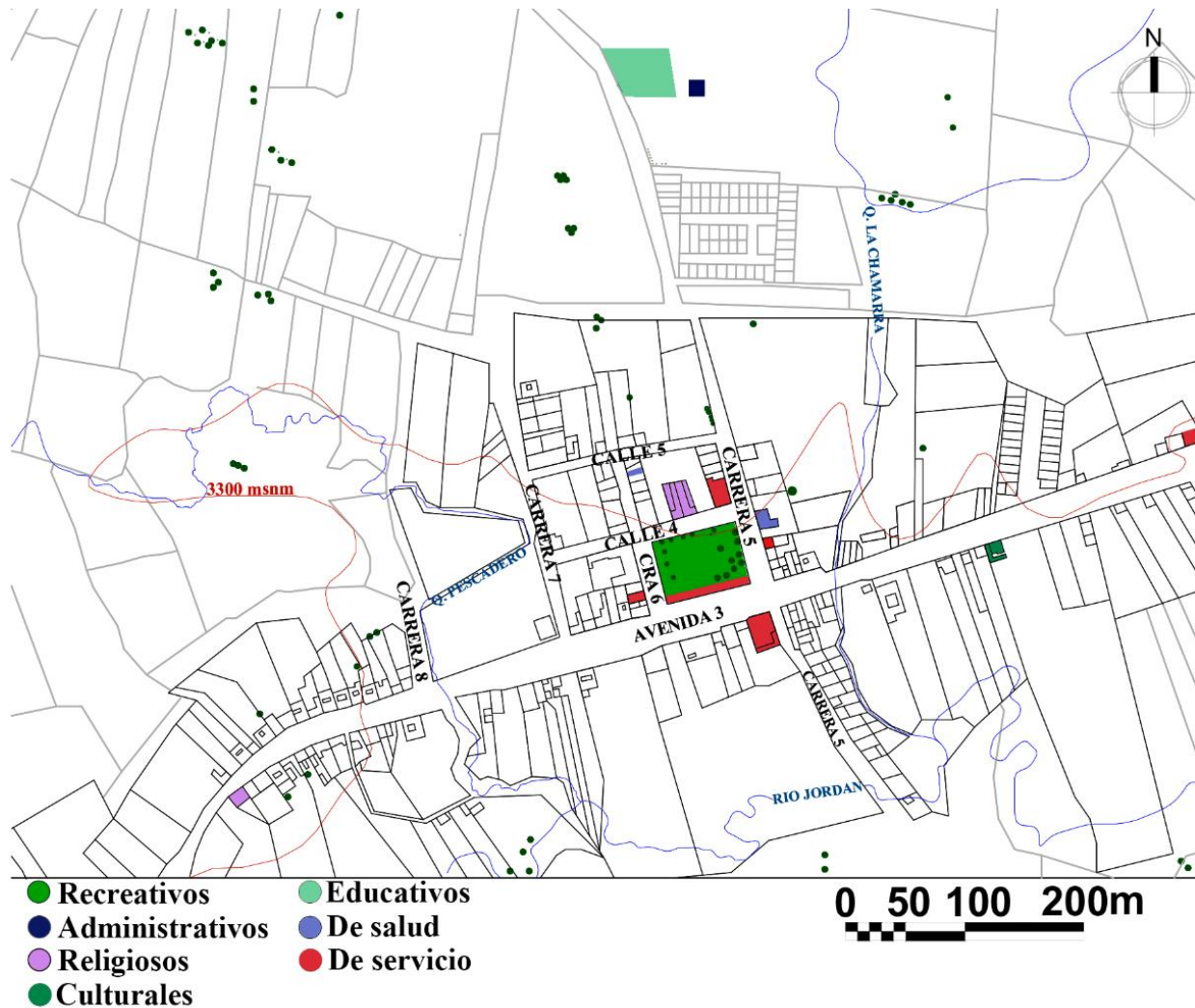
MATERIAL PARA PISO	POBLACIÓN EN BERLÍN
Alfombra o tapete, mármol, parqué, madera pulida y lacada	0
Baldosa, vinilo, tableta o ladrillo	55 hogares
Cemento o gravilla	242 hogares
Material burda, madera en mal estado, tabla o tablón	2 hogares
Tierra o arena	30 hogares
Otro	1 hogar

Nota: Adaptado de: PDD del municipio de Tona (2016, pp. 65-67) que los toma a su vez de la base de datos del SISBEN del dic 2015.

De acuerdo con la información anterior, se destacan como materiales para paredes el bloque, ladrillo, piedra, madera pulida, tapia pisada, adobe y bahareque; y para piso la baldosa, el cemento o gravilla, y tierra o arena; de esta manera, se puede afirmar que la mayoría de las viviendas no presentan ningún tipo de aislamiento térmico o control bioclimático.

7.1.4 Sistema de Equipamiento

Figura 45. Sistema de equipamientos de Berlín.



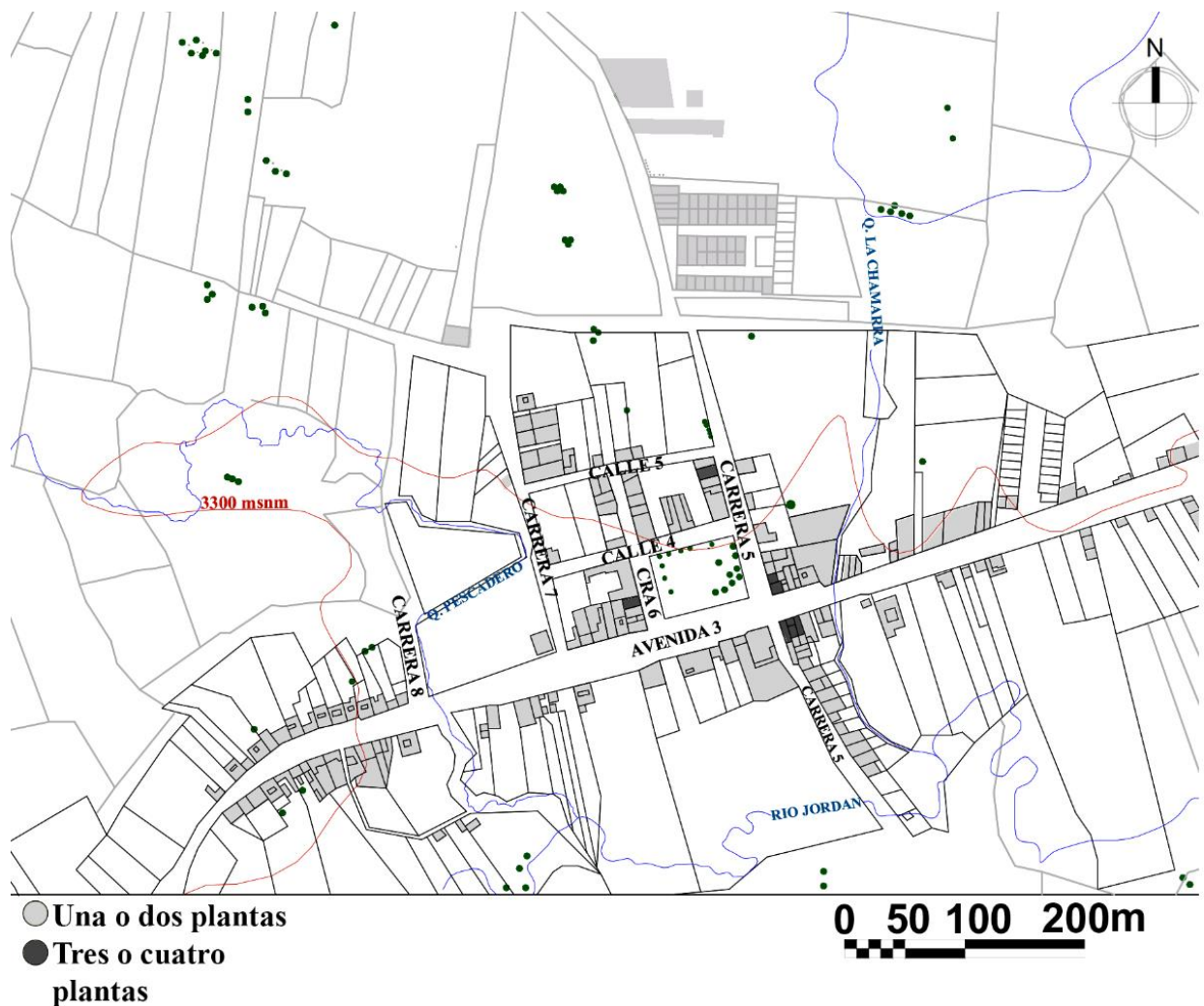
Nota: Adaptado de IGAC

En el corregimiento de Berlín se encuentran equipamientos urbanos que tienen como fin la prestación de servicios sociales, se subdividen y localizan en administrativos, comerciales, religiosos (la iglesia principal y casas de reunión), culturales (Casa de Cultura), educativos (Colegio), de salud (centro de salud), de servicio, funerarios y de telecomunicaciones. Respecto a

zonas verdes y espacio público, cuentan con el parque principal ubicado sobre la Avenida 3. En general se puede afirmar que los equipamientos cumplen con las especificaciones de funcionalidad y cobertura (EOT, 2002, p. 48).

7.1.5 Alturas de las Edificaciones

Figura 46. Alturas de las edificaciones.



Nota: Adaptado de IGAC

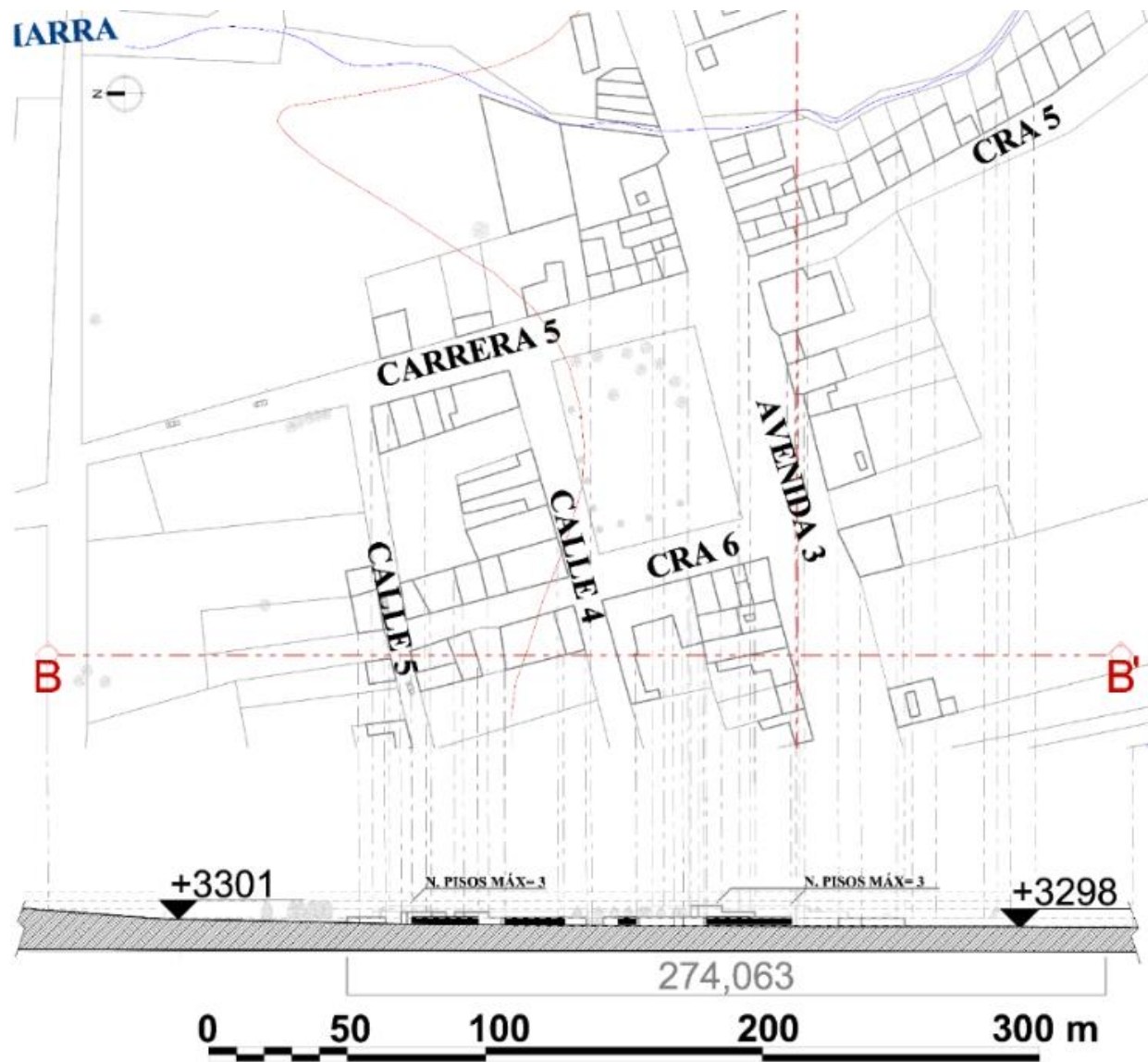
El corregimiento se caracteriza por poseer edificaciones de baja altura con amplias zonas dedicadas a la agricultura y el comercio, siendo la mayor de 3 pisos que se observa en 4 edificaciones de tipo comercial y vivienda.

7.1.6 Cortes Técnicos

Figura 47. Corte técnico A-A' sentido este – oeste.



Nota: Adaptado de IGAC

Figura 48. Corte técnico B-B' sentido norte – sur.

Nota: Adaptado de IGAC

Se realizan dos cortes técnicos, uno en dirección sur – norte y otro en dirección este – oeste, para observar las alturas máximas y tipologías de las edificaciones, en donde se encuentra que la cantidad de pisos máximo son 3, los cuales corresponden a 2 viviendas y 2 edificaciones de tipo mixto ubicadas de manera contigua a la Avenida 3, que presentan usos residenciales y comerciales respectivamente.

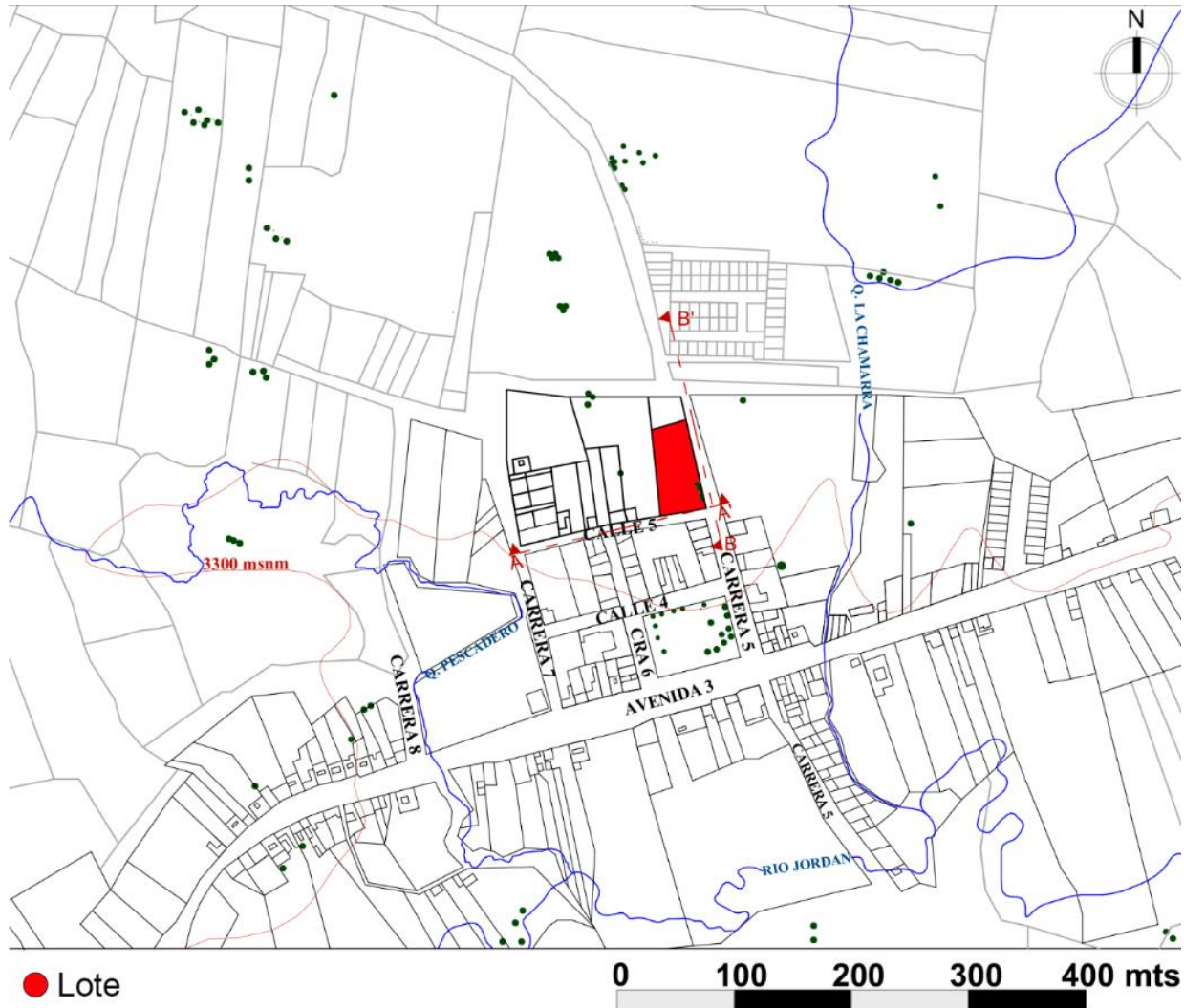
7.1.7 Conclusiones Planimetría del Corregimiento

Tabla 21. Conclusiones del componente urbano.

VARIABLE	PDD MUNICIPIO DE TONA	EOT MUNICIPIO DE TONA	IGAC
Uso actual del suelo			Compuesto por 12 manzanas a lo largo de la avenida 3
			Área: 377611,43m ²
Sistema vial			Vía nacional: Avenida 3, la cual conecta Bucaramanga con Cúcuta
			Vías secundarias (no pavimentadas): Carrera 5 y Carrera 7
			Vías locales
Perfiles viales existentes			Perfil de la vía nacional: 10m
			Perfil de las vías secundarias: 8m
			Perfil de las vías locales: 7m
Actividades del suelo			Comercial: Cebolla
			Vivienda de baja altura
			Dotacional
			Agrícola

7.2 Análisis del Lote

Figura 49. Lote del proyecto.



Nota: Adaptado de IGAC

Consiste en un lote esquinero localizado sobre el sector Nororiental del corregimiento, en las coordenadas de latitud $7^{\circ}11'16.86''N$ y longitud $72^{\circ}52'40.52''O$, con un área de 2696,20 m², el cual no presenta una pendiente predominante debido a la morfología general del corregimiento y según el EOT es de uso residencial para viviendas con densidad media. Se encuentra inmediato a una vía

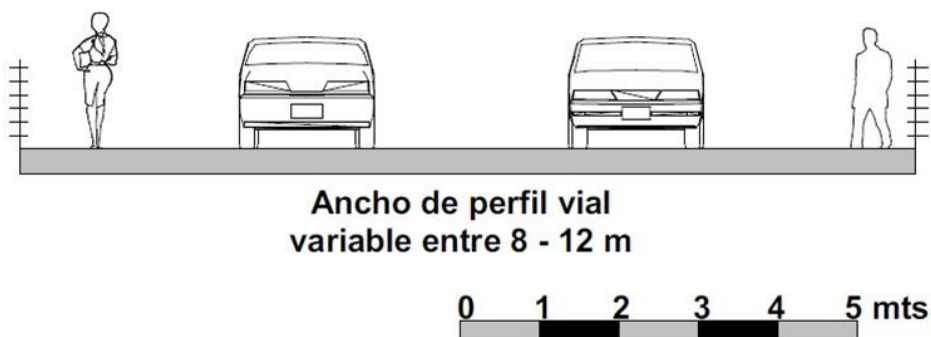
de acceso secundaria (carrera 5), y una de tipo local (calle 5), en ambos casos las vías presentan doble calzada, se encuentran sin pavimento y en mal estado. Por otro lado, la accesibilidad al mismo se ve determinada por el sistema de buses intermunicipales de empresas o la adquisición de un vehículo particular (carro o moto).

Tomando en consideración lo mencionado anteriormente, se elige el lote bajo los siguientes criterios:

- La accesibilidad a la vivienda
- El aislamiento considerable a los cuerpos de agua.
- Uso actual del suelo de Berlín
- La orientación de la morfología del lote, cuya cara más larga se orienta hacia el este – oeste, permitiendo que la vivienda reciba la mayor captación de radiación solar posible, cumpliendo los parámetros establecidos por la arquitectura bioclimática.

7.2.1 Perfil Vial Existente

Figura 50. Perfil vial existente Calle 5 y Carrera 5.

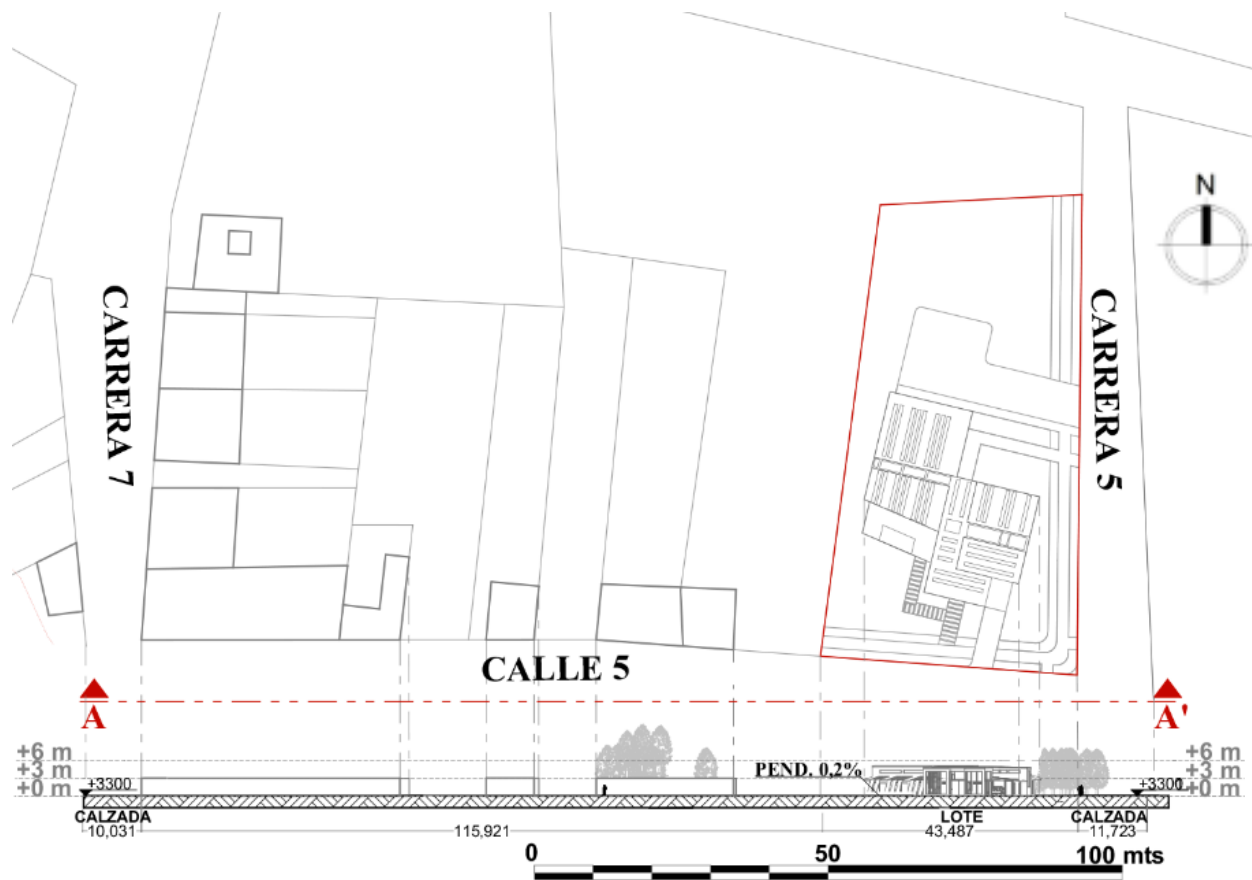


Nota: adaptado de EOT

Se observa la diferencia entre el perfil vial propuesto por el EOT en comparación con lo existente, en donde la calle 5 y carrera 5, no cuentan con franjas peatonales, de vegetación, mobiliario y tampoco se encuentran pavimentadas.

7.2.2 Alzados técnicos

Figura 51. Alzado técnico calle 5.



Nota: Adaptado de IGAC.

7.2.3 Indicadores Urbanos

Debido a que el corregimiento no presenta un EOT actualizado, se toma como referencia el EOT del municipio de Vetas del año 2015, pues se encuentra cercano a Berlín a una distancia aproximada de 25 km, además, presenta condiciones climatológicas, urbanas y sociales similares según datos de la Corporación De Tecnologías Ambientales Sostenibles (2015) al contar con una población de “703 habitantes en el área urbana, 1161 en la zona rural” (p.14), y además con “167 viviendas construidas en el casco urbano” (Moreno y Carreño, 2019, p.51). Entre los puntos a tomar como referencia para la construcción de una vivienda, se encuentra un índice de ocupación igual a 0,7 y de construcción de 3,0, añadiendo lo referente a la tabla mostrada a continuación.

Tabla 22. Índices.

USO O ÁREA DE ACTIVIDAD	OCUPACIÓN	CONSTRUCCIÓN
RESIDENCIAL	0,7	3
COMERCIAL Y SERVICIOS	0,7	3
INSTITUCIONAL Y DOTACIONAL	0,7	3,3
INDUSTRIAL	0,6	2

Nota: Adaptado de Corporación De Tecnologías Ambientales Sostenibles (2015, p.45).

Tabla 23. Aislamientos y parqueaderos.

AISLAMIENTOS	LATERAL	R3 5.0m con vista
	POSTERIOR	R1 Y R2 2.0m - 5.0m
		R3 5.0m
	LADO MENO/PATIO INTERIOR	R1 Y R2 2.0m
		R3 4.0
	CONJUNTOS	CONTRA PREDIOS VACINOS
		R3 7.0m
ENTRE EDIFICACIONES DEL CONJUNTO		R1 Y R2 5.0m
		R3 7.0m

PARQUEADEROS	PUBLICOS	1/7 VIV
		1/10 VIVI
		1/15 VIV
	PRIVADOS	1/60 VIVI
		1/1 VIV
		1/3 VIV
		1/8 VIV
		1/120 m ²

Nota: Adaptado de Corporación De Tecnologías Ambientales Sostenibles (2015, p.45).

Tabla 24. Cesiones.

	USO O ÁREA DE ACTIVIDAD	EQUIPAMIENTO COMUNAL PRIVADO
TIPO B PRIVADA (SOBRE AREA CONSTRUIDA)	RESIDENCIAL	15 M2 POR CATA 80M2
	COMERCIAL Y SERVICIOS	
	INSTITUCIONAL Y DOTACIONAL	
	INDUSTRIAL	

Nota: Adaptado de Corporación De Tecnologías Ambientales Sostenibles (2015, p.45).

7.2.4 Conclusiones del Lote

Tabla 25. Conclusiones del lote.

VARIABLES	EOT TONA	IGAC	EOT VETAS
Coordenadas	Latitud 7°11'16.86"N		
	Longitud		72°52'40.52"O
Área	2696,2 m ²		
Pendiente	1% (carrera 5)		
	0,2% (Calle 5)		
Uso	Residencial para viviendas con densidad media		
Accesibilidad	Carrera 5 (Secundaria doble calzada)		
	Calle 5 (Local doble calzada)		

VARIABLES	EOT TONA	IGAC	EOT VETAS
Determinantes para escoger el lote	Accesibilidad		
	Aislamiento de cuerpos de agua		
	Uso del suelo		
	Orientación		
Vegetación	Pino		
Indicadores urbanos	Índice de ocupación: 0,7		
	Índice de construcción: 3,0		
	Cesiones: 15m2 cada 80m2		

8. Componente Climático del Corregimiento de Berlín

8.1 Tablas Climatológicas Promedio de Berlín

Tabla 26. Información general.

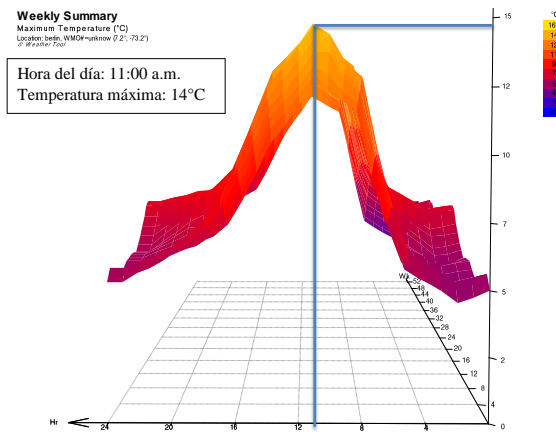
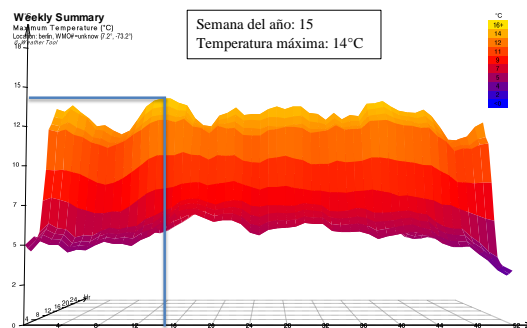
Latitud	Elevación	Entidad	Municipio	Fecha de instalación
7°N	3310	IDEAM	Tona	Agosto 21 de 2008
Longitud	Tipo de estación	Departamento	Estación	Fecha de proceso
72°O	CP	Santander	37015030 Berlin - AUT	Enero 15 de 2020

8.1.1 Promedios de Temperaturas Máxima, Media y Mínima (5 Años)

Tabla 27. Promedios de temperatura.

TABLA DE PROMEDIOS													
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	VL. ANUAL
MAXIMA	13,82	14,50	14,02	13,36	12,80	8,90	8,60	9,08	9,98	9,56	12,92	12,96	11,71
MEDIA	6,96	7,18	7,64	7,88	7,82	7,18	6,94	7,42	7,84	7,92	10,28	8,60	7,80
MINIMA	-0,22	-0,66	0,80	0,86	3,44	2,86	2,26	1,52	1,04	1,50	1,40	-1,54	1,11
PROMEDIO	6,85	7,01	7,49	7,37	8,02	6,31	5,93	6,01	6,29	6,33	8,20	6,67	6,87

Nota: Adaptado de datos recolectados de la estación meteorológica de Berlín del IDEAM.

Figura 53. Simulación en Ecotect de temperatura máxima con relación a las horas del día.**Figura 54.** Simulación en Ecotect de temperatura máxima con relación a las semanas del año.

Una vez simulados los datos correspondientes a la temperatura máxima en Ecotect, se concluye que a las 11 de la mañana se presentan los valores más altos llegando a los 14 °C aproximadamente; por otro lado, las primeras y últimas horas del día son las que presentan temperaturas más bajas llegando a los 5° C. En relación con las semanas del año, el pico más alto se presenta en la número 15, esta correspondería al mes de marzo, siendo el segundo mes con mayor temperatura.

Figura 55. *Valores máximos de temperatura.*

En esta figura se evidencia que, en los primeros meses del año, de enero a mayo, se dan las temperaturas más altas, en los meses intermedios, de junio a octubre, bajan de manera considerable, para volver a subir durante los últimos dos meses del año, noviembre y diciembre.

Continuando con la temperatura media las simulaciones realizadas presentan el pico más alto a las 12 del medio día llegando a 12°C, mientras que en las primeras y últimas horas del día se presentan temperaturas entre los 2°C y 5°C aproximadamente. Ahora bien, con respecto a las semanas del año, las numero 3 y 15, correspondientes a enero y marzo respectivamente, se presentan los puntos más altos.

Figura 56. Simulación en Ecotect de temperatura media con relación a las horas del día.

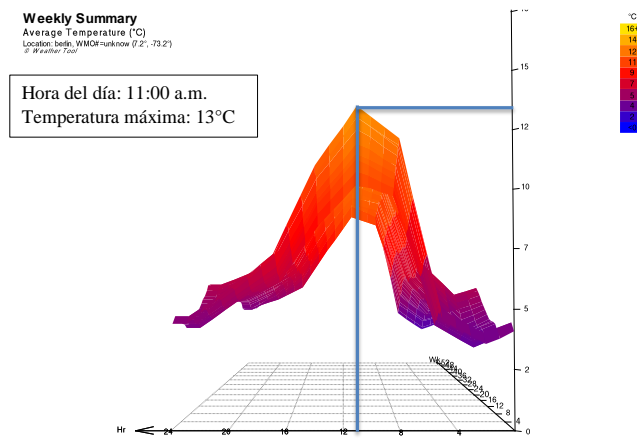


Figura 57. Simulación en Ecotect de temperatura media con relación a las semanas del año.

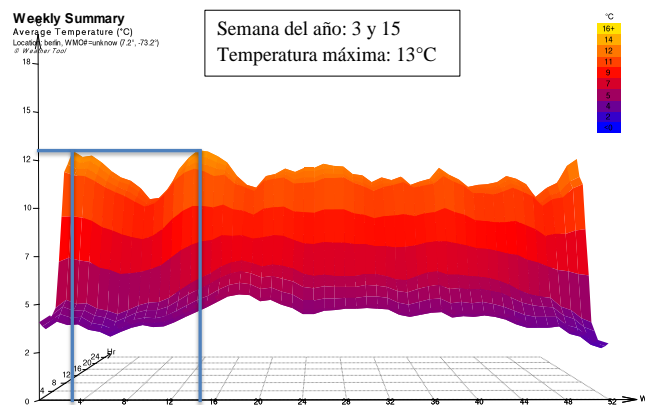
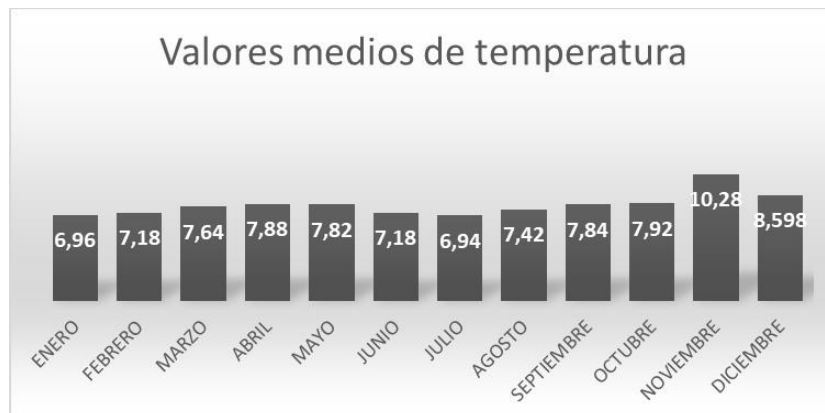


Figura 58. Valores medios de temperatura.



La figura anterior, permite evidenciar el pico de temperatura dado en el mes de noviembre con relación a los otros meses, en donde la diferencia entre un valor y otro no se expresa de manera tan notoria, y, por el contrario, se mantienen relativamente constantes.

Por último, se analiza la temperatura mínima del corregimiento en donde se concluye que a las 11 de la mañana se presenta la más alta llegando a los 12 °C aproximadamente; por otro lado, las primeras y últimas horas del día son las que presentan temperaturas más bajas llegando a los 3°C.

Figura 59. Simulación en Ecotect de temperatura mínima con relación a las horas del día.

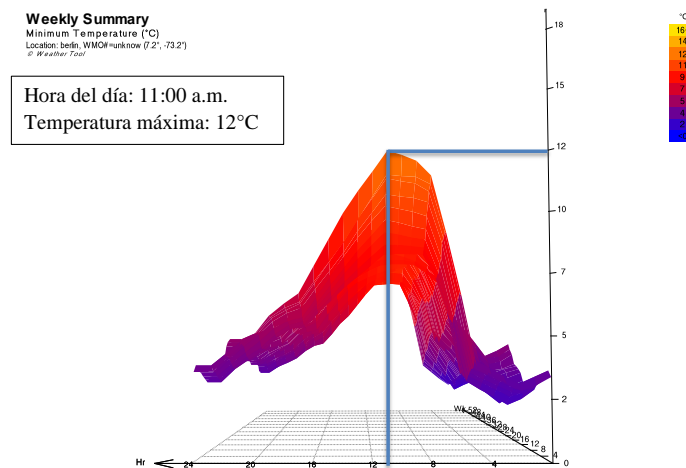


Figura 60. Simulación en Ecotect de temperatura mínima con relación a las horas del día.

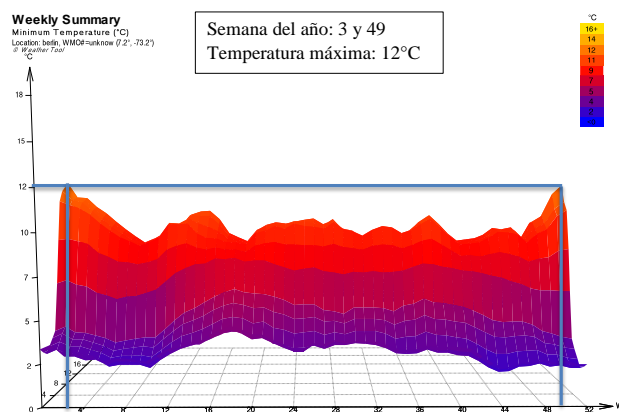
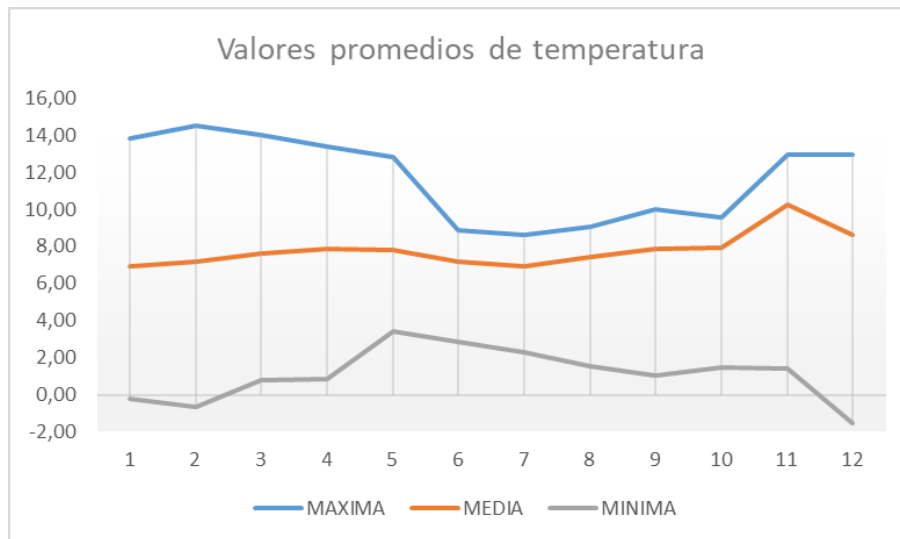


Figura 61. *Valores mínimos de temperatura.*

En esta figura se evidencia que durante los primeros meses del año se presentan las temperaturas más bajas, para después presentar un pico notorio en el mes de mayo y de ahí hasta el final del año continúa disminuyendo, llegando a su temperatura más baja en el mes de diciembre.

8.1.1.1 Conclusión Promedios de Temperaturas Máxima, Media y Mínima (5 Años).

La temperatura promedio máxima de los años de estudio es de 11,71°C, en contraste con la temperatura mínima promedio que se encuentra en los 1,08°C lo que evidencia cambios drásticos a lo largo del año, en donde el mes de diciembre es el que presenta mayor contraste con una temperatura máxima de 12,96°C y una temperatura mínima de -1,54°C.

Figura 62. Valores promedio de temperatura.

Los cambios de temperatura más pronunciados se dan en los meses de enero, febrero, marzo, abril, noviembre y diciembre, mientras que en el resto de los meses la diferencia entre estos factores es menor.

8.1.2 Promedios de Humedad Máxima, Media y Mínima (5 Años)

Tabla 28. Tabla de promedios humedad.

TABLA DE PROMEDIOS													
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	VL. ANUAL
MAXIMA	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	80,00	100,00	100,00	83,33
MEDIA	65,97	61,51	68,50	70,62	71,59	72,31	71,58	69,85	68,99	69,11	88,13	83,21	71,78
MINIMA	19,00	13,80	27,60	35,80	42,20	45,00	44,60	43,80	36,40	31,80	44,60	27,80	34,37
PROMEDIO	54,99	51,77	58,70	62,14	64,60	65,77	65,39	64,55	61,80	60,30	77,58	70,34	63,16

Nota: Adaptado de datos recolectados de la estación meteorológica de Berlín del IDEAM.

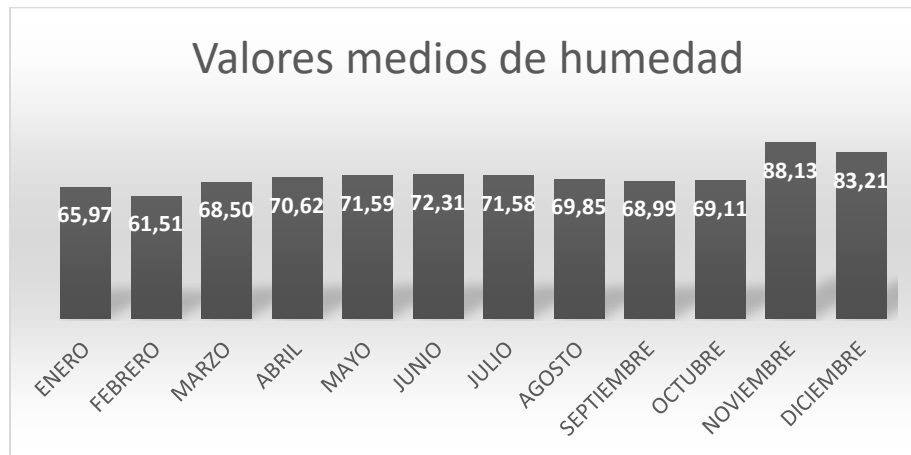
En primer lugar, se realiza el análisis de la humedad máxima en donde el pico existente en noviembre y diciembre se da debido a que en estos meses los 5 años tienen las mediciones

completas mientras que en los meses anteriores estaban ausentes los datos del año 2015, como se ha evidenciado a lo largo del documento.

Figura 63. *Valores máximos de humedad.*



Seguido a esto, la humedad media, se da de manera similar entre un mes y otro, presentando un alza en los meses de noviembre con 88,13% y diciembre con 83,21%, y una baja en el mes de febrero representada en 51,51%, para continuar de manera casi constante en lo que resta de año.

Figura 64. *Valores medios de humedad.*

Por último, los rangos de humedad mínima se presentan entre el 13,80% y el 45% en donde el mes menos húmedo es el de febrero y el que presenta mayor humedad es el correspondientes a junio, además, se evidencia un aumento en la humedad de manera progresiva entre los meses de marzo - junio, para después disminuir de la misma manera durante los meses de julio - octubre, se presenta además un aumento importante en el mes de noviembre, para volver a disminuir en diciembre.

Figura 65. *Valores mínimos de humedad.*

8.1.2.1 Conclusión de Promedios de Humedad Máxima, Media y Mínima (5 años).

Figura 66. Simulación en Ecotect de humedad relativa con relación a las horas del día.

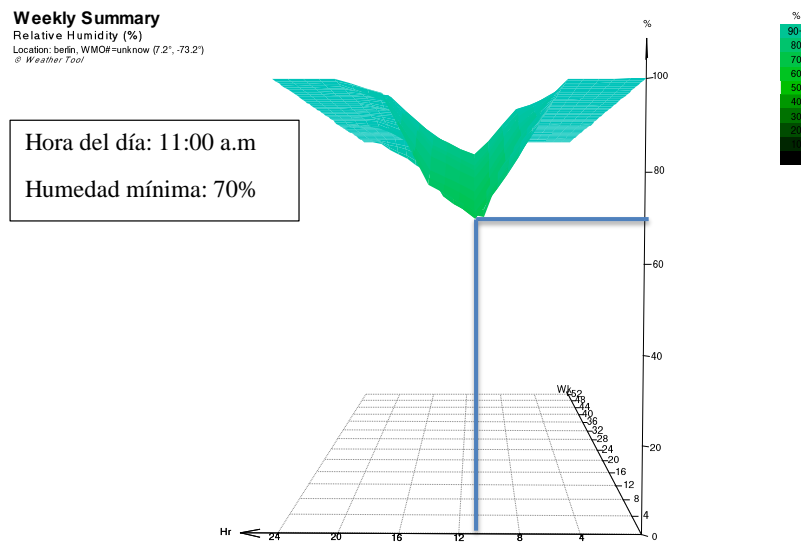
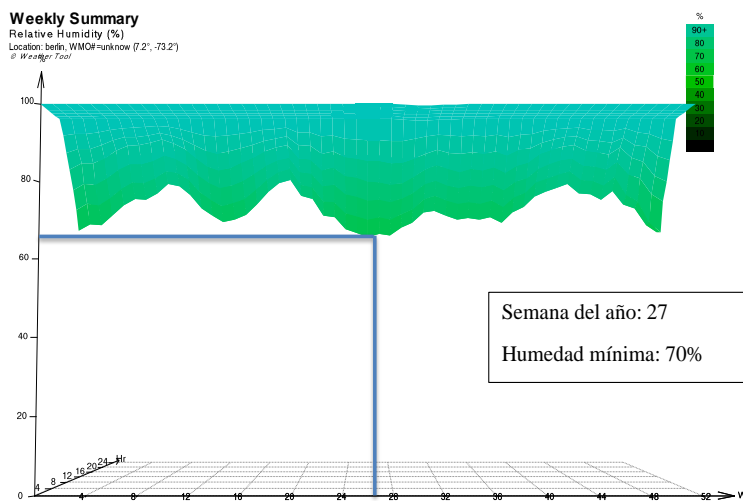


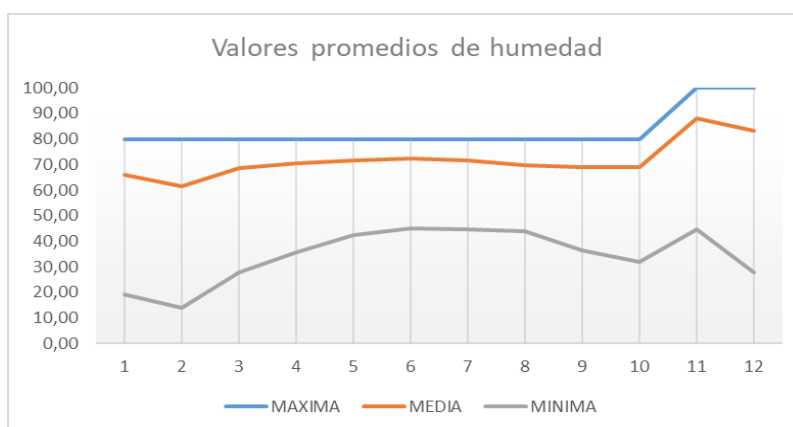
Figura 67. Simulación en Ecotect de humedad relativa con relación a las horas del día.



Analizando los tres tipos de humedad se evidencia que, la humedad máxima en el periodo analizado es de 83,33%, lo que genera un gran contraste con respecto a la humedad mínima que

tiene un valor de 34,37%. Por otro lado, el mes en el que se presenta una mayor diferencia entre estos dos aspectos es el de febrero. Además, la simulación de este ítem permite observar que, contrario a lo ocurrido con la temperatura, esta inicia en su porcentaje más alto, correspondiente a 100% en las primeras y últimas horas del día, mientras que entre las 11 de la mañana se presenta el porcentaje más bajo con el 70%, en la semana 27 aproximadamente, correspondiente al mes de julio.

Figura 68. Valores promedio de humedad.



8.1.3 Valores de Precipitación (5 Años)

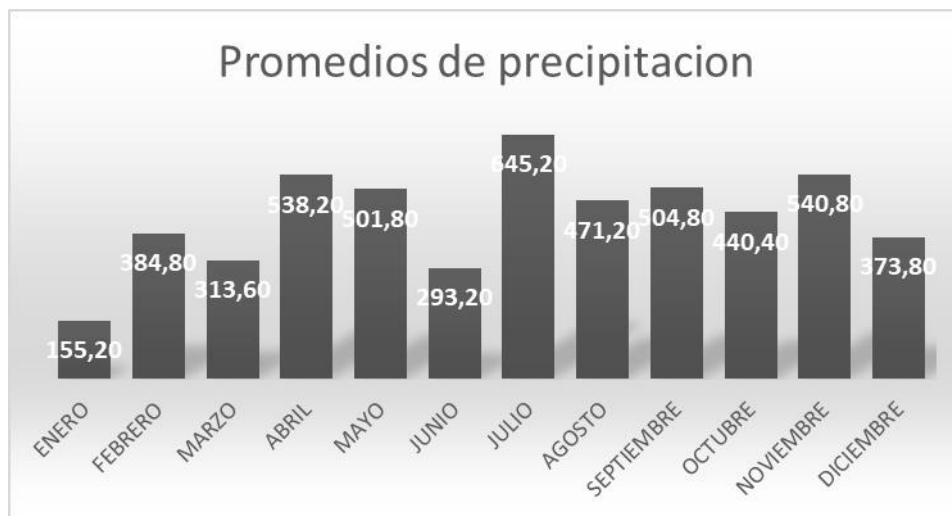
Tabla 29. Valores de precipitación.

	PRECIPITACION												
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	VL. ANUAL
2015	130,00	375,00	376,00	350,00	650,00	540,00	846,00	697,00	270,00	537,00	731,00	341,00	486,92
2016	160,00	744,00	210,00	734,00	95,00	105,00	530,00	353,00	611,00	700,00	440,00	118,00	400,00
2017	278,00	540,00	202,00	107,00	100,00	96,00	120,00	654,00	780,00	105,00	860,00	500,00	361,83
2018	108,00	105,00	600,00	680,00	821,00	605,00	790,00	320,00	560,00	100,00	130,00	550,00	447,42
2019	100,00	160,00	180,00	820,00	843,00	120,00	940,00	332,00	303,00	760,00	543,00	360,00	455,08
VL MEN	155,20	384,80	313,60	538,20	501,80	293,20	645,20	471,20	504,80	440,40	540,80	373,80	430,25

Nota: Adaptado de datos recolectados de la estación meteorológica de Berlín del IDEAM.

El año en el que se presentó mayor precipitación fue durante el 2019 con 940 mm, mientras que durante el 2017 solo se evidenciaron 96 mm. Por otro lado, según el valor mensual el que presenta un mayor grado de precipitación es julio con 645,2 mm, y el que menos presenta precipitaciones es el mes de enero con 155,2 mm. Sin embargo, debido a la falta de información del corregimiento la simulación en Ecotect no se pudo realizar.

Figura 69. Promedio de precipitación.



Los meses con menor cantidad de precipitación son enero y junio, mientras que los que mayor grado de precipitación presentan son julio y octubre, sin embargo, la precipitación se da de manera constante en todos los meses del año. Por otro lado, según el plan de desarrollo del municipio de Tona (2020) “Berlín es considerado como un páramo seco con 720,55 mm anuales” (p. 134).

8.1.4 Valores de Radiación Solar (5 Años)

Tabla 30. Valores promedio de radiación solar directa.

RADIACION SOLAR DIRECTA													
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	VL. ANUAL
2015 - 2018	297,30	300,29	192,59	147,22	164,20	177,96	186,71	210,78	212,96	165,41	208,82	281,73	212,2

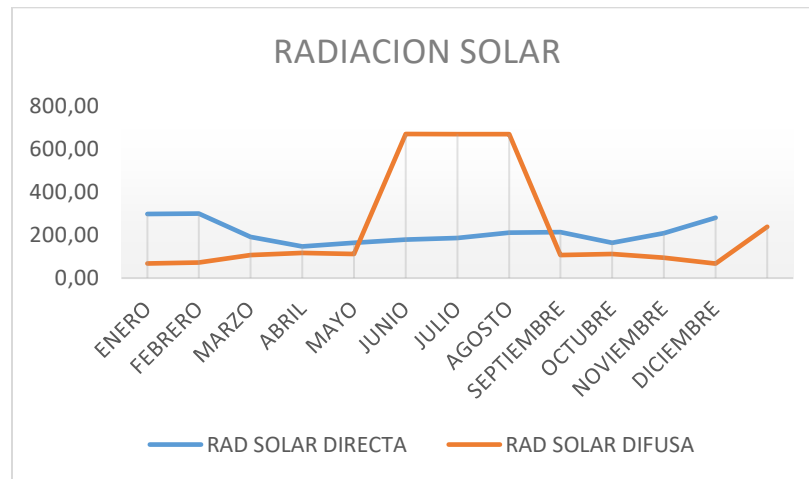
Nota: Adaptado de datos recolectados de NSRDB.

Tabla 31. Valores promedio de radiación solar difusa.

RADIACION SOLAR DIFUSA													
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	VL. ANUAL
2015 - 2018	67,94	72,21	107,96	117,41	113,18	670,04	670,05	670,05	106,65	112,46	94,20	68,23	239,2

Nota: Adaptado de datos recolectados de NSRDB.

Para el análisis de este factor climático, la información se recolecto de la NSRDB, debido a que el IDEAM no tiene registro del corregimiento de Berlín en este aspecto, sin embargo, a la fecha de recolección la fuente no cuenta con datos correspondientes al año 2019. Tomando en consideración los datos arrojados, se puede observar que el año 2016 presentó la mayor radiación solar con un promedio de 223,7 w/m², mientras que el mes con mayor incidencia fue el mes de enero con 197,5 w/m².

Figura 70. Valores promedio de radiación solar directa y radiación solar difusa.

Esta figura nos permite observar cómo los dos tipos de radiación son inversamente proporcionales, al denotar como en los meses de enero a abril la radiación solar directa presenta sus valores más altos mientras que la radiación solar difusa presenta sus valores más bajos, además entre los meses de mayo y septiembre la radiación solar difusa aumenta de manera considerable mientras que la radiación solar directa disminuye de manera paulatina.

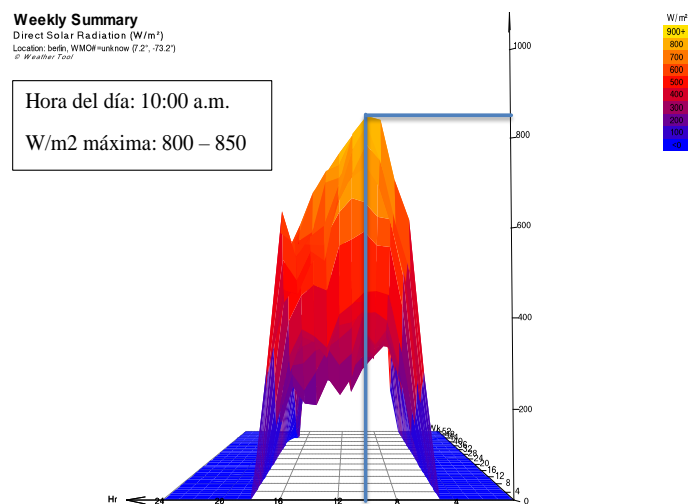
Figura 71. Simulación de radiación solar directa con relación a las horas del día.

Figura 72. Simulación de radiación solar directa con relación a las semanas del año.

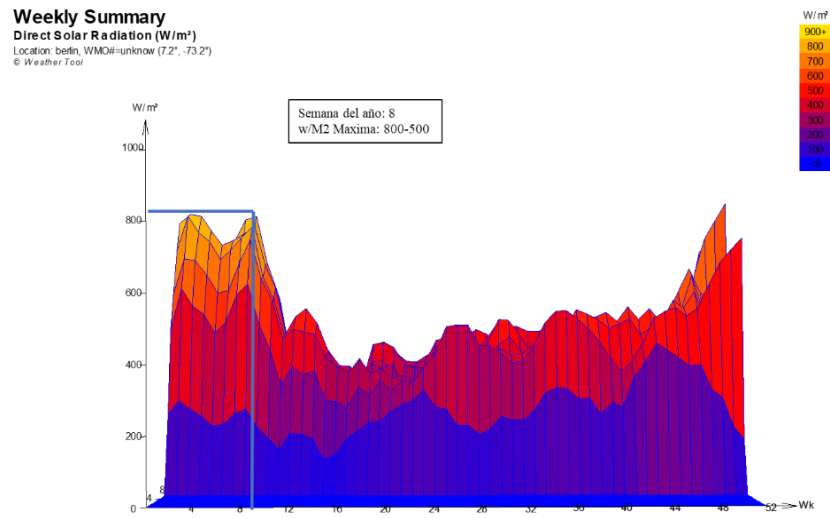


Figura 73. Simulación en Ecotect de radiación solar difusa con relación a las horas del día.

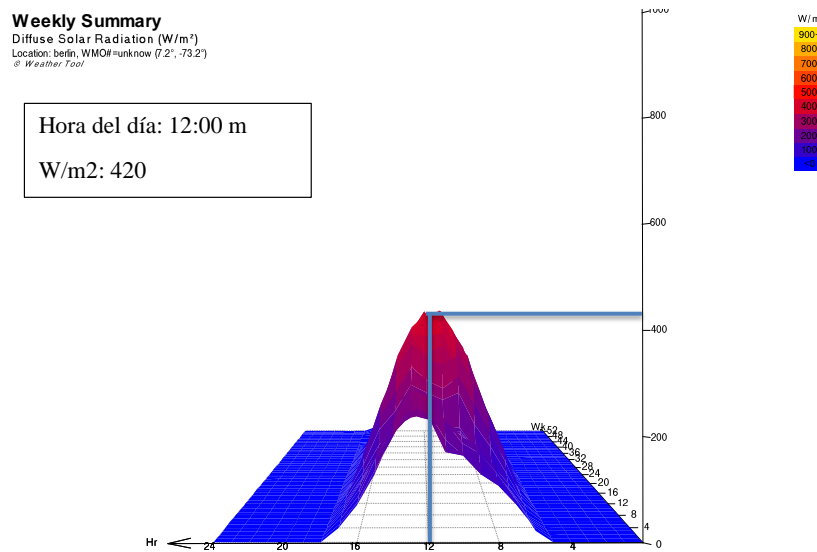
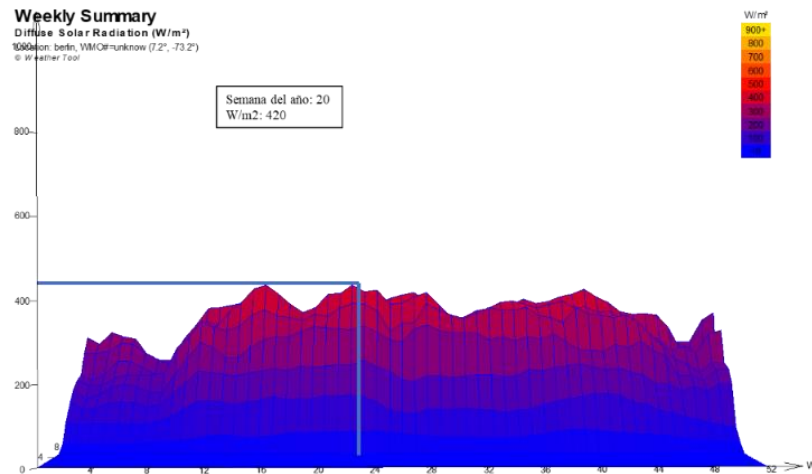


Figura 74. Simulación en Ecotect de radiación solar difusa con relación a las semanas del año.

En el caso de Berlín, la mayor incidencia de la radiación solar directa se da a las 10:00 am, en la semana 4 del año, correspondiente al mes de febrero, llegando a los 800 – 850 w/m². En el caso de la radiación solar difusa, la mayor incidencia se da a las 12 del mediodía, en la semana 24 del año, correspondiente al mes de julio, llegando a los 420 w/m².

8.1.5 Promedios de Velocidad del Viento Máxima y Media (5 Años)

Tabla 32. Promedio velocidad del viento.

TABLA DE PROMEDIOS													
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	VL. ANUAL
MAXIMA	14,32	14,10	9,70	10,12	11,94	12,56	12,20	11,40	10,36	13,22	11,32	13,76	12,08
MEDIA	0,93	0,96	0,91	0,78	0,74	0,77	0,76	0,75	0,75	0,71	0,74	0,82	0,80
PROMEDIO	7,63	7,53	5,31	5,45	6,34	6,66	6,48	6,07	5,55	6,97	6,03	7,29	6,44

Nota: Adaptado de datos recolectados de la estación meteorológica de Berlín del IDEAM y NSRDB.

En las bases de datos oficiales, no se encuentra información sobre la velocidad mínima del viento en Berlín, por consiguiente, no se incluyó esta información en la caracterización climática,

además se encuentra una alta discrepancia entre los datos recolectados por el IDEAM correspondientes a la velocidad máxima del viento, con respecto a los datos recolectados por la NSRDB correspondientes a la velocidad media del viento, pues sus valores son muy lejanos entre ellos. Se tomará en mayor consideración los datos recolectados por la NSRSB, pues estos muestran el valor promedio que se presenta en el corregimiento.

Empezando con la velocidad del viento máxima se da durante los meses de enero, febrero, octubre y diciembre, mientras que las velocidades más pequeñas en esta relación se presentan en el mes de marzo y abril.

Figura 75. *Valores máximos de velocidad del viento.*



En contra posición, la velocidad media del viento no varía de manera significativa a lo largo del año en donde el mes de febrero presenta los valores más altos y el de octubre los más bajos.

Figura 76. Valores medios de velocidad del viento.



8.1.5.1 Conclusión de Velocidad del Viento Máxima y Media.

Figura 77. Simulación en Ecotect de velocidad del viento con relación a las horas del día.

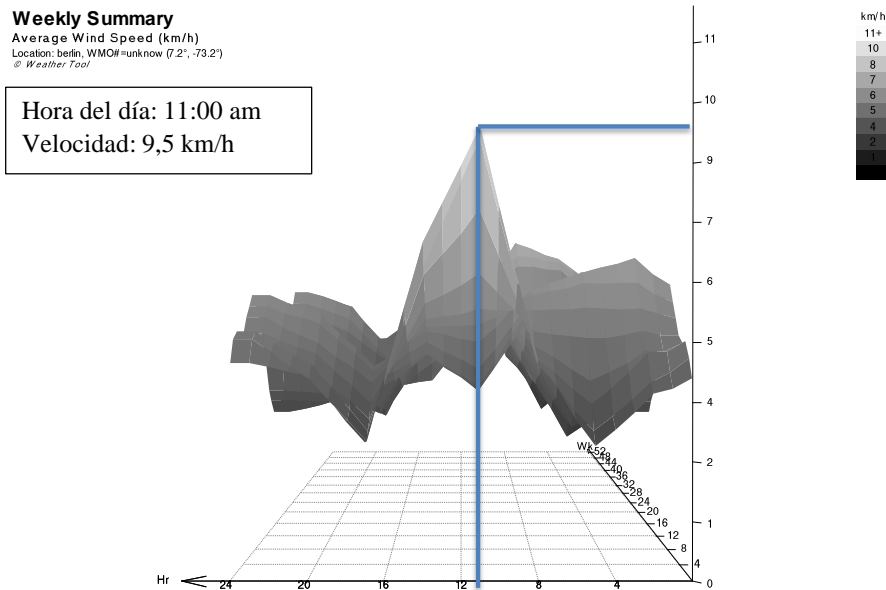
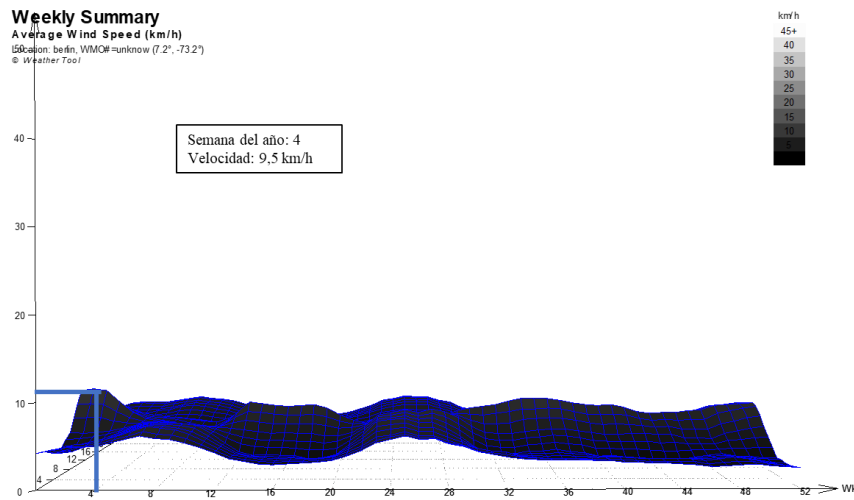
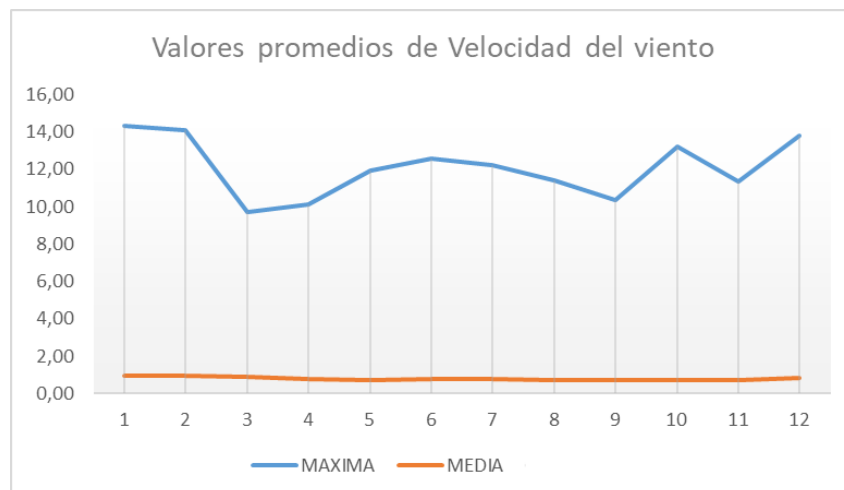


Figura 78. Simulación en Ecotect de velocidad del viento con relación a las semanas del año.



La velocidad del viento en Berlín no se presenta de manera tan constante durante el día como otro tipo de factores, sin embargo, en gran parte de los casos entre las 8 de la mañana y las 4 de la tarde se presentan las mayores velocidades llegando a los 9 km/h aproximadamente; por otro lado, a lo largo del año, dicho factor se presenta de manera aún menos constante presentando altos y bajos durante el mismo.

Figura 79. Valores promedio de velocidad del viento.



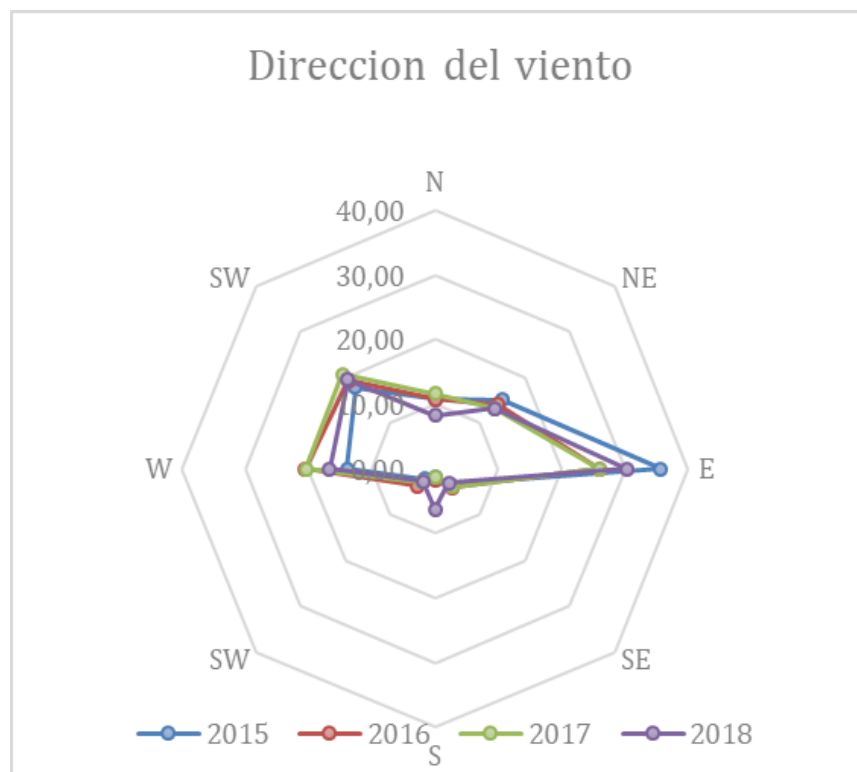
8.1.6 Valores de Dirección del Viento (5 Años)

Tabla 33. Valores de dirección del viento.

Dirección del viento (Porcentaje por coordenada)								
	N	NE	E	SE	S	SW	W	SW
2015	10,74	15,11	35,68	3,36	1,26	2,17	13,90	17,75
2016	10,74	14,05	25,96	4,01	1,68	3,81	20,46	19,29
2017	11,67	13,17	25,98	3,92	1,38	2,82	20,42	20,64
2018	8,22	13,25	30,22	3,12	6,24	2,71	16,70	19,54
2019								

Nota: Adaptado de datos recolectados de NSRDB.

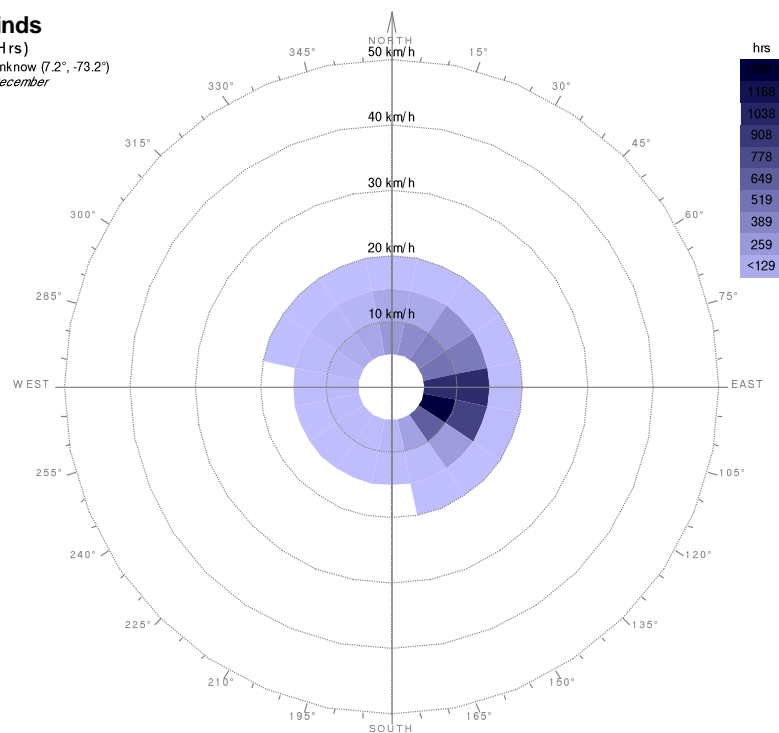
Figura 80. Promedio de dirección del viento.



Se establecieron rangos entorno a las coordenadas, que van de 0° a 360°, con el fin de establecer el porcentaje de veces en las cuales incide el viento en determinada dirección, los rangos se

presentan de la siguiente forma: Dirección norte $337,5^\circ - 22,5^\circ$, dirección noreste $22,5^\circ - 67,5^\circ$, dirección este $67,5^\circ - 112,5^\circ$, dirección sureste $112,5^\circ - 158^\circ$, dirección sur $157^\circ - 203^\circ$, dirección suroeste $202,5^\circ - 248^\circ$, dirección oeste $247,5^\circ - 293^\circ$, y dirección noroeste $292,5^\circ - 337,5^\circ$. Por otro lado, la recolección de la información se vio afectada debido a que, en primer lugar, la base de datos del IDEAM no tiene registro de este determinante y, en segundo lugar, la base de datos del NSRDB, a la fecha, no cuenta con información sobre el año 2019.

Figura 81. Simulación en Ecotect de la dirección del viento.



Este factor indica la dirección de prevalencia de los vientos a lo largo de los años de estudio, en donde se puede observar que en la mayoría de los mismo provienen del sureste a una velocidad aproximada de 10km/h, llegando en algunas ocasiones a los 20km/h, cabe añadir que las temperaturas más bajas también provienen de esta dirección encontrándose entre los $0 - 10^\circ\text{C}$; por

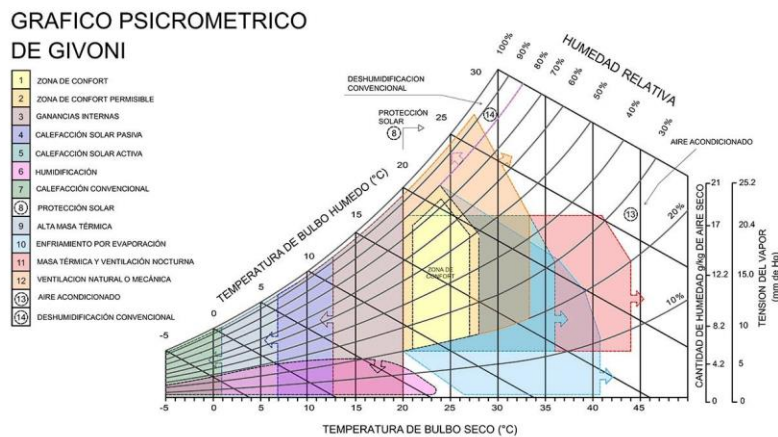
último, la humedad de los vientos presenta grandes variaciones, posiblemente por los vacíos de información arrojada de las fuentes oficiales en ciertos meses de los años analizados, sin embargo, se puede observar que la menor humedad se presenta en la dirección este, mientras que en dirección sureste se encuentra en rangos comprendidos entre los 75% - 95%.

9. Herramientas de Diseño Bioclimático para el Corregimiento de Berlín

9.1 Diagrama Psicrométrico de Givoni

Consiste en un diagrama que establece las cualidades que debe tener un objeto arquitectónico para que sus espacios internos presenten confort térmico. Según este, existen catorce zonas de estudio, en donde cada una de ellas cuenta con una serie de estrategias establecidas y se determinan por la conjunción de los datos obtenidos en la caracterización climática correspondientes a temperatura y humedad.

Figura 82. Diagrama psicrométrico de Givoni.



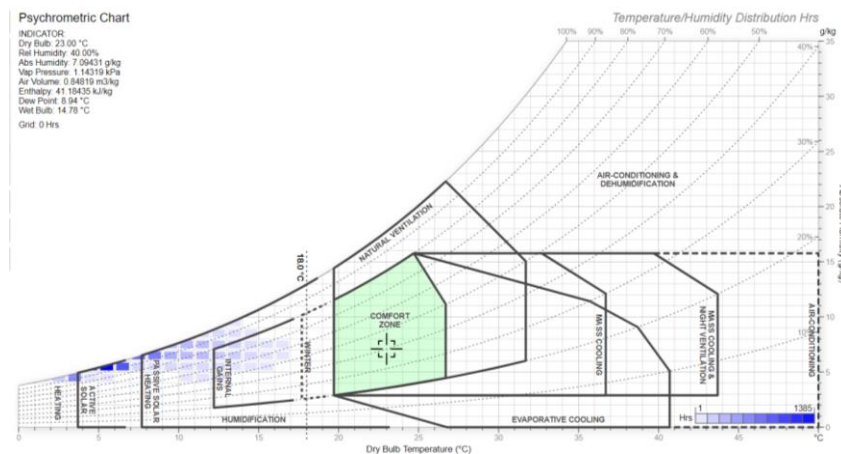
Nota: Adaptado de Video Carta bioclimática de Givoni (Procedimiento), Silvia Pittman, 2020.

9.1.1 Inserción de la Información Meteorológica del Año Tipo 2015 – 2019 en el Diagrama Psicrométrico de Givoni.

Con el fin de determinar en qué zona se encuentra el corregimiento según su caracterización climática, se realiza el cálculo de las estrategias de manera digital con la herramienta en línea, como se muestra en la figura 77, de la cual se puede concluir que el corregimiento no presenta momentos durante el año en los cuales se encuentre en una zona de confort térmico; además, según los datos insertados las estrategias corresponden a:

- Calefacción solar pasiva
- Calefacción solar activa
- Calefacción por ganancias internas

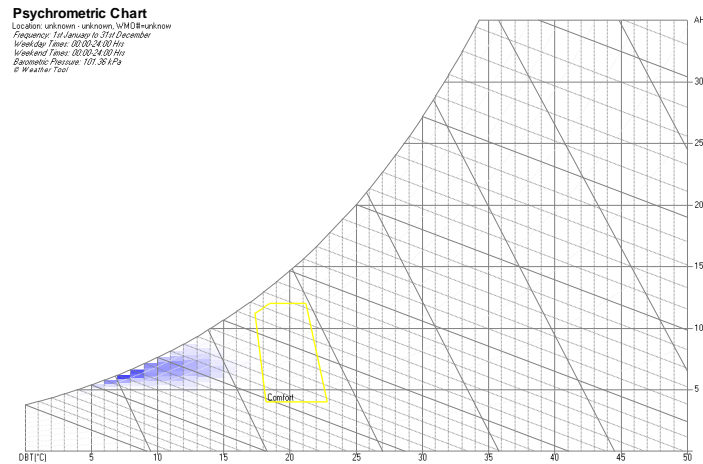
Figura 83. Diagrama psicrométrico de Givoni.



Nota: Adaptado de <https://drajmarsh.bitbucket.io/psychro-chart2d.html>.

Para rectificar esta información se insertan los datos en otra herramienta digital llamada Ecotect (figura 78), con la cual se observan los mismo resultados y estrategias a considerar.

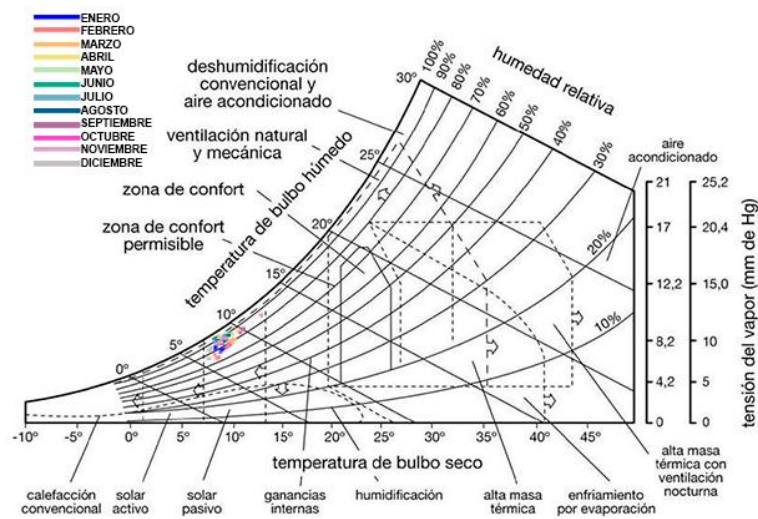
Figura 84. Diagrama psicrométrico de Givoni, Software Ecotect.



Nota: Adaptado del programa Ecotect

Por último, se realiza el cálculo de las estrategias de manera manual, tomando como referencia la tempera media y humedad media de los 5 años analizados por lo cual la variación de estas determinantes es menos notoria, dando como resultado una única estrategia correspondiente a calefacción solar pasiva.

Figura 85. Diagrama psicrométrico de Givoni, cálculo manual.



Observando la diferencia en cuanto a la calibración climática se puede afirmar que el Software Ecotect es más preciso a la hora de proponer estrategias ya que el documento cuenta con más datos, comparado con el cálculo de estrategias manual que se realiza tomando solo dos variables (temperatura y humedad media).

9.1.2 Conclusiones.

Tabla 34. Cálculo de estrategias según el diagrama psicrométrico de Givoni.

HERRAMIENTA	DIGITAL		MANUAL
	“ https://drajmarsh.bitbucket.io/psychro-chart2d.html .”	ECOTECT	Tomando como referencia la temperatura y humedad medias de los 5 años
Zona de confort			
Zona de confort permisible			
Ganancias internas	x	x	
Calefacción solar pasiva	x	x	x
Calefacción solar activa	x	x	
Humidificación			
calefacción convencional	x		
Alta masa térmica			
Enfriamiento por evaporación			
Masa térmica y ventilación nocturna			

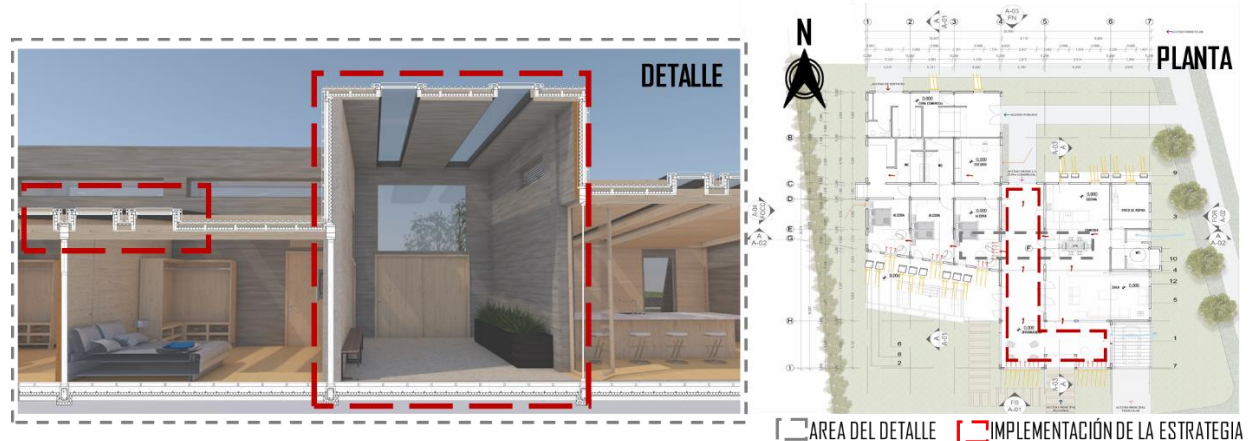
En base a lo arrojado por el diagrama de Givoni se concluye que las estrategias a considerar son:

Calefacción solar pasiva: se logra optimizando “la posición y las dimensiones de los diferentes elementos constructivos (paredes, ventanas). (...) las corrientes de aire, la cantidad de radiación solar recibida en todas las épocas del año, etc.” (Planas, 2015), además, se basa en la captación,

acumulación y distribución de la radiación solar convirtiéndose en un determinante a la hora de elegir los materiales que se emplearan en la vivienda.

En el proyecto se implementa en bajo las siguientes premisas: La captación de energía solar se da por medio de cristales ubicados a nivel de cubierta y fachada en donde algunos de ellos son de altas prestaciones. Dicha energía es acumulada en el invernadero central de la vivienda, el cual, al igual que las demás superficies acristaladas, se cubre con contraventanas en las horas de la noche para así evitar pérdidas energéticas y, por último, la distribución energética en toda la vivienda se ve potenciada con la ubicación del invernadero en medio de los dos módulos principales, además de la implementación de rejillas internas que permitan el paso de aire de un espacio a otro.

Figura 86 implementación de estrategia en el proyecto.

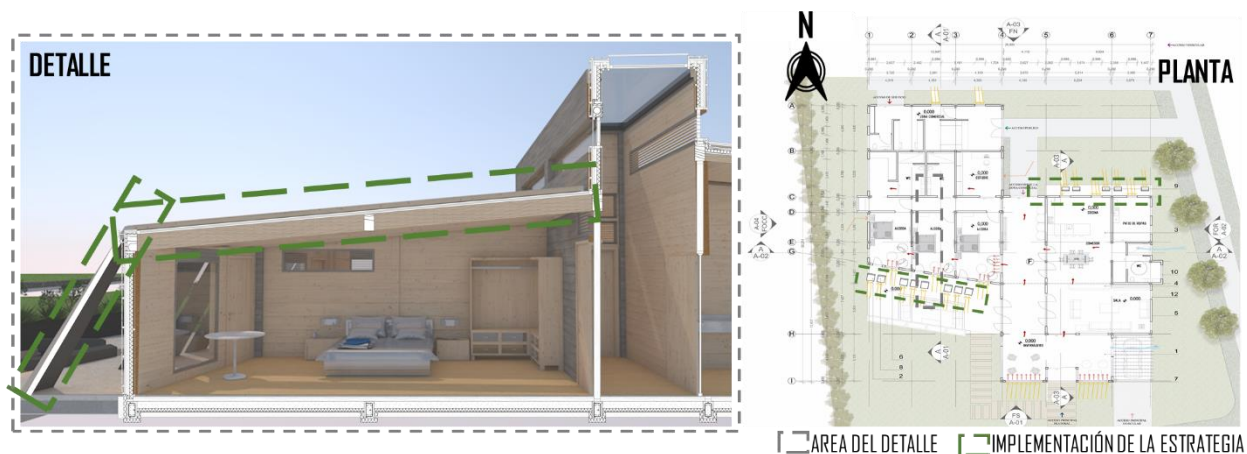


Calefacción solar activa: Consiste en el uso de la tecnología con el fin de transformar la energía del sol en calor que pueda ser acumulable o que genere energía eléctrica, para lo cual es especialmente importante conservar la energía puesto que “sería inútil todo el proceso si se dejase escapar el calor que se consigue introducir en el espacio interior o si se perdiera la posibilidad de

usar ese calor cuando ha cesado la radiación solar (disipación)” (Instituto Tecnológico de Canarias, S.A., 2011, pág. 13).

Para esta estrategia se tiene en consideración que: En el solsticio de verano son más eficientes las ganancias solares por cubierta debido a la inclinación solar de 79° , mientras que en el solsticio de invierno se pueden aprovechar más las ganancias solares por fachada debido a la inclinación solar de 59° , en base a estos ángulos se implementan perfiles inclinados sobre las fachadas norte y sur. Además, se da la instalación de paneles solares (vidrio fotovoltaico Onyx Solar®) en cubierta y fachada con orientación al norte y sur del proyecto aprovechando la inclinación de estas basadas la incidencia solar de los solsticios de invierno y verano.

Figura 87 implementación de la estrategia en el proyecto.

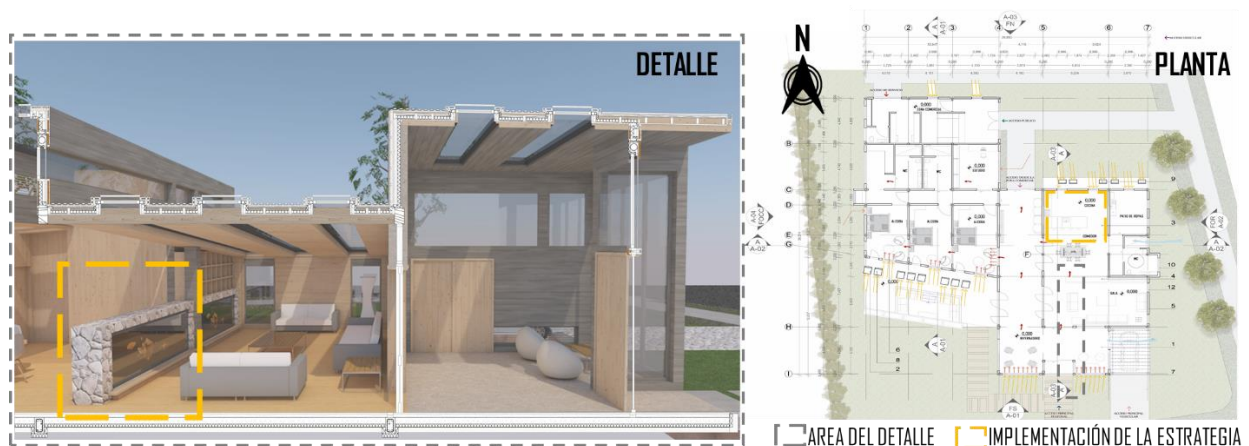


Calefacción por ganancias internas: “Estas ganancias son las aportadas por los ocupantes, la disipación de calor de los equipos electrónicos, la pérdida de calor en procesos domésticos relacionados con la combustión, etc.” (Instituto Tecnológico de Canarias, S.A., 2011, pág. 4). Por otro lado, se debe tener presente que los elementos constructivos en el interior de la edificación deben poseer una gran masa térmica, con el fin de acumular el calor obtenido (Instituto Tecnológico

de Canarias, S.A., 2011, pág. 5), gracias a cierta actividad que se esté realizando en el interior de la vivienda.

Sobre el proyecto la estrategia se implementa con: El punto de calor localizado en la zona social que contribuye a que el aire frío el cual accede sobre la fachada oriente aumente su temperatura para mantener el confort térmico interior. Por otro lado, las ganancias internas generadas en la cocina contribuyen a aumentar la temperatura del espacio, por tal razón se ubica sobre la fachada norte y sus mayores ganancias solares se dan por cubierta. Por último, La zonificación responde a la incidencia solar y las necesidades que presenta el usuario, por lo cual sobre la fachada más fría (norte) se localizan zonas de poco uso como los baños y espacios como el comercio de cebolla que requiere una temperatura menor.

Figura 88 implementación de la estrategia en el proyecto.



9.2 Carta Solar

La carta solar es un mapa en el cual se muestran las trayectorias solares tomando como base las horas, los meses y los movimientos de la tierra con respecto al sol; estos últimos se clasifican en solsticio de invierno (21 de diciembre), solsticio de verano (21 de junio) en donde la tierra se

encuentra más cerca y lejos del sol respectivamente; y los equinoccios de otoño (23 de septiembre) y de primavera (21 de marzo). Además, de esta se pueden extraer los ángulos solares como el azimut, formado entre el eje norte y la incidencia del rayo solar dependiendo de la hora y el mes del año.

Con el fin de determinar en qué época del año se puede realizar la mayor captación de calor por medio de la incidencia de los rayos solares, se ejecutan simulaciones en los solsticios y equinoccios a las 9:00 am, 12:00 m y 3:00 pm ya que son consideradas horas críticas horas críticas.

Figura 89. Orientación óptima según el plugin Solar tool del programa Ecotect.

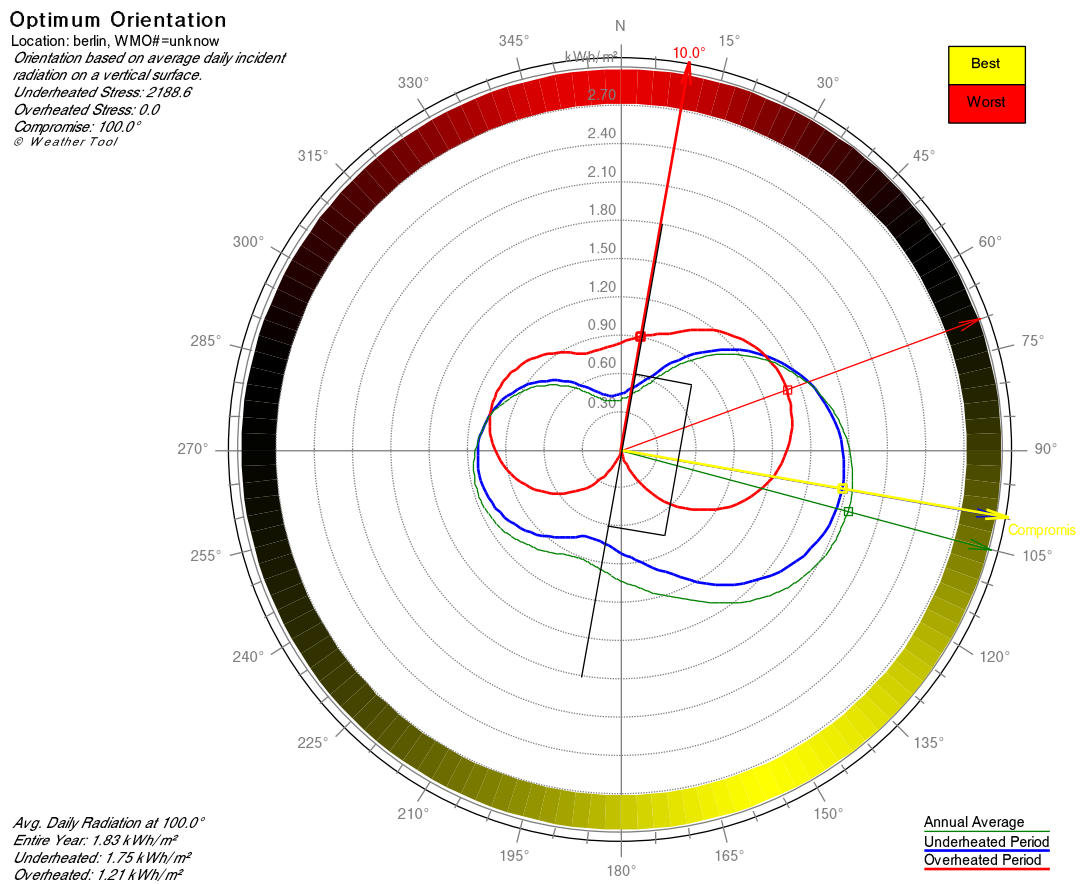


Tabla 35. *Valores carta solar.*

	HORAS	AZIMUT (°)	ELEVACIÓN SOLAR (°)	RADIACION SOLAR DIRECTA (w/m2)
SOLSTICIO DE VERANO	9:00 a. m.	63,68	45,2	0,35
	12:00 m	-4,6	73,7	0,02
	3:00 p. m.	-64,7	42,5	0,05
SOLSTICIO DE INVIERNO	9:00 a. m.	127,7	38,4	1
	12:00 m	-175,8	59,2	0,4
	3:00 p. m.	-125,1	34,5	0,1
EQUINOCCIO DE OTOÑO	9:00 a. m.	97,99	48,4	0,1
	12:00 m	-152	82,1	1,1
	3:00 p. m.	-96,02	40,9	0,9
EQUINOCCIO DE PRIMAVERA	9:00 a. m.	97,5	44,5	0,4
	12:00 m	-180	82,5	0,3
	3:00 p. m.	-97,5	44,5	0,1

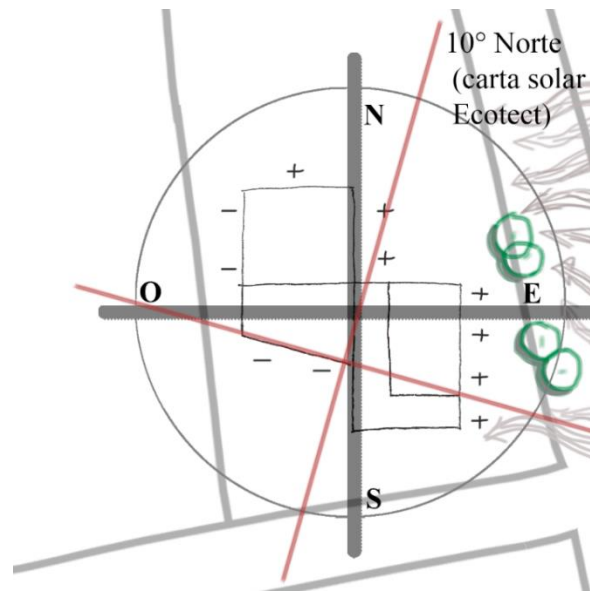
Nota: Adaptado de plugin Solar tool del programa Ecotect

Se puede observar que el día en que la elevación solar es más baja y por lo tanto , puede ingresar mayor incidencia a la vivienda consiste en el solsticio de invierno a las 3 pm, sin embargo, tomando en consideración las tablas de radiación solar directa (ANEXO A) se toma como referencia los resultados obtenido en dicho solsticio a las 11 de la mañana puesto que corresponden a 11,2 w/m2 y la inclinación solar se usa como lineamiento de diseño sobre la fachada sur para aumentar las ganancias solares pasivas.

Por otro lado, el día que presenta la elevación solar más alta, es decir aquel en donde el sol se encuentra más perpendicular al plano de la tierra corresponde al Equinoccio de primavera a las 12 m lo que determina las aperturas en cubierta con el fin de aumentar la captación solar. Para finalizar, la orientación óptima debido a la incidencia solar corresponde a 10° del eje norte.

10. Componente Formal – Espacial de la Propuesta de Diseño para el Corregimiento de Berlín

Figura 90. Forma del objeto arquitectónico frente a los esfuerzos positivos de la ventilación.



Se toman como determinantes la orientación, la incidencia solar, la dirección y velocidad de los vientos, la producción interna de calor y el aislamiento térmico.

En primer lugar, es importante determinar que se considera una tipología aislada al no contar con viviendas colindantes, aspecto que es característico en la zona. Por otro lado, su morfología se presenta de forma compacta, compuesta por la intersección de dos volúmenes rectangulares que se unen por medio de un invernadero central que funciona como colchón térmico y elemento articulador del proyecto, además de presentar una altura mayor para aumentar su jerarquía. Su forma se mantiene lo más limpia posible, con el fin de disminuir la cantidad de puentes térmicos presentados cumpliendo con uno de los lineamientos del estándar passivhaus, sin embargo, en los lugares donde se presentan las intersecciones se garantiza la continuidad del aislamiento.

Figura 91 Volúmenes principales de la composición.

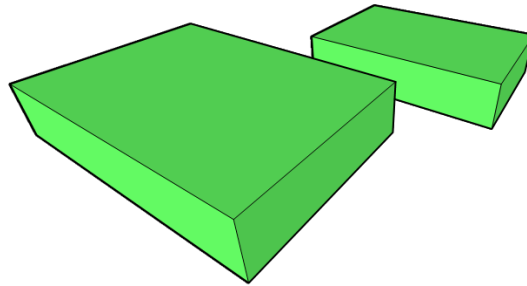


Figura 92 Fragmentación del volumen principal.

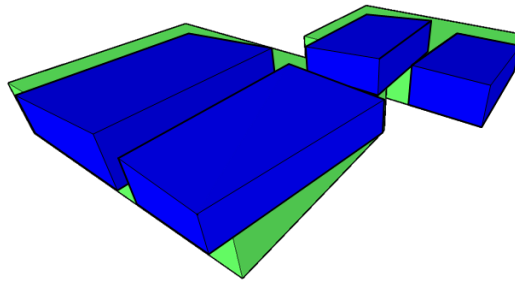
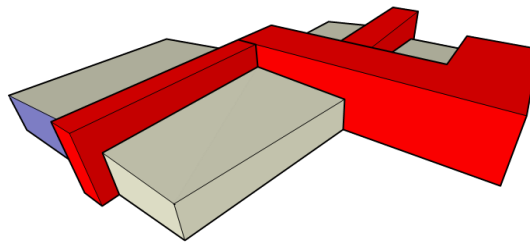


Figura 93 Elemento articulador y jerárquico del proyecto.



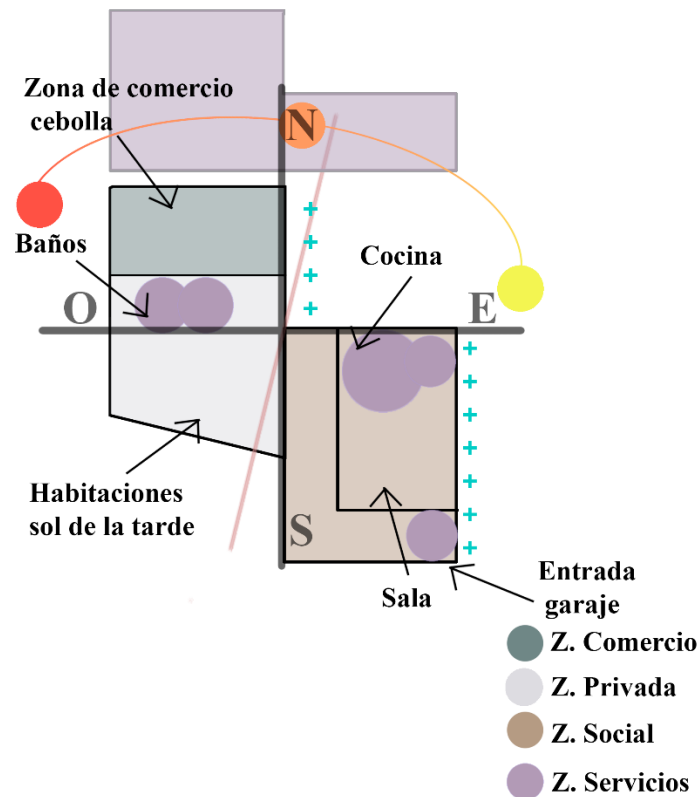
En segunda instancia se interviene la fachada sur y el módulo correspondiente a la zona privada, con el fin de aumentar las ganancias solares. De esta manera se realiza la inclinación de una doble fachada orientado al sur en un ángulo de $56,9^\circ$ correspondiente al solsticio de invierno a las 11 a.m. en donde se presenta una radiación solar de $1,2 \text{ w/m}^2$ y se rota dicha fachada 10° en base a la carta solar arrojada por Ecotect.

En tercer lugar, en cuanto a aberturas se refiere, y como estrategia de captación, el mayor porcentaje de aberturas se localiza a nivel de cubierta, en las fachadas sur y occidente pues son las que más radiación solar reciben a lo largo del año, además como elemento de conservación se implementan lamas que impiden la pérdida de energía en las horas de la noche. Por otro lado, sobre la fachada occidente se presenta la mayor entrada de viento frío del exterior para ser calentado aumentando la temperatura y permitiendo la renovación de este en el interior.

Por último, las cubiertas ubicadas sobre la fachada sur se inclinan 7° en esta dirección debido a la latitud del lugar, además se hace uso de colores oscuros en la fachada del invernadero con el fin de elevar la temperatura interior de la vivienda y aumentar su importancia visual.

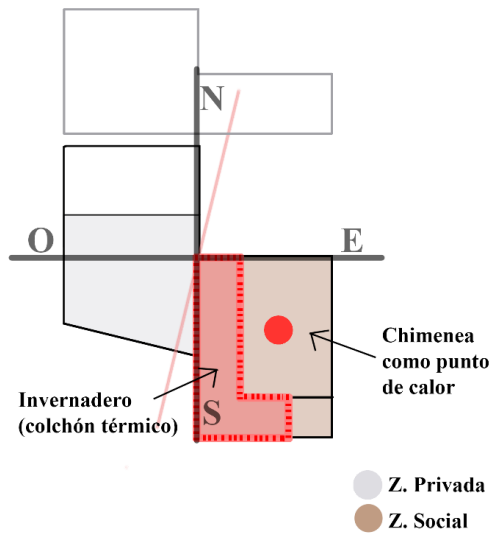
11. Componente Funcional de la Propuesta de Diseño para el Corregimiento de Berlín

La zonificación responde a la incidencia solar y las necesidades que presenta el usuario, es por esto por lo que los criterios de distribución se establecen de la siguiente forma: Sobre las fachadas sur y occidente se localizan las zonas de mayor importancia y que requieren más temperatura debido a su uso, como es el invernadero, la sala y las habitaciones, mientras que sobre la fachada norte se ubica la cocina y la zona comercial debido a que el almacenamiento de cebolla, cultivo principal de la zona, requiere de temperaturas bajas; por último, sobre la fachada oriente se localiza la zona de servicios y la zona de parqueo porque es la fachada del proyecto en donde la incidencia del viento se da de manera constante y la solar se ve reducida de manera significativa.

Figura 94. Zonificación genera.

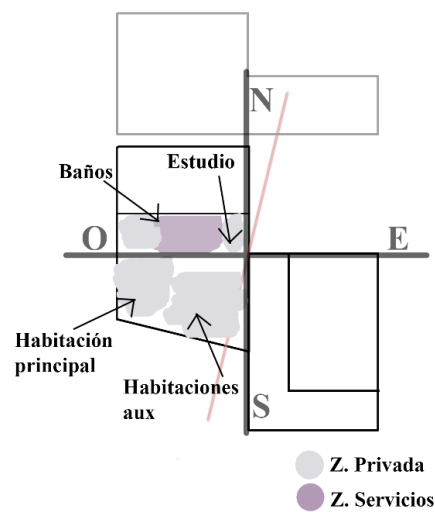
El invernadero se ubica en medio de los volúmenes correspondientes a la zona social y privada con el fin de que el calor acumulado en el mismo se distribuya de manera uniforme al resto de la vivienda gracias a las aberturas interiores, muros de amplias dimensiones y la implementación de piso en grava que ayuda a potenciar la estrategia, evitando los medios activos de calefacción. Además, para aumentar el confort en la zona social, debido a la entrada de aire frío del exterior, se implanta una chimenea como punto de calor y así aumentar la temperatura del espacio.

Figura 95. *Ubicación de la chimenea como punto de calor e invernadero como colchón térmico del proyecto.*



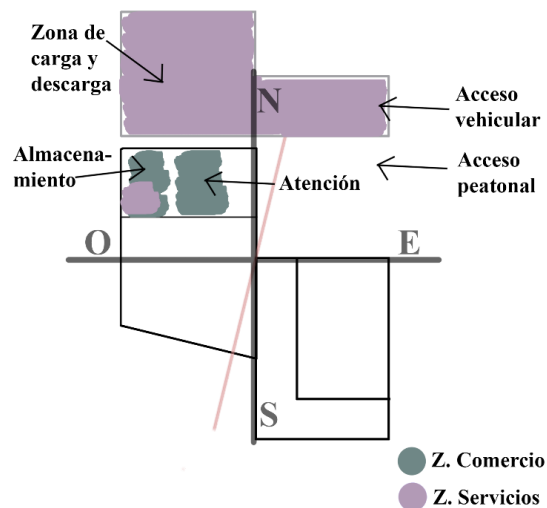
Continuando con la zona privada, está compuesta por 2 habitaciones auxiliares y una principal, además de 2 baños y un estudio, esto en base al núcleo familiar presentado en el corregimiento.

Figura 96. *Distribución espacial zona privada*



Por último, la zona de comercio cuenta con almacenamiento, espacio para ventas y un área de parqueo al interior del proyecto, cuyo acceso se localiza sobre la vía que comunica a vetas, dichos lugares tienen una menor temperatura debido a los requerimientos mencionados anteriormente.

Figura 97. *Distribución espacial zona de comercio*



12. Componente Tecnológico de la Propuesta de Diseño para el Corregimiento de Berlín

12.1 Materiales del Proyecto

Con respecto este componente, se plantea una envolvente de madera organizada a través de distintas capas que, en conjunto con el uso continuo de dos tipos de aislamiento (aislamiento térmico de fibra de vidrio y aislante tipo rígido de poliestireno extruido) usado para evitar los puentes térmicos y pérdidas de energía, genera como resultados los siguientes valores U: Muro $0,48 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, piso $0,52 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ y cubierta $0,52 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$. De esta manera, se presenta a continuación la tabla de materiales utilizados con su respectiva justificación, ubicación, entre otras características.

12.1.1 Aislantes térmicos o elementos de protección

Tabla 36. Descripción de materiales.


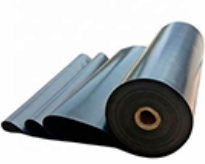



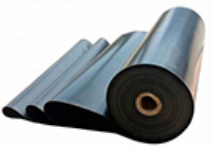
IMAGEN	MATERIALES	REFERENCIA	DIMENSIONES (m)	JUSTIFICACIÓN	ELEMENTO ARQUITECTÓNICO
	Cámara de aire			Espacio vacío en medio de distintas capas que sirve para generar inercia térmica	Muros externos, cubierta, piso
	Aislante térmico de fibra de vidrio sin recubrimiento ^a	Frescasa Eco 9.30mt2 (Homecenter)	Espesor 0,05; Largo 15,24; Ancho 1,22	Reduce la transmisión de la temperatura exterior al interior Se escoge esta presentación debido a su presencia a nivel local	Muros externos, cubierta, piso
	Barrera de vapor (láminas de polietileno de baja densidad) ^b	Láminas de polietileno de baja densidad (Láminas plásticas andina SAS)	Espesor 0,001; Largo 10,5	Impide el paso de agua por condensación hacia las capas exteriores por lo que se coloca sobre el lado cálido del cerramiento Permite en forma regulada el flujo de vapor Se coloca como elemento de protección del aislamiento debido a las altas humedades que presenta el corregimiento	Muros externos, cubierta

IMAGEN	MATERIALES	REFERENCIA	DIMENSIONES (m)	JUSTIFICACIÓN	ELEMENTO ARQUITECTÓNICO
	Aislamiento rígido tipo panel (Placa lisa de espuma rígida de poliestireno extruido) ^c	Prepex Blanco 2" Borde Recto e= 0,005m (FiberGlass Colombia S.A. /Saint-Gobain)	Grosor: 0,0508; Largo 2,44; Ancho 1,22	Impide el contacto con el terreno evitando la transmisión de la humedad al interior	Piso
	Barrera antiraíces (lamina de polietileno de alta densidad negra lisa por ambas caras) ^d	Euco membrana HDPE (Euclid Chemical Toxement)	Espesor 0,002; Largo 90; Ancho 8	Su función es la de proteger la losa de cimentación y aislamiento de elementos que puedan ocasionar roturas o daños, los cuales eventualmente generen puentes térmicos.	Piso
	Material granular			Capa extra para la protección del aislamiento	Piso
	Barrera impermeabilizante ^b	Láminas de polietileno de baja densidad (Láminas plásticas andina SAS)	Espesor 0,001; Largo 10,5	Se coloca como elemento para impedir el paso de la humedad o porosidad a las capas de la envolvente	Cubierta

^a Adaptado de Frescasa Eco..., (s.f)

^b Adaptado de Láminas de polietileno ..., (s.f)

^c Adaptado de Prepex ® (s.f.)

^d Adaptado de Euco membrana (s.f.)

12.1.2 Vidrios

De igual manera, siguiendo el lineamiento del *passivhaus* de Ventanas y puertas de altas prestaciones, estos elementos se reconocen como fundamentales a la hora de evitar los puentes térmicos.

Tabla 37. *Características del vidrio simple.*

TIPO	REFERENCIA	JUSTIFICACIÓN	PRESTACIONES DEL PRODUCTO				DÓNDE SE ENCUENTRA
			VALOR U				
			TRANS-MISIÓN DE LUZ VISIBLE (%)	FACTOR SOLAR EN 410 (%)	Con marco meta-lico (W/M ² k)	Con marco de madera (W/M ² k)	
Vidrio simple ^e	Hogar-sense	Debido a que tiene un valor u alto se utiliza en las zonas de servicio de la vivienda, al igual que en la zona comercial por las condiciones térmicas necesarias para la conservación de la cebolla.	Alto	83	5,7	2 - 2,5	Zonas de servicio Zona comercial
Películas para cristal para el control solar ^f	Película Llumar para Cristales	Se utiliza para brindar privacidad a los espacios interiores.					Baños

^e Adaptado de Barreto (2021)

^f Adaptado de Vista window..., (s.f)

Tabla 38. Características del vidrio bajo emisivo.

TIPO	REFERENCIA	JUSTIFICACIÓN	Configuración doble acristalamiento	PRESTACIONES DEL PRODUCTO					DÓNDE SE ENCUENTRA
				Gas	TRANSMISIÓN DE LUZ VISIBLE (%)	FACTOR SOLAR EN 410 (%)	VALOR U		
							Aire (W/M ² k)	Argón 90% (W/m ² K)	
Vidrio de doble acristalamiento con cámara de gas	Guardian Sun®	Al tener bajo factor solar, la mayor parte de la radiación solar se refleja, sin impedir el paso de luz, lo que responde a que, a pesar del clima frío de Berlín, se debe evitar un sobrecalentamiento en las horas del mediodía.	4-16-4	Argón*	70	43	1,3	1	Habitaciones

*Nota: Se usa el argón debido a que es un gas inerte de elevado peso molecular
Adaptado de: Guardian Sun®..., (s.f.)

Al observar las dos tablas, se identifica la diferencia entre la U de los dos tipos de vidrios, que se justifica al observar el gran contraste de confort necesario en los espacios internos donde se encuentran.

12.1.3 Tipos de maderas empleadas

Se elige la madera como material principal de la envolvente por sus características térmicas y su estética, de tal manera que se utilizan distintos tipos de esta como se observa a continuación:

Tabla 39. *Tabla de descripción de los tipos de maderas.*





IMAGEN	NOMBRE O REFERENCIA	DIMENSIONES (M)	JUSTIFICACION	LOCALIZACION	JUNTA DE DILATACION	TRATAMIENTO			
						Protección contra la humedad	Protección contra los hongos	Protección contra insectos	Protección contra el fuego
	Tarima de madera o parquet ^g	Grosor 0,018; Largo 1; Ancho 0,3	Al ser instalado sobre rastreles permite una cámara de aire que puede generar inercia térmica	Piso	Perimetral de 0,015 m con los paramentos verticales		Humedad <18% CH		
	Rastreles de madera de pino de 50x25 mm ^h	Grosor 0,025; Ancho 0,5	Sostiene la tarima de madera generando una cámara de aire	Piso			Humedad <18% CH		
	Liston de madera de pino 2,3 x 3cm ⁱ	Grosor 0,03; Largo 3; Ancho 0,025	Sobre estos listones se clavan los revestimientos, asimismo configuran cámaras de aire	Muros externos			Humedad <18% CH		
	Tablero OSB 15 mm ^j	Grosor 0,015; Largo 1,22; Ancho 2,44	Se escoge por la estética. Se utilizan para rigidizar las fachadas y cubierta	Muros externos, cubierta, piso			Humedad <18% CH		





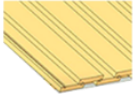
IMAGEN	NOMBRE O REFERENCIA	DIMENSIONES (M)	JUSTIFICACION	LOCALIZACION	JUNTA DE DILATAACION	TRATAMIENTO			
						Protección contra la humedad	Protección contra los hongos	Protección contra insectos	Protección contra el fuego
	Pino 2X4 Pulgadas 3.2 mts Cepillado 4.1X9 cm ^k	Grosor 0,04; Largo 0,09	Estos listones configuran el entramado del muro y la cubierta, en cuyos espaciamientos se coloca el aislante térmico frescasa	Cubierta, sistema estructural muro (entramado)			Humedad <18% CH		
	Madera laminada encolada		Se escoge por su resistencia Las piezas se unen mecánicamente, encolándose, y ancladas con clavos o tornillos.	Vigas, columnas			Humedad <18% CH		
	Tablero contrachapado de Pino Radiata 12 mm ^l	Grosor 0,012; Largo 1,22; Ancho 2,44	Se escoge esta presentación por la estética del material, además al consistir en un tablero de una sola pieza se evita la creación de puentes térmicos	Muros externos (revestimiento exterior)	0,003 -0,004 m en las uniones entre planchas	Aplicación manual de productos químicos, y pedestal para evitar contacto con el suelo	Uso de clavos galvanizados, y sellados en superficies expuestas a la lluvia		Evitar lacas y barnices oleosalubles que aceleren el desarrollo del fuego

IMAGEN	NOMBRE O REFERENCIA	DIMENSIONES (M)	JUSTIFICACION	LOCALIZACION	JUNTA DE DILATACION	TRATAMIENTO			
						Protección contra la humedad	Protección contra los hongos	Protección contra insectos	Protección contra el fuego
	Tablero MDP Tablero de Melamina Vesto ^m	Grosor 0,006; Largo 1,83; Ancho 2,5	Se escoge por la estética del material, teniendo un acabado de cedro natural	Muros internos (revestimiento interior)		No debe ser expuesto a agua o en ambientes con humedad excesiva <18% CH	En su composición presenta protección de Cobre Antimi-crobiano	Sobredimensionamiento de las piezas estructurales básicas $\geq 0,003m$	
	Revestimiento de tejado en madera (Tablas separadas con tapajuntas superpuesto) ⁿ	Altura aproximada de 0,035	Se elige para seguir con la estética de la madera, utilizando este tablero con sistema de traslape de las piezas que genera una sensación de movimiento.	Cubierta	Humedad <18% CH Se coloca en dirección a la pendiente				

Nota: Las especificaciones acerca de los tratamientos de la madera se extraen de Ministerio de Ambiente..., (2010).

^g Adaptado de Tablero 1.8x30x100cm..., (s.f.).

^h Adaptado de Listones de Pino. (s.f.).

ⁱ Adaptado de Bastidor 2.5x3cm x 3m pino. (s.f.).

^j Adaptado de Osb 15mm 122x244 cm. (s.f.).

^k Adaptado de Pino 2X4 Pulgadas 3.2 mts Cepillado 4.1X9 cm. (s.f.).

^l Adaptado de Tablero terciado..., (s.f.).

^m Adaptado de Vesto (s.f.).

ⁿ Adaptado de Madera Estructural..., (s.f.).

12.1.4 Tabla Coeficiente de Transmitancia Térmica de Materiales en La Envolvente del Proyecto

Tabla 40. Tabla coeficiente de transmitancia térmica de los materiales de la envolvente del proyecto.

ELEMENTO ARQUITECTÓNICO	MATERIALES	ESPESOR (M)	COEFICIENTE DE CONDUCTIVIDAD (W/M ² K)	RESISTENCIA TÉRMICA (M ² C/W)	ÍNDICE DE CONDUCTIVIDAD TÉRMICA/ U (W/M ² °C)
Cubierta	Revestimiento de tejado en madera (board-on-board)	0,035 aprox	0,17		U = 1/0,04+(0,035/0,17+0,001/0,331+0,015/0,13+0,18+0,05/0,044+0,001/0,331+0,015/0,13)+0,10= 0,52W/m ² .°C
	Barrera impermeabilizante (lamina de polietileno)	0,001	0,331		
	Tablero de madera OSB	0,015	0,13		
	Cámara de aire	0,063		0,18	
	Aislante térmico frescasa	0,05	0,044	2	
	Barrera de vapor	0,001	0,331		
	Tablero de madera OSB	0,015	0,13		
Muros externos	Revestimiento exterior tablero contrachapado	0,012	0,15		U = 1/0,04+(0,012/0,15+0,17+0,015/0,13+0,18+0,05/0,044+0,001/0,331+0,17+0,006/0,17)+0,13= 0,48W/m ² .°C
	Cámara de aire	0,023		0,17	
	Tablero de madera OSB	0,015	0,13		
	Cámara de aire	0,063		0,18	
	Aislante térmico frescasa	0,05	0,044	2	
	Barrera de vapor	0,001	0,331		
	Cámara de aire	0,023		0,17	
	Revestimiento interior Tablero MDP	0,006	0,17		

ELEMENTO ARQUITECTÓNICO	MATERIALES	ESPESOR (M)	COEFICIENTE DE CONDUCTIVIDAD (W/M°K)	RESISTENCIA TÉRMICA (M ² C/W)	ÍNDICE DE CONDUCTIVIDAD TÉRMICA/ U (W/M ² °C)
Piso	Tarima de madera o parquet	0,018	0,13		$U = 1/0,04+(0,018/0,13+0,18+0,10/2,3+0,05/0,039+0,002/0,50+0,08/2)+0,17=$ 0,52W/m ² .°C
	Cámara de aire	0,05		0,18	
	Losa de hormigón	0,1	2,3		
	Aislamiento rígido tipo panel (Placa lisa de espuma rígida de poliestireno extruido)	0,05	0,039		
	Barrera antiraíces (lamina de polietileno)	0,002	0,5		
	Material granular	0,08 aprox	2		

Figura 98 Coeficiente de transmitancia térmica de los materiales – aplicación.

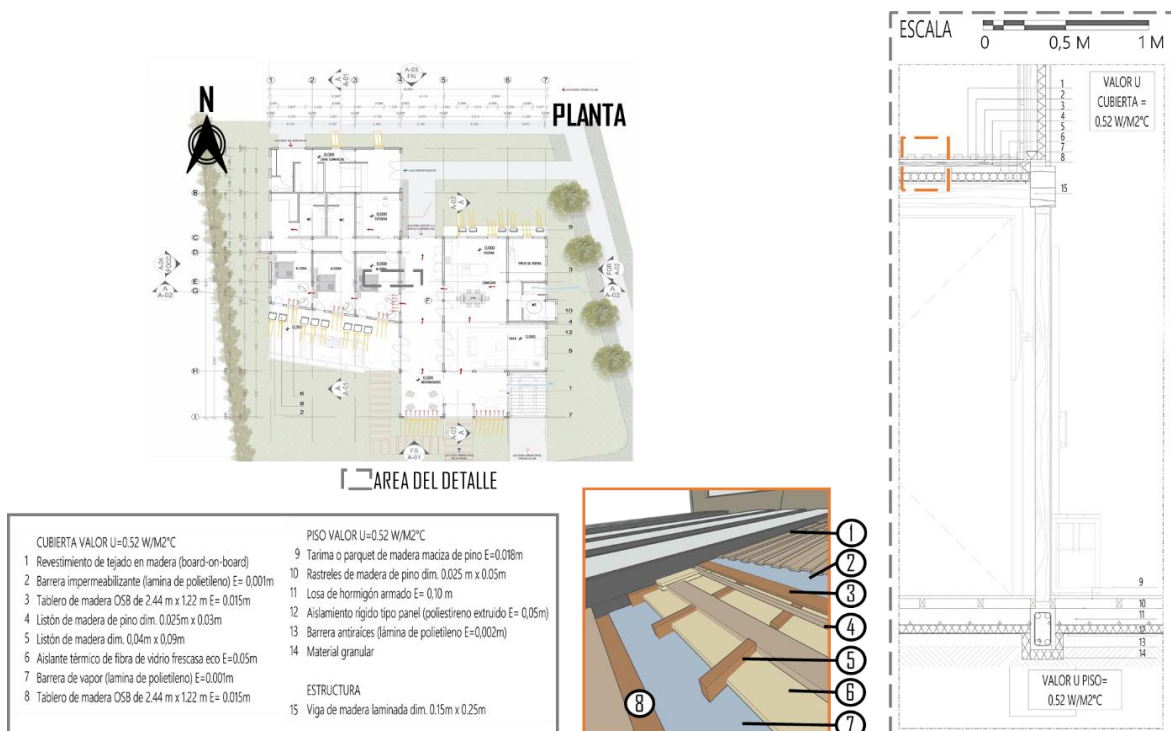


Figura 99 Coeficiente de transmitancia térmica de los materiales – aplicación.

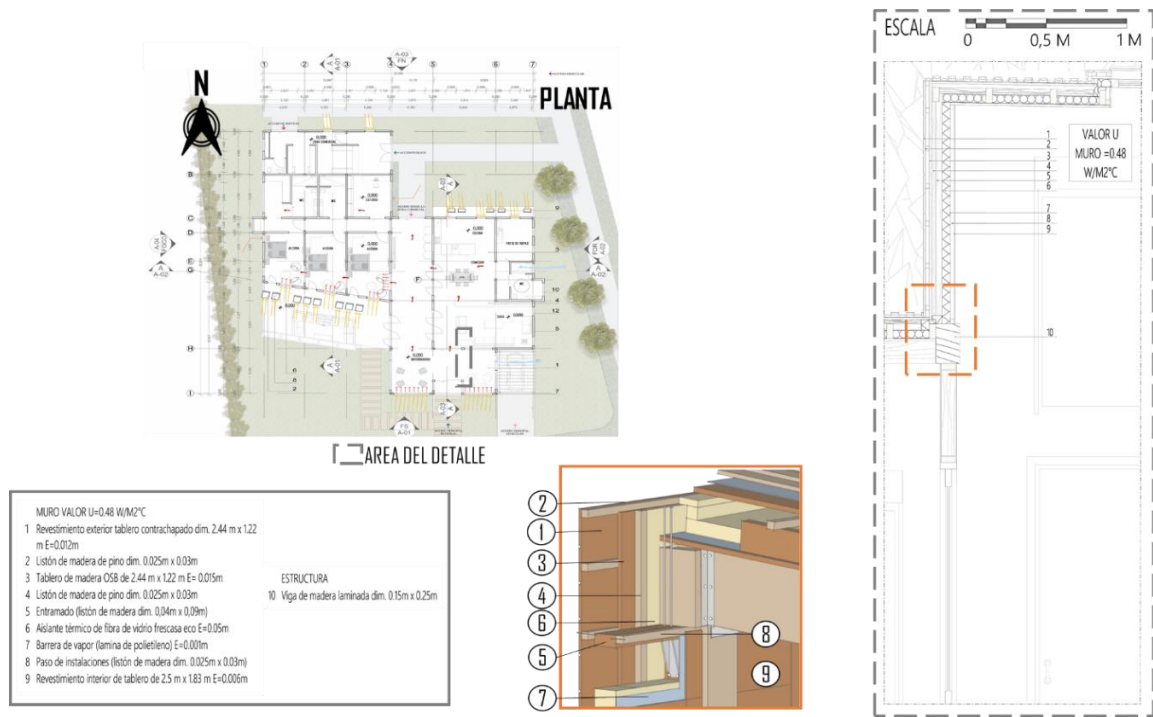
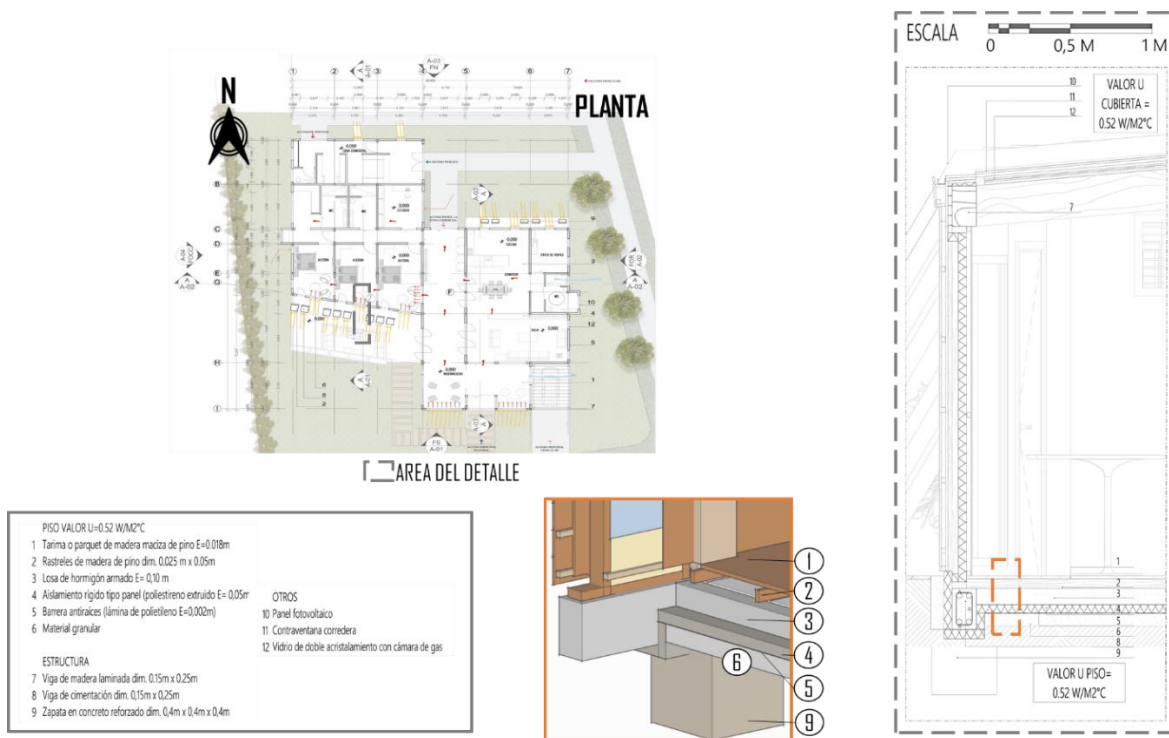


Figura 100 Coeficiente de transmitancia térmica de los materiales – aplicación.

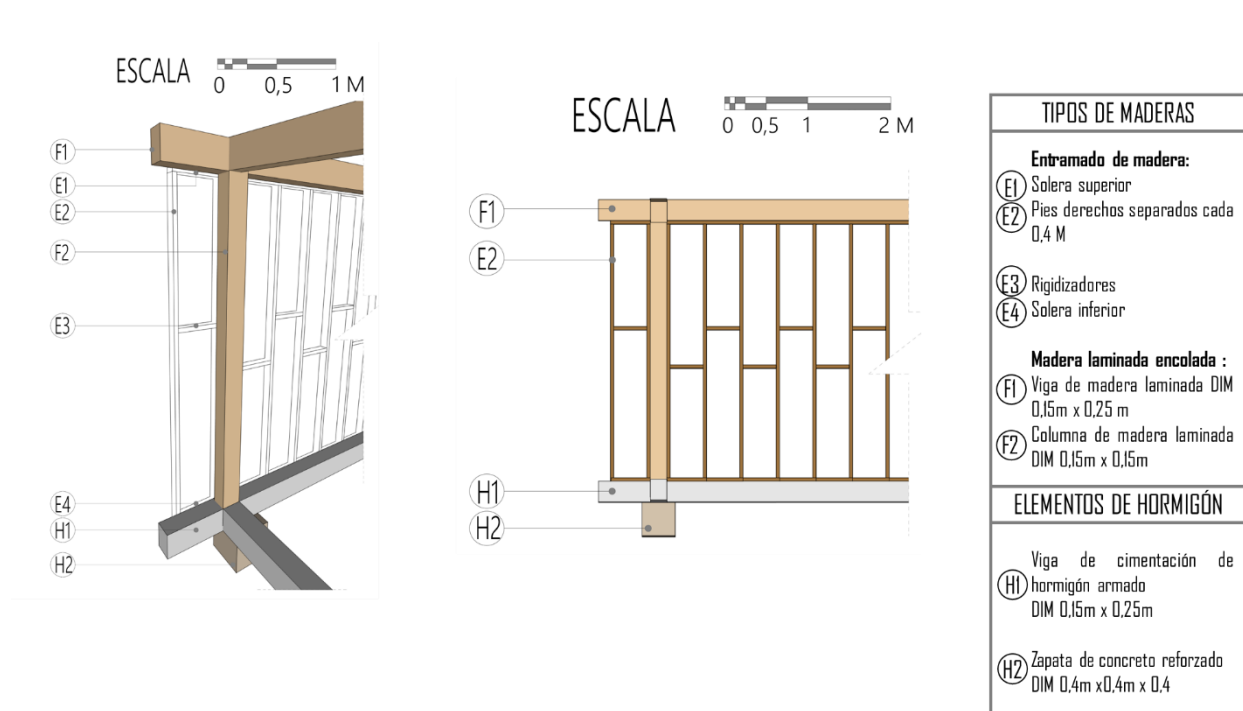


12.2 Sistema Constructivo del Proyecto

El sistema constructivo del proyecto se compone de pórticos de madera laminada, con vigas de cimentación de hormigón armado y zapatas de concreto reforzado.

En cuanto al sistema estructural de los muros, este consiste en un entramado de madera compuesto por Listones de pino 2X4 Pulgadas 3.2 mts Cepillado 4.1X9 cm, dividido en cuatro tipos de elementos: la solera superior, solera inferior, pies derechos y rigidizadores.

Figura 101 Sistema constructivo del proyecto.



12.2.1 Anclajes y Conexiones

Tabla 41. Anclajes.

	DETALLE	ANCLAJE / UNIÓN
DET 1	Entramado (solera superior, pie derecho)- viga de madera	Tornillos de cabeza hexagonal de 1/2" x 1 1/2"
		Tornillo de cabeza hexagonal de 1/4" x 2"
		Pies de amigo separados cada 2m
DET 2	Entramado (pie derecho)-columna de madera	Tornillos de cabeza hexagonal de 1/2" x 9 1/2" Pies de amigo
DET 3	Viga de madera laminada-viga de madera laminada	Mecánica
		Encolada
		Tornillos de cabeza hexagonal de 1/2" x 6 1/2" Ángulo metálico 6m x 1-1/2" x 3/16"
	Viga de madera laminada-columna de madera laminada	Mecánica
		Encolada
		Tornillos de cabeza hexagonal de 1/2" x 6 1/2" Ángulo metálico 6m x 1-1/2" x 3/16"
DET 4	Entramado (pie derecho)-revestimiento exterior	Clavo galvanizado de 4" cada 15 cm en los extremos y 40 cm en apoyos interiores
	Entramado (pie derecho)-revestimiento interior	Tornillos de 1/4" x 2" en los extremos
DET 5	Listones-viga de madera laminada	Tornillos de cabeza hexagonal de 1/2" x 9 1/2" Platina de aluminio
DET 6	Revestimiento de tejado en madera (board-on-board)-tablero OSB- listones de 2.3cm	Tornillo Universal 1/8" x 6 1/2" cada 0,4m
	Liston de 2.3 cm- Liston de 9 cm- Tablero OSB	Tornillos de de cabeza hexagonal 1/2" x 5 1/2"
	Liston de 2.3 cm- viga de madera	Tornillos de de cabeza hexagonal 1/2" x 6 1/2"
DET 7	Pilar de madera- viga de cimentación	Platina de aluminio
		Tornillo de carraje 1/2" x 6 1/2"
		Pieza de concreto
DET 8	Entramado (solera inferior) - viga de cimentación	Fijación Tornillos expansivos 1/2" x 4"
DET 9	Anclaje tarima de madera sobre rastreles	Sección de madera para nivelación del rastrel e= 0.008m
		Clavo galvanizado de 4"

Figura 102 Detalle de anclajes número 1, 2 y 3.

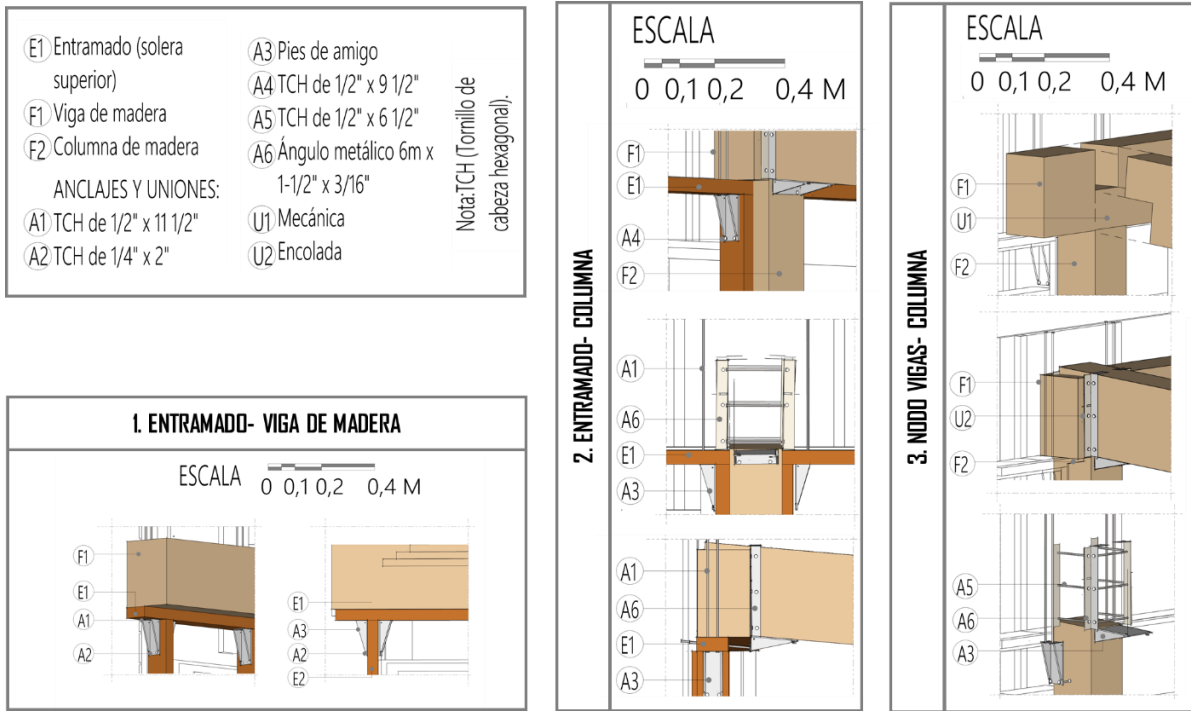


Figura 103 Detalle de anclaje número 4, 5 y 6.

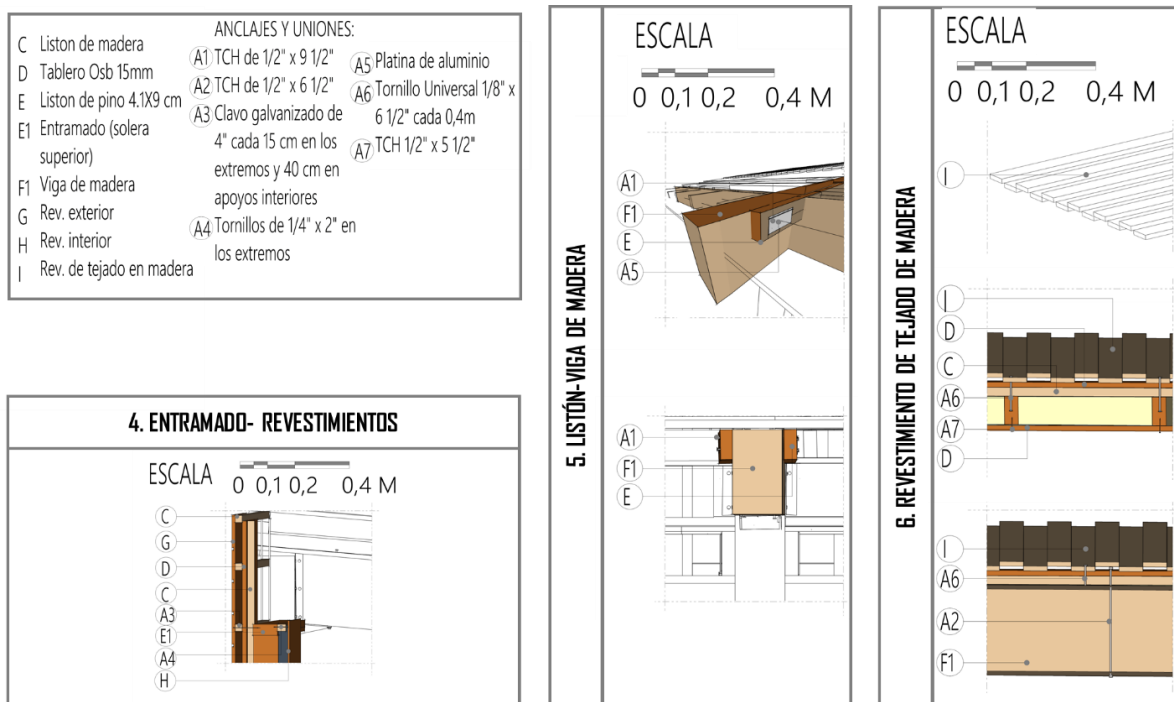
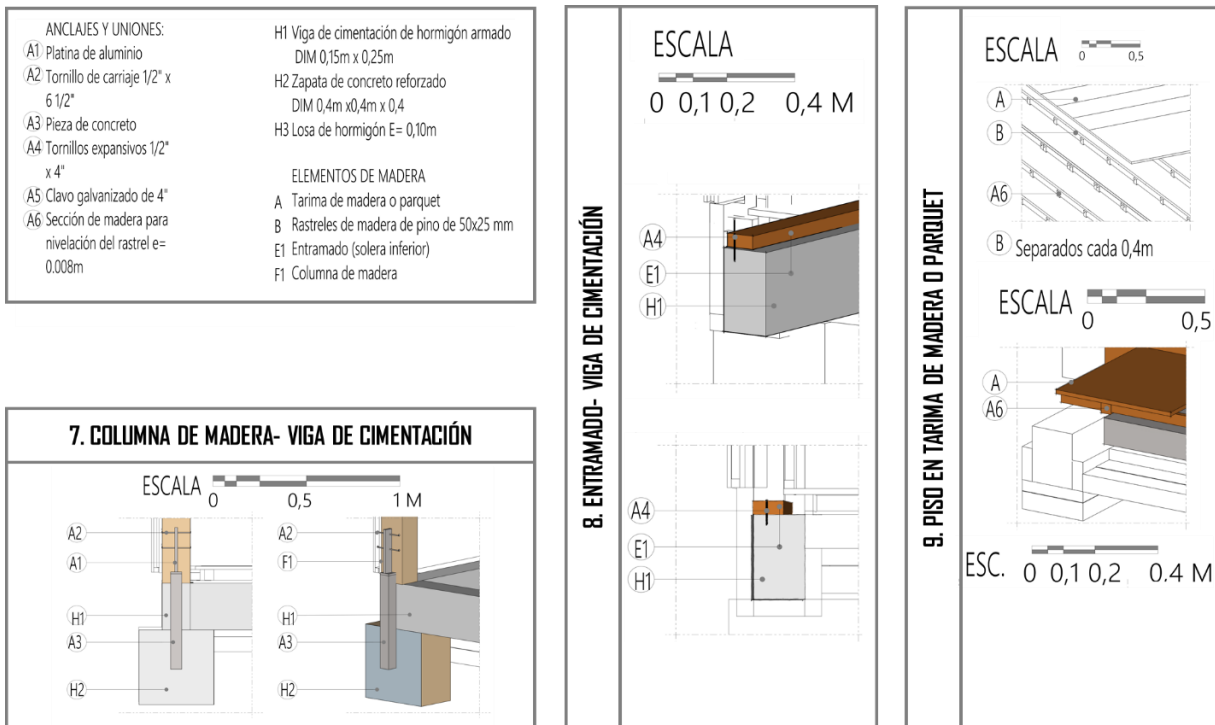


Figura 104 Detalle de anclaje número 7, 8 Y 9.




12.3 Otros Sistemas

Este aspecto es de gran importancia en el proyecto puesto que ayuda a la conservación de la temperatura obtenida al interior de la vivienda y la renovación de aire que se dará en la misma a lo largo del día. Así, se implementa el uso de lamas domóticas en las ventanas ubicadas sobre todas las fachadas para de esta manera evitar las pérdidas de temperatura en las horas de la noche, sobre la parte superior de esta misma área se ubican rejillas con las mismas características que permiten la salida del aire viciado al exterior.

Por otro lado, a nivel de cubierta también se implementan lamas domóticas sobre los cristales que se activan en las horas de la noche, y como medio de calefacción solar activa se implementan fachada ventilada fotovoltaica (vidrio fotovoltaico Onyx Solar®) al sur y norte del proyecto

aprovechando la inclinación de las mismas basadas la incidencia solar de los solsticios de invierno y verano respectivamente.

Tabla 42. *Tabla de descripción otros sistemas empleados.*

IMAGEN	ELEMENTO	JUSTIFICACIÓN	ELEMENTO ARQUITECTÓNICO DONDE SE ENCUENTRA
	Contraventana corredera (Heliotech, s.r.o.) ^o	Contraventana de lamas de madera que evita que el calor escape a través de las superficies acristaladas en la noche. El manejo de las lamas deslizantes puede ser automático o manual.	Vanos de cubierta, muros del invernadero, entre otros
	Persiana enrollable automática o black out (ovacen.com) ^p	Utilizadas en exterior, consisten en protecciones del cristal de las pérdidas de energía en la noche, brindando privacidad al espacio interior. Además, cuenta con mando y controles automáticos.	Muros
	Fachada ventilada fotovoltaica (vidrio fotovoltaico Onyx Solar®) ^q	Se utiliza para resolver la estrategia de Calefacción solar activa expuesta por el diagrama de Givoni	Cubierta y fachada

^o Adaptado de Contraventana corredera (s.f.).

^p Adaptado de Persianas de..., (s.f.).

^q Adaptado de Fachada fotovoltaica. (s.f.).



13. Componente Urbano Ambiental de la Propuesta de Diseño para el Corregimiento de Berlín

Este componente hace referencia tanto a las estrategias bioclimáticas y lineamientos utilizados para la propuesta como el urbanismo de la misma, debido a que las primeras ya han sido

mencionadas en el Componente teórico y Componente arquitectónico, en este inciso se especificará sobre el segundo aspecto y cómo se adapta el proyecto al entorno promoviendo el paisaje urbano. Lo anterior se logra mediante las cesiones, con las que se configura una franja de circulación peatonal con su respectiva franja de vegetación; además el volumen, al ser de 1 piso, se integra con las alturas del entorno. Por otro lado, la zona de cultivo de cebolla al interior del predio responde a la actividad principal del corregimiento, de tal forma que los accesos a esta zona se encuentran frente a la carrera 5, debido a su carácter de vía secundaria.

Al mismo tiempo, se proponen 2 especies vegetales que tienen la capacidad de adaptarse a la zona climática del corregimiento y cumplen la función de proteger a la vivienda de los vientos sobre la fachada oriente o delimitar el sobre la fachada occidente y norte.

Tabla 43 *Vegetación propuesta.*

IMAGEN	TIPO	NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	ALTURA	DIAMETRO DE COPA	CANTIDAD
	Rompe viento	Raque	VALLEA STIPULARIS	10m	3m	9
	Cerramiento	Frailejon blanco	Espeletia argentea	1m	-	57

14. Conclusiones

Formal:

- La morfología rectangular, compuesta por la intersección de tres volúmenes rectangulares que se unen por medio de un invernadero central, el cual presenta una altura mayor para aumentar su jerarquía, responde a las tipologías de viviendas ubicadas en el contexto inmediato.
- La carta cilíndrica brinda pautas claves a la hora de inclinar las fachadas en torno a los solsticios de verano e invierno para aumentar las ganancias de energía, Dichas inclinaciones se observan como adiciones al volumen rectangular original.
- El aspecto compacto del proyecto se disminuye a través de sustracciones a nivel de cubierta que se plantean como estrategia de captación solar.

Figura 105 Render de la vista superior de la vivienda.



Funcional:

- La zonificación responde a la incidencia solar y las necesidades que presenta el usuario, por esta razón, la fachada más fría (norte) cuenta con los baños y la zona de comercio, mientras que en las fachadas sur y occidente se ubica la zona privada y el acceso principal de la vivienda.
- El invernadero funciona tanto de estrategia de captación en las horas del día como de distribución de calor en las horas de la noche debido a su ubicación como centro del proyecto.

Figura 106 Render fachada sur del proyecto.



Figura 107 Render interior del invernadero central del proyecto.



Tecnológico:

- Se propone una vivienda en madera, por sus características térmicas y su estética, contando con 9 tipos de ésta que comprenden desde listones, revestimientos para fachada y cubierta, tableros osb para brindar rigidez, madera laminada encolada para vigas y columnas, y tarima de madera para el piso.
- Se generan como resultados los valores U de $0,48 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ en el muro, $0,52 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ del piso y $0,52 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ de cubierta.
- El aislamiento continuo y la elección de materiales son claves a la hora de proyectar este tipo de vivienda porque actúan como barrera térmica.

Figura 108 Render acceso principal.



Figura 109 Render interior del comedor y cocina.



Urbano ambiental:

- El estándar passivhaus es el óptimo para implementar en Berlín debido al bajo consumo energético que propone, tomando en consideración el precio de este recurso en el corregimiento.
- El aislamiento continuo y la elección de materiales son claves a la hora de proyectar este tipo de vivienda porque actúan como barrera térmica.
- Los lineamientos dados por el diagrama de Givoni basados en la calefacción de forma pasiva potencian el objetivo del estándar, el cual es el mínimo consumo energético.

- La carta solar como estrategia de implantación permite aumentar las ganancias solares durante el año y evitar las bajas temperaturas.
- La carta cilíndrica brinda pautas claves a la hora de inclinar las fachadas en torno a los solsticios de verano e invierno para aumentar las ganancias de energía por éstas.
- En el solsticio de verano son más eficientes las ganancias solares por cubierta debido a la inclinación solar de 79° , mientras que en el solsticio de invierno se pueden aprovechar más las ganancias solares por fachada debido a la inclinación solar de 59° .
- Se configura una franja de circulación peatonal con su respectiva franja de amoblamiento y vegetación con el propósito de crear paisaje urbano que es inexistente en la mayoría de vías del corregimiento actualmente.
- Las especies de árboles planteadas responden a funciones específicas en el proyecto, por ejemplo, debido a la tipología aislada de la casa algunas actúan como barrera rompeviento, mientras que otras funcionan como cerramiento vegetal para evitar la creación de límites compactos (muros) que disminuyan la calidad espacial urbana.

Figura 110 Render fachada norte del proyecto.



Figura 111 Render interior de la zona social.



Figura 112 Render interior de la habitación.



Referencias

- Acevedo Agudelo, H., Vásquez Hernández, A y Ramírez Cardona, D. A. (2012) Sostenibilidad: actualidad y necesidad en el sector de la construcción en Colombia. *Gestión y Ambiente*, 15(1), 105-118. URL: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/30825>
- Aislahome. (2018, 20 de diciembre). *La lana de roca, ¿qué es? ¿cuáles son sus propiedades y aplicaciones?*. Aislahome. <https://aislahome.es/lana-de-roca>
- Alcaldía de Tona (2002). *Esquema de Ordenamiento Territorial*. Tona, Colombia.
- Alcaldía de Tona (2012). *Plan de desarrollo*. Tona, Colombia.
- Alcaldía de Tona (2016). *Plan de desarrollo*. Tona, Colombia.
- Alcaldía de Tona (2020). *Plan de desarrollo*. Tona, Colombia.
- Archdaily Colombia Equipo Editorial. (2019, 27 de febrero). *Prototipo de vivienda rural sostenible y productiva en Colombia, por FP Arquitectura*. ArchDaily Colombia. <https://www.archdaily.co/co/912225/prototipo-de-vivienda-rural-sostenible-y-productiva-en-colombia-por-fp-arquitectura>
- Barreto, N. (2021, 8 de enero) *Tipos de vidrios para ventanas*. Hogarsense.es <https://www.hogarsense.es/ventana/tipos-de-vidrio>
- Bastidor 2.5x3cm x 3m pino*. (s.f.). Consultado el 23 de noviembre del 2020. Homecenter. <https://www.homecenter.com.co/homecenter-co/product/233907/Bastidor-25x3cm-x-3m-pino/233907>
- Cabrera Sánchez, S. (2015) *Practicum implementación del estándar Passivhaus en un edificio plurifuncional del Poblenou de Barcelona*. [Trabajo de grado, Ciencias y tecnologías de la edificación] Universitat Politècnica de Catalunya. UPCommons. Portal de acceso abierto al conocimiento de la UPC. <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/76679>

CCCS. (s.f.) *Comparativo Sistemas de Certificación en Construcción Sostenible en Colombia.*

CCCS.org. <https://www.cccs.org.co/wp/haga-parte-del-cccs/comparativo-sistemas-de-certificacion-en-construccion-sostenible-en-colombia/>

Cengel, Y. A. (2004). *Transferencia de calor y masa.* (3era ed). McGraw-Hill-Interamericana.

Chávez del Valle, F. J. (2002) *Zona variable de confort térmico* [Tesis doctoral, Arquitectura]

Universitat Politècnica de Catalunya. Tesis doctorals en Xarxa.
<https://www.tdx.cat/handle/10803/6104#page=1>

Cisneros Calero, E. M. (2011). *Edificación Passivhaus.* [Tesis de maestría, Edificación] Universitat

Politécnica de Catalunya. UPCommons. Portal de acceso abierto al conocimiento de la UPC.
<https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/13331?show=full>

Comercializadores – Instaladores. (s.f.). Consultado el 23 de marzo del 2020. Refratermic S.A.

https://www.refratermic.com.co/#fibra_vidrio.html

CONALEP. (2017). *Arquitectura bioclimática y vernácula.* [https://studylib.es/doc/5232752/1-67-](https://studylib.es/doc/5232752/1-67-md-4--arquitectura-bioclim%C3%A1tica-y-vern%C3%A1cula-conalep)

[md-4--arquitectura-bioclim%C3%A1tica-y-vern%C3%A1cula-conalep](https://studylib.es/doc/5232752/1-67-md-4--arquitectura-bioclim%C3%A1tica-y-vern%C3%A1cula-conalep)

Congreso de la Republica de Colombia. (1993, 22 de diciembre). Ley 99 de 1993. *Por la cual se*

crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones. Funcionpublica.gov.co.
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=297>

Congreso de la Republica de Colombia. (2014, 13 de mayo). Ley 1715 de 2014. *Por medio de la*

cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional. Funcionpublica.gov.co.

https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=57353

Consejería de Economía y Hacienda, organización Dirección general de Industria, Energía y minas.

(2011). *Guía del Estándar Passivhaus. Edificios de consumo energético casi nulo.*
<https://www.fenercom.com/publicacion/guia-del-estandar-passivhaus-edificios-de-consumo-energetico-casi-nulo-2011/>

Corporación De Tecnologías Ambientales Sostenibles. (2015). *Apoyo técnico para la revisión excepcional del Esquema de ordenamiento territorial (EOT) del municipio de Vetas, departamento de Santander.*

Contraventana corredera. (s.f.). Consultado el 23 de abril del 2020. Heliotech.
<https://www.archiexpo.es/prod/heliotech-sro/product-164127-2121775.html>

¿El corcho es un aislante térmico eficaz? (s.f.). Consultado el 23 de marzo del 2020.
Ecogreenhome. <https://ecogreenhome.es/el-corcho-es-un-aislante-termico-eficaz/>

Equipo de S&P. (2018, 1 de octubre). *Materiales aislantes térmicos: tipos y aplicaciones.* S&P.
<https://www.solerpalau.com/es-es/blog/materiales-aislantes-termicos/>

Euco membrana. (s.f.) Consultado el 13 de noviembre del 2020. Euclid Chemical Toxement.
<https://www.toxement.com.co/productos/portafolio/impermeabilizaci%C3%B3n-de-placas-y-cubiertas/techos-vegetales/?prodId=1522>

Fachada fotovoltaica. (s.f.). Consultado el 3 de abril del 2020. Onyxsolar.
<https://www.onyxsolar.es/vidrio-fotovoltaico/soluciones-constructivas/fachada-ventilada-fotovoltaica>

Franco, J. T. (2018, 24 de julio). *¿Cómo calcular la transmitancia térmica (Valor U) en la envolvente material de un edificio?.* ArchDaily Colombia.
<https://www.archdaily.co/co/898485/como-calcular-la-transmitancia-termica-valor-u-en-la-envolvente-material-de-un-edificio>

- Franco, J. T. (2015, 16 de diciembre). *"La Casa Uruguaya" gana el Solar Decathlon América Latina y el Caribe 2015*. ArchDaily Colombia. <https://www.archdaily.co/co/778921/la-casa-uruguaya-gana-el-solar-decathlon-america-latina-y-el-caribe-2015>
- Franco, J. T. (2014, 4 de diciembre). *México: Rehabilitación de un departamento bajo estándar Passivhaus*. ArchDaily Colombia. <https://www.archdaily.co/co/758491/mexico-rehabilitacion-de-un-departamento-bajo-estandar-passivhaus>
- Frescasa Eco Sin Papel 3-1/2Pg 15.24x1.22m*. (s.f.) Consultado el 13 de noviembre del 2020. Homecenter.com.co <https://www.homecenter.com.co/homecenter-co/product/39169/Frescasa-Eco-1859mt2-Sin-Papel-3-1-2Pg-1524x122mt/39169>
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. (2011). *Informe especial sobre fuentes de energía renovables y mitigación del cambio climático*.
- Guardian Sun® Cristal inteligente* (s.f.) Consultado el 3 de marzo del 2020. Ventanas k line. <https://www.profesionales.ventanaskline.com/wp-content/uploads/2016/10/Guardian-Sun-KL.pdf>
- Gutiérrez Rodríguez, H. (2016). *Arquitectura bioclimática: Pautas para la composición de alternativas espaciales para el bien-estar en la vivienda* [Tesis de maestría, Arquitectura] Universidad Nacional de Colombia. Repositorio Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/57898>
- Hatt, T, Saelzer, G, Hempel, R, y Gerber, A. (2012). High indoor comfort and very low energy consumption through the implementation of the Passive House standard in Chile. *Revista de la construcción*, 11(2), 123-134. <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rconst/v11n2/art11.pdf>
- Instituto Tecnológico de Canarias, S.A. (2011) *Sostenibilidad energética de la edificación en Canarias*. Manual de diseño. Daute diseño, S.L.

https://issuu.com/cienciacanaria/docs/sostenibilidad_energetica_de_la_edificacion_en_can/250

IPCC. (2011). *Fuentes de energía renovables y mitigación del cambio climático. Resumen para responsables de políticas y resumen técnico.*

ISO 7730:2006. (2006). *Ergonomía del ambiente térmico. Determinación analítica e interpretación del bienestar térmico mediante el cálculo de los índices PMV y PPD y los criterios de bienestar térmico local.*

Izard, J-L. y Guyot, A. (1980). *Arquitectura Bioclimática.* Gustavo Gili.

James, M y Bill, J. (2016) *Passive house in different climates: the path to net zero* (1era ed.). Routledge. DOI: <https://doi.org/10.4324/9781315696553>

King, C. (s.f.) *Preguntas ante un afloramiento 3: suelos ¿Qué preguntas sobre suelos pueden hacerse ante un afloramiento?.* Earthlearningidea.com
https://www.earthlearningidea.com/PDF/245_Spanish.pdf

Kwok, A. G. y Grondzik, W. T. (2015) *Manual De Diseño Ecológico En Arquitectura* (1era ed.). Trillas.

La casa uruguaya SA (s.f.) *La casa uruguaya. Sostenibilidad. Innovación. Eficiencia.*

Láminas de polietileno de baja densidad. (s.f.) Consultado el 13 de noviembre del 2020. Láminas plásticas andina SAS. <http://laminasplasticasandinasas.com/project/laminas-polietileno-baja-densidad/>

Listones de Pino. (s.f.). Consultado el 23 de noviembre del 2020. Francisco Rodríguez Maderas. <http://www.maderasfranciscorodriguez.com/catalogo/otros-materiales-rastreles/listones-de-pino>

Madera Estructural. Sobre las construcciones en madera. (s.f.). Consultado el 13 de abril del 2021. <https://maderaestructural.wordpress.com/2017/08/14/tejados-revestidos-de-madera/>

Osb 15mm 122x244 cm. (s.f.). Consultado el 23 de noviembre del 2020. Homecenter.

<https://www.homecenter.com.co/homecenter-co/product/298674/osb-15mm-122x244-cm>

Martínez Bonache, M. A. (2021, 18 de febrero). *Diferencia entre el poliestireno expandido (eps) y*

extruído (xps). Blog de Miguel Ángel Martínez Bonache - Ingeniero Edificación.

<https://miguelangelmartinezbonache.blogspot.com/2021/02/diferencia-entre-el->

[poliestireno.html](https://miguelangelmartinezbonache.blogspot.com/2021/02/diferencia-entre-el-poliestireno.html)

Mecott Gómez, S. (2007) *Vivienda bioclimática con paneles de ferrocemento en la ciudad de*

Oaxaca, Oax. [Tesis de maestría, Ingeniería de procesos] Instituto Politécnico Nacional.

Repositorio Institucional de Literatura del IPN-CIIDIR Unidad Oaxaca.

http://literatura.ciidiroaxaca.ipn.mx/jspui/handle/LITER_CIIDIROAX/41?locale=en

Medrano Gómez, F. (2015) *Passivhaus y Certificación Leed. Estudio de caso.* [Trabajo de Grado,

Construcciones arquitectónicas] Universitat Politècnica de Catalunya. RiuNet repositorio UPV.

<https://riunet.upv.es/handle/10251/54610>

Meteorización. (s.f.). Consultado el 25 de agosto de 2020. Ecured.

<https://www.ecured.cu/Meteorizaci%C3%B3n>

Minambiente reglamenta manejo y disposición de residuos de construcción y escombros. (2017, 3

de marzo). Minambiente. [https://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias-](https://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias-minambiente/2681-minambiente-reglamenta-manejo-y-disposicion-de-residuos-de-)

[minambiente/2681-minambiente-reglamenta-manejo-y-disposicion-de-](https://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias-minambiente/2681-minambiente-reglamenta-manejo-y-disposicion-de-residuos-de-)

[construccion-y-escombros](https://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias-minambiente/2681-minambiente-reglamenta-manejo-y-disposicion-de-residuos-de-construccion-y-escombros)

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Viceministerio de Vivienda y

Desarrollo Territorial. Dirección del Sistema Habitacional. República de Colombia.(2010).

NSR-10. Título G: estructuras de madera y estructuras de guadua.

Ministerio de Fomento Secretaría de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda Dirección

General de Arquitectura, Vivienda y Suelo (2014). *Documento de Apoyo al Documento Básico*

DB-HE Ahorro de energía. Código Técnico de la Edificación. DA DB-HE / 3 Puentes térmicos. [https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/HE/DA-DB-HE-](https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/HE/DA-DB-HE-3_Puentes_termicos.pdf)

[3_Puentes_termicos.pdf](https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/HE/DA-DB-HE-3_Puentes_termicos.pdf)

Moreno Quintero, D. P. y Carreño León, A. A. (2019) *Aplicación de estrategias de diseño para vivienda en zona de asentamiento en subpáramo* [Trabajo de grado, Arquitectura] Universidad Santo Tomás. Repositorio Institucional Universidad Santo Tomás. <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/17211>

MVCT. (2015). *Anexo 1 Resolución 0549 de 2015. Guía de construcción sostenible para el ahorro de agua y energía de las edificaciones.*

MVCT. (2015). *Resolución 0549 de 2015.*

Passive House Institute (s.f.). *Passive House Institute / About us.* Consultado el 26 de septiembre del 2020. Passive House Institute. https://passivehouse.com/01_passivehouseinstitute/01_passivehouseinstitute.htm

Paz, A. (2019, 18-20 de noviembre). *La casa uruguaya: el uso de la madera en la arquitectura bioclimática.* [Ponencia] IV Congreso Latinoamericano de Estructuras de Madera CLEM, Montevideo, Uruguay. http://clem2019.uy/admin/files/clem2019/upload/files/F2-4619779-CLEM_2019.pdf

Perlita expandida: qué es, usos y aplicaciones como aislante térmico. (s.f.). Consultado el 23 de marzo del 2020. Aislamiento térmico. <https://www.aislamientotermico.com.ar/materiales-aislantes/perlita-expandida>

Persianas de exterior; Ventajas, tipos, materiales y cuál es la mejor solución. (s.f.). Consultado el 3 de abril del 2020. Ovacen. <https://ovacen.com/persianas/>

Pino 2X4 Pulgadas 3.2 mts Cepillado 4.1X9 cm. (s.f.). Consultado el 23 de noviembre del 2020.

Homecenter. <https://www.homecenter.com.co/homecenter-co/product/48768/pino-2x4-pulgadas-32-mts-cepillado-41x9-cm>

Planas, O. (2015, 9 de abril) *Energía solar pasiva. Técnicas, ventajas y ejemplos.* Energía solar.

<https://solar-energia.net/que-es-energia-solar/energia-solar-pasiva#:~:text=La%20energ%C3%ADa%20solar%20pasiva%20utiliza,de%20la%20luz%20solar%20directa.>

PNUMA. (2019). *Informe sobre la disparidad en las emisiones de 2019 Resumen.*

<https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/30798/EGR19ESSP.pdf>

Poliestireno Expandido. (s.f.) Consultado el 23 de marzo del 2020. EspecificarCDT.

<http://www.especificar.cl/fichas/poliestireno-expandido>

Poliuretano Rígido. (s.f.) Consultado el 23 de marzo del 2020. IPUR Asociación De La Industria

Del Poliuretano Rígido. <https://aislaconpoliuretano.com/poliuretano-rigido/>

Posada Gomez, J. E., y Ramirez, A. (2020, 20 de mayo). Potencial de ahorro energético del estándar

Passivhaus en climas tropicales cálidos húmedos. *Memorias del Congreso Internacional I+D+i-Sostenibilidad Energética*, 1(1), 57-71. URL: <http://190.152.45.26/ojs/ojs/index.php/congreso-idi/article/view/74>

Prepex ® (s.f.) Consultado el 13 de noviembre del 2020. Fiberglass isover. Saint-Gobain.

<https://www.isover.com.co/productos/prepex-r>

Ruiz Aguinaga, J. L. (2006, Marzo-Junio). Viviendas bioclimáticas. Sistemas pasivos de captación

de energía solar. *Ecoconstrucción*, 06, 2 - 4. URL: <http://www.factoria3.com/documentos/viviendabioclimatica.pdf>

Sisternes García, A. (2020, 14 de mayo) *La estanqueidad al aire de los edificios.* Kommerling.com.

<https://retokommerling.com/estanqueidad-aire-edificios/>

Tablero 1.8x30x100cm Pino Con Nudos. (s.f.). Consultado el 23 de noviembre del 2020.

Homecenter. <https://www.homecenter.com.co/homecenter-co/product/153660/Tablero-18x30x100cm-Pino-Con-Nudos/153660>

Tablero terciado Araucopy Revestimiento Natural. (s.f.). Consultado el 23 de noviembre del 2020.

Arauco. <https://www.plataformaarquitectura.cl/catalog/cl/products/8/tableros-araucopy-revestimiento-natural-arauco>

Todo lo que debes saber sobre aislamiento de fibra de vidrio. (s.f.). Consultado el 23 de marzo del

2020. Homecenter.com.co. <https://www.homecenter.com.co/homecenter-co/guias-de-compra/Aislamiento-en-fibra-de-vidrio/>

Tovar Alcázar, M. R. (2011). *Enseñanza de la arquitectura bioclimática y sustentable para la*

conformación de una sociedad más consciente y comprometida con el ambiente [Tesis de maestría, Diseño] Universidad Autónoma Metropolitana de México. Repositorio Institucional Zaloamati <http://zaloamati.azc.uam.mx/handle/11191/5540?show=full&locale-attribute=en>

57Uno Arquitectura. (s.f). *Viviendas bifamiliares: Ábaco. Bioclimática, Sostenibilidad e*

Integración del paisaje. Consultado el 14 de mayo de 2020. 57Uno. <https://www.57uno.com/project/disen-de-casas-sostenibles/>

57Uno Arquitectura. (s.f). *Vivienda modular Ecohaus Sostenibilidad, Flexibilidad y*

Adaptabilidad. Consultado el 14 de mayo de 2020. 57Uno. <https://www.57uno.com/project/arquitectura-sostenible-en-colombia/>

57Uno Arquitectura. (s.f). *Vivienda multifamiliar terrasabana. Vivienda Flexible con Criterios de*

Bioclimática y Sostenibilidad. Consultado el 14 de mayo de 2020. 57Uno. <https://www.57uno.com/project/terrasabana/>

Urquiaga Villalobos, R. M. (2019). *Estrategias de diseño de la arquitectura pasiva para lograr*

eficiencia energética en un COAR, Tres Molinos-Cajamarca-2019. [Tesis de grado,

Arquitectura] Universidad Privada del Norte. UPNBOX Repositorio Institucional
<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/21802>

Valero Baez, J. D., y Baracaldo Granados, J. P. (2019). *Prototipos habitacionales sostenibles y productivos para la población rural de Boyacá*. [Trabajo de grado, Arquitectura] Universidad Santo Tomás. Repositorio Institucional Universidad Santo Tomás-
<https://repository.usta.edu.co/handle/11634/18352>

Vaquero, M. (2017, 22 de septiembre). *Certificados REEAM, LEED y VERDE ¿en qué consisten?* El blog ACH. <https://www.panelesach.com/blog/certificados-breem-leed-verde/>

Vesto. (s.f.). Consultado el 23 de noviembre del 2020. Arauco.
<https://www.arauco.cl/colombia/marcas/vesto/>

Vidal Vidales, A. C., Rico Herrera, L. E., Vásquez Cromeyer, G. F. (2011) Diseño de un modelo de vivienda bioclimática y sostenible. *Entorno*, 49, 7-20. URL:
<https://www.mendeley.com/catalogue/68d61a8a-9359-393b-9f42-5dbd6c77624e/>

Vista window film Llumarm. (s.f) Consultado el 3 de marzo de 2021. Llumarméxico.
<https://www.llumarmexico.com/>

XPS Poliestireno Extruido, ideal para el aislamiento de edificios. (s.f.) Consultado el 23 de marzo del 2020. blg.com. <https://blg.com.co/xps-poliestireno-extruido-ideal-para-el-aislamiento-de-edificios/>